

การประเมินและมาตรการเชิงวิศวกรรม เพื่อลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์  
ของโรงแรมขนาดใหญ่

ASSESSMENT AND ENGINEERING MEASURES FOR CARBON FOOTPRINT  
REDUCTION OF A LARGE HOTEL



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-EN-M-217-038

การประเมินและมาตรการเชิงวิศวกรรม เพื่อลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์  
ของโรงแรมขนาดใหญ่

ASSESSMENT AND ENGINEERING MEASURES FOR CARBON FOOTPRINT  
REDUCTION OF A LARGE HOTEL



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-EN-M-217-038

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การประเมินและมาตรการเชิงวิศวกรรม เพื่อลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์  
ของโรงแรมขนาดใหญ่

ASSESSMENT AND ENGINEERING MEASURES FOR CARBON FOOTPRINT  
REDUCTION OF A LARGE HOTEL

นุรีน ทรงศิริ

NUREEN SONGSIRI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-EN-M-217-038

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ASSESSMENT AND ENGINEERING MEASURES FOR CARBON FOOTPRINT  
REDUCTION OF A LARGE HOTEL

NUREEN SONGSIRI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2019

KMITL-2019-EN-M-217-038

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2019

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประเมินและมาตรการเชิงวิศวกรรม เพื่อลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมขนาดใหญ่
ชื่อนักศึกษา	นางสาวนุรีน ทรงศิริ
รหัสประจำตัว	57601332
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของธุรกิจโรงแรมขนาดใหญ่ ที่มีจำนวนห้องพัก 242 ห้อง ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร ในการศึกษาครั้งนี้จะดำเนินการตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของประเทศไทย (2559) ที่จัดทำโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ทั้งนี้จากข้อมูลการดำเนินงานของโรงแรมใน ปี พ.ศ. 2560 สามารถแบ่งที่มาของก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง 2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (ไฟฟ้า) และ 3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ทั้ง 3 ประเภทมีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม 3,592.40 ton CO<sub>2</sub>-e หรือเท่ากับ 34.47 kg CO<sub>2</sub>-e per room night sold โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งสำคัญที่สุดในการสร้างก๊าซเรือนกระจกโดยทางอ้อมมากถึงร้อยละ 85.4 และเพื่อลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงแรม จึงได้ดำเนินมาตรการทั้งหมด 2 ด้าน คือ 1) การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็น และ 2) การปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน (LED) และควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่างให้เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ ซึ่งจะทำให้สามารถลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์จาก 34.47 เหลือเพียง 29.04 kg CO<sub>2</sub>-e per room night sold อีกทั้งยังสามารถประหยัดต้นทุนด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ถึง 928,000 kWh คิดเป็นมูลค่า 3,062,401 บาท

Thesis	ASSESSMENT AND ENGINEERING MEASURES FOR CARBON FOOTPRINT REDUCTION OF A LARGE HOTEL
Student	Miss Nureen Songsiri
Student ID.	57601332
Degree	Master of Engineering
Program	Industrial Engineering
Year	2019
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Sakon Klongboonjit

## ABSTRACT

This research is about carbon footprint assessment of the 242 - room luxury hotel which located in Bangkok. In this study, the method of carbon footprint assessment for organization of Thailand (2016) which is arranged by Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) is used as the guideline. With hotel operation data of year 2017, the assessment results inform that the main sources of greenhouse gases can be classified into 3 groups: 1) Direct GHG emission, 2) Electricity indirect GHG emission and 3) Other indirect GHG emission and the total carbon footprint from these 3 groups are around 3,592.40 tons CO<sub>2</sub>-e or 34.47 kg CO<sub>2</sub>-e per room night sold. Surely, the electricity usage is the most main source to generate indirect greenhouse gas up to 85.4 % of total carbon footprint. To reduce electricity indirect greenhouse gas emissions, the control plan of the air conditioning system, the changing lamp of the lighting system to be LED type and the on/off plan for the lighting system are applied. Finally, calculating result shows that this hotel can reduce the greenhouse gas emission from 34.47 to 29.04 kg CO<sub>2</sub>-e per room night sold. That means this hotel can save the electricity consumption up to 928,000 kWh or be able to save money up to 3,062,401 Baht.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. สกนธ์ คล่องบุญจิต ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะช่วยแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่านที่คอยอบรมสั่งสอน ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ คณะผู้บริหาร หัวหน้าแผนกทุก ๆ แผนก รวมไปถึงพนักงานทุกคนของโรงแรม ในกรณีศึกษา ที่ให้การสนับสนุน ทั้งทางด้านของข้อมูล ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนการอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลต่าง ๆ จนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

สุดท้ายต้องขอขอบคุณครอบครัวของข้าพเจ้า และเพื่อน ๆ ของข้าพเจ้าทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจที่ดีของข้าพเจ้าตลอดมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

นุรีน ทรงศิริ

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	4
1.3 ขอบเขตของปัญหา.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ก๊าซเรือนกระจกกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของโลก.....	6
2.1.1 ประเภทของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas, GHG).....	7
2.1.2 แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก.....	9
2.1.3 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....	12
2.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร.....	17
2.2.1 ประเภทของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร.....	18
2.2.2 การกำหนดขอบเขตขององค์กร.....	19
2.2.3 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร.....	20
2.2.4 การประเมินและจัดการความไม่แน่นอน.....	25
2.3 หลักการของการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ.....	27
2.3.1 ทฤษฎีทางเทอร์โมไดนามิกส์.....	27
2.3.2 หลักการเกี่ยวกับการทำความเย็น.....	28
2.3.3 องค์ประกอบของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ที่ระบายความร้อนน้ำ.....	31
2.4 หลักการของการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง.....	34
2.4.1 เกณฑ์การออกแบบระบบแสงสว่างภายในโรงแรม.....	34
2.4.2 การคำนวณค่าความสว่างที่เหมาะสม.....	36

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 แนวทางการบริหารจัดการในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก.....	37
2.6 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ .....	47
2.6.1 มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (Net Present Value: NPV) .....	47
2.6.2 ผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return).....	48
2.6.3 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period).....	49
2.7 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	49
2.7.1 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร .....	50
2.7.2 แนวทางการลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร .....	55
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย .....	62
3.1 การศึกษาโครงสร้างและกิจกรรมการดำเนินงานภายในองค์กร.....	62
3.2 การศึกษาและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร .....	63
3.2.1 การจัดทำบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก.....	63
3.2.2 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก .....	64
3.2.3 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของข้อมูล .....	65
3.2.4 การจัดเรียงลำดับกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก.....	67
3.3 การจัดทำมาตรการที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก .....	67
3.4 การสรุปมาตรการสำหรับการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสม .....	69
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	70
4.1 ข้อมูลโครงสร้างและการดำเนินงานของธุรกิจโรงแรมขนาดใหญ่ ในกรณีศึกษา .....	70
4.2 บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา.....	76
4.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา .....	78
4.3.1 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรม ในกรณีศึกษา .....	78
4.3.2 การคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เปรียบเทียบกับหน่วยมาตรฐานต่าง ๆ .....	80
4.4 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของข้อมูล .....	84
4.5 การวิเคราะห์กิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา .....	86
4.6 มาตรการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา ....	101
4.6.1 การวิเคราะห์เบื้องต้น เพื่อคัดเลือกแนวทางที่เหมาะสมในการจัดทำมาตรการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม.....	102

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.6.2 ระบบปรับอากาศ: การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้ เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็น .....	108
4.6.3 ระบบแสงสว่าง: การปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน และการ ควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง.....	120
4.7 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการในการลดปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา .....	136
4.7.1 มาตรการการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ .....	136
4.7.2 มาตรการการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง .....	138
4.8 สรุปผลการจัดทำมาตรการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ใน กรณีศึกษา .....	142
4.9 วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบ ปรับอากาศ.....	144
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ .....	148
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	148
5.2 ข้อเสนอแนะ .....	149
เอกสารอ้างอิง .....	150
ภาคผนวก.....	154
ภาคผนวก ก. ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....	155
ภาคผนวก ข. แบบสอบถามมาตรการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ โรงแรม .....	157
ภาคผนวก ค. ข้อมูลการใช้งานระบบปรับอากาศของโรงแรม จำแนกตามพื้นที่ .....	174
ภาคผนวก ง. การควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศของโรงแรม.....	178
ภาคผนวก จ. รายละเอียดขอบเขตการซ่อมบำรุงระบบปรับอากาศ.....	181
ภาคผนวก ฉ. การควบคุมการใช้งานแสงสว่างในโรงแรม .....	184
ภาคผนวก ช. เอกสารการตีพิมพ์ .....	202
ประวัติผู้เขียน.....	211

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโตและค่า GWP <sub>100</sub> .....	9
2.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2553 จำแนกตามกิจกรรม.....	15
2.3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตั้ง.....	24
2.4 คะแนนอ้างอิงของคุณภาพข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	26
2.5 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของข้อมูล.....	26
2.6 การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นและค่าพลังไฟฟ้าต่อ ต้นความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคาร พ.ศ. 2552.....	33
2.7 เกณฑ์การออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคาร.....	34
2.8 ค่าตัวประกอบการบำรุงรักษา.....	36
2.9 ผลการศึกษาเทคโนโลยีและแนวทางในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก.....	39
2.10 กิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก จำแนกตามขอบเขต.....	53
2.11 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมตัวอย่างในได้หวัน.....	55
2.12 การประเมินผลการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของธุรกิจโรงแรม.....	58
2.13 แนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....	60
3.1 การโครงสร้างและการดำเนินงานขององค์กร.....	63
3.2 การเก็บข้อมูลการดำเนินกิจกรรมภายในองค์กรที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....	64
3.3 การรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากรที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....	65
3.4 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....	65
3.5 คะแนนอ้างอิงของคุณภาพข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	66
3.6 การประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูล.....	66
3.7 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของข้อมูล.....	66
3.8 การคัดเลือกกิจกรรมและส่วนงานเพื่อจัดทำมาตรการในการลดก๊าซเรือนกระจก.....	68
3.9 การคัดเลือกเทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจก.....	68
3.10 การจัดทำมาตรการในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กร.....	68
3.11 ผลประมาผลการลดการใช้ทรัพยากร และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....	69
3.12 การจัดทำผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์.....	69
4.1 รายละเอียดพื้นที่การใช้งานภายในโรงแรม ในกรณีศึกษา.....	70
4.2 อัตราการเข้าพักของโรงแรม ในกรณีศึกษา ปี พ.ศ. 2560.....	71
4.3 กิจกรรมการดำเนินงานภายในโรงแรม ในกรณีศึกษา ของแต่ละแผนก.....	74
4.4 บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา.....	76

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา ปี พ.ศ. 2560.....	79
4.6 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเปรียบเทียบกับหน่วยมาตรฐาน.....	82
4.7 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมต่าง ๆ .....	83
4.8 การประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรม ในกรณีศึกษา.....	85
4.9 ต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงแรม ในกรณีศึกษา ปี พ.ศ. 2560 .....	88
4.10 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของโรงแรม ในกรณีศึกษา ปี พ.ศ. 2560.....	93
4.11 ตัวแปรที่ใช้สำหรับการประเมินประสิทธิภาพ และสมรรถนะของระบบปรับอากาศ .....	94
4.12 พื้นที่การใช้งานภายในโรงแรม ในกรณีศึกษา.....	95
4.13 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของโรงแรม ในกรณีศึกษา ปี พ.ศ. 2560 .....	97
4.14 การคัดเลือกกิจกรรมและส่วนงานเพื่อจัดทำมาตรการในการลดก๊าซเรือนกระจก.....	102
4.15 สรุปรายละเอียดเบื้องต้นของแนวทางที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจก.....	105
4.16 สรุปผลการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามในการคัดเลือกแนวทางที่เป็นไปได้ในการลด ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก.....	107
4.17 สรุปพื้นที่ที่ต้องการใช้ระบบปรับอากาศ และจำนวนอุปกรณ์ในระบบที่จำเป็นต้องเปิดใช้งาน ในแต่ละช่วงเวลา ของโรงแรม ในกรณีศึกษา .....	111
4.18 เวลาการเปิด-ปิดอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ: วันที่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุม และสัมมนา.....	113
4.19 เวลาการเปิด-ปิดระบบปรับอากาศ: วันที่ไม่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุม และสัมมนา .....	114
4.20 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของโรงแรม ในกรณีศึกษา เมื่อดำเนินงาน ตามมาตรการ .....	115
4.21 ตัวแปรที่ใช้สำหรับการประเมินสมรรถนะของระบบปรับอากาศ หลังดำเนินมาตรการ.....	118
4.22 การคำนวณค่าของระบบปรับอากาศที่ใช้ในโรงแรม หลังการดำเนินตามมาตรการ.....	119
4.23 ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ.....	120
4.24 การคำนวณค่าความสว่างของแต่ละพื้นที่ หากมีการดำเนินการปรับเปลี่ยนหลอด ฟลูออเรสเซนต์ 36 W เป็นแอลอีดี 18 W .....	123
4.25 งบประมาณในการปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน .....	124

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.26 ตัวอย่างการสรุปผลจำนวนชั่วโมงการใช้งานหลอดไฟของโรงแรม ในกรณีศึกษา ตามแผนการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง.....	131
4.27 ตัวอย่างสรุปผลการใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน และควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง .....	132
4.28 ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง .....	133
4.29 สรุปแนวทางการดำเนินงานของมาตรการในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา.....	134
4.30 ผลประมาณการลดการใช้ทรัพยากร และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา.....	135
4.31 ค่าใช้จ่ายที่จะต้องลงทุนตลอดอายุโครงการ .....	139
4.32 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ .....	142
4.33 ผลการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เปรียบเทียบกับหน่วยมาตรฐาน.....	143
4.34 เวลาการเปิด-ปิดอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ: วันที่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุม และสัมมนา .....	145
4.35 เวลาการเปิด-ปิดระบบปรับอากาศ: วันที่ไม่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุม และสัมมนา .....	146
4.36 ตารางการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของเครื่องทำน้ำเย็น ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ.....	147

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก จำแนกตามกิจกรรมการดำเนินงาน ปี พ.ศ. 2553 .. 2	
1.2 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย จำแนกตามกิจกรรมการดำเนินงาน ปี พ.ศ. 2556 .....	3
2.1 ดัชนีอุณหภูมิพื้นดินและมหาสมุทรของโลก .....	7
2.2 ผลกระทบของธรรมชาติและมนุษย์ต่อปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก .....	8
2.3 แหล่งกำเนิดของก๊าซเรือนกระจก .....	10
2.4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2513 – 2553.....	13
2.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2553 จำแนกตามกิจกรรมการดำเนินงาน.....	14
2.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2543 – 2556.....	16
2.7 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย พ.ศ. 2556 .....	16
2.8 หลักการทำงานของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไออุดมคติ.....	28
2.9 หลักการทำงานของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอจริง.....	30
2.10 ลักษณะการทำงานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ.....	31
2.11 เทคโนโลยีและแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร.....	38
3.1 แผนการดำเนินงานวิจัย .....	62
3.2 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนผังพาเรโต (Pareto Chart).....	67
4.1 แผนผังของโรงแรมในกรณีศึกษา.....	72
4.2 โครงสร้างและจำนวนของบุคลากรในโรงแรม.....	72
4.3 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม จำแนกตามประเภท .....	80
4.4 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา ตามกิจกรรมการดำเนินงาน .....	87
4.5 แผนผังการทำงานของระบบปรับอากาศของโรงแรม กรณีศึกษา ในปัจจุบัน.....	90
4.6 สัดส่วนก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ของระบบต่าง ๆ ของโรงแรม ในกรณีศึกษา ปี พ.ศ. 2560 .....	100
4.7 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ปี พ.ศ. 2560 ตามกิจกรรมดำเนินงาน.....	101
4.8 แผนผังการทำงานของระบบปรับอากาศของโรงแรม กรณีศึกษา .....	109
4.9 แผนภูมิการไหลของเงินในการดำเนินการปรับปรุง การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ .	136
4.10 แผนภูมิการไหลของเงินในการดำเนินการปรับปรุง การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง...	139
4.11 การแสดงแผนภูมิการไหลของเงินในการดำเนินการปรับปรุง การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง โดยรวมมูลค่าค่าใช้จ่าย และผลประโยชน์ที่ได้ .....	141

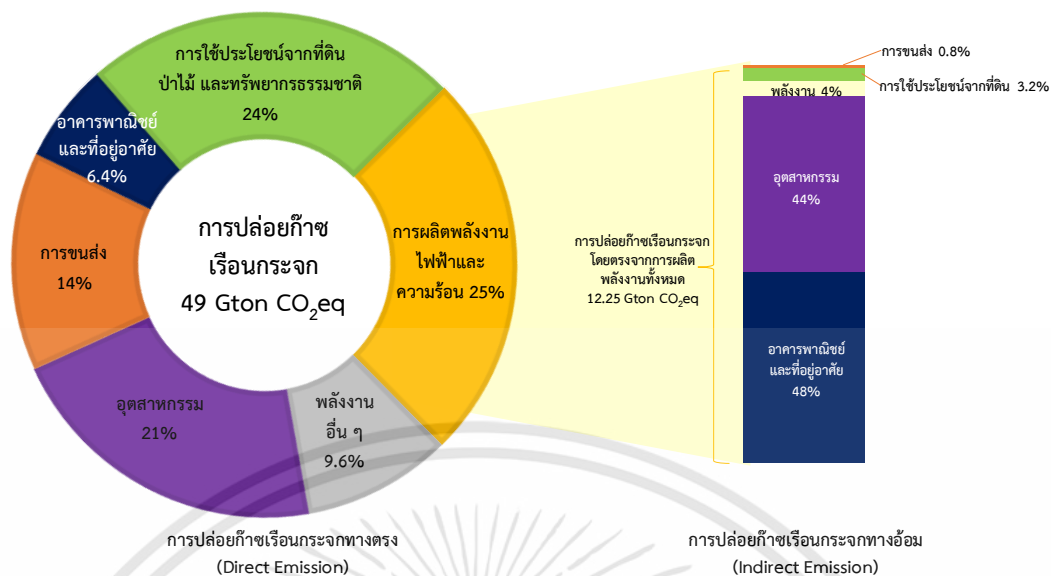
# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ อันเนื่องมาจากปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas, GHG) ที่เพิ่มมากขึ้น ได้ถูกตั้งเป็นประเด็นที่สำคัญในระดับนานาชาติ เนื่องจากส่งผลกระทบต่อทั่วโลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อนานาประเทศ ทั้งนี้ในหลายประเทศได้พยายามหาวิธีป้องกัน แก้ไขปัญหาและลดผลกระทบจากสภาวะการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศภายในประเทศและการร่วมมือกันระหว่างประเทศ เช่นการจัดตั้งรัฐภาคีว่าด้วยอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC) ในปี พ.ศ. 2535 ทั้งนี้ประเทศไทยในฐานะสมาชิกรัฐภาคี ก็ได้แสดงเจตนารมณ์ในการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ เพื่อต่อสู้กับปัญหาโลกร้อนที่เกิดขึ้นในปัจจุบันเช่นกัน

ในการศึกษาของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) [1] ซึ่งดำเนินการศึกษาเกี่ยวกับสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก ซึ่งจัดทำทุก ๆ 7 ปี ที่ได้มีการเผยแพร่รายงานฉบับล่าสุด ในปี พ.ศ. 2557 พบว่า ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2513 เป็นต้นมา ทั่วโลกมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งประกอบด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) และก๊าซที่มีฟลูออรีน มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2553 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 2.2 ต่อปี และหากพิจารณาในปี พ.ศ. 2553 พบว่า มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 49 กิกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยกิจกรรมการดำเนินงานที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emission) มากที่สุดอันดับหนึ่ง คือ การผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 25 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ทั้งนี้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนที่สามารถผลิตได้ จะถูกนำไปใช้ในการดำเนินงานต่าง ๆ ที่จะทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาอีกครั้ง เช่น ในการขนส่ง อาคารและที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม เกษตรกรรม และอื่น ๆ เรียกว่า “การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยทางอ้อม (Indirect Emission)” ดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก  
จำแนกตามกิจกรรมการดำเนินงาน ปี พ.ศ. 2553 [1]

และในด้านสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย อ้างอิงจากรายงานความก้าวหน้าราย 2 ปี ฉบับที่ 2 ของประเทศไทย (Second Biennial Update Report) ที่รายงานต่อ UNFCCC เมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ.2560 โดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [2] พบว่า ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 เป็นต้นมา ประเทศไทยมีแนวโน้มของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2556 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 2.7 ต่อปี และหากพิจารณาในปี พ.ศ. 2556 พบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 318.66 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยภาคพลังงาน (Energy) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเท่ากับ 236.93 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (74%) โดยภาคพลังงานจะประกอบด้วยกิจกรรมการผลิตไฟฟ้าและความร้อน กิจกรรมการขนส่ง การใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจ การรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจก และอื่น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.2

ทั้งนี้กิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ล้วนเป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มปริมาณก๊าซเรือนกระจกแทบทั้งสิ้น ทั้งจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงจากถ่านหิน น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ รวมทั้งการตัดไม้ทำลายป่าทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การทำการเกษตรและการปศุสัตว์ที่มีการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ หรือควันจากท่อไอเสียรถยนต์ปล่อยก๊าซโอโซน นอกจากนี้ กระบวนการแปรรูปอุตสาหกรรมปล่อยสารฮาโลคาร์บอน (CFCs, HFCs, PFCs) การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกนั้นส่งผลให้ชั้นบรรยากาศมีความสามารถในการกักเก็บรังสีความร้อนได้มากขึ้น ผลที่ตามมาคือ อุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศที่เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของหน่วยงาน องค์กร บริษัทและทุกคนในการมีส่วนร่วมรับผิดชอบต่อการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงและทางอ้อมของประเทศไทย

การจำแนกรายละเอียดของการปล่อย GHG ในภาคพลังงาน

รูปที่ 1.2 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย จำแนกตามกิจกรรมการดำเนินงาน ปี พ.ศ. 2556 [2]

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization, CFO) เป็นวิธีการหนึ่งในการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กร ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาแนวทางในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในระดับหน่วยงาน บริษัท หรือโรงงานอุตสาหกรรม อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนการผลิตจากการใช้ทรัพยากรที่น้อยลง และเป็นการแสดงถึงความรับผิดชอบต่อสังคม (Corporate Social Responsibility) โดยการดำเนินการประเมินและตรวจสอบการปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทยในปัจจุบันนั้น จะเป็นไปโดยความสมัครใจ ไม่ได้มีข้อกำหนดกฎหมายที่ชัดเจน และจากการศึกษาผลงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ในประเทศไทยมีการศึกษาและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ในส่วนของสถาบันการศึกษา และหน่วยงานของภาครัฐเป็นส่วนใหญ่ ดังเช่นงานวิจัยของสิริมา จิวสม, 2555 [3] ที่ได้ดำเนินการวิจัยการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและแนวทางเชิงวิศวกรรมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรมควบคุมมลพิษ และ ธนัท พูลประทีน, 2555 [4] ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ เป็นต้น แต่ในส่วนของ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของธุรกิจโรงแรม ที่มีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกจำนวนมากยังมีงานวิจัยอยู่น้อย และจากรายงานของ UNWTO-UNEP-WMO ที่ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและการท่องเที่ยว (Climate Change and Tourism) [5] พบว่า อุตสาหกรรมการท่องเที่ยวมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ที่ประมาณร้อยละ 5 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของโลก ซึ่งหากพิจารณาภายใต้ระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องที่อยู่นั้น พบว่า มีแหล่งกำเนิดมาจากโรงแรมที่พักสูงถึงร้อยละ 21 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวของโลก อีกทั้งอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวยังมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ซึ่งหากขาดการจัดการที่ดี จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างมาก ทั้งในแง่ของการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การใช้น้ำจำนวนมาก การสร้างขยะและของเสีย รวมไปถึงการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของธุรกิจโรงแรม ที่มีส่วนต้องรับผิดชอบต่อปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและสภาวะโลกร้อนเช่นกัน โดยได้ทำการศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมขนาดใหญ่ (มากกว่า 200 ห้อง) ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากในหลายกิจกรรม เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงแรม การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากการขนส่งและการหุงต้ม การระเหยก๊าซเรือนกระจกจากสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ การกำจัดขยะ และการใช้น้ำประปา เป็นต้น โดยใช้แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของประเทศไทย (2559) [6] จากนั้นศึกษาและวิเคราะห์ถึงแหล่งที่มาของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่าง ๆ เพื่อเสนอมาตรการและแนวทางที่เหมาะสมในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงภายในองค์กร ซึ่งเป็นการสร้างจิตสำนึกที่ดีให้แก่บุคลากรภายในโรงแรมให้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาภาวะโลกร้อนและร่วมมือกันลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างจริงจัง อันจะนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคตต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หาแหล่งที่มาและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมในกรณีศึกษา
2. เพื่อทำการประเมินหาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากการดำเนินงานของโรงแรมในกรณีศึกษา
3. เพื่อเสนอวิธีการบริหารจัดการการดำเนินงานที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมในกรณีศึกษา ที่ทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมลดลงต่ำกว่า 30 kg CO<sub>2</sub>-e per room night sold (ใกล้เคียงกับโรงแรมขนาดใหญ่ในระดับ 5 ดาว ที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล)

## 1.3 ขอบเขตของปัญหา

1. ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของของโรงแรม ในกรณีศึกษา ซึ่งมีจำนวนห้องพัก 242 ห้อง ตั้งอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร
2. การวิเคราะห์กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมในกรณีศึกษา จะวิเคราะห์ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของประเทศไทย (2559) [6] โดยศึกษา กิจกรรมและการดำเนินงานของโรงแรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ด้วยวิธีการควบคุมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดำเนินงาน นั่นคือ ประเมินและรวบรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของหน่วยธุรกิจที่อยู่ภายใต้อำนาจการควบคุมการดำเนินงานขององค์กรเท่านั้น มิได้นับรวมปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากหน่วยธุรกิจที่องค์กรมีส่วนเป็นเจ้าของ แต่ไม่มีอำนาจควบคุมการดำเนินงาน

3. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาและประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมในกรณีศึกษา คือ ข้อมูลพื้นฐาน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2560 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2560

4. ขอบเขตข้อมูลที่ใช้สำหรับการคำนวณอ้างอิง:

- 1) ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor, EF) อ้างอิงจากข้อมูลค่า EF ที่ดำเนินการรวบรวมและประกาศในเว็บไซต์องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ในเดือน มิถุนายน พ.ศ. 2559
- 2) อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย เท่ากับ 3.3 บาท/หน่วย อ้างอิงจากค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงแรม
- 3) อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ อ้างอิงจากข้อมูลในสัญญากู้ยืมจริงของโรงแรม ในกรณีศึกษา เท่ากับ 6.25% พ.ศ. 2560 - 2561

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสร้างบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก รวมถึงข้อมูลการใช้สาธารณูปโภคและทรัพยากร ตลอดจนการจัดการของเสียของโรงแรมในกรณีศึกษา
2. ได้มาตรการที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับโรงแรมกรณีศึกษา

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

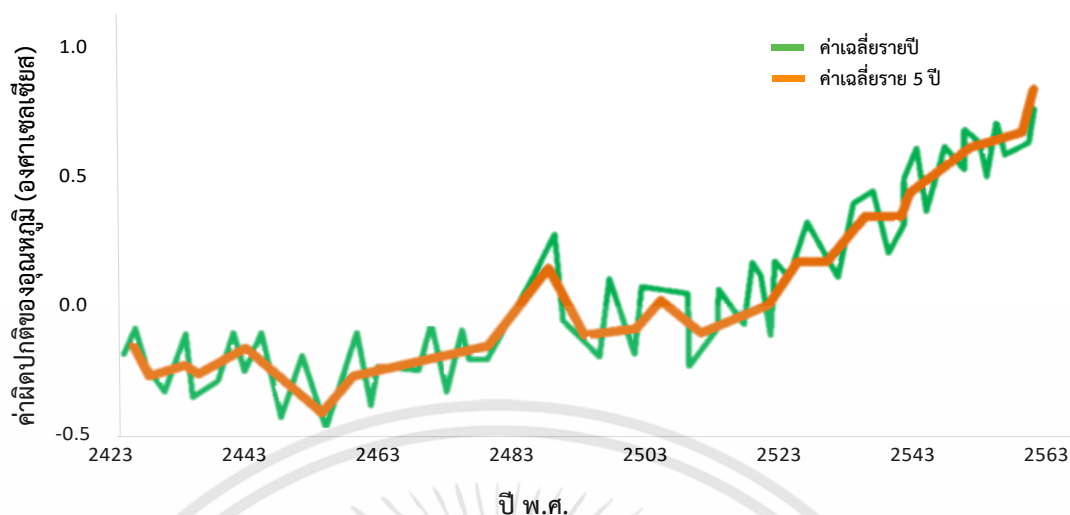
การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization, CFO) เป็นการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กรที่สามารถใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาแนวทางในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยลดต้นทุนการผลิตจากการใช้ทรัพยากรที่น้อยลง และเป็นการแสดงถึงความรับผิดชอบต่อสังคม ทั้งนี้ในการดำเนินงานวิจัยจะต้องมีการศึกษาถึงทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงผลงานวิจัยที่เคยได้มีการศึกษามาก่อนหน้า เพื่อนำมาปรับใช้กับการดำเนินงานวิจัยให้มีประโยชน์สูงสุด โดยในบทนี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 ส่วน คือ 1) ก๊าซเรือนกระจก กับ การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของโลก 2) การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร 3) มาตรการและแนวทางการบริหารจัดการในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก 4) เครื่องมือคุณภาพ 7 ชนิด (7 QC Tools) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล 5) การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และ 6) การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งรายละเอียดได้แสดงไว้ในหัวข้อ 2.1 ถึง 2.6 ตามลำดับ

### 2.1 ก๊าซเรือนกระจกกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของโลก [1-2 และ 7-10]

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) เป็นการเปลี่ยนแปลงของอากาศที่ส่งผลกระทบต่อมาจากการกระทำของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ทำให้ส่วนประกอบของบรรยากาศโลกเปลี่ยนแปลงไป นอกเหนือจากการเปลี่ยนแปลงโดยธรรมชาติในช่วงเวลาเดียวกัน โดยสาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มาจากปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas, GHG) ในชั้นบรรยากาศที่มีมากเกินไปจนเกินไปทำให้เกิดปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Effect) หรือภาวะโลกร้อน (Global Warming)

ทั้งนี้จากการศึกษา พบว่า โลกมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ข้อมูลของหน่วยงาน Climatic Research Unit และ National Oceanic and Atmospheric Administration ที่ดำเนินการวัดความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิบนพื้นผิวของผืนดินและมหาสมุทร ได้เก็บข้อมูลสถิติการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตั้งแต่ปี พ.ศ. 2431 – 2558 ดังแสดงในรูปที่ 2.1 พบว่า โลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ 1 องศาเซลเซียส อันเป็นผลพวงจากปรากฏการณ์เอลนีโญ (El Niño) และกิจกรรมของมนุษย์ และในช่วงปี พ.ศ. 2554 – 2558 เป็นช่วงที่โลกร้อนที่สุดที่เคยได้ทำการบันทึกไว้ในประวัติศาสตร์มวลมนุษยชาติ เป็นผลพวงมาจากระดับของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศที่สูงทะลุสถิติ โดยในซีกโลกเหนือของช่วงเดือนมีนาคม – พฤษภาคม 2558 สามารถวัดความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากกว่า 400 ส่วนต่อล้านส่วน (Part per Million: ppm) ในชั้นบรรยากาศเป็นครั้งแรกในประวัติศาสตร์ ส่งผลให้ปี พ.ศ. 2558 เป็นปีที่ร้อนที่สุดที่เคยบันทึกมา [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ดัชนีอุณหภูมิพื้นดินและมหาสมุทรของโลก [7]

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและมนุษยชาติ การดำเนินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสูงนั้น จะส่งผลกระทบในเชิงลบต่อความหลากหลายทางชีวภาพ การบริการของระบบนิเวศ และการพัฒนาทางเศรษฐกิจ อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ อาหาร และความมั่นคงของมนุษย์อีกด้วย

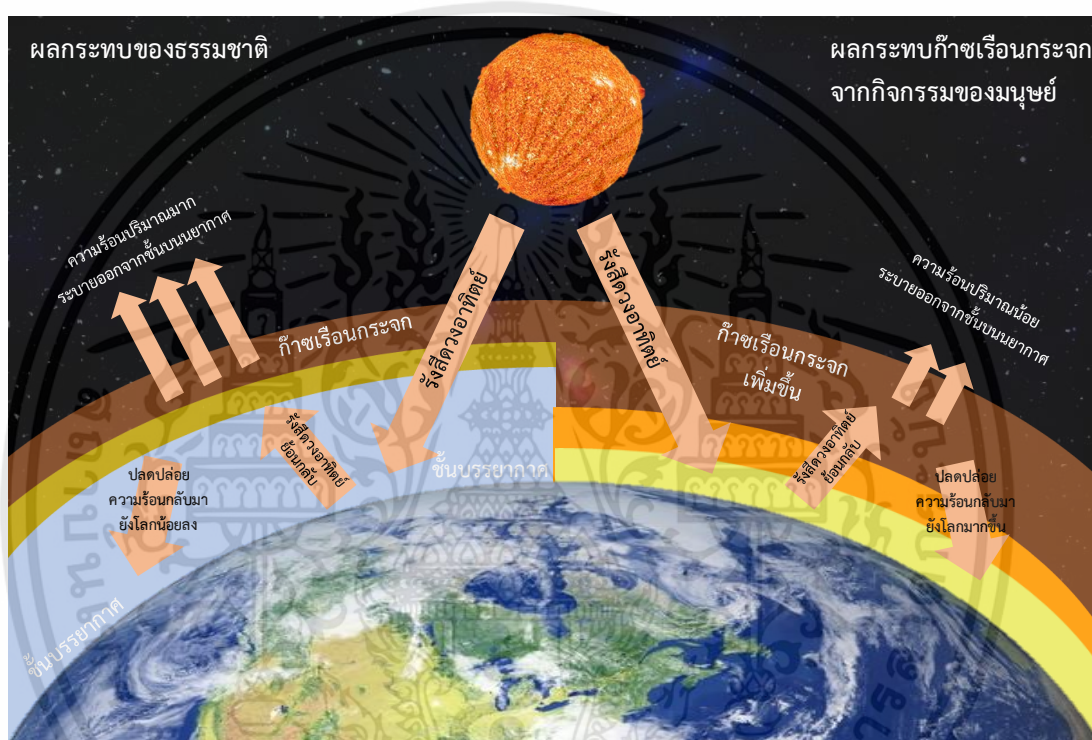
ในเรื่องของรายละเอียดของก๊าซเรือนกระจกนี้จะกล่าวถึง 3 เรื่อง ได้แก่ 1) ประเภทของก๊าซเรือนกระจก 2) แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก และ 3) สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยโดยแสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 2.1.1 ถึง 2.1.3 ตามลำดับ

### 2.1.1 ประเภทของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas, GHG) [8]

ก๊าซเรือนกระจกมีคุณสมบัติในการดูดซับและปลดปล่อยรังสีภายในช่วงความถี่ (คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า) อินฟราเรดร้อน (Thermal Infrared Range) ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนบางส่วนออกสู่อวกาศภายนอกและปลดปล่อยความร้อนกลับสู่พื้นผิวโลก ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ดังแสดงในรูปที่ 2.2

แต่ถึงแม้ว่าก๊าซเรือนกระจกจะเป็นตัวการที่ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ก็ยังมีบทบาทต่อการรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศของโลกให้คงที่ เพราะถ้าหากบรรยากาศโลกไม่มีก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ จะทำให้อุณหภูมิในตอนกลางวันนั้นร้อนจัด และในตอนกลางคืนจะหนาวจัด ทั้งนี้เนื่องมาจากก๊าซเรือนกระจกจะดูดซับคลื่นรังสีความร้อนเอาไว้ในตอนกลางวัน และค่อยๆแผ่รังสีความร้อนออกมาในตอนกลางคืน ดังนั้นอุณหภูมิในบรรยากาศโลกจะไม่เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน แต่ในกรณีที่ก๊าซเรือนกระจกมากเกินไป จะเป็นเหตุให้อุณหภูมิสูงขึ้นถึงระดับเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศ โดยในพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ที่เป็นสนธิสัญญาระหว่างประเทศด้านสิ่งแวดล้อมซึ่งมีเป้าหมายเพื่อบรรลุนโยบายความเข้มข้นของแก๊สเรือนกระจกในบรรยากาศที่ระดับซึ่งจะป้องกันการรบกวนอันตรายจากน้ำมีอุมุขย์กับระบบภูมิอากาศ ได้กำหนดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ถูกควบคุมไว้ทั้งหมด 7 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) ก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF<sub>6</sub>) และก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF<sub>3</sub>)



รูปที่ 2.2 ผลกระทบของธรรมชาติและมนุษย์ต่อปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก [9]

การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกส่งผลให้ชั้นบรรยากาศมีความสามารถในการกักเก็บรังสีความร้อนมากขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของชั้นบรรยากาศสูงขึ้น แต่ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกไม่ได้เพิ่มขึ้นอย่างเป็นเส้นตรงตามปริมาณก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดจะมีค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential: GWP) ที่แตกต่างกัน โดยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการแผ่รังสีความร้อนของโมเลกุลแต่ละประเภท และอายุของก๊าซนั้น ๆ ในชั้นบรรยากาศ โดยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะก๊าซเรือนกระจก สามารถประเมินได้จากการวัดหรือคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดที่เกิดขึ้นจริง คิดเทียบกับการแผ่รังสีความร้อนของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ในช่วงระยะเวลา 100 ปี แสดงตามตารางที่ 2.1

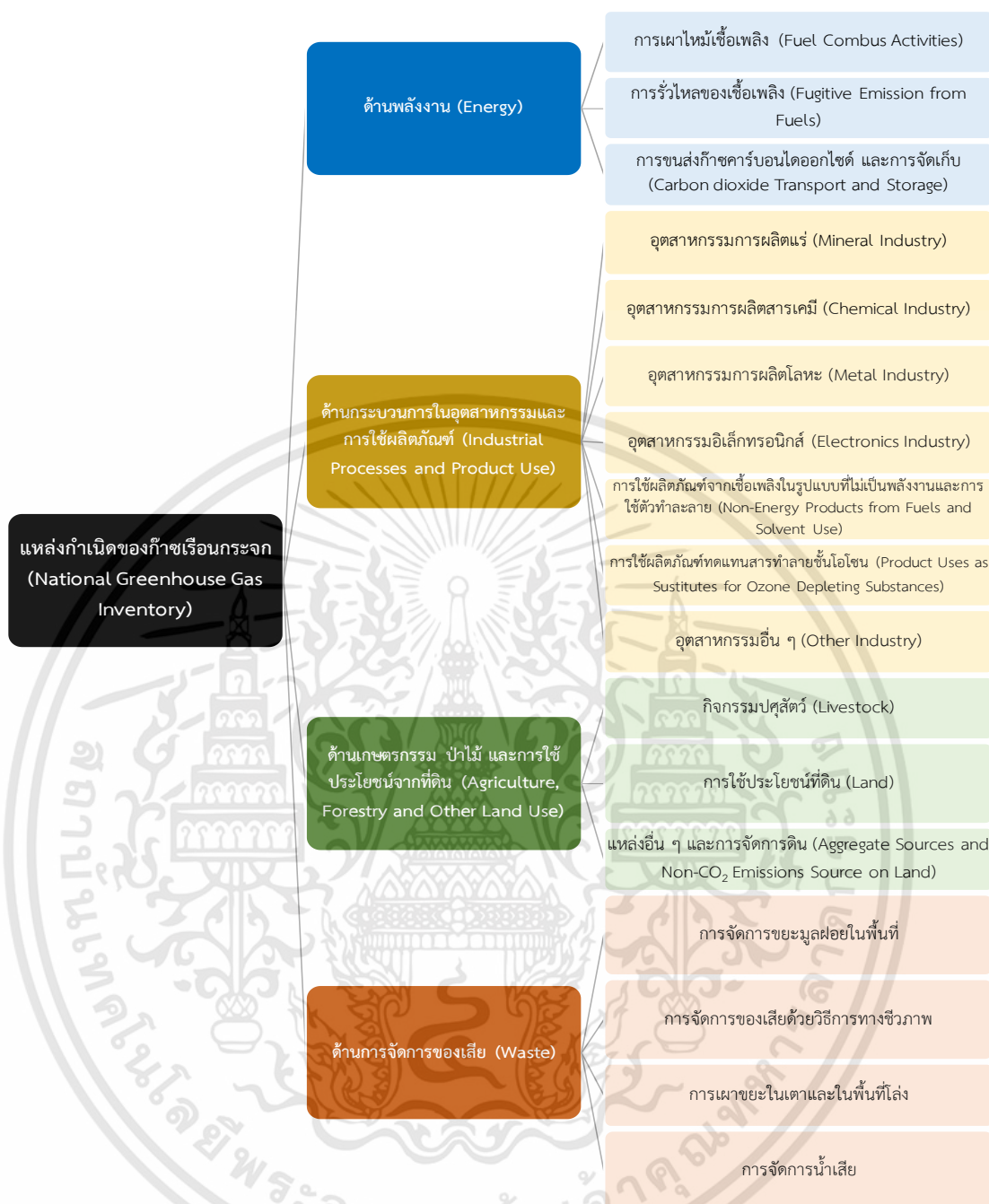
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมภายใต้พิธีสารเกียวโตและค่า GWP<sub>100</sub> [8]

ก๊าซเรือนกระจก	สูตรโมเลกุล	อายุในชั้นบรรยากาศ (ปี)	GWP <sub>100</sub>
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	CO <sub>2</sub>	5 – 200	1
ก๊าซมีเทน	CH <sub>4</sub>	12	25
ก๊าซไนตรัสออกไซด์	N <sub>2</sub> O	114	298
ก๊าซไฮโดรฟลูออไรด์คาร์บอน	C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> F <sub>p</sub>	1.4 – 270	124 – 14,800
ก๊าซเพอร์ฟลูออไรด์คาร์บอน	C <sub>n</sub> F <sub>2n+2</sub>	1,000 – 50,000	7,390 – 12,200
ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์	SF <sub>6</sub>	3,200	22,800
ไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์	NF <sub>3</sub>	740	17,200

### 2.1.2 แหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก [10]

กิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากถ่านหิน น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ การตัดไม้ทำลายป่า การทำการเกษตรและการปศุสัตว์ ควันท่อไอเสียรถยนต์ กระบวนการแปรรูปอุตสาหกรรม การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารและที่พักอาศัย หรือการจัดการขยะ ล้วนเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น โดยคณะกรรมการการคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ได้ระบุถึงแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจก โดยแบ่งตามกิจกรรมทางเศรษฐกิจ ในคู่มือ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านพลังงาน 2) ด้านกระบวนการในอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ 3) ด้านเกษตรกรรม ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์จากที่ดิน และ 4) ด้านการจัดการของเสีย โดยแสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แหล่งกำเนิดของก๊าซเรือนกระจก [10]

### 1) ด้านพลังงาน

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของพลังงาน ครอบคลุมตั้งแต่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทางตรงทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การผลิตพลังงาน การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมการผลิตและการก่อสร้าง การขนส่ง ภาคครัวเรือนและอาคารพาณิชย์ รวมไปถึงการรั่วไหลที่เกิดจากการขุดเจาะน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มหลัก คือ

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง (Fuel Combustion Activities) แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มย่อยตามประเภทของการใช้พลังงาน ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุตสาหกรรมการผลิตพลังงาน (Energy Industries) เช่นการผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน การกลั่นน้ำมันดิบ การผลิตเชื้อเพลิงแข็ง เป็นต้น
- การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมการผลิตและการก่อสร้าง (Manufacturing Industries and Construction) เช่น อุตสาหกรรมเหล็ก อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมกระดาษ การผลิตเครื่องจักร เป็นต้น
- การขนส่ง (Transport) เช่น รถยนต์ รถจักรยานยนต์ รถไฟ เรือ เป็นต้น
- การใช้พลังงานในสาขาอื่น ๆ (Other Sectors) เช่น ที่พักอาศัย โรงแรมและอาคารพาณิชย์ การเกษตร และการประมง เป็นต้น
- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของเชื้อเพลิง (Fugitive Emission from Fuels) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อยตามประเภทของเชื้อเพลิง ได้แก่
  - การผลิตเชื้อเพลิงแข็ง (Solid Fuels) เช่น การผลิตถ่านหิน
  - การขุดเจาะน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ (Oil and Natural Gas)
- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการจัดเก็บ (Carbon dioxide Transport and Storage)

## 2) ด้านกระบวนการในอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของกระบวนการในอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ ครอบคลุมการใช้พลังงานในกระบวนการดำเนินงานต่าง ๆ ภายในโรงงานอุตสาหกรรม โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 8 กลุ่มหลัก ตามประเภทของอุตสาหกรรม คือ

- อุตสาหกรรมการผลิตแร่ (Mineral Industry)
  - อุตสาหกรรมการผลิตสารเคมี (Chemical Industry)
  - อุตสาหกรรมการผลิตโลหะ (Metal Industry)
  - อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Industry)
  - การใช้ผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงในรูปแบบที่ไม่เป็นพลังงานและการใช้ตัวทำละลาย (Non-Energy Products from Fuels and Solvent Use)
  - การใช้ผลิตภัณฑ์ทดแทนสารทำลายชั้นโอโซน (Product Uses as Substitutes for Ozone Depleting Substances)
  - อุตสาหกรรมอื่น ๆ (Other Industry) เช่น อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสิ่งทอ เป็นต้น
- ## 3) ด้านเกษตรกรรม ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์จากที่ดิน

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของเกษตรกรรม ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์จากที่ดิน ครอบคลุมตั้งแต่การทำการเกษตรปลูกพืช ผัก ผลไม้ การทำปศุสัตว์ การใช้ปุ๋ย การใช้ที่ดินในการทำประโยชน์ต่าง ๆ โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มหลัก คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมปศุสัตว์ (Livestock) เช่น การหมักในระบบย่อยอาหารสัตว์ การจัดการมูลสัตว์ เป็นต้น
- การปล่อยและกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land) เช่น พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตร พื้นที่อยู่อาศัยและอาคารพาณิชย์ พื้นที่น้ำ พื้นที่ทุ่งหญ้า และอื่น ๆ
- การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งอื่น ๆ และการจัดการดิน (Aggregate Sources and Non-CO<sub>2</sub> Emissions Source on Land) เช่น การเผาไหม้ชีวมวล การใช้ปุ๋ยขาว และโดโลไมต์ในพื้นที่เกษตร การใช้ปุ๋ยยูเรียในพื้นที่เกษตร เป็นต้น

#### 4) ด้านการจัดการของเสีย

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของจัดการของเสีย สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มตามประเภทและลักษณะการจัดการขยะ คือ

- การจัดการขยะมูลฝอยในพื้นที่
- การจัดการของเสียด้วยวิธีการทางชีวภาพ
- การเผาขยะในเตาและในพื้นที่โล่ง
- การจัดการน้ำเสีย

นอกจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ตาม 4 ด้านที่กล่าวมาแล้ว ยังคงมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งอื่น ๆ เช่น การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ทางอ้อมจากการสะสมก๊าซไนโตรเจนในชั้นบรรยากาศ โดยสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

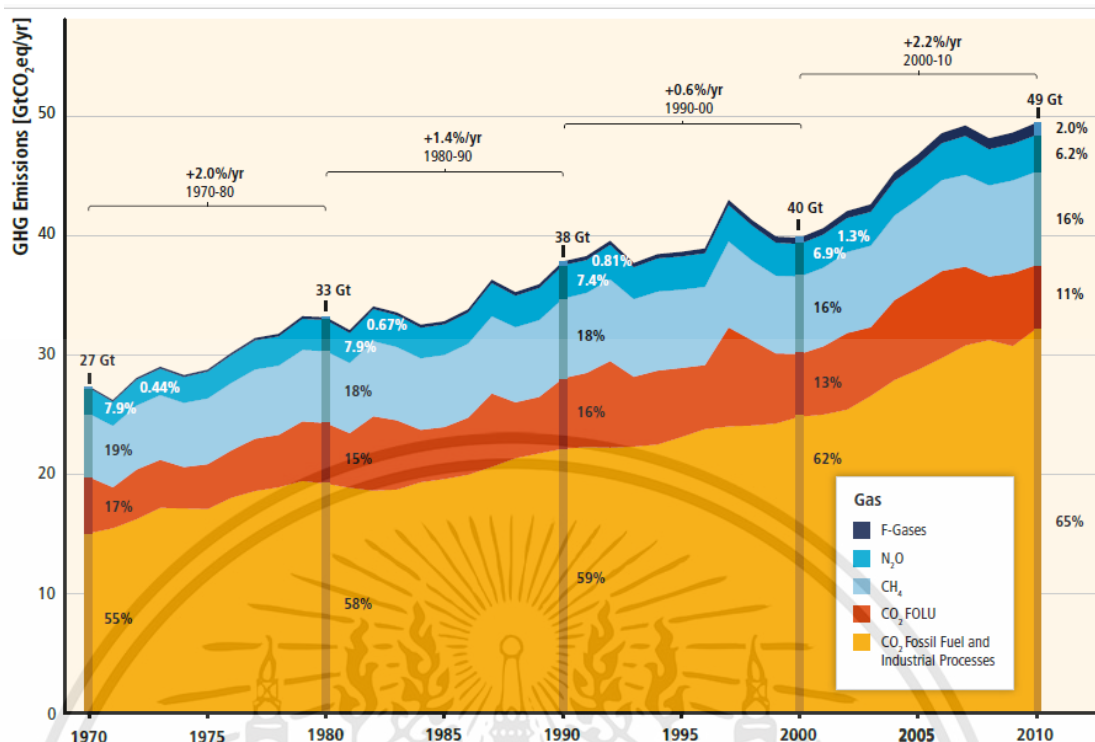
#### 2.1.3 สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก [1 และ 2]

ปัญหาการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นสิ่งที่ทั่วโลกต่างให้ความสำคัญและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลาย ๆ ประเทศจึงได้กำหนดมาตรการขึ้นเพื่อควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานต่าง ๆ ทั้งนี้การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีเป้าหมายเพื่อสะท้อนให้เห็นถึงสัดส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ รวมถึงแนวโน้มของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มมากขึ้นทั้งในระดับโลก และระดับประเทศ

##### สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก [1]

การศึกษาของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ในปี พ.ศ. 2557 [1] พบว่า ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2513 เป็นต้นมา ทั่วโลกมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2553 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 2.2 ต่อปี ซึ่งถือได้ว่าเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับแนวโน้มในปี พ.ศ. 2533 – 2543 ที่มีอัตราเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเพียงร้อยละ 0.6 ต่อปี แต่อย่างไรก็ตาม จากรูปที่ 2.4 ก็แสดงให้เห็นว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ทั้งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) และก๊าซที่มีฟลูออรีน) ต่างเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

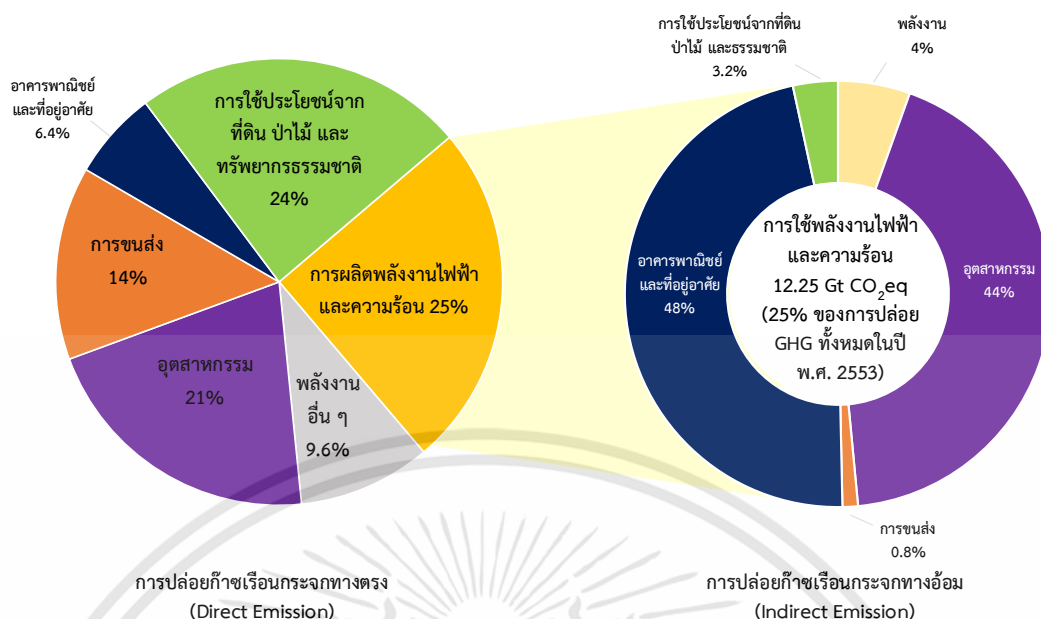
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2513 – 2553 [1]

เมื่อพิจารณาในปี พ.ศ. 2553 พบว่า มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 49 กิกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยกิจกรรมการดำเนินงานที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกทางตรง (Direct Emission) มากที่สุดอันดับหนึ่ง คือ การผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อน ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวน 12.25 กิกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 25 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ทั้งนี้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนที่สามารถผลิตได้ จะถูกนำไปใช้ในการดำเนินงานต่าง ๆ เช่น ในการขนส่ง อาคารและที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม เกษตรกรรม และอื่น ๆ การดำเนินงานเหล่านี้ก็จะมีมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาอีกครั้ง ซึ่งถือเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยทางอ้อม (Indirect Emission) และกิจกรรมการดำเนินงานที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกทางตรงมากเป็นอันดับสองและสาม คือ การใช้ประโยชน์จากที่ดิน ป่าไม้ ทรัพยากรธรรมชาติ และการดำเนินงานในอุตสาหกรรมคิดเป็นร้อยละ 24 และ 21 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2553 จำแนกตามกิจกรรมการดำเนินงาน [1]

จากการพิจารณาทั้งหมด จะสังเกตได้ว่ากลุ่มธุรกิจที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดอันดับที่หนึ่ง คือ กลุ่มธุรกิจอุตสาหกรรม ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งรวมทั้งหมด 15.68 กิกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า แบ่งออกเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง 10.29 กิกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 21 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด) และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม 5.39 กิกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 11 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด) รองลงมาอันดับที่สอง คือ กลุ่มธุรกิจที่ใช้ประโยชน์จากที่ดิน ป่าไม้ และทรัพยากรธรรมชาติ เช่น การทำเกษตรกรรม มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 12.15 กิกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า แบ่งออกเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง 11.76 กิกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมเพียง 0.39 กิกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และกลุ่มธุรกิจที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นอันดับสาม คือ กลุ่มธุรกิจอาคารพาณิชย์และที่อยู่อาศัย เช่น โรงแรม อาคารให้เช่า หอพัก และอพาร์ทเมนท์ เป็นต้น โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 9.02 กิกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า แบ่งออกเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงเพียง 3.14 กิกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า แต่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมสูงถึง 5.88 กิกะตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.2

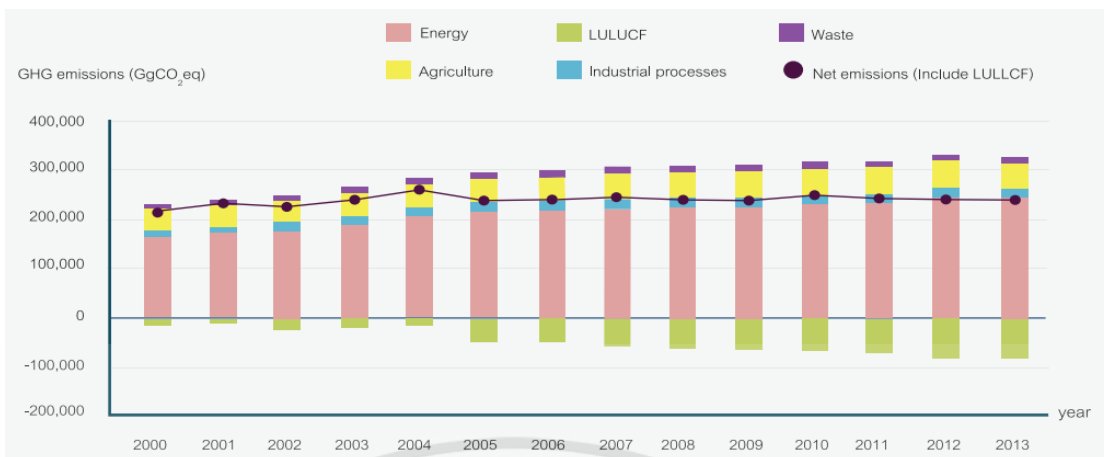
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2553 จำแนกตามกิจกรรม [1]

กลุ่มธุรกิจ	การปล่อย GHG ทางตรง		การปล่อย GHG ทางอ้อม		การปล่อย GHG รวม	
	Gt CO <sub>2</sub> -e	% Total	Gt CO <sub>2</sub> -e	% Total	Gt CO <sub>2</sub> -e	% Total
อุตสาหกรรม	10.29	21.00%	5.39	11.00%	15.68	32.00%
การใช้ประโยชน์ จากที่ดิน ป่าไม้ ธรรมชาติ	11.76	24.00%	0.39	0.80%	12.15	24.80%
อาคารพาณิชย์ และที่อยู่อาศัย	3.14	6.40%	5.88	12.00%	9.02	18.40%
การขนส่ง	6.86	14.00%	0.09	0.20%	6.95	14.20%
พลังงานอื่น ๆ	4.70	9.60%	0.50	1.00%	5.20	10.60%
<b>รวมทั้งหมด</b>	<b>36.75</b>	<b>75.00%</b>	<b>12.25</b>	<b>25.00%</b>	<b>49.00</b>	<b>100%</b>

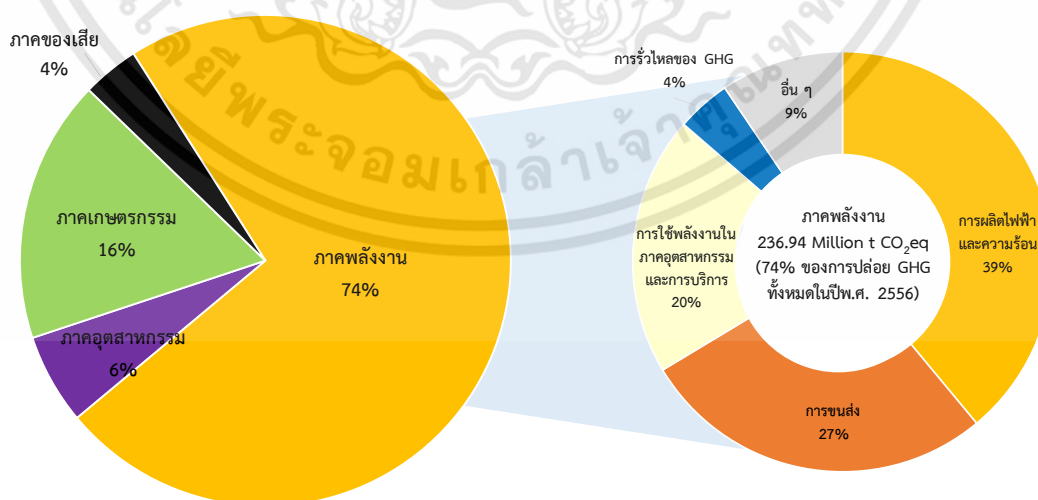
#### สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย [2]

ในด้านของการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย จากรายงานความก้าวหน้าราย 2 ปี ฉบับที่ 2 ของประเทศไทย (Second Biennial Update Report) ที่รายงานต่อ UNFCCC เมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ.2560 โดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [2] พบว่า ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 เป็นต้นมา ประเทศไทยมีแนวโน้มของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงปี พ.ศ. 2543 – 2556 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 2.7 ต่อปี แต่เมื่อพิจารณาพร้อมกับการดูดซับก๊าซเรือนกระจกจากที่ดินและป่าไม้ พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 2543 – 2547 และลดลงในปี พ.ศ. 2548 จากนั้นจึงค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 0.64 ต่อปี แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการดูดซับก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยที่เป็นไปในทิศทางที่ดี แต่อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยยังถือว่ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างสูง โดยแนวโน้มของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2543 – 2556 [2]

หากพิจารณาเฉพาะในแง่ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย พบว่า ในปี พ.ศ. 2556 ประเทศไทยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 318.66 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (Million ton CO<sub>2</sub>-e) โดยภาคพลังงาน (Energy) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเท่ากับ 236.94 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (74%) โดยภาคพลังงานจะประกอบด้วย กิจกรรมการผลิตไฟฟ้าและความร้อน กิจกรรมการขนส่ง การใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจ การรั่วไหลของก๊าซเรือนกระจก และอื่น ๆ รองจากภาคพลังงาน คือ ภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Agriculture Forestry and Other Land Use: AFOLU) ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ (Industrial Processes and Product Use: IPPU) และ ภาคการจัดการของเสีย (Waste) โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 50.92 (16%), 18.98 (6%), และ 11.83 (4%) ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย พ.ศ. 2556 [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นหน่วยงาน องค์กร และบุคลากรทุกภาคส่วนจึงควรมีส่วนร่วมในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อนำไปสู่การพัฒนาประเทศที่มีความยั่งยืนต่อไปในอนาคต โดยแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น การใช้พลังงานทดแทน การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานทดแทน การจัดการของเสียอย่างถูกวิธี การบริหารจัดการด้านการขนส่ง หรือแม้แต่การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ผลิตภัณฑ์ และบุคคล ก็จะเป็นการสะท้อนให้เห็นถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ จะสามารถนำมาใช้ในการค้นหาแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2.2 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร [6]

ในภาวะโลกร้อนที่นับวันยิ่งทวีความรุนแรงขึ้น ซึ่งมีสาเหตุที่สำคัญจากกิจกรรมต่างของมนุษย์ ทั้งการใช้พลังงาน การทำลายทรัพยากรธรรมชาติ การขนส่ง และการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม ดังนั้นในหลาย ๆ ประเทศ จึงมีความตื่นตัวเกี่ยวกับภาวะโลกร้อนมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการพัฒนาแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ทั้งนี้คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint, CF) ซึ่งเป็นการวัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases, GHGs) จากกระบวนการผลิตสินค้าตลอดวัฏจักรชีวิต (Product Life Cycle) โดยเริ่มตั้งแต่ การจัดหาวัตถุดิบไปแปรรูป ผลิต จัดจำหน่าย การใช้งาน และการจัดการหลังจากผลิตภัณฑ์นั้น ๆ หมดสภาพการใช้งานแล้ว รวมถึงจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในองค์กร โดยแสดงข้อมูลหน่วยของกิโลกรัมหรือตัน ของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เพื่อเป็นข้อมูลให้แก่ผู้บริโภค ผู้ประกอบการ และบริษัท ได้ทราบว่า ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาปริมาณเท่าใด หรือองค์กรมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่าใด

คาร์บอนฟุตพริ้นท์นี้ได้ถูกแนะนำขึ้นครั้งแรกในประเทศอังกฤษ ในช่วงเดือนมีนาคม 2550 ภายใต้การกำกับดูแลของ Carbon Trust ซึ่งเป็นองค์กรอิสระที่ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐในสหราชอาณาจักร โดยเฉพาะประเทศอังกฤษที่จัดตั้งขึ้นเพื่อดูแลเรื่องสภาวะโลกร้อนและกระตุ้นเรื่องการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ แบ่งได้ออกเป็น 3 ระดับ ตามวัตถุประสงค์ ได้แก่

- ระดับผลิตภัณฑ์: เป็นการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากผลิตภัณฑ์แต่ละหน่วย ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การขนส่ง การประกอบชิ้นส่วน การใช้งาน และการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลังใช้งาน โดยคำนวณออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งเครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ที่จะติดบนสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ นั้น โดยในหลายประเทศมีการนำคาร์บอนฟุตพริ้นท์มาใช้ เช่น อังกฤษ ฝรั่งเศส สวิตเซอร์แลนด์ แคนาดา ญี่ปุ่น และเกาหลี เป็นต้น

- ระดับการให้บริการ: เป็นการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากการทำกิจกรรมต่าง ๆ ของธุรกิจในกลุ่มบริการ เช่น ในบางสายการบินที่เริ่มมีการประกาศคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของตน เพื่อให้ผู้โดยสารสามารถเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการเดินทางของตนเองได้
- ระดับองค์กร: เป็นการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กร วัตถุประสงค์ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โดยพิจารณาจาก 3 ส่วนหลัก คือ การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางตรง (Direct Emissions) การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy Indirect Emissions) และ การคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทางอ้อมด้านอื่น ๆ

ในส่วนของการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization หรือ Corporate Carbon Footprint, CCF) เป็นวิธีการประเภทหนึ่งในการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการดำเนินงานขององค์กร โดยในหัวข้อนี้จะกล่าวถึง 4 เรื่อง ได้แก่ 1) ประเภทของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร 2) การกำหนดขอบเขตขององค์กร 3) แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร และ 4) การประเมินและจัดการความไม่แน่นอน แสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 2.2.1 ถึง 2.2.4 ตามลำดับ

### 2.2.1 ประเภทของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

กิจกรรมที่มีการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับการดำเนินงานขององค์กร ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

- ประเภทที่ 1: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง (Direct GHG Emission) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในองค์กร เช่น การเดินทางด้วยยานพาหนะขององค์กร การใช้สารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศภายในองค์กร การบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้มภายในองค์กร การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากการใช้งานของอุปกรณ์ที่องค์กรเป็นเจ้าของ
- ประเภทที่ 2: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Electricity Indirect GHG Emission) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า หรือความร้อนที่ถูกนำเข้ามาจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า ความร้อนหรือน้ำที่ถูกนำเข้ามาจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร
- ประเภทที่ 3: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (Other Indirect GHG Emission) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ นอกเหนือจากที่ระบุในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 เช่น การใช้น้ำประปา การใช้วัสดุ การกำจัดขยะในส่วนของ การขนส่ง และการฝังกลบ โดยประเภทที่ 3 นี้ ถือเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่องค์กรสามารถวัดหรือประเมินเพื่อรายงานเพิ่มเติมได้ โดยไม่ถือเป็นข้อบังคับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.2 การกำหนดขอบเขตขององค์กร

การกำหนดขอบเขตขององค์กรในการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกสามารถทำได้โดยวิธีการแบบใดแบบหนึ่ง ดังนี้

- **แบบควบคุม (Control Approach)** เป็นการกำหนดขอบเขตการรวบรวมแหล่งปล่อยและแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกแบบควบคุม โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ การควบคุมการดำเนินงาน (Operational Control) และการควบคุมทางการเงิน (Financial Control) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้
  - ควบคุมการดำเนินงาน โดยองค์กรทำการประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานภายใต้อำนาจการควบคุมการดำเนินงานขององค์กร ไม่นับรวมปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานที่องค์กรมีส่วนเป็นเจ้าของ แต่ไม่มีอำนาจควบคุมการดำเนินงาน
  - ควบคุมทางการเงิน โดยองค์กรทำการประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของหน่วยธุรกิจ หรือโรงงานภายใต้อำนาจการควบคุมทางการเงิน ซึ่งยึดตามสัดส่วนทางการเงินที่เกิดขึ้นจริงและมีการระบุไว้ในรายงานทางการเงินขององค์กรเป็นหลัก
- **แบบปันส่วนตามกรรมสิทธิ์ (Equity Share)** เป็นการกำหนดขอบเขตการรวบรวมผลการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร โดยปันตามสัดส่วนของลักษณะการร่วมทุน หรือลงทุนในอุปกรณ์หรือหน่วยผลิตนั้น ๆ โดยเมื่อกำหนดขอบเขตขององค์กรแล้ว จะต้องแสดงรายละเอียดดังนี้
  - 1) แผนผังโครงสร้างขององค์กร
  - 2) สถานที่ตั้ง แผนผังบริเวณขององค์กร โดยเฉพาะสถานที่ในส่วนของประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
  - 3) จำนวนพนักงานในองค์กร
  - 4) โครงสร้างธุรกิจขององค์กร ที่เป็นธุรกิจผลิต บริการหรือพาณิชย์กรรม
  - 5) ลักษณะผลิตภัณฑ์หรือบริการหรือการค้าขององค์กร
  - 6) แผนผังกระบวนการผลิตพร้อมระบุสารขาเข้า และขาออก (ในกรณีที่เป็นองค์กรประเภทการผลิต หรือโรงงานอุตสาหกรรม) หรือกระบวนการให้บริการ (ในกรณีที่เป็นองค์กรประเภทการให้บริการ)
  - 7) อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องและเป็นประโยชน์ในการคำนวณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3 แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

องค์กรต้องคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในขอบเขตขององค์กรอย่างครบถ้วนเท่าที่จะทำได้และบันทึกเป็นลายลักษณ์อักษร ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

#### 1) ระบุแหล่งกำเนิดของก๊าซเรือนกระจกขององค์กรทั้งทางตรงและทางอ้อม

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นจากแหล่งต่อไปนี้ การเผาไหม้เชื้อเพลิงของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่อยู่นิ่ง (Stationary Combustion) เช่น หม้อไอน้ำ เต้าเผา เครื่องทำความร้อน การเผาไหม้เชื้อเพลิงของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เคลื่อนที่ (Mobile Combustion) รถยนต์ เครื่องบิน เรือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิต การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการทางกายภาพและกระบวนการทางเคมี เช่น การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิตปูนซีเมนต์ การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการแตกตัวของตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมาโดยเจตนาและไม่เจตนา เช่น การรั่วไหลของอุปกรณ์จากข้อต่อ ระบบบำบัดน้ำเสีย หอทำความเย็น (Cooling Towers) เป็นต้น องค์กรทุกองค์กรมีผลิตภัณฑ์หรือบริการที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรงและทางอ้อม หนึ่งหรือสองประเภทที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการระบุแหล่งกำเนิดของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดขององค์กร ที่อยู่ใน 3 ประเภท โดย

- **ประเภทที่ 1:** การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง (Direct GHG Emission) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในองค์กร เช่น การเดินทางด้วยยานพาหนะขององค์กร การใช้สารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศภายในองค์กร การบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้มภายในองค์กร การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากการใช้งานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่องค์กรเป็นเจ้าของ เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง เป็นต้น
- **ประเภทที่ 2:** การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Electricity Indirect GHG Emission) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า หรือความร้อนที่ถูกนำเข้ามาจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร ได้แก่ ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำภายในองค์กร
- **ประเภทที่ 3:** การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (Other Indirect GHG Emission) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ นอกเหนือจากที่ระบุในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ได้แก่ การใช้น้ำประปา การใช้วัสดุสำนักงาน เช่น กระดาษเอสี่ (A4) ชนิด 80 แกรม ผงหมึกพิมพ์ เป็นต้น การกำจัดขยะในส่วนของ การขนส่งและการฝังกลบ

#### 2) คัดเลือกวิธีการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เหมาะสมกับองค์กร

องค์กรจะต้องคัดเลือกและใช้วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้ได้ผลลัพธ์ออกมาอย่างถูกต้อง ไม่ขัดแย้งกัน และช่วยลดความไม่แน่นอนอย่างสมเหตุสมผล โดยตัวอย่างวิธีการคำนวณสามารถทำได้ดังนี้

