

การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกและพลังงานสำหรับหอพักนักศึกษา
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จารุวรรณ มั่นอำ

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved
บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
กรกฎาคม 2556

การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกและพลังงานสำหรับหอพักนักศึกษา
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จารุวรรณ มั่นอำ

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved
บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
กรกฎาคม 2556

การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกและพลังงานสำหรับหอพักนักศึกษา

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จารุวรรณ มั่นอ่ำ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ

ศาสตราจารย์ ดร. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์

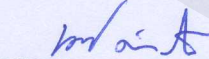


..... กรรมการ

อาจารย์ ดร. ญัฐนี วรยศ

 กรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ญัฐ วรยศ



..... กรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เดช ดำรงค์ศักดิ์



..... กรรมการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ญัฐวุฒิ ดุษฎี

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์



..... อาจารย์ ดร. ญัฐนี วรยศ

25 กรกฎาคม 2556

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์เรื่องการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกสำหรับหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ฉบับนี้สำเร็จลงได้เนื่องด้วยความร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่าย อาทิ

เนื่องด้วยความกรุณาของ อ.ดร.ณัฐนี วรรณศ ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้ความช่วยเหลือทางด้านต่างๆ ตลอดจนการสอบวิทยานิพนธ์ให้จนเสร็จสมบูรณ์

กราบขอบพระคุณ ศ.ดร.ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ ที่กรุณาได้รับเป็นประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ แนะนำแนวทางการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนการตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ณัฐ วรรณศ ที่กรุณาได้รับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ให้คำแนะนำ ตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.เดช ดำรงค์ศักดิ์ ที่กรุณาได้รับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ณัฐวดี ดุษฎี กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอก ที่กรุณาได้รับเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กราบขอบพระคุณ กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้จนประสบความสำเร็จ

กราบขอบพระคุณ ผู้ปกครองและผู้จัดการหอพักนักศึกษา รวมทั้งเจ้าหน้าที่ภายในหอพักนักศึกษาทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนและส่งเสริมงานวิจัยนี้จนประสบความสำเร็จ

กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่มอบโอกาสให้ผู้เขียนได้เรียนถึงระดับนี้ ให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนความสำเร็จในครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่และเพื่อน สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขออภัยในความผิดพลาดนั้น และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ได้อ่านวิทยานิพนธ์นี้ต่อไป

จารุวรรณ มั่นอำ

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์

การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกและพลังงานสำหรับหอพัก
นักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผู้เขียน

นางสาวจรรวณ มั่นอำ

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมพลังงาน)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ ดร.ณัฐนิ วรรณยศ

บทคัดย่อ

หอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นองค์กรหนึ่งในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่มีความต้องการใช้พลังงานในปริมาณที่สูง จึงส่งผลให้มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงตามมา ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาถึงปริมาณและแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษาจากการใช้พลังงานและการบริหารจัดการขยะ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า หอพักนักศึกษาทั้งหมด 18 หอพักๆ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ $2,316.38 \text{ tonCO}_2\text{-eq/ปี}$ แบ่งออกเป็น ขอบเขตที่ 1 ขอบเขตที่ 2 และขอบเขตที่ 3 เท่ากับ 64.49, 1,269.01 และ 982.88 $\text{tonCO}_2\text{-eq/ปี}$ หรือร้อยละ 2.78, 54.78 และ 42.43 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด โดยกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดถึงร้อยละ 54.78 ของทั้งหมด รองลงมา เป็นกิจกรรมการใช้ก๊าซหุงต้ม การใช้พลังงานไฟฟ้าจากการดำเนินการโดยองค์กรภายนอกที่เข้ามาเช่าพื้นที่ การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะสำหรับการเดินทางไปกลับของบุคลากรและนักศึกษา และกิจกรรมอื่นๆ ร้อยละ 18.01, 12.26, 11.06 และ 3.89 ของปริมาณการปล่อยก๊าซทั้งหมดตามลำดับ

จากการตรวจวัดการใช้พลังงาน พบว่าหอพักนักศึกษามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 2,183,056 kWh