- **การตรวจวัด** โดยทำการตรวจวัดปริมาณการปล่อยและดูดซับก๊าซเรือนกระจกโดยตรง ณ แหล่งปล่อยหรือดูดซับก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่อง หรือเว้นช่วงเป็นระยะ โดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์การตรวจวัดที่ได้มาตรฐาน ตามวิธีการตามมาตรฐานสากล ซึ่งจะช่วยให้ได้ข้อมูลปริมาณการปล่อยและดูดซับก๊าซเรือนกระจกที่มีความถูกต้องสูง
- **การคำนวณ** เป็นการหาปริมาณการปล่อยและดูดซับก๊าซเรือนกระจกด้วย วิธีการคำนวณสามารถทำได้หลายวิธีเช่น การสร้างโมเดล หรือการทำสมการมวลสารสมดุล หรือ การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ หรือ การคำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในองค์กรคูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดซับก๊าซเรือนกระจก ซึ่งจะแสดงผลในรูปของตัน (กิโลกรัม) คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO<sub>2</sub> equivalent)
- **การตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ** โดยองค์กรสามารถหาปริมาณการปล่อยและดูดซับก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณได้ด้วยอย่างเช่น การนำข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่จัดเก็บ และข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งได้จากการตรวจวัดมาทำการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้โดยอาศัยสมการมวลสารสมดุล เป็นต้น

### 3) คัดเลือกและเก็บข้อมูลกิจกรรมการปล่อยและดูดซับก๊าซเรือนกระจก

หากมีการใช้ข้อมูลกิจกรรมประกอบการคำนวณ ต้องมีการคัดเลือกและเก็บข้อมูลกิจกรรมการปล่อยและดูดซับก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ขัดแย้งกับวิธีการคำนวณที่ได้เลือกไว้ ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดควรได้รับการบันทึกไว้ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับใช้วิเคราะห์และทวนสอบได้อีกอย่างน้อย 2 ปี

โดยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล สามารถทำได้จาก ข้อมูลแบบสอบถาม (Questionnaire) ข้อมูลการตรวจวัด (Measurement) ข้อมูลการคำนวณ (Calculation) เช่น สมการสมดุลมวลสาร (Mass Balance) สมการสมดุลพลังงาน (Energy Balance) และข้อมูลจากเอกสารอ้างอิง/งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Information)

### 4) คัดเลือกค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG Emission Factor) หรือค่าแฟกเตอร์การดูดซับก๊าซเรือนกระจก (GHG Removal Factor)

การคัดเลือกค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะต้องเป็นข้อมูลที่มาจกแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ซึ่งมีหลายแหล่ง โดยมีหลักเกณฑ์ในการคัดเลือก คือ ทราบแหล่งที่มา มีความเหมาะสมใช้กับแหล่งปล่อยหรือดูดซับก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่ง เป็นค่าปัจจุบันในขณะที่ใช้คำนวณ คำนึงถึงความไม่แน่นอนในการคำนวณ และนำมาใช้คำนวณเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง ซึ่งในกรณีที่ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบปฐมภูมิได้นั้น สามารถเลือกใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรม หรือค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการเผยแพร่แล้ว ตามแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ โดยหากเรียงตามลำดับความสำคัญ ความน่าเชื่อถือและคุณภาพของข้อมูลได้ดังนี้

- ฐานข้อมูลที่ทำการศึกษาและเผยแพร่โดยองค์กรภายในประเทศ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมนั้น ๆ
- ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย (Thai LCI Database) ซึ่งรวบรวมและจัดการโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
- ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศ ซึ่งผ่านการกรองแล้ว (Peer-Reviewed Publications)
- ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ โปรแกรมสำเร็จรูปด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA Software) ฐานข้อมูลเฉพาะของอุตสาหกรรม หรือฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ
- ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) องค์กรของ สหประชาชาติ

#### 5) คำนวณปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

การคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร จะคำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในองค์กร คูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก และแสดงผลให้อยู่ในรูปของตันหรือกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO<sub>2</sub> equivalent) โดยตัวอย่างการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ เช่น

- **ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า** แบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ

- กรณีที่องค์กรมีการผลิตไฟฟ้า และ/หรือความร้อนใช้เองในองค์กร หรือเพื่อส่งขาย ณ สถานที่ภายในองค์กร สามารถคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตไฟฟ้าหรือความร้อน

- กรณีที่องค์กรมีการซื้อไฟฟ้า ความร้อน และ/หรือ ไอน้ำมาจากภายนอก ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้คำนวณควรพิจารณาโดย

- 1) หากไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำที่ถูกส่งมาจากเพียงแหล่งเดียว ให้ใช้ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องกับแหล่งนั้น ๆ

- 2) หากไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำที่ถูกส่งมาจากระบบพลังงานแบบผสม เช่น ไฟฟ้าแบบ Grid mix ให้ใช้ค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไฟฟ้า ความร้อน และไอน้ำจากค่ากลางของประเทศ

สำหรับข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าขององค์กร จะใช้ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงจากองค์กร โดยสามารถใช้ค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ระบุในใบเสร็จค่าไฟฟ้าขององค์กร แต่ในกรณีที่องค์กรไปเช่าสถานที่ร่วมกับองค์กรอื่น ๆ หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดมีการใช้ร่วมกับองค์กรอื่น ซึ่งในใบเสร็จค่าไฟฟ้ามีการระบุร่วมกับองค์กรอื่น ให้ทำการประมาณปริมาณการใช้ไฟฟ้าขององค์กรโดยวิธีการปันส่วนที่เหมาะสม อาทิ ปันส่วนจากค่ากำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิดที่องค์กรมีการใช้งานจริงคูณด้วยระยะเวลาการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทาง และขนส่ง แบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ

– กรณีที่ทราบข้อมูลปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเดินทาง หรือขนส่ง ให้นำปริมาณที่ใช้ไปคูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ (ค่าแฟกเตอร์การเผาไหม้เชื้อเพลิง)

– กรณีที่ไม่มีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง สามารถคำนวณได้จาก

1) หากมีข้อมูลระยะทางในการเดินทางและประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิง : ให้นำข้อมูลระยะทางที่เก็บมาได้ คูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทของยานพาหนะ (โดยอ้างอิงค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากแหล่งอ้างอิงที่เหมาะสม อาทิ Compendium of Greenhouse Gas Emission Methodology for the Oil and Gas Industry (API, 2004))

2) หากมีข้อมูลระยะทางในการเดินทางและประเภทของยานพาหนะ สามารถทำได้โดยนำข้อมูล ระยะทางที่เก็บมาได้มาคูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามประเภทของยานพาหนะ (โดยอ้างอิงจากแหล่งอ้างอิงที่เหมาะสม อาทิ รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาความเหมาะสมในการดำเนินโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาดสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร)

● ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้สารเคมี แบ่งได้เป็น 2 กรณี คือ

– กรณีที่สารเคมีไม่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างใช้งาน ให้นำปริมาณสารเคมีที่ใช้ไปคูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดของสารเคมีที่ใช้ (ในกรณีที่ไม่สามารถหาค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสารเคมีที่ใช้ได้ ให้พิจารณาค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากประเภทสมบัติทางกายภาพและเคมีของสารเคมีที่มีลักษณะใกล้เคียงมาใช้คำนวณ)

– กรณีที่สารเคมีสามารถก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในกระบวนการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างใช้งาน สามารถคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในกระบวนการเกิดปฏิกิริยาโดยอาศัยหลักมวลสารสัมพันธ์ แล้วนำไปรวมกับค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้จากปริมาณสารเคมีคูณกับค่าแฟกเตอร์ตามชนิดสารเคมีที่ใช้

● ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดกากของเสีย

การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการกำจัดกากของเสีย ในกรณีที่องค์กรมีระบบการกำจัดของเสีย การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ใช้ข้อมูลตามวิธีการกำจัดจริงหรือข้อมูลปฐมภูมิของระบบการกำจัดของเสียขององค์กร ทั้งนี้หากไม่มีข้อมูลปฐมภูมิขององค์กรให้คำนวณโดยกำหนดให้ใช้ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดกากของเสียแบบฝังกลบ (Landfill) โดยใช้ข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตัน (ton CO<sub>2</sub>-e ต่อดันมูลฝอย) ของ 2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories-Volume 5: Waste ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น [6]

องค์ประกอบของกากของเสีย	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกจากการกองขยะแบบตื้น (ton CO <sub>2</sub> -e ต่อตันมูลฝอย)
กระดาษ / กระดาษกล่อง	2.93
ผ้า	2.00
เศษอาหาร	2.53
เศษไม้	3.33
กิ่งไม้ ต้นหญ้าจากสวน	3.27
ผ้าอ้อมเด็กทำด้วยกระดาษ	4.00
ยางและหนัง	3.13

โดยในการคำนวณหาปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการกำจัดของเสีย คัดจากการนำปริมาณกากของเสียแยกตามองค์ประกอบ แล้วคูณด้วยค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามองค์ประกอบในตาราง แต่ถ้าหากกากของเสียเป็นวัสดุอื่นนอกเหนือจากตาราง และมีองค์ประกอบของคาร์บอนให้ใช้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.32 ton CO<sub>2</sub>-e ต่อตันมูลฝอย หากกากของเสียเป็นวัสดุที่ไม่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบให้คิดเป็นศูนย์

- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งกากของเสียไปกำจัด

การประเมินก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งกากของเสียไปกำจัด ณ แหล่งกำจัดใด หากมีข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิง หรือระยะทางที่ใช้ในการขนส่งให้ทำการคำนวณตามแนวทางการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทาง และขนส่ง แต่หากไม่มีข้อมูลดังกล่าว ให้คำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งกากของเสียไปกำจัด โดยการตั้งสมมติฐานของการขนส่งกากของเสีย โดยการประมาณระยะทางจากองค์กรไปยังสถานที่กำจัดกากของเสีย และปริมาณขยะที่ทำการขนส่ง คูณกับค่าแฟกเตอร์ของรถที่ทำการขนส่ง แบบบรรทุกเต็มน้ำหนัก (Full Load) และบรรทุกเปล่า (No Load)

- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสีย แบ่งเป็น 2 กรณี คือ

- กรณีที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำเสียที่ผ่านการบำบัด ให้ทำการคำนวณอ้างอิงตามสมการการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสีย (อ้างอิงจาก 2006 UNFCCC, Methane Recovery in Waste Water Treatment-Version 16.0, Method Number AMS-III H) ดังนี้

$$PE_y = PE_{y,power} + PE_{y,ww,treated} + PE_{y,s,final} + PE_{y,fugitive} + PE_{y,dissolved} \quad (2.1)$$

โดยที่  $PE_y$  ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียในระหว่างปี  $y$  (หน่วยตัน ton CO<sub>2</sub>-e)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$PE_{y,power}$	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิงในการบำบัดน้ำเสียในระหว่างปี $y$
$PE_{y,ww,treated}$	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ประเภทคาร์บอนภายในกระบวนการบำบัดน้ำเสียในระหว่างปี $y$
$PE_{y,s,final}$	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายแบบไม่เติมอากาศของกากตะกอนที่ถูกผลิตในขั้นสุดท้ายในปี $y$ (ตัวแปรนี้สามารถตัดออกได้หากกากตะกอนที่เกิดขึ้นมีการกำจัดด้วยวิธีการเผา ฝังกลบ)
$PE_{y,fugitive}$	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการรั่วซึมของระบบ capture และ flare
$PE_{y,dissolved}$	ปริมาณก๊าซมีเทนที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย

– กรณีที่องค์กรไม่มีการเก็บรวบรวมปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจริง สามารถใช้สมมติฐานในการประมาณค่าปริมาณน้ำเสียจาก ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นเท่ากับปริมาณน้ำที่มีการใช้จริงทั้งหมดภายในองค์กร ทั้งนี้การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบำบัดน้ำเสียทำการคำนวณอ้างอิงตามสมการการคำนวณปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียของ IPCC (2006): Waste Water Treatment and Discharge ดังนี้

- 1) ทำการคำนวณหาปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ทั้งหมดในน้ำเสีย (Total Organically Degradable Material in Wastewater: TOW) โดยใช้ค่าปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นจริงคูณด้วยค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand) และปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้
- 2) นำค่าปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ทั้งหมดมาลบด้วยปริมาณกากตะกอนที่เกิดขึ้นจากการบำบัด แล้วนำไปคูณด้วยค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยแยกตามประเภทของการบำบัดน้ำเสีย
- 3) ในกรณีที่มีการดักเก็บก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากระบบบำบัด ให้นำปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ดักเก็บได้ในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า มาลบออกจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณได้จากการบำบัดน้ำเสียในข้อ 2

## 2.2.4 การประเมินและจัดการความไม่แน่นอน

การประเมินความไม่แน่นอน (Uncertainty) ที่เกิดขึ้นจากการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกขององค์กร เป็นขั้นตอนสำคัญที่แสดงระดับคุณภาพของข้อมูลการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เก็บรวบรวมได้ รวมถึงความไม่แน่นอนที่เกิดจากการคำนวณโดยใช้ค่าแฟกเตอร์การปล่อยเรือนกระจกจากแหล่งอ้างอิงต่าง ๆ ผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินความไม่แน่นอนจะนำไปสู่กระบวนการทบทวนขององค์กร เพื่อแสวงหาแนวทางการจัดการความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้น เพื่อใช้ในการบริหารจัดการคุณภาพบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกขององค์กรในการประเมินครั้งต่อไป

ความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นกับข้อมูล และค่าפקเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เลือกใช้ สามารถตรวจสอบระดับคุณภาพของข้อมูลได้ โดยการกำหนดคะแนนไว้ตามตารางที่ 2.4 และตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 คะแนนอ้างอิงของคุณภาพข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา [6]

รายการ	ระดับคุณภาพข้อมูล			
	ลักษณะการเก็บข้อมูล	X=6 คะแนน	Y=3 คะแนน	Z=1 คะแนน
	เก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องด้วยการติดตั้งระบบอัตโนมัติ	เก็บข้อมูลจากมิเตอร์และใบเสร็จ	เก็บข้อมูลจากการประมาณค่า	
ค่าפקเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF)	A = 4 คะแนน	B = 3 คะแนน	C = 2 คะแนน	D = 1 คะแนน
	EF จากการวัดที่มีคุณภาพ	EF จากผู้ผลิต	EF ระดับประเทศ	EF ระดับสากล

ตารางที่ 2.5 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของข้อมูล [6]

ระดับ	ระดับคะแนน	คำอธิบาย
1	1-6	ความไม่แน่นอนสูง คุณภาพของข้อมูลไม่ดี
2	7-12	ความไม่แน่นอนเล็กน้อย คุณภาพของข้อมูลปานกลาง
3	13-18	ความไม่แน่นอนต่ำ คุณภาพของข้อมูลดี
4	19-24	ความไม่แน่นอนต่ำ คุณภาพของข้อมูลดีเยี่ยม

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร จะสะท้อนให้เห็นถึงแหล่งกำเนิดของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ และปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาจากองค์กร ทำให้สามารถระบุแหล่งกำเนิดที่มีนัยสำคัญที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดได้ และสามารถจัดทำแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร เพื่อลดปัญหามลพิษที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานขององค์กรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2.3 หลักการของการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ [11, 12 และ 13]

ระบบปรับอากาศในภาคอาคารพาณิชย์ ซึ่งได้แก่ อาคารสำนักงาน โรงแรม โรงพยาบาล สถานศึกษา มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด ซึ่งมากกว่าร้อยละ 50 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดภายในอาคาร ดังนั้นการออกแบบอาคารที่ดี โดยการเลือกใช้วัสดุที่สามารถป้องกันความร้อนไหลเข้ามาในอาคาร การปรับภูมิทัศน์ รวมทั้งการออกแบบระบบปรับอากาศและระบบควบคุมที่ดี และถูกต้อง จะทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ เป็นผลให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงขึ้น โดยเนื้อหาในส่วนนี้จะกล่าวถึง 3 เรื่อง คือ 1) ทฤษฎีทางเทอร์โมไดนามิกส์ 2) หลักการเกี่ยวกับการทำความเย็น และ 3) องค์ประกอบของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ที่ระบายความร้อนน้ำ มีรายละเอียด ดังนี้

### 2.3.1 ทฤษฎีทางเทอร์โมไดนามิกส์ [11]

เทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamics) เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ว่าด้วยพลังงาน โดยมีเนื้อหาครอบคลุมถึงเรื่องพลังงานในรูปแบบต่าง ๆ การเปลี่ยนรูปของพลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน รวมทั้งสมบัติต่าง ๆ ของสารที่ใช้เป็นตัวกลางในการเปลี่ยนแปลงนั้น ๆ โดยพลังงาน คือ ความสามารถที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยพลังงานสามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งไปยังอีกรูปหนึ่ง และสามารถถ่ายโอนจากบริเวณหนึ่งไปสู่อีกบริเวณหนึ่งได้ ทั้งนี้ในการเปลี่ยนรูปหรือการถ่ายโอนพลังงานนั้นจะเป็นไปตามหลักการอนุรักษ์พลังงาน

หลักการของเทอร์โมไดนามิกส์นั้นมีบทบาทอย่างมากในชีวิตประจำวัน กล่าวคือ ทฤษฎีของเทอร์โมไดนามิกส์จะสามารถใช้ในการวิเคราะห์ระบบต่าง ๆ ได้ เช่น ระบบร่างกายของคน เครื่องทำความเย็น ระบบปรับอากาศ ระบบรถยนต์ เครื่องบิน และโรงจักรกำลัง เป็นต้น โดยกฎที่สำคัญของเทอร์โมไดนามิกส์ประกอบด้วย 3 ข้อ คือ

กฎข้อที่ศูนย์ของเทอร์โมไดนามิกส์ (The Zeroth Law of Thermodynamics) มีหลักการว่า “เมื่อวัตถุสองชนิดอยู่ในสมดุลความร้อนกับวัตถุชิ้นที่สาม แสดงว่าวัตถุสองชิ้นแรกจะอยู่ในสมดุลความร้อนต่อกันด้วย” (สมดุลทางความร้อน หมายถึง สภาวะที่ภายในระบบมีอุณหภูมิเท่ากันทั่วทั้งระบบ)

กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ (The First Law of Thermodynamics) หรือ กฎการอนุรักษ์พลังงาน (Conservation of Energy Principle) มีหลักการว่า “พลังงานสามารถถ่ายโอนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ และเกิดการเปลี่ยนรูปได้ แต่ไม่สามารถถูกสร้างขึ้นใหม่หรือถูกทำลายไปได้”

กฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ (The Second Law of Thermodynamics) มีหลักการว่า “กระบวนการจะเกิดขึ้นในทิศทางที่แน่นอน (ไม่ใช่เกิดขึ้นได้ในทุกทิศทาง)” ทั้งนี้มีคำกล่าวมากมายที่ได้กล่าวถึงกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์ แต่มีเพียง 2 คำกล่าวที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ที่ทำงานเป็นวัฏจักรในระบบวิศวกรรม ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1) Kelvin-Planck ได้กล่าวไว้ว่า “ไม่มีอุปกรณ์กลจักรความร้อนใดที่สามารถผลิตงานสุทธิออกมาได้โดยมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับแหล่งความร้อนเพียงแหล่งเดียว” อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า “ไม่มีกลจักรความร้อนใดที่สามารถมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 100% ได้” หรือ ในโรงจักรกำลังไอน้ำ ของไหลทำงานจะต้องและเปลี่ยนความร้อนกับสิ่งแวดล้อมและเตาเผา”
- 2) Clausius ได้กล่าวว่า “เป็นไปได้ที่จะสร้างอุปกรณ์ที่สามารถถ่ายโอนความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง โดยปราศจากการป้อนงานให้แก่อุปกรณ์นั้น”

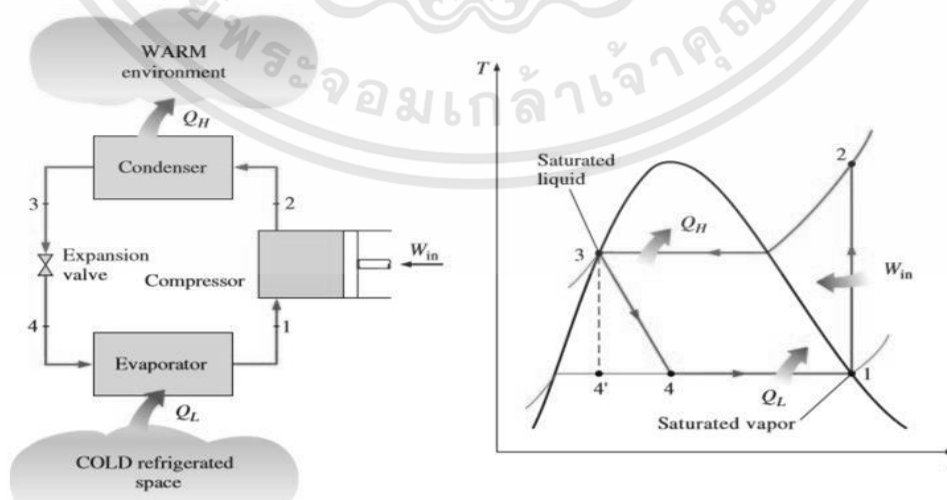
ทั้งนี้กระบวนการจะไม่สามารถเกิดขึ้นได้ ถ้าหากไม่เป็นไปตามกฎข้อที่หนึ่ง และกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์

### 2.3.2 หลักการเกี่ยวกับการทำความเย็น [11]

กระบวนการทำความเย็น เป็นกระบวนการถ่ายโอนความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง โดยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ถ่ายโอนความร้อนลักษณะนี้ คือ เครื่องทำความเย็น (Refrigerator) ซึ่งจะทำงานเป็นวัฏจักร เรียกว่า วัฏจักรทำความเย็น (Refrigeration Cycles) โดยวัฏจักรการทำความเย็นส่วนใหญ่จะเป็นวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor-Compression Refrigeration Cycle) ที่สารทำความเย็น (Refrigerant) จะระเหยและควบแน่นสลับกันไปพร้อมทั้งจะถูกอัดในขณะที่มีสถานะเป็นไอ

#### วัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไออุดมคติ

เป็นวัฏจักรที่ได้รับการพัฒนาจากวัฏจักรทำความเย็นคาร์โนต์ ให้ลักษณะใกล้เคียงกับการทำงานในทางปฏิบัติมากขึ้น โดยมีลักษณะการทำงาน และแผนภาพอุณหภูมิ-เอนโทรปี แสดงดังรูปที่ 2.8 ที่สามารถอธิบายหลักการทำงานได้ดังนี้



รูปที่ 2.8 หลักการทำงานของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไออุดมคติ [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารทำความเย็นจะไหลเข้าเครื่องอัดที่สภาวะที่ 1 ในสถานะไออิ่มตัวและถูกอัดแบบไอเซนโทรปิก จนกระทั่งมีความดันเท่ากับความดันของเครื่องควบแน่น (ในช่วงกระบวนการอัดแบบไอเซนโทรปิกนี้ อุณหภูมิของสารทำความเย็นจะเพิ่มขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิของตัวกลางสิ่งแวดล้อม เช่น บรรยากาศ) หลังจากนั้นสารทำความเย็นจะไหลเข้าสู่เครื่องควบแน่นในสถานะไอร้อนยวดยิ่งที่สภาวะที่ 2 และออกจากเครื่องควบแน่นในสถานะของเหลวอิ่มตัวที่สภาวะที่ 3 เนื่องจากผลของการคายความร้อนสู่สิ่งแวดล้อม อุณหภูมิของสารทำความเย็นที่สภาวะนี้ยังคงสูงกว่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม

จากนั้นสารทำความเย็นในสถานะของเหลวอิ่มตัวที่สภาวะที่ 3 นี้ จะถูกบีบผ่านอุปกรณ์ทอหดหลัง (เช่น วาล์วขยายตัว หรือ หลอดคาปิลลารี) จนกระทั่งมีความดันเท่ากับความดันของเครื่องระเหย ในช่วงกระบวนการนี้ อุณหภูมิของสารทำความเย็นจะลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิของบริเวณทำความเย็น หลังจากนั้นสารทำความเย็นจะไหลเข้าเครื่องระเหยที่สภาวะที่ 4 ในสถานะของผสมอิ่มตัวที่มีค่าคุณภาพไอต่ำ สารทำความเย็นนี้จะระเหยอย่างสมบูรณ์โดยการดูดซับความร้อนออกจากบริเวณทำความเย็นและออกจากเครื่องในสถานะไออิ่มตัว หลังจากนั้นก็จะไหลกลับเข้าสู่เครื่องอัดอีกครั้งซึ่งเป็นการทำงานครบวัฏจักรพอดี ทั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าหลักการทำงานของวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไปอัดมคติมี 4 ขั้นตอน คือ

กระบวนการ 1 → 2 การอัดตัวแบบไอเซนโทรปิกในเครื่องอัด

กระบวนการ 2 → 3 การคายความร้อนโดยความดันคงที่ในเครื่องควบแน่น

กระบวนการ 3 → 4 การขยายตัวในอุปกรณ์ทอหดหลัง

กระบวนการ 4 → 1 การดูดความร้อนโดยความดันคงที่ในเครื่องระเหย

อุปกรณ์ทั้ง 4 ตัวในวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไออัดมคติ จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีการไหลแบบคงตัว จึงสามารถวิเคราะห์ห่อุปกรณ์ทั้ง 4 ที่ประกอบกันขึ้นเป็นวัฏจักรนี้ในลักษณะกระบวนการไหลแบบคงตัว และเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ของสารทำความเย็นโดยปกติจะมีค่าน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับเทอมของงานและเทอมของการถ่ายโอนความร้อน จึงไม่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา และเนื่องจากการทำงานของเครื่องระเหยและเครื่องควบแน่นไม่มีการถ่ายโอนพลังงานในรูปของงาน และเมื่อพิจารณาการทำงานของเครื่องอัดให้เป็นแอดเดียเบติก ทำให้สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องทำความเย็นที่ทำงานในลักษณะของวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไออัดมคติได้จาก

$$\text{COP} = \frac{Q_L}{W} \quad (2.2)$$

$$\text{COP} = \frac{\dot{m} (h_1 - h_4)}{\dot{m} (h_2 - h_1)} \quad (2.3)$$

$$\text{COP} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (2.4)$$

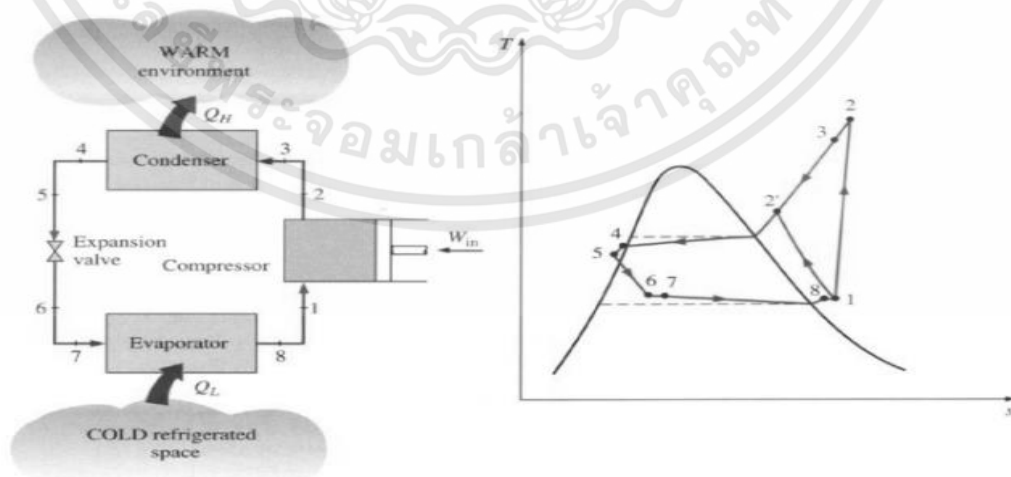
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่  $Q_L$  = ความสามารถในการทำความเย็น (Watt)  
 $= \dot{m}c_p(\Delta T)$  ;  $\dot{m}$  คือ อัตราการไหล (kg/s)  
 $c_p$  คือ ความจุความร้อนจำเพาะของวัตถุ (kJ/kg.K)  
 $\Delta T$  คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (K)  
 $W$  = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (Watt)  
 $h$  = เอนทัลปี (Enthalpy) (kJ/kg)

### วัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอจริง

วัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอจริง มีการทำงานแตกต่างจากวัฏจักรอุดมคติหลายประการ เนื่องจากสภาวะการทำงานที่ผันกลับไม่ได้ในอุปกรณ์หลายส่วน โดยส่วนหลัก ๆ ได้แก่ สภาพผันกลับไม่ได้ที่เกิดจากความต้านทานการไหลในท่อ และการถ่ายโอนความร้อนระหว่างระบบและสิ่งแวดล้อม แผนภาพอุณหภูมิ-เอนโทรปี แสดงดังรูปที่ 2.9 โดยสามารถอธิบายความแตกต่างของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไออุดมคติและอัดไอจริงได้ดังนี้

1. วัฏจักรในอุดมคติ สารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องระเหย ที่จะเข้าสู่เครื่องอัดจะอยู่ในสภาพไออิ่มตัว ซึ่งเป็นไปได้ยากมาก ในทางปฏิบัติ วัฏจักรจริงมักจะออกแบบให้สารทำความเย็นที่จะเข้าเครื่องอัดนั้นอยู่ในสภาพไอตึงเล็กน้อย ดังเช่นสภาวะที่ 1
2. ในวัฏจักรจริง กระบวนการอัดไอในเครื่องอัดอาจจะมีเอนโทรปีเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลของความเสียดทาน และผลของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการอัด
3. ในวัฏจักรจริงจะเกิดความดันสูญเสียในท่อ ขณะสารทำความเย็นไหลผ่านท่อที่เชื่อมระหว่างเครื่องอัดกับเครื่องควบแน่น และท่อเชื่อมระหว่างเครื่องควบแน่นกับวาล์วลดความดัน จึงเป็นไปได้ยากที่สารทำความเย็นจะสามารถควบแน่นได้หมด ดังนั้นจึงต้องทำให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิลดลงอีก (Subcooled) ก่อนเข้าวาล์วลดความดัน (กระบวนการ 4-5)

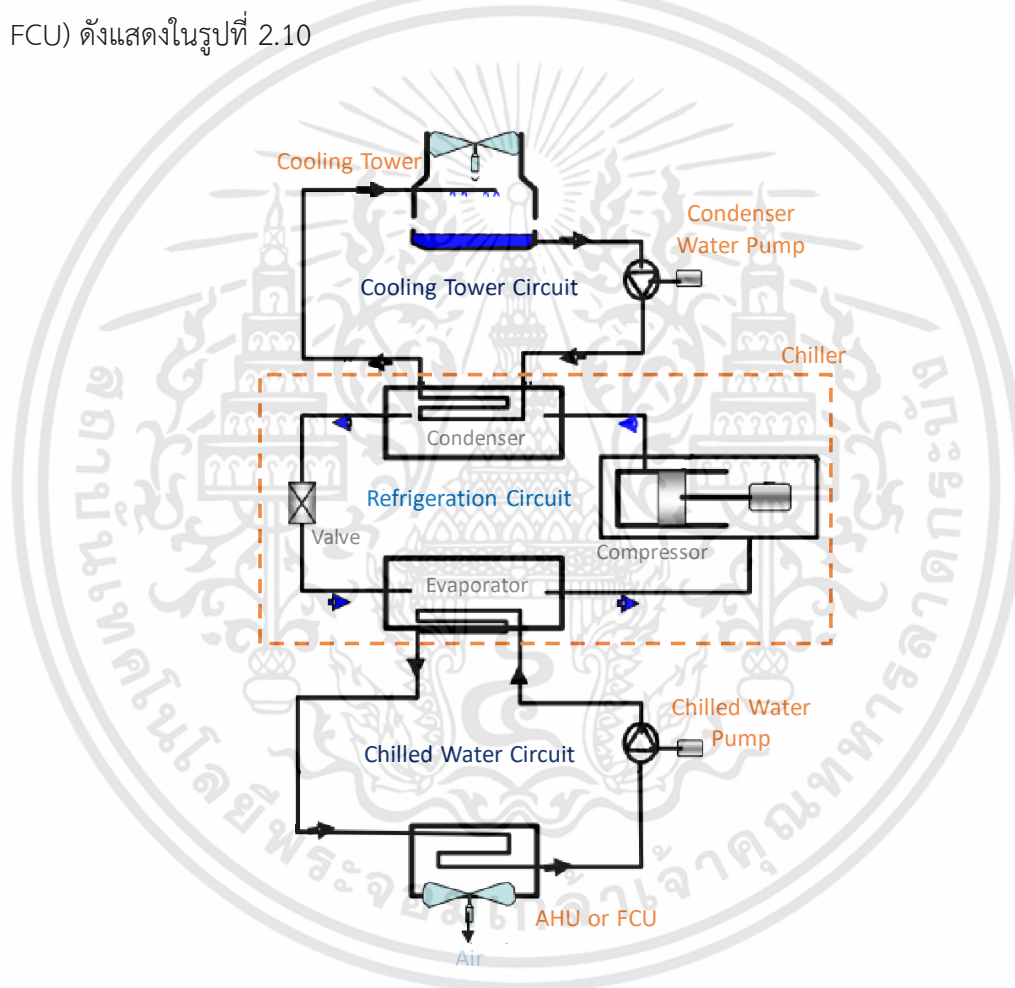


รูปที่ 2.9 หลักการทำงานของวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอจริง [11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.3 องค์ประกอบของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ที่ระบายความร้อนน้ำ [12]

ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ มีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ คือ เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) สำหรับใช้ในการผลิตน้ำเย็นเพื่อใช้ในการปรับอากาศ ซึ่งเป็นกระบวนการควบคุมสถานะของอากาศให้เป็นไปตามความต้องการ โดยทั่วไปปัจจัยของอากาศที่ต้องควบคุมประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาด การกระจายลม และปริมาณลม นอกจากเครื่องทำน้ำเย็นแล้ว ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ยังประกอบด้วยหอหล่อเย็น (Cooling Tower) เครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump) เครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) และเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit, AHU) หรือชุดคอยล์เย็น (Fan Coil Unit, FCU) ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ลักษณะการทำงานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ [13]

ลักษณะการทำงานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์สามารถแบ่งได้ออกเป็น 4 วัฏจักร คือ

- 1) วัฏจักรสารทำความเย็น (Refrigeration Circuit): เป็นการทำงานของสารทำความเย็น โดยเมื่อป้อนไฟฟ้าให้กับเครื่องอัด เครื่องอัดจะดูดสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นก๊าซจากเครื่องระเหย และอัดส่งไปที่เครื่องควบแน่น ณ ที่เครื่องระเหย สารทำความเย็นจะมีความดันและอุณหภูมิต่ำ สารทำความเย็นจะดูดความร้อนจากน้ำเย็นที่ไหลผ่านเครื่องระเหยและระเหยกลายเป็นไอ ในขณะที่เดียวกันที่เครื่องควบแน่น สารทำความเย็นจะมีความดันและอุณหภูมิสูง ความร้อนจากสารทำความเย็นจะถูกเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สทวงไวสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาดเหนาไปไซประโยชน์ดานการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ่ายเทให้กับน้ำหล่อเย็น ทำให้สารทำความเย็นกลั่นตัวกลายเป็นของเหลวที่ความดันสูง เมื่อสารทำความเย็นไหลผ่านวาล์วขยายตัว ความดันจะลดลงเท่ากับความดันที่เครื่องระเหย และไหลวนเป็นวัฏจักรต่อเนื่องไป 2) **วัฏจักรน้ำหล่อเย็น (Cooling Tower Circuit):** เป็นการทำงานของน้ำหล่อเย็นที่เมื่อได้รับความร้อนจากเครื่องควบแน่นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น จะถูกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump) ส่งไปที่หอทำความเย็น (Cooling Tower) เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศโดยการระเหยน้ำออก ทำให้น้ำหล่อเย็นที่เหลือมีอุณหภูมิต่ำลง และไหลกลับไปรับความร้อนที่เครื่องควบแน่นอีกครั้ง 3) **วัฏจักรน้ำเย็น (Chilled Water Circuit):** เป็นการทำงานของน้ำเย็น ที่เมื่อได้ถ่ายเทความร้อนให้กับสารทำความเย็นในเครื่องระเหยแล้วจะทำให้ น้ำมีอุณหภูมิต่ำลง และถูกเครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ส่งไปที่เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) เพื่อทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ เป็นผลให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นและไหลกลับไปยังเครื่องระเหย เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับสารทำความเย็นเป็นวัฏจักรต่อเนื่องไป และ 4) **วัฏจักรลมเย็น (Air Cooled Circuit):** เป็นการปรับอากาศภายในห้อง โดยเครื่องส่งลมเย็นจะดูดอากาศร้อนจากบริเวณพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศผ่านระบบท่อลมไปถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำเย็นทำให้อากาศมีอุณหภูมิต่ำลง และจะถูกส่งกลับไปยังบริเวณพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศ

ทั้งนี้อุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบจะต้องมีการป้อนพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ ซึ่งอุปกรณ์แต่ละอย่างจะมีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกันออกไป โดยเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) มีสัดส่วนการใช้พลังงานอยู่ที่ ร้อยละ 50 – 60 หอหล่อเย็น (Cooling Tower) มีสัดส่วนการใช้พลังงานอยู่ที่ ร้อยละ 4 – 8 ปั๊มน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump) และปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump) มีสัดส่วนการใช้พลังงานอยู่ที่ ร้อยละ 15 – 25 และเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit, AHU) หรือชุดคอยล์เย็น (Fan Coil Unit, FCU) มีสัดส่วนการใช้พลังงานอยู่ที่ ร้อยละ 15 – 25

โดยการหาค่าประสิทธิภาพหรือสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นโดยทั่วไปนั้น จะนิยมอยู่ 2 วิธี คือ การหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) และการหาค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (CHP) โดยแต่ละวิธีมีนิยามในการหาดังนี้

- 1) ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องทำน้ำเย็น ( $Q_L$ ) หน่วยเป็นวัตต์ กับ กำลังไฟฟ้า ( $W$ ) หน่วยเป็นวัตต์

$$\text{COP} = \frac{Q_L}{W} \quad (2.5)$$

- 2) ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW) กับ ขีดความสามารถทำความเย็นสุทธิรวมของเครื่องทำน้ำเย็น หน่วยเป็นตัน (Ton) โดยในการตรวจวัดและวิเคราะห์หาค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/Ton) มีวิธีการ ดังนี้

- ใช้เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter) วัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าเครื่องทำน้ำเย็น มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW) หรือใช้ Data Logger ในกรณีที่ต้องการวัดแบบต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วัดอัตราการไหลของน้ำเย็นที่ผ่านเครื่องสูบน้ำเย็นในรูปของ ลิตรต่อวินาที (L/s)
- วัดค่าอุณหภูมิน้ำเย็นเข้าและออกเครื่องทำน้ำเย็นในหน่วยขององศาเซลเซียส (°C)
- นำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการคำนวณหาการทำทำความเย็นสุทธิ (Ton) โดย

$$Q_L(\text{Ton}) = 1.19 \times F \times (T_{in} - T_{out}) \quad (2.6)$$

โดยที่ F = อัตราการไหลของน้ำเย็น (ลิตร/วินาที)

$T_{in}$  = อุณหภูมิน้ำเย็นด้านขาเข้าเครื่องทำน้ำเย็น (°C)

$T_{out}$  = อุณหภูมิน้ำเย็นด้านขาออกเครื่องทำน้ำเย็น (°C)

- จากนั้นจึงคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าต่อต้านความเย็น ได้จาก

$$\text{ค่ากำลังไฟฟ้าต่อต้านความเย็น} = \frac{kW}{\text{Ton}} \quad (2.7)$$

โดยจากประกาศกระทรวง เรื่อง การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นและค่าพลังไฟฟ้าต่อต้านความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานในอาคาร พ.ศ. 2552 กำหนดค่ากำลังไฟฟ้าต่อต้านความเย็นขั้นต่ำสำหรับอาคารที่ก่อสร้างหรือดัดแปลงที่มีพื้นที่รวมกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ตามกฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ไว้ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นและค่าพลังไฟฟ้าต่อต้านความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคาร พ.ศ. 2552 [12]

ลักษณะของเครื่องอัด	ขนาดความสามารถในการทำความเย็นที่ภาระพิกัดของเครื่องทำน้ำเย็น (ตันความเย็น)	ค่ากำลังไฟฟ้าต่อต้านความเย็น (กิโลวัตต์ต่อต้านความเย็น)
แบบลูกสูบ	ทุกชนิด	1.24
แบบโรตารี แบบสกูหรือแบบสครอลล์	น้อยกว่า 150	0.89
	มากกว่า 150	0.78
แบบแรงเหวี่ยง	น้อยกว่า 500	0.76
	มากกว่า 500	0.62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 หลักการของการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง [14, 15 และ 16]

การสร้างสภาพแวดล้อมการส่องสว่าง (Luminous Environment) ที่ดีเป็นตอบสนองความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ ได้แก่ ความสามารถในการมองเห็น ความสบายตา และความปลอดภัย โดยปัจจัยสำคัญที่จำเป็นจะต้องพิจารณาในการออกแบบระบบแสงสว่าง ประกอบด้วยหลายปัจจัย เช่น การกระจายความสว่าง (Luminance Distribution) ความส่องสว่าง (Illuminance) แสงจ้า (Glare) ทิศทางการให้แสง (Directionality of Light) การส่องสว่างพื้นที่ภายใน (Lighting in the Interior Space) แสงขาว (White Light) การกระพริบของแสง (Light Flicker) และแสงธรรมชาติ (Daylight) เป็นต้น ทั้งนี้แนวทางการประหยัดพลังงานของระบบแสงสว่างจะขึ้นอยู่กับลักษณะงานในแต่ละพื้นที่ ซึ่งจะต้องออกแบบให้มีความสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งาน โดยเนื้อหาในส่วนนี้จะกล่าวถึง 2 เรื่อง คือ 1) วิธีการคำนวณค่าความสว่าง และ 2) เกณฑ์การออกแบบระบบแสงสว่างภายในโรงแรม โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### 2.4.1 เกณฑ์การออกแบบระบบแสงสว่างภายในโรงแรม [14]

การออกแบบระบบแสงสว่างที่ดี จะทำให้ผู้ใช้งานในพื้นที่สามารถมองเห็นได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความสบายตาในการใช้งาน โดยลักษณะพื้นที่ต่าง ๆ จะต้องการสภาพแสงที่แตกต่างกัน ดังนั้นสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย จึงได้มีการจัดทำคู่มือการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคาร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบแสงสว่าง ที่คำนึงถึงเกณฑ์เชิงคุณภาพและปริมาณที่จะทำให้ได้สภาพแวดล้อมการส่องสว่างที่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอย โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.7

- ตัวแปร**
- $\bar{E}_m$ : ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยขั้นต่ำ จะต้องคงไว้ไม่ให้ต่ำกว่าค่าที่กำหนด
  - $UGR_L$ : ค่าจำกัดพิกัดแสงจ้ารวม จะต้องคงไว้ไม่ให้เกินกว่าค่าที่กำหนด
  - $U_o$ : ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง จะต้องคงไว้ไม่ให้ต่ำกว่าค่าที่กำหนด
  - $R_a$ : ค่าดัชนีความถูกต้องของสีต่ำสุด

ตารางที่ 2.7 เกณฑ์การออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคาร [14]

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ (ลักซ์)	$UGR_L$	$U_o$	$R_a$	คำแนะนำเพิ่มเติม
โต๊ะพนักงานต้อนรับ, โต๊ะเก็บเงิน, โต๊ะพนักงานถือกระเป๋า (Reception, Cashier, Porters Desk)	300	22	0.6	80	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 เกณฑ์การออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคาร (ต่อ)

ชนิดของงานหรือกิจกรรม ภายใน	$\bar{E}_m$ (ลักซ์)	UGR <sub>L</sub>	U <sub>o</sub>	R <sub>a</sub>	คำแนะนำเพิ่มเติม
ห้องสำนักงาน (Office)	200	-	-	-	
ห้องครัว (Kitchen)	500	22	0.6	80	
ภัตตาคาร, ห้องอาหาร, ห้องสัมมนา/ห้องจัด เลี้ยง (Restaurant, Dining Room, Function Room)	-	-	-	80	ควรออกแบบการ ส่องสว่างให้ได้ บรรยากาศที่ดี
ภัตตาคารแบบบริการตัวเอง (Self-Service Restaurant)	200	22	0.4	80	
ห้องอาหารบุฟเฟต์ (Buffet)	300	22	0.6	80	
ห้องอาหาร (Canteens)	200	22	0.4	80	
ห้องประชุม (Conference Room)	300	19	0.6	80	ควรปรับความส่อง สว่างให้เหมาะสม กับกิจกรรมได้
ห้องน้ำ (Rest Rooms)	100	22	0.4	80	
ห้องออกกำลังกาย (Physical Exercise)	300	22	0.4	80	
ทางเดิน (Corridors)	100	25	0.4	80	ควรลดระดับความ ส่องสว่างในช่วง กลางคืน
ทางเข้าอาคาร (Entrance Halls)	100	22	0.4	60	
บันได, บันไดเลื่อน (Stairs, Escalators)	100	25	0.4	40	
โถงพักรอ (Lounge)	200	22	0.4	80	
ลานจอดรถ (Parking Area)	75	28	0.4	60	ความส่องสว่าง แนวตั้งจะช่วย เพิ่มความรู้สึก ปลอดภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4.2 การคำนวณค่าความสว่างที่เหมาะสม [15]

การเลือกความสว่างที่เหมาะสม เป็นเงื่อนไขพื้นฐานของการให้แสงสว่างที่ดี โดยตารางที่ 2.7 แสดงค่าความสว่างมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้สำหรับบริเวณต่าง ๆ ภายในโรงแรม ซึ่งค่าความสว่างที่ต้องการ หรือ ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยขั้นต่ำ ( $E_m$ ) นั้น เป็นความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ใช้งานภายในอาคาร ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$E = N \times F \times U \times M/A \quad (2.8)$$

โดยที่

- E = ความสว่าง มีหน่วยเป็นลักซ์ (lux, lx) เป็นความสว่างบนพื้นที่ทำงานที่ถูกส่องสว่าง กล่าวคือ เป็นปริมาณฟลักซ์ของแสงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่
- N = จำนวนหลอด
- F = ฟลักซ์การส่องสว่าง มีหน่วยเป็น lumen (lm) เป็นปริมาณของแสงที่เปล่งออกมาจากหลอด
- U = สัมประสิทธิ์การใช้แสงสว่าง (Coefficient of Utilization) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของฟลักซ์ที่ตกบนพื้นที่ทำงานกับฟลักซ์ที่เปล่งออกจากหลอด
- M = สัมประสิทธิ์การบำรุงรักษา (Maintenance Factor) คือ ผลคูณระหว่างค่าอัตราส่วนของฟลักซ์ของหลอดก่อนการเปลี่ยนกับตอนเริ่มใช้งาน และอัตราส่วนของความสว่างก่อนทำความสะอาดอุปกรณ์กับหลังทำความสะอาดอุปกรณ์
- A = พื้นที่บริเวณทำงานของห้อง มีหน่วยเป็นตารางเมตร ( $m^2$ )

ในส่วน of ค่าสัมประสิทธิ์การบำรุงรักษา (Maintenance Factor, MF) สามารถใช้ค่าที่แนะนำโดย ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2543) [16] ดังแสดงไว้ตารางที่ 2.8 ซึ่งมีการจัดประเภทห้องออกตามระดับของความสะอาด โดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ ห้องที่สกปรก ห้องที่มีความสะอาดปานกลาง และห้องที่มีความสะอาดมาก เช่น ห้องประชุมที่มีระบบปรับอากาศและปิดมิดชิดจัดอยู่ในกลุ่มที่สะอาดมาก ส่วนโรงงานที่เปิดโล่งและมีฝุ่นควันจัดอยู่ในกลุ่มที่สกปรก เป็นต้น

ตารางที่ 2.8 ค่าตัวประกอบการบำรุงรักษา [16]

ระดับความสะอาด	สภาพความเสื่อมของหลอดไฟ (LLD)	ความสกปรกของโคม (LDD)	ค่าสัมประสิทธิ์การบำรุงรักษา (MF)
สะอาด	0.9	0.9	0.8
ปานกลาง	0.9	0.8	0.7
สกปรก	0.9	0.7	0.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าหากออกแบบให้ความสว่างไม่เพียงพอ จะก่อให้เกิดผลเสียในหลาย ๆ ด้าน เช่น การทำงานภายในพื้นที่ที่ไม่มีความสะดวก ใช้เวลานาน อาจเกิดอุบัติเหตุได้ ซึ่งกล่าวโดยรวม คือ จะทำให้คุณภาพของการให้บริการลดต่ำลง ซึ่งส่งผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้า ดังนั้นในการวางแผนมาตรการเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างนั้น จะเป็นที่จะต้องคำนึงถึงเกณฑ์ความส่องสว่างในแต่ละบริเวณเช่นกัน

## 2.5 แนวทางการบริหารจัดการในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก [4 และ 17 - 21]

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรจะทำให้ทราบถึงแหล่งกำเนิดและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ที่สามารถนำไปประกอบการวางแผนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นโอกาสในการสร้างความแตกต่างให้กับธุรกิจ สามารถสนับสนุนอุตสาหกรรมและการบริการสีเขียวที่นานาประเทศต่างให้ความสำคัญ

หลังจากขั้นตอนของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์แล้ว จำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงมาตรการและแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อค้นหาแนวทางที่เป็นไปได้ และนำมาประยุกต์ใช้กับการดำเนินกิจกรรมขององค์กรให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด โดยจากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเทคโนโลยีและแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ เช่น งานวิจัยของต่างประเทศ เช่น Advanced Energy Economy [17], Chih-Ching Teng และคณะ [18], Ming Cheung และ Jor Fan [19], The Carbon Natural Company [20] และงานวิจัยในประเทศไทย เช่น งานวิจัยของพงษ์ชัย พงษ์ชวลิต [21] และธันท์ พูลประทีน [4] เป็นต้น ทั้งนี้จากการรวบรวม พบว่า สามารถแบ่งแนวทางการบริหารจัดการออกเป็น 9 ส่วนตามพื้นที่/อุปกรณ์ในการจัดการ ได้แก่ 1) พื้นที่ทั้งหมดขององค์กร 2) เครื่องปรับอากาศ 3) แสงสว่าง 4) เครื่องผลิตน้ำร้อน 5) อุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ที่ใช้อินเตอร์เน็ต 6) ยานพาหนะ 7) การจัดการขยะ 8) การบำบัดน้ำเสีย และ 9) ตัวอาคาร ดังแสดงในรูปที่ 2.11 โดยแต่ละเทคโนโลยีและแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่างมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน เช่น การวิเคราะห์และติดตั้งระบบการบริหารจัดการพลังงานภายในอาคาร (BEMS) ที่จะสามารถทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถทราบลักษณะการใช้ไฟฟ้าได้ในแต่ละช่วงเวลาโดยละเอียด และสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดแนวทางในการประหยัดพลังงานได้อย่างเหมาะสม แต่การติดตั้งระบบและอุปกรณ์ต่าง ๆ มีราคาค่อนข้างแพง ดังนั้นการลงทุนในตอนเริ่มต้นจึงมีต้นทุนที่สูง อาจไม่เหมาะสมกับกิจการขนาดเล็กและกิจการที่เพิ่งเริ่มต้นและรายได้ยังไม่มั่นคง ในส่วนของวิธีการที่สามารถทำได้โดยง่าย เช่น การซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ และการกำหนดมาตรการเพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าของพนักงาน เป็นต้น ทั้งนี้สามารถแสดงรายละเอียดของเทคโนโลยีและแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรในตารางที่ 2.9



รูปที่ 2.11 เทคโนโลยีและแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 ผลการศึกษาเทคโนโลยีและแนวทางในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก

พื้นที่ที่เกี่ยวข้อง / อุปกรณ์ที่ใช้งาน	เทคโนโลยีและแนวทางในการลด GHG	ข้อดี	ข้อเสีย	ที่มาของงานวิจัย
1. พื้นที่ทั้งหมด	1.1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน	<ul style="list-style-type: none"> <li>• สามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ</li> <li>• สามารถจัดเก็บข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ</li> <li>• สามารถกำหนดแนวทางในการประหยัดพลังงานและลดต้นทุนต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ต้องลงทุนในการติดตั้งและพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน</li> <li>• อุปกรณ์สำหรับใช้ในการตรวจวัดและควบคุมพลังงานมีราคาค่อนข้างสูง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Advanced Energy Economy (2014)</li> </ul>
	1.2 การติดตั้งระบบการบริหารจัดการพลังงานภายในอาคาร (BEMS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถทราบลักษณะการใช้ไฟฟ้าได้ในแต่ละช่วงเวลาโดยละเอียด</li> <li>• สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดแนวทางในการประหยัดพลังงานได้อย่างเหมาะสม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การลงทุนในตอนเริ่มต้นค่อนข้างสูง เนื่องจากจำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ในการตรวจวัดและควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมด</li> <li>• ต้องมีผู้ที่เชี่ยวชาญในการควบคุมดูแลระบบ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chih-Ching Teng and et. al (2012)</li> <li>• Advanced Energy Economy (2014)</li> </ul>
2. เครื่องปรับอากาศ	2.1 การปรับเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• สามารถประหยัดพลังงานได้มากขึ้น</li> <li>• เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ ๆ สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เนื่องจากสเปกที่สูงขึ้น</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ค่าใช้จ่ายสำหรับการซื้อเครื่องปรับอากาศเครื่องใหม่ค่อนข้างสูง</li> <li>• จะต้องมีวางแผนในการจัดการกับเครื่องปรับอากาศเก่า</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• พงษ์ชัย พงษ์ขวลิต (2557)</li> <li>• ธนัท พูลประทีน (2555)</li> </ul>
	2.2 การเปลี่ยนสารทำความเย็นจาก R22 ไปใช้ R290 ที่มีค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนต่ำกว่าถึง 300 เท่า	<ul style="list-style-type: none"> <li>• R290 ที่มีค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนต่ำกว่า หากมีการรั่วไหล จะทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยลง</li> <li>• ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงหรือตัดแปลงอุปกรณ์และสารหล่อลื่นในเครื่องปรับอากาศ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ค่าอัตราทำความเย็น R290 ใ้เครื่องปรับอากาศมีราคาสูง</li> <li>• เป็นสารไวไฟและหนักกว่าภาค เพราะส่วนประกอบสำคัญคือ โพรเพน หากมีการรั่วไหล ห้ามทำให้เกิดประกายไฟโดยเด็ดขาด</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ธนัท พูลประทีน (2555)</li> </ul>

ตารางที่ 2.9 ผลการศึกษาเทคโนโลยีและแนวทางในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

พื้นที่ที่เกี่ยวข้อง / อุปกรณ์ที่ใช้งาน	เทคโนโลยีและแนวทางในการลด GHG	ข้อดี	ข้อเสีย	ที่มาของงานวิจัย
	2.3 การใช้เครื่องทำน้ำเย็นชนิดที่คอนเดนเซอร์ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-Cooled Chillers)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ประหยัดพลังงานมากกว่าเครื่องทำความเย็นแบบระบายความร้อนด้วยไฟฟ้า ซึ่งสามารถประหยัดได้ 20-30%</li> <li>• เครื่องมีขนาดเล็ก และมีเสียงรบกวนขณะมีการใช้งานน้อย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การลงทุนในตอนเริ่มต้นค่อนข้างสูง เนื่องจากราคาของอุปกรณ์มีราคาแพง</li> <li>• ประสิทธิภาพจะลดลง เมื่อใช้งานในระยะเวลานาน</li> <li>• ต้องมีผู้ที่เชี่ยวชาญในการควบคุมดูแลระบบ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ming Cheung and Jor Fan (2013)</li> </ul>
	2.4 การซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพอย่างสม่ำเสมอ <ul style="list-style-type: none"> <li>• ตรวจสอบแผ่นกรองอากาศ</li> <li>• ซ่อมแซมอุปกรณ์ที่ชำรุดและเสียหาย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• สามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ</li> <li>• ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น โดยลดได้สูงสุดถึงร้อยละ 30 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนการปรับอากาศ</li> <li>• สามารถทำได้โดยง่าย ไม่จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ต้องมีการตรวจเช็คความสะอาดและความเรียบร้อยอย่างสม่ำเสมอ</li> <li>• อาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่าย จึงจะประสบความสำเร็จ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Advanced Energy Economy (2014)</li> <li>• The Carbon Natural Company (2008)</li> <li>• ธนัท พูลประทีน (2555)</li> </ul>
	2.5 การกำหนดมาตรการเพื่อเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ของพนักงาน <ul style="list-style-type: none"> <li>• ปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ</li> <li>• ปรับตั้งอุณหภูมิเทอร์โมสแตทให้เหมาะสม</li> <li>• ปิดเครื่องปรับอากาศเมื่อไม่ใช้งาน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• สามารถประหยัดพลังงานได้เพิ่มขึ้น</li> <li>• เครื่องปรับอากาศ มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น เนื่องจากมีการใช้งานอย่างเหมาะสม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่าย จึงจะประสบความสำเร็จ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chih-Ching Teng and et. al (2012)</li> <li>• The Carbon Natural Company (2008)</li> <li>• พงษ์ชัย พงษ์ชวลิต (2557)</li> </ul>

ตารางที่ 2.9 ผลการศึกษาเทคโนโลยีและแนวทางในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

พื้นที่ที่เกี่ยวข้อง / อุปกรณ์ที่ใช้งาน	เทคโนโลยีและแนวทางในการลด GHG	ข้อดี	ข้อเสีย	ที่มาของงานวิจัย
3. แสงสว่าง	3.1 การติดตั้งระบบการจัดการพลังงาน (EMS) เพื่อควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติ <ul style="list-style-type: none"> <li>● ใช้เซนเซอร์ในการควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟ</li> <li>● ติดตั้งระบบการควบคุมแสงสว่างอัจฉริยะ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ระบบการควบคุมแสงอัจฉริยะการควบคุมแสงอัจฉริยะสามารถใช้ร่วมกับไฟ LED ที่สามารถหรี่ลง หรือเปิด / ปิดได้ โดยไม่สูญเสียอายุการใช้งานหรือประสิทธิภาพของอุปกรณ์</li> <li>● สามารถปรับระดับแสงจากอุปกรณ์โดยอัตโนมัติ ทำให้ประหยัดพลังงานลงได้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● การลงทุนในตอนเริ่มต้นค่อนข้างสูง เนื่องจากจำเป็นต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ในการตรวจวัดและควบคุมอุปกรณ์แสงสว่าง</li> <li>● ต้องมีผู้ที่เชี่ยวชาญในการควบคุมดูแลระบบ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ming Cheung and Jor Fan (2013)</li> <li>● Advanced Energy Economy (2014)</li> <li>● The Carbon Natural Company (2008)</li> </ul>
	3.2 การเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ (CFL) ที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน	<ul style="list-style-type: none"> <li>● สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากถึง 70% เมื่อเทียบกับหลอดไส้</li> <li>● อายุการใช้งานยาวนานถึง 10,000 ชั่วโมง</li> <li>● ราคาแพงกว่าหลอดไส้เพียงเล็กน้อย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ไม่สามารถหรี่แสงได้ สามารถใช้งานได้ในลักษณะเปิด-ปิดเท่านั้น</li> <li>● มีการบรรจุสารปรอท ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Chih-Ching Teng and et. al (2012)</li> <li>● Ming Cheung and Jor Fan (2013)</li> <li>● พงษ์ชัย พงษ์ขวลิต (2557)</li> <li>● ธนัท พูลประทีน (2555)</li> </ul>
	3.3 การใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5	<ul style="list-style-type: none"> <li>● สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากถึง 20 - 30% เมื่อเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8</li> <li>● อายุการใช้งานยาวนานถึง 15,000 ชั่วโมง</li> <li>● ราคาถูก</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ไม่สามารถหรี่แสงได้ สามารถใช้งานได้ในลักษณะเปิด-ปิดเท่านั้น</li> <li>● มีการบรรจุสารปรอท ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ming Cheung and Jor Fan (2013)</li> </ul>

ตารางที่ 2.9 ผลการศึกษาเทคโนโลยีและแนวทางในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

พื้นที่ที่เกี่ยวข้อง / อุปกรณ์ที่ใช้งาน	เทคโนโลยีและแนวทางในการลด GHG	ข้อดี	ข้อเสีย	ที่มาของงานวิจัย
	3.4 การใช้หลอด LED ชนิดสปอร์ตไลท์	<ul style="list-style-type: none"> <li>• สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากถึง 90% เมื่อเทียบกับ Quartz Spotlights</li> <li>• อายุการใช้งานยาวนานถึง 50,000 ชั่วโมง</li> <li>• ผลิตความร้อนน้อยกว่า</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ราคาค่อนข้างสูง</li> <li>• ไม่สามารถหรี่แสงได้ สามารถใช้งานได้ในขณะที่เปิด-ปิดเท่านั้น</li> <li>• มีความแตกต่างของผลิตภัณฑ์แต่ละยี่ห้อ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ming Cheung and Jor Fan (2013)</li> </ul>
	3.5 การดูแลและบำรุงรักษา อุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ <ul style="list-style-type: none"> <li>• จัดตำแหน่งโคมไฟใหม่ และจัดกลุ่มสวิตช์ตามการใช้งาน</li> <li>• ทำความสะอาดหลอดไฟ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• สามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ</li> <li>• ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น</li> <li>• สามารถทำได้โดยง่าย ไม่จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ต้องมีการตรวจเช็คความสะอาดและความเรียบร้อยอย่างสม่ำเสมอ</li> <li>• อาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่าย จึงจะประสบความสำเร็จ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• พงษ์ชัย พงษ์ชวลิต (2557)</li> </ul>
	3.6 การกำหนดมาตรการเพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ อุปกรณ์ให้แสงสว่างของ พนักงาน <ul style="list-style-type: none"> <li>• ใช้ประโยชน์จากแสงแดดธรรมชาติ โดยใช้หน้าต่าง และผ้าม่านโปร่งแสง</li> <li>• ใช้พลังงานธรรมชาติมาทดแทนพลังงานเดิม</li> <li>• การใช้พลังงานแสงอาทิตย์</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น</li> <li>• สามารถทำได้โดยง่าย ไม่จำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่าย จึงจะประสบความสำเร็จ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The Carbon Natural Company (2008)</li> </ul>

ตารางที่ 2.9 ผลการศึกษาเทคโนโลยีและแนวทางในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

พื้นที่ที่เกี่ยวข้อง / อุปกรณ์ที่ใช้งาน	เทคโนโลยีและแนวทางในการลด GHG	ข้อดี	ข้อเสีย	ที่มาของงานวิจัย
4. เครื่องผลิตน้ำร้อน	4.1 การใช้เทคโนโลยีการผลิต ไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Combined Heat and Power, CHP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>เพิ่มการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ</li> <li>ลดการปล่อยพลังงานความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ไม่เหมาะกับองค์กรขนาดเล็ก เนื่องจากการลงทุนในตอนเริ่มต้นค่อนข้างสูง</li> <li>ต้องมีผู้ที่เชี่ยวชาญในการควบคุมดูแลระบบ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Advanced Energy Economy (2014)</li> </ul>
	4.2 การใช้เทคโนโลยีการประยุกต์ใช้ความร้อนใต้ดินระดับตื้น (Ground-Source Heat Pumps, GSHP) <ul style="list-style-type: none"> <li>ใช้ฮีทปั๊มในการผลิตน้ำร้อน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>เพิ่มการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ</li> <li>ลดการปล่อยพลังงานความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม</li> <li>การผลิตน้ำร้อนมีประสิทธิภาพสูง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>การลงทุนในตอนเริ่มต้นค่อนข้างสูง เนื่องจากราคาของอุปกรณ์แต่ละส่วนมีราคาแพง</li> <li>ต้องมีผู้ที่เชี่ยวชาญในการควบคุมดูแลระบบ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chih-Ching Teng and et. al (2012)</li> <li>Ming Cheung and Jor Fan (2013)</li> <li>Advanced Energy Economy (2014)</li> </ul>
	4.3 การนำพลังงานเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ (Waste Energy Recovery)	<ul style="list-style-type: none"> <li>สามารถนำพลังงานเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ในการผลิตพลังงานความร้อนเพื่อใช้ในองค์กรได้</li> <li>ลดการปล่อยพลังงานเหลือทิ้งที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>การลงทุนในตอนเริ่มต้นค่อนข้างสูง</li> <li>ต้องมีผู้ที่เชี่ยวชาญในการควบคุมดูแลระบบ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Advanced Energy Economy (2014)</li> <li>พงษ์ชัย พงษ์ขวลิต (2557)</li> </ul>
	4.4 การซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบผลิตน้ำร้อนให้มีประสิทธิภาพอย่างสม่ำเสมอ <ul style="list-style-type: none"> <li>การกำจัดคราบตะกอนในหม้อไอน้ำ (Boiler)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>เพิ่มการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ</li> <li>เพิ่มความปลอดภัยในการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ เนื่องจากคราบตะกอนที่เกิดขึ้นอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>สารเคมีที่ใช้สำหรับการขจัดตะกอนอาจเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม</li> <li>ค่าใช้จ่ายสำหรับการกำจัดคราบตะกอนค่อนข้างสูง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ming Cheung and Jor Fan (2013)</li> </ul>

ตารางที่ 2.9 ผลการศึกษาเทคโนโลยีและแนวทางในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

พื้นที่ที่เกี่ยวข้อง / อุปกรณ์ที่ใช้งาน	เทคโนโลยีและแนวทางในการลด GHG	ข้อดี	ข้อเสีย	ที่มาของงานวิจัย
5. อุปกรณ์ไฟฟ้า/ อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ	5.1 การใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ VSD ในอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่ทำการเชื่อมต่อ เพื่อทำการควบคุมความเร็วให้เหมาะสม ไม่มากเกินไป	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ประหยัดพลังงาน โดยการควบคุมความเร็วรอบให้เหมาะสม</li> <li>• อุปกรณ์มีการจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดในปัจจุบัน</li> <li>• การติดตั้งอุปกรณ์ค่อนข้างง่าย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ราคาของอุปกรณ์ VSD ค่อนข้างสูง หากเทียบกับอุปกรณ์ทั่ว ๆ ไป</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ming Cheung and Jor Fan (2013)</li> </ul>
	5.2 การจัดซื้อคอมพิวเตอรืที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน ทดแทนคอมพิวเตอรืรุ่นทั่วไป	<ul style="list-style-type: none"> <li>• สามารถประหยัดพลังงาน ที่สามารถลดได้สูงสุดถึงร้อยละ 30 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของการใช้คอมพิวเตอรื</li> <li>• คอมพิวเตอรืรุ่นใหม่ ๆ สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เนื่องจากสเปกที่สูงขึ้น</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ค่าใช้จ่ายสำหรับการซื้อคอมพิวเตอรืใหม่ ค่อนข้างสูง</li> <li>• จะต้องมีการวางแผนในการจัดการกับคอมพิวเตอรืเครื่องเก่า</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The Carbon Natural Company (2008)</li> </ul>
	5.3 การกำหนดมาตรการเพื่อกระตุ้นให้พนักงานมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่เหมาะสม <ul style="list-style-type: none"> <li>• ปิดหน้าจอคอมพิวเตอรืเมื่อไม่ได้ใช้งานเป็นระยะเวลานาน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• สามารถประหยัดพลังงาน ที่สามารถลดได้สูงสุดถึงลดได้สูงสุดถึงร้อยละ 10 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของการใช้ อุปกรณ์ไฟฟ้า</li> <li>• อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น เนื่องจากมีการใช้งานอย่างเหมาะสม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่าย จึงจะประสบความสำเร็จ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The Carbon Natural Company (2008)</li> </ul>

ตารางที่ 2.9 ผลการศึกษาเทคโนโลยีและแนวทางในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

พื้นที่ที่เกี่ยวข้อง / อุปกรณ์ที่ใช้งาน	เทคโนโลยีและแนวทางในการลด GHG	ข้อดี	ข้อเสีย	ที่มาของงานวิจัย
6. ยานพาหนะ	6.1 การเดินหรือขี่จักรยานไปทำงาน	<ul style="list-style-type: none"> <li>ลดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง</li> <li>ลดมลภาวะลงได้ถึง 100%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>การเดินทางใช้ระยะเวลานานขึ้นกว่าเดิม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>The Carbon Natural Company (2008)</li> </ul>
	6.2 การใช้รถสาธารณะในการไปทำงาน แทนการขับรถยนต์ส่วนตัว	<ul style="list-style-type: none"> <li>ลดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง</li> <li>ลดมลภาวะและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึงร้อยละ 70 ต่อคนต่อกิโลเมตร</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>การเดินทางใช้ระยะเวลานานขึ้นกว่าเดิม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>The Carbon Natural Company (2008)</li> </ul>
7. การจัดการขยะ	7.1 การนำของใช้ที่ยังใช้ประโยชน์ได้ กลับมาใช้ใหม่ (Reuse)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ลดปริมาณขยะต่าง ๆ เช่น ขยะพลาสติก ขยะกระดาษ และขยะอินทรีย์</li> <li>ค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะขององค์กรลดลง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่าย จึงจะประสบความสำเร็จ</li> <li>ใช้เวลาเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในการคัดแยกขยะ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chih-Ching Teng and et. al (2012)</li> </ul>
	7.2 การคัดแยกขยะที่สามารถรีไซเคิลได้ นำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Recycle)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ลดปริมาณขยะต่าง ๆ เช่น ขยะพลาสติก ขยะกระดาษ และขยะอินทรีย์</li> <li>ค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะขององค์กรลดลง</li> <li>ค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อลดลง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่าย จึงจะประสบความสำเร็จ</li> <li>ใช้เวลาการดำเนินงานเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในการคัดแยกขยะ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chih-Ching Teng and et. al (2012)</li> <li>The Carbon Natural Company (2008)</li> <li>รณัท พูลประทีน (2555)</li> </ul>
8. การบำบัดน้ำเสีย	8.1 การใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำหรือกำหนดมาตรการเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำประปา	<ul style="list-style-type: none"> <li>อุปกรณ์แต่ละชนิดที่นำมาใช้ค่อนข้างมีราคาถูก</li> <li>สามารถช่วยประหยัดน้ำได้ถึง 20 – 30%</li> <li>การปรับปรุงสามารถทำได้โดยง่าย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ความดันน้ำที่ใช้อาจลดลง</li> <li>ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่าย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chih-Ching Teng and et. al (2012)</li> <li>Ming Cheung and Jor Fan (2013)</li> </ul>

ตารางที่ 2.9 ผลการศึกษาเทคโนโลยีและแนวทางในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

พื้นที่ที่เกี่ยวข้อง / อุปกรณ์ที่ใช้งาน	เทคโนโลยีและแนวทางในการลด GHG	ข้อดี	ข้อเสีย	ที่มาของงานวิจัย
	8.2 การรีไซเคิลน้ำเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ กลับมาใช้ใหม่ เช่น การนำไปใช้รดน้ำต้นไม้	<ul style="list-style-type: none"> <li>• สามารถประหยัดน้ำได้มากขึ้น</li> <li>• ปริมาณการบำบัดน้ำเสียลดลง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่าย จึงจะประสบความสำเร็จ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chih-Ching Teng and et. al (2012)</li> </ul>
9. ตัวอาคาร	9.1 การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ปริมาณการใช้พลังงานภายในอาคารลดลง</li> <li>• สามารถช่วยในการสะท้อนความร้อนและระบายความร้อนออกสู่ภายนอกได้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• วัสดุและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง มักมีราคาค่อนข้างสูง ส่งผลกระทบต่อต้นทุนในตอนเริ่มต้น</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chih-Ching Teng and et. al (2012)</li> <li>• Advanced Energy Economy (2014)</li> </ul>
	9.2 การซ่อมแซมรอยรั่วของห้องไม่ให้มีการรั่วไหลของอากาศเย็นออกจากห้อง	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การใช้พลังงานเพื่อทำความเย็นภายในอาคารจึงลดลง</li> <li>• ปริมาณการใช้พลังงานภายในอาคารลดลง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ต้องมีการตรวจเช็ครอยรั่วอย่างสม่ำเสมอ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• พงษ์ชัย พงษ์ชวลิต (2557)</li> </ul>
	9.3 การปรับปรุงตัวอาคาร เช่น ติดฉนวนกันความร้อน ทหาร่มเงาให้อาคาร	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ปริมาณการใช้พลังงานภายในอาคารลดลง</li> <li>• สามารถช่วยในการสะท้อนความร้อนและระบายความร้อนออกสู่ภายนอกได้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• วัสดุและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง มักมีราคาค่อนข้างสูง ส่งผลกระทบต่อต้นทุนในตอนเริ่มต้น</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Advanced Energy Economy (2014)</li> <li>• พงษ์ชัย พงษ์ชวลิต (2557)</li> </ul>

แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาและรวบรวมข้อมูลเทคโนโลยีและแนวทางการบริหารจัดการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนี้ จำเป็นที่จะต้องศึกษาความเป็นไปได้ในเชิงเทคนิคและความเป็นไปได้ในเชิงของการเงิน เพื่อคัดเลือกเทคโนโลยีและแนวทางที่เหมาะสม มาใช้สำหรับการจัดทำมาตรการและแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการดำเนินกิจกรรมขององค์กรได้อย่างเหมาะสม

## 2.6 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ [22]

การจัดทำแผนการบริหารจัดการปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรถือเป็นโครงการที่จำเป็นต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้ก่อนเริ่มดำเนินงาน เพื่อประเมินความคุ้มค่าและไม่คุ้มค่าของโครงการ โดยการพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนกับผลประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตจากการดำเนินโครงการ เพื่อใช้ในการตัดสินใจว่าโครงการหรือแผนงานนั้นเหมาะสมแก่การลงทุนหรือไม่ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ผลกระทบจากในอดีตที่เหมาะสมมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ โดยผลการวิเคราะห์จะแสดงในรูปผลตอบแทน ซึ่งโครงการที่ดีจะให้ผลตอบแทนที่สูงกว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุน โดยวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของแผนงานหรือโครงการ ประกอบไปด้วย 3 ด้าน คือ 1) มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (Net Present Value, NPV) 2) ผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR) และ 3) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) โดยแสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 2.5.1 ถึง 2.5.5 ตามลำดับ

### 2.6.1 มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (Net Present Value: NPV)

มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (Net Present Value, NPV) คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลการประหยัดต้นทุนจากมาตรการ ในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี ตลอดอายุของโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของเงินที่จ่ายออกไป ภายใต้โครงการที่กำลังพิจารณา ณ อัตราลดค่า (Discount rate) หรือค่าของทุน (Cost of Capital) ที่กำหนดจากค่านิยามข้างต้น การคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ จะต้องทราบข้อมูลดังนี้

- 1) กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ
- 2) กระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการ
- 3) ระยะเวลาของโครงการ
- 4) อัตราลดค่าหรือค่าของทุนของธุรกิจ

โดยสามารถวิเคราะห์ได้จากสมการ ดังนี้

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ES_t}{(1+i)^t} - I_0 = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (2.9)$$

โดยที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- $ES_t$  = ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (Energy Cost Savings) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง  $n$   
 $I_0$  = เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (Total Investment)  
 $A$  = มูลค่าเทียบเท่ารายปี  
 $n$  = อายุของโครงการ (ปี)  
 $i$  = อัตราลดค่า (Discount Rate) จะมีค่าเดียวกันตลอดอายุโครงการ และขึ้นอยู่กับ อัตราดอกเบี้ยของตลาด ที่ผู้ลงทุนเผชิญอยู่ ซึ่งค่าที่เป็น Base Case อย่างน้อยควรมีค่าของทุนเท่ากับ อัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำที่ผู้ลงทุนได้รับ

ในการเลือกโครงการ ค่า NPV จะแสดงให้เห็นว่าโครงการที่กำลังพิจารณา มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ของการลงทุนเป็นมูลค่าเท่าไรเมื่อสิ้นสุดโครงการ ถ้าค่า NPV มีค่าเป็นบวกแสดงว่าโครงการดังกล่าว สมควรที่จะลงทุน และเลือกโครงการที่ให้ค่า NPV เป็นบวกสูงที่สุด แต่การใช้ NPV เพียงอย่างเดียวอาจทำให้มีข้อจำกัดในการตัดสินใจเลือกโครงการได้

## 2.6.2 ผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return)

ผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return) หมายถึง อัตราลดค่า (Discount Rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสด ที่คาดว่าจะต้องจ่ายในการลงทุน เท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการประหยัดพลังงาน ตลอดอายุโครงการ จากคำนิยามข้างต้น การคำนวณหาอัตราผลตอบแทนลดค่า จะต้องทราบข้อมูลดังนี้

- 1) กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ
- 2) กระแสเงินสดรับสุทธิต่อปีตลอดอายุโครงการ
- 3) ระยะเวลาของโครงการ

จากสูตรภายใต้ข้อสมมติว่าไม่มีมูลค่าซากและเงินลงทุนสุทธิเท่ากับต้นทุนทางบัญชี ดังนี้

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{ES_t}{(1+IRR)^t} - I_0 \quad (2.10)$$

โดยที่

- $n$  = อายุของโครงการ (ปี)  
 $ES_t$  = ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (Energy Cost Savings) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง  $n$   
 $I_0$  = เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (Total Investment)  
 $IRR$  = อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return)

โดยทั่วไปแล้ว ทั้งวิธีในการประเมินโครงการจากค่า IRR และ NPV จะให้ผลการตัดสินใจรับ

โครงการ หรือปฏิเสธโครงการเป็นไปในทำนองเดียวกัน แต่ในบางกรณี ที่ใช้ข้อ สมมติ เช่น การนำเงินเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ได้ในแต่ละปี ไปลงทุนใหม่(Re-Investment) หรือการใช้ วิธีหักค่าเสื่อมราคา แบบ Double-declining Balance Method แทนแบบ Straight Line Method ก็อาจทำให้คำตอบ ที่ได้จากทั้ง 2 วิธีขัดแย้งกันได้ ดังนั้น การพิจารณาประเมินโครงการลงทุนจากทั้ง 2 วิธีจึงต้องคำนึงถึง ข้อสมมติ ที่ใช้ในการคำนวณด้วยเช่นกัน

### 2.6.3 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

คือ ระยะเวลา (เป็นจำนวนปี /เดือน หรือวัน) ที่กระแสเงินสดรับจากโครงการ สามารถชดเชย กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการพอดี เนื่องจาก โครงการที่ขอรับการสนับสนุน จะมีลักษณะการลงทุนเพียงครั้งเดียว ในปีแรก และให้ผลตอบแทนที่เท่ากันทุกปี การหาค่า PB สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

#### 1) Static method

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{มูลค่าของค่าใช้จ่ายในการลงทุน}}{\text{ผลตอบแทนเฉลี่ยสุทธิต่อปี}} \quad (2.11)$$

#### 2) Dynamic method

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \text{จำนวนปีที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับหรือมากกว่าศูนย์} \quad (2.12)$$

ค่าระยะเวลาคืนทุน จะแสดงให้เห็นว่า ต้องใช้เวลานาน เพียงใดในการได้ทุนคืน ถ้าสามารถได้ทุนคืนเร็ว โครงการ ก็จะน่าสนใจ วิธีดังกล่าว จะมีข้อเสีย ในการเลือกโครงการ คือ วิธีนี้จะไม่ให้ความสนใจ ถึงเงินเข้าสุทธิในส่วนที่ได้หลังจากช่วงเวลาคืนทุนแล้ว ซึ่งอาจจะมีผลตอบแทนภายหลังมากกว่าโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็วก็ได้

ทั้งนี้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับการเลือกโครงการลงทุนว่าควรลงทุนในโครงการใดจึงจะให้ผลตอบแทนตามความต้องการ จะต้องใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจทางการลงทุนที่คำนึงถึงค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) ทั้งหมดประกอบกัน ไม่ว่าจะเป็น มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ มูลค่าเทียบเท่ารายปี ผลตอบแทนภายใน อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน หรือระยะเวลาคืนทุน เพื่อให้ได้โครงการที่เหมาะสมและคุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด

## 2.7 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [3 - 4, 17 - 21 และ 23 - 33]

การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เป็นส่วนที่สำคัญ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์กับการวิจัยทั้งในเชิงของแนวทางการดำเนินงานวิจัย และแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูล และความสอดคล้องของข้อมูล นอกจากนี้แนวคิดหรือทฤษฎีที่ได้การทบทวนวรรณกรรมยังถูกนำไปใช้การตรวจสอบสิ่งที่นักวิจัยค้นพบในโครงการวิจัยให้เกิดความน่าเชื่อถือ โดยในงานวิจัยครั้งนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่สำคัญ คือ 1) การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร และ 2) แนวทางการลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### 2.7.1 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร [3, 21 และ 23 - 31]

การจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization หรือ Corporate Carbon Footprint: CCF) เป็นวิธีการประเภทหนึ่งในการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการดำเนินงานขององค์กร อันจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหารจัดการ เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยในการดำเนินงานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรไว้ดังนี้

ชุตินา สุขอนันต์ (2555) ได้ศึกษาและประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร สถาบันการศึกษา โดยได้ใช้ข้อมูลของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เป็นกรณีศึกษา ทั้งนี้ในการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้ดำเนินการตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของประเทศไทย เก็บรวบรวมข้อมูลในปีการศึกษา 2553 แบบรายเดือน ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2553 ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2554 จากการศึกษาพบว่า การดำเนินกิจกรรมภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3,627.53 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยแหล่งกำเนิดที่สำคัญ คือ การใช้พลังงานไฟฟ้า ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 3,387.32 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 93.38 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นทั้งหมด รองลงมาคือ การระเหยของการใช้สารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศที่คิดเป็น 5.59 และจากกิจกรรมอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 1.03 นอกจากนี้เมื่อคิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อจำนวนนิสิตในปีการศึกษา 2553 จะเท่ากับ 488.36 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคนต่อปี [23]

ไพรัชต์ อุกุภรัตน์ และหาญพล พิงร์ศรี (2557) ได้ดำเนินการศึกษาและจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สำหรับเป็นฐานข้อมูลขององค์กรเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การใช้ทรัพยากรและการปล่อยมลพิษสู่สถานะแวดล้อมของมหาวิทยาลัย รวมทั้งยังสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตได้อีกด้วย ทั้งนี้ในการศึกษาได้กำหนดขอบเขตของการจัดเก็บข้อมูลโดยเป็นการศึกษาค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต เฉพาะในส่วนความรับผิดชอบของมหาวิทยาลัยเท่านั้น ซึ่งประกอบด้วย โรงพยาบาลธรรมศาสตร์เฉลิมพระเกียรติ (ขนาด 550 เตียง) โรงอาหาร ศูนย์กีฬาภายในมหาวิทยาลัยหอพักนักศึกษา อาคารบรรยายเรียนรวม (SC) อาคารโถมบริหาร อาคารของคณะต่าง ๆ รวมถึงสถาบันภาษา และสถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร และเก็บข้อมูลในช่วงเดือนมกราคม ถึง ธันวาคม ปี พ.ศ. 2553 (Calendar Year) ดำเนินการศึกษาตามได้ดำเนินการตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของประเทศไทย จากการศึกษาพบว่า คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต มีค่า 34,355 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยแบ่งออกเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง (ขอบเขตที่ 1) 1,693 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานที่ซื้อจากภายนอก (ขอบเขตที่ 2) คิดเป็น 31,271 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากกิจกรรมอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ขอบเขตที่ 3) คิดเป็น 1,391 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และเมื่อคิดเทียบจำนวนนักศึกษาแล้ว จะได้เท่ากับ 1.62 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อนักศึกษาหนึ่งคน [24]

พงษ์ชัย พงษ์ชวลิต (2557) ได้ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมขนาดกลางและขนาดเล็กในประเทศไทย โดยใช้วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) จากผลการศึกษาพบว่า ในปี พ.ศ. 2556 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมในกรณีศึกษา 2 แห่ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 553 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หากพิจารณาเปรียบเทียบกับอัตราการเข้าพักจะมีค่า 18.81 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อจำนวนการเข้าพักต่อปี และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับพื้นที่ มีค่าเท่ากับ 221.16 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตารางเมตร และต่อจำนวนผู้เข้าพัก เท่ากับ 11.65 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคน โดยการใช้ไฟฟ้าเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด คิดเป็น 465 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (83.60%) โดยอุปกรณ์ที่มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดคือ เครื่องปรับอากาศ (60.09%) เครื่องทำน้ำร้อน (17.64%) อุปกรณ์แสงสว่าง (15.05%) และอื่น ๆ (7.22%) ซึ่งจากผลการศึกษาทำให้สามารถกำหนดแนวทางการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญ คือ เครื่องปรับอากาศ เครื่องทำน้ำร้อน และอุปกรณ์แสงสว่าง [21]

สิริมา จิวสม (2555) ได้ประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases, GHGs) ของกรมควบคุมมลพิษ (คพ.) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยได้ดำเนินการตามแนวทางที่ได้ระบุในมาตรฐาน ISO 14064-1, ISO/PDTR 14069, Greenhouse Gas Protocol โดย World Resource Institute และแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) แบ่งประเภทของก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ประเภท คือ ประเภทที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง ประเภทที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานจากภายนอก และประเภทที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ ทั้งนี้จากการประเมิน พบว่า กรมควบคุมมลพิษมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3,467.74 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าร้อยละ 80 ของปริมาณทั้งหมดเกิดจากการใช้ไฟฟ้า รองลงมา คือ การเดินทางไปกลับที่พักและกรมควบคุมมลพิษของของบุคลากร (ร้อยละ 18) และการใช้รถยนต์ซึ่งกรมมลพิษเป็นเจ้าของ (ร้อยละ 10) โดยการปันส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามหน่วยงานของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า ส่วนกลางปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คิดเป็นสัดส่วนมากถึงร้อยละ 47.73 เนื่องจากการดูแลรักษาเครื่องปรับอากาศที่มีการใช้น้ำยาแอร์และน้ำยาล้างแอร์ที่มีค่า GWP สูง รองลงมาคือ สถานีตรวจวัดมีสัดส่วนร้อยละ 26.74 เนื่องจากกิจกรรมการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศและการสูบน้ำ ลำดับที่สามเป็นสำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียงมีสัดส่วนร้อยละ 8.11 ในส่วนของหน่วยงานอื่น ๆ มีกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าร้อยละ 5 ทั้งนี้ผลของการประเมินนี้จะ

ถูกนำไปใช้ในการวางแผนมาตรการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรมควบคุมมลพิษต่อไป [3]

Danuta De Grosbois and David Fennell (2015) ได้ศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของธุรกิจโรงแรม โดยได้เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมที่มีชื่อเสียงระดับโลก จำนวนกว่า 150 บริษัท เช่น Accor, Fairmont Raffles Hotels International, Global Hyatt Hotels, Hilton Hotels Corporation, IHG InterContinental Hotels Group, Marriott International และ NH Hotels เป็นต้น ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การรายงานข้อมูลคาร์บอนไดออกไซด์ในกลุ่มธุรกิจโรงแรมนั้นยังไม่เป็นที่แพร่หลายนัก อีกทั้งการรายงานผลของแต่ละบริษัทต่างก็ไม่มีกรอบอธิบายถึงวิธีการประเมินและการคำนวณที่ชัดเจนนัก ดังนั้นจึงไม่สามารถนำผลของแต่ละโรงแรมมาเทียบเคียงได้ แต่โดยส่วนใหญ่แล้วประเภทของก๊าซเรือนกระจกที่มีการประเมินจะอ้างอิงตามพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ซึ่งประกอบด้วย 7 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) ก๊าซไฮโดรฟลูออไรด์คาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF<sub>6</sub>) และก๊าซไนโตรเจนไตรฟลูออไรด์ (NF<sub>3</sub>) แบ่งการประเมินออกเป็น 3 ขอบเขต คือ ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานที่ซื้อจากภายนอก และขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากกิจกรรมอื่น ๆ [25]

Joseph H.K. Lai and et. al (2012) ได้ศึกษาข้อมูลของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกลุ่มธุรกิจโรงแรม เพื่อเปรียบเทียบการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศออสเตรเลีย สหราชอาณาจักร และฮ่องกง ในเชิงของกฎหมายและหลักเกณฑ์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า การดำเนินการประเมินและตรวจสอบการปล่อยปริมาณก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มธุรกิจโรงแรมในฮ่องกงจะเป็นไปโดยความสมัครใจ ไม่ได้มีข้อกำหนดกฎหมายที่ชัดเจน โดยดำเนินการตามมาตรฐาน GHG Protocol และ ISO 14064 ครอบคลุมก๊าซเรือนกระจก 5 ประเภท ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) ก๊าซไฮโดรฟลูออไรด์คาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) ในขณะที่การตรวจสอบและประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในออสเตรเลียและสหราชอาณาจักรเป็นกฏข้อบังคับที่องค์กรจำเป็นต้องดำเนินการ และรายงานต่อหน่วยงานที่ทำหน้าที่ในการควบคุม โดยครอบคลุมก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 6 ประเภท ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ก๊าซมีเทน (CH<sub>4</sub>) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) ก๊าซไฮโดรฟลูออไรด์คาร์บอน (HFC) ก๊าซเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และก๊าซซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF<sub>6</sub>) ทั้งนี้ในการแบ่งขอบเขตของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในออสเตรเลีย สหราชอาณาจักรและฮ่องกง จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ (1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง (2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงานที่ซื้อจากภายนอก และ (3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากกิจกรรมอื่น ๆ โดยในรายละเอียดจะแตกต่างกันในแต่ละประเภท ดังแสดงในตารางที่ 2.10 [26]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 กิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก จำแนกตามขอบเขต [26]

พื้นที่ที่ศึกษา	ขอบเขตที่ 1	ขอบเขตที่ 2	ขอบเขตที่ 3
ออสเตรเลีย	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การเผาไหม้เชื้อเพลิงสำหรับพลังงานและการผลิต</li> <li>• กระบวนการอุตสาหกรรม</li> <li>• การฝังกลบขยะ</li> <li>• การจัดการน้ำเสีย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การใช้พลังงานที่ซื้อจากภายนอก เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และไอน้ำ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การเดินทางของพนักงานขององค์กร</li> <li>• การกำจัดขยะที่ดำเนินการโดยองค์กร</li> <li>• การใช้กระดาษภายในองค์กร</li> </ul>
สหราชอาณาจักร	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในอุปกรณ์ต่าง ๆ</li> <li>• การใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะที่องค์กรเป็นเจ้าของ</li> <li>• การรั่วไหลของเชื้อเพลิง</li> <li>• กระบวนการอุตสาหกรรม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การใช้พลังงานที่ซื้อจากภายนอก เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และไอน้ำ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การเดินทางของพนักงานขององค์กร</li> <li>• การกำจัดขยะที่ดำเนินการโดยองค์กร</li> <li>• สินทรัพย์ให้เช่า</li> </ul>
ฮ่องกง	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การเผาไหม้เชื้อเพลิงของอุปกรณ์ที่อยู่นิ่งและมีการเคลื่อนที่</li> <li>• กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น การรั่วไหลของเชื้อเพลิง</li> <li>• การดูดกลืนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์</li> <li>• อื่น ๆ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การใช้พลังงานที่ซื้อจากภายนอก เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน และไอน้ำ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การกำจัดขยะ</li> <li>• การใช้กระดาษ</li> <li>• การบำบัดน้ำเสีย</li> <li>• อื่น ๆ</li> </ul>

Eke Eijgelaar and et. al (2013) ได้ศึกษาและรวบรวมวิธีการดำเนินงานและเครื่องมือสำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว ทั้งในส่วนของกิจกรรมการท่องเที่ยว การขนส่งทางรางและรถยนต์ การเดินทางโดยเครื่องบิน และโรงแรมที่พักอาศัย โดยจากการศึกษา พบว่า เครื่องมือและซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมมีการพัฒนาขึ้นมามากมาย เช่น Hotel Carbon Measurement Initiative 1.0 (HCMI) ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยองค์กร International Tourism Partnership (ITP) และ World Travel & Tourism Council (WTTC), และ Ecompter ที่ให้บริการเกี่ยวกับการบริหารจัดการโรงแรมอย่างยั่งยืน ซึ่งรวมถึงการประเมินและการออกรายงานผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ เป็นต้น และจากผลการศึกษาของ Eke Eijgelaar และคณะ แสดงให้เห็นว่า การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมส่วนมาก จะมีการคำนวณเฉพาะในส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1 และขอบเขตที่ 2 เท่านั้น ในส่วนของขอบเขตที่ 3 มักจะไม่ได้ถูกนำมาคิดคำนวณ เนื่องจากมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาโดยตรงและการใช้พลังงาน [27]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Viachaslau Filimona and et. al (2011) ได้ศึกษาวิธีการการประเมินวัฏจักรของพลังงานตลอดชีวิต (Life Cycle Energy Analysis: LCEA) ซึ่งเป็นกระบวนการในการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์และบริการที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์และบริการ โดยได้นำวิธีการของ LCA มาใช้ในการประเมินการใช้พลังงานและการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกลุ่มธุรกิจโรงแรม ที่ถือเป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมการท่องเที่ยว โดยทำการวิเคราะห์และประเมินโรงแรมจำนวน 2 โรงแรมในเครือของ Poole Hotels มณฑล Dorset ประเทศสหราชอาณาจักร (United Kingdom, UK) เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการวิจัยที่เคยมีการวิจัยมาก่อนหน้านี้ ทั้งนี้จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของโรงแรมทั้ง 2 แห่งด้วยวิธี LCEA มีการปล่อยคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ต่ำกว่าผลการวิจัยอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากความแตกต่างของโครงสร้างของโรงแรม อายุของโรงแรม ระบบต่าง ๆ ที่ใช้งานภายในโรงแรม รวมไปถึงขอบเขตของการประเมินที่อาจมีความแตกต่างกันในบางส่วน ซึ่งข้อมูลทั้งหมดจำเป็นต้องมีการตรวจสอบและรับรองความถูกต้องของข้อมูล เพื่อให้ผลการประเมินมีประสิทธิภาพสูงสุด [28]

Joseph H.K. Lai (2013) ได้ดำเนินการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมจำนวน 3 แห่งในฮ่องกง ระดับ 3, 4 และ 5 ดาว โดยมีการรวบรวมข้อมูลของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3 ขอบเขต คือ 1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง 2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม จากการใช้พลังงานที่ซื้อจากภายนอก และ 3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับอุณหภูมิของอากาศภายนอก และความสัมพันธ์ของระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกับอัตราการเข้าพัก โดยจากการศึกษาพบว่า โรงแรมทั้งสามแห่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยอุณหภูมิของอากาศภายนอกและอัตราการเข้าพัก ต่างมีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม กล่าวคือ หากอุณหภูมิของอากาศภายนอกและอัตราการเข้าพัก สูงขึ้น จะทำให้โรงแรมมีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงขึ้นเช่นกัน แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นอุณหภูมิของอากาศภายนอกมีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่า ซึ่งสามารถนำสมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการวิจัยไปใช้ในการจัดทำข้อเสนอแนะเพื่อแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการบันทึกข้อมูลที่จำเป็นและปล่อยมลพิษจากโรงแรมได้ [29]

Kuo-Tsang Huang and et. al (2015) ได้วิเคราะห์ถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมระดับ 5 ดาว จำนวน 58 แห่งในไต้หวัน เพื่อวางแผนแนวทางการบริหารจัดการเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ในการดำเนินงานได้มีการศึกษาใน 3 ส่วนที่สำคัญ คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และการผลิตน้ำร้อน โดยจากการศึกษาพบว่า โรงแรมในกลุ่มตัวอย่างมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 132 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตารางเมตรต่อปี มีรายละเอียดของผลการศึกษาดังตารางที่ 2.11 [30]

ตารางที่ 2.11 ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมตัวอย่างในได้หัววัน [30]

คาร์บอนฟุตพริ้นท์	GHG emission (ton-CO <sub>2</sub> e)	GHG emission per square meter (kg-CO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup> year)	GHG emission per room (ton-CO <sub>2</sub> e/year)	GHG emission per room-night-sold (kg-CO <sub>2</sub> e)	GHG emission per guest night (kg-CO <sub>2</sub> e)
ค่าเฉลี่ย	3,657	132	12.1	50	29
ค่าสูงสุด	15,533	240	28.0	94	55
ค่าต่ำสุด	423	46	3.3	20	13

The International Tourism Partnership (ITP) and the World Travel & Tourism Council (WTTC) (2012) ได้พัฒนากระบวนการในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมที่มีชื่อว่า “Hotel Carbon Measurement Initiative (HCMI) v.1.1” โดยดำเนินการตามมาตรฐาน ISO14064 และพิจารณาเพียงแค่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1 และ 2 เป็นหลัก นั่นคือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรงและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม จากการใช้พลังงานที่ซื้อจากภายนอก ในส่วนของขอบเขตที่ 3 นั้นเป็นทางเลือก เนื่องจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทางอ้อมอื่น ๆ มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับขอบเขตที่ 1 และ 2 ทั้งนี้ในการวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นการเปรียบเทียบอัตราการเข้าใช้งานของโรงแรม ทั้งในส่วนของห้องพัก และห้องประชุม โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.8 และ 2.9 [31]

$$\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อห้องพัก} = \frac{\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด} \times \text{สัดส่วนของพื้นที่ห้องพัก}}{\text{อัตราการเข้าพัก}} \quad (2.13)$$

$$\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อห้องประชุม} = \frac{\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด} \times \text{สัดส่วนของพื้นที่ห้องประชุม}}{\text{จำนวนชั่วโมงการใช้งาน}} \quad (2.14)$$

### 2.7.2 แนวทางการลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร [4, 17 - 21 และ 32 - 33]

หลังจากที่มีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรแล้ว จะทำให้ทราบถึงแหล่งกำเนิดของก๊าซเรือนกระจก รวมถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมา ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการวางแผนแนวทางการบริหาร จัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ โดยในการดำเนินงานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรไว้ดังนี้

พงษ์ชัย พงษ์ชวลิต (2557) ได้ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมขนาดกลางและขนาดเล็กในประเทศไทย โดยใช้วิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) เพื่อนำผลที่ได้มาใช้ในการวางแผนการบริหารจัดการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า ในปี พ.ศ. 2556 ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมในกรณีศึกษา 2 แห่ง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 553 ตัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยการใช้ไฟฟ้าเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สูงที่สุด คิดเป็น 465 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (83.60%) โดยอุปกรณ์ที่มีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ เครื่องปรับอากาศ (60.09%) เครื่องทำน้ำร้อน (17.64%) อุปกรณ์แสงสว่าง (15.05%) และอื่น ๆ (7.22%) ซึ่งจากผลการศึกษาทำให้สามารถกำหนดแนวทางการลดคาร์บอน ฟุตพริ้นท์ขององค์กรจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าตามลำดับความสำคัญ คือ เครื่องปรับอากาศ เครื่องทำน้ำร้อน และอุปกรณ์แสงสว่าง โดยการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า การปรับเปลี่ยน อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ รวมถึงการซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์ ทำให้โรงแรมขนาดกลางและขนาดเล็ก สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย 24.87 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และ ประมาณการทางการเงินจะสามารถประหยัดเงินได้เฉลี่ยปีละ 171,202 บาท [21]

ธนัท พูลประทีน (2555) ศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถาบันการศึกษา ในภาคทวิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดแนวทางในการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาลงร้อยละ 5 ภายในระยะเวลา 5 ปี ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ในปี พ.ศ. 2553 มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์รวม 826.13 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หรือคิดเป็น 1.85 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคนต่อปี และได้มีการกำหนด มาตรการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเก่าจำนวน 33 เครื่อง และการเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 1,042 หลอด สามารถลด ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้กิจกรรมละ 31.25 และ 19.58 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ต่อปี ตามลำดับ ทำให้ลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาลงได้ร้อยละ 6.2 ของปริมาณการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกทั้งหมด ซึ่งเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด และเมื่อศึกษาผลตอบแทนการลงทุน จะพบว่า การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศมีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 6 ปี และการเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ มี ระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 4 ปี นอกจากนี้ยังได้จัดทำข้อเสนอแนะอื่น ๆ ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซ เรือนกระจก เช่น การแยกขยะ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ เป็นต้น [4]

Simon Taylor and et. al (2010) ศึกษาความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกของโรงแรมในสหราชอาณาจักร (United Kingdom, U.K.) ลงร้อยละ 50 ของปริมาณ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ภายใน พ.ศ. 2573 ทั้งนี้ในการดำเนินงานได้คัดเลือกโรงแรม U.K. จำนวน 2 แห่ง เป็นตัวแทนของโรงแรมทั้งหมด ซึ่งประกอบไปด้วย 1) โรงแรมใหม่ ที่ถูกสร้างขึ้นในปี พ.ศ. 2529 ซึ่งลักษณะของอาคารจะมีการใช้ฉนวนกันความร้อน และกระจกสองชั้น เพื่อประหยัด พลังงาน และ 2) โรงแรมเก่า ที่ถูกสร้างขึ้นมาก่อนปี พ.ศ. 2443 ที่โดยส่วนมากจะเป็นผนังทึบ ยังไม่มีการ ใช้ฉนวนกันความร้อน และเป็นกระจกชั้นเดียว และดำเนินงานโดยใช้โปรแกรม ESP-r ที่เป็น โปรแกรมจำลอง (Simulation) ที่ใช้สำหรับการประเมินประสิทธิภาพของอาคาร ซึ่งจากการศึกษา พบว่า การใช้พลังงานทดแทน การปรับปรุงอาคารโดยใช้ฉนวนกันความร้อน การเปลี่ยนแปลง ระบบปรับอากาศ หรือ HVAC รวมทั้งการปรับปรุงระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ ต่างก็มีความเป็นไปได้ ในเชิงของเทคนิคในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 50 โดยการปรับปรุงสิ่งต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นจะไม่ส่งผลกระทบต่อความสะดวกสบายของแขกที่เข้ามาพักภายในโรงแรม แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นการปรับปรุงสิ่งต่าง ๆ นั้น จะต้องคำนึงถึงผลกระทบอื่น ๆ ที่มีความข้องเกี่ยวกันร่วมด้วย [32]

Paulina Bohdanowicz and et. al (2011) ได้ศึกษา วิเคราะห์และประเมินการดำเนินงานของ โรงแรมฮิลตัน (Hilton) ที่มีสาขากระจายอยู่ทั่วโลก โดยได้ศึกษาโรงแรมในทวีปยุโรป 70 แห่ง ในปี พ.ศ. 2549 – 2551 โรงแรมมีพนักงานมากกว่า 16,000 คน การดำเนินงานในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะเน้นที่การปฏิบัติงานของพนักงาน ควบคู่ไปกับการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพ โดยการสร้างกิจกรรมเพื่อรณรงค์กระตุ้นจิตสำนึกในการรักษโลกรของพนักงาน การให้รางวัลแก่พนักงาน และการจัดทำคู่มือการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ จากการศึกษาพบว่า การดำเนินกิจกรรมและการปรับเปลี่ยนและซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในช่วงเวลา 3 ปี (พ.ศ. 2549 – 2551) สามารถลดการใช้พลังงานได้ถึงร้อยละ 15 ต่อตารางเมตร และสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึงร้อยละ 8 ต่อจำนวนการเข้าพัก [33]

Ming Cheung and Jor Fan (2013) ได้ศึกษาแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเมืองที่มีความหนาแน่นของประชากรสูง ซึ่งจะสังเกตเห็นได้ว่าฮ่องกง ถือเป็นเมืองที่มีความหนาแน่นของอาคารสูงมาก การใช้พลังงานไฟฟ้าและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอาคารเชิงพาณิชย์มีมากถึงร้อยละ 89 ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ทั้งนี้ Ming Cheung และ Jor Fan ได้ศึกษาการดำเนินงานของ Langham Place Hotel Mongkok Hong Kong (LPHKG) ซึ่งเป็นโรงแรมระดับ 5 ดาว ที่ประสบความสำเร็จในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยจากการศึกษาพบว่า LPHKG ได้ดำเนินงานด้านการลดการใช้พลังงานและลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แบ่งการดำเนินงานหลัก ๆ ออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ แสงสว่าง การปรับอากาศ และการจัดการขยะ ทั้งนี้ในการดำเนินงานส่วนใหญ่จะเน้นในส่วนของการพัฒนา ปรับเปลี่ยน และซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งการดำเนินงานดังกล่าวจะมีมูลค่าการลงทุนในตอนเริ่มต้นค่อนข้างสูง แต่มีความคุ้มค่าในระยะยาว [19]

Chih-Ching Teng and et. al (2012) ได้ศึกษาและพัฒนาวิธีการในการวัดและประเมินผลของการดำเนินการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มธุรกิจโรงแรมในไต้หวัน พบว่า ในการวัดและประเมินผลนั้นควรจะมีการแบ่งออกเป็นทั้งหมด 7 ด้าน ได้แก่ การกำหนดนโยบายในภาพรวม การใช้น้ำ การใช้พลังงาน การจัดการของเสียและขยะ ตัวอาคาร การสื่อสารและการมีส่วนร่วมของบุคคล การจัดซื้ออุปกรณ์และสิ่งของต่าง ๆ มีรายละเอียดดังตารางที่ 2.12 [18]

ตารางที่ 2.12 การประเมินผลการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของธุรกิจโรงแรม [18]

กลุ่ม	กลุ่มย่อย	วิธีการประเมินผล
1. การกำหนดนโยบายในภาพรวม	<ul style="list-style-type: none"> <li>นโยบายการประหยัดพลังงานและการลดคาร์บอนขององค์กร</li> <li>การวัดและประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานและการลดคาร์บอน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>พัฒนาแผนและนโยบายการประหยัดพลังงานและการลดปริมาณการปล่อยคาร์บอน</li> <li>กำหนดความรับผิดชอบของแต่ละหน่วยงาน</li> <li>เก็บรวบรวมข้อมูลและติดตามข้อมูลอย่างต่อเนื่อง</li> </ul>
2. การใช้น้ำ	<ul style="list-style-type: none"> <li>อุปกรณ์และมาตรการในการประหยัดน้ำ</li> <li>การจัดการน้ำเสีย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำหรือกำหนดมาตรการเพื่อลดการใช้น้ำ</li> <li>ปฏิบัติตามกฎหรือหลักเกณฑ์ของการบำบัดน้ำเสียของรัฐบาล</li> <li>รีไซเคิลและนำน้ำเสียของโรงแรมที่บำบัดแล้วกลับมาใช้ประโยชน์อื่น ๆ</li> </ul>
3. การใช้พลังงาน	<ul style="list-style-type: none"> <li>พลังงานไฟฟ้า</li> <li>พลังงานความร้อน</li> <li>มาตรการการประหยัดพลังงาน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ติดตั้งระบบตรวจจับอัตโนมัติสำหรับแหล่งจ่ายไฟ</li> <li>ปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ</li> <li>ใช้เครื่องปรับอากาศที่ได้รับการรับรองด้านการประหยัดพลังงาน</li> <li>ใช้อุปกรณ์ประหยัดพลังงานและหลีกเลี่ยงการใช้หลอดไส้หลอดฮาโลเจนและหลอดไส้</li> <li>ใช้ Heat Pumps หรือ Heat Recovery System</li> </ul>
4. การจัดการของเสียและขยะ	<ul style="list-style-type: none"> <li>การจัดการของเสีย</li> <li>การคัดแยกขยะ การรีไซเคิลและนำกลับมาใช้ใหม่</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ลดของเสีย</li> <li>ปฏิบัติตามหลักการจัดการเก็บของเสีย</li> <li>แยกประเภทของเสีย/ขยะ</li> <li>รีไซเคิลขยะและนำกลับมาใช้ใหม่</li> </ul>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 การประเมินผลการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของธุรกิจโรงแรม (ต่อ)

กลุ่ม	กลุ่มย่อย	วิธีการประเมินผล
5. ตัวอาคาร	<ul style="list-style-type: none"> <li>วัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม</li> <li>การออกแบบและวัดผลจากการใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใช้วัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม</li> <li>ปลูกพืชบนดาดฟ้าและที่ฐานอาคาร</li> <li>ติดตั้งฉนวนกันความร้อนในอาคาร</li> <li>ใช้แสงสว่างจากธรรมชาติที่สามารถส่องเข้ามายังตัวอาคาร แทนการใช้หลอดไฟ</li> <li>ตรวจสอบการระบายอากาศภายในอาคาร</li> </ul>
6. การสื่อสารและการดำเนินงาน	<ul style="list-style-type: none"> <li>พนักงาน/บุคลากรขององค์กร</li> <li>นักท่องเที่ยว/แขกที่มาพัก</li> <li>ชุมชน/รัฐบาล</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ให้ความรู้เกี่ยวกับประหยัดพลังงานและการลดปริมาณการปล่อยคาร์บอนของโรงแรม</li> <li>ขอความร่วมมือจากทุกฝ่าย/แขกที่มาพักในการประหยัดพลังงาน</li> <li>ส่งเสริมผลิตภัณฑ์และบริการที่สนับสนุนนโยบายการประหยัดพลังงานและการลดคาร์บอน</li> <li>ให้ข้อมูลแก่ลูกค้าเกี่ยวกับการขนส่งสาธารณะหรือบริการเช่าจักรยาน</li> <li>สนับสนุนกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานและลดคาร์บอน ร่วมกับชุมชนและภาครัฐ</li> </ul>
7. การจัดซื้ออุปกรณ์และสิ่งของต่าง ๆ	<ul style="list-style-type: none"> <li>นโยบายการจัดซื้อ</li> <li>การจัดซื้ออุปกรณ์และสิ่งของที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการประหยัดพลังงาน</li> <li>ซื้อสินค้าและวัตถุดิบตามฤดูกาลหรือท้องถิ่น</li> <li>ให้ความสำคัญกับผู้จัดหาสินค้าที่ใช้แนวทางการอนุรักษ์พลังงานและลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์</li> <li>ใช้ผลิตภัณฑ์ทดแทน / รีไซเคิล</li> <li>ซื้อรถที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อใช้เป็นพาหนะของโรงแรม</li> </ul>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Advanced Energy Economy (2014) ซึ่งเป็นสมาคมที่เกิดจากการรวมตัวกันของผู้ที่ทำธุรกิจเกี่ยวกับพลังงาน ได้จัดทำคู่มือในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีชื่อว่า “Advanced Energy Technologies for Greenhouse Gas Reduction” แบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าภายในอาคารและอุตสาหกรรม 2) การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตกระแสไฟฟ้า และ 3) การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการส่งไฟฟ้าไปยังแหล่งต่าง ๆ โดยในส่วนของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าภายในอาคารและการดำเนินงานในอุตสาหกรรมได้แนะนำไว้ทั้งหมด 11 วิธี คือ 1) การวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงาน (Behavioral Energy Efficiency) 2) การใช้ระบบการบริหารจัดการพลังงานภายในอาคาร (Building Energy Management Systems) 3) การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน (Efficient Building Envelope) 4) การผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม (Combined Heat and Power, CHP) 5) การตอบสนองต่อความต้องการใช้พลังงาน (Demand Response) 6) การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Analytics) 7) การนำความร้อนใต้ดินระดับตื้นมาประยุกต์ใช้งาน (Ground-Source Heat Pumps, GSHP) 8) การปรับปรุงระบบปรับอากาศ HVAC ให้มีประสิทธิภาพ (Efficient Heating, Ventilation and Air Conditioning) 9) การใช้ระบบการควบคุมแสงสว่างอัจฉริยะ (Intelligent Lighting Controls) 10) การนำพลังงานเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่ (Waste Energy Recovery) และ 11) การปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องผลิตน้ำร้อน (Efficient Water Heaters) [17]

The Carbon Natural Company (2008) เป็นผู้ให้บริการโซลูชันชั้นนำสำหรับการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการดำเนินงานขององค์กรเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้จัดทำคู่มือในการวางแผนการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกภายในองค์กร โดยได้ให้ข้อเสนอแนะในการบริหารจัดการไว้ 3 ด้าน ได้แก่ 1) การบริหารจัดการการใช้พลังงานภายในองค์กร 2) การจัดการของเสียภายในองค์กร และ 3) การเดินทางไปกลับของพนักงาน โดยมีรายละเอียดเป็นดังตารางที่ 2.13 [20]

ตารางที่ 2.13 แนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก [20]

แนวทางการลดปริมาณ GHG	ปริมาณ GHG ที่สามารถลดได้
1. การบริหารจัดการการใช้พลังงานภายในองค์กร	
1.1 สร้างความตระหนักให้แก่พนักงาน โดยการจัดกิจกรรมและการรณรงค์	ลดได้สูงสุดถึงร้อยละ 10 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า
1.2 ใช้ประโยชน์จากแสงแดดธรรมชาติ โดยการใช้หน้าต่างและผ้าม่านโปร่งแสง เพื่อลดการใช้อุปกรณ์แสงสว่าง	ลดได้สูงสุดถึงร้อยละ 20 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของ การให้แสงสว่าง
1.3 ปรับเปลี่ยนอุปกรณ์แสงสว่างให้มีประสิทธิภาพ	ลดได้สูงสุดถึงร้อยละ 80 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของ การให้แสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.13 แนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

แนวทางการลดปริมาณ GHG	ปริมาณ GHG ที่สามารถลดได้
1.4 ติดตั้งระบบการจัดการพลังงาน(EMS) เพื่อควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติ	ร้อยละ 10 - 15 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของทำให้แสงสว่าง
1.5 ปิดหน้าจอคอมพิวเตอร์ เมื่อไม่ได้ใช้งานเป็นระยะเวลานาน	ลดได้สูงสุดถึงร้อยละ 10 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของการใช้คอมพิวเตอร์
1.6 จัดซื้อคอมพิวเตอร์ที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน ทดแทนคอมพิวเตอร์รุ่นทั่วไป	ลดได้สูงสุดถึงร้อยละ 30 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของการใช้คอมพิวเตอร์
1.7 ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้เครื่องปรับอากาศให้เหมาะสม	ร้อยละ 8 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของเครื่องปรับอากาศ
1.8 บำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศเป็นประจำ	ลดได้สูงสุดถึงร้อยละ 30 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของเครื่องปรับอากาศ
2. การจัดการของเสียภายในองค์กร	
2.1 เปลี่ยนของเสียจากการฝังกลบขยะทั้งหมด โดยการคัดแยกขยะที่สามารถรีไซเคิลได้ มาใช้ประโยชน์ใหม่	ไม่สามารถประเมินได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของขยะปริมาณ และวิธีการดำเนินงาน
2.2 เปลี่ยนของเสียจากการเผาขยะทั้งหมด โดยการคัดแยกขยะที่สามารถรีไซเคิลได้ มาใช้ประโยชน์ใหม่	ไม่สามารถประเมินได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของขยะปริมาณ และวิธีการดำเนินงาน
3. การเดินทางไป-กลับของพนักงาน	
3.1 การเดินหรือขี่จักรยานไปทำงาน แทนการขับรถส่วนตัว	ลดได้สูงสุดถึงร้อยละ 100 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเดินทาง
3.2 การใช้รถสาธารณะในการไปทำงาน แทนการขับรถส่วนตัว	ร้อยละ 70 ต่อคนต่อกิโลเมตร ในสหราชอาณาจักร ร้อยละ 50 ต่อคนต่อไมล์ ในสหรัฐอเมริกา
3.3 ใช้รถคันเดียว ในกรณี que ไปทางเดียวกัน	ร้อยละ 50 ต่อผู้โดยสารที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

## วิธีการดำเนินงานวิจัย

คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint, CF) เป็นการวัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gases, GHGs) ซึ่งประกอบด้วยก๊าซทั้งหมด 6 ชนิด ตามที่กำหนดในพิธีสารเกียวโต ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) มีเทน (CH<sub>4</sub>) ไนตรัสออกไซด์ (N<sub>2</sub>O) กลุ่มไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) กลุ่มเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF<sub>6</sub>) โดยในงานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ในกรณีศึกษา เพื่อระบุแหล่งที่มาของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่าง ๆ รวมทั้งเพื่อเสนอมาตรการและแนวทางที่เหมาะสมในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงภายในองค์กร โดยในงานวิจัยแบ่งการดำเนินงานวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก คือ 1) การศึกษาโครงสร้างและกิจกรรมการดำเนินงานภายในองค์กร 2) การศึกษาและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร 3) การจัดทำมาตรการที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก และ 4) การสรุปมาตรการสำหรับการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสม ซึ่งรายละเอียดการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนได้แสดงไว้ในหัวข้อ 3.1 ถึง 3.4 ตามลำดับ



รูปที่ 3.1 แผนการดำเนินงานวิจัย

### 3.1 การศึกษาโครงสร้างและกิจกรรมการดำเนินงานภายในองค์กร

ศึกษาโครงสร้างและการดำเนินงานขององค์กร โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์หัวหน้าแต่ละส่วนงาน เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดโครงสร้าง บทบาทหน้าที่และการดำเนินงานของแต่ละฝ่ายภายในองค์กร เพื่อระบุกิจกรรมการดำเนินงานที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในองค์กร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ 3.1 การโครงสร้างและการดำเนินงานขององค์กร

แผนก	บทบาทหน้าที่	กิจกรรมการดำเนินงาน	ทรัพยากรที่ใช้

### 3.2 การศึกษาและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เป็นขั้นตอนของการศึกษากิจกรรมการดำเนินงานภายในองค์กรที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในองค์กร เพื่อวิเคราะห์ถึงแหล่งที่มาและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากนั้นจึงทำการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดขึ้น ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของประเทศไทย (2559) จัดทำโดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) [6] โดยในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. จัดทำบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก
2. คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
3. ประเมินค่าความไม่แน่นอนของข้อมูล
4. จัดเรียงลำดับกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก

#### 3.2.1 การจัดทำบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก

การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของประเทศไทย (2559) แบ่งประเภทของก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

- ประเภทที่ 1: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง (Direct GHG Emission) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในองค์กร ได้แก่ การเดินทางด้วยยานพาหนะขององค์กร การใช้สารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศภายในองค์กร การบำบัดน้ำเสียที่องค์กรเป็นผู้ดำเนินการ การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ใช้ในการหุงต้มภายในองค์กร การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากการใช้งานของอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่องค์กรเป็นเจ้าของ

- ประเภทที่ 2: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Electricity Indirect GHG Emission) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า หรือความร้อนที่ถูกนำเข้ามาจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในโรงแรม ได้แก่ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภายในองค์กร

- ประเภทที่ 3: การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (Other Indirect GHG Emission) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ นอกเหนือจากที่ระบุในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 ได้แก่ การใช้น้ำประปา การใช้วัสดุ การกำจัดขยะในส่วนของรถขนส่งและการฝังกลบ โดยประเภทที่ 3 นี้ ถือเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่องค์กรสามารถวัดหรือประเมินเพื่อรายงานเพิ่มเติมได้ โดยไม่ถือเป็นข้อบังคับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการจัดทำบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กรที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมได้จากการสัมภาษณ์ผู้ที่เกี่ยวข้องในแผนกต่าง ๆ และการสำรวจการดำเนินงานขององค์กรในภาพรวม

### ตารางที่ 3.2 การเก็บข้อมูลการดำเนินกิจกรรมภายในองค์กรที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ประเภทก๊าซเรือนกระจก	กิจกรรมการดำเนินงาน	ทรัพยากรที่ใช้	ชนิดของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น	ส่วนงานที่เกี่ยวข้อง
1. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง				
2. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม				
3. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ				

#### 3.2.2 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม จะคำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในองค์กร ซึ่งได้มาจากการข้อมูลทุติยภูมิที่ทางโรงแรมได้มีการจัดทำไว้เป็นรายปี คูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยหรือดูดกลับก๊าซเรือนกระจก และแสดงผลให้อยู่ในรูปของตันหรือกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO<sub>2</sub> equivalent) ดังแสดงในสมการ

$$\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก} = \text{ข้อมูลกิจกรรม} \times \text{ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก} \quad (3.1)$$

โดยในการคัดเลือกค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะต้องเป็นข้อมูลที่มาจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ ทั้งนี้ค่าแฟกเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ข้อมูลค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ของประเทศไทย จากฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย (Thai LCI Database) รวบรวมและจัดการโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และองค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) เป็นหลัก

ตารางที่ 3.3 การรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากรที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ประเภท	กิจกรรม/ทรัพยากร	หน่วย	ปริมาณการใช้ทรัพยากร ใน พ.ศ. 2560
1			
2			
3			

ตารางที่ 3.4 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ประเภท	กิจกรรม/ทรัพยากร	หน่วย	ปริมาณการใช้	ค่าแฟกเตอร์ (EF)	หน่วยของ EF	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (ton-CO <sub>2</sub> -e)
1						
2						
3						

### 3.2.3 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของข้อมูล

การประเมินความไม่แน่นอน (Uncertainty) ที่เกิดขึ้นจากการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกขององค์กร เป็นขั้นตอนสำคัญที่แสดงระดับคุณภาพของข้อมูลการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เก็บรวบรวมได้ รวมถึงความไม่แน่นอนที่เกิดจากการคำนวณโดยใช้ค่าแฟกเตอร์การปล่อยเรือนกระจกจากแหล่งอ้างอิงต่าง ๆ ผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินความไม่แน่นอนจะนำไปสู่กระบวนการทบทวนขององค์กร เพื่อแสวงหาแนวทางการจัดการความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้น เพื่อใช้ในการบริหารจัดการคุณภาพบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกขององค์กรในการประเมินครั้งต่อไป

ความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นกับข้อมูล และค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เลือกใช้ สามารถตรวจสอบระดับคุณภาพของข้อมูลได้ โดยการกำหนดคะแนนไว้ตามตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 คะแนนอ้างอิงของคุณภาพข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

รายการ	ระดับคุณภาพข้อมูล			
ลักษณะการเก็บข้อมูล	X=6 คะแนน	Y=3 คะแนน	Z=1 คะแนน	
	เก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องด้วยการติดตั้งระบบอัตโนมัติ	เก็บข้อมูลจากมิเตอร์และใบเสร็จ	เก็บข้อมูลจากการประมาณค่า	
ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF)	A = 4 คะแนน	B = 3 คะแนน	C = 2 คะแนน	D = 1 คะแนน
	EF จากการวัดที่มีคุณภาพ	EF จากผู้ผลิต	EF ระดับประเทศ	EF ระดับสากล

ที่มา: แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร, 2559

ตารางที่ 3.6 การประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูล

ประเภท	ทรัพยากร	แหล่งที่มาของข้อมูล	ระดับคุณภาพของข้อมูล	ค่า EF	ที่มาของค่า EF	ระดับคุณภาพของค่า EF	ค่าความไม่แน่นอน
1							
2							
3							

ตารางที่ 3.7 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของข้อมูล

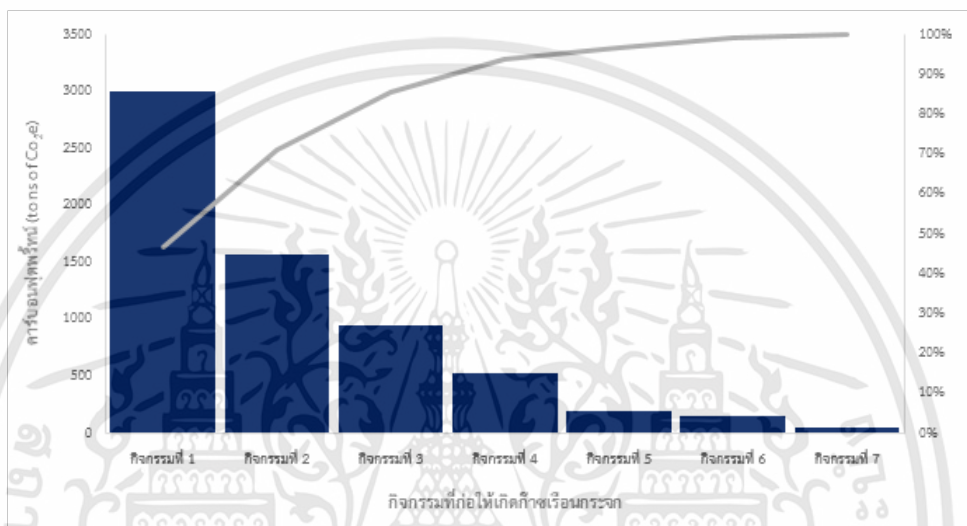
ระดับ	ระดับคะแนน	คำอธิบาย
1	1-6	ความไม่แน่นอนสูง คุณภาพของข้อมูลไม่ดี
2	7-12	ความไม่แน่นอนเล็กน้อย คุณภาพของข้อมูลปานกลาง
3	13-18	ความไม่แน่นอนต่ำ คุณภาพของข้อมูลดี
4	19-24	ความไม่แน่นอนต่ำ คุณภาพของข้อมูลดีเยี่ยม

ที่มา: แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร, 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4 การจัดเรียงลำดับกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการดำเนินงานภายในองค์กร เกิดขึ้นจากหลายกิจกรรม ซึ่งแต่ละกิจกรรมจะมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้นแตกต่างกัน ดังนั้นในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และการจัดทำมาตรการในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก จำเป็นต้องพิจารณากิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเป็นอันดับแรก ซึ่งต้องอาศัยการจัดเรียงลำดับกิจกรรมที่ก่อให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยการใช้แผนผังพาเรโต (Pareto Chart)



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการวิเคราะห์แผนผังพาเรโต (Pareto Chart)

ในส่วนของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เป็นขั้นตอนที่จะสะท้อนให้เห็นถึงแหล่งกำเนิดของก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ รวมทั้งทำให้ทราบปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาจากองค์กร ซึ่งสามารถระบุแหล่งกำเนิดที่มีนัยสำคัญที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดได้ ซึ่งในส่วนถัดไปจะเป็นขั้นตอนของการจัดทำมาตรการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร เพื่อลดปัญหามลพิษที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงานขององค์กร

### 3.3 การจัดทำมาตรการที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก

การจัดทำมาตรการในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กร เป็นขั้นตอนของการจัดทำแผนการปฏิบัติงาน และการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี เพื่อใช้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร ซึ่งจะมีส่วนช่วยในการลดปัญหามลพิษและสิ่งแวดล้อมของประเทศ ทั้งนี้ในการจัดทำมาตรการที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก จะต้องทำการคัดเลือกกิจกรรมที่มีนัยสำคัญที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก แผนกที่จะต้องมีการปรับเปลี่ยนวิธีการดำเนินงาน และเทคโนโลยีที่เป็นไปได้ วิเคราะห์โดยการใช้แผนภาพพาเรโต (Pareto Chart) และการใช้แบบจำลองของค่าคะแนนแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Scoring Model) ร่วมกับการสัมภาษณ์ผู้บริหาร และหัวหน้าส่วนงาน โดยเฉพาะแผนกวิศวกรรมและซ่อมบำรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.8 การคัดเลือกกิจกรรมและส่วนงานเพื่อจัดทำมาตรการในการลดก๊าซเรือนกระจก

กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	ส่วนงานที่เกี่ยวข้อง	ปริมาณการปล่อย GHG (kg-CO <sub>2</sub> -e)	เทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลด GHG

ตารางที่ 3.9 การคัดเลือกเทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลดก๊าซเรือนกระจก

กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	เทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลด GHG	ปัจจัยในการพิจารณา และค่าถ่วงน้ำหนัก				รวมคะแนน
		งบประมาณ (40%)	ระยะเวลา (30%)	ความยาก-ง่าย (20%)	ผลกระทบ (10%)	
1. ระบบปรับอากาศ	1.1 ...					
	1.2 ...					
2. ระบบแสงสว่าง	2.1 ...					
	2.2 ...					
3. ...	3.1 ...					
	3.2 ...					

หลังจากที่สามารถคัดเลือกกิจกรรม แผนก และเทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้แล้วนั้น จะดำเนินการทำมาตรการที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กร โดยเป็นการศึกษาในเชิงของเทคนิค การศึกษาวิธีการดำเนินงานในปัจจุบัน ระบุถึงปัญหาที่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไข กำหนดมาตรการหรือเทคโนโลยีในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก ประมาณการงบประมาณและค่าใช้จ่ายสำหรับการดำเนินงาน แลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะสามารถลดได้จากการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี และมาตรการในการบริหารจัดการขององค์กร

ตารางที่ 3.10 การจัดทำมาตรการในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

มาตรการ/เทคโนโลยี	แผนการดำเนินงาน	ชนิดของทรัพยากรที่ประหยัดได้	ส่วนงานที่เกี่ยวข้อง	งบประมาณในการดำเนินงาน	อายุโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.11 ผลประมาณการลดการใช้ทรัพยากร และการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

มาตรการ	ก่อนการปรับปรุง			หลังการปรับปรุง			ผลที่สามารถลดได้		
	ทรัพยากรที่ใช้ใน 1 ปี (หน่วย/ปี)	ปริมาณ GHG (kg CO <sub>2</sub> e/ปี)	อัตราค่าใช้จ่ายต่อปี (บาท/ปี)	ทรัพยากรที่ใช้ใน 1 ปี (หน่วย/ปี)	ปริมาณ GHG (kg CO <sub>2</sub> e/ปี)	อัตราค่าใช้จ่ายต่อปี (บาท/ปี)	ทรัพยากรที่ใช้ใน 1 ปี (หน่วย/ปี)	ปริมาณ GHG (kg CO <sub>2</sub> e/ปี)	อัตราค่าใช้จ่ายต่อปี (บาท/ปี)

ในส่วนของการจัดทำมาตรการที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร เป็นขั้นตอนที่จะสะท้อนให้เห็นถึงแนวทางการบริหารจัดการ การดำเนินงาน และเทคโนโลยีที่สามารถนำมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับองค์กรได้ โดยในส่วนนี้จะเป็นการศึกษาในเชิงเทคนิคเท่านั้น ในการเลือกนำแนวทางหรือเทคโนโลยีใดมาปรับใช้จริง จำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร่วมด้วย เพื่อให้มาตรการที่ได้จัดทำขึ้นมีประสิทธิภาพมากที่สุด

### 3.4 การสรุปมาตรการสำหรับการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสม

เมื่อได้ดำเนินการจัดทำมาตรการในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกขึ้นมาแล้วนั้น ขั้นตอนต่อไปจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำไปใช้งานจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่งความเป็นไปได้ทางการเงิน ที่จะต้องมีการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยการวิเคราะห์ใน 3 ส่วน ได้แก่ 1) มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (Net Present Value, NPV) 2) ผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return) และ 3) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) โดยอ้างอิงวิธีการคำนวณในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.5 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ตารางที่ 3.12 การจัดทำผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ทรัพยากร	มาตรการ/เทคโนโลยี	การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์		
		NPV	IRR	Payback Period

ในส่วนของการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรแต่ละมาตรการ จะทำให้องค์กรสามารถตัดสินใจเลือกลงทุนหรือเลือกใช้มาตรการที่เหมาะสมทั้งในเชิงของเทคนิคและการเงินได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของธุรกิจโรงแรม โดยใช้โรงแรมขนาดใหญ่แห่งหนึ่งเป็นกรณีศึกษา เพื่อระบุแหล่งที่มาของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่าง ๆ รวมทั้งเพื่อเสนอมาตรการและแนวทางที่เหมาะสมในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงภายในองค์กร ซึ่งผลของการวิจัยสามารถแบ่งได้เป็น 5 ส่วน คือ

- 1) ผลการศึกษาข้อมูลโครงสร้างและกิจกรรมการดำเนินงานของโรงแรมขนาดใหญ่ ในกรณีศึกษา
- 2) ผลการศึกษาและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมขนาดใหญ่ ในกรณีศึกษา
- 3) มาตรการในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา และ
- 4) การสรุปมาตรการสำหรับการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสม ซึ่งรายละเอียดการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนได้แสดงไว้ในหัวข้อ 4.1 ถึง 4.8 ตามลำดับ

#### 4.1 ข้อมูลโครงสร้างและการดำเนินงานของธุรกิจโรงแรมขนาดใหญ่ ในกรณีศึกษา

โรงแรมที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ถือเป็นโรงแรมขนาดใหญ่ ระดับ 5 ดาว ตั้งอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร บนเนื้อที่ 9,076 ตารางเมตร เป็นอาคารสูง 16 ชั้น และชั้นใต้ดิน 1 ชั้น มีพื้นที่การใช้สอยภายในอาคารทั้งหมด 20,269 ตารางเมตร (ไม่รวมพื้นที่ลาดจอดรถด้านข้าง และบริเวณพื้นที่สีเขียวรอบโรงแรม) โดยมีรายละเอียดของพื้นที่การใช้งานแต่ละชั้น ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดพื้นที่การใช้งานภายในโรงแรม ในกรณีศึกษา

ชั้นที่	รายละเอียดของพื้นที่	ขนาดพื้นที่ (m <sup>2</sup> )
ชั้นใต้ดิน	สำนักงาน ห้องพักรับรอง ห้องอาหารพนักงาน ห้องเก็บของ ห้องน้ำ พื้นที่ลิฟต์ บันไดหนีไฟ	2,018
ชั้น 1	สำนักงาน โถงกลาง ครีวและห้องอาหาร ห้องน้ำ พื้นที่ลิฟต์ บันไดหนีไฟ	1,853
ชั้น 2	ห้องปฏิบัติการสาสนกิจ ครีวและห้องอาหาร ห้องน้ำ พื้นที่ลิฟต์ บันไดหนีไฟ	951
ชั้น 3	ห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมสัมมนา ห้องเก็บของ ห้องน้ำ พื้นที่ลิฟต์ บันไดหนีไฟ	2,061
ชั้น 4	ห้องประชุมสัมมนา ห้องออกกำลังกาย ครีวและห้องอาหาร ห้องน้ำ พื้นที่ลิฟต์ บันไดหนีไฟ	1,279

ตารางที่ 4.1 รายละเอียดพื้นที่การใช้งานภายในโรงแรม ในกรณีศึกษา (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นที่	รายละเอียดของพื้นที่	ขนาดพื้นที่ (m <sup>2</sup> )
ชั้น 5 - 15	ห้องพัก พื้นที่ทางเดิน พื้นที่ลิฟต์ บันไดหนีไฟ	11,093
ชั้น 16	พื้นที่จัดเลี้ยงกลางแจ้ง สระว่ายน้ำ ห้องน้ำ พื้นที่ลิฟต์ บันไดหนีไฟ พื้นที่เครื่องจักรและอุปกรณ์ในการทำงานของระบบต่าง ๆ ที่ใช้ในโรงแรม	1,014
<b>รวมพื้นที่การใช้งานทั้งหมด</b>		<b>20,269</b>

โรงแรมจำนวนห้องพักทั้งหมด 242 ห้อง (มีพื้นที่รวม 11,093 m<sup>2</sup>) แบ่งเป็น 3รูปแบบ ได้แก่ 1) ห้องแบบซูพีเรีย จำนวน 182 ห้อง ประกอบด้วย ห้องเตียงคิงไซส์ 67 ห้อง เตียงคู่ 112 ห้องและห้องคนพิการ 3 ห้อง 2) ห้องแบบดีลักซ์ จำนวน 56 ห้อง ประกอบด้วย ห้องเตียงคิงไซส์ 28 ห้อง และเตียงคู่ 28 ห้อง และ 3) ห้องสวีท จำนวน 4 ห้อง โดยในปี พ.ศ. 2560 มีจำนวนการเข้าพัก (Room Night Sold) รวมทั้งหมด 80,253 ห้อง โดยมีรายละเอียดของอัตราการเข้าพักในแต่ละเดือนแสดงดังตารางที่ 4.2

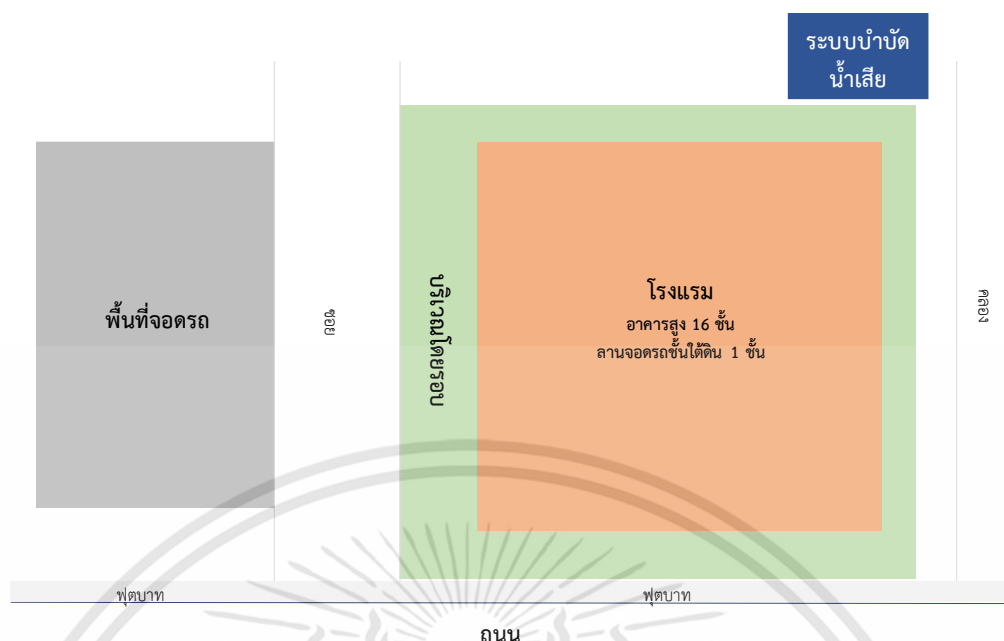
**ตารางที่ 4.2** อัตราการเข้าพักของโรงแรม ในกรณีศึกษา ปี พ.ศ. 2560

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
จำนวน (ห้อง)	6,282	6,387	7,083	6,436	6,783	6,306

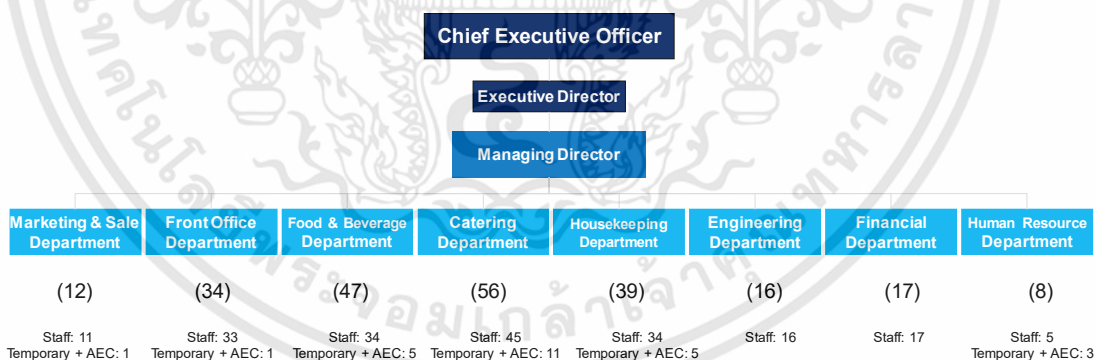
เดือน	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
จำนวน (ห้อง)	7,175	7,224	6,318	6,301	6,821	7,137	80,253

นอกจากนี้ภายในโรงแรมมีสิ่งอำนวยความสะดวกไว้บริการแขกผู้เข้าพัก ได้แก่ ห้องอาหารจำนวน 3 ห้อง ห้องประชุมสัมมนาและห้องจัดเลี้ยงขนาด 30 – 1,200 คน จำนวน 6 ห้อง (มีพื้นที่รวม 3,340 m<sup>2</sup>) ห้องปฏิบัติการ ห้องออกกำลังกาย และสระว่ายน้ำ แผนผังที่ตั้งของโรงแรมแสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนผังของโรงแรมในกรณีศึกษา

การกำหนดโครงสร้างขององค์กร เพื่อดำเนินงานภายในโรงแรม แบ่งออกเป็น 8 ส่วนงาน ได้แก่ 1) แผนกการตลาดและประชาสัมพันธ์ 2) แผนกต้อนรับ 3) แผนกห้องอาหาร 4) แผนกจัดเลี้ยง 5) แผนกแม่บ้าน 6) แผนกวิศวกรรมและการซ่อมบำรุง 7) แผนกการเงินและการบัญชี และ 8) แผนกทรัพยากรบุคคล รวมมีพนักงานประจำทั้งหมด 229 คน การจัดโครงสร้างองค์กรแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 โครงสร้างและจำนวนของบุคลากรในโรงแรม

1. แผนกการตลาดและประชาสัมพันธ์ (Marketing and Sale Department) มีบทบาทหน้าที่ในการดูแลทางด้านของการตลาดและการขายเพื่อหารายได้ให้แก่โรงแรม โดยรับผิดชอบในส่วนของการกำหนดและขับเคลื่อนกลยุทธ์การตลาดให้บรรลุวัตถุประสงค์และเป้าหมาย รวมทั้งการดูแลและรักษาลูกค้าของโรงแรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แผนกต้อนรับ (Front Office Department) มีบทบาทหน้าที่ความรับผิดชอบเกี่ยวกับการจัดการกับแขกผู้เข้ามาพักในโรงแรมโดยตรง นับตั้งแต่การต้อนรับ การรับจองห้องพัก การเตรียมห้องพักสำหรับแขกผู้จะมาพัก รวมตลอดถึงการให้การต้อนรับและการจัดบริการต่าง ๆ ให้กับแขกระหว่างที่มาพักอยู่ในโรงแรม เช่น การบริการด้านข้อมูลข่าวสาร การอำนวยความสะดวกในการติดต่อสื่อสารกับฝ่ายต่าง ๆ ทั้งในและนอกโรงแรมจวบจนกระทั่งลูกค้าได้ออกจากโรงแรม
3. แผนกห้องอาหาร (Food and Beverage Department) รับผิดชอบดูแลด้านให้บริการอาหารและเครื่องดื่ม ทั้งการการจัดเตรียม ประกอบอาหารและเครื่องดื่มเพื่อบริการลูกค้าที่มาใช้บริการ รวมถึงดูแลในส่วนของการให้บริการอาหารและเครื่องดื่มแก่ลูกค้าตามจุดต่าง ๆ
4. แผนกจัดเลี้ยง (Catering Department) รับผิดชอบในการจัดเลี้ยงอาหารทั้งที่จัดภายในโรงแรมหรือเป็นการจัดเลี้ยงนอกสถานที่ การจัดเลี้ยงอาหารนั้นมีการจัดเลี้ยงด้วยกันเนื่องในโอกาสต่าง ๆ กันไป เช่น งานเลี้ยงแต่งงาน งานเลี้ยงวันเกิด งานแสดงความยินดีในโอกาสพิเศษต่าง ๆ
5. แผนกแม่บ้าน (Housekeeping Department) รับผิดชอบดูแลด้านการจัดเตรียมห้องพัก ทำความสะอาดห้องพักแขก รวมไปถึงความสะอาดและความเรียบร้อยของโรงแรมในบริเวณต่าง ๆ
6. แผนกวิศวกรรมและการซ่อมบำรุง (Engineering Department) ดูแลงานด้านวิศวกรรมของระบบต่าง ๆ ภายในโรงแรม รวมถึงการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา
7. แผนกการเงินและการบัญชี (Financial Department) มีบทบาทในด้านการเงิน การบัญชีของโรงแรม โดยแบ่งเป็น 4 ส่วนหลัก ดังนี้
  - การเงิน (Financial) ดูแลด้านการเงินของโรงแรม ควบคุมการรับ-จ่ายเงิน ของโรงแรม
  - บัญชี (Accounting) ดูแลเรื่องบัญชี จัดทำรายงานให้ผู้บริหารและผู้ที่เกี่ยวข้องได้รับทราบ
  - จัดหา/จัดซื้อจัดจ้าง (Procurement) ดูแลเรื่องการจัดหาปัจจัยการให้บริการต่าง ๆ
  - คลัง (Inventory) ดูแลเรื่องคลังสินค้าวัตถุดิบที่เป็นปัจจัยในการผลิต การให้บริการลูกค้า และการดำเนินงานของโรงแรมที่เป็นส่วนกลาง
8. แผนกทรัพยากรบุคคล (Human Resource Department) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการบริหารงานบุคคล การสรรหาบุคลากร การจัดจ้างบุคลากร การพัฒนาบุคลากร การเลื่อนขั้น การจัดสวัสดิการ การจ่ายเงินชดเชย หรือบำเหน็จบำนาญ ปรับเปลี่ยนโครงสร้าง และระบบการบริหารงานบุคคลในองค์กรให้สอดคล้องกัน ปรับเปลี่ยนระบบการบริหารงานขององค์กรเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย

ทั้งนี้ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตขององค์กรในการรวบรวมแหล่งปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจก แบบควบคุมการดำเนินงานขององค์กร (Operational Control) โดยการประเมินและรวบรวมข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นการให้บริการและการดำเนินงานที่เกิดขึ้นภายในโรงแรม ซึ่งอยู่ภายใต้อำนาจการควบคุมการดำเนินงานขององค์กรเท่านั้น และจากการสัมภาษณ์ผู้บริหารและจัดเก็บรวบรวมข้อมูลการดำเนินงานของแต่ละฝ่ายภายในโรงแรม สามารถระบุกิจกรรมการดำเนินงานได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 กิจกรรมการดำเนินงานภายในโรงแรม ในกรณีศึกษา ของแต่ละแผนก

แผนก	บทบาทหน้าที่	กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	ทรัพยากรที่ใช้
1. แผนกการตลาดและ ประชาสัมพันธ์ (Marketing and Sale)	ดูแลด้านการตลาด และการขายเพื่อหา รายได้ให้แก่โรงแรม	การจัดพิมพ์เอกสารต่าง ๆ เพื่อ ประกอบการดำเนินงาน	• กระดาษ • หมึกพิมพ์
		การใช้น้ำมันพาทนะ	• น้ำมันเชื้อเพลิง
		การใช้งานคอมพิวเตอร์ และ อุปกรณ์ไฟฟ้า	• ไฟฟ้า
		การใช้งานเครื่องปรับอากาศ	• ไฟฟ้า
		การใช้น้ำประปา	• น้ำประปา
2. แผนกต้อนรับ (Front Office)	ดูแลด้านให้บริการ ห้องพัก การ ประสานงานกับ แผนกต่าง ๆ ให้แก่ ผู้มาใช้บริการ	การจัดพิมพ์เอกสารต่าง ๆ เพื่อ ประกอบการดำเนินงาน	• กระดาษ • หมึกพิมพ์
		การใช้งานคอมพิวเตอร์ และ อุปกรณ์ไฟฟ้า	• ไฟฟ้า
		การใช้งานเครื่องปรับอากาศ	• ไฟฟ้า
		การใช้น้ำประปา	• น้ำประปา
		การใช้งานคอมพิวเตอร์ และ อุปกรณ์ไฟฟ้า	• ไฟฟ้า
3. แผนกห้องอาหาร (Food and Beverage)	ดูแลด้านการ ให้บริการอาหาร และเครื่องดื่มแก่ผู้ มาใช้บริการ	การจัดเตรียมและปรุงอาหาร	• ก๊าซหุงต้ม • ขยะอินทรีย์
		การใช้ภาชนะพลาสติก	• พลาสติก
		การจัดพิมพ์เอกสารต่าง ๆ เพื่อ ประกอบการดำเนินงาน	• กระดาษ • หมึกพิมพ์
		การใช้งานคอมพิวเตอร์ และ อุปกรณ์ไฟฟ้า	• ไฟฟ้า
		การใช้งานเครื่องปรับอากาศ	• ไฟฟ้า
		การใช้น้ำประปา	• น้ำประปา
4. แผนกจัดเลี้ยง (Catering)	ดูแลในด้านการจัด เลี้ยง และกิจกรรม พิเศษต่าง ๆ ที่จัด ขึ้นภายในและ ภายนอกโรงแรม	การใช้ภาชนะพลาสติก	• พลาสติก
		การใช้น้ำมันพาทนะ	• น้ำมันเชื้อเพลิง
		การจัดพิมพ์เอกสารต่าง ๆ เพื่อ ประกอบการดำเนินงาน	• กระดาษ • หมึกพิมพ์
		การใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า	• ไฟฟ้า
		การใช้น้ำประปา	• น้ำประปา
5. แผนกแม่บ้าน (Housekeeper)	ดูแลด้านการ จัดเตรียมห้องพัก ทำความสะอาด ห้องพักแขก และ ความเรียบร้อยของ โรงแรม	การทำความสะอาดห้องพัก และบริเวณโดยรอบโรงแรม	• น้ำยาทำความสะอาด
		การซักผ้า	• ผงซักฟอก
		การใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า	• ไฟฟ้า
		การใช้น้ำประปา	• น้ำประปา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 กิจกรรมการดำเนินงานภายในโรงแรม ในกรณีศึกษา ของแต่ละแผนก (ต่อ)

แผนก	บทบาทหน้าที่	กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	ทรัพยากรที่ใช้
6. แผนกวิศวกรรมและ การซ่อมบำรุง (Engineering)	ดูแลงานด้าน วิศวกรรม บำรุงรักษาอาคาร และสถานที่	การบำรุงรักษา เครื่องปรับอากาศ	• สารทำความ เย็น
		การใช้งานเครื่องปั่นไฟสำรอง	• น้ำมันเชื้อเพลิง
		การจัดการน้ำเสีย	• น้ำเสีย
		การจัดพิมพ์เอกสารต่าง ๆ เพื่อ ประกอบการดำเนินงาน	• กระดาษ • หมึกพิมพ์
		การใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้า	• ไฟฟ้า
		การใช้น้ำประปา	• น้ำประปา
7. แผนกการเงินและ การบัญชี (Financial)	ด้านการเงิน การ บัญชีการจัดซื้อ และคลังของ โรงแรม	การจัดพิมพ์เอกสารต่าง ๆ เพื่อ ประกอบการดำเนินงาน	• กระดาษ • หมึกพิมพ์
		การใช้งานคอมพิวเตอร์ และ อุปกรณ์ไฟฟ้า	• ไฟฟ้า
		การใช้งานเครื่องปรับอากาศ	• ไฟฟ้า
		การใช้น้ำประปา	• น้ำประปา
		การจัดการขยะและของเสีย	• ขยะกระดาษ • ขยะอินทรีย์ • ขยะพลาสติก
8. แผนกทรัพยากร บุคคล (Human Resource)	ดูแลด้านการ บริหารจัดการ ทรัพยากรบุคคล ขององค์กร	การจัดพิมพ์เอกสารต่าง ๆ เพื่อ ประกอบการดำเนินงาน	• กระดาษ • หมึกพิมพ์
		การใช้งานคอมพิวเตอร์ และ อุปกรณ์ไฟฟ้า	• ไฟฟ้า
		การใช้งานเครื่องปรับอากาศ	• ไฟฟ้า
		การใช้น้ำประปา	• น้ำประปา

หมายเหตุ: GHG หมายถึง ก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas)

การเก็บรวบรวมข้อมูลการดำเนินงานของแต่ละแผนก จะทำให้ทราบถึงกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในโรงแรม ทั้งกิจกรรมบางอย่างจะก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง เช่น การใช้น้ำมันของโรงแรมที่มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง การปรุงอาหารที่จำเป็นต้องใช้ก๊าซหุงต้ม และการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศที่มีการใช้สารทำความเย็น เป็นต้น แต่กิจกรรมบางอย่างก็ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม เช่น การใช้คอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ การใช้แสงสว่างจากหลอดไฟ และการจัดการขยะด้วยวิธีการต่าง ๆ เป็นต้น การดำเนินงานที่กล่าวมาแล้วจะถูกนำมาใช้ในการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา

การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของประเทศไทย (2559) แบ่งประเภทของก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง (Direct GHG Emission) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นโดยตรงจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในองค์กร 2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (Electricity Indirect GHG Emission) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า หรือความร้อนที่ถูกนำเข้ามาจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในโรงแรม และ 3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (Other Indirect GHG Emission) เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่าง ๆ นอกเหนือจากที่ระบุในประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 จากการเก็บรวบรวมข้อมูล สามารถแสดงบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมได้ ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา

ประเภทก๊าซเรือนกระจก	ทรัพยากรที่ใช้	กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	แหล่งปล่อย GHG	ส่วนงานที่เกี่ยวข้อง
1. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง	น้ำมันเชื้อเพลิง	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การใช้ยานพาหนะ</li> <li>• ใช้งานเครื่องปั้นไฟสำรอง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ยานพาหนะ</li> <li>• เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง</li> </ul>	ทุกส่วนงาน
	สารทำความเย็น	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• เครื่องปรับอากาศ</li> </ul>	แผนกวิศวกรรมและการซ่อมบำรุง
	น้ำยาทำความสะอาดและผงซักฟอก	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การทำความสะอาดห้องพัก และบริเวณโดยรอบโรงแรม</li> <li>• การซักผ้า</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การทำความสะอาด</li> <li>• การซักผ้า</li> </ul>	แผนกแม่บ้าน
	น้ำเสีย	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การจัดการน้ำเสีย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• บ่อบำบัดน้ำเสีย</li> </ul>	แผนกวิศวกรรมและการซ่อมบำรุง
	ก๊าซหุงต้ม	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การปรุงอาหาร</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ห้องอาหาร</li> </ul>	แผนกห้องอาหาร
2. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม	ไฟฟ้า	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ใช้งานคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์ไฟฟ้า</li> <li>• การใช้หลอดไฟเพื่อให้ความสว่าง</li> <li>• ใช้งานเครื่องปรับอากาศ</li> <li>• การใช้ลิฟต์</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• อาคารโรงแรมและสำนักงาน</li> </ul>	ทุกส่วนงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 บัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา (ต่อ)

ประเภทก๊าซเรือนกระจก	ทรัพยากรที่ใช้	กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	แหล่งปล่อย GHG	ส่วนงานที่เกี่ยวข้อง
3. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ	น้ำประปา	<ul style="list-style-type: none"> <li>การใช้น้ำประปา</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>อาคารโรงแรมและสำนักงาน</li> </ul>	ทุกส่วนงาน
	กระดาษ	<ul style="list-style-type: none"> <li>การจัดพิมพ์เอกสารต่าง ๆ เพื่อประกอบการดำเนินงาน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>สำนักงาน</li> </ul>	ทุกส่วนงาน
	หมึกพิมพ์	<ul style="list-style-type: none"> <li>การจัดพิมพ์เอกสารต่าง ๆ เพื่อประกอบการดำเนินงาน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>สำนักงาน</li> </ul>	ทุกส่วนงาน
	ขยะพลาสติก	<ul style="list-style-type: none"> <li>การใช้ภาชนะพลาสติก</li> <li>การจัดการขยะและของเสีย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>งานจัดเลี้ยงห้องอาหาร</li> </ul>	แผนกห้องอาหาร, แผนกจัดเลี้ยง, แผนกการเงินและการบัญชี
	ขยะกระดาษ	<ul style="list-style-type: none"> <li>การจัดการขยะและของเสีย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>สำนักงาน</li> </ul>	ทุกส่วนงาน
	ขยะอินทรีย์	<ul style="list-style-type: none"> <li>การจัดการขยะและของเสีย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ห้องอาหาร</li> </ul>	แผนกห้องอาหาร, แผนกการเงินและการบัญชี

จากการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมที่ดำเนินการตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Joseph H.K. Lai and et. al (2012) [26] ที่ทำการเปรียบเทียบการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มธุรกิจโรงแรม ในประเทศออสเตรเลีย สหราชอาณาจักร และฮ่องกง แต่อาจมีรายละเอียดบางส่วนในการจัดประเภทแหล่งกำเนิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกัน เช่น การบำบัดน้ำเสียในประเทศออสเตรเลียจะถูกจัดอยู่ในขอบเขตที่ 1 แต่ในกรณีของฮ่องกงจะถูกจัดอยู่ในขอบเขตที่ 3 ทั้งนี้หลังจากจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกจะถูกนำมาใช้สำหรับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา

เมื่อจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมเรียบร้อยแล้ว จะสามารถคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ ทั้งนี้ในการประเมินครั้งนี้จะไม่ครอบคลุมถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำยาทำความสะอาดและการใช้ผงซักฟอก เนื่องจากการซักผ้า เช่น เสื้อผ้าพนักงาน ผ้าปูเตียง ปลอกหมอน ผ้าเช็ดตัว และอื่น ๆ เป็นการจ้างเหมาบริษัทภายนอกให้ดำเนินการ ดังนั้น ข้อมูลในส่วนของการใช้ผงซักฟอกนี้จึงไม่มีการจัดเก็บ รวมทั้งไม่มีการจัดเก็บข้อมูลปริมาณการใช้น้ำยาทำความสะอาดที่ชัดเจน

#### 4.3.1 การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรม ในกรณีศึกษา

ในการงานวิจัยครั้งนี้ จะดำเนินการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ โดยการใช้ข้อมูลกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในโรงแรม ซึ่งได้มาจากการข้อมูลทุติยภูมิที่ทางโรงแรมได้มีการจัดทำไว้เป็นรายปี คุณค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor, EF) แสดงผลในรูปของตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO<sub>2</sub> equivalent) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

---

**ตัวอย่าง** ในปี พ.ศ. 2560 โรงแรมมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 5,035,173 kWh โดยพลังงานไฟฟ้ามีค่าแฟกเตอร์การปล่อยกลับก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor, EF) เท่ากับ 0.6093 kg CO<sub>2</sub>-e/kWh ดังนั้นสามารถคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้ ดังนี้

ปริมาณก๊าซเรือนกระจก	=	5,035,175 x 0.6093
	=	3,067,932.13 kg CO <sub>2</sub> -e
	=	3,067.93 ton CO <sub>2</sub> -e

---

จากการประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรม ในปี พ.ศ. 2560 พบว่า การดำเนินกิจกรรมภายในโรงแรมมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวนสูงถึง 3,592.40 ton CO<sub>2</sub>-e ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.5 สามารถจำแนกตามประเภทได้เป็น

- **ประเภทที่ 1** กิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง เกิดขึ้นจากการบำบัดน้ำเสีย 227.03 ton CO<sub>2</sub>-e มากที่สุด รองลงมาคือ การรื้อไหลจากสารทำความเย็น 171.60 ton CO<sub>2</sub>-e นอกจากนี้ยังเกิดจากการใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG) ที่ถูกใช้ในห้องอาหาร 53.59 ton CO<sub>2</sub>-e และการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล) ที่ถูกใช้ในยานพาหนะและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง 6.85 ton CO<sub>2</sub>-e รวมประเภทที่ 1 เท่ากับ 459.07 ton CO<sub>2</sub>-e หรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 12.78 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด
- **ประเภทที่ 2** กิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงแรมที่ซื้อจากการไฟฟ้า มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงถึง 3,067.93 ton CO<sub>2</sub>-e หรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 85.40 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● ประเภทที่ 3 กิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ นอกเหนือจาก 2 ประเภทแรก ซึ่งเกิดจากการใช้น้ำประปาของโรงแรม การใช้กระดาษและหมึกพิมพ์ การฝังกลบขยะกระดาษและขยะอินทรีย์ ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 78.17 ton CO<sub>2</sub>-e นอกจากนี้มีการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ที่เกิดจากการรีไซเคิลขยะพลาสติก มีจำนวน -12.77 ton CO<sub>2</sub>-e ทำให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเภทที่ 3 รวมจำนวน 65.41 ton CO<sub>2</sub>-e หรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 1.82 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

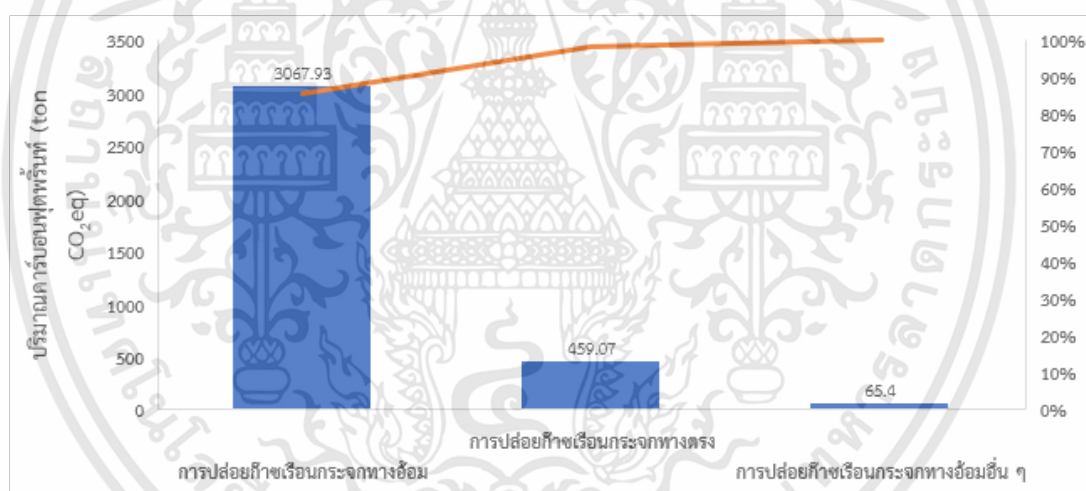
**ตารางที่ 4.5** ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา ปี พ.ศ. 2560

ประเภท	กิจกรรม/ทรัพยากร	หน่วย	ปริมาณที่ใช้	ค่า EF (kg CO <sub>2</sub> e/Unit)	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (ton CO <sub>2</sub> -e)
1. การปล่อย GHG โดยตรง	1.1 การเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล)	Liter	2,496	2.74	6.85
	1.2 สารทำความเย็นในการปรับอากาศ (R134a)	kg	120	1,430	171.60
	1.3 การบำบัดน้ำเสีย	Kg COD	45,406	5	227.03
	1.4 การใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG)	kg	17,232	3.11	53.59
	<b>รวมประเภทที่ 1</b>				
2. การปล่อย GHG ทางอ้อม	2.1 ไฟฟ้า	kWh	5,035,173	0.6093	3,067.93
	<b>รวมประเภทที่ 2</b>				
3. การปล่อย GHG ทางอ้อมอื่น ๆ	3.1 การใช้น้ำประปา	m <sup>3</sup>	57,855	0.5081	29.39
	3.2 การใช้กระดาษ	kg	3,000	1.15	3.45
	3.3 การใช้หมึกพิมพ์	kg	13	2.50	0.03
	3.4 การรีไซเคิลขยะพลาสติก	kg	4,200	-3.04	-12.77
	3.5 การฝังกลบขยะอินทรีย์	kg	5,400	2.53	13.66
	3.6 การฝังกลบขยะกระดาษ	kg	10,800	2.93	31.64
	<b>รวมประเภทที่ 3</b>				
<b>รวมการปล่อย GHG ทั้งหมด</b>					<b>3,592.40</b>

ที่มา: ข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากร จากรายงานสรุปผลการดำเนินการของโรงแรม ในกรณีศึกษา ปี พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดำเนินกิจกรรมภายในโรงแรมมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวนสูงถึง 3,592.40 ton CO<sub>2</sub>-e โดยสามารถจำแนกกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละประเภทออกเป็น 1) คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (ประเภทที่ 1) มีค่า 459.07 ton CO<sub>2</sub>-e (12.78%) 2) กิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (ประเภทที่ 2) จะมีปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 3,067.93 ton CO<sub>2</sub>-e (85.40%) และ 3) กิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่น ๆ (ประเภทที่ 3) มีค่าน้อยที่สุดเพียง 65.41 ton CO<sub>2</sub>-e (1.82%) ดังรูปที่ 4.3 ซึ่งผลการประเมินนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของพงษ์ชัย พงษ์สวัสดิ์ (2557) [21] ที่ได้ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ โรงแรมขนาดกลางและขนาดเล็กในประเทศไทย ที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยทางอ้อมจากการใช้ ไฟฟ้า (ประเภทที่ 2) มีค่าสูงที่สุดคิดเป็นสัดส่วนมากกว่า 80 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งหมด รองลงมาคือการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (ประเภทที่ 1) คิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 10 – 15 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทางอ้อม อื่น ๆ (ประเภทที่ 3) มีค่าน้อยที่สุด โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 1 – 2 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือน กระจกทั้งหมด



รูปที่ 4.3 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม จำแนกตามประเภท

#### 4.3.2 การคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เปรียบเทียบกับหน่วยมาตรฐานต่าง ๆ

ผลการคำนวณค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์องค์กรของโรงแรมขนาดใหญ่ ในกรณีศึกษา มีค่าเท่ากับ 3,592.40 ton CO<sub>2</sub>-e ซึ่งสามารถนำมาคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเปรียบเทียบกับหน่วย มาตรฐานต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย พื้นที่โดยรวมของโรงแรม (m<sup>2</sup>) จำนวนห้องพัก (room) การใช้งาน ห้องพัก (room night sold) การใช้งานห้องประชุม (Area of Meeting Space on an Hourly basis) และจำนวนผู้เข้าพัก (person) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### (1) เปรียบเทียบกับพื้นที่โดยรวม (kg CO<sub>2</sub>-e / m<sup>2</sup>-year)

โรงแรมเป็นโรงแรมขนาดใหญ่ มีพื้นที่การใช้สอยทั้งหมด 20,269 ตารางเมตร เป็นอาคารสูง 16 ชั้น และชั้นใต้ดิน 1 ชั้น ดังนั้นสามารถคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเปรียบเทียบกับพื้นที่ได้เท่ากับ 177.24 kg CO<sub>2</sub>-e / m<sup>2</sup>-year

### (2) เปรียบเทียบกับจำนวนห้องพัก (kg CO<sub>2</sub>-e / room-year)

โรงแรมเป็นโรงแรมขนาดใหญ่ มีจำนวนห้องพักทั้งหมด 242 ห้อง ในชั้นที่ 5 -15 ดังนั้นสามารถคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเปรียบเทียบกับจำนวนห้องพักได้เท่ากับ 14,844.63 kg CO<sub>2</sub>-e / room-year

### (3) เปรียบเทียบกับการใช้งานส่วนต่าง ๆ ของโรงแรม

ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ เปรียบเทียบกับการใช้งานห้องพัก (kg CO<sub>2</sub>-e / room night sold - year) และเปรียบเทียบกับการใช้งานห้องประชุม (kg CO<sub>2</sub>-e / area meeting space - year)

โดยในการประเมินเปรียบเทียบกับการใช้งานห้องพักและห้องประชุมนี้ ใช้วิธีการคำนวณอ้างอิงจาก คู่มือการประเมินคาร์บอนของโรงแรมที่ชื่อว่า “Hotel Carbon Measurement Initiative (HCMI) v.1.1” [31] ซึ่งจัดทำโดย The International Tourism Partnership (ITP) และ the World Travel & Tourism Council (WTTC) (2012) ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 โดยเป็นการกำหนดมาตรฐานในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์สำหรับขอบข่ายของการเข้าพักภายในโรงแรม เพื่อเป็นแนวทางในการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการโรงแรม โดยเป็นการเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เปรียบเทียบกับอัตราการเข้าพัก (Room Night Sold) และปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์เปรียบเทียบกับการใช้งานห้องประชุม

**การคำนวณ** โรงแรมมีห้องพักทั้งหมด 242 ห้อง คิดเป็นพื้นที่ 11,093 m<sup>2</sup> ในปี พ.ศ. 2560

มีจำนวนการเข้าพักรวม (Room Night Sold) 80,253 ห้อง และห้องประชุมสัมมนา

และจัดเลี้ยง 6 ห้อง คิดเป็นพื้นที่ 3,340 m<sup>2</sup> มีการจัดงานประชุมสัมมนาโดยเฉลี่ย

15 ชั่วโมงต่อวัน และปี พ.ศ. 2560 มีการปล่อย GHG 3,592.40 ton CO<sub>2</sub>-e

$$\text{สัดส่วนของห้องพัก} = 11,093 / (11,093 + 3,340) = 77\%$$

$$\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากห้องพัก} = \text{GHG ทั้งหมด} \times \text{สัดส่วนของพื้นที่ห้องพัก}$$

$$= 3,592.40 \times 77\% = 2,766.15 \text{ ton CO}_2\text{-e}$$

$$\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจกเทียบกับการเข้าพัก} = \text{GHG จากห้องพักทั้งหมด} \div \text{อัตราการเข้าพัก}$$

$$= 2,766.15 \text{ ton CO}_2\text{-e} \times 1,000 \text{ kg/ton}$$

$$80,253 \text{ Room Night Sold}$$

$$= 34.47 \text{ kg CO}_2\text{-e / Room Night Sold on a daily basis}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{สัดส่วนของห้องประชุม} = 3,340 / (11,093 + 3,340) = 23\%$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากห้องประชุม} &= \text{GHG ทั้งหมด} \times \text{สัดส่วนของพื้นที่ห้องประชุม} \\ &= 3,592.40 \times 23\% = 826.25 \text{ ton CO}_2\text{-e} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจกเทียบกับห้องประชุม} &= \text{GHG จากห้องประชุมทั้งหมด} \div \frac{\text{ชั่วโมงใช้งาน}}{365 \text{ Days} \times 15 \text{ hours}} \\ &= \frac{826.25 \text{ ton CO}_2\text{-e} \times 1,000 \text{ kg/ton}}{365 \text{ Days} \times 15 \text{ hours}} \\ &= 150.91 \text{ kg CO}_2\text{-e / Area of Meeting Space on an Hourly basis} \end{aligned}$$

#### (4) เปรียบเทียบกับจำนวนผู้เข้าพัก (kg CO<sub>2</sub>-e / person - year)

ในปี พ.ศ. 2560 มีอัตราการเข้าพักทั้งหมด 80,253 ห้อง จะมีจำนวนผู้เข้าพักโดยประมาณ อยู่ที่ 160,506 คน เนื่องจากห้องพักของโรงแรมส่วนใหญ่จะสามารถพักได้ห้องละ 2 คน ดังนั้นสามารถคำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเปรียบเทียบกับจำนวนผู้เข้าพักได้เท่ากับ 22.38 kg CO<sub>2</sub>-e / person-year

โดยสามารถสรุปค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเปรียบเทียบกับหน่วยมาตรฐานต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย พื้นที่โดยรวมของโรงแรม (m<sup>2</sup>) จำนวนห้องพัก (room) การใช้งานห้องพัก (room night sold) การใช้งานห้องประชุม (Area of Meeting Space on an Hourly basis) และจำนวนผู้เข้าพัก (person) ได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเปรียบเทียบกับหน่วยมาตรฐาน

รายการ	หน่วย (Unit)	ปริมาณ	ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kg CO <sub>2</sub> -e / Unit)
พื้นที่โดยรวม	m <sup>2</sup>	20,269	177.24
จำนวนห้องพัก	room	242	14.84 × 10 <sup>3</sup>
อัตราการเข้าพัก	room night sold	80,253	34.47
การใช้งานห้องประชุม	m <sup>2</sup> of meeting space	3,340	150.91
จำนวนผู้เข้าพัก	person	160,506	22.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมในปี พ.ศ. 2560 ที่มีปริมาณ 3,592.40 ton CO<sub>2</sub>-e เปรียบเทียบกับหน่วยมาตรฐานต่าง ๆ จะพบว่า คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมขนาดใหญ่ ในกรณีศึกษาขึ้นอยู่กับเกณฑ์ค่อนข้างสูง โดยเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Kuo-Tsang Huang and et. al (2015) ที่ได้วิเคราะห์ถึงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมระดับ 5 ดาว จำนวน 58 แห่ง ในไต้หวัน ซึ่งจะมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เฉลี่ยอยู่ที่ 132 kg CO<sub>2</sub>-e / m<sup>2</sup>-year หรือ 12.1 ton CO<sub>2</sub>-e / room-year เท่านั้น และหากพิจารณาที่อัตราการเข้าพักเปรียบเทียบกับการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมขนาดใหญ่ใกล้เคียงกันที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล และมีสาขาอยู่ในหลายประเทศ ก็พบว่า โรงแรมขนาดใหญ่ ที่ใช้เป็นกรณีศึกษาครั้งนี้ก็อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูงเช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมต่าง ๆ

โรงแรม	ก๊าซเรือนกระจก (kg CO <sub>2</sub> -e per room night sold)	ปี พ.ศ.
Hotel in Case Study	34.47	2560
IHG InterContinental Hotels [34]	26.61	2561
Marriott International [35]	26.17	2560
NH Hotels [36]	30.20	2560

จากข้อมูลในตารางแสดงให้เห็นว่า โรงแรมที่นำมาใช้เป็นกรณีศึกษา มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงกว่าโรงแรมอื่น ๆ ถึงแม้ว่าจะมีขนาดใกล้เคียงกันก็ตาม โดยโรงแรมขนาดใหญ่ที่มีการเผยแพร่รายงานข้อมูลเกี่ยวกับการดำเนินงานที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ส่วนมากจะค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ประมาณ 30 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อจำนวนการเข้าพักต่อปี ทั้งนี้อันเนื่องมาจากการวางแผนบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมและการใช้พลังงานของโรงแรมในกรณีศึกษายังมีประสิทธิภาพน้อยกว่าโรงแรมอื่น ๆ ที่มีอยู่หลายสาขากระจายอยู่ทั่วโลก เป็นผลให้โรงแรมในกรณีศึกษานี้มีการใช้พลังงานที่สูงกว่า รวมทั้งในแง่ของการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมยังไม่มีประสิทธิภาพมากนัก จำเป็นที่จะต้องมีการจัดทำมาตรการและแผนการดำเนินงานต่าง ๆ เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อไปในอนาคต เช่นเดียวกับโรงแรมในประเทศอินเดีย กลุ่ม Taj Hotels, Resorts and Palaces [37] ที่ถึงแม้ว่าในปี พ.ศ. 2560 จะมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 38.63 kg CO<sub>2</sub>-e per room night sold แต่ก็มีมาตรการในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงถึงร้อยละ 5 ต่อปี ซึ่งดำเนินการมาอย่างต่อเนื่อง และมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงในทุก ๆ ปี

#### 4.4 การประเมินค่าความไม่แน่นอนของข้อมูล

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ด้วยวิธีการนำข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากรในการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ คูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (EF) นั้น จำเป็นที่จะต้องมีการประเมินความไม่แน่นอน (Uncertainty) ที่เกิดขึ้น เพื่อแสดงระดับคุณภาพของข้อมูลการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกที่เก็บรวบรวมได้ เนื่องจากวิธีการเก็บข้อมูล และค่าแฟกเตอร์ที่นำมาใช้ต่างเป็นปัจจัยที่ทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สามารถประเมินได้มีความผิดพลาดเกิดขึ้น การประเมินความไม่แน่นอนจะนำไปสู่กระบวนการทบทวนขององค์กร เพื่อแสวงหาแนวทางการจัดการความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้น เพื่อใช้ในการบริหารจัดการคุณภาพข้อมูลรายชื่อรายการก๊าซเรือนกระจกขององค์กรในการประเมินครั้งต่อไป โดยการระบุแหล่งที่มาของปริมาณการใช้ทรัพยากร และค่าแฟกเตอร์ เพื่อใช้สำหรับการคำนวณค่าความไม่แน่นอนของข้อมูล โดยผลการประเมิน แสดงไว้ในตารางที่ 4.8

##### ตัวอย่างการคำนวณ

ในปี พ.ศ. 2560 โรงแรมมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 5,035,173 kWh โดยทำการเก็บข้อมูลจากใบเสร็จและรายงานประจำปี พลังงานไฟฟ้ามีค่าแฟกเตอร์การปล่อยกลับก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor, EF) เท่ากับ 0.6093 kg CO<sub>2</sub>-e/kWh ซึ่งนำข้อมูลมาจาก Thai LCI Database (ข้อมูลระดับประเทศ) คำนวณค่าความไม่แน่นอนได้ ดังนี้

ระดับคุณภาพของข้อมูลทรัพยากรที่ใช้ >>> เก็บข้อมูลจากมิเตอร์และใบเสร็จ >>> 3

ระดับคุณภาพของค่า EF >>> นำข้อมูลมาจากฐานข้อมูลระดับประเทศ >>> 2

ความไม่แน่นอนของข้อมูล =  $3 \times 2 = 6$

แสดงว่าผลที่ได้มีความไม่แน่นอนสูง คุณภาพของข้อมูลไม่ดี

ตารางที่ 4.8 การประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรม ในกรณีศึกษา

ประเภท	ทรัพยากร	แหล่งที่มาของข้อมูล	ระดับคุณภาพของข้อมูลทรัพยากร	ค่า EF (kg Co <sub>2</sub> e/Unit)	แหล่งที่มาของค่า EF	ระดับคุณภาพของค่า EF	ค่าความไม่แน่นอน
1. การปล่อยGHG โดยตรง	1.1 ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (ดีเซล)	รายงานประจำปี	3	2.74	IPCC	1	3
	1.2 ปริมาณการใช้สารทำความเย็น (R134a)	รายงานประจำปี	3	1,430	WMO	1	3
	1.3 ปริมาณน้ำเสีย	รายงานประจำปี	3	5	IPCC	1	3
	1.4 ปริมาณการใช้ก๊าซหุงต้ม (LPG)	รายงานประจำปี	3	3.11	IPCC	1	3
2. การปล่อยGHG ทางอ้อม	2.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	ใบเสร็จและรายงานประจำปี	3	0.6093	Thai LCI Database	2	6
3. การปล่อยGHG ทางอ้อมอื่น ๆ	3.1 ปริมาณการใช้น้ำประปา	ใบเสร็จและรายงานประจำปี	3	0.5081	Thai LCI Database	2	6
	3.2 ปริมาณการใช้กระดาษ	รายงานประจำปี	3	1.15	IPCC	1	3
	3.3 ปริมาณการใช้หมึกพิมพ์	รายงานประจำปี	3	2.50	IPCC	1	3
	3.4 ปริมาณขยะพลาสติก ที่นำไปรีไซเคิล	ประมาณค่าจากข้อมูลการรับซื้อ	1	-3.04	IPCC	2	2
	3.5 ปริมาณขยะอินทรีย์	ประมาณค่าจากข้อมูลการรับซื้อ	1	2.53	IPCC	1	1
	3.6 ปริมาณขยะกระดาษ	ประมาณค่าจากข้อมูลการรับซื้อ	1	2.93	IPCC	1	1

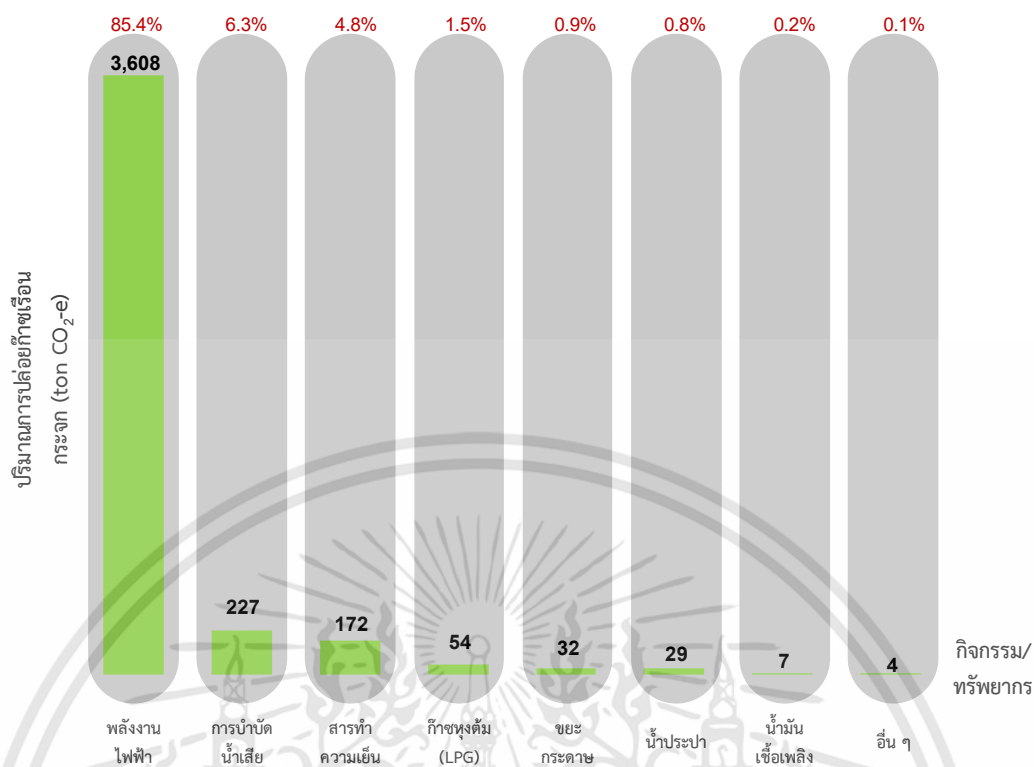
การประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูล พบว่า ระดับของความไม่แน่นอนและคุณภาพของข้อมูลอยู่ในระดับคะแนน 1-6 ซึ่งสะท้อนว่าผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ได้ในการวิจัยครั้งนี้มีความไม่แน่นอนสูง และคุณภาพของข้อมูลในระดับที่ไม่ดีนัก เนื่องมาจากการจัดเก็บข้อมูลส่วนใหญ่มาจากการจัดทำแบบสำรวจ รายงานประจำเดือน และใบเสร็จ ที่มีได้เป็นค่าที่มีการเก็บอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นคุณภาพของข้อมูลจึงอาจมีความคาดเคลื่อนบ้าง อีกทั้งค่าפקเตอร์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้นั้นส่วนใหญ่มาจากข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งมีความคาดเคลื่อนในแต่ละประเทศและพื้นที่

อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาด้านการประเมินความไม่แน่นอนเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ ในประเทศไทย ที่ได้ทำการศึกษาและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร เช่น กรมควบคุมมลพิษ (คพ.) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [3] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [23] และมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ วิทยาเขตรังสิต [24] ต่างก็มีความไม่แน่นอนของข้อมูลอยู่ในระดับไม่เกิน 6 เช่นกัน จากการประเมินค่าความไม่แน่นอนของข้อมูลแล้ว จะต้องมีการทบทวนขององค์กร เพื่อแสวงหาแนวทางการจัดเก็บข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากรให้มีความถูกต้องและแม่นยำ เพื่อลดค่าความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้น และการบริหารจัดการคุณภาพบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกขององค์กรในการประเมินครั้งต่อไป

#### 4.5 การวิเคราะห์กิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกของ โรงแรม ในกรณีศึกษา

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรม ในปี พ.ศ. 2560 มีค่าเท่ากับ 3,592.40 ton CO<sub>2</sub>-e โดยจากการวิเคราะห์รายละเอียดของกิจกรรมต่าง ๆ พบว่า กิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด คือ การใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีสัดส่วนสูงถึง 3,067.93 ton CO<sub>2</sub>-e หรือคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 85.40 ของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด รองลงมา คือ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการบำบัดน้ำเสียที่โรงแรมเป็นผู้ดำเนินการ โดยการใช้ระบบบำบัดแบบแอกทิเวเตดสลัดจ์ ซึ่งก่อให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 227.03 ton CO<sub>2</sub>-e คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 6.32 ของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด และกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นลำดับที่สาม คือ การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศภายในโรงแรม ที่ใช้สารทำความเย็นชนิด R-134a มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์เกิดขึ้น 171.60 ton CO<sub>2</sub>-e คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 4.78 ของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ซึ่งจะสังเกตได้ว่า กิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด เนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้าจะถูกใช้ทั้งในการดำเนินการปรับอากาศโดยระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ที่ระบายความด้วยน้ำ การใช้งานหลอดไฟ การทำน้ำร้อนโดยปั๊มความร้อน (Heat Pump) การใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ซึ่งกิจกรรมต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้นจะถูกใช้ใน ทุก ๆ พื้นที่ของโรงแรม ไม่ว่าจะเป็น ห้องพัก ห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา ห้องครัวและห้องอาหาร สำนักงาน และพื้นที่ส่วนกลางอื่น ๆ โดยมีรายละเอียดการใช้งานของแต่ละพื้นที่ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา ตามกิจกรรมการดำเนินงาน

- 1) ชั้นใต้ดิน: เป็นพื้นที่สำนักงาน และลานจอดรถ มีขนาดพื้นที่ 2,018 ตารางเมตร มีการใช้งานทุกวัน
- 2) ชั้นที่ 1: เป็นพื้นที่ของโถงกลาง สำนักงาน ห้องครัวและห้องอาหารที่ 1 มีขนาดพื้นที่รวม 1,853 ตารางเมตร มีการใช้งานทุกวัน
- 3) ชั้นที่ 2: เป็นพื้นที่ของห้องปฏิบัติการ ห้องครัวและห้องอาหารที่ 2 มีขนาดพื้นที่รวม 951 ตารางเมตร มีการใช้งานทุกวัน
- 4) ชั้นที่ 3: เป็นพื้นที่ห้องจัดเลี้ยง และห้องประชุมย่อยจำนวน 2 ห้อง มีขนาดพื้นที่รวม 2,061 ตารางเมตร ห้องจัดเลี้ยงและห้องประชุมมีการใช้งานเฉลี่ย 20 วันต่อเดือน
- 5) ชั้นที่ 4: เป็นพื้นที่ห้องประชุมย่อยจำนวน 3 ห้อง ห้องครัวและห้องอาหารที่ 3 ห้องออกกำลังกาย มีขนาดพื้นที่รวม 1,279 ตารางเมตร ห้องประชุมมีการใช้งานเฉลี่ย 20 วันต่อเดือน
- 6) ชั้นที่ 5 – 15: เป็นพื้นที่ของห้องพัก ทางเดิน และส่วนกลาง มีขนาดพื้นที่ทั้งหมด 11,093 ตารางเมตร โดยห้องพักมีขนาดพื้นที่ห้องละ 36 ตารางเมตร โดยมีอัตราการเข้าพักของแต่ละเดือนอ้างอิงตามตารางที่ 4.2 อัตราการเข้าพักในปี พ.ศ. 2560 และมีพื้นที่ที่เป็นส่วนกลาง 2,249 ตารางเมตร
- 7) ชั้นที่ 16: เป็นสถานที่จัดงานกลางแจ้ง สระว่ายน้ำ และห้องเครื่อง มีขนาดพื้นที่ทั้งหมด 1,014 ตารางเมตร มีการใช้งานทุกวัน

ทำให้สามารถประมาณต้นทุนการใช้พลังงานต่อพื้นที่การใช้งานของโรงแรม ในกรณีศึกษาได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงแรม ในกรณีศึกษา ปี พ.ศ. 2560

เดือน	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ค่าไฟ (บาท)	พื้นที่การใช้งานของโรงแรม (m <sup>2</sup> )								พื้นที่การใช้งานทั้งหมด (m <sup>2</sup> )	ต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้า	
			ชั้นใต้ดิน	ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3	ชั้น 4	ชั้น 5 - 15		ชั้น 16		kWh/m <sup>2</sup>	บาท/m <sup>2</sup>
								ห้องพัก	ส่วนกลาง				
มกราคม	375,887	1,240,428	62,558	57,443	29,481	41,220	25,580	226,152	69,719	31,434	543,587	0.69	2.28
กุมภาพันธ์	377,869	1,246,967	56,504	51,884	26,628	41,220	25,580	229,932	62,972	28,392	523,112	0.72	2.38
มีนาคม	412,869	1,362,466	62,558	57,443	29,481	41,220	25,580	254,988	69,719	31,434	572,423	0.72	2.38
เมษายน	401,586	1,325,234	60,540	55,590	28,530	41,220	25,580	231,696	67,470	30,420	541,046	0.74	2.45
พฤษภาคม	442,293	1,459,566	62,558	57,443	29,481	41,220	25,580	244,188	69,719	31,434	561,623	0.79	2.60
มิถุนายน	417,528	1,377,844	60,540	55,590	28,530	41,220	25,580	227,016	67,470	30,420	536,366	0.78	2.57
กรกฎาคม	425,044	1,402,646	62,558	57,443	29,481	41,220	25,580	258,300	69,719	31,434	575,735	0.74	2.44
สิงหาคม	425,044	1,402,646	62,558	57,443	29,481	41,220	25,580	260,064	69,719	31,434	577,499	0.74	2.43
กันยายน	433,530	1,430,648	60,540	55,590	28,530	41,220	25,580	227,448	67,470	30,420	536,798	0.81	2.67
ตุลาคม	439,773	1,451,250	62,558	57,443	29,481	41,220	25,580	226,836	69,719	31,434	544,271	0.81	2.67
พฤศจิกายน	441,315	1,456,338	60,540	55,590	28,530	41,220	25,580	245,556	67,470	30,420	554,906	0.80	2.62
ธันวาคม	442,436	1,460,039	62,558	57,443	29,481	41,220	25,580	256,932	69,719	31,434	574,367	0.77	2.54
รวม	5,035,173	16,616,071	736,570	676,345	347,115	494,640	306,960	2,889,108	820,885	370,110	6,641,733	0.76	2.50

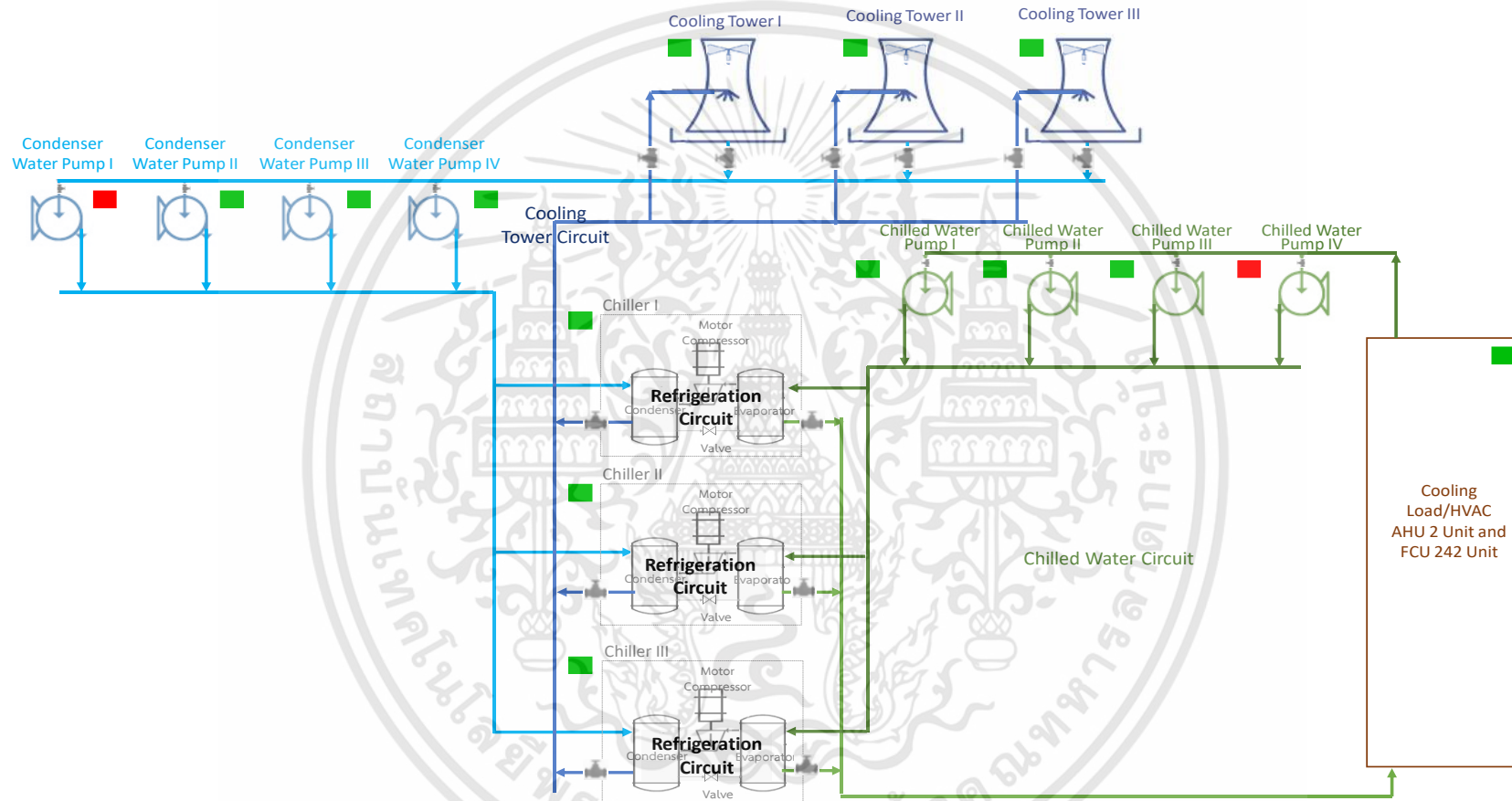
หมายเหตุ: - ราคาค่าไฟเท่ากับ 3.3 บาท/หน่วย โดยอ้างอิงตามค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงแรม ในกรณีศึกษา

ที่มา: ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงาน จากรายงานสรุปผลการดำเนินการของโรงแรม ในกรณีศึกษา ปี พ.ศ. 2560

กิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด โดยจากตารางที่ 4.9 พบว่ามีต้นทุนการใช้พลังงานต่อพื้นที่ในปี พ.ศ. 2560 คิดเป็น 0.76 ยูนิทไฟฟ้าต่อตารางเมตร หรือมีมูลค่าเฉลี่ยถึง 2.50 บาท ต่อตารางเมตร ทำให้มีมูลค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดปี พ.ศ. 2560 สูงถึง 5,035,173 ยูนิทไฟฟ้า หรือคิดเป็นมูลค่า 16,616,071 บาท ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องนำไปวิเคราะห์การใช้พลังงานในแต่ละระบบ เช่น ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และระบบอื่น ๆ เช่น การทำน้ำร้อน การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ การใช้ลิฟต์โดยสาร เป็นต้น เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการวางแผนการบริหารจัดการได้อย่างถูกต้อง โดยวิธีการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบต่าง ๆ ใช้วิธีการประมาณหาสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่าง ๆ จากการนับอุปกรณ์ไฟฟ้า (LOAD) ของการใช้พลังงานไฟฟ้า และตั้งสมมติฐานเวลาการใช้งานอุปกรณ์ในแต่ละพื้นที่ ทั้งนี้สามารถวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าโดยแบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ 1) ระบบปรับอากาศ 2) ระบบแสงสว่าง และ 3) ระบบอื่น ๆ มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

### 1. ระบบปรับอากาศ

การปรับอากาศและการทำความเย็นภายในโรงแรม ในกรณีศึกษานี้ ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Central Air-conditioning System) โดยเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เป็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ โดยภายในเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประกอบด้วยเครื่องอัด (Compressor) เครื่องควบแน่น (Condenser) เครื่องระเหย (Evaporator) และวาล์วขยายตัว (Expansion Valve) และมีการใช้สารทำความเย็น ชนิด R134a เป็นตัวถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่จะนำไปใช้ในการปรับอากาศตามบริเวณต่าง ๆ ภายในโรงแรม โดยลักษณะการทำงานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ แสดงในรูปที่ 4.5



หมายเหตุ: ■ คือ อุปกรณ์ที่เปิดใช้งาน ■ คือ อุปกรณ์ที่ไม่ได้เปิดใช้งาน

รูปที่ 4.5 แผนผังการทำงานของระบบปรับอากาศของโรงแรม ธานีศึกษา ในปัจจุบัน

(ที่มา: แผนผังของระบบปรับอากาศของโรงแรม ในธานีศึกษา)

จากรูปที่ 4.5 จะสังเกตเห็นได้ว่าลักษณะการทำงานของระบบปรับอากาศเป็นแบบรวมศูนย์สามารถแบ่งได้ออกเป็น 4 วงจร ได้แก่ ดังนี้ วงจรสารทำความเย็น (Refrigeration Circuit) วงจรน้ำหล่อเย็น (Cooling Tower Circuit) วงจรน้ำเย็น (Chilled Water Circuit) และ วงจรลมเย็น (Air Cooled Circuit) โดยสามารถอธิบายหลักการทำงานของแต่ละวงจรได้ ดังนี้

- เมื่อป้อนไฟฟ้าให้กับเครื่องอัด เครื่องอัดจะดูดสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นก๊าซจากเครื่องระเหย และอัดส่งไปที่เครื่องควบแน่น ณ ที่เครื่องระเหย สารทำความเย็นจะมีความดันและอุณหภูมิต่ำ สารทำความเย็นจะดูดความร้อนจากน้ำเย็นที่ไหลผ่านเครื่องระเหยและระเหยกลายเป็นไอ ในขณะที่เดียวกันที่เครื่องควบแน่น สารทำความเย็นจะมีความดันและอุณหภูมิสูง ความร้อนจากสารทำความเย็นจะถูกถ่ายเทให้กับน้ำหล่อเย็น ทำให้สารทำความเย็นกลั่นตัวกลายเป็นของเหลวที่ความดันสูง เมื่อสารทำความเย็นไหลผ่านวาล์วขยายตัว ความดันจะลดลงเท่ากับความดันที่เครื่องระเหย และไหลวนเป็นวงจรต่อเนื่องไป เรียก “วงจรสารทำความเย็น (Refrigeration Circuit)”

- ในส่วนของน้ำหล่อเย็นเมื่อได้รับความร้อนจากเครื่องควบแน่นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อถูกเครื่องสูบน้ำหล่อเย็นส่งไปที่หอทำความเย็น (Cooling Tower) ก็จะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศโดยการระเหยน้ำออก ทำให้น้ำที่เหลือมีอุณหภูมิต่ำลง และไหลกลับไปรับความร้อนที่เครื่องควบแน่นอีกครั้ง เรียก “วงจรน้ำหล่อเย็น (Cooling Tower Circuit)”

- น้ำเย็นเมื่อถ่ายเทความร้อนให้กับสารทำความเย็นในเครื่องระเหยแล้วจะทำให้มีอุณหภูมิต่ำลง และถูกสูบส่งไปที่เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) เพื่อทำการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศ ส่งผลให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นและไหลกลับไปยังเครื่องระเหย เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับสารทำความเย็นเป็นวงจรต่อเนื่องไป เรียก “วงจรน้ำเย็น (Chilled Water Circuit)”

- ในส่วนของการปรับอากาศภายในห้องหรือพื้นที่ที่ต้องการ เครื่องส่งลมเย็นจะดูดอากาศร้อนจากบริเวณพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศผ่านระบบท่อลมไปถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำเย็นทำให้อากาศมีอุณหภูมิต่ำลง และจะถูกส่งกลับไปยังบริเวณพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศ เรียก “วงจรลมเย็น (Air Cooled Circuit)”

จากการศึกษาการทำงานของระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ จะพบว่าเครื่องจักรและอุปกรณ์ของระบบที่จะต้องมีการป้อนพลังงานไฟฟ้าเพื่อให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้ ประกอบไปด้วย เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) หอหล่อเย็น (Cooling Tower) ปั๊มน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump) ปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump) และเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit, AHU) หรือ ชุดคอยล์เย็น (Fan Coil Unit, FCU)

ดังนั้นในการประมาณถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศทั้งหมด จึงจำเป็นต้องทราบถึงรายละเอียดของจำนวนอุปกรณ์แต่ละชนิด กำลังไฟฟ้าที่ต้องการใช้งาน และระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัว เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละอุปกรณ์ โดยข้อมูลดังกล่าวนี้ได้จากข้อมูลทฤษฎีภูมิที่ทางโรงแรมได้มีการจัดทำไว้

โดยจากการศึกษาข้อมูลของทางโรงแรม พบว่า อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ประกอบไปด้วยเครื่องทำน้ำเย็น แบบแรงเหวี่ยง ขนาด 280 ตันความเย็น ชนิดปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ (VSD Chiller) จำนวน 3 ชุด หอหล่อเย็น (Cooling Tower) ที่ใช้มอเตอร์พัดลมในการทำงานจำนวน 3 ชุด ปั๊มน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump) 4 เครื่อง แต่จะเปิดใช้งานเพียง 3 เครื่อง และอีก 1 เครื่อง เป็นเครื่องสำรองสำหรับไว้สลับกันใช้งาน ปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump) 4 เครื่อง เปิดใช้งานเพียง 3 เครื่อง และอีก 1 เครื่อง เป็นเครื่องสำรอง อุปกรณ์ทั้งหมดจะเปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง โดยอุปกรณ์ทั้งหมดใช้แพคเกจการทำงานของมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์เท่ากับ 0.4 และเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit, AHU) ที่ใช้งานบริเวณโถงกลาง ห้องอาหาร ห้องประชุมสัมมนาจัดเลี้ยง พื้นที่ส่วนกลาง และสำนักงาน จำนวน 2 เครื่อง ทำงานตลอด 24 ชั่วโมง และชุดคอยล์เย็น (Fan Coil Unit, FCU) ที่ใช้งานในห้องพักจำนวน 242 เครื่อง เปิดใช้งานเฉลี่ยวันละ 18 ชั่วโมง จากการประมาณการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ ดังนั้น ในปี พ.ศ. 2560 จึงมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศทั้งหมด 3,330,275 kWh คิดเป็นค่าไฟฟ้าสูงถึง 10,989,908 บาท โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะอยู่ที่เครื่องทำความเย็น (Chiller) มากถึงร้อยละ 53 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศทั้งหมด รองลงมาคือ หอทำความเย็น (Cooling Tower) โดยใช้พลังงานไฟฟ้าร้อยละ 17 ปั๊มน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump) ใช้พลังงานทั้งหมดร้อยละ 10 และ ปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ใช้พลังงานทั้งหมดร้อยละ 10 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ดังแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 4.10

#### ตัวอย่างการคำนวณ

เครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ (VSD Chiller) ใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด 227 Hp จำนวน 3 เครื่อง โดยมีการเปิดใช้งานเฉลี่ยเครื่องละ 24 hr แพคเกจการทำงานเท่ากับ 0.4 สามารถคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นได้ ดังนี้

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) = กำลังไฟฟ้า (kW) × เวลาการทำงาน (hr) × แพคเกจการทำงาน × จำนวนเครื่อง

$$= [227 \text{ (Hp)} \times 0.746 \text{ (kW/ Hp)}] \times 12 \text{ (hr/day)} \times 365 \text{ (วัน/ปี)} \times 0.4 \times 3 \text{ เครื่อง}$$

$$= 3,125,512 \text{ kWh/year}$$

ค่าไฟฟ้าทั้งหมด (บาท) = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) × ราคาไฟฟ้า (บาท)

$$= 3,125,512 \times 3.3$$

$$= 10,314,189 \text{ บาท}$$

ตารางที่ 4.10 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของโรงแรม ในกรณีศึกษา ปี พ.ศ. 2560

อุปกรณ์/ เครื่องจักร	ขนาดของ เครื่องจักร (kW)	จำนวนอุปกรณ์ (Unit)	จำนวนเวลาการ ใช้งาน (Hours)	แฟกเตอร์การ ทำงานของ มอเตอร์	อัตราการใช้ไฟฟ้า ต่อปี (kW.hr/year)	อัตราค่า ไฟฟ้าต่อปี (บาท)	สัดส่วน (%)
Chiller	169.342	3	24	0.4	1,780,123.10	5,874,406.24	53%
Cooling Tower	55	3	24	0.4	578,160.00	1,907,928.00	17%
Condenser Water pump*	30	3	24	0.4	315,360.00	1,040,688.00	10%
Chilled Water pump*	30	3	24	0.4	315,360.00	1,040,688.00	10%
AHU	7.5	2	24	-	131,400.00	433,620.00	4%
FCU	0.132	242	18	-	209,872.08	692,577.86	6%
<b>รวมการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศทั้งหมด</b>					<b>3,330,275.18</b>	<b>10,989,908.11</b>	<b>100%</b>

หมายเหตุ: \* ปั๊มน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump) และ ปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump) เปิดใช้งานเพียง 3 เครื่อง และมีอีก 1 เครื่องเป็นเครื่องสำรอง สำหรับการสลับการใช้งาน ดังนั้นจึงคำนวณค่าไฟโดยใช้จำนวนเครื่องเป็น 3 เครื่อง และทำงาน 24 ชั่วโมง

- แฟกเตอร์การทำงานของมอเตอร์เท่ากับ 0.4 อ้างอิงข้อมูลจากการตรวจวัดและประเมินค่าของแผนกซ่อมบำรุงของโรงแรม ในกรณีศึกษา
- ราคาค่าไฟเท่ากับ 3.3 บาท/หน่วย โดยอ้างอิงตามค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงแรม ในกรณีศึกษา

จากการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการประเมินประสิทธิภาพ และสมรรถนะของระบบปรับอากาศ ซึ่งประกอบด้วย พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ (W) ความสามารถในการทำความเย็น (Q<sub>L</sub>) ซึ่งจะต้องหาจากอัตราการไหลของน้ำ อุดมหมุน้ำเข้าและออกจากเครื่องทำความเย็น (Chiller) คูณกับประสิทธิภาพของเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit, AHU) แสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ตัวแปรที่ใช้สำหรับการประเมินประสิทธิภาพ และสมรรถนะของระบบปรับอากาศ

ตัวแปร	จำนวนเครื่อง	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kW)	พลังงานไฟฟารวม (kW)
<b>พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (W)</b>			
Chiller	3	67.74	203.21
Cooling Tower	3	22.00	66.00
Condenser Water pump	3	12.00	36.00
Chilled Water pump	3	12.00	36.00
AHU	2	7.50	15.00
FCU	242	0.132	31.94
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบทั้งหมด (kW)			388.15
ตัวแปร	หน่วย	ค่าที่ได้จากการตรวจวัด	
<b>ความสามารถในการทำความเย็น (Q<sub>L</sub>)</b>			
อัตราการไหลของน้ำ (ℓ)	m <sup>3</sup> /s	0.037	
(เมื่อใช้เครื่องสูบ (Pump) 1 เครื่อง)	ℓ/s	37.0	
อุณหภูมิน้ำเข้า (T <sub>in</sub> )	°C	12.7	
อุณหภูมิน้ำออก (T <sub>out</sub> )	°C	7.2	
ประสิทธิภาพของ AHU (η <sub>AHU</sub> )	%	95	
ตัวแปร	หน่วย	ค่าที่ได้จากการตรวจวัด	
<b>ตัวแปรอื่น ๆ สำหรับการคำนวณ ที่อุณหภูมิเฉลี่ยที่ 9.95 °C</b>			
ความหนาแน่นของน้ำ (ρ)	kg/m <sup>3</sup>	998.8060	
ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (C <sub>p</sub> )	kJ/kg.K	4.2041	

สามารถประเมินค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) ของระบบ ได้จาก

$$COP = \frac{\eta_{AHU} Q_L}{W} = \frac{\eta_{AHU} (\dot{m} c_p (\Delta T))}{W} = \frac{\eta_{AHU} (\rho \dot{V} c_p (\Delta T))}{W} = 6.27$$

และประเมินค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบ ได้จาก

$$\text{ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น} = \frac{W (kW)}{\eta_{AHU} Q_L (Ton)} = \frac{W (kW)}{\eta_{AHU} (1.19 \times F \times (T_{in} - T_{out}))} = 0.56$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ระบบแสงสว่าง

การใช้งานในระบบแสงสว่างของโรงแรม เป็นการใช้งานในส่วนต่าง ๆ เพื่อให้สามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งแต่ละพื้นที่จะมีการใช้ชนิดของหลอดไฟแตกต่างกัน เช่น พื้นที่สำนักงาน พื้นที่เก็บของ และพื้นที่บันไดหนีไฟ จะใช้เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W เนื่องจากต้องการความสว่างในการทำงาน ไม่ได้เน้นในด้านของความสวยงาม ในขณะที่พื้นที่ห้องพัก ห้องจัดเลี้ยง ห้องอาหาร ห้องน้ำ และพื้นที่อื่น ๆ ที่ลูกค้ามีการใช้งาน มักจะใช้เป็นหลอด LED PL-C (Warm White) ขนาด 12 W เนื่องจากให้ความสำคัญทางด้านของความสวยงามเป็นหลัก โดยพื้นที่การใช้งานของโรงแรมในแต่ละชั้น แสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 พื้นที่การใช้งานภายในโรงแรม ในกรณีศึกษา

ชั้นที่	รายละเอียดของพื้นที่
ชั้นใต้ดิน	สำนักงาน ห้องพักพนักงาน ห้องอาหารพนักงาน ห้องเก็บของ ห้องน้ำ พื้นที่ลิฟต์ บันไดหนีไฟ
ชั้น 1	สำนักงาน โถงกลาง ครั้วและห้องอาหาร ห้องน้ำ พื้นที่ลิฟต์ บันไดหนีไฟ
ชั้น 2	ห้องปฏิบัติการสาธิต ครั้วและห้องอาหาร ห้องน้ำ พื้นที่ลิฟต์ บันไดหนีไฟ
ชั้น 3	ห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมสัมมนา ห้องเก็บของ ห้องน้ำ พื้นที่ลิฟต์ บันไดหนีไฟ
ชั้น 4	ห้องประชุมสัมมนา ห้องออกกำลังกาย ครั้วและห้องอาหาร ห้องน้ำ พื้นที่ลิฟต์ บันไดหนีไฟ
ชั้น 5 - 15	ห้องพัก พื้นที่ลิฟต์ บันไดหนีไฟ
ชั้น 16	พื้นที่จัดเลี้ยงกลางแจ้ง สระว่ายน้ำ ห้องน้ำ พื้นที่ลิฟต์ บันไดหนีไฟ พื้นที่เครื่องจักรและอุปกรณ์ในการทำงานของระบบต่าง ๆ ที่ใช้ในโรงแรม

ดังนั้นในการประมาณถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่างทั้งหมด จำเป็นต้องทราบถึงรายละเอียดของชนิดของหลอดไฟ จำนวนหลอดไฟแต่ละชนิด กำลังไฟฟ้าที่ต้องการใช้งาน และระยะเวลาการทำงานของหลอดไฟในแต่ละพื้นที่ เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแสงสว่าง โดยข้อมูลดังกล่าวนี้ได้จากข้อมูลหัตถ์ภูมิที่ทางโรงแรมได้มีการจัดทำไว้ ทั้งนี้ในการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง แสดงดังตัวอย่าง

### ตัวอย่างการคำนวณ

ในชั้นใต้ดิน ซึ่งเป็นส่วนของสำนักงานของแผนกต่าง ๆ ภายในห้องทำงานมีการใช้หลอดไฟชนิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W จำนวนทั้งหมด 156 หลอด โดยมีการใช้งานเฉลี่ย 16 hr/day โดยมีการทำงานทุกวัน คำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh)} &= \text{กำลังไฟฟ้า (kW)} \times \text{เวลาการทำงาน (hr)} \\ &= [0.036 \text{ (kW/Unit)} \times 156 \text{ (Unit)}] \times 16 \text{ (hr/day)} \times 365 \text{ (วัน/ปี)} \\ &= 32,797.44 \text{ kWh/year} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าไฟฟ้าทั้งหมด (บาท)} &= \text{ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh)} \times \text{ราคาไฟฟ้า (บาท)} \\ &= 32,797.44 \times 3.3 \\ &= 108,231.55 \text{ บาท} \end{aligned}$$

การประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของโรงแรมจากการใช้งานหลอดไฟชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีการใช้งานอยู่ 3 ชนิดหลัก คือ 1) หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W 2) LED PL-C 12 W และ 3) Flood Light LED 150 W พบว่า ในปี พ.ศ. 2560 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างทั้งหมด 599,176.12 kWh คิดเป็นค่าไฟทั้งหมดในระบบแสงสว่าง 1,977,281.18 บาท ซึ่งการใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะอยู่ชั้น 1 ที่เป็นพื้นที่ของโถงกลางและห้องอาหาร มีการใช้พลังงานไฟฟ้าร้อยละ 13 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างทั้งหมด รองลงมา คือ ชั้น 3 ที่เป็นพื้นที่ของห้องจัดเลี้ยง ที่สามารถจุคนได้ 1,200 คน และห้องประชุมสัมมนาจำนวน 2 ห้อง โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าร้อยละ 12 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างทั้งหมด ในส่วนของพื้นที่ห้องพักบริเวณชั้น 5 – 15 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อชั้นเฉลี่ยร้อยละ 4.42 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างทั้งหมด ดังแสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของโรงแรม ในกรณีศึกษา ปี พ.ศ. 2560

พื้นที่	ชนิดของหลอดไฟ	ขนาดหลอดไฟ (Watt)	จำนวนหลอดไฟรวม (Unit)	จำนวนเวลาการใช้งาน (Hours)	อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปี (kW.hr/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	พลังงานไฟฟ้ารวม (kW.hr/year)	สัดส่วน (%)
ชั้นใต้ดิน	Fluorescent	36	156	16	32,797.44	108,231.55	35,951.04	6%
	LED PL-C	12	40	18	3,153.60	10,406.88		
ชั้นที่ 1	Fluorescent	36	186	20	48,880.80	161,306.64	79,908.72	13%
	LED PL-C	12	322	22	31,027.92	102,392.14		
ชั้นที่ 2	Fluorescent	36	66	20	17,344.80	57,237.84	29,608.80	5%
	LED PL-C	12	140	20	12,264.00	40,471.20		
ชั้นที่ 3	Fluorescent	36	2	20	525.60	1,734.48	73,496.40	12%
	LED PL-C	12	833	20	72,970.80	240,803.64		
ชั้นที่ 4	Fluorescent	36	42	20	11,037.60	36,424.08	52,034.40	9%
	LED PL-C	12	520	18	40,996.80	135,289.44		
ชั้นที่ 5 - 15	Fluorescent	36	22	20	5,781.60	19,079.28	291,234.96 (26,475.91 kWh/floor)	49% (4.42%/floor)
	LED PL-C	12	3,254	18	256,545.36	846,599.69		
	Flood Light LED	150	44	12	28,908.00	95,396.40		

ตารางที่ 4.13 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของโรงแรม ในกรณีศึกษา ปี พ.ศ. 2560 (ต่อ)

พื้นที่	ชนิดของหลอดไฟ	ขนาดหลอดไฟ (Watt)	จำนวนหลอดไฟรวม (Unit)	จำนวนเวลาการใช้งาน (Hours)	อัตราการใช้ไฟฟ้าต่อปี (kW.hr/year)	อัตราค่าไฟฟ้าต่อปี (บาท)	พลังงานไฟฟ้ารวม (kW.hr/year)	สัดส่วน (%)
ชั้นที่ 16	Fluorescent	36	2	20	525.60	1,734.48	8,409.60	1%
	LED PL-C	12	50	15	3,285.00	10,840.50		
	Flood Light LED	150	7	12	4,599.00	15,176.70		
รวมการใช้พลังงานหลอดไฟทั้งหมด					570,643.92	1,883,124.94	570,643.92	95%
อุปกรณ์อื่น ๆ ในระบบแสงสว่าง เช่น บัลลาสต์ และสตาร์ทเตอร์ที่ใช้ในหลอดฟลูออเรสเซนต์					28,532.20	94,156.25	28,532.20	5%
<b>รวมการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างทั้งหมด</b>					<b>599,176.12</b>	<b>1,977,281.18</b>	<b>599,176.12</b>	<b>100%</b>

หมายเหตุ: ราคาค่าไฟโดยเฉลี่ยประมาณ 3.3 บาท/หน่วย โดยอ้างอิงตามค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงแรม ในกรณีศึกษา

### 3. ระบบอื่น ๆ

การใช้งานพลังงานไฟฟ้านอกจากจะถูกใช้ไปในระบบปรับอากาศ และระบบแสงสว่างแล้ว ยังถูกใช้ในระบบการทำความร้อน อุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และลิฟต์โดยสารอีกด้วย โดยการประมาณพลังงานการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอื่น ๆ สามารถหาได้จาก ไฟฟ้าในระบบอื่น ๆ เท่ากับ พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด หักด้วยพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่าง ซึ่งสามารถคำนวณได้ ดังนี้

---

**คำนวณ** ในปี พ.ศ. 2560 โรงแรมมีการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 5,035,173 kWh โดยจากวิธีการประมาณหาสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่าง ๆ พบว่า พลังงานไฟฟ้าถูกใช้ในระบบปรับอากาศ 3,330,275 kWh และระบบแสงสว่าง 599,176 kWh ดังนั้นสามารถคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบอื่น ๆ ได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบอื่น ๆ (kWh)} &= 5,035,173 - 3,330,275 - 599,176 \\ &= 1,105,722 \text{ kWh/year} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าไฟฟ้าทั้งหมด (บาท)} &= \text{ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh)} \times \text{ราคาไฟฟ้า (บาท)} \\ &= 1,105,722 \times 3.3 \\ &= 3,648,883 \text{ บาท} \end{aligned}$$


---

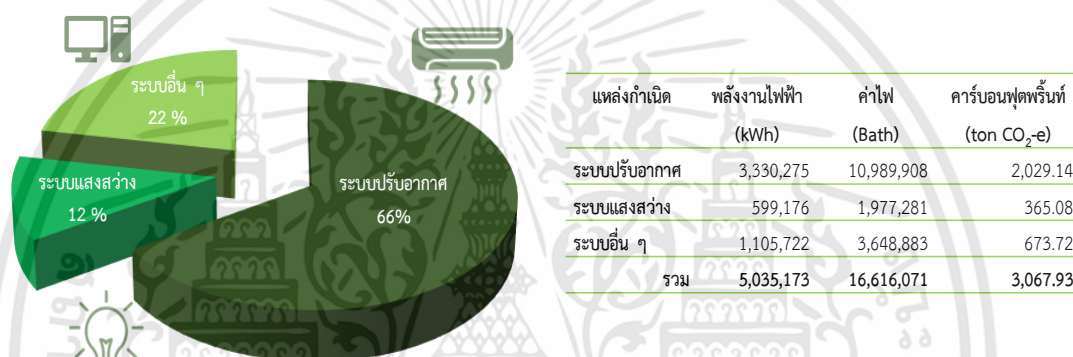
ทั้งนี้ในการประมาณถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงแรมทั้งหมด เป็นการประมาณหาสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่าง ๆ จากการนับอุปกรณ์ไฟฟ้า (LOAD) ของการใช้พลังงานไฟฟ้า และประมาณเวลาการใช้งานอุปกรณ์ในแต่ละพื้นที่ ทำให้ข้อมูลที่ได้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงไปบ้างเล็กน้อย เนื่องจากประสิทธิภาพของอุปกรณ์แต่ละตัวที่แตกต่างกัน และไม่สามารถประมาณอย่างแม่นยำได้ ดังนั้นในการจัดทำข้อมูลในครั้งต่อไป จำเป็นที่จะต้องหาวิธีการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพให้มากยิ่งขึ้น เพื่อลดความไม่แน่นอนจากการประมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละพื้นที่ให้ได้มากที่สุด

### 4. สรุปผลการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงแรม ในกรณีศึกษา

การพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงแรม ในปี พ.ศ. 2560 มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากถึง 5,035,173 kWh คิดเป็นเงินสูงถึง 16,616,071 บาทต่อปี ปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม 3,067.93 ton CO<sub>2</sub>-e โดยจากการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบต่าง ๆ ด้วยวิธีการประมาณหาสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่าง ๆ จากการนับอุปกรณ์ไฟฟ้า (LOAD) ของการใช้พลังงานไฟฟ้า และตั้งสมมติฐานเวลาการใช้งานอุปกรณ์ในแต่ละพื้นที่ พบว่า พลังงานไฟฟ้าภายในโรงแรมจะถูกใช้ใน 3 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และอื่น ๆ เช่น เครื่องทำน้ำร้อน เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ โดยจากการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะถูกใช้ในระบบปรับอากาศมากถึง 3,330,275 kWh หรือร้อยละ 66 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ซึ่งจะก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 2,029.14 ton CO<sub>2</sub>-e รองลงมา คือ ระบบอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ลิฟต์โดยสารของพนักงานและลูกค้า การผลิตน้ำร้อน อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ก็ตาม จะใช้พลังงานไฟฟ้า 1,105,722 kWh หรือประมาณร้อยละ 22 โดยก่อให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์จำนวน 673.72 ton CO<sub>2</sub>-e ส่วนพลังงานไฟฟ้าที่เหลืออีก 599,176 kWh จะถูกใช้ในระบบแสงสว่างภายในโรงแรม ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่สำนักงาน บริเวณส่วนกลาง หรือภายในห้องพัก มีการใช้พลังงานไฟฟ้า คิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 12 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด สามารถประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ได้เท่ากับ 365.08 ton CO<sub>2</sub>-e ดังแสดงในรูปที่ 4.6



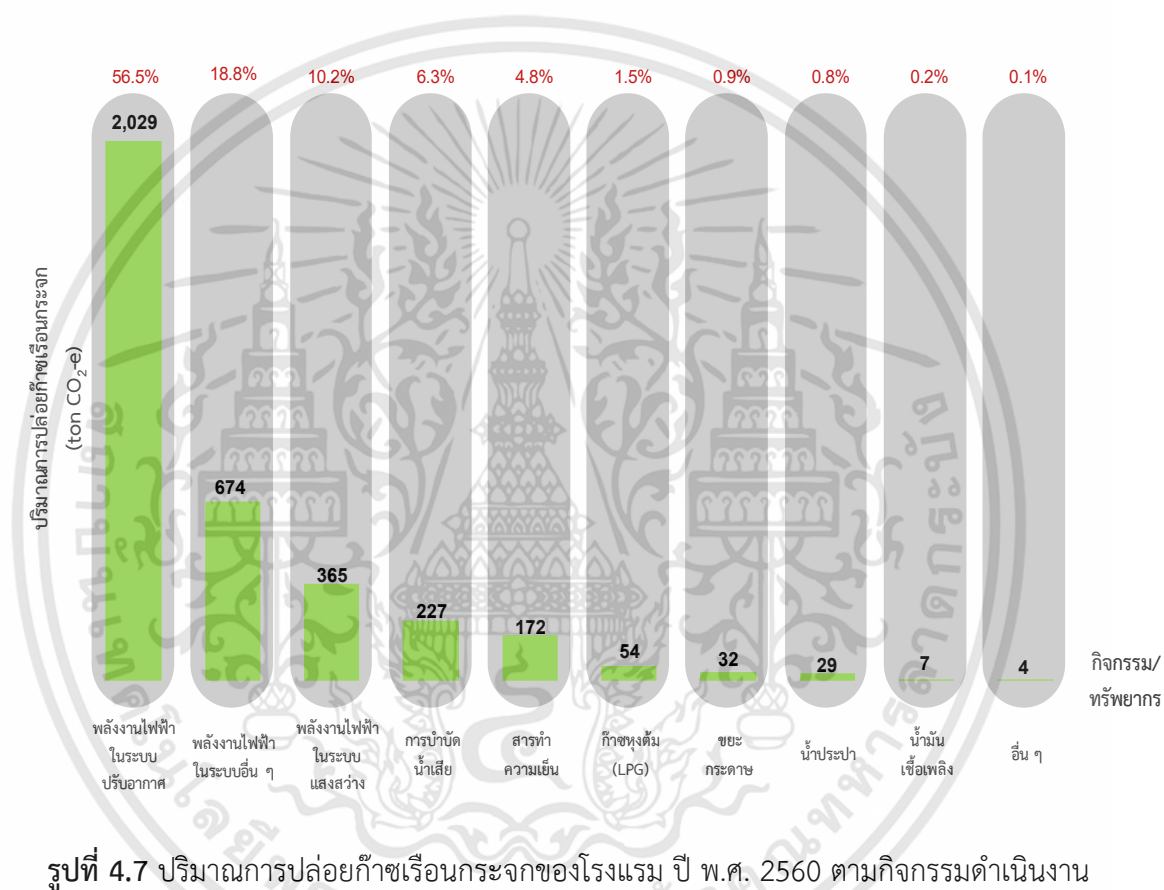
รูปที่ 4.6 สัดส่วนก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบต่าง ๆ ของโรงแรม ในกรณีศึกษา ปี พ.ศ. 2560

ทั้งนี้จากการศึกษาดังกล่าว จะสังเกตได้ว่า กิจกรรมและการดำเนินงานภายในโรงแรม ที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ ระบบปรับอากาศ ซึ่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและการรั่วไหลของสารทำความเย็น รองลงมา คือ ระบบอื่น ๆ เช่น การผลิตน้ำร้อน การใช้ลิฟต์โดยสาร และการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ และระบบที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด คือ ระบบแสงสว่าง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนัท พูลประทีน (2555) [4] ที่ได้ศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถาบันการศึกษา ในภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่มีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 43 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด และการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 11 ดังนั้นในการจัดทำมาตรการและแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จึงจำเป็นที่จะต้องให้ความสำคัญในส่วนของการตรวจสอบ ปรับปรุงและแก้ไขการดำเนินงานของระบบต่าง ๆ โดยเฉพาะระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่างให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น เนื่องจากเป็นระบบที่สามารถวางแผนและควบคุมการใช้งานได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.6 มาตรการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ใน กรณีศึกษา

ในการประเมินและวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานของโรงแรม จะพบว่า กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอื่น ๆ เช่น ระบบการทำความร้อน การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง การดำเนินการในการบำบัดน้ำเสีย และการรั่วไหลของสารทำเย็นในระบบปรับอากาศ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ปี พ.ศ. 2560 ตามกิจกรรมดำเนินงาน

ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ เป็นกิจกรรมที่มีนัยสำคัญต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ที่จะต้องนำมาพิจารณาและวางแผนแนวทางที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 การคัดเลือกกิจกรรมและส่วนงานเพื่อจัดทำมาตรการในการลดก๊าซเรือนกระจก

กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	ส่วนงานที่เกี่ยวข้อง	ปริมาณการปล่อย GHG (ton CO <sub>2</sub> -e)	แนวทางที่เป็นไปได้ในการลด GHG
1. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบปรับอากาศ	ทุกส่วนงาน	2,270.10	<ul style="list-style-type: none"> <li>ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็น</li> <li>ปรับเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง</li> <li>ซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพ</li> </ul>
2. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบอื่น ๆ	ทุกส่วนงาน	427.29	<ul style="list-style-type: none"> <li>จัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน</li> </ul>
3. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบแสงสว่าง	ทุกส่วนงาน	370.54	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปลี่ยนมาใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน</li> <li>ดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่าง</li> </ul>
4. การบำบัดน้ำเสีย	แผนกวิศวกรรมและการซ่อมบำรุง	227.03	<ul style="list-style-type: none"> <li>ใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำ หรือกำหนดมาตรการเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำประปา</li> <li>รีไซเคิลน้ำเสีย กลับมาใช้ใหม่</li> </ul>
5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ	แผนกวิศวกรรมและการซ่อมบำรุง	217.20	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปลี่ยนสารทำความเย็น</li> <li>ซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพ</li> </ul>

#### 4.6.1 การวิเคราะห์เบื้องต้น เพื่อคัดเลือกแนวทางที่เหมาะสมในการจัดทำมาตรการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม

การจัดทำมาตรการในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม จะต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการปฏิบัติงานจริง ซึ่งจากการสัมภาษณ์และเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้บริหาร และหัวหน้าของแต่ละแผนก จะพิจารณาข้อจำกัด 4 ข้อ ได้แก่ งบประมาณในการลงทุน ระยะเวลาของการปรับปรุง ความยาก-ง่ายในการดำเนินงาน และผลกระทบต่อการทำงานของพนักงานและการใช้

บริการของลูกค้า โดยมีรายละเอียดเบื้องต้นของแนวทางที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการคัดเลือกแนวทางที่เหมาะสมในการจัดทำมาตรการ ดังนี้

## 1. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบปรับอากาศ

- 1.1 การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็น: ในปัจจุบันได้มีการดำเนินงานโดยเปิดใช้งานเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) มอเตอร์พัดลมสำหรับการทำงานของหอหล่อเย็น (Cooling Tower) ปั๊มน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump) และปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ตามเวลาการเปิด-ปิดที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งสามารถลดการใช้งานลงได้อีก โดยปรับเปลี่ยนให้มีความเหมาะสมกับความต้องการทำความเย็นในแต่ละช่วงเวลา โดยพิจารณาจากการเข้ามาใช้บริการของลูกค้า การใช้งานห้องประชุมและห้องจัดเลี้ยง เป็นต้น ทั้งนี้ในการดำเนินการวิธีนี้ ไม่จำเป็นต้องลงทุนเพิ่มแต่อย่างใด เนื่องจากสามารถกำหนดตารางเวลาการเปิด-ปิดการใช้งานและควบคุมโดยพนักงานของโรงแรมได้ ซึ่งสามารถดำเนินการได้ทันที อีกทั้งยังไม่มีผลกระทบต่อลูกค้าและพนักงานอีกด้วย
- 1.2 การปรับเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER): เป็นการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศจากรุ่นเดิมที่มีประสิทธิภาพปานกลาง ให้เป็นประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง แต่ทั้งนี้ในการปรับเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศนี้จะต้องใช้งบประมาณค่อนข้างสูง เนื่องจากต้องสั่งซื้อเครื่องปรับอากาศใหม่ อีกทั้งยังต้องใช้ระยะเวลาในการติดตั้ง และอาจส่งผลกระทบต่อลูกค้าที่เข้ามาพักอีกด้วย
- 1.3 การซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพ: ดำเนินการวางแผนในการบำรุงรักษาในเชิงป้องกัน เพื่อให้มีการตรวจสอบ ดูแลและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ แต่อย่างไรก็ตาม ด้วยความพร้อมและความเชี่ยวชาญของพนักงานในการดูแลรักษาระบบปรับอากาศของโรงแรมยังมีไม่เพียงพอ จึงจำเป็นที่จะต้องจ้างบริษัทภายนอกที่มีความเชี่ยวชาญเข้ามาดูแลและจัดการให้ ในลักษณะของสัญญาการจ้างเหมารายปี แต่ผลตอบแทนที่ได้ค่อนข้างคุ้มค่ากับการลงทุน ซึ่งในการจ้างบริษัทภายนอกเข้ามาดูแลให้ นั้นจะไม่เกิดผลกระทบต่อการทำงานของพนักงาน เนื่องจากพนักงานสามารถดำเนินงานได้ในลักษณะเดิม

## 2. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบอื่น ๆ

- 2.1 การจัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน: เป็นการเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานจากรุ่นเดิมที่มีประสิทธิภาพปานกลาง ให้เป็นประสิทธิภาพสูง และประหยัดพลังงาน แต่ทั้งนี้ในการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้านี้จะต้องใช้งบประมาณค่อนข้างสูง เนื่องจากต้องสั่งซื้ออุปกรณ์ใหม่ ซึ่งอาจจะไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

## 3. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบแสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.1 การเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน: ดำเนินการเปลี่ยนแปลงชนิดของหลอดไฟให้มีความเหมาะสมกับแต่ละพื้นที่การใช้งาน ซึ่งเป็นหลอดไฟรุ่นใหม่ ที่มีเทคโนโลยีในการประหยัดพลังงาน โดยในการดำเนินการนี้จะต้องใช้งบประมาณค่อนข้างสูง แต่ก็มีมูลค่าในระยะยาว และในการดำเนินการติดตั้งจะต้องใช้ระยะเวลา และอาจจะต้องมีการปิดพื้นที่การใช้งานบางส่วนที่กำลังดำเนินการติดตั้ง และเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จจะไม่มีผลกระทบใด ๆ กับการใช้งานของลูกค้า เนื่องจากมีความสว่างเพียงพอ
- 3.2 การดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่าง: เป็นการตรวจสอบ ดูแล รักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่างให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ พร้อมสำหรับการใช้งาน ทั้งนี้ในการดำเนินงานสามารถกระทำได้โดยพนักงานของโรงแรม ไม่จำเป็นต้องลงทุนเพิ่มแต่อย่างใด อีกทั้งยังไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของพนักงาน เนื่องจากการดำเนินงานโดยปกติอยู่แล้ว

#### 4. การบำบัดน้ำเสีย

- 4.1 การใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำ หรือกำหนดมาตรการเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำประปา: ดำเนินการวางแผนและกำหนดมาตรการในการประหยัดน้ำ ให้พนักงานแต่ละแผนกใช้น้ำอย่างคุ้มค่า และขอความร่วมมือจากลูกค้า โดยการติดป้าย หรือข้อความชี้แจงในแต่ละห้องพัก ทั้งนี้การดำเนินงานนี้ไม่สามารถวัดผลได้อย่างเป็นรูปธรรม เนื่องจากอาจไม่ได้รับความร่วมมือจากลูกค้า
- 4.2 การรีไซเคิลน้ำเสีย กลับมาใช้ใหม่: เป็นการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดเบื้องต้นแล้ว กลับมาใช้ใหม่ โดยการใช้ในการรดน้ำต้นไม้บริเวณรอบโรงแรม จะทำให้ช่วยสามารถลดการใช้น้ำประปาได้

#### 5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ

- 5.1 การเปลี่ยนสารทำความเย็น: เป็นการเปลี่ยนชนิดของสารทำความเย็น ที่มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ จะสามารถช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ แต่การดำเนินการนี้จะต้องใช้งบประมาณและระยะเวลาในการลงทุน อีกทั้งยังต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเข้ามาดำเนินงาน และอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบปรับอากาศเดิม

สามารถสรุปรายละเอียดเบื้องต้นของแนวทางที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่าง ๆ ได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 สรุปรายละเอียดเบื้องต้นของแนวทางที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	เทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลด GHG	เกณฑ์การพิจารณา			
		งบประมาณ	ระยะเวลา	ความยาก-ง่าย	ผลกระทบ
1. การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ	1.1 ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสม	ไม่ต้องลงทุนเพิ่ม	สามารถดำเนินงานได้ทันที	ดำเนินงานโดยพนักงาน	มีผลกระทบกับลูกค้าและพนักงานบ้างเล็กน้อย
	1.2 การใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง	ต้องลงทุนเพิ่มค่อนข้างสูง	ใช้ระยะเวลาในการติดตั้งใหม่	ต้องมีผู้เชี่ยวชาญเข้ามาติดตั้งให้	อาจต้องปิดพื้นที่บางส่วนในระหว่างการติดตั้ง
	1.3 การวางแผนซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศ	มีงบประมาณในการจ้างบริษัทภายนอก	ดำเนินการตามแผนที่วางไว้เป็นระยะ	ต้องมีผู้เชี่ยวชาญเข้ามาตรวจสอบ ดูแลให้	ไม่มีผลกระทบกับลูกค้าและพนักงาน
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าระบบอื่น ๆ	2.1 การจัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน	มีงบประมาณในการจัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าใหม่	ใช้ระยะเวลาในการสั่งซื้อ	ดำเนินงานโดยพนักงาน	ไม่มีผลกระทบกับลูกค้าและพนักงาน
3. การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง	3.1 เปลี่ยนมาใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน	มีงบประมาณในการจัดซื้อหลอดไฟใหม่	ใช้ระยะเวลาในการปรับเปลี่ยน	อาจต้องมีผู้เชี่ยวชาญเข้ามาติดตั้งให้	อาจต้องปิดพื้นที่บางส่วนในระหว่างการติดตั้ง
	3.2 ดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่าง	ไม่ต้องลงทุนเพิ่ม	สามารถดำเนินงานได้ทันที	ดำเนินงานโดยพนักงาน	ไม่มีผลกระทบกับลูกค้าและพนักงาน
4. การบำบัดน้ำเสีย	4.1 การใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำ	มีงบประมาณในส่วนของ การติดตั้งป้าย/สติ๊กเกอร์	สามารถดำเนินงานได้ทันที	ดำเนินงานโดยพนักงาน	ไม่มีผลกระทบกับลูกค้าแต่อาจไม่ได้ ได้รับความร่วมมือ
	4.2 การรีไซเคิลน้ำเสีย กลับมาใช้ใหม่	ไม่ต้องลงทุนเพิ่ม	สามารถดำเนินงานได้ทันที	ดำเนินงานโดยพนักงาน	ไม่มีผลกระทบกับลูกค้าและพนักงาน
5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ	5.1 การเปลี่ยนสารทำความเย็น	ต้องลงทุนเพิ่มค่อนข้างสูง	ใช้ระยะเวลาในการติดตั้งใหม่	ต้องมีผู้เชี่ยวชาญเข้ามาติดตั้งให้	มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบปรับอากาศเดิม

ซึ่งในการคัดเลือกเทคโนโลยีและและแนวทางที่จะนำมาใช้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้ใช้แบบจำลองของค่าคะแนนแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Scoring Model) เพื่อเลือกแนวทางที่เป็นไปได้มากที่สุดมาใช้ในการจัดทำมาตรการ โดยกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญในแต่ละข้อจำกัด คือ งบประมาณในการลงทุน 40% ระยะเวลาของการปรับปรุง 30% ความยากง่ายในการดำเนินงาน 20% และผลกระทบที่เกิดขึ้น 10% แต่ละปัจจัยมีคะแนนตั้งแต่ 1 - 5 โดยได้พิจารณาแนวทางในแต่ละกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกออกจากกัน และเป็นการประเมินโดยผู้บริหารและหัวหน้าแผนกรวมทั้งสิ้น 10 คน ได้แก่ ประธานบริหาร (Chief Executive Officer, CEO) กรรมการผู้จัดการ (Managing Director, MD) หัวหน้าแผนกการตลาดและประชาสัมพันธ์ หัวหน้าแผนกต้อนรับ หัวหน้าแผนกห้องอาหาร หัวหน้าแผนกแผนกจัดเลี้ยง หัวหน้าแผนกแม่บ้าน หัวหน้าแผนกวิศวกรรมและการซ่อมบำรุง หัวหน้าแผนกการเงินและการบัญชี และหัวหน้าแผนกทรัพยากรบุคคล ดังแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ก. และได้ผลสรุปคะแนนดังแสดงในตารางที่ 4.16

จากการเก็บข้อมูลแบบสอบถาม ประกอบกับการสัมภาษณ์ผู้บริหารและหัวหน้าแผนก จึงได้เลือกแนวทางที่จะนำมาวางแผนมาตรการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยละเอียดทั้งหมด 2 มาตรการ ใน 2 ระบบ ได้แก่ (1) ระบบปรับอากาศ 1 มาตรการ คือ การควบคุมการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) และ หอหล่อเย็น (Cooling Tower) ให้เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็น และ (2) ระบบแสงสว่าง 1 มาตรการ คือ การปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน พร้อมกับการควบคุมการใช้งานหลอดไฟให้เหมาะสม

ในส่วนและเทคโนโลยีอื่น ๆ ที่ไม่ได้ถูกเลือกมาใช้ในการจัดทำมาตรการในครั้งนี้ เนื่องจากการดำเนินงานบางส่วนเป็นสิ่งที่โรงแรมมีการดำเนินการเป็นประจำอย่างต่อเนื่อง เช่น การตรวจสอบดูแลหลอดไฟและระบบแสงสว่าง หรือ การรีไซเคิลน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วบางส่วน มาใช้ในการลดน้ำต้นไม้ เป็นต้น แต่ไม่มีการเก็บข้อมูลผลที่แน่ชัด จึงยากต่อการประเมินผลอย่างเป็นรูปธรรม ส่วนการวางแผนซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศ จะเป็นการจ้างบริษัทภายนอกที่มีความเชี่ยวชาญเข้ามาดูแลอย่างต่อเนื่อง ในลักษณะของสัญญาจ้างทุก ๆ ปี ทำให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบปรับอากาศสามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และในส่วนของ การจัดซื้อเครื่องปรับอากาศหรืออุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าให้เป็นรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงในการประหยัดพลังงานนั้น เป็นการลงทุนที่สูง ซึ่งโรงแรมยังไม่มีแผนการที่จะดำเนินการในส่วนนั้น และในส่วนของ การปรับเปลี่ยนสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ จะส่งผลกระทบต่อเครื่องจักรที่มีการใช้งานอยู่ ทำให้การดำเนินงานจริงเป็นไปได้ค่อนข้างยาก

ตารางที่ 4.16 สรุปผลการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามในการคัดเลือกแนวทางที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	เทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลด GHG	ปัจจัยในการพิจารณา และค่าถ่วงน้ำหนัก				รวมคะแนน	แผนการดำเนินงาน			ข้อเสนอแนะ
		งบประมาณ (40%)	ระยะเวลา (30%)	ความยาก-ง่าย (20%)	ผลกระทบ (10%)		ดำเนินการแล้วเสร็จ	กำลังดำเนินการ	ไม่มีแผนการ	
1. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบปรับอากาศ	1.1 ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสม	4.9	4.9	4.7	4.3	4.80	✓			สร้างตารางควบคุมการเปิด-ปิดให้ชัดเจน
	1.2 การใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง	1.9	2.6	3.3	3.5	2.55		✓		
	1.3 การวางแผนซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศ	3.7	4	3.5	4.4	3.82	✓			มีการจ้างบริษัทภายนอกที่เข้ามาดูแลในลักษณะของสัญญาจ้างรายปี
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าระบบอื่น ๆ	2.1 การจัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน	2	3.4	3.7	3.7	2.93	✓			โรงแรมจะค่อย ๆ ปรับเปลี่ยน
3. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบแสงสว่าง	3.1 เปลี่ยนมาใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน	2.8	4.1	3.9	3.9	3.52	✓			มีการตั้งงบประมาณไว้เบื้องต้น และควรดำเนินการควบคู่ไปกับการควบคุมการเปิดปิดให้เหมาะสมกับการใช้งาน
	3.2 ดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่าง	4.9	4.9	5	5	4.93	✓			มีการเช็คความพร้อมการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ
4. การบำบัดน้ำเสีย	4.1 สร้างมาตรการประหยัดน้ำ	3.6	4.1	3.5	3.9	3.76	✓			ไม่มีการเก็บข้อมูลที่แน่ชัด
	4.2 การรีไซเคิลน้ำเสีย กลับมาใช้ใหม่	4.2	3.8	4.1	4.3	4.07	✓			
5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ	5.1 การเปลี่ยนสารทำความเย็น	1.5	1.8	1.2	1.2	1.50			✓	

ดังนั้นจึงได้เลือกที่จะจัดทำมาตรการในการดำเนินงานเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใน 2 แห่ง คือ ระบบปรับอากาศ และระบบแสงสว่าง โดยแบ่งออกเป็นทั้งหมด 2 มาตรการ ซึ่งมีแผนการดำเนินงาน และงบประมาณ ดังนี้

#### 4.6.2 ระบบปรับอากาศ: การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็น

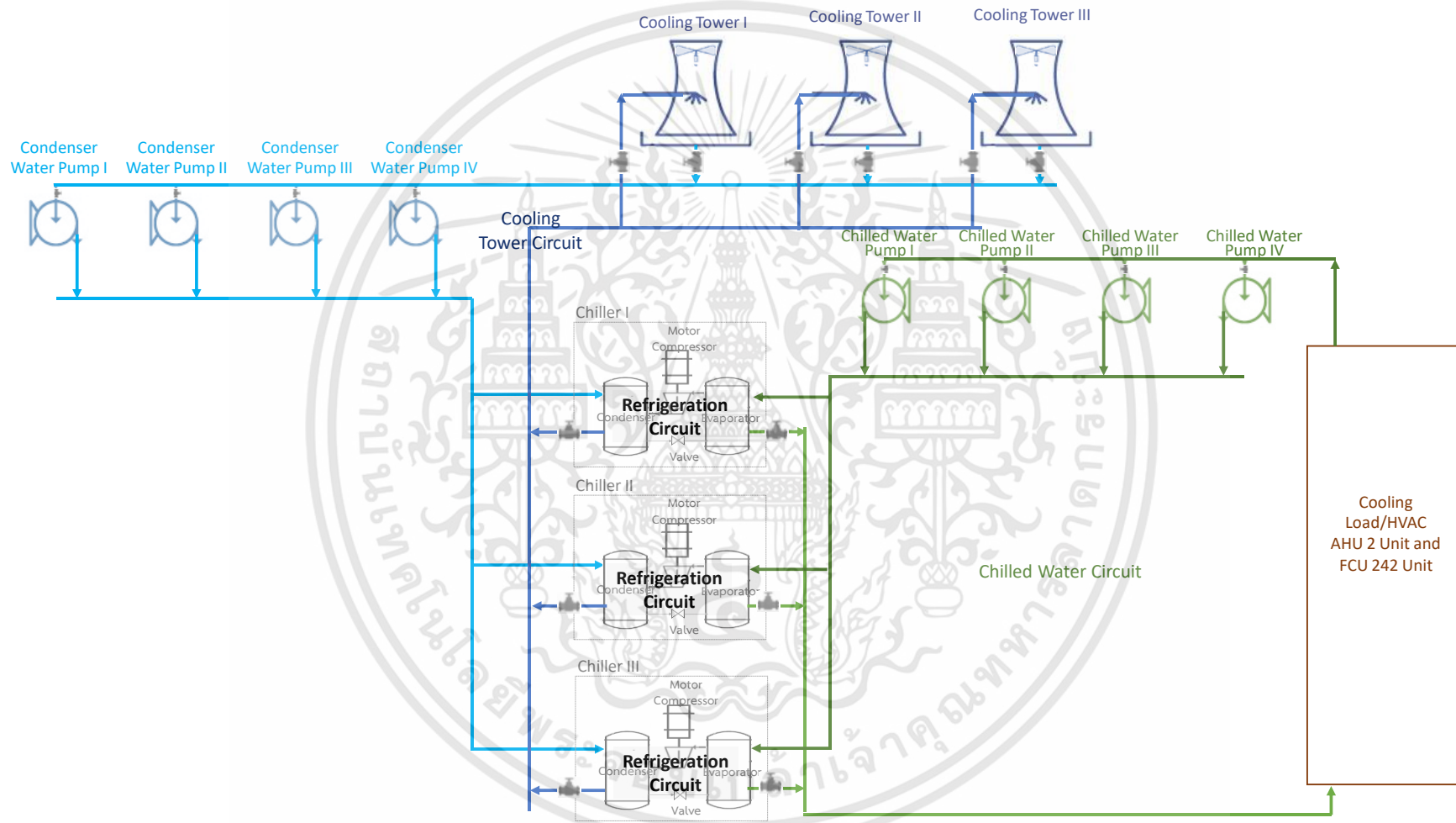
การปรับอากาศและการทำความเย็นภายในโรงแรม ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Central Air-conditioning System) โดยในปัจจุบันอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ประกอบไปด้วยเครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ (VSD Chiller) จำนวน 3 ชุด หอหล่อเย็น (Cooling Tower) ที่ใช้มอเตอร์พัดลมในการทำงานจำนวน 3 ชุด ปั๊มน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump) 4 เครื่อง แต่จะเปิดใช้งานเพียง 3 เครื่อง และอีก 1 เครื่อง เป็นเครื่องสำรองสำหรับไว้สลับกันใช้งาน ปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump) 4 เครื่อง เปิดใช้งานเพียง 3 เครื่อง และอีก 1 เครื่อง เป็นเครื่องสำรอง และเครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit, AHU) ที่ใช้งานบริเวณโถงกลาง ห้องอาหาร ห้องประชุมสัมมนาจัดเลี้ยง พื้นที่ส่วนกลาง และสำนักงาน จำนวน 2 เครื่อง และชุดคอยล์เย็น (Fan Coil Unit, FCU) ที่ใช้งานในห้องพักจำนวน 242 เครื่อง ทั้งนี้ในปัจจุบันอุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกเปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง ยกเว้นชุดคอยล์เย็นในห้องพักที่จะใช้งานเฉลี่ยเพียง 18 ชั่วโมง แผนผังการทำงานของระบบปรับอากาศโรงแรมในกรณีศึกษา แสดงในรูปที่ 4.8

และในปัจจุบันโรงแรมมีการวางแผนการบำรุงรักษาอะไหล่ปรับอากาศอย่างต่อเนื่อง โดยการจ้างบริษัทภายนอกที่เชี่ยวชาญเป็นผู้ดูแลในลักษณะสัญญาจ้างเหมา ทำให้อุปกรณ์แต่ละอย่างสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงสามารถปรับปรุงแผนการควบคุมการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) หอหล่อเย็น (Cooling Tower) ปั๊มน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump) และปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ให้เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็นในแต่ละช่วงเวลาได้ ซึ่งจะช่วยให้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็น หอหล่อเย็น และปั๊มน้ำหล่อเย็นลดลง ทั้งนี้ลักษณะการใช้งานของระบบปรับอากาศของโรงแรมในบริเวณต่าง ๆ จะขึ้นอยู่กับการใช้บริการของลูกค้าและการทำงานของพนักงาน โดยสามารถแบ่งพื้นที่ที่ต้องการการปรับอากาศออกเป็นทั้งหมด 6 พื้นที่ ดังนี้

1) สำนักงาน เป็นพื้นที่การทำงานในแผนกต่าง ๆ มีพื้นที่ประมาณร้อยละ 5 ประกอบด้วยแผนกวิศวกรรมและซ่อมบำรุง แผนกต้อนรับ แผนกการเงินและการบัญชี แผนกทรัพยากรบุคคล และแผนกการตลาดและประชาสัมพันธ์ การปรับอากาศในบริเวณพื้นที่นี้จะใช้เครื่องส่งลมเย็น (AHU) มีลักษณะการใช้งาน คือ แผนกต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะมีการทำงานในวันจันทร์ถึงศุกร์ เวลา 08.00 – 18.00 น. ยกเว้นแผนกวิศวกรรมและซ่อมบำรุง และแผนกต้อนรับที่จะมีพนักงานทำงานทุกวันตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งทั้งสองแผนกมีพื้นที่ประมาณร้อยละ 2 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังนั้นจึงสามารถแบ่งการควบคุมการใช้งานระบบปรับอากาศในส่วนนี้ได้ 2 ลักษณะ คือ

- พื้นที่ร้อยละ 2 ต้องการการทำความเย็นตลอด 24 ชั่วโมงในทุกวัน
- พื้นที่ร้อยละ 3 ต้องการทำความเย็นในช่วงเวลา 08.00 – 18.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แผนผังการทำงานของระบบปรับอากาศของโรงแรม กรณีศึกษา

2) ห้องครัวและห้องอาหาร เป็นพื้นที่บริการอาหาร เพื่อรองรับการใช้บริการของลูกค้าที่มาพักในโรงแรม ลูกค้าที่มาใช้บริการจัดเลี้ยงและจัดประชุมสัมมนา รวมถึงลูกค้าที่มาทางอาหารที่โรงแรม โดยเฉพาะ โดยมีทั้งหมด 3 ห้องครัว และ 3 ห้องอาหาร มีพื้นที่รวมประมาณร้อยละ 6 ของพื้นที่ทั้งหมด การปรับอากาศในบริเวณพื้นที่นี้จะใช้เครื่องส่งลมเย็น (AHU) มีลักษณะการใช้งาน คือ ห้องครัวและห้องอาหารเปิดให้บริการทุกวัน โดยห้องครัวและห้องอาหารชั้นที่ 1 และ 2 มีการใช้งานในช่วงเวลา 09.00 - 23.00 น. ในส่วนของห้องครัวและห้องอาหารในชั้นที่ 4 จะใช้งานในช่วงเวลา 05.00 - 23.00 น. ทั้งนี้พื้นที่ห้องครัวและห้องอาหารในชั้นที่ 1 จะมีพื้นที่มากที่สุด คิดเป็นประมาณร้อยละ 3 ของพื้นที่ทั้งหมด ในส่วนของชั้นที่ 2 และ 4 มีพื้นที่เท่ากัน ดังนั้นจึงสามารถแบ่งการควบคุมการใช้งานระบบปรับอากาศในส่วนนี้ได้ 2 ลักษณะ คือ

- พื้นที่ร้อยละ 4.5 (ห้องครัวและห้องอาหารชั้นที่ 1 และ 2) ต้องการการทำความเย็นในช่วง 09.00 – 23.00 น. ในทุกวัน
- พื้นที่ร้อยละ 1.5 (ห้องครัวและห้องอาหารชั้นที่ 4) ต้องการทำความเย็นในช่วงเวลา 05.00 - 23.00 น. ในทุกวัน

3) พื้นที่ส่วนกลางทั้งหมด ซึ่งประกอบไปด้วยโถงกลาง พื้นที่หน้าลิฟต์ ห้องน้ำชั้นที่ 1 - 4 และ 16 ห้องออกกำลังกาย ห้องปฏิบัติการสัตวศาสตร์ มีพื้นที่รวมประมาณร้อยละ 15 การปรับอากาศในบริเวณพื้นที่นี้จะใช้เครื่องส่งลมเย็น (AHU) เพื่อทำความเย็นในบริเวณต่าง ๆ ทั้งนี้พื้นที่ในส่วนนี้จะต้องมีการทำความเย็นตลอด 24 ชั่วโมงในทุก ๆ วัน เพื่อรองรับการใช้งานของลูกค้าที่เข้ามาใช้บริการ โดยในเวลา 21.00 – 07.00 น. จะมีการปิดบางส่วนประมาณร้อยละ 5 ของพื้นที่ทั้งหมด เนื่องจากมีลูกค้าใช้บริการน้อยกว่าช่วงกลางวัน

4) ห้องจัดเลี้ยง เป็นพื้นที่การจัดเลี้ยงต่าง ๆ เช่น งานแต่งงาน หรืองานปาร์ตี้ต่าง ๆ รวมถึงงานประชุมขนาดใหญ่ คิดเป็นพื้นที่ประมาณร้อยละ 10 การปรับอากาศในบริเวณพื้นที่นี้จะใช้เครื่องส่งลมเย็น (AHU) ลักษณะการใช้งาน คือ มีการใช้งานระบบปรับอากาศในช่วงเวลา 07.00 – 23.00 น. โดยแบ่งออกเป็นการจัดเลี้ยงช่วงเช้าในเวลา 8.00 - 14.00 น. และ การจัดเลี้ยงช่วงเย็นในเวลา 16.00 - 22.00 น. ในช่วงที่มีการจัดงานจะต้องใช้เครื่องปรับอากาศเต็มพื้นที่ และในช่วงเวลาอื่น ๆ ที่เป็นเวลาการจัดเตรียมงานจะถูกเปิดใช้เพียงบางส่วนประมาณร้อยละ 5 ของพื้นที่ ทั้งนี้ห้องจัดเลี้ยงจะถูกใช้งานประมาณ 20 วันต่อเดือน และในวันที่เหลือจะไม่มีการใช้งาน

5) ห้องประชุมและสัมมนา เป็นพื้นที่สำหรับการจัดงานประชุมและสัมมนาของหน่วยงานบริษัท หรือองค์กรที่มาเช่าพื้นที่ ซึ่งโรงแรมมีห้องประชุมสำหรับให้บริการจำนวน 5 ห้อง คิดเป็นพื้นที่ประมาณร้อยละ 6 ทั้งนี้การปรับอากาศในบริเวณพื้นที่นี้จะใช้เครื่องส่งลมเย็น (AHU) มีลักษณะการใช้งาน คือ มีการใช้งานในช่วงเวลา 07.00 - 17.00 น. ทั้งนี้ห้องประชุมและสัมมนาจะถูกใช้งานประมาณ 20 วันต่อเดือน และในวันที่เหลือจะไม่มีการใช้งาน

6) ห้องพัก เป็นพื้นที่สำหรับการพักผ่อนของลูกค้ำที่มาใช้บริการลูกโรงแรม ซึ่งบริเวณห้องพัก จะอยู่ชั้นที่ 5 – 15 รวมทั้งสิ้น 242 ห้อง รวมมีพื้นที่ร้อยละ 55 ทั้งนี้การปรับอากาศในแต่ละห้องจะใช้ ชุดคอยล์เย็น (FCU) ในการทำความเย็นภายในห้องพัก มีลักษณะการใช้งาน คือ มีการเปิดใช้งาน เครื่องปรับอากาศเฉลี่ย 12 ชั่วโมงต่อวัน แต่จะไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจนจะถูกใช้ในระยะเวลาใดบ้าง เนื่องจากโรงแรมเปิดให้สามารถเช็คอินได้ตั้งแต่ 15.00 น. และเช็คอินก่อนเวลา 10.00 น. ทำให้ใน ระยะเวลาดังกล่าว (15.00 – 10.00 น.) จะต้องมีการทำความเย็นอย่างเพียงพอ โดยจะต้องมี ความสามารถในการทำความเย็น 100% ในเวลา 20.00 – 08.00 น. และในช่วงเวลาอื่น ๆ ต้องการทำความเย็นให้ได้ 70% ก็เพียงพอ เนื่องจากโดยปกติแล้วลูกค้ำที่เข้ามาใช้บริการมักจะกลับมาเข้าห้องพัก หลัง 20.00 น. และเช็คอินออกในเวลา 08.00 น. ดังนั้นจึงสามารถเฉลี่ยชั่วโมงการทำงานของชุด คอยล์เย็น (FCU) ได้ที่ 12 ชั่วโมงต่อวันต่อห้อง

ทั้งนี้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็น ได้ตั้งสมมติฐานว่า อุปกรณ์แต่ละชุดสามารถทำความเย็นได้ร้อยละ 33 ของพื้นที่ ทั้งหมด เนื่องจากโรงแรม ในกรณีศึกษา มีเครื่องทำน้ำเย็นทั้งหมด 3 ชุด โดยสามารถสรุปข้อมูลความต้องการใช้ระบบปรับอากาศ และจำนวนการเปิดใช้งานเครื่องทำน้ำเย็น หอหล่อเย็น บัมพ์น้ำหล่อเย็น และบัมพ์น้ำเย็น โดยมีรายละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ค. และสรุปข้อมูลได้ในตารางที่ 4.17 แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1. วันที่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา เป็นเวลาประมาณ 20 วันต่อเดือน รวม 240 วัน
2. วันที่ไม่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา เป็นเวลาประมาณ 10 วันต่อเดือน รวม 125 วัน

ตารางที่ 4.17 สรุปพื้นที่ที่ต้องการใช้ระบบปรับอากาศ และจำนวนอุปกรณ์ในระบบที่จำเป็นต้องเปิดใช้งานในแต่ละช่วงเวลา ของโรงแรม ในกรณีศึกษา

เวลา	ใช้ห้องจัดเลี้ยง		ไม่ใช้ห้องจัดเลี้ยง	
	พื้นที่ที่ใช้งาน (% of total)	จำนวนอุปกรณ์ (ชุด)	พื้นที่ที่ใช้งาน (% of total)	จำนวนอุปกรณ์ (ชุด)
24.00 – 01.00 น.	62	2	62	2
01.00 – 02.00 น.	62	2	62	2
02.00 – 03.00 น.	62	2	62	2
03.00 – 04.00 น.	62	2	62	2
04.00 – 05.00 น.	62	2	62	2
05.00 – 06.00 น.	63.5	2	63.5	2
06.00 – 07.00 น.	63.5	2	63.5	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 สรุปพื้นที่ที่ต้องการใช้ระบบปรับอากาศ และจำนวนอุปกรณ์ในระบบที่จำเป็นต้องเปิดใช้งานในแต่ละช่วงเวลา ของโรงแรม ในกรณีศึกษา (ต่อ)

เวลา	ใช้ห้องจัดเลี้ยง		ไม่ใช้ห้องจัดเลี้ยง	
	พื้นที่ที่ใช้งาน (% of total)	จำนวนอุปกรณ์ (ชุด)	พื้นที่ที่ใช้งาน (% of total)	จำนวนอุปกรณ์ (ชุด)
07.00 – 08.00 น.	84.5	3	73.5	3
08.00 – 09.00 น.	76	3	60	2
09.00 – 10.00 น.	80.5	3	64.5	2
10.00 – 11.00 น.	42	2	26	1
11.00 – 12.00 น.	42	2	26	1
12.00 – 13.00 น.	42	2	26	1
13.00 – 14.00 น.	42	2	26	1
14.00 – 15.00 น.	37	2	26	1
15.00 – 16.00 น.	75.5	3	64.5	2
16.00 – 17.00 น.	80.5	3	64.5	2
17.00 – 18.00 น.	80.5	3	64.5	2
18.00 – 19.00 น.	74.5	3	64.5	2
19.00 – 20.00 น.	71.5	3	61.5	2
20.00 – 21.00 น.	88	3	78	3
21.00 – 22.00 น.	78	3	68	3
22.00 – 23.00 น.	67	3	62	2
23.00 – 24.00 น.	62	2	62	2

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น และจำนวนอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศอย่างน้อยที่จะต้องเปิดใช้งานดังตารางข้างต้นแล้ว จะทำให้สามารถกำหนดและควบคุมเวลาการเปิด - ปิดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) หอหล่อเย็น (Cooling Tower, CT) ปั๊มน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump, CDP) และปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump, CHP) ได้ ดังแสดงรายละเอียดของเวลาการเปิด - ปิดอุปกรณ์ในแต่ละช่วงเวลาไว้ในตารางที่ 4.18 และ 4.19 โดยสามารถสรุปจำนวนเวลาการเปิด - ปิดอุปกรณ์แต่ละชุดได้ดังตารางที่ 4.20 ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 แผนการได้แก่

1. วันที่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา
2. วันที่ไม่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 เวลาการเปิด-ปิดอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ: วันที่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา

พื้นที่	การเปิด - ปิด อุปกรณ์ (สัญลักษณ์ ✓ คือเปิดใช้งาน)						รวมเวลาการทำงานต่อวัน
	23.00 - 03.00 น.	03.00 - 07.00 น.	07.00 - 11.00 น.	11.00 - 15.00 น.	15.00 - 19.00 น.	19.00 - 23.00 น.	
<b>1. Chiller</b>							
1.1 Chiller 1	✓		✓	✓	✓	✓	20 hr/day
1.2 Chiller 2	✓	✓	✓		✓	✓	20 hr/day
1.3 Chiller 3		✓	✓	✓	✓	✓	20 hr/day
<b>2. Cooling Tower</b>							
2.1 Cooling Tower 1	✓		✓	✓	✓	✓	20 hr/day
2.2 Cooling Tower 2	✓	✓	✓		✓	✓	20 hr/day
2.3 Cooling Tower 3		✓	✓	✓	✓	✓	20 hr/day
<b>3. Condenser Water Pump</b>							
3.1 Condenser Water Pump 1	✓	✓	✓			✓	16 hr/day
3.2 Condenser Water Pump 2	✓	✓	✓		✓		16 hr/day
3.3 Condenser Water Pump 3			✓	✓	✓	✓	16 hr/day
3.4 Condenser Water Pump 4				✓	✓	✓	12 hr/day
<b>4. Chilled Water Pump</b>							
4.1 Chilled Water Pump 1	✓	✓	✓			✓	16 hr/day
4.2 Chilled Water Pump 2	✓	✓	✓		✓		16 hr/day
4.3 Chilled Water Pump 3			✓	✓	✓	✓	16 hr/day
4.4 Chilled Water Pump 4				✓	✓	✓	12 hr/day

ตารางที่ 4.19 เวลาการเปิด-ปิดระบบปรับอากาศ: วันที่ไม่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา

พื้นที่	การเปิด - ปิด อุปกรณ์ (สัญลักษณ์ ✓ คือเปิดใช้งาน)						รวมเวลาการทำงานต่อวัน
	23.00 - 03.00 น.	03.00 - 07.00 น.	07.00 - 11.00 น.	11.00 - 15.00 น.	15.00 - 19.00 น.	19.00 - 23.00 น.	
<b>1. Chiller</b>							
1.1 Chiller 1	✓		✓		✓	✓	16 hr/day
1.2 Chiller 2	✓	✓	✓	✓		✓	20 hr/day
1.3 Chiller 3		✓	✓		✓	✓	16 hr/day
<b>2. Cooling Tower</b>							
2.1 Cooling Tower 1	✓		✓		✓	✓	16 hr/day
2.2 Cooling Tower 2	✓	✓	✓	✓		✓	20 hr/day
2.3 Cooling Tower 3		✓	✓		✓	✓	16 hr/day
<b>3. Condenser Water Pump</b>							
3.1 Condenser Water Pump 1		✓	✓		✓		12 hr/day
3.2 Condenser Water Pump 2		✓	✓			✓	12 hr/day
3.3 Condenser Water Pump 3	✓			✓		✓	12 hr/day
3.4 Condenser Water Pump 4	✓		✓		✓	✓	16 hr/day
<b>4. Chilled Water Pump</b>							
4.1 Chilled Water Pump 1		✓	✓		✓		12 hr/day
4.2 Chilled Water Pump 2		✓	✓			✓	12 hr/day
4.3 Chilled Water Pump 3	✓			✓		✓	12 hr/day
4.4 Chilled Water Pump 4	✓		✓		✓	✓	16 hr/day

ตารางที่ 4.20 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของโรงแรม ในกรณีศึกษา เมื่อดำเนินงานตามมาตรการ

แผนการ	อุปกรณ์/ เครื่องจักร	ขนาดของ เครื่องจักร (kW)	แฟกเตอร์การ ทำงานของ เครื่องจักร	จำนวน อุปกรณ์ (Unit)	จำนวนเวลา การใช้งานต่อ วัน (Hours)	จำนวนวันใช้ งานต่อปี (วัน/ปี)	อัตราการใช้ ไฟฟ้าต่อปี (kW.hr/year)	อัตราค่า ไฟฟ้าต่อปี (บาท)
1. วันที่มีการใช้ห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา	Chiller	169.342	0.4	2	20	240	650,273.28	2,145,901.82
				1	20	240	325,136.64	1,072,950.91
	Cooling Tower	55	0.4	2	20	240	211,200.00	696,960.00
				1	20	240	105,600.00	348,480.00
	Condenser Water Pump	30	0.4	3	16	240	138,240.00	456,192.00
				1	12	240	34,560.00	114,048.00
	Chilled Water Pump	30	0.4	3	16	240	138,240.00	456,192.00
				1	12	240	34,560.00	114,048.00
	AHU	7.5	-	2	24	240	86,400.00	285,120.00
	FCU	0.132	-	242	12	240	91,998.72	303,595.78

ตารางที่ 4.20 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศของโรงแรม ในกรณีศึกษา เมื่อดำเนินงานตามมาตรการ (ต่อ)

แผนการ	อุปกรณ์/ เครื่องจักร	ขนาดของ เครื่องจักร (kW)	แฟกเตอร์การ ทำงานของ เครื่องจักร	จำนวน อุปกรณ์ (Unit)	จำนวนเวลา การใช้งานต่อ วัน (Hours)	จำนวนวันใช้ งานต่อปี (วัน/ปี)	อัตราการใช้ ไฟฟ้าต่อปี (kW.hr/year)	อัตราค่า ไฟฟ้าต่อปี (บาท)
2. วันที่ไม่ใช้ห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา	Chiller	169.342	0.4	2	16	125	270,947.20	894,125.76
				1	20	125	169,342.00	558,828.60
	Cooling Tower	55	0.4	2	16	125	88,000.00	290,400.00
				1	20	125	55,000.00	181,500.00
	Condenser Water Pump	30	0.4	3	12	125	54,000.00	178,200.00
				1	16	125	24,000.00	79,200.00
	Chilled Water Pump	30	0.4	3	12	125	54,000.00	178,200.00
				1	16	125	24,000.00	79,200.00
	AHU	7.5	-	2	24	125	45,000.00	148,500.00
	FCU	0.132	-	242	12	125	47,916.00	158,122.80
รวมการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ หลังการปรับปรุงเวลาการเปิด-ปิดอุปกรณ์ให้เหมาะสม							2,648,413.84	8,739,765.67

หมายเหตุ: ราคาค่าไฟโดยเฉลี่ยประมาณ 3.3 บาท/หน่วย โดยอ้างอิงตามค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงแรม ในกรณีศึกษา

### การคำนวณผลการประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศ หลังการปรับปรุง

การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็น จะทำให้สามารถประหยัดพลังงานลงได้ถึงร้อยละ 20 ซึ่งคิดเป็นอัตราการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศหลังการปรับปรุง 2,648,413.84 kW.hr/year เป็นค่าใช้จ่าย 8,739,765.67 บาท/ปี

#### **ผลที่ประหยัดได้**

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เดิม - พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง

$$= 3,330,275.18 - 2,648,413.84$$

$$= 681,861.34 \text{ kW.hr/ปี}$$

ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = ค่าไฟฟ้าเดิม - ค่าไฟฟ้าหลังปรับปรุง

$$= 10,989,908.11 - 8,739,765.67$$

$$= 2,250,142.44 \text{ บาท/ปี}$$

ทั้งนี้ในการปรับเปลี่ยนการเปิด-ปิดอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบปรับอากาศให้สอดคล้องกับความต้องการในการทำความเย็นนั้น จะต้องมีการประเมินค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นและค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นให้เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด ทั้งในกรณีที่เปิดใช้งานจำนวน 1, 2 และ 3 ชุด โดยในการคำนวณนั้นจำเป็นต้องมีการตรวจวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่จะต้องใช้ในการคำนวณ ซึ่งสามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 4.21 และสามารถประเมินค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) ได้จาก

$$\text{COP} = \frac{\eta_{AHU} Q_L \text{ (kW)}}{W \text{ (kW)}}$$

$$\text{COP} = \frac{\eta_{AHU} (\dot{m} c_p (\Delta T))}{W}$$

$$\text{COP} = \frac{\eta_{AHU} (\rho \dot{V} c_p (\Delta T))}{W}$$

และประเมินค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น ได้จาก

$$\text{ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น} = \frac{W \text{ (kW)}}{\eta_{AHU} Q_L \text{ (Ton)}}$$

$$\text{ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น} = \frac{W \text{ (kW)}}{\eta_{AHU} (1.19 \times F \times (T_{in} - T_{out}))}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 ตัวแปรที่ใช้สำหรับการประเมินสมรรถนะของระบบปรับอากาศ หลังดำเนินการ

ตัวแปร	หน่วย	ค่าที่ได้จากการตรวจวัด
1. การใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ (ต่อ 1 เครื่อง)		
1.1 Chiller	kW	67.74
1.2 Cooling Tower	kW	22.00
1.3 Condenser Water pump	kW	12.00
1.4 Chilled Water pump	kW	12.00
1.5 AHU	kW	7.50
1.6 FCU	kW	0.132
2. อัตราการไหลของน้ำ ( $\dot{V}$ ) (ต่อเครื่องสูบน้ำเย็น 1 เครื่อง)		
	m <sup>3</sup> /s	0.037
	l/s	37.0
3. อุณหภูมิน้ำเข้า ( $T_{in}$ )		
3.1 เปิดใช้งานอุปกรณ์ในระบบ 1 ชุด	°C	13.0
3.2 เปิดใช้งานอุปกรณ์ในระบบ 2 ชุด	°C	12.9
3.3 เปิดใช้งานอุปกรณ์ในระบบ 3 ชุด	°C	12.7
4. อุณหภูมิน้ำออก ( $T_{out}$ )		
4.1 เปิดใช้งานอุปกรณ์ในระบบ 1 ชุด	°C	7.9
4.2 เปิดใช้งานอุปกรณ์ในระบบ 2 ชุด	°C	7.5
4.3 เปิดใช้งานอุปกรณ์ในระบบ 3 ชุด	°C	7.2
5. ตัวแปรอื่น ๆ สำหรับการคำนวณ ที่อุณหภูมิเฉลี่ย		
5.1 เปิดใช้งานอุปกรณ์ในระบบ 1 ชุด ( $T_{avg} = 10.45$ °C)		
- ความหนาแน่นของน้ำ ( $\rho$ )	kg/m <sup>3</sup>	998.7460
- ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ ( $C_p$ )	kJ/kg.K	4.2033
5.2 เปิดใช้งานอุปกรณ์ในระบบ 2 ชุด ( $T_{avg} = 10.20$ °C)		
- ความหนาแน่นของน้ำ ( $\rho$ )	kg/m <sup>3</sup>	998.7760
- ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ ( $C_p$ )	kJ/kg.K	4.2037
5.3 เปิดใช้งานอุปกรณ์ในระบบ 3 ชุด ( $T_{avg} = 9.95$ °C)		
- ความหนาแน่นของน้ำ ( $\rho$ )	kg/m <sup>3</sup>	998.8060
- ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ ( $C_p$ )	kJ/kg.K	4.2041
6. ประสิทธิภาพของ AHU ( $\eta_{AHU}$ )		
	%	95

ดังนั้นจึงสามารถนำตัวแปรต่าง ๆ มาใช้ในการคำนวณความสามารถในการทำความเย็น ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) และค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันทำความเย็น (kW/Ton) เพื่อเปรียบเทียบกับข้อกำหนดของกระทรวงพลังงานได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตัวอย่างการคำนวณ

กรณีที่เปิดอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศจำนวน 2 ชุด อุณหภูมิอากาศเข้าและขาออกของน้ำเท่ากับ 12.9 และ 7.5 °C ตามลำดับ ซึ่งสามารถหาค่าความหนาแน่น และค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิเฉลี่ยได้เท่ากับ 998.7760 kg/m<sup>3</sup> และ 4.2037 kJ/kg.K ประสิทธิภาพของ AHU เท่ากับ 95% ดังนั้นสามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) และค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/Ton) ได้จาก

$$W \text{ (kW)} = \text{Total of Work Input to System}$$

$$W = (2 \times 67.74) + (2 \times 22) + (2 \times 12) + (2 \times 12) + (2 \times 7.5) + (242 \times 0.132)$$

$$W = 274.42 \text{ kW}$$

$$COP = \frac{\eta_{AHU} Q_L}{W} = \frac{\eta_{AHU} (\dot{m} c_p (\Delta T))}{W} = \frac{\eta_{AHU} (\rho \dot{V} c_p (\Delta T))}{W}$$

$$COP = \frac{0.95 \times ((998.7760)(2 \times 0.037)(4.2037)(12.9 - 7.5))}{274.42} = 5.81$$

$$\text{ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น} = \frac{W \text{ (kW)}}{\eta_{AHU} Q_L \text{ (Ton)}} = \frac{W \text{ (kW)}}{\eta_{AHU} (1.19 \times F \times (T_{in} - T_{out}))}$$

$$\text{ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น} = \frac{274.42}{0.95 \times (1.19 \times (2 \times 37) \times (12.9 - 7.5))} = 0.61$$

ดังนั้น จะเห็นได้ว่า ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น เท่ากับ 0.61 kW/Ton มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (0.62 kW/Ton)

ตารางที่ 4.22 การคำนวณค่าของระบบปรับอากาศที่ใช้ในโรงแรม หลังการดำเนินการตามมาตรการ

กรณีของการเปิดใช้งานอุปกรณ์ในระบบ	1 ชุด	2 ชุด	3 ชุด
ความสามารถในการทำความเย็น (kW)	752.56	1,593.85	2,435.35
พลังงานไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่ระบบ (kW)	160.68	274.42	388.15
<b>ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP)</b>	<b>4.68</b>	<b>5.81</b>	<b>6.27</b>
พลังงานไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่ระบบ (kW)	160.68	274.42	388.15
ความสามารถในการทำความเย็น (Ton)	213.33	451.75	690.17
<b>ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/Ton)</b>	<b>0.75</b>	<b>0.61</b>	<b>0.56</b>
เกณฑ์ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/Ton) [12]	0.76	0.62	0.62
ผ่าน/ไม่ผ่าน	√	√	√

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้จากการประเมินค่าประสิทธิภาพหรือสมรรถนะของระบบปรับอากาศที่ใช้ในโรงแรม หลังการดำเนินตามมาตรการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็น พบว่า ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/Ton) เป็นไปตามข้อกำหนดของกระทรวงพลังงาน อีกทั้งยังมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) อยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างสูง แสดงว่าหลังจากดำเนินมาตรการแล้ว ระบบยังคงทำงานได้ดี และตอบสนองต่อความต้องการในการใช้ระบบปรับอากาศของทั้งโรงแรมได้ ซึ่งในการดำเนินมาตรการการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็นนี้ จะทำให้สามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศได้ถึง 681,861.34 kWh/ปี ลดลงจากเดิมคิดเป็นร้อยละ 20 โดยไม่จำเป็นต้องลงทุนเพิ่มแต่อย่างใด อาศัยเพียงการทำงานของพนักงานแผนกวิศวกรรมและการซ่อมบำรุงเท่านั้น ที่จะต้องทำหน้าที่ในการเปิด - ปิด การใช้งานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ แต่อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องดำเนินการทางด้าน การบำรุงรักษาระบบปรับอากาศอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะดำเนินงานโดยการจ้างบริษัทภายนอกที่เชี่ยวชาญเป็นผู้ดูแลในลักษณะสัญญาจ้างเหมา เพื่อให้อุปกรณ์แต่ละอย่างสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ 214,000 บาทต่อปี โดยรายละเอียดและขอบเขตในการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศอ้างอิงไว้ในภาคผนวก จ. และสามารถแสดงรายละเอียดของการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์แต่ละอย่างในระบบปรับอากาศก่อนและหลังดำเนินตามมาตรการได้ ดังตารางที่ 4.23

**ตารางที่ 4.23 ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ**

อุปกรณ์	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง		ลดการใช้ไฟฟ้า	
	kWh/ปี	บาท/ปี	kWh/ปี	บาท/ปี	kWh/ปี	บาท/ปี
Chiller	1,780,123	5,874,406	1,415,699	4,671,807	364,424	1,202,599
Cooling Tower	578,160	1,907,928	459,800	1,517,340	118,360	390,588
Condenser Water pump	315,360	1,040,688	250,800	827,640	64,560	213,048
Chilled Water pump	315,360	1,040,688	250,800	827,640	64,560	213,048
AHU	131,400	433,620	131,400	433,620	-	-
FCU	209,872	692,578	139,915	461,719	69,957	230,859
รวม	3,330,275	10,989,908	2,648,414	8,739,766	681,861	2,250,142

#### 4.6.3 ระบบแสงสว่าง: การปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน และการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง

ในปัจจุบันโรงแรมมีการใช้งานหลอดไฟอยู่ 3 ชนิดหลัก คือ 1) หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W ใช้ในห้องสำนักงาน ที่จอดรถ บันไดหนีไฟ และพื้นที่บริเวณโดยรอบโรงแรม 2) LED PL-C 12 W ใช้ในห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุม ห้องพัก ห้องอาหาร และบริเวณโถงกลาง และ 3) Flood Light LED 150 W ใช้ในชั้น 16 ที่เป็นดาดฟ้า และชั้น 5 - 15 สำหรับเปิดในเวลาากลางคืน เพื่อส่องสว่างให้เห็นตึกโรงแรม โดยในการปรับปรุงเพื่อให้เกิดประหยัดพลังงานนั้น จะดำเนินการเปลี่ยนแปลงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอดไฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W จำนวนทั้งหมด 476 หลอด ให้เป็นหลอดไฟ LED T8 ขนาด 18 W ซึ่งจะถูกใช้ในบริเวณห้องสำนักงาน ห้องครัว ที่จอดรถ บ้านโดหน้าไฟ และพื้นที่บริเวณโดยรอบ โรงแรม โดยทางโรงแรมมีการใช้งานของหลอดไฟของบริษัท อีฟ ไลท์ติ้ง จำกัด ที่จัดจำหน่ายหลอดไฟ ยี่ห้อ อีฟ ไลท์ติ้ง เป็นหลัก ดังนั้นหลอดแอลอีดีที่จะนำมาปรับเปลี่ยน จึงเลือกใช้หลอดไฟของยี่ห้อ อีฟ ไลท์ติ้ง เช่นกัน ทำให้สามารถอ้างอิงรายละเอียดของหลอดไฟ (Specification) ทั้ง 3 ชนิด คือ

- 1) หลอดแอลอีดีรุ่น LED T8 tube ขนาด 18 W
  - ค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างมากกว่า 120 ลูเมนต่อวัตต์
  - มุมกระจายแสงของหลอดไม่น้อยกว่า 150 องศา
  - ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) 0.95
  - ระดับการกันน้ำกันฝุ่น IP33 เหมาะสำหรับใช้ภายในอาคาร
  - ฝาครอบ (Cover) ทำจากวัสดุโพลีคาร์บอเนตสีขาวขุ่น ไม่นำไฟเกรด UL94 เกรด Vo
  - อายุการใช้งานยาวนานถึง 50,000 ชั่วโมง
  - สามารถใช้ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กเดิมได้
  - ผ่านมาตรฐานการจำกัดการใช้สารอันตราย RoHS
  - ผ่านมาตรฐานทดสอบความปลอดภัยของหลอดไฟ EN/IEC61347-2-1
- 2) LED PL-C ขนาด 12 W
  - ให้ความสว่างสูงถึง 1,000 ลูเมน 83 ลูเมนต่อวัตต์ (รุ่น 12 วัตต์)
  - อุณหภูมิสี 6,500 K
  - ปิดติดทันที ไม่มีกระพริบ ไม่มีสารปรอท ไม่มีแสง UV ที่เป็นอันตราย
  - ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) 0.5
  - IP20 เหมาะสำหรับใช้ภายในอาคาร
  - อายุการใช้งานยาวนานถึง 25,000 ชั่วโมง
  - อุณหภูมิใช้งาน -10 ถึง 45 องศาเซลเซียส
- 3) Flood Light LED ขนาด 150 W
  - ให้ความสว่างสูงถึง 18,000 ลูเมน 90 ลูเมนต่อวัตต์ (รุ่น 200 วัตต์)
  - อุณหภูมิสี 6,500K แสงขาว และ 3,000K แสงเหลืองนวลตา
  - ปิดติดทันที ไม่มีกระพริบ ไม่มีสารปรอท ไม่มีแสง UV ที่เป็นอันตราย
  - ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) 0.95
  - IP65 เหมาะสำหรับใช้ภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อายุการใช้งานยาวนานถึง 30,000 ชั่วโมง
- อุณหภูมิใช้งาน -20 ถึง 45 องศาเซลเซียส

แต่ถึงอย่างไร ก่อนที่จะดำเนินการปรับเปลี่ยนหลอดไฟจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W มาเป็นหลอดแอลอีดีขนาด 18 W จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงเกณฑ์การออกแบบแสงสว่าง ซึ่งจะต้องมีความสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งานด้วย โดยสามารถคำนวณค่าความสว่างได้จาก

$$E = N \times F \times U \times M / A \quad (4.1)$$

โดยที่

E	=	ความสว่าง มีหน่วยเป็นลักซ์ (lux, lx)
N	=	จำนวนหลอด
F	=	ฟลักซ์การส่องสว่าง มีหน่วยเป็น lumen (lm)
U	=	สัมประสิทธิ์การใช้แสงสว่าง (Coefficient of Utilization)
M	=	สัมประสิทธิ์การบำรุงรักษา (Maintenance Factor)
A	=	พื้นที่บริเวณทำงานของห้อง มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m <sup>2</sup> )

จากสูตรการคำนวณจะสังเกตเห็นได้ว่าค่าความสว่างนั้น ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่การใช้งาน ฟลักซ์การส่องสว่าง รวมไปถึงสัมประสิทธิ์การใช้แสงสว่าง และสัมประสิทธิ์การบำรุงรักษา โดยในแต่ละพื้นที่การใช้งานจะมีเกณฑ์ของค่าความสว่างที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ค่าความสว่างของโรงแรม ในกรณีศึกษา หากเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟแอลอีดีขนาด 18 W แสดงได้ดังตารางที่ 4.24

#### ตัวอย่างการคำนวณ

สำนักงาน ต้องการความสว่างอย่าง 300 lux โดยโรงแรม ในกรณีศึกษานี้ มีพื้นที่สำนักงานของแผนกวิศวกรรมและซ่อมบำรุง 80 m<sup>2</sup> มีการติดตั้งหลอดไฟจำนวน 24 หลอด หลอดไฟแอลอีดีขนาด 18 W ของอีฟ ไลท์ติ้ง มีฟลักซ์การส่องสว่าง 2,160 lumen ทั้งนี้สัมประสิทธิ์การใช้แสงสว่าง และสัมประสิทธิ์การบำรุงรักษา มีค่าเท่ากับ 0.6 และ 0.8 ตามลำดับ สามารถคำนวณค่าความสว่างของพื้นที่สำนักงานได้ ดังนี้

$$E = \frac{N \times F \times U \times M}{A}$$

$$E = \frac{24 \times 2,160 \times 0.6 \times 0.8}{80}$$

$$E = 311 \text{ lux}$$

ดังนั้น จะเห็นได้ว่า

ค่าความสว่างที่คำนวณได้ เท่ากับ 311 lux ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (300 lux)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 การคำนวณค่าความสว่างของแต่ละพื้นที่ หากมีการดำเนินการปรับเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 W เป็นแอลอีดี 18 W

พื้นที่	ขนาดของพื้นที่ (m <sup>2</sup> )	ชนิดของหลอดไฟ	ขนาดหลอดไฟ (watt)	จำนวนหลอดไฟ (หลอด)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lumen)	สัมประสิทธิ์การใช้แสงสว่าง	สัมประสิทธิ์การบำรุงรักษา	ความสว่าง (lux)	เกณฑ์ความสว่าง (lux) [14]	ผ่าน/ไม่ผ่าน
1. สำนักงาน	1.1 แผนกวิศวกรรมและซ่อมบำรุง	LED T8	18	24	2,160	0.6	0.8	311	300	✓
	1.2 แผนกการเงิน	LED T8	18	24	2,160	0.6	0.8	311	300	✓
	1.3 แผนกบุคคล	LED T8	18	24	2,160	0.6	0.8	311	300	✓
	1.4 แผนกต้อนรับ	LED T8	18	24	2,160	0.6	0.8	311	300	✓
	1.5 แผนกการตลาด	LED T8	18	24	2,160	0.6	0.8	311	300	✓
	1.6 ห้องแต่งตัวพวง.	LED T8	18	4	2,160	0.6	0.8	138	100	✓
	1.7 ห้องอาหารนง.	LED T8	18	20	2,160	0.6	0.8	288	200	✓
2. ห้องครัว	2.1 ห้องครัวชั้นที่ 1	LED T8	18	40	2,160	0.6	0.8	576	500	✓
	2.2 ห้องครัวชั้นที่ 2	LED T8	18	40	2,160	0.6	0.8	576	500	✓
	2.3 ห้องครัวชั้นที่ 4	LED T8	18	40	2,160	0.6	0.8	576	500	✓
3. ที่จอดรถและบริเวณรอบโรงแรม	3.1 ที่จอดรถใต้ดิน	LED T8	18	60	2,160	0.4	0.8	83	75	✓
	3.2 ลานจอดรถ	LED T8	18	81	2,160	0.4	0.8	80	75	✓
	3.3 รอบโรงแรม	LED T8	18	39	2,160	0.4	0.8	135	75	✓
4. บ้านโดหนีไฟ	192	LED T8	18	32	2,160	0.4	0.8	115	100	✓

หมายเหตุ: - เกณฑ์ความสว่าง อ้างอิงตามแนวทางการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคาร ซึ่งจัดทำโดยสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย [14]

- สัมประสิทธิ์การใช้แสงสว่าง (Coefficient of Utilization, U) อ้างอิงตาม U<sub>0</sub> ในแนวทางการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคาร ซึ่งจัดทำโดยสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย [14]

- สัมประสิทธิ์การบำรุงรักษา อ้างอิงตามประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2543) [16]

จากการวิเคราะห์ค่าความสว่างของพื้นที่ที่จะทำการเปลี่ยนหลอดไฟ พบว่า ทุกพื้นที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทั้งหมด ดังนั้นทำให้สามารถดำเนินการเปลี่ยนแปลงหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W จำนวนทั้งหมด 476 หลอด ให้เป็นหลอดไฟ LED T8 ขนาด 18 W ได้ โดยการปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงานนี้ มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนปรับเปลี่ยนหลอดไฟ อยู่ที่ประมาณ 164,220 บาท โดยแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 งบประมาณในการปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน

ชนิดของหลอดไฟ	ขนาด (Watt)	จำนวนหลอด (Unit)	ราคาต่อหน่วย (บาท/Unit)	ราคารวม (บาท)
LED T8	18	476	345	164,220
ราคารวมทั้งหมด				164,220

ที่มา: ใบเสนอราคาของบริษัทแห่งหนึ่ง ที่มีหน้าที่ติดตั้งและดูแลระบบแสงสว่างให้แก่โรงแรม ในกรณีศึกษา

อย่างไรก็ตาม หลังจากที่ได้ดำเนินการปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงานแล้ว อีกวิธีการหนึ่งที่จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างลงได้อีก ก็คือ การควบคุมการใช้งานหลอดไฟให้เหมาะสมกับความต้องการแสงสว่างในแต่ละพื้นที่ โดยโรงแรมมีทั้งหมด 16 ชั้น และชั้นใต้ดินอีก 1 ชั้น ซึ่งแต่ละชั้นจะมีพื้นที่การใช้งานที่แตกต่างกัน คือ

- ชั้นใต้ดิน จะเป็นพื้นที่ของลานจอดรถ ห้องพักรับรอง ห้องอาหารพนักงาน ห้องเก็บของ ห้องน้ำพนักงาน โถงน้ำลิฟต์ และสำนักงานของแผนกวิศวกรรมและซ่อมบำรุง แผนกทรัพยากรบุคคล แผนกการเงินและการบัญชี
- ชั้นที่ 1 เป็นพื้นที่ของส่วนต้อนรับลูกค้า ครูว์และห้องอาหาร ห้องน้ำ และสำนักงานของแผนกต้อนรับ
- ชั้นที่ 2 เป็นพื้นที่ของห้องปฏิบัติการสาธิต ครูว์และห้องอาหาร ห้องน้ำ และสำนักงานของแผนกการตลาดและประชาสัมพันธ์
- ชั้นที่ 3 เป็นพื้นที่ของห้องจัดเลี้ยง และห้องประชุมสัมมนา
- ชั้นที่ 4 เป็นพื้นที่ห้องประชุมสัมมนา ห้องครูว์และห้องอาหาร และห้องออกกำลังกาย
- ชั้นที่ 5 – 15 เป็นส่วนของห้องพักรับรองรับลูกค้าของโรงแรม
- ชั้นที่ 16 เป็นพื้นที่ชั้นดาดฟ้า สำหรับการจัดเลี้ยงกลางแจ้ง และพื้นที่สระว่ายน้ำ

ทั้งนี้หากแบ่งพื้นที่ต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เพื่อทำการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง จะสามารถแบ่งพื้นที่หลัก ๆ ได้ออกเป็น 15 ส่วนที่สำคัญ และมีการใช้งานแต่ละพื้นที่ โดยมีรายละเอียดและการควบคุมในแต่ละพื้นที่ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## **บริเวณควบคุมที่ 1**

1) สำนักงาน เป็นพื้นที่การทำงานในแผนกต่าง ๆ โดยแบ่งลักษณะการทำงาน ได้เป็น

- แผนกวิศวกรรมและซ่อมบำรุง และแผนกต้อนรับ: มีพนักงานทำงานตลอด 24 ชั่วโมง หมุนเวียนสับเปลี่ยนกันตามตารางเวลาเวร โดยในช่วงเวลา 8.00 - 18.00 น. จะมีพนักงานทำงานครบทุกตำแหน่ง และในส่วนของเวลากลางคืน จะมีพนักงานที่อยู่ประจำประมาณ 10 คน เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้น และตรวจสอบความเรียบร้อยของการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ และคอยให้บริการลูกค้า ดังนั้นจึงแบ่งการควบคุมแสงสว่างได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ

- ในช่วงเวลา 8.00 - 18.00 น. เปิดหลอดไฟทั้ง 24 หลอด เพื่อให้สะดวกต่อการทำงานของพนักงาน

- ในช่วงเวลาอื่น ๆ เปิดใช้งานเฉพาะที่จำเป็น ประมาณ 10 หลอด บริเวณด้านหน้าแผนก 2 หลอด และในห้องอีก 8 หลอด สำหรับการทำงานของพนักงานที่เข้าเวรกลางคืน

- แผนกการเงินและการบัญชี แผนกทรัพยากรบุคคล และแผนกการตลาดและประชาสัมพันธ์: มีการทำงานเฉพาะในช่วงเวลา 8.00 - 18.00 น. ตั้งแต่วันจันทร์ - ศุกร์ ทำให้สามารถควบคุมการเปิดใช้งานหลอดไฟได้ โดยเปิดเฉพาะในวันและเวลาทำงาน ดังนั้นการควบคุมแสงสว่าง คือ

- ในช่วงเวลา 8.00 - 18.00 น. ในวันทำการ (ประมาณ 270 วัน) เปิดหลอดไฟทั้ง 24 หลอด เพื่อให้สะดวกต่อการทำงานของพนักงาน

- ห้องพักและห้องแต่งตัวพนักงาน: พนักงานโรงแรมมีการทำงานตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเปิดห้องไว้สำหรับพนักงานตลอดเวลา ซึ่งทำให้ต้องเปิดไฟในห้องไว้ 24 ชั่วโมง

- ห้องอาหารพนักงาน: เปิดให้บริการในเวลา 7.00 - 21.00 น. เพื่อบริการอาหารเช้า มื้อกลางวัน มื้อเย็น และมื้อดึก สำหรับพนักงานที่เข้าเวรตามตาราง มีการควบคุม คือ

- ในช่วงเวลา 6.00 - 22.00 น. เปิดหลอดไฟทั้ง 24 หลอด เพื่อให้บริการพนักงานและสะดวกต่อการทำความสะอาดและตรวจสอบความเรียบร้อยของห้อง

## **บริเวณควบคุมที่ 2**

2) ห้องครัว เป็นพื้นที่สำหรับทำอาหาร เพื่อรองรับการใช้บริการของลูกค้าที่มาพักในโรงแรม ลูกค้าที่มาใช้บริการจัดเลี้ยงและจัดประชุมสัมมนา รวมถึงลูกค้าที่มาทางอาหารที่โรงแรม โดยมีทั้งหมด 3 ห้องครัว โดยสามารถแบ่งลักษณะการทำงาน ได้ออกเป็น

- ห้องครัวชั้นที่ 1 และ ห้องครัวชั้นที่ 2: มีการทำงานหลัก ๆ ในเวลา 9.00 - 23.00 น. เพื่อให้บริการอาหารสำหรับบุฟเฟต์มื้อกลางวัน และบุฟเฟต์มื้อค่ำ ส่วนในช่วงเวลาอื่นเป็นเพียงการเตรียมพร้อมสำหรับรองรับลูกค้าที่อาจมีการสั่งอาหารเป็นมื้อเท่านั้น ดังนั้นจึงแบ่งการควบคุมแสงสว่างได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ

- ในช่วงเวลา 9.00 - 23.00 น. เปิดหลอดไฟทั้ง 40 หลอด เพื่อให้สะดวกต่อการทำงานของพนักงานในการจัดเตรียมอาหาร ประกอบอาหาร และอื่น ๆ

– ในช่วงเวลาอื่น ๆ เปิดใช้งานเฉพาะที่จำเป็น ประมาณ 10 หลอด เพื่อเตรียมรองรับลูกค้า

- ห้องครัวชั้นที่ 4: มีการทำงานหลัก ๆ ในเวลา 5.00 - 23.00 น. เพื่อให้บริการอาหารมือเช้าสำหรับลูกค้าที่พักโรงแรม ซึ่งให้บริการในช่วงเวลา 7.30 - 10.00 น. และให้บริการสำหรับอาหารจัดเลี้ยงในงานประชุมและงานจัดเลี้ยง ดังนั้นมีการควบคุมแสงสว่าง คือ

– ในช่วงเวลา 5.00 - 23.00 น. เปิดหลอดไฟทั้ง 40 หลอด เพื่อให้สะดวกต่อการทำงานของพนักงาน

### บริเวณควบคุมที่ 3

3) ห้องอาหาร เป็นพื้นที่ในการบริการอาหารแก่ลูกค้า ซึ่งโรงแรมมีพื้นที่ห้องอาหารจำนวน 3 ห้อง โดยสามารถแบ่งลักษณะการทำงาน ได้ออกเป็น

- ห้องอาหารชั้นที่ 1: เปิดให้บริการอาหารบุฟเฟ่ต์ในมื้อกลางวัน (11.00 - 14.00 น.) และ มื้อค่ำ (18.00 - 22.00 น.) ทำให้ต้องเปิดใช้งานหลอดไฟทั้งหมดในช่วงเวลาดังกล่าว และในช่วงเวลาอื่น จะเปิดใช้งานเพียงแค่ 60 ดวง เพื่อให้พนักงานสามารถทำงานและจัดพื้นที่ได้ และในช่วงเวลา 01.00 - 07.00 น. สามารถเปิดใช้งานเพียงแค่ 30 ดวงได้ เนื่องจากเป็นการเปิดไว้เพื่อให้แสงสว่างเท่านั้น ดังนั้นจึงแบ่งการควบคุมแสงสว่างได้ออกเป็น 3 ส่วน คือ

– ในช่วงเวลา 11.00 - 14.00 น. และ 18.00 - 22.00 น. เปิดหลอดไฟทั้ง 120 หลอด เพื่อให้สะดวกต่อการใช้บริการของลูกค้า และการทำงานของพนักงาน

– ในช่วงเวลาอื่น ๆ ระหว่างวัน (ยกเว้น เวลา 01.00 - 07.00 น.) เปิดใช้งานเฉพาะที่จำเป็น ประมาณ 60 หลอด เพื่อให้พนักงานสามารถทำงานและจัดพื้นที่ได้ เพื่อเตรียมรองรับลูกค้าที่จะเข้ามาทานอาหารกลางวันและค่ำ

– ในช่วงเวลา 01.00 - 07.00 น. เปิดใช้งานเพียง 30 หลอด เพื่อให้แสงสว่างและไม่ให้ห้องอาหารปิดมืดเกินไป

- ห้องอาหารชั้นที่ 2: ห้องอาหารเปิดให้บริการในมื้อกลางวัน (11.00 - 14.00 น.) และ มื้อค่ำ (18.00 - 22.00 น.) ทำให้ต้องเปิดใช้งานหลอดไฟทั้งหมดในช่วงเวลาดังกล่าว และในช่วงเวลาอื่น จะเปิดใช้งานเพียงแค่ 30 ดวง เพื่อให้พนักงานสามารถทำงานและจัดพื้นที่ได้ และในช่วงเวลา 01.00 - 07.00 น. จะปิดบริการ ดังนั้นจึงแบ่งการควบคุมแสงสว่างได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ

– ในช่วงเวลา 11.00 - 14.00 น. และ 18.00 - 22.00 น. เปิดหลอดไฟทั้ง 70 หลอด เพื่อให้สะดวกต่อการใช้บริการของลูกค้า และการทำงานของพนักงาน

– ในช่วงเวลาอื่น ๆ ระหว่างวัน (ยกเว้น เวลา 01.00 - 07.00 น.) เปิดใช้งานเฉพาะที่จำเป็น ประมาณ 30 หลอด เพื่อให้พนักงานสามารถทำงานและจัดพื้นที่ได้ เพื่อเตรียมรองรับลูกค้าที่จะเข้ามาทานอาหารกลางวันและค่ำ

- ห้องอาหารชั้นที่ 4: เป็นห้องอาหารที่ใช้สำหรับการบริการอาหารมื้อเช้าสำหรับลูกค้าที่เข้าพักของโรงแรม ซึ่งจะเริ่มเปิดให้บริการในเวลา 7.00 - 10.00 น. และในช่วงเวลาอื่นจะปิดบริการ ดังนั้นจึงแบ่งการควบคุมแสงสว่างได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ

- ในช่วงเวลา 7.00 - 10.00 น. เปิดหลอดไฟทั้ง 70 หลอด เพื่อให้สะดวกต่อการใช้บริการของลูกค้า และการทำงานของพนักงาน

- ในช่วงเวลา 6.00 - 12.00 น. เปิดหลอดไฟเพียง 30 หลอด เพื่อให้สะดวกต่อการการทำงานของพนักงาน

#### **บริเวณควบคุมที่ 4**

4) โถงกลาง เป็นพื้นที่ส่วนกลาง ใช้สำหรับรองรับลูกค้า โดยสามารถแบ่งลักษณะการทำงานออกเป็น

- บริเวณทางเข้าโรงแรม: เป็นบริเวณด้านหน้าทางเข้าโรงแรม ที่แสงธรรมชาติสามารถส่องถึง ดังนั้นจึงสามารถเปิดใช้งานในเวลาที่ไม่ได้มีแสงอาทิตย์ได้ ดังนั้นจะเปิดไฟในช่วงเวลาประมาณ 17.00 - 7.00 น. ดังนั้นจึงมีการควบคุมแสงสว่าง คือ

- ในช่วงเวลา 17.00 - 7.00 น. เปิดหลอดไฟทั้ง 30 หลอด เพื่อให้สะดวกต่อการใช้บริการของลูกค้าและการทำงานของพนักงาน

- บริเวณจุดต้อนรับ (Reception) และด้านหน้าลิฟต์: เป็นบริเวณจุดต้อนรับที่จุด Check in Check out และติดต่อสอบถามต่าง ๆ ซึ่งในช่วงเวลา 7.00 - 23.00 น. จะมีลูกค้าเข้าและออกอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นจึงต้องทำการเปิดหลอดไฟทั้งหมด และในช่วงกลางคืนมีลูกค้ามาติดต่อน้อย จะเป็นการเปิดไฟเพื่อให้แสงสว่าง เตรียมพร้อมรองรับลูกค้าเท่านั้น ดังนั้นจึงแบ่งการควบคุมแสงสว่างได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ

- ในช่วงเวลา 7.00 - 23.00 น. เปิดหลอดไฟทั้ง 172 หลอด เพื่อให้สะดวกต่อการใช้บริการของลูกค้า และการทำงานของพนักงาน

- ในช่วงเวลาอื่น ๆ เปิดหลอดไฟเพียง 60 หลอด เพื่อให้แสงสว่าง เตรียมพร้อมรองรับลูกค้า และสะดวกต่อการการทำงานของพนักงาน

#### **บริเวณควบคุมที่ 5**

5) ห้องจัดเลี้ยง เป็นพื้นที่การจัดเลี้ยงต่าง ๆ เช่น งานแต่งงาน หรืองานปาร์ตี้ต่าง ๆ รวมถึงงานประชุมขนาดใหญ่ ซึ่งการใช้งานแสงสว่างของห้องจัดเลี้ยงจะไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากขึ้นอยู่กับการใช้งานของลูกค้าและการทำงานของพนักงาน แต่ตามปกติแล้ว จะมีการใช้งานในช่วงเวลา 7.00 - 23.00 น. รวมเฉลี่ยจะอยู่ที่ประมาณ 16 ชั่วโมงต่อวัน มีการให้บริการประมาณ 240 วันต่อปี

### **บริเวณควบคุมที่ 6**

6) ห้องประชุมและสัมมนา เป็นพื้นที่สำหรับการจัดงานประชุมและสัมมนาของหน่วยงาน บริษัท หรือองค์กรที่มาเช่าพื้นที่ ซึ่งโรงแรมมีห้องประชุมสำหรับให้บริการจำนวน 5 ห้อง ทั้งนี้การใช้แสงสว่างของห้องประชุมจะไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากขึ้นอยู่กับการใช้งานของลูกค้าและการทำงานของพนักงาน แต่ตามปกติแล้ว จะมีการใช้งานในช่วงเวลา 7.00 - 18.00 น. รวมเฉลี่ยจะอยู่ที่ประมาณ 11 ชั่วโมงต่อวัน มีการให้บริการประมาณ 240 วันต่อปี

### **บริเวณควบคุมที่ 7**

7) ห้องพัก เป็นพื้นที่สำหรับการพักผ่อนของลูกค้าที่มาใช้บริการลูกโรงแรม ซึ่งบริเวณห้องพักจะอยู่ชั้นที่ 5 - 15 รวมทั้งสิ้น 242 ห้อง ทั้งนี้การใช้แสงสว่างภายในห้องพักแต่ละห้องจะควบคุมได้ยาก เนื่องจาก เนื่องจากขึ้นอยู่กับการใช้งานของลูกค้าและการทำความสะอาดของพนักงาน แต่ตามปกติแล้วจะมีการใช้งานเฉลี่ยจะอยู่ที่ประมาณ 12 ชั่วโมงต่อห้องต่อวัน

### **บริเวณควบคุมที่ 8**

8) ทางเดินในชั้นห้องพัก เป็นพื้นที่ทางเดินสำหรับไปห้องพักต่าง ๆ ทั้งนี้การเปิดใช้งานแสงสว่างจะเปิดใช้งานในช่วงเวลา 16.00 - 10.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่มีลูกค้าเข้าพัก

### **บริเวณควบคุมที่ 9**

9) ห้องน้ำ เป็นพื้นที่ห้องน้ำส่วนกลาง สำหรับลูกค้าที่มาใช้บริการห้องอาหาร ลูกค้าที่มานั่งจัดเลี้ยงและประชุม และผู้ที่เข้ามาติดต่ออื่น ๆ โดยจะมีทั้ง 5 ส่วน คือ

- ห้องน้ำชั้นที่ 1 - 4: เปิดใช้งานในช่วงที่ช่วงเวลา 06.00 - 24.00 น. ดังนั้นจึงต้องเปิดไฟทั้งหมดในช่วงเวลาดังกล่าว

- ห้องน้ำชั้นที่ 16: เปิดไฟทั้งหมดในช่วงเวลาที่มีลูกค้าที่มาใช้บริการสระว่ายน้ำ และชมวิวนวดตาฟ้า ซึ่งเปิดให้บริการในช่วงเวลา 7.00 - 20.00 และในช่วงเวลาอื่นจะปิดบริการ

### **บริเวณควบคุมที่ 10**

10) ห้องออกกำลังกาย เป็นพื้นที่สำหรับออกกำลังกายของลูกค้า ซึ่งเปิดให้บริการในเวลา 7.00 - 21.00 น. จึงเปิดใช้งานหลอดไฟในช่วงเวลาดังกล่าวเท่านั้น

### **บริเวณควบคุมที่ 11**

11) ห้องปฏิบัติศาสนกิจ เป็นพื้นที่สำหรับการปฏิบัติศาสนกิจของลูกค้า ซึ่งเปิดให้บริการในเวลา 12.00 - 22.00 น. จึงเปิดใช้งานหลอดไฟในช่วงเวลาดังกล่าวเท่านั้น

### **บริเวณควบคุมที่ 12**

12) พื้นที่หน้าลิฟต์ เป็นพื้นที่ในการรอลิฟต์และนั่งพัก โดยสามารถแบ่งลักษณะการทำงาน ได้ออกเป็น

- พื้นที่หน้าลิฟต์ชั้นใต้ดิน: เปิดไฟทั้งหมดในช่วงเวลาที่มีลูกค้าเข้า-ออกมาก (7.00 - 23.00 น.) และในช่วงกลางคืน ที่มีลูกค้าน้อย สามารถเปิดใช้งานเพียงบางส่วนได้ เนื่องจากเป็นการเปิด

ไว้เพื่อให้แสงสว่างและอำนวยความสะดวกต่อการทำงานของพนักงานเท่านั้น ดังนั้นจึงแบ่งการควบคุมแสงสว่างได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ

- ในช่วงเวลา 7.00 - 23.00 น. เปิดหลอดไฟทั้ง 40 หลอด เพื่อให้สะดวกต่อการใช้บริการของลูกค้า และการทำงานของพนักงาน

- ในช่วงเวลาอื่น ๆ เปิดหลอดไฟเพียง 10 หลอด เพื่อให้แสงสว่าง เตรียมพร้อมรองรับลูกค้า และสะดวกต่อการทำงานของพนักงาน

- พื้นที่หน้าลิฟต์ชั้นที่ 2: จะถูกใช้งานมากในช่วงเวลาที่ห้องปฏิบัติการสัตวศาสตร์ และห้องอาหารชั้นที่ 2 เปิดให้บริการ ดังนั้นจึงต้องมีการเปิดไฟทั้งหมดในช่วงเวลาดังกล่าว (7.00 - 23.00 น.) และในช่วงกลางคืน ที่มีลูกค้าน้อย สามารถเปิดใช้งานเพียงบางส่วนได้ เนื่องจากการเปิดไว้เพื่อให้แสงสว่างเท่านั้น ดังนั้นจึงแบ่งการควบคุมแสงสว่างได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ

- ในช่วงเวลา 7.00 - 23.00 น. เปิดหลอดไฟทั้ง 30 หลอด เพื่อให้สะดวกต่อการใช้บริการของลูกค้า และการทำงานของพนักงาน

- ในช่วงเวลาอื่น ๆ เปิดหลอดไฟเพียง 10 หลอด เพื่อให้แสงสว่าง เตรียมพร้อมรองรับลูกค้า และสะดวกต่อการทำงานของพนักงาน

- พื้นที่หน้าลิฟต์ชั้นที่ 3 และ 4: จะต้องมีการเปิดไฟทั้งหมดในช่วงเวลาที่มีลูกค้าเข้า-ออก (7.00 - 23.00 น.) เพื่อรองรับลูกค้าที่มาใช้งานห้องประชุมและห้องจัดเลี้ยง และในช่วงกลางคืนที่ไม่มีลูกค้า สามารถเปิดใช้งานเพียงบางส่วนได้ เนื่องจากการเปิดไว้เพื่อให้แสงสว่างเท่านั้น ดังนั้นจึงแบ่งการควบคุมแสงสว่างได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ

- ในช่วงเวลา 7.00 - 23.00 น. เปิดหลอดไฟทั้ง 60 หลอด (30 หลอดต่อชั้น) เพื่อให้สะดวกต่อการใช้บริการของลูกค้า และการทำงานของพนักงาน

- ในช่วงเวลาอื่น ๆ เปิดหลอดไฟเพียง 20 หลอด (10 หลอดต่อชั้น) เพื่อให้แสงสว่าง เตรียมพร้อมรองรับลูกค้า และสะดวกต่อการทำงานของพนักงาน

- พื้นที่หน้าลิฟต์ชั้นที่ 16: จะต้องมีการเปิดไฟทั้งหมดในช่วงเวลาที่มีลูกค้าที่มาใช้บริการสระว่ายน้ำ และชมวิวนบนหาดฟ้า ซึ่งเปิดให้บริการในช่วงเวลา 7.00 - 20.00 และในช่วงเวลาอื่นสามารถเปิดใช้งานเพียงบางส่วนได้ เนื่องจากการเปิดไว้เพื่อให้แสงสว่างเท่านั้น ดังนั้นจึงแบ่งการควบคุมแสงสว่างได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ

- ในช่วงเวลา 7.00 - 20.00 น. เปิดหลอดไฟทั้ง 40 หลอด เพื่อให้สะดวกต่อการใช้บริการของลูกค้า และการทำงานของพนักงาน

- ในช่วงเวลาอื่น ๆ เปิดหลอดไฟเพียง 10 หลอด เพื่อให้แสงสว่างเท่านั้น

### บริเวณควบคุมที่ 13

13) ที่จอดรถและบริเวณรอบโรงแรม เป็นพื้นที่ลานจอดรถ และบริเวณรอบโรงแรม ที่เป็นสวนหย่อมและต้นไม้ โดยสามารถแบ่งลักษณะการทำงาน ได้ออกเป็น

- ลานจอดรถชั้นใต้ดิน: จำเป็นต้องเปิดไฟไว้ตลอด 24 ชั่วโมง เนื่องจากแสงธรรมชาติไม่สามารถส่องถึงได้
- ลานจอดรถข้างโรงแรม: เป็นบริเวณด้านข้างโรงแรม ที่แสงธรรมชาติสามารถส่องถึง ดังนั้นจึงสามารถเปิดใช้งานในเวลาที่ไม่ใช่แสงอาทิตย์ได้ จะเปิดไฟในช่วงเวลาประมาณ 17.00 - 7.00 น.
- บริเวณรอบโรงแรม: เป็นบริเวณโดยรอบโรงแรม ที่แสงธรรมชาติสามารถส่องถึง ดังนั้นจึงสามารถเปิดใช้งานในเวลาที่ไม่ใช่แสงอาทิตย์ได้ ดังนั้นจะเปิดไฟในช่วงเวลาประมาณ 17.00 - 7.00 น.

### บริเวณควบคุมที่ 14

14) บันไดหนีไฟ เป็นบริเวณที่แสงธรรมชาติสามารถส่องถึง ดังนั้นจึงสามารถเปิดใช้งานในเวลาที่ไม่ใช่แสงอาทิตย์ได้ ซึ่งจะเปิดไฟในช่วงเวลาประมาณ 17.00 - 7.00 น.

### บริเวณควบคุมที่ 15

15) ไฟสปอร์ตไลท์สำหรับส่องสว่างโรงแรม จะเปิดใช้งานในช่วงเวลา 18.00 - 6.00 น.

ทั้งนี้สามารถตรวจสอบตารางเวลาการเปิด-ปิดหลอดไฟ และสามารถสรุปจำนวนชั่วโมงการใช้หลอดไฟในแต่ละพื้นที่ ตามแผนการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง และการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ หลังการปรับปรุง ได้ในภาคผนวก ข. โดยมีตัวอย่างของผลสรุปจำนวนชั่วโมงและการใช้พลังงานไฟฟ้าแสดงในตารางที่ 4.26 และ ตารางที่ 4.27

### การคำนวณผลการประหยัดพลังงานของระบบแสงสว่าง หลังปรับปรุง

การปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงานและควบคุมการใช้งานในระบบแสงสว่าง ให้เหมาะสมกับความต้องการในบริเวณต่าง ๆ จะทำให้สามารถประหยัดพลังงานลงได้ถึงร้อยละ 41 ซึ่งคิดเป็นอัตราการใช้พลังงานหลังการปรับปรุง 353,037.00 kW.hr/year เป็นค่าไฟฟ้า 1,165,022.10 บาท/ปี

#### ผลที่ประหยัดได้

$$\begin{aligned} \text{พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้} &= \text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เดิม} - \text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง} \\ &= 599,176.12 - 353,037.00 \end{aligned}$$

$$= 246,139.12 \text{ kW.hr/ปี}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้} &= \text{ค่าไฟฟ้าเดิม} - \text{ค่าไฟฟ้าหลังปรับปรุง} \end{aligned}$$

$$= 1,977,281.18 - 1,165,022.10$$

$$= 812,259.08 \text{ บาท/ปี}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 ตัวอย่างการสรุปผลจำนวนชั่วโมงการใช้งานหลอดไฟของโรงแรม ในกรณีศึกษา ตามแผนการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง

พื้นที่การใช้งาน	พื้นที่การใช้งานย่อย	ชั้นที่	ชนิดของหลอดไฟ	ขนาดหลอดไฟ (watt)	จำนวนหลอด (Unit)	จำนวนเวลาการใช้งาน (Hours)	แผนการบริหารจัดการและควบคุมการใช้แสงสว่าง
1. ห้องอาหาร	1.1 ห้องอาหารชั้นที่ 1	ชั้น 1	LED PL-C	12	30	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดในช่วงที่ห้องอาหารเปิดให้บริการ คือ บุฟเฟ่ต์มือกลางวัน (11.00 - 14.00 น.) และ บุฟเฟ่ต์มือค่ำ (18.00 - 22.00 น.)</li> <li>เปิดในช่วงเวลาอื่น เพื่อให้พนักงานทำงานและจัดพื้นที่ได้</li> <li>เปิดในช่วงเวลา 01.00 - 07.00 น. เพื่อให้แสงสว่างและไม่ให้ห้องอาหารปิดมืดเกินไป</li> </ul>
			LED PL-C	12	30	18	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดในช่วงที่ห้องอาหารเปิดให้บริการ คือ บุฟเฟ่ต์มือกลางวัน และ บุฟเฟ่ต์มือค่ำ</li> <li>เปิดในช่วงเวลาอื่น เพื่อให้พนักงานสามารถทำงานและจัดพื้นที่ได้ ยกเว้น 01.00 - 07.00 น.</li> </ul>
			LED PL-C	12	60	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดเฉพาะในช่วงที่ห้องอาหารเปิดให้บริการ คือ บุฟเฟ่ต์มือกลางวัน และ บุฟเฟ่ต์มือค่ำ</li> </ul>
2. โถงกลาง	2.1 บริเวณทางเข้าโรงแรม	ชั้น 1	LED PL-C	12	30	14	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดใช้งานในช่วงเวลาประมาณ 17.00 - 7.00 น. เนื่องจากเวลาอื่น ๆ แสงธรรมชาติสามารถส่องถึง</li> </ul>
	2.2 บริเวณจุดต้อนรับ (Reception) และด้านหน้าลิฟต์	ชั้น 1	LED PL-C	12	60	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดใช้งานในช่วงเวลา 7.00 - 23.00 น. ซึ่งมีลูกค้า</li> <li>ในช่วงเวลาอื่นเป็นการเปิดเพื่อให้แสงสว่างเท่านั้น</li> </ul>
			LED PL-C	12	92	16	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดใช้งานเฉพาะในช่วงเวลา 7.00 - 23.00 น.</li> </ul>
3. ....	3.1 .....		(รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าระบบแสงสว่างของบริเวณอื่น ๆ แสดงไว้ในภาคผนวก ข. ตาราง ข.3)				

ตารางที่ 4.27 ตัวอย่างสรุปผลการใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน และควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง

พื้นที่ การใช้งาน	พื้นที่ การใช้งานย่อย	ชั้นที่	ชนิดของ หลอดไฟ	ขนาดหลอดไฟ (Watt)	จำนวนหลอด (Unit)	จำนวนเวลา การใช้งานต่อวัน (ชั่วโมง/วัน)	จำนวนวันทำงาน (วัน/ปี)	อัตราการใช้ไฟฟ้า ต่อปี (kW.hr/Year)	อัตราค่าไฟฟ้า ต่อปี (บาท/ปี)
1. ห้อง อาหาร	1.1 ห้องอาหาร ชั้นที่ 1	ชั้น 1	LED PL-C	12	30	24 ชม.	365 วัน	3,153.60	10,406.88
			LED PL-C	12	30	18 ชม.	365 วัน	2,365.20	7,805.16
			LED PL-C	12	60	7 ชม.	365 วัน	1,839.60	6,070.68
2. โถงกลาง	2.1 บริเวณทางเข้า	ชั้น 1	LED PL-C	12	30	14 ชม.	365 วัน	1,839.60	6,070.68
			LED PL-C	12	60	24 ชม.	365 วัน	6,307.20	20,813.76
	2.2 บริเวณจุดต้อนรับ และด้านหน้าลิฟต์	ชั้น 1	LED PL-C	12	92	16 ชม.	365 วัน	6,447.36	21,276.29
			LED PL-C	12	10	13 ชม.	365 วัน	569.40	1,879.02
	2.3 ห้องน้ำชั้นที่ 16	ชั้น 16	LED PL-C	12	10	24 ชม.	365 วัน	1,051.20	3,468.96
	2.4 ชั้นที่ 16	ชั้นที่ 16	LED PL-C	12	30	13 ชม.	365 วัน	1,708.20	5,637.06
LED PL-C			12	30	13 ชม.	365 วัน	1,708.20	5,637.06	
3. ....	3.1 ....		(รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างของบริเวณอื่น ๆ แสดงไว้ในภาคผนวก ข. ตาราง ข.3)						
<b>รวมการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างทั้งหมด</b>								<b>353,037.00</b>	<b>1,165,022.10</b>

หมายเหตุ: ราคาค่าไฟโดยเฉลี่ยประมาณ 3.3 บาท/หน่วย โดยอ้างอิงตามค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงแรม ในกรณีศึกษา

ทั้งนี้ในส่วนของการมาตรการการปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน โดยการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นหลอด LED รวมทั้งการควบคุมเวลาการเปิด - ปิดหลอดไฟในระบบแสงสว่างให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่ที่ต้องการใช้งานนั้น จะทำให้สามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างได้ถึง 246,139.12 kWh/ปี หรือ 812,259.08 บาท/ปี ลดจากเดิมคิดเป็นร้อยละ 41 โดยมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพียง 164,220 บาท เป็นค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อและติดตั้งหลอด LED แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์เท่านั้น นอกจากนี้ในการควบคุมการเปิด - ปิดหลอดไฟจะต้องดำเนินการโดยพนักงานทุกคนที่จะต้องช่วยกันดูแล โดยเฉพาะพนักงานของแผนกวิศวกรรมและการซ่อมบำรุง ทั้งนี้สามารถแสดงรายละเอียดของการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างก่อนและหลังดำเนินการตามมาตรการได้ ดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง

พื้นที่	ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง		ลดการใช้ไฟฟ้า	
	kWh/ปี	บาท/ปี	kWh/ปี	บาท/ปี	kWh/ปี	บาท/ปี
ชั้นใต้ดิน	43,956	145,056	20,177	66,584	23,780	78,473
ชั้น 1	91,840	303,072	45,355	149,671	46,485	153,401
ชั้น 2	33,842	111,680	14,092	46,503	19,751	65,177
ชั้น 3	73,625	242,961	38,186	126,015	35,438	116,947
ชั้น 4	54,729	180,604	24,024	79,278	30,705	101,326
ชั้น 5 - 15	292,646	965,732	207,382	684,361	85,264	281,372
ชั้น 16	8,538	28,175	6,213	20,503	2,325	7,672
รวม	599,176	1,977,281	355,428	1,172,914	243,748	804,367

การจัดทำมาตรการที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร เป็นการศึกษาเบื้องต้น เป็นการวางแผนแนวทางการบริหารจัดการและการดำเนินงานที่เหมาะสมในการประหยัดพลังงาน และลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ยังเป็นการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายของโรงแรมลงอีกด้วย โดยแต่ละมาตรการมีงบประมาณในการลงทุนและอายุของโครงการที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.29 อีกทั้งผลของการประหยัดพลังงาน การลดปริมาณก๊าซเรือนกระจก และอัตราค่าใช้จ่ายต่อปีแตกต่างกันเช่นกัน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.29 สรุปแนวทางการดำเนินงานของมาตรการในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา

มาตรการ	แผนการดำเนินงาน	ชนิดของทรัพยากรที่ประหยัดได้	ส่วนงานที่เกี่ยวข้อง	งบประมาณในการดำเนินงาน	อายุโครงการ
<b>1. ระบบปรับอากาศ</b>					
1.1 การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็น	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ศึกษาการทำงานของระบบปรับอากาศที่ใช้ภายในโรงแรมทั้งหมด ซึ่งจะพบว่า ในปัจจุบันมีการเปิดใช้งานอุปกรณ์มากเกินไปจนสิ้นเปลือง</li> <li>- ตรวจสอบความต้องการใช้ระบบปรับอากาศของแต่ละพื้นที่ในแต่ละช่วงเวลา เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสม</li> <li>- วางแผนและสร้างมาตรการในการปรับเปลี่ยนและควบคุมการเปิด - ปิดเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) หอหล่อเย็น (Cooling Tower, CT) ปั๊มน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump, CDP) และปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump, CHP) ให้เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็นในแต่ละช่วงเวลา</li> </ul>	พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ	แผนวิศวกรรมและการซ่อมบำรุง	งบการลงทุน 0 บาท ค่าซ่อมบำรุงปีละ 214,000 บาท	5 ปี
<b>2. ระบบแสงสว่าง</b>					
2.1 การปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน และการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ปรับเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 W เป็น LED T8 ขนาด 9 W และ 18 W</li> <li>- ศึกษาการใช้งานระบบแสงสว่างในแต่ละพื้นที่</li> <li>- วางแผนและสร้างมาตรการในการปรับเปลี่ยนและควบคุมการเปิด - ปิด หลอดไฟให้มีความเหมาะสมในแต่ละพื้นที่การใช้งาน</li> </ul>	พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง	แผนวิศวกรรมและการซ่อมบำรุง	164,220 บาท	5 ปี

ตารางที่ 4.30 ผลประมาณการลดการใช้ทรัพยากร และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา

มาตรการ	ก่อนการปรับปรุง			หลังการปรับปรุง			ผลที่สามารถลดได้			% การลด
	ทรัพยากรที่ใช้ใน 1 ปี (หน่วย/ปี)	ปริมาณ GHG (ton CO <sub>2</sub> -e/ปี)	อัตราค่าใช้จ่าย ต่อปี (บาท/ปี)	ทรัพยากรที่ใช้ใน 1 ปี (หน่วย/ปี)	ปริมาณ GHG (ton CO <sub>2</sub> -e/ปี)	อัตราค่าใช้จ่าย ต่อปี (บาท/ปี)	ทรัพยากรที่ใช้ใน 1 ปี (หน่วย/ปี)	ปริมาณ GHG (ton CO <sub>2</sub> -e/ปี)	อัตราค่าใช้จ่าย ต่อปี (บาท/ปี)	
<b>1. ระบบปรับอากาศ</b>										
1.1 การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็น	3,330,275	2,029.14	10,989,908	2,648,414	1,613.68	8,739,766	681,861	415.46	2,250,142	20% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ
<b>2. ระบบแสงสว่าง</b>										
2.1 การปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน และการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง	599,176	365.08	1,977,281	353,037	215.11	1,165,022	246,139	149.97	812,259	41% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง
<b>รวม</b>							<b>928,000</b>	<b>565.43</b>	<b>3,062,401</b>	<b>-</b>

หมายเหตุ: - ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor, EF) ของพลังงานไฟฟ้า คือ 0.6093 kg CO<sub>2</sub>-e/kWh

- ราคาค่าไฟโดยเฉลี่ยประมาณ 3.3 บาท/หน่วย โดยอ้างอิงตามค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงแรม ในกรณีศึกษา

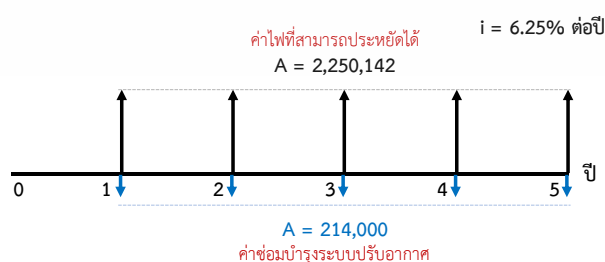
ในส่วนของการจัดทำมาตรการที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร เป็นการศึกษาเบื้องต้น ที่จะสะท้อนให้เห็นถึงแนวทางการบริหารจัดการ การดำเนินงาน และเทคโนโลยีซึ่งสามารถนำมาปรับใช้ได้อย่างเหมาะสม และเพื่อให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นจำเป็นต้องมีการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร่วมด้วย เพื่อให้มาตรการที่ได้จัดทำขึ้นมีประสิทธิภาพมากที่สุด

#### 4.7 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา

การจัดทำมาตรการในการจัดการปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา จะต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้ก่อนเริ่มดำเนินการทั้งในเชิงเทคนิค ซึ่งได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อก่อนหน้านี้ และเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยการพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนกับผลประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตจากการดำเนินโครงการ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจว่าแผนงานนั้นเหมาะสมแก่การลงทุนหรือไม่ โดยในการศึกษาค่านี้จะดำเนินการในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 3 ด้าน คือ มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (Net Present Value, NPV) ผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

##### 4.7.1 มาตรการการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

มาตรการการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบปรับอากาศ ทำโดยการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ด้วยการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็น ซึ่งการดำเนินมาตรการนี้จะไม่ค่าใช้จ่ายในการลงทุน แต่จะต้องอาศัยการทำงานของพนักงานแผนกวิศวกรรมและการซ่อมบำรุงที่จะต้องมีความรับผิดชอบเพิ่มเติม เพื่อทำหน้าที่ในการเปิด - ปิด การใช้งานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ ในส่วนของการดำเนินมาตรการนี้จะทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 681,861 kWh/ปี หรือคิดเป็นมูลค่า 2,250,142 บาท/ปี แต่อย่างไรก็ตาม ยังคงมีค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ 214,000 บาทต่อปี เพื่อให้ระบบปรับอากาศทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงสามารถวิเคราะห์ความคุ้มค่าของเศรษฐศาสตร์ โดยคิดที่อัตราดอกเบี้ย 6.25% และอายุโครงการ 5 ปี ได้ ดังนี้



รูปที่ 4.9 แผนภูมิการไหลของเงินในการดำเนินมาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (Net Present Value, NPV)

จากสูตรการคำนวณในบทที่ 2 ที่ว่า

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ES_t}{(1+i)^t} - I_0 = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

จะได้ว่า  $A = 2,250,142 - 214,000 = 2,036,142$   $i = 0.0625$  และ  $n = 5$

ดังนั้น

$$NPV = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

$$NPV = 2,036,142 \left[ \frac{(1+0.0625)^5 - 1}{0.0625(1+0.0625)^5} \right]$$

$$NPV = 8,518,952 \text{ บาท}$$

2. ผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return)

จากสูตรการคำนวณในบทที่ 2 ที่ว่า

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{ES_t}{(1+IRR)^t} - I_0$$

จะได้ว่า  $I_0 = 0$

$ES_t = 2,250,142 - 214,000 = 2,036,142$

$i = 0.625$

ดังนั้น

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{2,036,142}{(1+IRR)^t} - 0$$

$$0 = \frac{2,036,142}{(1+IRR)^1} + \frac{2,036,142}{(1+IRR)^2} + \frac{2,036,142}{(1+IRR)^3} + \frac{2,036,142}{(1+IRR)^4} + \frac{2,036,142}{(1+IRR)^5}$$

IRR = เข้าใกล้ infinity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

จากสูตรการคำนวณในบทที่ 2 การหาระยะเวลาคืนทุน ในกรณีที่ไม่มีคิดอัตราดอกเบี้ย สามารถหาได้จาก

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{มูลค่าของค่าใช้จ่ายในการลงทุน } (C_0)}{\text{ผลตอบแทนเฉลี่ยสุทธิต่อปี } (A)}$$

จะได้ว่า  $C_0 = 0$                        $A = 2,036,142$

ดังนั้น

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{0}{2,036,142}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = 0 \text{ ปี}$$

จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ด้วยการควบคุมการเปิด - ปิดใช้งานอุปกรณ์ในระบบให้เหมาะสมกับความต้องการทำความเย็นในแต่ละช่วงเวลา จะพบว่า การวิเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน ให้ผลที่ดีและควรเริ่มดำเนินการโดยทันที เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ เท่ากับ 8,518,952 บาท มีค่าเป็นบวก แสดงว่ามีกำไรเพิ่มมากขึ้น ในด้านของผลตอบแทนภายใน มีค่าเข้าใกล้  $\infty$  ซึ่งมากกว่า 6.25% เป็นอย่างมาก และในด้านของระยะเวลาคืนทุนมีค่าเป็น 0 ปี แสดงว่าสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ทันทีเมื่อเริ่มดำเนินการ

#### 4.7.2 มาตรการการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง

มาตรการการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระบบปรับอากาศ ทำโดยการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ด้วยการปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน โดยการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟ LED พร้อมทั้งการควบคุมการใช้งานหลอดไฟให้เหมาะสมกับการใช้ในแต่ละพื้นที่ ซึ่งการดำเนินมาตรการนี้จะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพียง 164,220 บาท เป็นค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อและติดตั้งหลอด LED แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์เท่านั้น และในส่วนของมาตรการการเปิด - ปิดหลอดไฟจะต้องดำเนินการโดยพนักงานทุกคนที่จะต้องช่วยกันดูแล ทั้งนี้การดำเนินการตามมาตรการนี้จะทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ 246,139 kWh/ปี หรือคิดเป็นมูลค่า 812,259 บาท/ปี

แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องด้วยการใช้งานของหลอดไฟชนิดต่าง ๆ มีอายุการใช้งานที่จำกัด ทำให้ในระหว่างการดำเนินงานตลอด 5 ปีของอายุโครงการ จำเป็นที่จะต้องมีการวางแผนในการเปลี่ยนหลอดไฟใหม่ทดแทน เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยเฉพาะชนิด LED PL-C ขนาด 12 W ที่สามารถใช้งานได้ 25,000 ชั่วโมง และ Flood Light LED ขนาด 150 W ที่สามารถใช้งานได้ 30,000 ชั่วโมง โดยจากการพิจารณาระยะเวลาในการใช้งานหลอดไฟตามแผนการควบคุมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปิด - ปิดระบบแสงสว่างของหลอดไฟทั้ง 2 ชนิด ควบคู่กับอายุการใช้งานแล้ว จะพบว่าโรงแรมจำเป็นต้องวางแผนการลงทุนเพื่อดำเนินการในการเปลี่ยนหลอดไฟ ซึ่งสามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ช่วงเวลา คือ 1) ปีที่ 2 ดำเนินการเปลี่ยนหลอดไฟ LED PL-C ขนาด 12 W ที่ถูกใช้งาน 18 – 24 ชั่วโมงต่อวัน โดยทำงานทั้ง 365 วัน รวมไปถึงหลอดไฟในห้องพักบางส่วนที่จะถูกใช้งานตลอดทั้งปี (60%) รวมจำนวนทั้งหมด 2,303 หลอด 2) ปีที่ 4 ดำเนินการเปลี่ยนหลอดไฟ LED PL-C ขนาด 12 W ที่ถูกใช้งาน 12 – 16 ชั่วโมงต่อวัน โดยทำงานทั้ง 365 วัน รวมไปถึงหลอดไฟในห้องพักที่เหลือ (อีก 40%) รวมจำนวนทั้งหมด 2,186 หลอด และ 3) ปีที่ 5 ดำเนินการเปลี่ยนหลอดไฟ Flood Light LED ขนาด 150 W จำนวน 51 หลอด ดังนั้นจึงสรุปค่าใช้จ่ายที่จะต้องลงทุนตลอดอายุโครงการทั้ง 5 ปีได้ ดังแสดงในตารางที่ 4.31

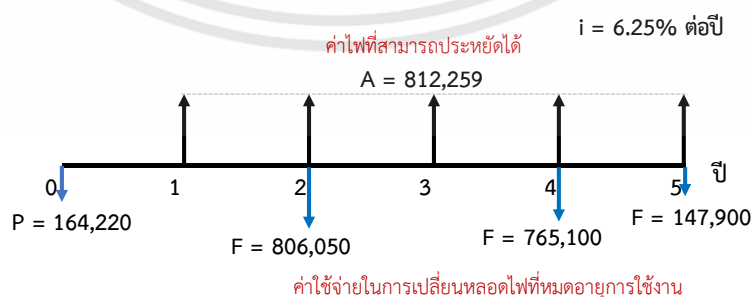
ตารางที่ 4.31 ค่าใช้จ่ายที่จะต้องลงทุนตลอดอายุโครงการ

ปีที่	ชนิดของหลอดไฟ	ขนาด (Watt)	จำนวนหลอด (Unit)	ราคาต่อหน่วย (บาท/Unit)	ราคารวม (บาท)
ปีที่ 0	LED T8	18 W	476	345	164,220
ปีที่ 2	LED PL-C	12 W	2,303	350	806,050
ปีที่ 4	LED PL-C	12 W	2,186	350	765,100
ปีที่ 5	Flood Light LED	150 W	51	2,900	147,900

หมายเหตุ: จำนวนหลอดไฟ LED PL-C ขนาด 12 W ที่เหลืออีกจำนวน 670 หลอด จะมีอายุการใช้งานเกิน 5 ปี เนื่องจากมีจำนวนชั่วโมงการใช้งานต่อปีน้อยกว่าหลอดอื่น ๆ จึงไม่นำมาพิจารณาในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ครั้งนี้

ที่มา: ใบเสนอราคาของบริษัทแห่งหนึ่ง ที่มีหน้าที่ติดตั้งและดูแลระบบแสงสว่างให้แก่โรงแรม ในกรณีศึกษา

จากข้อมูลข้างต้นทำให้สามารถวิเคราะห์ความคุ้มค่าของเศรษฐศาสตร์ โดยคิดที่อัตราดอกเบี้ย 6.25% และอายุโครงการ 5 ปี ได้ ดังนี้



รูปที่ 4.10 แผนภูมิการไหลของเงินในการดำเนินมาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (Net Present Value, NPV)

จากสูตรการคำนวณในบทที่ 2 ที่ว่า

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ES_t}{(1+i)^t} - I_0 = A \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

จะได้ว่า  $I_0 = 164,220$                        $i = 0.0625$

$$t = 1; ES_1 = 812,259$$

$$t = 2; ES_2 = 812,259 - 806,050 = 6,209$$

$$t = 3; ES_3 = 812,259$$

$$t = 4; ES_4 = 812,259 - 765,100 = 47,159$$

$$t = 5; ES_5 = 812,259 - 147,900 = 664,359$$

ดังนั้น

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ES_t}{(1+i)^t} - I_0$$

$$NPV = \left[ \frac{812,259}{(1+0.0625)^1} + \frac{6,209}{(1+0.0625)^2} + \frac{812,259}{(1+0.0625)^3} + \frac{47,159}{(1+0.0625)^4} + \frac{664,359}{(1+0.0625)^5} \right] - 164,220$$

$$NPV = 1,819,133 \text{ บาท}$$

2. ผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return)

จากสูตรการคำนวณในบทที่ 2 ที่ว่า

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{ES_t}{(1+IRR)^t} - I_0$$

จะได้ว่า  $I_0 = 164,220$

$$t = 1; ES_1 = 812,259$$

$$t = 2; ES_2 = 812,259 - 806,050 = 6,209$$

$$t = 3; ES_3 = 812,259$$

$$t = 4; ES_4 = 812,259 - 765,100 = 47,159$$

$$t = 5; ES_5 = 812,259 - 147,900 = 664,359$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น

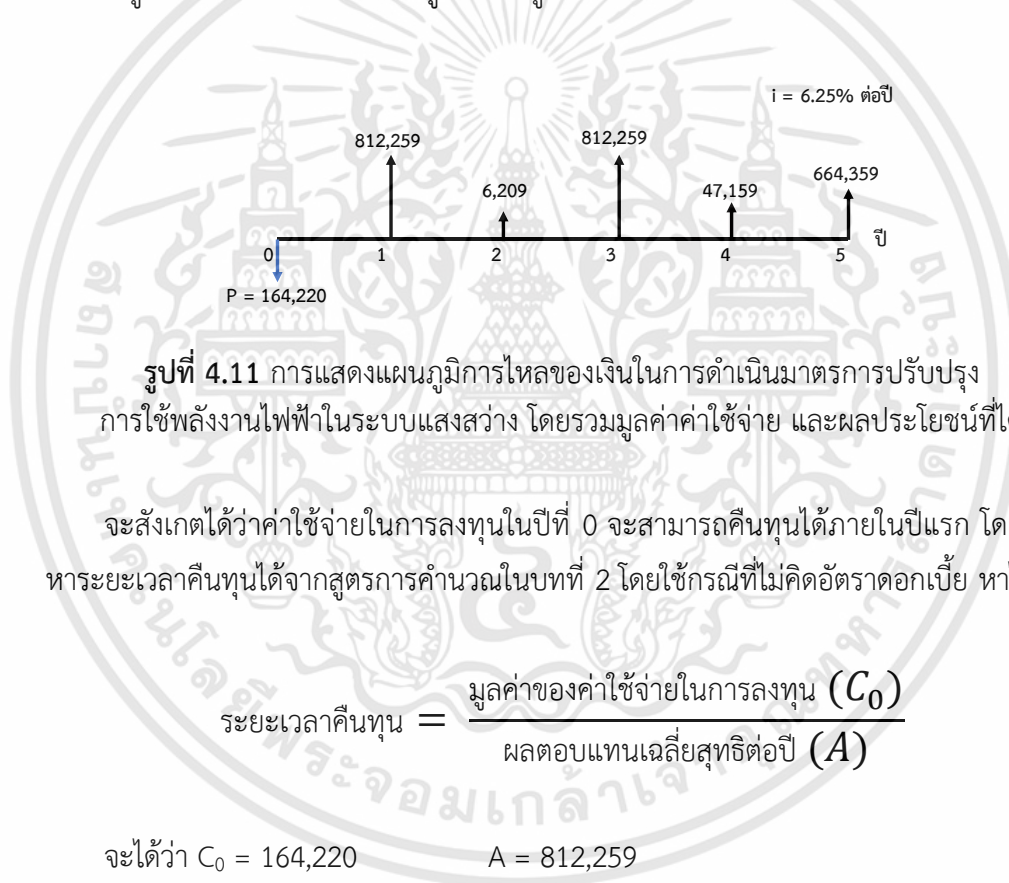
$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{ES_t}{(1 + IRR)^t} - 164,220$$

$$164,220 = \frac{812,259}{(1 + IRR)^1} + \frac{6,209}{(1 + IRR)^2} + \frac{812,259}{(1 + IRR)^3} + \frac{47,159}{(1 + IRR)^4} + \frac{664,359}{(1 + IRR)^5}$$

IRR = เข้าใกล้ infinity

### 3. ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

จากแผนภูมิการไหลของเงินในการดำเนินมาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างในรูปที่ 4.9 สามารถปรับแผนภูมิเพื่อให้ดูได้ง่ายขึ้น ดังนี้



รูปที่ 4.11 การแสดงแผนภูมิการไหลของเงินในการดำเนินมาตรการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง โดยรวมมูลค่าค่าใช้จ่าย และผลประโยชน์ที่ได้

จะสังเกตได้ว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนในปีที่ 0 จะสามารถคืนทุนได้ภายในปีแรก โดยสามารถหารระยะเวลาคืนทุนได้จากสูตรการคำนวณในบทที่ 2 โดยใช้กรณีที่ไม่คิดอัตราดอกเบี้ย หาได้จาก

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{มูลค่าของค่าใช้จ่ายในการลงทุน } (C_0)}{\text{ผลตอบแทนเฉลี่ยสุทธิต่อปี } (A)}$$

จะได้ว่า  $C_0 = 164,220$

$A = 812,259$

ดังนั้น

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{164,220}{812,259}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = 0.20 \text{ ปี} \approx 3 \text{ เดือน}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง ด้วยการปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน โดยการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟ LED พร้อมทั้งการควบคุมการใช้งานหลอดไฟให้เหมาะสมกับการใช้ในแต่ละพื้นที่ จะพบว่า การวิเคราะห์ทั้ง 3 ด้าน ให้ผลที่ดีและควรเริ่มดำเนินการโดยทันที เนื่องจากมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ เท่ากับ 1,819,133 บาท มีค่าเป็นบวก แสดงว่ามีกำไรเพิ่มมากขึ้นในด้านของผลตอบแทนภายใน มีค่าเข้าใกล้  $\infty$  ซึ่งมากกว่า 6.25% เป็นอย่างมาก อีกทั้งยังสามารถคืนทุนได้ภายใน 3 เดือน หลังจากเริ่มดำเนินการ

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ และระบบแสงสว่าง ด้วยวิธีการศึกษามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุน และระยะเวลาคืนทุน แสดงให้เห็นว่าทั้งสองมาตรการควรเริ่มดำเนินการได้ทันที เนื่องจากมีมูลค่าค่าใช้จ่ายของการลงทุนไม่สูงนัก เมื่อเปรียบเทียบกับผลการประหยัดพลังงานที่จะได้มา ทั้งนี้จะเห็นได้จากผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่ให้ค่ามูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนสุทธิ (NPV) เป็นบวก ผลตอบแทนภายใน (IRR) มากกว่า 6.25% เป็นอย่างมาก และระยะเวลาการคืนทุนน้อยกว่าอายุโครงการ ดังแสดงในตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.32 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ทรัพยากร	มาตรการ	ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์		
		NPV	IRR	Payback Period
พลังงานไฟฟ้า	ระบบปรับอากาศ โดย	8,518,952 บาท	เข้าใกล้ $\infty$	0 ปี
	<ul style="list-style-type: none"> <li>การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับความต้องการทำความเย็น</li> </ul>			
	ระบบแสงสว่าง โดย	1,819,133 บาท	เข้าใกล้ $\infty$	ภายใน 3 เดือน
	<ul style="list-style-type: none"> <li>การเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอด LED</li> <li>การควบคุมการใช้งานหลอดไฟให้เหมาะสมกับการใช้ในแต่ละพื้นที่</li> </ul>			

#### 4.8 สรุปผลการจัดทำมาตรการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา

การกำหนดมาตรการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษาที่ได้จากผลการศึกษานี้ มุ่งเน้นการบริหารจัดการและการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ และระบบแสงสว่างให้เหมาะสมกับความต้องการใช้งานในแต่ละพื้นที่ ทั้งบริเวณส่วนกลาง สำนักงาน ห้องครัวและห้องอาหาร ห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา และห้องพัก โดย

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลและศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม และเทคโนโลยีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือแนวทางที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก สามารถสรุปมาตรการที่เหมาะสมและมีความเป็นไปได้ในการนำมาปฏิบัติทั้งในเชิงของเทคนิคและในเชิงเศรษฐศาสตร์ทั้งหมด 2 มาตรการ คือ 1) ระบบปรับอากาศ: การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็น และ 2) ระบบแสงสว่าง: การปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน และการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง การดำเนินงานทั้ง 2 มาตรการใช้เพียงเงินลงทุนในการเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอด LED มูลค่า 164,220 บาท เท่านั้น และควบคู่ไปกับการดำเนินการควบคุมการเปิด - ปิดการใช้งานอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่างโดยพนักงานของโรงแรม ทั้งนี้การดำเนินการทั้ง 2 มาตรการควบคู่กันไปในนั้น จะทำให้สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 565.43 ton CO<sub>2</sub>-e หรือคิดเป็นร้อยละ 15.74 ทำให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก 3,592.40 ton CO<sub>2</sub>-e เหลือเพียง 3,026.97 ton CO<sub>2</sub>-e หรือเท่ากับ 29.04 kg CO<sub>2</sub>-e per room night sold แสดงให้เห็นว่าหากโรงแรม ในกรณีศึกษานำมาตรการดังกล่าวไปใช้งานอย่างต่อเนื่อง สามารถทำให้ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ลดลงต่ำกว่า 30 kg CO<sub>2</sub>-e per room night sold ใกล้เคียงกับโรงแรมขนาดใหญ่อื่น ๆ เช่น IHG InterContinental Hotels Group, Marriott International และ NH Hotels ที่มีการวางแผนและบริหารจัดการการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างดี ซึ่งโรงแรมมาริโอทมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์น้อยที่สุดอยู่ที่ 26.17 kg CO<sub>2</sub>-e per room night sold (พ.ศ. 2560) และหากคิดเปรียบเทียบกับหน่วยมาตรฐานอื่น ๆ จะแสดงค่าได้ดังตารางที่ 4.33

ตารางที่ 4.33 ผลการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เปรียบเทียบต่อหน่วยมาตรฐาน

รายการ	หน่วย (Unit)	ปริมาณ	ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (kg CO <sub>2</sub> -e / Unit)	
			ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์	ton CO <sub>2</sub> -e	-	3,592.40	3,026.97
พื้นที่โดยรวม	m <sup>2</sup>	20,269	177.24	149.34
จำนวนห้องพัก	room	242	14.84 × 10 <sup>3</sup>	12.51 × 10 <sup>3</sup>
อัตราการเข้าพัก	room night sold	80,253	34.47	29.04
การใช้งานห้องประชุม	m <sup>2</sup> of meeting space	3,340	150.91	127.16
จำนวนผู้เข้าพัก	person	160,506	22.38	18.86

นอกจากการดำเนินมาตรการทั้งสองจะช่วยในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว ยังส่งผลถึงการประหยัดต้นทุนด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ โดยจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ถึง 928,000 kWh คิดเป็นมูลค่าถึง 3,062,401 บาท และหากคิดต้นทุนการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่หลังจากที่มีการดำเนินมาตรการแล้ว จะมีต้นทุนลดลงจาก 2.50 บาท/ตารางเมตร (0.76 kWh/m<sup>2</sup>) เหลือเพียง 2.04 บาท/ตารางเมตร (0.62 kWh/m<sup>2</sup>) เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้การที่โรงแรมได้เริ่มต้นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร และพัฒนาแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนี้ จะเป็นการสร้างความแตกต่างให้กับธุรกิจ และยังสามารถสนับสนุนอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวสีเขียวที่ครบวงจรได้ตั้งแต่ สถานที่ท่องเที่ยว โรงแรมที่พัก และอาหาร ซึ่งจะเป็นแนวทางในการพัฒนาธุรกิจอย่างยั่งยืน

#### 4.9 วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ

วิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศนี้ เป็นคู่มือประกอบการทำงานสำหรับพนักงานแผนกวิศวกรรมและซ่อมบำรุงของโรงแรม ในกรณีศึกษา ที่มีหน้าที่ความรับผิดชอบในการเปิด - ปิด อุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบปรับอากาศโดยตรง เพื่อให้พนักงานทำงานได้อย่างถูกต้อง ป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับการทำงานของระบบปรับอากาศ และปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติงาน ดังนี้

1. ตรวจสอบตารางการใช้งานห้องจัดเลี้ยง และห้องประชุมสัมมนาจากแผนกจัดเลี้ยง (Catering Department) ที่มีหน้าที่ในการดูแลและรับผิดชอบงานในส่วนของการจัดเตรียมห้องจัดเลี้ยง และห้องประชุมสัมมนา
  - กรณีที่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง และห้องประชุมสัมมนา อ้างอิงแผนการเปิด-ปิด อุปกรณ์ได้ตามตารางที่ 4.34
  - กรณีที่ไม่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง และห้องประชุมสัมมนา อ้างอิงแผนการเปิด-ปิด อุปกรณ์ได้ตามตารางที่ 4.35
2. ก่อนการเปิดเครื่องระบบปรับอากาศ ดำเนินการตรวจเช็คแรงดันไฟฟ้าที่ผู้ควบคุม โดยแรงดันไฟฟ้าจะต้องอยู่ที่ 380-430 v
  - เมื่อตรวจสอบแล้วว่าระบบไฟฟ้าปกติให้ดำเนินการเปิดอุปกรณ์ตามหมายเลขเครื่องที่กำหนดไว้ ตามตาราง การเปิด-ปิดอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศที่แจ้งไว้ในชั้นที่ 1
  - ถ้าหากมีความผิดปกติ ให้ปฏิบัติตามแผนการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ
3. ปิดระบบทำความเย็น โดยการกดปุ่มหยุดการทำงาน ของอุปกรณ์ในหมายเลขที่ไม่ต้องเปิดใช้งาน ตามตารางการเปิด-ปิดอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศที่แจ้งไว้ในชั้นที่ 1
4. ดำเนินการตรวจวัดและเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ เพื่อใช้ในการประเมินและวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ ตามแบบฟอร์มในตารางที่ 4.36
5. จัดเก็บเอกสารในระบบฐานข้อมูลของแผนกวิศวกรรมและซ่อมบำรุง เพื่อใช้ในการวางแผนการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.34 เวลาการเปิด-ปิดอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ: วันที่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา

พื้นที่	การเปิด - ปิด อุปกรณ์ (สัญลักษณ์ ✓ คือเปิดใช้งาน)					
	23.00 - 03.00 น.	03.00 - 07.00 น.	07.00 - 11.00 น.	11.00 - 15.00 น.	15.00 - 19.00 น.	19.00 - 23.00 น.
<b>1. Chiller</b>						
1.1 Chiller 1	✓		✓	✓	✓	✓
1.2 Chiller 2	✓	✓	✓		✓	✓
1.3 Chiller 3		✓	✓	✓	✓	✓
<b>2. Cooling Tower</b>						
2.1 Cooling Tower 1	✓		✓	✓	✓	✓
2.2 Cooling Tower 2	✓	✓	✓		✓	✓
2.3 Cooling Tower 3		✓	✓	✓	✓	✓
<b>3. Condenser Water Pump</b>						
3.1 Condenser Water Pump 1	✓	✓	✓			✓
3.2 Condenser Water Pump 2	✓	✓	✓		✓	
3.3 Condenser Water Pump 3			✓	✓	✓	✓
3.4 Condenser Water Pump 4				✓	✓	✓
<b>4. Chilled Water Pump</b>						
4.1 Chilled Water Pump 1	✓	✓	✓			✓
4.2 Chilled Water Pump 2	✓	✓	✓		✓	
4.3 Chilled Water Pump 3			✓	✓	✓	✓
4.4 Chilled Water Pump 4				✓	✓	✓

ตารางที่ 4.35 เวลาการเปิด-ปิดระบบปรับอากาศ: วันที่ไม่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา

พื้นที่	การเปิด - ปิด อุปกรณ์ (สัญลักษณ์ √ คือเปิดใช้งาน)					
	23.00 - 03.00 น.	03.00 - 07.00 น.	07.00 - 11.00 น.	11.00 - 15.00 น.	15.00 - 19.00 น.	19.00 - 23.00 น.
<b>1. Chiller</b>						
1.1 Chiller 1	√		√		√	√
1.2 Chiller 2	√	√	√	√		√
1.3 Chiller 3		√	√		√	√
<b>2. Cooling Tower</b>						
2.1 Cooling Tower 1	√		√		√	√
2.2 Cooling Tower 2	√	√	√	√		√
2.3 Cooling Tower 3		√	√		√	√
<b>3. Condenser Water Pump</b>						
3.1 Condenser Water Pump 1		√	√		√	
3.2 Condenser Water Pump 2		√	√			√
3.3 Condenser Water Pump 3	√			√		√
3.4 Condenser Water Pump 4	√		√		√	√
<b>4. Chilled Water Pump</b>						
4.1 Chilled Water Pump 1		√	√		√	
4.2 Chilled Water Pump 2		√	√			√
4.3 Chilled Water Pump 3	√			√		√
4.4 Chilled Water Pump 4	√		√		√	√

ตารางที่ 4.36 ตารางการตรวจวัดและเก็บข้อมูลของเครื่องทำน้ำเย็น ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ

รายการ		หน่วย	สัญลักษณ์	ค่าที่บันทึก	แหล่งที่มา
เวลาเปิดใช้งาน					
หมายเลข เครื่อง ที่เปิดใช้งาน	Chiller	-	-		
	Cooling Tower	-	-		
	Condenser Water Pump	-	-		
	Chilled Water Pump	-	-		
Setting	Leaving Water Temperature	°F	-		ค่า Set Point
Point	% Load Amp	%	-		ค่า Set Point
<b>ผลการตรวจวัด</b>					
Ambient Condition	Temperature	°C	-		ค่าอุณหภูมิ ณ เวลาที่ตรวจวัด
	%RH	%RH	-		ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ณ เวลาที่ตรวจวัด
สารทำความเย็น (Refrigerant)	Suction Pressure	PSIG	$P_s$		Panel Board
	Suction Temperature	°F	$T_e$		Panel Board
	Evaporator Approach Temp	°F	$\Delta T_e$		$\Delta T_e = CHS - T_e$
	Discharge Pressure	PSIG	$P_d$		Panel Board
	Discharge Temperature	°F	$T_c$		Panel Board
	Condenser Approach Temp	°F	$\Delta T_c$		$\Delta T_c = T_c - CDS$
น้ำเย็น (Water Chilled)	อุณหภูมิน้ำเข้า	°F	CHR		Panel Board
	อุณหภูมิน้ำออก	°F	CHS		Panel Board
	อัตราการไหล	gpm	$F_e$		ตรวจวัดโดยเครื่องวัดอัตราการไหล
	Water Chilled Inlet Pressure	PSIG	$P_{ie}$		Panel Board
	Water Chilled Outlet Pressure	PSIG	$P_{oe}$		Panel Board
	Pressure Drop	PSIG	$\Delta P_e$		$\Delta P_e = P_{ie} - P_{oe}$
	TR	Ton	$Q_e$		$Q_e = F_e \times (CHR - CHS) / 24$
	% Inlet/Outlet Valve Open	%	-		ตำแหน่งการเปิดวาล์วขณะตรวจวัด
น้ำหล่อเย็น (Water Condenser)	อุณหภูมิน้ำเข้า	°F	CDR		Panel Board
	อุณหภูมิน้ำออก	°F	CDS		Panel Board
	อัตราการไหล	gpm	$F_c$		ตรวจวัดโดยเครื่องวัดอัตราการไหล
	Water Condenser Inlet Pressure	PSIG	$P_{ic}$		Panel Board
	Water Condenser Outlet Pressure	PSIG	$P_{oc}$		Panel Board
	Pressure Drop	PSIG	$\Delta P_c$		$\Delta P_c = P_{ic} - P_{oc}$
	TC	Ton	$Q_c$		$Q_c = F_c \times (CDR - CDS) / 24$
	% Inlet/Outlet Valve Open	%	-		ตำแหน่งการเปิดวาล์วขณะตรวจวัด
VSD Data	VSD Hz Actual	Hz	-		Panel Board
	VSD Comp 1 (Amp)	Amp	-		Panel Board
	VSD Comp 2 (Amp)	Amp	-		Panel Board
	VSD Comp 1 (%)	%	-		Panel Board
	VSD Comp 2 (%)	%	-		Panel Board
	VSD DC Bus Voltage	V	-		Panel Board
	VSD Internal Ambient Temp.	°F	-		Panel Board
	IGBT Baseplate Temp. (T1)	°F	-		Panel Board
	IGBT Baseplate Temp. (T2)	°F	-		Panel Board
Power	kW	W		ตรวจวัดโดยใช้ Power Meter	
ค่าประสิทธิภาพหรือสมรรถนะ	kW/Ton	Eff.			$Eff = W/Q_e$

หมายเหตุ

ผู้รับผิดชอบ

เวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

โรงแรมที่ใช้เป็นกรณีศึกษา เป็นโรงแรมขนาดใหญ่ ระดับ 5 ดาว ตั้งอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร บนเนื้อที่ 9,076 ตารางเมตร เป็นอาคารสูง 16 ชั้น และชั้นใต้ดิน 1 ชั้น มีจำนวนห้องพักทั้งหมด 242 ห้อง (มีพื้นที่รวม 11,093 m<sup>2</sup>) ห้องประชุมสัมมนาและห้องจัดเลี้ยงขนาด 30 – 1,200 คน จำนวน 6 ห้อง (มีพื้นที่รวม 3,340 m<sup>2</sup>) โดยในปี พ.ศ. 2560 มีจำนวนการเข้าพัก (Room Night Sold) รวมทั้งหมด 80,253 ห้อง การดำเนินงานภายในองค์กรแบ่งออกเป็น 8 ส่วนงาน ได้แก่ 1) แผนกการตลาดและประชาสัมพันธ์ 2) แผนกต้อนรับ 3) แผนกห้องอาหาร 4) แผนกจัดเลี้ยง 5) แผนกแม่บ้าน 6) แผนกวิศวกรรมและการซ่อมบำรุง 7) แผนกการเงินและการบัญชี และ 8) แผนกทรัพยากรบุคคล ซึ่งทุกส่วนงานล้วนมีการดำเนินงานที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งสิ้น

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา โดยวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของประเทศไทย (2559) จัดทำโดย องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) พบว่า ในปี พ.ศ. 2560 การดำเนินกิจกรรมภายในโรงแรมมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวนสูงถึง 3,592.40 ton CO<sub>2</sub>-e หรือเท่ากับ 34.47 kg CO<sub>2</sub>-e per room night sold ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมขนาดใกล้เคียงกันที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล และมีสาขาอยู่ทั่วโลก

และเมื่อวิเคราะห์สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด จะพบว่า ประเภทที่ 2 กิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงแรม ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกสูงถึง 3,067.93 ton CO<sub>2</sub>-e หรือคิดเป็นร้อยละ 85.40 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด (เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 5,035,173 kWh) ดังนั้นจึงมีมาตรการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวน 2 มาตรการ คือ 1) การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ด้วยการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็น และ 2) การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง ด้วยการปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน พร้อมทั้งการควบคุมการใช้งานหลอดไฟให้เหมาะสมกับการใช้ในแต่ละพื้นที่ ซึ่งการดำเนินการทั้ง 2 มาตรการควบคู่กันไปจะประหยัดต้นทุนด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 928,000 kWh หรือคิดเป็นมูลค่าถึง 3,062,401 บาท นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ถึง 565.43 ton CO<sub>2</sub>-e หรือคิดเป็นร้อยละ 15.74 ทำให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก 3,592.40 ton CO<sub>2</sub>-e เหลือเพียง 3,026.97 ton CO<sub>2</sub>-e หรือเท่ากับ 29.04 kg CO<sub>2</sub>-e per room night sold เป็นไปตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป้าหมายที่ตั้งไว้ในตอนเริ่มต้นที่ต้องการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมให้เหลือต่ำกว่า 30 kg CO<sub>2</sub>-e per room night sold และมีค่าใกล้เคียงกับโรงแรมขนาดใหญ่อื่น ๆ ที่มีการวางแผนและบริหารจัดการการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างดี

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ประเภทธุรกิจโรงแรม ค่อนข้างเป็นเรื่องใหม่ อีกทั้งทางภาครัฐและเอกชน ยังไม่ได้ออกกฎระเบียบข้อบังคับที่ชัดเจน หรือยังมิได้ให้สนับสนุนอย่างเต็มรูปแบบในการสร้างอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวสีเขียวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอย่างครบวงจร ดังนั้น การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมขนาดใหญ่ในครั้งนี้ จะสามารถนำไปใช้เป็นคู่มือและแนวทางให้กับธุรกิจโรงแรมที่มีความสนใจในการจัดทำและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรได้ โดยการส่งเสริมให้บุคลากรภายในศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมที่มีความรู้ด้านการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร และทำหน้าที่ในการประเมิน เพื่อให้โรงแรมได้ทราบถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมภายในโรงแรม และวางแผนในการพัฒนาแนวทางการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตาม จากการการประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูลในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของงานวิจัยครั้งนี้ ยังมีระดับของความไม่แน่นอนค่อนข้างสูง และคุณภาพของข้อมูลอยู่ในระดับที่ไม่ดีนัก เนื่องมาจากการจัดเก็บข้อมูลส่วนใหญ่มาจากการจัดทำแบบสำรวจ รายงานประจำเดือน ใบเสร็จ แลการประมาณการใช้ทรัพยากร ดังนั้นคุณภาพของข้อมูลจึงอาจมีความคลาดเคลื่อน อีกทั้งค่าแฟกเตอร์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้นั้นส่วนใหญ่มาจากข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนในแต่ละประเทศและพื้นที่ ดังนั้นในการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ครั้งต่อไป จึงจำเป็นที่จะต้องมีการวางแผนการจัดเก็บข้อมูลปริมาณการใช้ทรัพยากรให้มีความถูกต้องและแม่นยำ โดยการจัดทำตารางบันทึกข้อมูลการใช้ทรัพยากรเป็นรายสัปดาห์ และรายเดือน เพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องยิ่งขึ้น ซึ่งจะสามารถช่วยลดค่าความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นได้ รวมทั้งทำให้มีการบริหารจัดการคุณภาพบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกที่ดีขึ้น นอกจากนี้ควรจะมีการเผยแพร่ข้อมูลการใช้ทรัพยากรหลังจากการดำเนินการตามมาตรการให้แก่พนักงานขององค์กรได้รับทราบ เพื่อสร้างจิตสำนึกที่ดีให้แก่พนักงาน รวมทั้งเป็นการกระตุ้นให้เกิดความตระหนักรู้ของผลประโยชน์ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร และจากงานวิจัยนี้ทำให้เห็นว่าการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมจะเป็นการสร้างความแตกต่างให้กับธุรกิจ ยกระดับสู่ระบบการบริหารจัดการที่ดี ลดต้นทุนการดำเนินงานโดยเฉพาะการใช้พลังงานไฟฟ้า เพิ่มกำไรให้กับธุรกิจควบคู่ไปกับการเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะเป็แนวทางในการพัฒนาธุรกิจอย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] K. Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, T. Z. and J. C. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, and M. (eds.), *IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press, 2014.
- [2] Office of Natural Resource and Environmental Policy and Planning, *Second Biennial Update Report of Thailand*, vol. 2 Office of. Bangkok, Thailand: Ministry of Natural Resources and Environment, 2017.
- [3] ลีริมา จิวสม, *การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและแนวทางเชิงวิศวกรรมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรมควบคุมมลพิษ*, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2555.
- [4] ธนัท พูลประทีน, *คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2555.
- [5] World Tourism Organization and United Nations Environment Programme, *Climate Change and Tourism Responding to Global Challenges*, 1st ed. Madrid, Spain: The World Tourism Organization, 2008.
- [6] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), *แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร*, 5th ed. กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย: บริษัท พีทู ดีไซน์ แอนด์ พริ้นท์ จำกัด, 2559.
- [7] ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, *อุณหภูมิโลกที่สูงขึ้น*, 2559. [Online]. Available: <http://www.environnet.in.th/archives/922>. [Accessed: 01-Dec-2016].
- [8] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), *สถานการณ์ก๊าซเรือนกระจก / ปรากฏการณ์ก๊าซเรือนกระจก*, 2559. [Online]. Available: <http://www.tgo.or.th/2015/thai/content.php?s1=7&s2=16>. [Accessed: 15-Feb-2018].

- [9] ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อม, *Environment*, กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2016. [Online]. Available: <http://www.environnet.in.th/>. [Accessed: 01-Jul-2018].
- [10] The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, vol. 5. Hayama, Japan: The Institute for Global Environmental Strategies (IGES), 2006.
- [11] M. A. B. Yunus A. Cengel, *Thermodynamics: An Engineering Approach /6th edition*, 6th ed. กรุงเทพฯ, ไทย: สำนักพิมพ์แมคกรอ-ฮิล, 2008.
- [12] สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน, *คู่มือฝึกอบรม: การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน*, 1st ed. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.
- [13] สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน, *คู่มือหลักสูตร: การพัฒนาบุคลากรภาคปฏิบัติเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ตามเกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ*, 1st ed. กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.
- [14] สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย, *คู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคาร*. กรุงเทพมหานคร: สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย, 2559.
- [15] M. Matsuo, *เทคนิคการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรม*, 1st ed. กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. (สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)), 2543.
- [16] ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์, *การออกแบบระบบไฟฟ้า (ELECTRICAL SYSTEM DESIGN)*, 7th ed. กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย: ศูนย์หนังสือจุฬา, 2561.
- [17] Advanced Energy Economy, *Advanced Energy Technology for Greenhouse Reduction*. San Francisco, USA.: Advanced Energy Economy Institute, 2014.
- [18] C. C. Teng, J. S. Horng, M. L. M. Hu, L. H. Chien, and Y. C. Shen, "Developing Energy Conservation and Carbon Reduction Indicators for the Hotel Industry in Taiwan," *Int. J. Hosp. Manag.*, vol. 31, no. 1, pp. 199–208, 2012.
- [19] M. Cheung and J. Fan, "Carbon Reduction in A High-Density City: A Case Study of Langham Place Hotel Mongkok Hong Kong," *Renew. Energy*, vol. 50, pp. 433–440, 2013.
- [20] The Carbon Neutral Company, *A Handbook to Internal Greenhouse Gas Reduction Targets and Plans*, New York, NY, USA., 2012.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [21] พงษ์ชัย พงษ์ชาลิต, *การกำหนดแนวทางการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร สำหรับโรงแรมขนาดกลางและขนาดเล็กในประเทศไทย โดยใช้การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ตามแนวทางขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2557.*
- [22] ไพบุลย์ แยมเฟื่อน, *เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม : Engineering Economy.* กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2556.
- [23] ชุติมา สุขอนันต์, *การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2555.*
- [24] ไพรัช อุดุภรณ์ และ หาญพล พิงรัมย์, “การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต,” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, vol. 22, no. 1, pp. 1–12, 2557.
- [25] D. De Grosbois and D. Fennell, “Carbon Footprint of the Global Hotel Companies: Comparison of Methodologies and Results,” *Tour. Recreat. Res.*, vol. 36, no. 3, pp. 231–245, 2011.
- [26] J. H. K. Lai, F. W. H. Yik, and C. S. Man, “Carbon Audit: A Literature Review and An Empirical Study on A Hotel,” *Facilities*, vol. 30, no. 9, pp. 417–431, 2012.
- [27] E. Eijgelaar, W. Miedema, R. Bongaerts, and P. Peeters, *Overview of Carbon Calculators and the Calculation of Greenhouse Gas Emissions in Tourism*, Breda, Netherlands, 2013.
- [28] V. Filimonau, J. Dickinson, D. Robbins, and M. A. J. Huijbregts, “Reviewing the Carbon Footprint Analysis of Hotels: Life Cycle Energy Analysis (LCEA) as a Holistic Method for Carbon Impact Appraisal of Tourist Accommodation,” *J. Clean. Prod.*, vol. 19, no. 17–18, pp. 1917–1930, 2011.
- [29] J. H. K. Lai, “Carbon Footprints of Hotels: Analysis of Three Archetypes in Hong Kong,” *Sustain. Cities Soc.*, vol. 14, no. 1, pp. 334–341, 2014.
- [30] K. T. Huang, J. C. Wang, and Y. C. Wang, “Analysis and Benchmarking of Greenhouse Gas Emissions of Luxury Hotels,” *Int. J. Hosp. Manag.*, vol. 51, pp. 56–66, 2015.

- [31] the International Tourism Partnership (ITP) and the World Travel & Tourism Council (WTTC), *Hotel Carbon Measurement Initiative v 1.1*. London, United Kingdom: the International Tourism Partnership (ITP), 2012.
- [32] S. Taylor, A. Peacock, P. Banfill, and L. Shao, "Reduction of Greenhouse Gas Emissions from UK Hotels in 2030," *Build. Environ.*, vol. 45, no. 6, pp. 1389–1400, 2010.
- [33] P. Bohdanowicz, P. Zientara, and E. Novotna, "International Hotel Chains and Environmental Protection: An Analysis of Hilton's We Care! Programme (Europe, 2006-2008)," *J. Sustain. Tour.*, vol. 19, no. 7, pp. 797–816, 2011.
- [34] Donnelley Financial Solutions, *IHG: Annual Report and Form 20-F 2018*, London, United Kingdom, 2019.
- [35] Marriott International, *2018 Serve 360 Report Sustainability and Social Impact at Marriott International*, 2018.
- [36] NH Hotel Group, *NHHG: Annual Report 2017*, 2018.
- [37] The Indian Hotels Company Limited, *IHCL: Sustainability Report 2017 - 18*, India, 2017.
- [38] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), *Emission Factor*, 2559. [Online]. Available: [http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/products\\_emission/products\\_emission.pnc](http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/products_emission/products_emission.pnc). [Accessed: 15-Feb-2018].

## ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ภาคผนวก ข. แบบสอบถามมาตรการในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม  
ในกรณีศึกษา

ภาคผนวก ค. ข้อมูลการใช้งานระบบปรับอากาศของโรงแรม ในกรณีศึกษา จำแนกตามพื้นที่

ภาคผนวก ง. การควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศของโรงแรม ในกรณีศึกษา

ภาคผนวก จ. รายละเอียดขอบเขตการซ่อมบำรุงระบบปรับอากาศของโรงแรม ในกรณีศึกษา

ภาคผนวก ฉ. การควบคุมการใช้งานแสงสว่างในโรงแรม ในกรณีศึกษา

ภาคผนวก ช. เอกสารการตีพิมพ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ภาคผนวก ก.**  
**ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก**

ตารางที่ ก.1 ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย (Unit)	ค่าแฟกเตอร์ (kg Co <sub>2</sub> e/Unit)	แหล่งข้อมูล
<b>1. การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง (ที่มีการเคลื่อนที่)</b>				
1.1 ดีเซล		L	2.7446	IPCC
1.2 เบนซิน	use calorific value from DEDE	L	2.1896	IPCC
1.3 ก๊าซหุงต้ม (LPG)		L	1.7226	IPCC
		kg	3.1899	IPCC
<b>2. การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง (เผาไหม้อยู่กับที่)</b>				
2.1 ก๊าซหุงต้ม (LPG)		L	1.6812	IPCC
	Conversion from litter to kilogram	kg	3.1100	IPCC
2.2 น้ำมันเตา		L	3.0883	IPCC
<b>3. สารทำความเย็น</b>				
3.1 HFC-134a		kg	1,430	IPCC, 2007
3.2 HCFC-22/R22		kg	1,810	World Meteorological Org., 2006
<b>4. การบำบัดน้ำเสีย</b>				
4.1 โรงบำบัด แบบ เต็มอากาศ		kg COD	1.8750	2006 IPCC
4.2 ระบบกำจัดสลัดจ์ แบบไม่เต็มอากาศ		kg COD	5.0000	2006 IPCC
4.3 Reactor แบบไม่ เต็มอากาศ		kg COD	5.0000	2006 IPCC
4.4 บ่อบำบัดดิน แบบ ไม่เต็มอากาศ		kg COD	1.2500	2006 IPCC
4.5 บ่อบำบัดลึก แบบ ไม่เต็มอากาศ		kg COD	5.0000	2006 IPCC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ต่อ)

ชื่อ	รายละเอียด	หน่วย (Unit)	ค่าแฟกเตอร์ (kg Co <sub>2</sub> e/Unit)	แหล่งข้อมูล
<b>5. กลุ่มไฟฟ้า</b>				
5.1 Electricity, grid mix (ไฟฟ้า)	การผลิตไฟฟ้าในระบบ Grid mix ของ ประเทศไทย 2009	kWh	0.6093	Thai National LCI Database/ MTEC
<b>6. กลุ่มน้ำประปาและน้ำอุตสาหกรรม (Tap water)</b>				
6.1 น้ำประปา-การประปานครหลวง	ผลิตโดยใช้น้ำผิวดิน	m <sup>3</sup>	0.5081	Thai National LCI Database/ MTEC
6.2 น้ำประปา-การประปาส่วนภูมิภาค	ผลิตโดยใช้น้ำผิวดินและใต้ดิน	m <sup>3</sup>	0.7043	Thai National LCI Database/ MTEC
6.3 น้ำประปา-การนิคมอุตสาหกรรม	ผลิตโดยใช้น้ำผิวดิน	m <sup>3</sup>	0.2722	Thai National LCI Database/ MTEC
<b>7. อุปกรณ์สำนักงาน</b>				
7.1 หมึกพิมพ์		kg	2.5000	IPCC, 2007
7.2 กระดาษ		kg	1.1500	TC Common Data
<b>8. การฝังกลบขยะ</b>				
8.1 กระดาษ / กระดาษกล่อง		kg	2.9300	2006 IPCC Volume 5: Waste
8.2 เศษอาหาร		kg	2.5300	2006 IPCC Volume 5: Waste
<b>9. การรีไซเคิล</b>				
9.1 ขวดพลาสติก		kg	-3.0400	ศาสตร์, 2554

หมายเหตุ: ค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกอ้างอิงจากฉบับปรับปรุงในเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2559 ที่เผยแพร่โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) [38]

## ภาคผนวก ข.

### แบบสอบถามมาตรการในการลดปริมาณการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา

การจัดทำมาตรการในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม จะต้องมีการจัดทำแบบสอบถาม เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลและความคิดเห็นจากผู้บริหารและหัวหน้าแผนก โดยมีทั้งหมด 10 คน ได้แก่ ประธานบริหาร (Chief Executive Officer, CEO) กรรมการผู้จัดการ (Managing Director, MD) หัวหน้าแผนกการตลาดและประชาสัมพันธ์ หัวหน้าแผนกต้อนรับ หัวหน้าแผนกห้องอาหาร หัวหน้าแผนกแผนกจัดเลี้ยง หัวหน้าแผนกแม่บ้าน หัวหน้าแผนกวิศวกรรมและการซ่อมบำรุง หัวหน้าแผนกการเงินและการบัญชี และหัวหน้าแผนกทรัพยากรบุคคล เพื่อคัดเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาจาก 4 ปัจจัย ได้แก่ งบประมาณในการลงทุน ระยะเวลาของการปรับปรุง ความยาก-ง่ายในการดำเนินงาน และผลกระทบที่เกิดขึ้น ซึ่งในการคัดเลือกเทคโนโลยีและแนวทางที่จะนำมาใช้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้ใช้แบบจำลองของค่าคะแนนแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Scoring Model) เพื่อเลือกแนวทางที่เป็นไปได้มากที่สุดมาใช้ในการจัดทำมาตรการ โดยกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญในแต่ละปัจจัย ดังนี้ งบประมาณในการลงทุน 40% ระยะเวลาของการปรับปรุง 30% ความยาก-ง่ายในการดำเนินงาน 20% และผลกระทบที่เกิดขึ้น 10% แต่ละปัจจัยมีคะแนนตั้งแต่ 1 - 5 โดยพิจารณาเทคโนโลยีในแต่ละกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกออกจากกัน

#### รายละเอียดมาตรการและแนวทางที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือน กระจกของโรงแรม ในกรณีศึกษา

การประเมินและวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินงานของโรงแรม พบว่า กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอื่น ๆ เช่น ระบบการทำความร้อน การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น การดำเนินการในการบำบัดน้ำเสีย และการรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ ตามลำดับ ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ เป็นกิจกรรมที่มีนัยสำคัญต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม ที่จะต้องนำมาพิจารณาและวางแผนแนวทางที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยมีมาตรการและแนวทางที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบปรับอากาศ

1.1 การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็น: ในปัจจุบันได้มีการดำเนินงานโดยเปิดใช้งานเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) มอเตอร์พัดลมสำหรับการทำงานของหอหล่อเย็น (Cooling Tower) ปั๊มน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump) และปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ตามเวลาการเปิด-ปิดที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งสามารถลดการใช้งานลงได้อีก โดยปรับเปลี่ยนให้มีความเหมาะสมกับความต้องการทำความเย็นในแต่ละช่วงเวลา โดยพิจารณาจากการเข้ามาใช้บริการของลูกค้า การใช้งานห้องประชุมและห้องจัดเลี้ยง เป็นต้น ทั้งนี้ในการดำเนินการวิธีนี้ ไม่จำเป็นต้องลงทุนเพิ่มแต่อย่างใด เนื่องจากสามารถกำหนดตารางเวลาการเปิด-ปิดการใช้งาน และควบคุมโดยพนักงานของโรงแรมได้ ซึ่งสามารถดำเนินการได้ทันที อีกทั้งยังไม่มีผลกระทบต่อลูกค้าและพนักงานอีกด้วย

1.2 ปรับเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง (High EER): เป็นการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศจากรุ่นเดิมที่ประสิทธิภาพปานกลาง ให้เป็นประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง แต่ทั้งนี้ในการปรับเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศนี้จะต้องใช้งบประมาณค่อนข้างสูง เนื่องจากต้องสั่งซื้อเครื่องปรับอากาศใหม่ อีกทั้งยังต้องใช้ระยะเวลาในการติดตั้ง และอาจส่งผลกระทบต่อลูกค้าที่เข้ามาพักอีกด้วย

1.3 ซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศให้มีประสิทธิภาพ: ดำเนินการวางแผนในการบำรุงรักษาในเชิงป้องกัน เพื่อให้มีการตรวจสอบ ดูแลและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอแต่อย่างไรก็ตาม ด้วยความพร้อมและความเชี่ยวชาญของพนักงานในการดูแลรักษาระบบปรับอากาศของโรงแรมยังมีไม่เพียงพอ จึงจำเป็นที่จะต้องจ้างบริษัทภายนอกที่มีความเชี่ยวชาญเข้ามาดูแลและจัดการให้ ในลักษณะของสัญญาการจ้างเหมารายปี แต่ผลตอบแทนที่ได้ค่อนข้างคุ้มค่ากับการลงทุน ซึ่งในการจ้างบริษัทภายนอกเข้ามาดูแลให้ นั้นจะไม่เกิดผลกระทบต่อการทำงานของพนักงาน เนื่องจากพนักงานสามารถดำเนินงานได้ในลักษณะเดิม

## 2. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบอื่น ๆ

2.1 จัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน: เป็นการเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานจากรุ่นเดิมที่ประสิทธิภาพปานกลาง ให้เป็นประสิทธิภาพสูง และประหยัดพลังงาน แต่ทั้งนี้ในการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้านี้จะต้องใช้งบประมาณค่อนข้างสูง เนื่องจากต้องสั่งซื้ออุปกรณ์ใหม่ ซึ่งอาจจะไม่คุ้มค่ากับการลงทุน

## 3. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบแสงสว่าง

3.1 เปลี่ยนมาใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน: ดำเนินการเปลี่ยนแปลงชนิดของหลอดไฟให้มีความเหมาะสมกับแต่ละพื้นที่การใช้งาน ซึ่งเป็นหลอดไฟรุ่นใหม่ ที่มีเทคโนโลยีในการ

ประหยัดพลังงาน โดยในการดำเนินการนี้จะต้องใช้งบประมาณค่อนข้างสูง แต่ก็มีควมคุ้มค่าในระยะยาว และในการดำเนินการติดตั้งจะต้องใช้ระยะเวลา และอาจจะต้องมีการปิดพื้นที่การใช้งานบางส่วนที่กำลังดำเนินการติดตั้ง และเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จจะไม่มีผลกระทบใด ๆ กับการใช้งานของลูกค้า เนื่องจากมีความสว่างเพียงพอ

- 3.2 ดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่าง: เป็นการตรวจสอบ ดูแล รักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่างให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ พร้อมสำหรับการใช้งาน ทั้งนี้ในการดำเนินงานสามารถกระทำได้โดยพนักงานของโรงแรม ไม่จำเป็นต้องลงทุนเพิ่มแต่อย่างใด อีกทั้งยังไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของพนักงาน เนื่องจากเป็นการดำเนินงานโดยปกติอยู่แล้ว

#### 4. การบำบัดน้ำเสีย

- 4.1 ใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำ หรือกำหนดมาตรการเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำประปา: ดำเนินการวางแผนและกำหนดมาตรการในการประหยัดน้ำ ให้พนักงานแต่ละแผนกใช้น้ำอย่างคุ้มค่า และขอความร่วมมือจากลูกค้า โดยการติดป้าย หรือข้อความชี้แจงในแต่ละห้องพัก ทั้งนี้การดำเนินงานนี้ไม่สามารถวัดผลได้อย่างเป็นรูปธรรม เนื่องจากอาจไม่ได้รับความร่วมมือจากลูกค้า

- 4.2 รีไซเคิลน้ำเสีย กลับมาใช้ใหม่: เป็นการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดเบื้องต้นแล้ว กลับมาใช้ใหม่ โดยการใช้ในการรดน้ำต้นไม้บริเวณรอบโรงแรม จะทำให้ช่วยสามารถลดการใช้น้ำประปาได้

#### 5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ

- 5.1 เปลี่ยนสารทำความเย็น: เป็นการเปลี่ยนชนิดของสารทำความเย็น ที่มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ จะสามารถช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ แต่การดำเนินการนี้จะต้องใช้งบประมาณและระยะเวลาในการลงทุน อีกทั้งยังต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเข้ามาดำเนินงาน และอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบปรับอากาศเดิม

ตารางที่ ข.1 สรุปแนวทางการดำเนินมาตรการและแนวทางที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	เทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลด GHG	เกณฑ์การพิจารณา			
		งบประมาณ	ระยะเวลา	ความยาก-ง่าย	ผลกระทบ
1. การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ	1.1 ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสม	ไม่ต้องลงทุนเพิ่ม	สามารถดำเนินงานได้ทันที	ดำเนินงานโดยพนักงาน	มีผลกระทบกับลูกค้าและพนักงานบ้างเล็กน้อย
	1.2 การใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง	ต้องลงทุนเพิ่มค่อนข้างสูง	ใช้ระยะเวลาในการติดตั้งใหม่	ต้องมีผู้เชี่ยวชาญเข้ามาติดตั้งให้	อาจต้องปิดพื้นที่บางส่วนในระหว่างการติดตั้ง
	1.3 การวางแผนซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศ	มีงบประมาณในการจ้างบริษัทภายนอก	ดำเนินการตามแผนที่วางไว้เป็นระยะ	ต้องมีผู้เชี่ยวชาญเข้ามาตรวจสอบ ดูแลให้	ไม่มีผลกระทบกับลูกค้าและพนักงาน
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าระบบอื่น ๆ	2.1 การจัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน	มีงบประมาณในการจัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าใหม่	ใช้ระยะเวลาในการสั่งซื้อ	ดำเนินงานโดยพนักงาน	ไม่มีผลกระทบกับลูกค้าและพนักงาน
3. การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง	3.1 เปลี่ยนมาใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน	มีงบประมาณในการจัดซื้อหลอดไฟใหม่	ใช้ระยะเวลาในการปรับเปลี่ยน	อาจต้องมีผู้เชี่ยวชาญเข้ามาติดตั้งให้	อาจต้องปิดพื้นที่บางส่วนในระหว่างการติดตั้ง
	3.2 ดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่าง	ไม่ต้องลงทุนเพิ่ม	สามารถดำเนินงานได้ทันที	ดำเนินงานโดยพนักงาน	ไม่มีผลกระทบกับลูกค้าและพนักงาน
4. การบำบัดน้ำเสีย	4.1 การใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำ	มีงบประมาณในส่วนของ การติดตั้งป้าย/สติ๊กเกอร์	สามารถดำเนินงานได้ทันที	ดำเนินงานโดยพนักงาน	ไม่มีผลกระทบกับลูกค้าแต่อาจไม่ได้ ได้รับความร่วมมือ
	4.2 การรีไซเคิลน้ำเสีย กลับมาใช้ใหม่	ไม่ต้องลงทุนเพิ่ม	สามารถดำเนินงานได้ทันที	ดำเนินงานโดยพนักงาน	ไม่มีผลกระทบกับลูกค้าและพนักงาน
5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ	5.1 การเปลี่ยนสารทำความเย็น	ต้องลงทุนเพิ่มค่อนข้างสูง	ใช้ระยะเวลาในการติดตั้งใหม่	ต้องมีผู้เชี่ยวชาญเข้ามาติดตั้งให้	มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบปรับอากาศเดิม

## คำอธิบายการให้คะแนนเพื่อคัดเลือกมาตรการและแนวทางที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคัดเลือกเทคโนโลยีและและแนวทางที่จะนำมาใช้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ใช้แบบจำลองของค่าคะแนนแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted Scoring Model) เพื่อเลือกแนวทางที่เป็นไปได้มากที่สุดมาใช้ในการจัดทำมาตรการ โดยกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักความสำคัญในแต่ละปัจจัย ดังนี้ งบประมาณในการลงทุน 40% ระยะเวลาของการปรับปรุง 30% ความยาก-ง่ายในการดำเนินงาน 20% และผลกระทบที่เกิดขึ้น 10% แต่แต่ละปัจจัยมีคะแนนตั้งแต่ 1 – 5 ซึ่งมีคำอธิบายดังตาราง

ตารางที่ ข.2 คำอธิบายการให้คะแนน

ปัจจัย	ระดับคะแนน	คำอธิบาย
1. งบประมาณในการลงทุน	1	งบประมาณในการดำเนินการสูง
	3	งบประมาณในการดำเนินการปานกลาง
	5	งบประมาณในการดำเนินการต่ำ
2. ระยะเวลาของการปรับปรุง	1	ระยะเวลาในการดำเนินการมาก
	3	ระยะเวลาในการดำเนินการปานกลาง
	5	ระยะเวลาในการดำเนินการน้อย
3. ความยาก-ง่ายในการดำเนินงาน	1	การดำเนินงานยุ่งยาก
	3	การดำเนินงานไม่ยาก และไม่ง่าย ปานกลาง
	5	การดำเนินงานง่าย
4. ผลกระทบที่เกิดขึ้น	1	มีผลกระทบต่อบุคลากร/แขก สูง
	3	มีผลกระทบต่อบุคลากร/แขก ปานกลาง
	5	มีผลกระทบต่อบุคลากร/แขก ต่ำ

แบบสอบถามในการคัดเลือกมาตรการและแนวทางที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	เทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลด GHG	ปัจจัยในการพิจารณา และค่าถ่วงน้ำหนัก				รวมคะแนน	แผนการดำเนินงาน			ข้อเสนอแนะ
		งบประมาณ (40%)	ระยะเวลา (30%)	ความยาก-ง่าย (20%)	ผลกระทบ (10%)		ดำเนินการแล้วเสร็จ	กำลังดำเนินการ	ไม่มีแผนการ	
1. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบปรับอากาศ	1.1 ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสม									
	1.2 การใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง									
	1.3 การวางแผนซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศ									
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าระบบอื่น ๆ	2.1 การจัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน									
3. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบแสงสว่าง	3.1 เปลี่ยนมาใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน									
	3.2 ดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่าง									
4. การบำบัดน้ำเสีย	4.1 สร้างมาตรการประหยัดน้ำ									
	4.2 การรีไซเคิลน้ำเสีย กลับมาใช้ใหม่									
5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ	5.1 การเปลี่ยนสารทำความเย็น									

ผลการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามในการคัดเลือกมาตรการและแนวทางที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1) ประธานบริหาร (Chief Executive Officer, CEO)

กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	เทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลด GHG	ปัจจัยในการพิจารณา และค่าถ่วงน้ำหนัก				รวมคะแนน	แผนการดำเนินงาน			ข้อเสนอแนะ/หมายเหตุ
		งบประมาณ (40%)	ระยะเวลา (30%)	ความยาก-ง่าย (20%)	ผลกระทบ (10%)		ดำเนินการแล้วเสร็จ	อยู่ระหว่างดำเนินการ	ไม่มีแผนการ	
1. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบปรับอากาศ	1.1 ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสม	5	5	5	3	4.8		✓		สร้างตารางควบคุมการเปิด-ปิดให้ชัดเจน
	1.2 การใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่ประสิทธิภาพสูง	1	2	3	3	1.9			✓	
	1.3 การวางแผนซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศ	4	4	3	4	3.8		✓		
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าระบบอื่น ๆ	2.1 การจัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน	2	3	4	4	2.9			✓	
3. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบแสงสว่าง	3.1 เปลี่ยนมาใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน	3	4	4	4	3.6		✓		
	3.2 ดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่าง	4	4	5	5	4.3	✓			
4. การบำบัดน้ำเสีย	4.1 สร้างมาตรการประหยัดน้ำ	3	3	3	4	3.1	✓			
	4.2 การรีไซเคิลน้ำเสีย	4	4	3	3	3.7	✓			
5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ	5.1 การเปลี่ยนสารทำความเย็น	2	2	1	1	1.7			✓	

2) กรรมการผู้จัดการ (Managing Director, MD)

กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	เทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลด GHG	ปัจจัยในการพิจารณา และค่าถ่วงน้ำหนัก				รวมคะแนน	แผนการดำเนินงาน			ข้อเสนอแนะ
		งบประมาณ (40%)	ระยะเวลา (30%)	ความยาก-ง่าย (20%)	ผลกระทบ (10%)		ดำเนินการแล้วเสร็จ	กำลังดำเนินการ	ไม่มีแผนการ	
1. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบปรับอากาศ	1.1 ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสม	4	5	5	3	4.4		✓		
	1.2 การใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่ประสิทธิภาพสูง	1	3	2	4	2.1			✓	
	1.3 การวางแผนซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศ	3	3	3	5	3.2		✓		
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอื่น ๆ	2.1 การจัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน	1	5	5	5	3.4		✓		
3. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบแสงสว่าง	3.1 เปลี่ยนมาใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน	1	5	5	5	3.4		✓		ปรับเปลี่ยนการเปิดปิดให้เหมาะสม
	3.2 ดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่าง	5	5	5	5	5.0	✓			
4. การบำบัดน้ำเสีย	4.1 สร้างมาตรการประหยัดน้ำ	2	3	3	5	2.8	✓			
	4.2 การรีไซเคิลน้ำเสีย กลับมาใช้ใหม่	3	3	3	5	3.2	✓			
5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ	5.1 การเปลี่ยนสารทำความเย็น	1	2	1	3	1.5			✓	

### 3) หัวหน้าแผนการตลาดและประชาสัมพันธ์

กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	เทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลด GHG	ปัจจัยในการพิจารณา และค่าถ่วงน้ำหนัก				รวมคะแนน	แผนการดำเนินงาน			ข้อเสนอแนะ
		งบประมาณ (40%)	ระยะเวลา (30%)	ความยาก-ง่าย (20%)	ผลกระทบ (10%)		ดำเนินการแล้วเสร็จ	กำลังดำเนินการ	ไม่มีแผนการ	
1. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบปรับอากาศ	1.1 ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสม	5	5	4	4	4.7		✓		
	1.2 การใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง	2	2	3	4	2.4			✓	
	1.3 การวางแผนซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศ	3	4	3	4	3.4		✓		
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอื่น ๆ	2.1 การจัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน	1	2	3	4	2.0			✓	
3. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบแสงสว่าง	3.1 เปลี่ยนมาใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน	3	4	4	3	3.5		✓		
	3.2 ดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่าง	5	5	5	5	5.0	✓			
4. การบำบัดน้ำเสีย	4.1 สร้างมาตรการประหยัดน้ำ	3	4	4	5	3.7	✓			
	4.2 การรีไซเคิลน้ำเสีย กลับมาใช้ใหม่	5	3	5	5	4.4	✓			
5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ	5.1 การเปลี่ยนสารทำความเย็น	1	1	1	1	1.0			✓	

#### 4) หัวหน้าแผนกต้อนรับ

กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	เทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลด GHG	ปัจจัยในการพิจารณา และค่าถ่วงน้ำหนัก				รวมคะแนน	แผนการดำเนินงาน			ข้อเสนอแนะ
		งบประมาณ (40%)	ระยะเวลา (30%)	ความยาก-ง่าย (20%)	ผลกระทบ (10%)		ดำเนินการแล้วเสร็จ	กำลังดำเนินการ	ไม่มีแผนการ	
1. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบปรับอากาศ	1.1 ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสม	5	5	5	3	4.8		✓		
	1.2 การใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง	1	2	3	3	1.9			✓	
	1.3 การวางแผนซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศ	4	4	4	5	4.1		✓		
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอื่น ๆ	2.1 การจัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน	1	3	3	3	2.2		✓		
3. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบแสงสว่าง	3.1 เปลี่ยนมาใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน	3	4	4	3	3.5		✓		
	3.2 ดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่าง	5	5	5	5	5.0	✓			
4. การบำบัดน้ำเสีย	4.1 สร้างมาตรการประหยัดน้ำ	3	4	4	5	3.7	✓			
	4.2 การรีไซเคิลน้ำเสีย กลับมาใช้ใหม่	4	3	4	4	3.7	✓			
5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ	5.1 การเปลี่ยนสารทำความเย็น	1	1	1	2	1.1			✓	

## 5) หัวหน้าแผนกห้องอาหาร

กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	เทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลด GHG	ปัจจัยในการพิจารณา และค่าถ่วงน้ำหนัก				รวมคะแนน	แผนการดำเนินงาน			ข้อเสนอแนะ
		งบประมาณ (40%)	ระยะเวลา (30%)	ความยาก-ง่าย (20%)	ผลกระทบ (10%)		ดำเนินการแล้วเสร็จ	กำลังดำเนินการ	ไม่มีแผนการ	
1. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบปรับอากาศ	1.1 ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสม	5	5	5	5	5.0		✓		
	1.2 การใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่ประสิทธิภาพสูง	2	3	4	4	2.9			✓	
	1.3 การวางแผนซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศ	4	4	3	4	3.8		✓		
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอื่น ๆ	2.1 การจัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน	2	4	4	3	3.1			✓	
3. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบแสงสว่าง	3.1 เปลี่ยนมาใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน	3	4	3	5	3.5		✓		
	3.2 ดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่าง	5	5	5	5	5.0	✓			
4. การบำบัดน้ำเสีย	4.1 สร้างมาตรการประหยัดน้ำ	4	3	2	4	3.3	✓			
	4.2 การรีไซเคิลน้ำเสีย กลับมาใช้ใหม่	5	5	4	4	4.7	✓			
5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ	5.1 การเปลี่ยนสารทำความเย็น	2	2	1	1	1.7			✓	

## 6) หัวหน้าแผนกแผนกจัดเลี้ยง

กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	เทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลด GHG	ปัจจัยในการพิจารณา และค่าถ่วงน้ำหนัก				รวมคะแนน	แผนการดำเนินงาน			ข้อเสนอแนะ
		งบประมาณ (40%)	ระยะเวลา (30%)	ความยาก-ง่าย (20%)	ผลกระทบ (10%)		ดำเนินการแล้วเสร็จ	กำลังดำเนินการ	ไม่มีแผนการ	
1. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบปรับอากาศ	1.1 ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสม	5	5	4	4	4.7		✓		
	1.2 การใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่ประสิทธิภาพสูง	3	2	3	4	2.8			✓	
	1.3 การวางแผนซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศ	3	4	4	5	3.7		✓		
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอื่น ๆ	2.1 การจัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน	3	3	4	3	3.2		✓		
3. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบแสงสว่าง	3.1 เปลี่ยนมาใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน	3	4	4	5	3.7		✓		
	3.2 ดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่าง	5	5	5	5	5.0	✓			มีการเช็คความพร้อมการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ
4. การบำบัดน้ำเสีย	4.1 สร้างมาตรการประหยัดน้ำ	4	4	3	3	3.7	✓			
	4.2 การรีไซเคิลน้ำเสีย กลับมาใช้ใหม่	4	4	5	4	4.2	✓			
5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ	5.1 การเปลี่ยนสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ	1	1	1	1	1.0			✓	

## 7) หัวหน้าแผนแม่บ้าน

กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	เทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลด GHG	ปัจจัยในการพิจารณา และค่าถ่วงน้ำหนัก				รวมคะแนน	แผนการดำเนินงาน			ข้อเสนอแนะ
		งบประมาณ (40%)	ระยะเวลา (30%)	ความยาก-ง่าย (20%)	ผลกระทบ (10%)		ดำเนินการแล้วเสร็จ	กำลังดำเนินการ	ไม่มีแผนการ	
1. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบปรับอากาศ	1.1 ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสม	5	5	5	5	5.0		✓		
	1.2 การใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง	2	3	3	4	2.7			✓	
	1.3 การวางแผนซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศ	4	4	3	5	3.9		✓		
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าระบบอื่น ๆ	2.1 การจัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน	2	3	3	4	2.7		✓		
3. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบแสงสว่าง	3.1 เปลี่ยนมาใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน	3	4	3	4	3.4		✓		
	3.2 ดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่าง	5	5	5	5	5.0	✓			มีการเช็คความพร้อมการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ
4. การบำบัดน้ำเสีย	4.1 สร้างมาตรการประหยัดน้ำ	4	5	3	4	4.1	✓			
	4.2 การรีไซเคิลน้ำเสีย กลับมาใช้ใหม่	4	4	4	4	4.0	✓			
5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ	5.1 การเปลี่ยนสารทำความเย็น	2	2	2	1	1.9			✓	

### 8) หัวหน้าแผนกวิศวกรรมและการซ่อมบำรุง

กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	เทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลด GHG	ปัจจัยในการพิจารณา และค่าถ่วงน้ำหนัก				รวมคะแนน	แผนการดำเนินงาน			ข้อเสนอแนะ
		งบประมาณ (40%)	ระยะเวลา (30%)	ความยาก-ง่าย (20%)	ผลกระทบ (10%)		ดำเนินการแล้วเสร็จ	กำลังดำเนินการ	ไม่มีแผนการ	
1. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบปรับอากาศ	1.1 ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสม	5	5	5	5	5.0		✓		
	1.2 การใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง	2	3	4	3	2.8			✓	
	1.3 การวางแผนซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศ	4	4	4	4	4.0		✓		จ้างบริษัทที่ทำการติดตั้งระบบให้เข้ามาดูแลอุปกรณ์ในลักษณะของสัญญารายปี
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอื่น ๆ	2.1 การจัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน	3	3	3	4	3.1		✓		
3. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบแสงสว่าง	3.1 เปลี่ยนมาใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน	3	4	4	4	3.6		✓		ควรดำเนินการควบคู่ไปกับการควบคุมการเปิดปิดให้เหมาะสมกับการใช้งาน
	3.2 ดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่าง	5	5	5	5	5.0	✓			
4. การบำบัดน้ำเสีย	4.1 สร้างมาตรการประหยัดน้ำ	4	5	4	4	4.3	✓			ไม่มีการเก็บข้อมูลที่แน่ชัด
	4.2 การรีไซเคิลน้ำเสีย กลับมาใช้ใหม่	5	4	4	5	4.5	✓			
5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ	5.1 การเปลี่ยนสารทำความเย็น	1	1	1	0	0.9			✓	

## 9) หัวหน้าแผนการเงินและการบัญชี

กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	เทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลด GHG	ปัจจัยในการพิจารณา และค่าถ่วงน้ำหนัก				รวมคะแนน	แผนการดำเนินงาน			ข้อเสนอแนะ
		งบประมาณ (40%)	ระยะเวลา (30%)	ความยาก-ง่าย (20%)	ผลกระทบ (10%)		ดำเนินการแล้วเสร็จ	กำลังดำเนินการ	ไม่มีแผนการ	
1. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบปรับอากาศ	1.1 ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสม	5	5	5	5	5.0		✓		
	1.2 การใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง	2	3	4	3	2.8			✓	
	1.3 การวางแผนซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศ	4	4	4	5	4.1		✓		มีการจ้างบริษัทภายนอกที่เข้ามาดูแลในลักษณะของสัญญาจ้างรายปี
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าระบบอื่น ๆ	2.1 การจัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน	2	4	4	3	3.1		✓		โรงแรมจะค่อย ๆ ปรับเปลี่ยน
3. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบแสงสว่าง	3.1 เปลี่ยนมาใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน	3	4	4	3	3.5		✓		มีการกำหนดงบประมาณไว้เบื้องต้นเพื่อดำเนินการแล้ว แต่ยังคงอยู่ระหว่างการศึกษาค่าควรปรับเปลี่ยนอย่างไร
	3.2 ดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่าง	5	5	5	5	5.0	✓			
4. การบำบัดน้ำเสีย	4.1 สร้างมาตรการประหยัดน้ำ	5	5	4	3	4.6	✓			
	4.2 การรีไซเคิลน้ำเสีย กลับมาใช้ใหม่	4	4	5	5	4.3	✓			
5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ	5.1 การเปลี่ยนสารทำความเย็น	2	3	2	1	2.2			✓	

#### 10) หัวหน้าแผนกทรัพยากรบุคคล

กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	เทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลด GHG	ปัจจัยในการพิจารณา และค่าถ่วงน้ำหนัก				รวมคะแนน	แผนการดำเนินงาน			ข้อเสนอแนะ
		งบประมาณ (40%)	ระยะเวลา (30%)	ความยาก-ง่าย (20%)	ผลกระทบ (10%)		ดำเนินการแล้วเสร็จ	กำลังดำเนินการ	ไม่มีแผนการ	
1. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบปรับอากาศ	1.1 ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสม	5	4	4	4	4.4		✓		
	1.2 การใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่ประสิทธิภาพสูง	3	3	4	3	3.2			✓	
	1.3 การวางแผนซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศ	4	5	4	4	4.3		✓		
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าระบบอื่น ๆ	2.1 การจัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน	3	4	4	4	3.6			✓	
3. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบแสงสว่าง	3.1 เปลี่ยนมาใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน	3	4	4	3	3.5		✓		
	3.2 ดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่าง	5	5	5	5	5.0	✓			
4. การบำบัดน้ำเสีย	4.1 สร้างมาตรการประหยัดน้ำ	4	5	5	3	4.4	✓			
	4.2 การรีไซเคิลน้ำเสีย กลับมาใช้ใหม่	4	4	4	4	4.0	✓			
5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ	5.1 การเปลี่ยนสารทำความเย็น	2	3	1	1	2.0			✓	

11) สรุปผลการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบสอบถามในการคัดเลือกมาตรการและแนวทางที่เป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

กิจกรรมที่ก่อให้เกิด GHG	เทคโนโลยีที่เป็นไปได้ในการลด GHG	ปัจจัยในการพิจารณา และค่าถ่วงน้ำหนัก				รวมคะแนน	แผนการดำเนินงาน			ข้อเสนอแนะ
		งบประมาณ (40%)	ระยะเวลา (30%)	ความยาก-ง่าย (20%)	ผลกระทบ (10%)		ดำเนินการแล้วเสร็จ	กำลังดำเนินการ	ไม่มีแผนการ	
1. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบปรับอากาศ	1.1 ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสม	4.9	4.9	4.7	4.3	4.80		✓		สร้างตารางควบคุมการเปิด-ปิดให้ชัดเจน
	1.2 การใช้เครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูง	1.9	2.6	3.3	3.5	2.55			✓	
	1.3 การวางแผนซ่อมบำรุงและปรับปรุงระบบปรับอากาศ	3.7	4	3.5	4.4	3.82		✓		มีการจ้างบริษัทภายนอกที่เข้ามาดูแลในลักษณะของสัญญาจ้างรายปี
2. การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอื่น ๆ	2.1 การจัดซื้ออุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นรุ่นประหยัดพลังงาน	2	3.4	3.7	3.7	2.93		✓		โรงแรมจะค่อย ๆ ปรับเปลี่ยน
3. การใช้พลังงานไฟฟ้า ในระบบแสงสว่าง	3.1 เปลี่ยนมาใช้หลอดไฟรุ่นประหยัดพลังงาน	2.8	4.1	3.9	3.9	3.52		✓		มีการตั้งงบประมาณไว้เบื้องต้น และควรดำเนินการควบคู่ไปกับการควบคุมการเปิดปิดให้เหมาะสมกับการใช้งาน
	3.2 ดูแลและบำรุงรักษาอุปกรณ์การให้แสงสว่าง	4.9	4.9	5	5	4.93	✓			มีการเช็คความพร้อมการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ
4. การบำบัดน้ำเสีย	4.1 สร้างมาตรการประหยัดน้ำ	3.6	4.1	3.5	3.9	3.76	✓			ไม่มีการเก็บข้อมูลที่แน่ชัด
	4.2 การรีไซเคิลน้ำเสีย กลับมาใช้ใหม่	4.2	3.8	4.1	4.3	4.07	✓			
5. การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศ	5.1 การเปลี่ยนสารทำความเย็น	1.5	1.8	1.2	1.2	1.50			✓	

## ภาคผนวก ค.

# ข้อมูลการใช้งานระบบปรับอากาศของโรงแรม จำแนกตามพื้นที่

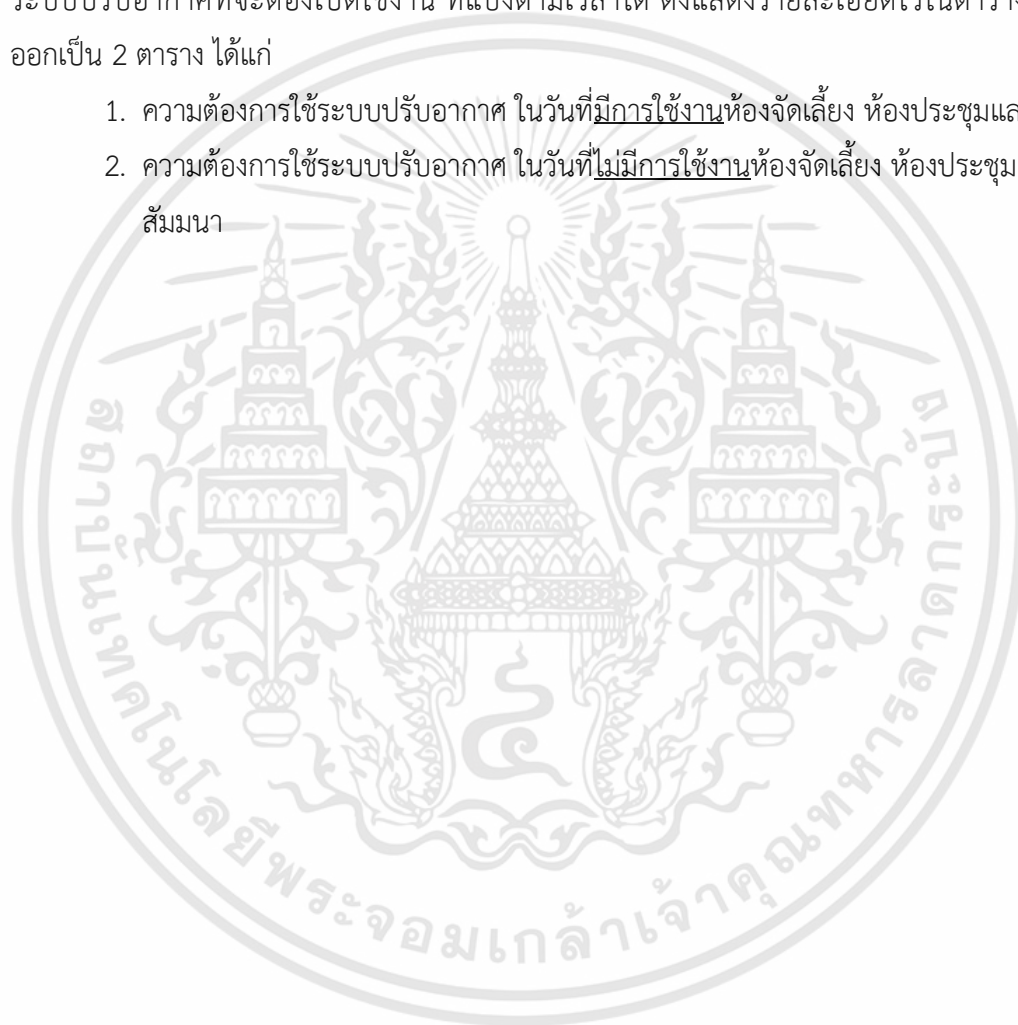
ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้งานระบบปรับอากาศของโรงแรม เป็นการศึกษาความต้องการการทำความเย็นในแต่ละพื้นที่ โดยการสำรวจและสัมภาษณ์ข้อมูลจากผู้บริหาร และส่วนงานที่เกี่ยวข้อง ประกอบกับการตรวจสอบข้อมูลการจองห้องพัก ห้องจัดเลี้ยง และห้องประชุม โดยจากข้อมูลต่าง ๆ จะพบว่า พื้นที่ที่ต้องการทำความเย็นหรือการปรับอากาศประมาณ 97% ของพื้นที่ทั้งหมด โดยสามารถแบ่งได้ออกเป็น 6 ส่วน ได้แก่ สำนักงาน ห้องครัวและห้องอาหาร พื้นที่ส่วนกลางทั้งหมด ห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา และห้องพัก โดยลักษณะการใช้งานระบบปรับอากาศของแต่ละพื้นที่ สามารถสรุปได้ ดังนี้

- 1) สำนักงาน เป็นพื้นที่การทำงานในแผนกต่าง ๆ มีพื้นที่ประมาณร้อยละ 5 แบ่งการใช้งานระบบปรับอากาศได้ 2 ลักษณะ คือ
  - พื้นที่ร้อยละ 2 ใช้ระบบปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมงในทุกวัน เนื่องจากมีพนักงานทำงานเป็นประจำ
  - พื้นที่ร้อยละ 3 ต้องการทำความเย็นในช่วงเวลา 08.00 – 18.00 น.
- 2) ห้องครัวและห้องอาหาร มีพื้นที่รวมประมาณร้อยละ 6 แบ่งการใช้งานระบบปรับอากาศในส่วนนี้ได้ 2 ลักษณะ คือ
  - พื้นที่ร้อยละ 4.5 (ห้องครัวและห้องอาหารชั้นที่ 1 และ 2) ใช้ระบบปรับอากาศในช่วง 09.00 – 23.00 น. ในทุกวัน
  - พื้นที่ร้อยละ 1.5 (ห้องครัวและห้องอาหารชั้นที่ 4) ใช้ระบบปรับอากาศในช่วงเวลา 05.00 - 23.00 น. ในทุกวัน
- 3) พื้นที่ส่วนกลางทั้งหมด มีพื้นที่รวมประมาณร้อยละ 15 การปรับอากาศในบริเวณพื้นที่นี้จะใช้ตลอด 24 ชั่วโมงในทุก ๆ วัน แต่ในช่วงเวลาที่ลูกค้าน้อย จะมีการปิดบางส่วน
- 4) ห้องจัดเลี้ยง มีพื้นที่ประมาณร้อยละ 10 โดยห้องจัดเลี้ยงจะถูกใช้งานประมาณ 20 วันต่อเดือน มีการเปิดระบบปรับอากาศตั้งแต่ช่วงเวลา 07.00 – 23.00 น. เพื่อจัดงานเลี้ยง (ช่วงเช้า 8.00 - 14.00 น. และช่วงเย็น 16.00 - 22.00 น.) และในวันที่เหลือจะไม่มีการใช้งาน
- 5) ห้องประชุมและสัมมนา มีพื้นที่ประมาณร้อยละ 6 โดยจะถูกใช้งานประมาณ 20 วันต่อเดือน ในช่วงเวลา 07.00 - 17.00 น. และในวันที่เหลือจะไม่มีการใช้งาน
- 6) ห้องพัก มีพื้นที่ร้อยละ 55 ใช้ระบบปรับอากาศวันละ 12 ชั่วโมง
- 7) พื้นที่ที่ไม่ต้องการการปรับอากาศ มีพื้นที่ร้อยละ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงแรม ในกรณีศึกษา มีเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ทั้งหมด 3 ชุด จึงได้ตั้งสมมติฐานว่า อุปกรณ์แต่ละชุดสามารถทำความเย็นได้ร้อยละ 33 ของพื้นที่ทั้งหมด เพื่อใช้สำหรับการวางแผนและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ ให้เหมาะสมกับความต้องการในการทำความเย็น และหากเปิดเครื่องทำน้ำเย็น 1 ชุด จำเป็นที่จะต้องเปิดใช้หอหล่อเย็น (Cooling Tower) ปั๊มน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump) และปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump) อย่างละ 1 ชุดด้วย และในกรณีที่เปิดเครื่องทำน้ำเย็น 1 ชุด จำเป็นที่จะต้องเปิดใช้หอหล่อเย็น ปั๊มน้ำหล่อเย็น และปั๊มน้ำเย็น อย่างละ 2 ชุดเช่นกัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปข้อมูลพื้นที่ที่ต้องการทำความเย็น และจำนวนอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศที่จะต้องเปิดใช้งาน ที่แบ่งตามเวลาได้ ดังแสดงรายละเอียดไว้ในตาราง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ตาราง ได้แก่

1. ความต้องการใช้ระบบปรับอากาศ ในวันที่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา
2. ความต้องการใช้ระบบปรับอากาศ ในวันที่ไม่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา



ตารางที่ ค.1 สรุปความต้องการใช้ระบบปรับอากาศ ในวันที่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา

พื้นที่	ขนาดพื้นที่ที่ต้องการการปรับอากาศ แบ่งตามช่วงเวลา (% ของพื้นที่ตารางเมตรทั้งหมด)																							
	24.00 - 01.00 น.	01.00 - 02.00 น.	02.00 - 03.00 น.	03.00 - 04.00 น.	04.00 - 05.00 น.	05.00 - 06.00 น.	06.00 - 07.00 น.	07.00 - 08.00 น.	08.00 - 09.00 น.	09.00 - 10.00 น.	10.00 - 11.00 น.	11.00 - 12.00 น.	12.00 - 13.00 น.	13.00 - 14.00 น.	14.00 - 15.00 น.	15.00 - 16.00 น.	16.00 - 17.00 น.	17.00 - 18.00 น.	18.00 - 19.00 น.	19.00 - 20.00 น.	20.00 - 21.00 น.	21.00 - 22.00 น.	22.00 - 23.00 น.	23.00 - 24.00 น.
สำนักงาน	2	2	2	2	2	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2
ห้องครัว ห้องอาหาร						1.5	1.5	1.5	1.5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		
พื้นที่ ส่วนกลาง	5	5	5	5	5	5	5	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	5	5	5
ห้องจัดเลี้ยง								5	10	10	10	10	10	10	5	5	10	10	10	10	10	10	5	
ห้องประชุม								6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6						
ห้องพัก	55	55	55	55	55	55	55	55	38.5	38.5						38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	55	55	55	55
รวมพื้นที่ ทั้งหมด	62	62	62	62	62	63.5	63.5	84.5	76	80.5	42	42	42	42	37	75.5	80.5	80.5	74.5	71.5	88	78	67	62
จำนวน อุปกรณ์ที่ ต้องใช้	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2

ตารางที่ ค.2 สรุปความต้องการใช้ระบบปรับอากาศ ในวันที่ไม่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา

พื้นที่	ขนาดพื้นที่ที่ต้องการการปรับอากาศ แบ่งตามช่วงเวลา (% ของพื้นที่ตารางเมตรทั้งหมด)																							
	24.00 - 01.00 น.	01.00 - 02.00 น.	02.00 - 03.00 น.	03.00 - 04.00 น.	04.00 - 05.00 น.	05.00 - 06.00 น.	06.00 - 07.00 น.	07.00 - 08.00 น.	08.00 - 09.00 น.	09.00 - 10.00 น.	10.00 - 11.00 น.	11.00 - 12.00 น.	12.00 - 13.00 น.	13.00 - 14.00 น.	14.00 - 15.00 น.	15.00 - 16.00 น.	16.00 - 17.00 น.	17.00 - 18.00 น.	18.00 - 19.00 น.	19.00 - 20.00 น.	20.00 - 21.00 น.	21.00 - 22.00 น.	22.00 - 23.00 น.	23.00 - 24.00 น.
สำนักงาน	2	2	2	2	2	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2
ห้องครัว ห้องอาหาร						1.5	1.5	1.5	1.5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		
พื้นที่ ส่วนกลาง	5	5	5	5	5	5	5	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	5	5	5
ห้องจัดเลี้ยง																								
ห้องประชุม																								
ห้องพัก	55	55	55	55	55	55	55	55	38.5	38.5						38.5	38.5	38.5	38.5	38.5	55	55	55	55
รวมพื้นที่ ทั้งหมด	62	62	62	62	62	63.5	63.5	73.5	60	64.5	26	26	26	26	26	64.5	64.5	64.5	64.5	61.5	78	68	62	62
จำนวน อุปกรณ์ที่ใช้ (ชุด)	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	2	2

## ภาคผนวก ง.

### การควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศของโรงแรม

การกำหนดตารางเวลาการเปิด - ปิดอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) หอหล่อเย็น (Cooling Tower, CT) ปั๊มน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump, CDP) และปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump, CHP) จะแบ่งช่วงเวลาในการเปิด - ปิดอุปกรณ์ต่างกัน ครั้งละ 4 ชั่วโมง นั้นหมายความว่าพนักงานของแผนกวิศวกรรมและซ่อมบำรุงระบบ จะต้องตรวจเช็คทั้งหมด 6 ครั้งต่อวัน หรือ 2 ครั้งต่อกะ คือ 23.00 น., 03.00 น., 07.00 น., 11.00 น., 15.00 น. และ 19.00 น. โดยการกำหนดการเปิด - ปิด อุปกรณ์แต่ละเครื่องจะพิจารณาตามจำนวนอุปกรณ์ที่ต้องการอย่างน้อย ดังที่ได้กล่าวในรายละเอียดไปแล้วในภาคผนวก ค. ทั้งนี้สามารถสรุปตารางเวลาการควบคุมออกเป็น 2 แผนการ ได้แก่

1. วันที่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา
2. วันที่ไม่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา

ทั้งนี้ในการจัดตารางเวลาการทำงานนั้น จำเป็นต้องมีการจัดเวลาให้การทำงานของแต่ละเครื่องมีชั่วโมงการทำงานที่ใกล้เคียงกัน เพื่อให้สามารถวางแผนซ่อมบำรุงได้ง่าย โดยสามารถสรุปเวลาการเปิด - ปิดอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศได้ ดังแสดงในตารางถัดไป

และหากพิจารณาดูแล้ว จะเห็นได้ว่า จำนวนชั่วโมงการทำงานของอุปกรณ์แต่ละตัวไม่เท่ากัน เช่น ปั๊มตัวที่ 4 จะทำงานน้อยกว่าตัวอื่น ๆ ในแผนงานของวันที่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการวางแผนการบำรุงรักษา จำเป็นที่จะต้องควบคุมให้อุปกรณ์แต่ละตัวทำงานเฉลี่ยเท่า ๆ กัน ในแต่ละปี โดยการสับเปลี่ยนอุปกรณ์ในแต่ละเดือน ยกตัวอย่างเช่น

- มกราคม: จัดตารางเวลาให้ปั๊มตัวที่ 1 ทำงาน 12 ช.ม.ต่อวัน ส่วนปั๊มตัวอื่น ๆ ทำงาน 16 ช.ม.
  - กุมภาพันธ์: จัดตารางเวลาให้ปั๊มตัวที่ 2 ทำงาน 12 ช.ม.ต่อวัน ส่วนปั๊มตัวอื่น ๆ ทำงาน 16 ช.ม.
  - มีนาคม: จัดตารางเวลาให้ปั๊มตัวที่ 3 ทำงาน 12 ช.ม.ต่อวัน ส่วนปั๊มตัวอื่น ๆ ทำงาน 16 ช.ม.
  - เมษายน: จัดตารางเวลาให้ปั๊มตัวที่ 4 ทำงาน 12 ช.ม.ต่อวัน ส่วนปั๊มตัวอื่น ๆ ทำงาน 16 ช.ม.
- ....สลับหมุนเวียนกันไป จะทำให้ในตลอดทั้งปี อุปกรณ์ทุกตัวทำงานเฉลี่ยเท่า ๆ กัน

ตารางที่ ง.1 เวลาการเปิด-ปิดอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ: วันที่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา

พื้นที่	การเปิด - ปิด อุปกรณ์ (สัญลักษณ์ ✓ คือเปิดใช้งาน)						รวมเวลาการทำงานต่อวัน
	23.00 - 03.00 น.	03.00 - 07.00 น.	07.00 - 11.00 น.	11.00 - 15.00 น.	15.00 - 19.00 น.	19.00 - 23.00 น.	
<b>1. Chiller</b>							
1.1 Chiller 1	✓		✓	✓	✓	✓	20 hr/day
1.2 Chiller 2	✓	✓	✓		✓	✓	20 hr/day
1.3 Chiller 3		✓	✓	✓	✓	✓	20 hr/day
<b>2. Cooling Tower</b>							
2.1 Cooling Tower 1	✓		✓	✓	✓	✓	20 hr/day
2.2 Cooling Tower 2	✓	✓	✓		✓	✓	20 hr/day
2.3 Cooling Tower 3		✓	✓	✓	✓	✓	20 hr/day
<b>3. Condenser Water Pump</b>							
3.1 Condenser Water Pump 1	✓	✓	✓			✓	16 hr/day
3.2 Condenser Water Pump 2	✓	✓	✓		✓		16 hr/day
3.3 Condenser Water Pump 3			✓	✓	✓	✓	16 hr/day
3.4 Condenser Water Pump 4				✓	✓	✓	12 hr/day
<b>4. Chilled Water Pump</b>							
4.1 Chilled Water Pump 1	✓	✓	✓			✓	16 hr/day
4.2 Chilled Water Pump 2	✓	✓	✓		✓		16 hr/day
4.3 Chilled Water Pump 3			✓	✓	✓	✓	16 hr/day
4.4 Chilled Water Pump 4				✓	✓	✓	12 hr/day

ตารางที่ ง.2 เวลาการเปิด-ปิดระบบปรับอากาศ: วันที่ไม่มีการใช้งานห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา

พื้นที่	การเปิด - ปิด อุปกรณ์ (สัญลักษณ์ ✓ คือเปิดใช้งาน)						รวมเวลาการทำงานต่อวัน
	23.00 - 03.00 น.	03.00 - 07.00 น.	07.00 - 11.00 น.	11.00 - 15.00 น.	15.00 - 19.00 น.	19.00 - 23.00 น.	
<b>1. Chiller</b>							
1.1 Chiller 1	✓		✓		✓	✓	16 hr/day
1.2 Chiller 2	✓	✓	✓	✓		✓	20 hr/day
1.3 Chiller 3		✓	✓		✓	✓	16 hr/day
<b>2. Cooling Tower</b>							
2.1 Cooling Tower 1	✓		✓		✓	✓	16 hr/day
2.2 Cooling Tower 2	✓	✓	✓	✓		✓	20 hr/day
2.3 Cooling Tower 3		✓	✓		✓	✓	16 hr/day
<b>3. Condenser Water Pump</b>							
3.1 Condenser Water Pump 1		✓	✓		✓		12 hr/day
3.2 Condenser Water Pump 2		✓	✓			✓	12 hr/day
3.3 Condenser Water Pump 3	✓			✓		✓	12 hr/day
3.4 Condenser Water Pump 4	✓		✓		✓	✓	16 hr/day
<b>4. Chilled Water Pump</b>							
4.1 Chilled Water Pump 1		✓	✓		✓		12 hr/day
4.2 Chilled Water Pump 2		✓	✓			✓	12 hr/day
4.3 Chilled Water Pump 3	✓			✓		✓	12 hr/day
4.4 Chilled Water Pump 4	✓		✓		✓	✓	16 hr/day

## ภาคผนวก จ.

### รายละเอียดขอบเขตการซ่อมบำรุงระบบปรับอากาศ

การใช้งานระบบปรับอากาศภายในอาคารโรงแรม ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของพื้นที่สำนักงาน โถงกลาง ห้องจัดงานเลี้ยง ห้องประชุม ห้องอาหาร หรือห้องพัก จำเป็นที่จะต้องได้รับการตรวจสอบ ดูแล และบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้อุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน ประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย โดยโรงแรม ในกรณีศึกษา ดำเนินงานโดยการจ้างบริษัทภายนอกที่เชี่ยวชาญเป็นผู้ดูแลในลักษณะสัญญาจ้างเหมารายปี มีค่าใช้จ่าย 214,000 บาทต่อปี ซึ่งมีขอบเขตการดำเนินงานดังแสดงในตาราง

ตารางที่ จ. 1 แผนการซ่อมบำรุงรักษาระบบปรับอากาศของโรงแรม

อุปกรณ์	รายละเอียดการบำรุงรักษา	ความถี่การตรวจสอบ
1. เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)	- ตรวจสอบและบันทึกค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการบำรุงรักษา เช่น กระแสไฟฟ้าและจذبบันทึก อุณหภูมิ แรงดัน เป็นต้น	1 ครั้ง/วัน
	- ตรวจสอบค่าความร้อนด้าน Small Temp. Condenser-Cooler	ทุก 2 เดือน
	- ตรวจสอบการรั่วซึมและระดับสารทำความเย็นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม	ทุก 2 เดือน
	- ตรวจสอบข้อต่อลัดวงจรไฟฟ้าและจุดต่อต่าง ๆ รวมถึงความแน่นของน็อตยึด และเม็ดลูกปืน	ทุก 2 เดือน
	- ตรวจสอบฟิวส์และอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ รวมถึงความเป็นฉนวนและลงกราวด์ของอุปกรณ์ไฟฟ้า	ทุก 2 เดือน
	- ล้างคอนเดนเซอร์ เปลี่ยนถ่ายน้ำมันแล่น้ำยาระบายความร้อน	1 ครั้ง/ปี
2. หอหล่อเย็น (Cooling Tower)	- ตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์พัดลมและ Bearing เช่น การวัดกระแสไฟฟ้า การสั่นสะเทือนของใบพัด	ทุก 2 เดือน
	- ตรวจสอบและเติมสารหล่อลื่นของชุด Gear ให้อยู่ในระดับที่ถูกต้อง	ทุก 2 เดือน
	- ส่งน้ำในถังหอหล่อเย็น ให้แก่ Supplier เพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพของน้ำ และเติมสารเคมีปรับคุณภาพน้ำตามความเหมาะสม เพื่อป้องกันตะกรันและตะไคร่	2 ครั้ง/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ. 1 แผนการซ่อมบำรุงรักษาระบบปรับอากาศของโรงแรม (ต่อ)

อุปกรณ์	รายละเอียดการบำรุงรักษา	ความถี่การตรวจสอบ
	- ตรวจสอบและปรับระดับน้ำในถังให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม พร้อมทั้งตรวจสอบความเที่ยงตรงของอุปกรณ์ควบคุมระดับน้ำ	ทุก 2 เดือน
	- ตรวจสอบและทำความสะอาด Strainer	ทุก 2 เดือน
	- ทำความสะอาดทั้งระบบของหอหล่อเย็น โดยการถ่ายน้ำในอ่างทิ้ง และไล่ตะกอนสิ่งสกปรกที่ติดกับอ่างออก	1 ครั้ง/ปี
	- ตรวจสอบการทำงานของเครื่องปรับสภาพน้ำที่ใช้ป้อนหอหล่อเย็น	1 ครั้ง/เดือน
	- ตรวจสอบวัดอุณหภูมิและแรงดันน้ำเข้า-ออก เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการระบายความร้อนของหอหล่อเย็น	ทุก 2 เดือน
	- ตรวจสอบการทำงานของ Valve	ทุก 2 เดือน
	- ตรวจสอบขันน็อตล็อกขั้วไฟฟ้าและจุดต่อต่าง ๆ รวมถึงความแน่นของน็อตยึด และเม็ตลูกปืน	ทุก 2 เดือน
	- ตรวจสอบฟิวส์และอุปกรณ์ป้องกันต่าง ๆ รวมถึงความเป็นฉนวนและลงกราวด์ของอุปกรณ์ไฟฟ้า	ทุก 2 เดือน
3. ปั๊มน้ำ หล่อเย็น (Condenser Water Pump) และ ปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump)	- ตรวจสอบและแก้ไขแรงดันของน้ำด้าน Suction และ Discharge ให้อยู่ในระดับมาตรฐาน	ทุก 2 เดือน
	- ตรวจสอบและทำความสะอาด Strainer ของ Condensing Water & Chill Water	ทุก 2 เดือน
	- ตรวจสอบสภาพและให้การหล่อลื่น Pump Shaft Bearing	ทุก 2 เดือน
	- ตรวจสอบอุปกรณ์ไล่ลมออกจากระบบเพื่อปรับแต่งให้สามารถทำงานได้อย่างปกติ	ทุก 2 เดือน
	- ตรวจสอบการทำงานของปั๊ม พร้อมทั้งปรับแต่งให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน	ทุก 2 เดือน
	- ตรวจสอบและแก้ไขการทำงานของมอเตอร์ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน โดยการวัดค่ากระแสไฟฟ้าขณะเริ่มต้นทำงาน และเดินเครื่องปกติ ตรวจสอบสภาพ Bearing ค่าความต้านทานของขดลวด และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน	ทุก 2 เดือน
	- ตรวจสอบการทำงานของ Coupling	ทุก 2 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ จ. 1 แผนการซ่อมบำรุงรักษาระบบปรับอากาศของโรงแรม (ต่อ)

อุปกรณ์	รายละเอียดการบำรุงรักษา	ความถี่การตรวจสอบ
4. ระบบควบคุม (Controller)	- ทำความสะอาด Starter และ Switch Board	ทุก 2 เดือน
	- ตรวจสอบสภาพของหัวต่อ สายไฟต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพที่ปกติ	ทุก 6 เดือน
	- ตรวจสอบการทำงานของเครื่องควบคุม (Start Delta-Timer)	ทุก 6 เดือน
	- ตรวจสอบระบบป้องกัน Motor Overload Devices	ทุก 6 เดือน
	- ตรวจสอบสภาพการทำงาน of อุปกรณ์ต่าง ๆ ในแผงสวิตช์ให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งาน	ทุก 2 เดือน

ที่มา: ใบเสนอราคาของบริษัทที่ให้บริการด้านการซ่อมบำรุงรักษาของโรงแรม ในกรณีศึกษา

## ภาคผนวก ฉ.

### แนวทางการออกแบบระบบแสงสว่าง

โรงแรมมีทั้งหมด 16 ชั้น และชั้นใต้ดินอีก 1 ชั้น แต่ละชั้นมีพื้นที่การใช้งานที่แตกต่างกัน คือ

- ชั้นใต้ดิน เป็นลานจอดรถ ห้องพักผ่อน ห้องอาหารพนักงาน ห้องเก็บของ ห้องน้ำพนักงาน โถงหน้าลิฟต์ และสำนักงานของแผนกวิศวกรรมและซ่อมบำรุง แผนกทรัพยากรบุคคล แผนกการเงินและการบัญชี
- ชั้นที่ 1 เป็นส่วนต้อนรับลูกค้า ครูว์และห้องอาหารที่ 1 ห้องน้ำ และสำนักงานของแผนกต้อนรับ
- ชั้นที่ 2 เป็นห้องปฏิบัติการสาธิต ครูว์และห้องอาหารที่ 2 ห้องน้ำ และสำนักงานของแผนกการตลาดและประชาสัมพันธ์
- ชั้นที่ 3 เป็นห้องจัดเลี้ยง และห้องประชุมสัมมนา
- ชั้นที่ 4 เป็นห้องประชุมสัมมนา ห้องครูว์และห้องอาหารที่ 3 และห้องออกกำลังกาย
- ชั้นที่ 5 – 15 เป็นส่วนของห้องพักสำหรับรองรับลูกค้าของโรงแรม
- ชั้นที่ 16 เป็นชั้นดาดฟ้า สำหรับการจัดเลี้ยงกลางแจ้ง และพื้นที่สระว่ายน้ำ

หากแบ่งพื้นที่ต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน เพื่อทำการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง จะสามารถแบ่งพื้นที่หลัก ๆ ได้ออกเป็น 15 ส่วนที่สำคัญ และมีการใช้งานแต่ละพื้นที่ โดยมีรายละเอียดและการควบคุมในแต่ละพื้นที่ ดังนี้

- 1) สำนักงาน เป็นพื้นที่การทำงานในแผนกต่าง ๆ โดยแบ่งลักษณะการทำงาน ได้เป็น
  - แผนกวิศวกรรมและซ่อมบำรุง และแผนกต้อนรับ: มีพนักงานทำงานตลอด 24 ชั่วโมง หมุนเวียนสับเปลี่ยนกันตามตารางเวลา
  - แผนกการเงินและการบัญชี แผนกทรัพยากรบุคคล และแผนกการตลาดและประชาสัมพันธ์: มีการทำงานเฉพาะในช่วงเวลา 8.00 - 18.00 น. ตั้งแต่วันจันทร์ - ศุกร์
  - ห้องพักและห้องแต่งตัวพนักงาน: พนักงานโรงแรมมีการทำงานตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเปิดห้องไว้สำหรับพนักงานตลอดเวลา
  - ห้องอาหารพนักงาน: เปิดให้บริการในเวลา 7.00 - 21.00 น. เพื่อบริการอาหารมื้อเช้า มื้อกลางวัน มื้อเย็น และมื้อดึก สำหรับพนักงานที่เข้าเวรตามตาราง
- 2) ห้องครูว์ เป็นพื้นที่สำหรับทำอาหาร เพื่อรองรับการใช้บริการของลูกค้าที่มาพักในโรงแรม ลูกค้าที่มาใช้บริการจัดเลี้ยงและจัดประชุมสัมมนา รวมถึงลูกค้าที่มาทางอาหารที่โรงแรม โดยมีทั้งหมด 3 ห้องครูว์ โดยสามารถแบ่งลักษณะการทำงาน ได้ออกเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ห้องครัวชั้นที่ 1 และ ห้องครัวชั้นที่ 2: มีการทำงานหลัก ๆ ในเวลา 9.00 - 23.00 น. เพื่อให้บริการอาหารสำหรับบุฟเฟ่ต์มื้อกลางวัน และบุฟเฟ่ต์มื้อค่ำ ส่วนในช่วงเวลาอื่น เป็นเพียงการเตรียมพร้อมสำหรับรองรับลูกค้าที่อาจมีการสั่งอาหารเป็นมือเท่านั้น
  - ห้องครัวชั้นที่ 4: มีการทำงานหลัก ๆ ในเวลา 5.00 - 23.00 น. เพื่อให้บริการอาหารมือเช้าสำหรับลูกค้าที่พักโรงแรม ซึ่งให้บริการในช่วงเวลา 7.30 - 10.00 น. และให้บริการสำหรับอาหารจัดเลี้ยงในงานประชุมและงานจัดเลี้ยง
- 3) ห้องอาหาร เป็นพื้นที่ในการบริการอาหารแก่ลูกค้า ซึ่งโรงแรมมีพื้นที่ห้องอาหารจำนวน 3 ห้อง โดยสามารถแบ่งลักษณะการทำงาน ได้ออกเป็น
- ห้องอาหารชั้นที่ 1: เปิดให้บริการอาหารบุฟเฟ่ต์ในมื้อกลางวัน (11.00 - 14.00 น.) และ มื้อค่ำ (18.00 - 22.00 น.)
  - ห้องอาหารชั้นที่ 2: ห้องอาหารเปิดให้บริการในมื้อกลางวัน (11.00 - 14.00 น.) และ มื้อค่ำ (18.00 - 22.00 น.)
  - ห้องอาหารชั้นที่ 4: เป็นห้องอาหารที่ใช้สำหรับการบริการอาหารมือเช้าสำหรับลูกค้าที่เข้าพักของโรงแรม ซึ่งจะเริ่มเปิดให้บริการในเวลา 7.00 - 10.00 น. และในช่วงเวลาอื่น จะปิดบริการ
- 4) โถงกลาง เป็นพื้นที่ส่วนกลาง ใช้สำหรับรองรับลูกค้า โดยสามารถแบ่งได้เป็น
- บริเวณทางเข้าโรงแรม: เป็นบริเวณด้านหน้าทางเข้าโรงแรม ที่แสงธรรมชาติสามารถส่องถึง ทำให้สามารถเปิดใช้งานในเวลาที่ไม่ใช่แสงอาทิตย์ได้
  - บริเวณจุดต้อนรับ (Reception) และด้านหน้าลิฟต์: เป็นบริเวณจุดต้อนรับที่จุด Check in Check out และติดต่อสอบถามต่าง ๆ ซึ่งในช่วงเวลา 7.00 - 23.00 น. จะมีลูกค้าเข้าและออกอยู่ตลอดเวลา
- 5) ห้องจัดเลี้ยง เป็นพื้นที่การจัดเลี้ยงต่าง ๆ เช่น งานแต่งงาน หรืองานปาร์ตี้ต่าง ๆ รวมถึงงานประชุมขนาดใหญ่ ซึ่งการใช้งานแสงสว่างของห้องจัดเลี้ยงจะไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากขึ้นอยู่กับการใช้งานของลูกค้าและการทำงานของพนักงาน
- 6) ห้องประชุมและสัมมนา เป็นพื้นที่สำหรับการจัดงานประชุมและสัมมนาของหน่วยงาน บริษัท หรือองค์กรที่มาเช่าพื้นที่ ซึ่งโรงแรมมีห้องประชุมสำหรับให้บริการจำนวน 5 ห้อง ทั้งนี้การใช้แสงสว่างของห้องประชุมจะไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากขึ้นอยู่กับการใช้งานของลูกค้าและการทำงานของพนักงาน
- 7) ห้องพัก เป็นพื้นที่สำหรับการพักผ่อนของลูกค้าที่มาใช้บริการโรงแรม ซึ่งบริเวณห้องพักจะอยู่ชั้นที่ 5 - 15 รวมทั้งสิ้น 242 ห้อง ทั้งนี้การใช้แสงสว่างภายในห้องพักแต่ละห้องจะควบคุมได้ยาก เนื่องจากขึ้นอยู่กับการใช้งานของลูกค้า
- 8) ทางเดินในชั้นห้องพัก เป็นพื้นที่ทางเดินสำหรับไปห้องพักต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 9) ห้องน้ำ เป็นพื้นที่ห้องน้ำส่วนกลาง สำหรับลูกค้าที่มาใช้บริการห้องอาหาร ลูกค้าที่มานั่งดื่มและประชุม และผู้ที่เข้ามาติดต่ออื่น ๆ
- 10) ห้องออกกำลังกาย เปิดให้บริการในเวลา 7.00 - 21.00 น.
- 11) ห้องละหมาด เป็นพื้นที่สำหรับการปฏิบัติศาสนกิจ เปิดให้บริการในเวลา 12.00 - 22.00 น.
- 12) พื้นที่หน้าลิฟต์ เป็นพื้นที่ในการรอลิฟต์และนั่งพัก โดยสามารถแบ่งได้เป็น
  - พื้นที่หน้าลิฟต์ชั้นใต้ดิน: ช่วงเวลาที่มีลูกค้าเข้า-ออกมาก คือ 7.00 - 23.00 น.
  - พื้นที่หน้าลิฟต์ชั้นที่ 2: จะถูกใช้งานมากในช่วงเวลาที่ห้องละหมาด และห้องอาหารชั้นที่ 2 เปิดให้บริการ
  - พื้นที่หน้าลิฟต์ชั้นที่ 3 และ 4: ช่วงเวลาที่มีลูกค้าเข้า-ออก คือ 7.00 - 23.00 น. จึงต้องมีแสงสว่างเพียงพอ เพื่อรองรับลูกค้าที่มาใช้งานห้องประชุมและห้องจัดเลี้ยง
  - พื้นที่หน้าลิฟต์ชั้นที่ 16: จะต้องมีการเปิดไฟทั้งหมดในช่วงเวลาที่มีลูกค้าที่มาใช้บริการสระว่ายน้ำ และชมวิวบนดาดฟ้า ซึ่งเปิดให้บริการในเวลา 7.00 - 20.00
- 13) ที่จอดรถและบริเวณรอบโรงแรม เป็นพื้นที่ลานจอดรถ และบริเวณรอบโรงแรม ที่เป็นสวนหย่อมและต้นไม้ โดยสามารถแบ่งลักษณะการทำงาน ได้ออกเป็น
  - ลานจอดรถชั้นใต้ดิน: แสงธรรมชาติไม่สามารถส่องถึงได้
  - ลานจอดรถข้างโรงแรม: เป็นบริเวณด้านข้างโรงแรม ที่แสงธรรมชาติสามารถส่องถึง
  - บริเวณรอบโรงแรม: เป็นบริเวณโดยรอบโรงแรม ที่แสงธรรมชาติสามารถส่องถึง
- 14) บันไดหนีไฟ เป็นบริเวณที่แสงธรรมชาติสามารถส่องถึง
- 15) ไฟสปอร์ตไลท์สำหรับส่องสว่างโรงแรม จะเปิดใช้งานในเวลา 18.00 - 6.00 น. เท่านั้น

ทั้งนี้สามารถควบคุมการใช้งานหลอดไฟ โดยอ้างอิงกับคู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคาร เพื่อให้มีความสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งาน ซึ่งตรวจสอบตารางเวลาการเปิด-ปิดหลอดไฟได้ในตารางถัดไป

ตารางเวลาการเปิด-ปิดหลอดไฟ ตามแผนการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง

คำอธิบายสัญลักษณ์แสดงจำนวนของการเปิดหลอดไฟ:

- △ เปิดหลอดไฟจำนวน 10 หลอด จากทั้งหมดของแต่ละพื้นที่  เปิดหลอดไฟจำนวน 30 หลอด จากทั้งหมดของแต่ละพื้นที่
- € เปิดหลอดไฟจำนวน 60 หลอด จากทั้งหมดของแต่ละพื้นที่  เปิดหลอดไฟทั้งหมดที่อยู่ในพื้นที่นั้น ๆ

ตารางที่ ๑.1 เวลาการเปิด-ปิดหลอดไฟ ตามแผนการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง

พื้นที่	พื้นที่การใช้งาน ย่อย	จำนวนหลอดไฟที่เปิดใช้งาน จำแนกตามเวลา																								
		24.00 - 01.00 น.	01.00 - 02.00 น.	02.00 - 03.00 น.	03.00 - 04.00 น.	04.00 - 05.00 น.	05.00 - 06.00 น.	06.00 - 07.00 น.	07.00 - 08.00 น.	08.00 - 09.00 น.	09.00 - 10.00 น.	10.00 - 11.00 น.	11.00 - 12.00 น.	12.00 - 13.00 น.	13.00 - 14.00 น.	14.00 - 15.00 น.	15.00 - 16.00 น.	16.00 - 17.00 น.	17.00 - 18.00 น.	18.00 - 19.00 น.	19.00 - 20.00 น.	20.00 - 21.00 น.	21.00 - 22.00 น.	22.00 - 23.00 น.	23.00 - 00.00 น.	
1. สำนักงาน	1.1 แผนก วิศวกรรม	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△
	1.2 แผนกการเงิน									○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
	1.3 แผนกบุคคล									○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
	1.4 แผนกต้อนรับ	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	△
	1.5 แผนก การตลาด									○	○	○	○	○	○	○	○	○	○							
	1.6 ห้องแต่งตัว พนักงาน	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	1.7 ห้องอาหาร พนักงาน								○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		

ตารางที่ ฉ.1 เวลาการเปิด-ปิดหลอดไฟ ตามแผนการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง (ต่อ)

พื้นที่	พื้นที่การใช้งาน ย่อย	จำนวนหลอดไฟที่เปิดใช้งาน จำแนกตามเวลา																								
		24.00 - 01.00 น.	01.00 - 02.00 น.	02.00 - 03.00 น.	03.00 - 04.00 น.	04.00 - 05.00 น.	05.00 - 06.00 น.	06.00 - 07.00 น.	07.00 - 08.00 น.	08.00 - 09.00 น.	09.00 - 10.00 น.	10.00 - 11.00 น.	11.00 - 12.00 น.	12.00 - 13.00 น.	13.00 - 14.00 น.	14.00 - 15.00 น.	15.00 - 16.00 น.	16.00 - 17.00 น.	17.00 - 18.00 น.	18.00 - 19.00 น.	19.00 - 20.00 น.	20.00 - 21.00 น.	21.00 - 22.00 น.	22.00 - 23.00 น.	23.00 - 24.00 น.	
2. ห้องครัว	2.1 ห้องครัวชั้นที่ 1	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△
	2.2 ห้องครัวชั้นที่ 2	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△
	2.3 ห้องครัวชั้นที่ 4							○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
3. ห้องอาหาร	3.1 ชั้นที่ 1	€	□	□	□	□	□	□	€	€	€	€	○	○	○	€	€	€	€	○	○	○	○	€	€	
	3.2 ชั้นที่ 2								□	□	□	□	○	○	○	□	□	□	□	○	○	○	○	□	□	
	3.3 ชั้นที่ 4								□	○	○	○	□	□												
4. โถงกลาง	4.1 บริเวณทางเข้า	○	○	○	○	○	○	○											○	○	○	○	○	○	○	
	4.2 Front ลิฟต์	€	€	€	€	€	€	€	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	€	
5. ทางเดิน	5.1 ทางเดินห้องพัก	○	○	○	○	○	○	○	○	○									○	○	○	○	○	○	○	
6. ห้องน้ำ	6.1 ห้องน้ำชั้นที่ 1								○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	6.2 ห้องน้ำชั้นที่ 2								○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	6.3 ห้องน้ำชั้นที่ 3								○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	6.4 ห้องน้ำชั้นที่ 4								○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	6.5 ห้องน้ำ ชั้น 16								○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					

ตารางที่ ๑.1 เวลาการเปิด-ปิดหลอดไฟ ตามแผนการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง (ต่อ)

พื้นที่	พื้นที่การใช้งาน ย่อย	จำนวนหลอดไฟที่เปิดใช้งาน จำแนกตามเวลา																								
		24.00 - 01.00 น.	01.00 - 02.00 น.	02.00 - 03.00 น.	03.00 - 04.00 น.	04.00 - 05.00 น.	05.00 - 06.00 น.	06.00 - 07.00 น.	07.00 - 08.00 น.	08.00 - 09.00 น.	09.00 - 10.00 น.	10.00 - 11.00 น.	11.00 - 12.00 น.	12.00 - 13.00 น.	13.00 - 14.00 น.	14.00 - 15.00 น.	15.00 - 16.00 น.	16.00 - 17.00 น.	17.00 - 18.00 น.	18.00 - 19.00 น.	19.00 - 20.00 น.	20.00 - 21.00 น.	21.00 - 22.00 น.	22.00 - 23.00 น.	23.00 - 24.00 น.	
7. ห้องออกกำลังกาย	7.1 ห้องออกกำลังกาย								○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8. ห้องปฏิบัติศาสนกิจ	8.1 ห้องปฏิบัติศาสนกิจ													○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9. พื้นที่หน้าลิฟต์	9.1 ชั้นใต้ดิน	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△
	9.2 ชั้นที่ 2	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△
	9.3 ชั้นที่ 3	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△
	9.4 ชั้นที่ 4	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△
	9.5 ชั้นที่ 16	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△
10. ลานจอดรถและบริเวณรอบโรงแรม	10.1 ชั้นใต้ดิน	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	10.2 ข้างโรงแรม	○	○	○	○	○	○	○											○	○	○	○	○	○	○	○
	10.3 รอบ ๆ โรงแรม	○	○	○	○	○	○	○												○	○	○	○	○	○	○
11. บันไดหนีไฟ	11.1 บันไดหนีไฟ	○	○	○	○	○	○	○												○	○	○	○	○	○	○
12. สปอร์ตไลท์	12.1 สปอร์ตไลท์	○	○	○	○	○	○														○	○	○	○	○	○

หมายเหตุ: ห้องจัดเลี้ยง ห้องประชุมและสัมมนา และห้องพัก จะไม่สามารถควบคุมการใช้งานแสงสว่างได้ เนื่องจากจะขึ้นอยู่กับลูกค้า

ตารางที่ ๑.2 สรุปผลจำนวนชั่วโมงการใช้งานหลอดไฟของโรงแรม ในกรณีศึกษา ตามแผนการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง

พื้นที่การใช้งาน	พื้นที่ใช้งานย่อย	ชั้นที่	ชนิดของหลอดไฟ	ขนาดหลอดไฟ (watt)	จำนวนหลอด (Unit)	จำนวนเวลาการใช้งาน (Hours)	แผนการบริหารจัดการและควบคุมการใช้แสงสว่าง
1. สำนักงาน	1.1 แผนกวิศวกรรมและซ่อมบำรุง	ชั้นใต้ดิน	LED T8	18	10	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดใช้งานในช่วงเวลากลางวัน (8.00 - 18.00 น.) ซึ่งมีพนักงานทำงานครบทุกตำแหน่ง</li> <li>จำเป็นต้องเปิดใช้งานในช่วงกลางคืนด้วย เนื่องจากจะต้องมีพนักงานของแผนกที่เข้าเวรกลางคืน สำหรับเตรียมพร้อมให้บริการลูกค้า</li> </ul>
			LED T8	18	14	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดเฉพาะในช่วงเวลากลางวัน (8.00 - 18.00 น.) ที่มีพนักงานทำงานครบทุกตำแหน่ง</li> </ul>
	1.2 แผนกการเงินและบัญชี	ชั้นใต้ดิน	LED T8	18	24	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดเฉพาะในช่วงเวลากลางวัน (8.00 - 18.00 น.) ในวันจันทร์ ถึง ศุกร์ มีการทำงานประมาณ 270 วันต่อปี</li> </ul>
	1.3 แผนกทรัพยากรบุคคล	ชั้นใต้ดิน	LED T8	18	24	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดเฉพาะในช่วงเวลากลางวัน (8.00 - 18.00 น.) ในวันจันทร์ ถึง ศุกร์ มีการทำงานประมาณ 270 วันต่อปี</li> </ul>
	1.4 แผนกต้อนรับ	ชั้น 1	LED T8	18	10	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดใช้งานในช่วงเวลากลางวัน (8.00 - 18.00 น.) ซึ่งมีพนักงานทำงานครบทุกตำแหน่ง</li> <li>จำเป็นต้องเปิดใช้งานในช่วงกลางคืนด้วย เนื่องจากจะต้องมีพนักงานของแผนกที่เข้าเวรกลางคืน สำหรับเตรียมพร้อมให้บริการลูกค้า</li> </ul>
LED T8			18	14	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดเฉพาะในช่วงเวลากลางวัน (8.00 - 18.00 น.) ที่มีพนักงานทำงานครบทุกตำแหน่ง</li> </ul>	
1.5 แผนกการตลาด	ชั้น 2	LED T8	18	24	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดเฉพาะในช่วงเวลากลางวัน (8.00 - 18.00 น.) ในวันจันทร์ ถึง ศุกร์ มีการทำงานประมาณ 270 วันต่อปี</li> </ul>	

ตารางที่ ๑.2 สรุปผลจำนวนชั่วโมงการใช้งานหลอดไฟของโรงแรม ในกรณีศึกษา ตามแผนการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง (ต่อ)

พื้นที่ การใช้งาน	พื้นที่ การใช้งานย่อย	ชั้นที่	ชนิดของ หลอดไฟ	ขนาดหลอดไฟ (watt)	จำนวนหลอด (Unit)	จำนวนเวลา การใช้งาน (Hours)	แผนการบริหารจัดการและควบคุมการใช้แสงสว่าง
	1.6 ห้องพักและห้อง แต่งตัวพนักงาน	ชั้นใต้ดิน	LED T8	18	4	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>พนักงานโรงแรมมีการทำงานตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเปิดห้องไว้สำหรับพนักงานตลอดเวลา</li> </ul>
	1.7 ห้องอาหาร พนักงาน	ชั้นใต้ดิน	LED T8	18	20	16	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดเฉพาะในช่วงที่มีการเปิดใช้งานห้องอาหารพนักงาน (6.00 - 22.00 น.)</li> </ul>
2. ห้องครัว	2.1 ห้องครัวชั้นที่ 1	ชั้น 1	LED T8	18	10	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดเฉพาะในช่วงที่มีการให้บริการห้องอาหารชั้นที่ 1 ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีการเปิดใช้งานห้องครัวในช่วงเวลา 9.00 - 23.00 น.</li> <li>เปิดในช่วงเวลาอื่น ๆ เพื่อเตรียมพร้อมรองรับลูกค้า</li> </ul>
			LED T8	18	30	14	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดเฉพาะในช่วงที่มีการให้บริการห้องอาหารชั้นที่ 1 ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีการเปิดใช้งานห้องครัวในช่วงเวลา 9.00 - 23.00 น. เพื่อเตรียมความพร้อมให้บริการ และทำความสะอาดเก็บพื้นที่</li> </ul>
	2.2 ห้องครัวชั้นที่ 2	ชั้น 2	LED T8	18	10	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดเฉพาะในช่วงที่มีการให้บริการห้องอาหารชั้นที่ 2 ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีการเปิดใช้งานห้องครัวในช่วงเวลา 9.00 - 23.00 น.</li> <li>เปิดในช่วงเวลาอื่น ๆ เพื่อเตรียมพร้อมรองรับลูกค้า</li> </ul>
			LED T8	18	30	14	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดเฉพาะในช่วงที่มีการเปิดใช้งานห้องครัวในช่วงเวลา 9.00 - 23.00 น. เพื่อเตรียมความพร้อมให้บริการ และทำความสะอาดเก็บพื้นที่</li> </ul>

ตารางที่ ๑.2 สรุปผลจำนวนชั่วโมงการใช้งานหลอดไฟของโรงแรม ในกรณีศึกษา ตามแผนการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง (ต่อ)

พื้นที่การใช้งาน	พื้นที่การใช้งานย่อย	ชั้นที่	ชนิดของหลอดไฟ	ขนาดหลอดไฟ (watt)	จำนวนหลอด (Unit)	จำนวนเวลาการใช้งาน (Hours)	แผนการบริหารจัดการและควบคุมการใช้แสงสว่าง
	2.3 ห้องครัวชั้นที่ 4	ชั้น 4	LED T8	18	40	18	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดเฉพาะในช่วงเวลา 5.00 - 23.00 น. ที่มีการให้บริการอาหารมือเช้าสำหรับลูกค้าที่มาพัก และอาหารจัดเลี้ยงในงานประชุมและงานจัดเลี้ยง</li> </ul>
3. ห้องอาหาร	3.1 ห้องอาหารชั้นที่ 1	ชั้น 1	LED PL-C	12	30	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดในช่วงที่ห้องอาหารเปิดให้บริการ คือ บุฟเฟ่ต์มือกลางวัน (11.00 - 14.00 น.) และ บุฟเฟ่ต์มือค่ำ (18.00 - 22.00 น.)</li> <li>เปิดในช่วงเวลาอื่น ถึงแม้จะไม่มีบริการมือกลางวัน และมือค่ำ เพื่อให้พนักงานสามารถทำงานและจัดพื้นที่ได้</li> <li>เปิดในช่วงเวลา 01.00 - 07.00 น. เพื่อให้แสงสว่างและไม่ให้ห้องอาหารปิดมืดเกินไป</li> </ul>
			LED PL-C	12	30	18	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดในช่วงที่ห้องอาหารเปิดให้บริการ คือ บุฟเฟ่ต์มือกลางวัน และ บุฟเฟ่ต์มือค่ำ</li> <li>เปิดในช่วงเวลาอื่น เพื่อให้พนักงานสามารถทำงานและจัดพื้นที่ได้ ยกเว้น 01.00 - 07.00 น.</li> </ul>
			LED PL-C	12	60	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดเฉพาะในช่วงที่ห้องอาหารเปิดให้บริการ คือ บุฟเฟ่ต์มือกลางวัน และ บุฟเฟ่ต์มือค่ำ</li> </ul>

ตารางที่ ๑.2 สรุปผลจำนวนชั่วโมงการใช้งานหลอดไฟของโรงแรม ในกรณีศึกษา ตามแผนการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง (ต่อ)

พื้นที่การใช้งาน	พื้นที่การใช้งานย่อย	ชั้นที่	ชนิดของหลอดไฟ	ขนาดหลอดไฟ (watt)	จำนวนหลอด (Unit)	จำนวนเวลาการใช้งาน (Hours)	แผนการบริหารจัดการและควบคุมการใช้แสงสว่าง
	3.2 ห้องอาหารชั้นที่ 2	ชั้น 2	LED PL-C	12	30	18	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดในช่วงที่ห้องอาหารเปิดให้บริการ คือ บุฟเฟต์มือกลางวัน (11.00 - 14.00 น.) และ บุฟเฟต์มือค่ำ (18.00 - 22.00 น.)</li> <li>เปิดในช่วงเวลาอื่น เพื่อให้พนักงานสามารถทำงาน และจัดพื้นที่ได้ ยกเว้น 01.00 - 07.00 น. เนื่องจากห้องอาหารปิดให้บริการ</li> </ul>
			LED PL-C	12	40	7	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดเฉพาะในช่วงที่ห้องอาหารเปิดให้บริการ คือ บุฟเฟต์มือกลางวัน และ บุฟเฟต์มือค่ำ</li> </ul>
	3.3 ห้องอาหารชั้นที่ 4	ชั้น 4	LED PL-C	12	30	6	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดใช้งานในช่วงเวลา 6.00 - 12.00 น. เพื่อให้บริการอาหารมือเช้าแก่ลูกค้าที่มาพัก และเพื่อให้พนักงานสามารถทำงาน เตรียมพื้นที่ และทำความสะอาด</li> </ul>
			LED PL-C	12	40	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดเฉพาะในช่วงที่ห้องอาหารเปิดให้บริการ คือ มื้อเช้า (7.00 - 10.00 น.)</li> </ul>
4. โถงกลาง	4.1 บริเวณทางเข้าโรงแรม	ชั้น 1	LED PL-C	12	30	14	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดใช้งานในช่วงเวลาประมาณ 17.00 - 7.00 น. เนื่องจากเวลาอื่น ๆ แสงธรรมชาติสามารถส่องถึง</li> </ul>

ตารางที่ ๑.2 สรุปผลจำนวนชั่วโมงการใช้งานหลอดไฟของโรงแรม ในกรณีศึกษา ตามแผนการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง (ต่อ)

พื้นที่การใช้งาน	พื้นที่ใช้งานย่อย	ชั้นที่	ชนิดของหลอดไฟ	ขนาดหลอดไฟ (watt)	จำนวนหลอด (Unit)	จำนวนเวลาการใช้งาน (Hours)	แผนการบริหารจัดการและควบคุมการใช้แสงสว่าง
	4.2 บริเวณจุดต้อนรับ (Reception) และด้านหน้าลิฟต์	ชั้น 1	LED PL-C	12	60	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดใช้งานในช่วงเวลา 7.00 - 23.00 น. ซึ่งมีลูกค้าผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันเข้ามาใช้บริการตลอดเวลา</li> <li>ในช่วงเวลาอื่นเป็นการเปิดเพื่อให้แสงสว่างเท่านั้น</li> </ul>
			LED PL-C	12	92	16	
5. ห้องจัดเลี้ยง	5.1 ห้องจัดเลี้ยง	ชั้น 3	LED PL-C	12	643	16	<ul style="list-style-type: none"> <li>ไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากขึ้นอยู่กับการใช้งานของลูกค้าและการทำงานของพนักงาน ซึ่งตามปกติจะมีการใช้งานในช่วงเวลา 7.00 - 23.00 น. รวมเฉลี่ยจะอยู่ที่ประมาณ 16 ชั่วโมงต่อวัน มีการให้บริการประมาณ 240 วันต่อปี</li> </ul>
6. ห้องประชุมย่อย	6.1 ห้องประชุม 1	ชั้น 3	LED PL-C	12	70	11	<ul style="list-style-type: none"> <li>ไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากขึ้นอยู่กับการใช้งานของลูกค้าและการทำงานของพนักงาน ซึ่งตามปกติจะมีการใช้งานในช่วงเวลา 7.00 - 18.00 น. รวมเฉลี่ยจะอยู่ที่ประมาณ 11 ชั่วโมงต่อวัน มีการให้บริการประมาณ 240 วันต่อปี</li> </ul>
	6.2 ห้องประชุม 2	ชั้น 3	LED PL-C	12	70	11	
	6.3 ห้องประชุม 3	ชั้น 4	LED PL-C	12	120	11	
	6.4 ห้องประชุม 4	ชั้น 4	LED PL-C	12	120	11	
	6.5 ห้องประชุม 5	ชั้น 4	LED PL-C	12	120	11	
7. ห้องพัก	7.1 ในห้องพัก	ชั้น 5 - 15	LED PL-C	12	3,078	12	<ul style="list-style-type: none"> <li>ไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากขึ้นอยู่กับการใช้งานของลูกค้าและการทำความสะอาดของพนักงาน</li> </ul>

ตารางที่ ๑.๒ สรุปผลจำนวนชั่วโมงการใช้งานหลอดไฟของโรงแรม ในกรณีศึกษา ตามแผนการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง (ต่อ)

พื้นที่การใช้งาน	พื้นที่ใช้งานย่อย	ชั้นที่	ชนิดของหลอดไฟ	ขนาดหลอดไฟ (watt)	จำนวนหลอด (Unit)	จำนวนเวลาการใช้งาน (Hours)	แผนการบริหารจัดการและควบคุมการใช้แสงสว่าง
8. ทางเดิน	8.1 ทางเดินในชั้นห้องพัก	ชั้น 5 - 15	LED PL-C	12	176	18	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดใช้งานในเวลา 16.00 – 10.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่มีลูกค้าเข้าพัก</li> </ul>
9. ห้องน้ำ	9.1 ห้องน้ำชั้นที่ 1 - 4	ชั้น 1 - 4	LED PL-C	12	80	18	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดใช้งานในช่วงที่ช่วงเวลา 06.00 – 24.00 น.</li> </ul>
	9.2 ห้องน้ำชั้นที่ 16	ชั้น 16	LED PL-C	12	10	13	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดเฉพาะในช่วงที่มีลูกค้าที่มาใช้บริการสระว่ายน้ำและชมวิวนวดตาฟ้า ซึ่งเปิดให้ใช้บริการในเวลา 7.00 - 20.00 น.</li> </ul>
10. ห้องออกกำลังกาย	10.1 ห้องออกกำลังกาย	ชั้น 4	LED PL-C	12	40	14	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดเฉพาะในช่วงที่ห้องออกกำลังกายเปิดให้บริการคือ 7.00 - 21.00 น.</li> </ul>
11. ห้องปฏิบัติการศาสนิก	11.1 ห้องปฏิบัติการศาสนิก	ชั้น 2	LED PL-C	12	20	10	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดเฉพาะในช่วงที่ห้องละหมาดเปิดให้บริการคือ 12.00 - 22.00 น.</li> </ul>
12. พื้นที่หน้าลิฟต์	12.1 ชั้นใต้ดิน	ชั้นใต้ดิน	LED PL-C	12	10	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดใช้งานในช่วงเวลา 7.00 - 23.00 น. ซึ่งมีลูกค้าผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันเข้ามาใช้บริการตลอดเวลา</li> <li>ในช่วงเวลาอื่นเป็นการเปิดเพื่อให้แสงสว่างและอำนวยความสะดวกต่อการทำงานของพนักงาน</li> </ul>
			LED PL-C	12	30	16	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดใช้งานเฉพาะในช่วงเวลา 7.00 - 23.00 น. ซึ่งมีลูกค้าผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันเข้ามาใช้บริการตลอดเวลา</li> </ul>
	12.2 ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 2	LED PL-C	12	10	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดใช้งานในช่วงเวลา 7.00 - 23.00 น. ซึ่งมีลูกค้าผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันเข้ามาใช้บริการตลอดเวลา</li> <li>ในช่วงเวลาอื่นเป็นการเปิดเพื่อให้แสงสว่างเท่านั้น</li> </ul>

ตารางที่ ๑.2 สรุปผลจำนวนชั่วโมงการใช้งานหลอดไฟของโรงแรม ในกรณีศึกษา ตามแผนการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง (ต่อ)

พื้นที่การใช้งาน	พื้นที่การใช้งานย่อย	ชั้นที่	ชนิดของหลอดไฟ	ขนาดหลอดไฟ (watt)	จำนวนหลอด (Unit)	จำนวนเวลาการใช้งาน (Hours)	แผนการบริหารจัดการและควบคุมการใช้แสงสว่าง
			LED PL-C	12	20	16	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดใช้งานเฉพาะในช่วงเวลา 7.00 - 23.00 น. ซึ่งมีลูกค้าผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันเข้ามาใช้บริการตลอดเวลา</li> </ul>
12.3	ชั้นที่ 3 และ 4	ชั้นที่ 3 - 4	LED PL-C	12	20 (10 ดวงต่อชั้น)	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดใช้งานในช่วงเวลา 7.00 - 23.00 น. ซึ่งมีลูกค้าผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันเข้ามาใช้บริการตลอดเวลา</li> <li>ในช่วงเวลาอื่นเป็นการเปิดเพื่อให้แสงสว่างเท่านั้น</li> </ul>
			LED PL-C	12	40 (20 ดวงต่อชั้น)	16	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดใช้งานเฉพาะในช่วงเวลา 7.00 - 23.00 น. ซึ่งมีลูกค้าผลัดเปลี่ยนหมุนเวียนกันเข้ามาใช้บริการตลอดเวลา</li> </ul>
12.4	ชั้นที่ 16	ชั้นที่ 16	LED PL-C	12	10	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดใช้งานในเวลา 7.00 - 20.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ลูกค้าที่มาใช้บริการสระว่ายน้ำ และชมวิวนวดาดฟ้า</li> <li>ในช่วงเวลาอื่นเป็นการเปิดเพื่อให้แสงสว่างเท่านั้น</li> </ul>
			LED PL-C	12	30	13	<ul style="list-style-type: none"> <li>เปิดใช้งานเฉพาะในช่วงเวลา 7.00 - 20.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ลูกค้าที่มาใช้บริการสระว่ายน้ำ และชมวิวนวดาดฟ้า</li> </ul>

ตารางที่ ๑.2 สรุปผลจำนวนชั่วโมงการใช้งานหลอดไฟของโรงแรม ในกรณีศึกษา ตามแผนการควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง (ต่อ)

พื้นที่ การใช้งาน	พื้นที่ การใช้งานย่อย	ชั้นที่	ชนิดของ หลอดไฟ	ขนาดหลอดไฟ (watt)	จำนวนหลอด (Unit)	จำนวนเวลา การใช้งาน (Hours)	แผนการบริหารจัดการและควบคุมการใช้แสงสว่าง
13. ที่จอดรถและ บริเวณรอบ โรงแรม	13.1 ที่จอดรถ ชั้นใต้ดิน	ชั้นใต้ดิน	LED T8	18	60	24	● เปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง เนื่องจากแสงธรรมชาติ ไม่สามารถส่องถึงได้
	13.2 ลานจอดรถข้าง โรงแรม	ชั้น 1	LED T8	18	81	14	● เปิดใช้งานเฉพาะในช่วงเวลากลางคืนเท่านั้น คือ 17.00 - 7.00 น. เนื่องจากในตอนกลางวันมีแสง ธรรมชาติส่องถึง
	13.3 บริเวณรอบ โรงแรม	ชั้น 1	LED T8	18	39	14	● เปิดใช้งานเฉพาะในช่วงเวลากลางคืนเท่านั้น คือ 17.00 - 7.00 น. เนื่องจากในตอนกลางวันมีแสง ธรรมชาติส่องถึง
14. บันได หนีไฟ	14.1 บริเวณบันได หนีไฟ	ชั้น 1 - 16	LED T8	18	32	14	● เปิดใช้งานเฉพาะในช่วงเวลากลางคืนเท่านั้น คือ 17.00 - 7.00 น. เนื่องจากในตอนกลางวันมีแสง ธรรมชาติส่องถึง
15. ไฟสปอร์ตไลท์	15.1 ไฟสปอร์ตไลท์	ชั้น 5 - 16	Flood Light LED	150	51	12	● เปิดใช้งานในช่วงเวลากลางคืนเท่านั้น คือ 18.00 - 6.00 น.

ตารางที่ ๑.3 การใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน และควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง

พื้นที่ การใช้งาน	พื้นที่ การใช้งานย่อย	ชั้นที่	ชนิดของ หลอดไฟ	ขนาดหลอดไฟ (watt)	จำนวนหลอด (Unit)	จำนวนเวลา การใช้งานต่อวัน (ชั่วโมง/วัน)	จำนวนวันทำงาน (วัน/ปี)	อัตราการใช้ไฟฟ้า ต่อปี (kW.hr/Year)	อัตราค่าไฟฟ้า ต่อปี (บาท/ปี)
1. สำนักงาน	1.1 แผนกวิศวกรรม และซ่อมบำรุง	ชั้นใต้ดิน	LED T8	18	10	24 ช.ม.	365 วัน	1,576.80	5,203.44
			LED T8	18	14	10 ช.ม.	365 วัน	919.80	3,035.34
	1.2 แผนกการเงิน	ชั้นใต้ดิน	LED T8	18	24	10 ช.ม.	270 วัน	1,166.40	3,849.12
	1.3 แผนกบุคคล	ชั้นใต้ดิน	LED T8	18	24	10 ช.ม.	270 วัน	1,166.40	3,849.12
	1.4 แผนกต้อนรับ	ชั้น 1	LED T8	18	10	24 ช.ม.	365 วัน	1,576.80	5,203.44
			LED T8	18	14	10 ช.ม.	365 วัน	919.80	3,035.34
	1.5 แผนกการตลาด	ชั้น 2	LED T8	18	24	10 ช.ม.	270 วัน	1,166.40	3,849.12
	1.6 ห้องแต่งตัวพวง.	ชั้นใต้ดิน	LED T8	18	4	24 ช.ม.	365 วัน	630.72	2,081.38
1.7 ห้องอาหารนง.	ชั้นใต้ดิน	LED T8	18	20	16 ช.ม.	365 วัน	2,102.40	6,937.92	
2. ห้องครัว	2.1 ห้องครัวชั้นที่ 1	ชั้น 1	LED T8	18	10	24 ช.ม.	365 วัน	1,576.80	5,203.44
			LED T8	18	30	14 ช.ม.	365 วัน	2,759.40	9,106.02
	2.2 ห้องครัวชั้นที่ 2	ชั้น 2	LED T8	18	10	24 ช.ม.	365 วัน	1,576.80	5,203.44
			LED T8	18	30	14 ช.ม.	365 วัน	2,759.40	9,106.02
	2.3 ห้องครัวชั้นที่ 4	ชั้น 4	LED T8	18	40	18 ช.ม.	365 วัน	4,730.40	15,610.32

ตารางที่ ๑.3 การใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน และควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง (ต่อ)

พื้นที่ การใช้งาน	พื้นที่ การใช้งานย่อย	ชั้นที่	ชนิดของ หลอดไฟ	ขนาดหลอดไฟ (watt)	จำนวนหลอด (Unit)	จำนวนเวลา การใช้งานต่อวัน (ชั่วโมง/วัน)	จำนวนวันทำงาน (วัน/ปี)	อัตราการใช้ไฟฟ้า ต่อปี (kW.hr/Year)	อัตราค่าไฟฟ้า ต่อปี (บาท/ปี)
3. ห้อง อาหาร	3.1 ห้องอาหาร ชั้นที่ 1	ชั้น 1	LED PL-C	12	30	24 ช.ม.	365 วัน	3,153.60	10,406.88
			LED PL-C	12	30	18 ช.ม.	365 วัน	2,365.20	7,805.16
			LED PL-C	12	60	7 ช.ม.	365 วัน	1,839.60	6,070.68
	3.2 ห้องอาหาร ชั้นที่ 2	ชั้น 2	LED PL-C	12	30	18 ช.ม.	365 วัน	2,365.20	7,805.16
			LED PL-C	12	40	7 ช.ม.	365 วัน	1,226.40	4,047.12
	3.3 ห้องอาหาร ชั้นที่ 4	ชั้น 4	LED PL-C	12	30	6 ช.ม.	365 วัน	788.40	2,601.72
LED PL-C			12	40	3 ช.ม.	365 วัน	525.60	1,734.48	
4. โถงกลาง	4.1 บริเวณทางเข้า	ชั้น 1	LED PL-C	12	30	14 ช.ม.	365 วัน	1,839.60	6,070.68
	4.2 บริเวณจุดต้อนรับ และด้านหน้าลิฟต์	ชั้น 1	LED PL-C	12	60	24 ช.ม.	365 วัน	6,307.20	20,813.76
			LED PL-C	12	92	16 ช.ม.	365 วัน	6,447.36	21,276.29
5. ห้องจัดเลี้ยง	5.1 ห้องจัดเลี้ยง	ชั้น 3	LED PL-C	12	643	16 ช.ม.	240 วัน	29,629.44	97,777.15
6. ห้องประชุม ย่อย	6.1 ห้องประชุม 1	ชั้น 3	LED PL-C	12	70	11 ช.ม.	240 วัน	2,217.60	7,318.08
	6.2 ห้องประชุม 2	ชั้น 3	LED PL-C	12	70	11 ช.ม.	240 วัน	2,217.60	7,318.08
	6.3 ห้องประชุม 3	ชั้น 4	LED PL-C	12	120	11 ช.ม.	240 วัน	3,801.60	12,545.28
	6.4 ห้องประชุม 4	ชั้น 4	LED PL-C	12	120	11 ช.ม.	240 วัน	3,801.60	12,545.28
	6.5 ห้องประชุม 5	ชั้น 4	LED PL-C	12	120	11 ช.ม.	240 วัน	3,801.60	12,545.28

ตารางที่ ๑.3 การใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน และควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง (ต่อ)

พื้นที่ การใช้งาน	พื้นที่ การใช้งานย่อย	ชั้นที่	ชนิดของ หลอดไฟ	ขนาดหลอดไฟ (watt)	จำนวนหลอด (Unit)	จำนวนเวลา การใช้งานต่อวัน (ชั่วโมง/วัน)	จำนวนวันทำงาน (วัน/ปี)	อัตราการใช้ไฟฟ้า ต่อปี (kW.hr/Year)	อัตราค่าไฟฟ้า ต่อปี (บาท/ปี)
7. ห้องพัก	7.1 ในห้องพัก	ชั้น 5 - 15	LED PL-C	12	3,078	12 ชม.	365 วัน	161,779.68	533,872.94
8. ทางเดิน	8.1 บริเวณทางเดินใน ชั้นห้องพัก	ชั้น 5 - 15	LED PL-C	12	176	18 ชม.	365 วัน	13,875.84	45,790.27
9. ห้องน้ำ	9.1 ห้องน้ำชั้น 1 - 4	ชั้น 1 - 4	LED PL-C	12	80	18 ชม.	365 วัน	6,307.20	20,813.76
	9.2 ห้องน้ำชั้นที่ 16	ชั้น 16	LED PL-C	12	10	13 ชม.	365 วัน	569.40	1,879.02
10. ห้องFitness	10.1 ห้องFitness	ชั้น 4	LED PL-C	12	40	14 ชม.	365 วัน	2,452.80	8,094.24
11. ห้องปฏิบัติ ศาสนกิจ	11.1 ห้องปฏิบัติ ศาสนกิจ	ชั้น 2	LED PL-C	12	20	10 ชม.	365 วัน	876.00	2,890.80
12. พื้นที่หน้า ลิฟต์	12.1 ชั้นใต้ดิน	ชั้นใต้ดิน	LED PL-C	12	10	24 ชม.	365 วัน	1,051.20	3,468.96
			LED PL-C	12	30	16 ชม.	365 วัน	2,102.40	6,937.92
	12.2 ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 2	LED PL-C	12	10	24 ชม.	365 วัน	1,051.20	3,468.96
			LED PL-C	12	20	16 ชม.	365 วัน	1,401.60	4,625.28
	12.3 ชั้นที่ 3 และ 4	ชั้นที่ 3 - 4	LED PL-C	12	20	24 ชม.	365 วัน	2,102.40	6,937.92
			LED PL-C	12	40	16 ชม.	365 วัน	2,803.20	9,250.56
	12.4 ชั้นที่ 16	ชั้นที่ 16	LED PL-C	12	10	24 ชม.	365 วัน	1,051.20	3,468.96
			LED PL-C	12	30	13 ชม.	365 วัน	1,708.20	5,637.06

ตารางที่ ๑.3 การใช้พลังงานไฟฟ้า เมื่อปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็นรุ่นที่ประหยัดพลังงาน และควบคุมการใช้งานระบบแสงสว่าง (ต่อ)

พื้นที่ การใช้งาน	พื้นที่ การใช้งานย่อย	ชั้นที่	ชนิดของ หลอดไฟ	ขนาดหลอดไฟ (watt)	จำนวนหลอด (Unit)	จำนวนเวลา การใช้งานต่อวัน (ชั่วโมง/วัน)	จำนวนวันทำงาน (วัน/ปี)	อัตราการใช้ไฟฟ้า ต่อปี (kW.hr/Year)	อัตราค่าไฟฟ้า ต่อปี (บาท/ปี)
13. ที่จอดรถและ บริเวณรอบ โรงแรม	13.1 ที่จอดรถใต้ดิน	ชั้นใต้ดิน	LED T8	18	60	24 ช.ม.	365 วัน	9,460.80	31,220.64
	13.2 ลานจอดรถ	ชั้น 1	LED T8	18	81	14 ช.ม.	365 วัน	7,450.38	24,586.25
	13.3 รอบโรงแรม	ชั้น 1	LED T8	18	39	14 ช.ม.	365 วัน	3,587.22	11,837.83
14. บันไดหนีไฟ	14.1 บันไดหนีไฟ	ชั้น 1 - 16	LED T8	18	32	14 ช.ม.	365 วัน	2,943.36	9,713.09
15. ไฟสปอร์ตไลท์	15.1 ไฟสปอร์ตไลท์	ชั้น 5 - 16	Flood Light LED	150	51	12 ช.ม.	365 วัน	33,507.00	110,573.10
<b>รวมการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างทั้งหมด</b>								<b>353,037.00</b>	<b>1,165,022.10</b>

หมายเหตุ: ราคาค่าไฟโดยเฉลี่ยประมาณ 3.3 บาท/หน่วย โดยอ้างอิงตามค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงแรม ในกรณีศึกษา

ภาคผนวก ช.  
เอกสารการตีพิมพ์

IE NETWORK 2018

IE Tech for High Quality of Life

23 – 26 กรกฎาคม 2561  
ณ โรงแรมสุโขทัยแกรนด์ โฮเทล แอน คอนเวนชัน เซ็นเตอร์ อุบลราชธานี

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หน้า

SME 8	อัตราความชุกของอาการผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกจากการทำงาน ในพนักงานขับรถโดยสารสาธารณะและการเปรียบเทียบการประเมินท่าทางการ ทำงาน กรณีศึกษา พนักงานขับรถโดยสารสาธารณะของมหาวิทยาลัยพะเยา <i>คมกฤต เมฆสกุล เอกชัย แผ่นทอง พงศ์วิทย์ พรหมสุวรรณ และ อโณทัย กล้าการชาย</i>	1031
SME 9	การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของธุรกิจโรงแรม: กรณีศึกษา โรงแรมขนาดใหญ่ <i>นุรีน ทรงศิริ และ สกนธ์ คล่องบุญจิต</i>	1037
SME 10	การเพิ่มผลผลิตของเครื่องสร้างยางล้อเครื่องบินด้วยการปรับปรุงค่าประสิทธิภาพ โดยรวมของเครื่องจักรและอุปกรณ์ <i>ธีรวัฒน์ สมศิริกาญจนคุณ กฤษดา ประสพชัยชนะ กัญจวิภา พัฒนพงศ์ วราภรณ์ สุทธิวงศ์ และ จิตติมา คงเจริญ</i>	1043
SME 11	การปรับปรุงกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการใช้พลังงาน <i>วิทธิกร กาวีวัน และ สิริรังค์ กลั่นคำสอน</i>	1048
SME 12	การลดเวลาเครื่องจักรเสียสำหรับเครื่องกัดอัตโนมัติในโรงงานผลิตแม่พิมพ์ยาง รถยนต์ <i>ชัชวาลย์ ทองเงิน และ สมชาย พัวจินดาเนตร</i>	1054
SME 13	การออกแบบผลิตภาพสีเขียวสำหรับกระบวนการพ่นสีรถยนต์ <i>วสวัตดี ปัญจรัตน์ สิริรังค์ กลั่นคำสอน และ ศิริชัย วัฒนาโสภณ</i>	1061
SME 14	การพัฒนาอุปกรณ์แยกอนุภาคของแข็งออกจากสารหล่อลื่นใช้แล้ว เพื่อการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์และการบำรุงรักษาเชิงรุก <i>สนธิพันธ์ อินทสนธิ</i>	1066
SME 15	ประยุกต์ใช้หลักการยศาสตร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตโรงงานยาง แผ่นรมควัน <i>กุลยุทธ บัญเช่ง และ เอกรินทร์ วาโย</i>	1071
SME 16	การวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของปั้มน้ำในหม้อไอน้ำความดันสูง สำหรับการ บำรุงรักษาที่มีความน่าเชื่อถือเป็นศูนย์กลาง: กรณีศึกษาของโรงไฟฟ้า <i>นพร อติวานิชยพงศ์ และ จักรพันธ์ อร่ามพงษ์พันธ์</i>	1079
SME 17	การปรับปรุงระบบการจัดการอะไหล่คงคลังในการซ่อมบำรุงรักษา กรณีศึกษาโรงงานผลิตน้ำผลไม้ <i>เมธี กำหนดแน่ และ จักรพันธ์ อร่ามพงษ์พันธ์</i>	1085
SME 18	การปรับปรุงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักรในกระบวนการฉีดพลาสติก กรณีศึกษาบรรจุภัณฑ์กล้วยไม้ <i>อัมรินทร์ วงศ์เศรษฐี และ จุมพล บำรุงวงศ์</i>	1092

~ ~ ~

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การประชุมวิชาการช่างงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2561  
 ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี  
 23-26 กรกฎาคม 2561 อุบลราชธานี

## การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของธุรกิจโรงแรม: กรณีศึกษา โรงแรมขนาดใหญ่ Carbon Footprint for Hotel Company: A Case Study of Luxury Hotel

นุเร็น ทรงศิริ<sup>1\*</sup> และ สกนธ์ คล่องบุญจิต<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

\*E-mail: nureen.ssr@gmail.com

Nureen Songsiri<sup>1\*</sup> and Sakon Klongboonjit<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,  
 King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

\*E-mail: nureen.ssr@gmail.com

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของธุรกิจโรงแรมขนาดใหญ่ ที่มีจำนวนห้องพัก 242 ห้อง ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยดำเนินการตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของประเทศไทย (2559) ที่จัดทำโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ซึ่งแบ่งที่มาของก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง 2) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (ไฟฟ้า) และ 3) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ ทั้งนี้จากข้อมูลการดำเนินงานของโรงแรมในปี พ.ศ. 2560 แสดงให้เห็นว่า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมภายในโรงแรมมีจำนวน 3,638.02 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี และการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งสำคัญที่สุดในการสร้างก๊าซเรือนกระจกโดยทางอ้อมมากถึงร้อยละ 84 ของปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด และจากการศึกษา พบว่า โรงแรมแห่งนี้สร้างก๊าซเรือนกระจกประมาณ 34.84 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อจำนวนการเข้าพักต่อปี ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานที่มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไม่เกิน 30 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อจำนวนการเข้าพักต่อปี

**คำหลัก** คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร โรงแรม ก๊าซเรือนกระจก

### Abstract

The study is about carbon footprint assessment of the 242-room luxury hotel which located in Bangkok area. The method of carbon footprint assessment for organization of Thailand (2016) which is arranged by Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) is used as the guideline for this study. The study shows that the main sources of greenhouse gases can be classified into 3 groups: 1) Direct GHG emission, 2) Electricity indirect GHG emission and 3) Other indirect GHG emission. With data of year 2017, it shows that the amount of greenhouse gas emission from activities within the hotel is 3,638.02 tons CO<sub>2</sub>e per year and the electricity usage is the most main source to generate indirect greenhouse gas up to 84 % of all carbon footprints. Finally, the results also show that this hotel generate greenhouse gas around 34.84 kg CO<sub>2</sub>e per room night per year which is higher than the standard value of 30 kg CO<sub>2</sub>e per room night per year.

**Keywords:** Carbon Footprint, Hotel, Greenhouse Gas



## 1. บทนำ

ปัจจุบัน ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ อันเนื่องมาจากปริมาณก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas, GHG) ที่เพิ่มมากขึ้น ได้ถูกตั้งเป็นประเด็นที่สำคัญในระดับนานาชาติ ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของทุกคนในการมีส่วนร่วมรับผิดชอบต่อการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ โดยการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization, CFO) ได้ถูกใช้เป็นวิธีการหนึ่งในการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กร ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาแนวทางในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในระดับหน่วยงาน หรือโรงงานอุตสาหกรรม

โดยจากการศึกษาผลงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ในประเทศไทยมีการศึกษาและประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร ในส่วนของสถาบันการศึกษา และหน่วยงานของภาครัฐเป็นส่วนใหญ่ ดังเช่นงานวิจัยของ สิริมา จิวสม, 2555 [1] ที่ได้ดำเนินการวิจัยการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและแนวทางเชิงวิศวกรรมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรมควบคุมมลพิษ และ ธนัท พูลประทีน, 2555 [2] ศึกษาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นต้น แต่ในส่วนของ การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของธุรกิจโรงแรม ซึ่งมีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกจำนวนมากยังมีงานวิจัยอยู่น้อย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของธุรกิจโรงแรม จึงได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมขนาดใหญ่ โดยใช้แนวทาง การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของประเทศไทย 2559 [3] เพื่อศึกษาและวิเคราะห์หาแหล่งที่มา และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และทำการประเมินและรายงานผลค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากการดำเนินงานของโรงแรมในกรณีศึกษา เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมอื่น ๆ โดยมีได้มีการวิเคราะห์ในเชิงเจาะลึกในส่วนของ การหาสาเหตุของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มากกว่าโรงแรมแห่งอื่นที่ได้นำมาเปรียบเทียบ ทั้งนี้บทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำข้อมูลที่สามารถประเมินและวิเคราะห์ได้ไปใช้ในการหาแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อไปในอนาคต

## 2. ขอบเขตของการวิจัย

1. ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของของโรงแรม ในกรณีศึกษา มีจำนวนห้องพัก 242 ห้อง ตั้งอยู่ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร
2. การวิเคราะห์กิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมในกรณีศึกษา จะวิเคราะห์ตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของประเทศไทย (2559) [3]
3. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาและประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรมในกรณีศึกษา คือ ข้อมูลปีฐาน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2560 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2560

## 3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมในกรณีศึกษา มีขั้นตอนการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาโครงสร้างและการทำงานขององค์กร โดยใช้วิธีการสัมภาษณ์ผู้บริหารโรงแรม เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการจัดโครงสร้าง บทบาทหน้าที่และการดำเนินงานของแต่ละฝ่ายภายในโรงแรม ทั้งนี้งานวิจัยนี้กำหนดขอบเขตของโรงแรมในการรวบรวมแหล่งปล่อยและดูดกลีบก๊าซเรือนกระจก แบบควบคุมการดำเนินงานองค์กร (Operational Control)
2. จัดทำบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก โดยการสร้างแผ่นตรวจสอบ (Check Sheet) เพื่อใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการดำเนินกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกภายในโรงแรม โดยแบ่งประเภทของกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง 2. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม และ 3. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ โดยวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมมาจาก 2 ทาง คือ ข้อมูลปฐมภูมิ เช่น จากการทำแบบสอบถาม และข้อมูลทุติยภูมิ เช่น รายงานประจำเดือนและใบเสร็จ



3. คำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้ข้อมูลกิจกรรมที่เกิดขึ้น คูณกับค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก แสดงผลในรูปของตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO<sub>2</sub> equivalent) ดังแสดงในสมการ

$$\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจก} = \text{ข้อมูลกิจกรรม} \times \text{ค่าแฟกเตอร์} \quad (1)$$

โดยค่าแฟกเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณในงานวิจัยนี้เลือกใช้ข้อมูลค่าแฟกเตอร์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission Factor) ของประเทศไทย ที่ รวบรวมและจัดการโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และองค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) [3] เป็นหลัก

4. ประเมินค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty) ของข้อมูล ที่เกิดขึ้นจากการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกขององค์กร เพื่อแสดงระดับคุณภาพของข้อมูล รวมถึงความไม่แน่นอนที่เกิดจากการคำนวณ ผลลัพธ์ที่ได้จะนำสู่กระบวนการทบทวนขององค์กร เพื่อหาแนวทางการจัดการความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้น โดยการวิเคราะห์ความไม่แน่นอนจะดำเนินตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร 2559 [3]

#### 4. ผลการวิจัย

ผลการดำเนินงานวิจัยการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมในกรณีศึกษา มีรายละเอียด ดังนี้

##### 4.1 โครงสร้างและกิจกรรมการดำเนินงานขององค์กร

โรงแรมในกรณีศึกษา เป็นโรงแรมขนาดใหญ่ ที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เขตสวนหลวง กรุงเทพมหานคร บนเนื้อที่ 9,076 m<sup>2</sup> เป็นอาคารสูง 16 ชั้น และชั้นใต้ดิน 1 ชั้น ภายในอาคารโรงแรมมีห้องประชุมขนาด 60 – 1,200 คน จำนวน 6 ห้อง (มีพื้นที่รวม 3,340 m<sup>2</sup>) และห้องพักในสามรูปแบบรวม 242 ห้อง (พื้นที่ 11,093 m<sup>2</sup>) ทั้งนี้ในปี พ.ศ. 2560 มีจำนวนการเข้าพักรวม (Room Night Sold) ทั้งหมด 80,253 ห้อง โรงแรมมีพนักงานทั้งหมด 229 คน ประกอบด้วย 8 ส่วนงาน ได้แก่ 1. แผนกต้อนรับ 2. แผนกจัดเลี้ยง 3. แผนกห้องอาหาร 4. แผนกการตลาดและประชาสัมพันธ์ 5. แผนกแม่บ้าน 6. แผนกวิศวกรรมและการซ่อมบำรุง 7. แผนกการเงินและการบัญชี และ 8. แผนกทรัพยากรบุคคล โดยมีกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การดำเนินกิจกรรมภายในโรงแรม

ประเภท	ทรัพยากรที่ใช้	แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก	ส่วนงานที่เกี่ยวข้อง
1	น้ำมันเชื้อเพลิง	ยานพาหนะ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง	ทุกส่วน
	สารทำความเย็น	เครื่องปรับอากาศใน ส่วนของโรงแรมและสำนักงาน	ทุกส่วน
	น้ำเสีย	บ่อบำบัดน้ำเสีย	6
	ก๊าซหุงต้ม	ห้องอาหาร	3
2	ไฟฟ้า	อาคารโรงแรมและสำนักงาน	ทุกส่วน
3	น้ำประปา	อาคารโรงแรมและสำนักงาน	ทุกส่วน
	กระดาษ	สำนักงาน	ทุกส่วน
	หมึกพิมพ์	สำนักงาน	ทุกส่วน
	ขยะพลาสติก	งานจัดเลี้ยง ห้องอาหาร	2, 3
	ขยะกระดาษ	สำนักงาน	ทุกส่วน
	ขยะอินทรีย์	ห้องอาหาร	3

#### 4.2 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมในกรณีศึกษา

ในปี พ.ศ. 2560 โรงแรมมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวนสูงถึง 3,638.02 tons of CO<sub>2</sub>e โดยแบ่งออกเป็นคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากการใช้ห้องประชุม 230.65 kg of CO<sub>2</sub>e per area of meeting space และคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เกิดจากการเข้าพักของลูกค้ายภายในโรงแรม จะเท่ากับ 34.84 kg of CO<sub>2</sub>e per room night sold ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมขนาดใกล้เคียงกันที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล ซึ่งมีเครือข่ายในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ดังแสดงในตารางที่ 2 ทั้งนี้เนื่องมาจากโรงแรมในกรณีศึกษา เป็นโรงแรมแห่งใหม่ และมีเพียง 1 สาขาเท่านั้น การวางแผนบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมและการใช้พลังงานของโรงแรมในกรณีศึกษายังมีประสิทธิภาพน้อยกว่าโรงแรมอื่น ๆ ที่มีอยู่หลายสาขาทั่วโลก เป็นผลให้โรงแรมในกรณีศึกษานี้มีการใช้พลังงานที่สูงกว่า รวมทั้งในแง่ของการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม ยังไม่มีประสิทธิภาพมากนัก จำเป็นที่จะต้องมีการจัดทำมาตรการและแผนการดำเนินงานต่าง ๆ เพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อไปในอนาคต



การประชุมวิชาการย้ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2561  
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี  
23-26 กรกฎาคม 2561 อุบลราชธานี

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

โรงแรม	ก๊าซเรือนกระจก (kg of CO <sub>2</sub> e per room night sold)	ปี
Hotel in Case Study	34.84	2017
Marriott International [4]	28.45	2015
IHG InterContinental Hotels Group [5]	31.21	2016
NH Hotels [6]	6.46	2015
Taj Hotels, Resorts and Palaces [7]	Luxury Hotel: 29.43 Economy Hotels: 7.67	2014

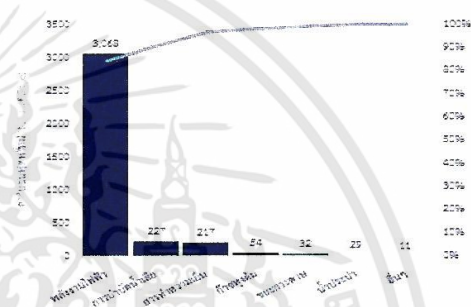
CO<sub>2</sub>e หรือคิดเป็นร้อยละ 84 ของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด รองลงมา คือ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการบำบัดน้ำเสียที่โรงแรมเป็นผู้ดำเนินการ โดยการใช้ระบบบำบัดแบบแอกทิเวเต็ดสลัดจ์ ซึ่งก่อให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ 227.03 tons of CO<sub>2</sub>e และกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นลำดับที่สาม คือ การรั่วไหลของสารทำความเย็นในระบบปรับอากาศภายในโรงแรม ที่ใช้สารทำความเย็นชนิด R-22 มีคาร์บอนฟุตพริ้นท์เกิดขึ้น 217.20 tons of CO<sub>2</sub>e

การวิเคราะห์ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมในกรณีศึกษา โดยจำแนกกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละประเภท พบว่า คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางตรง (ประเภทที่ 1) มีค่า 504.66 tons of CO<sub>2</sub>e กิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกทางอ้อม (ประเภทที่ 2) จะมีปริมาณสูงที่สุดเท่ากับ 3,067.93 tons of CO<sub>2</sub>e ในส่วนของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ประเภทที่ 3 มีค่าน้อยที่สุดเพียง 65.41 tons of CO<sub>2</sub>e ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรม

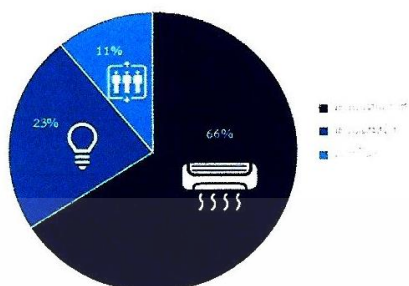
กิจกรรม	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (tons CO <sub>2</sub> e per year)
<b>ประเภทที่ 1</b>	<b>504.67</b>
การเผาไหม้เชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล)	6.85
สารทำความเย็นในการปรับอากาศ	217.20
การบำบัดน้ำเสีย	227.03
ก๊าซหุงต้ม (LPG)	53.59
<b>ประเภทที่ 2</b>	<b>3,067.93</b>
พลังงานไฟฟ้า	3,067.93
<b>ประเภทที่ 3</b>	<b>65.4</b>
น้ำประปา	29.39
กระดาษ	3.45
หมึกพิมพ์	0.03
การใช้เซลล์ขยะพลาสติก	-12.77
การฝังกลบขยะอินทรีย์	13.66
การฝังกลบขยะกระดาษ	31.64
<b>รวม</b>	<b>3,638.02</b>

เมื่อพิจารณารายละเอียดของกิจกรรมต่างๆ ดังรูปที่ 1 จะพบว่า กิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด คือ การใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีสัดส่วนสูงถึง 3,067.93 tons of



รูปที่ 1 ลำดับของกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก

ในปี พ.ศ. 2560 โรงแรมมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากถึง 5,035,173 kWh โดยพลังงานไฟฟ้าภายในโรงแรมจะถูกใช้ใน 3 ส่วนที่สำคัญ ได้แก่ การใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และอื่นๆ เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ซึ่งจากการศึกษา พบว่า พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะถูกใช้ในระบบปรับอากาศมากถึง 3,323,214 kWh หรือร้อยละ 66 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ซึ่งก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 2,024.83 tons of CO<sub>2</sub>e รองลงมาคือระบบแสงสว่างภายในโรงแรม ไม่ว่าจะ เป็นพื้นที่สำนักงาน บริเวณส่วนกลาง หรือภายในห้องพัก ซึ่งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณร้อยละ 23 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด หรือสามารถประเมินค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ได้เท่ากับ 705.62 tons of CO<sub>2</sub>e ส่วนพลังงานไฟฟ้าที่เหลืออีกประมาณร้อยละ 11 นั้นจะถูกใช้ในด้านอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ลิฟต์โดยสารของพนักงานและลูกค้า อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ก็ตาม โดยก่อให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์จำนวน 337.47 tons of CO<sub>2</sub>e ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 สัดส่วนก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ

ทั้งนี้จากการศึกษาดังกล่าว จะสังเกตได้ว่า กิจกรรมและการดำเนินงานภายในโรงแรม ที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ ระบบปรับอากาศ ซึ่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและการรั่วไหลของสารทำความเย็น ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบปรับปรุงและแก้ไขการดำเนินงานให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น

**4.3 ค่าความไม่แน่นอนของข้อมูล**

การประเมินความไม่แน่นอนของข้อมูล พบว่า ระดับของความไม่แน่นอนและคุณภาพของข้อมูลอยู่ในระดับคะแนน 1-6 ซึ่งสะท้อนว่าผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่ได้ในการวิจัยครั้งนี้มีความไม่แน่นอนสูง และคุณภาพของข้อมูลในระดับที่ไม่ดีนัก เนื่องมาจากการจัดเก็บข้อมูลส่วนใหญ่มาจากการจัดทำแบบสำรวจ รายงานประจำเดือน และใบเสร็จ ที่มีได้เป็นค่าที่มีการเก็บอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นคุณภาพของข้อมูลจึงอาจมีความคาดเคลื่อนบ้าง อีกทั้งค่าפקเตอร์ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่นำมาใช้นั้นส่วนใหญ่มาจากข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งมีความคาดเคลื่อนในแต่ละพื้นที่

อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาด้านของการประเมินความไม่แน่นอนเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่น ๆ ที่ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรภายในประเทศ เช่น มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ วิทยาเขตรังสิต [8] และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [9] ต่างก็มีความไม่แน่นอนของข้อมูลอยู่ในระดับไม่เกิน 6 เช่นกัน

**5. สรุปผลการวิจัย**

งานวิจัยนี้ได้ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของธุรกิจโรงแรมขนาดใหญ่ในกรณีศึกษา จำนวน 242 ห้อง ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร โดยดำเนินการตามแนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรของประเทศไทย (2559) [3] ทั้งนี้ผลการวิจัยในเบื้องต้นนี้สามารถนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการประเมินและวางแผนแนวทางในการจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงแรมต่อไปในอนาคต โดยจากการศึกษา พบว่า การดำเนินกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโรงแรม มีปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด 3,638.02 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ในปี พ.ศ. 2560 โรงแรมมีอัตราการเข้าพักทั้งหมด 80,232 ห้อง เมื่อคิดเทียบต่อจำนวนการเข้าพักของโรงแรมจะเท่ากับ 34.84 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อจำนวนการเข้าพักต่อปี กิจกรรมที่ก่อให้เกิดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่สูงที่สุดคือ การใช้พลังงานไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 84 ของค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ทั้งหมด ซึ่งพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะถูกใช้ในการปรับอากาศภายในอาคารโรงแรม เมื่อเปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมในกรณีศึกษากับโรงแรมอื่น ๆ ที่มีขนาดใกล้เคียงกันที่ได้รับการยอมรับในระดับสากล ซึ่งมีเครือข่ายในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก พบว่า ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของโรงแรมในกรณีศึกษาอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างสูง ทั้งนี้เนื่องจากการวางแผนบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมและการใช้พลังงานของโรงแรมในกรณีศึกษายังมีประสิทธิภาพน้อยกว่าโรงแรมอื่น ๆ ที่มีอยู่หลายสาขาทั่วโลก เป็นผลให้โรงแรมในกรณีศึกษานี้มีการใช้พลังงานที่สูงกว่า รวมทั้งในแง่ของการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมยังไม่มีประสิทธิภาพมากนัก ซึ่งผลการวิจัยในครั้งนี้จะถูกนำไปใช้ในการวางแผนการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมของโรงแรมต่อไปในอนาคต

**กิตติกรรมประกาศ**

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนข้อมูล และคำปรึกษาแนะนำในการดำเนินการวิจัยจากผู้บริหารของโรงแรม ที่ได้อำนวยความสะดวกในการจัดเก็บข้อมูล รวมทั้งการให้คำแนะนำปรึกษา เพื่อให้งานวิจัยสมบูรณ์มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การประชุมวิชาการรายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ. 2561  
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี  
23-26 กรกฎาคม 2561 อุบลราชธานี

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] สิริมา จีวสม, การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและแนวทางเชิงวิศวกรรมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรมควบคุมมลพิษ, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2555
- [2] ธนัท พูลประทีน, คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2555
- [3] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร 2559, ข้อมูลจาก [http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/download/ts\\_7be0b6757c.pdf](http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/admin/uploadfiles/download/ts_7be0b6757c.pdf) (วันที่สืบค้นข้อมูล 1 ตุลาคม 2560)
- [4] Marriott International, 2016 Sustainability Highlights, ข้อมูลจาก [http://www.marriott.com/Multimedia/PDF/CorporateResponsibility/2016\\_Reports/Marriott\\_International\\_Sustainability\\_Highlights\\_2016.pdf](http://www.marriott.com/Multimedia/PDF/CorporateResponsibility/2016_Reports/Marriott_International_Sustainability_Highlights_2016.pdf) (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2560)
- [5] Intercontinental Hotel Group, IHG Annual Report and Form 20-F 2016, ข้อมูลจาก [https://www.ihgplc.com/files/reports/ar2016/files/pdf/2016\\_annual\\_report.pdf](https://www.ihgplc.com/files/reports/ar2016/files/pdf/2016_annual_report.pdf) (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2560)
- [6] NH Hotel, Corporate Responsibility Report 2016, ข้อมูลจาก <http://memorianh.com/2016/en/> (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2560)
- [7] Taj Hotels, Resorts and Palaces, Corporate Sustainability Report 2013-14, ข้อมูลจาก [https://www.unglobalcompact.org/system/attachments/cop\\_2014/128431/original/IHCL\\_Corporate\\_Sustainability\\_Report\\_2013-14.pdf?1418387534](https://www.unglobalcompact.org/system/attachments/cop_2014/128431/original/IHCL_Corporate_Sustainability_Report_2013-14.pdf?1418387534) (วันที่สืบค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2560)
- [8] ไพรัช อุศุภรัตน์และหาญพล พึ่งรัมย์, การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มธ., ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 ม.ค. – มี.ค. 2557
- [9] ชุตินา สุขอนันต์, การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2555
- [10] World Travel & Tourism Council and International Tourism Partnership, Hotel Carbon Measurement Initiative v.1.1, ข้อมูลจาก [http://www.thinktur.org/media/Hotel\\_Carbon\\_Measurement\\_Initiative\\_Methodology\\_v\\_1\\_1.pdf](http://www.thinktur.org/media/Hotel_Carbon_Measurement_Initiative_Methodology_v_1_1.pdf) (วันที่สืบค้นข้อมูล 12 ตุลาคม 2560)
- [11] Danuta De Grosbois and David Fennell, Carbon Footprint of the Global Hotel Companies: Comparison of Methodologies and Results, Journal of Tourism Recreation Research, 36:3, 2011



**IE NETWORK 2018**

**การประชุมวิชาการถ่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ.2561**

**ขอแสดงความยินดีกับผู้ที่ได้รับรางวัล**

**นุรีน ทรงศิริ และ สกนธ์ คล่องบุญจิต**

**ได้เข้าร่วมแข่งขันงานทางวิชาการในหัวข้อ**

**การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของธุรกิจโรงแรม: กรณีศึกษา โรงแรมขนาดใหญ่**

**ระหว่างวันที่ 23-26 กรกฎาคม 2561 ณ โรงแรมศูนย์แกรนด์ ไฮเก้@ แอน คอนเวนชั่น เซ็นเตอร์ @บวรราชธานี**

**(รองศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิศาจะใส)**

**ประธานจัดงานประชุมวิชาการถ่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ.2561**

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล                      นางสาวนุรีน ทรงศิริ  
 วัน เดือน ปีเกิด                 22 พฤศจิกายน 2534 ที่ กรุงเทพมหานคร  
 ที่อยู่                                 256 ซอย รามคำแหง 5 ถนน รามคำแหง แขวง สวนหลวง เขต สวนหลวง  
   กรุงเทพมหานคร 10250  
 โทร.                                 0954790562

ประวัติการศึกษา                 2556 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร (เกียรตินิยมอันดับ 1)  
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงานวิชาการ  
 นุรีน ทรงศิริ และ สกนธ์ คล่องบุญจิต, “การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของธุรกิจโรงแรม: กรณีศึกษา  
 โรงแรมขนาดใหญ่,” การประชุมวิชาการชายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ.  
 2561, pp. 1037–1042, 2561.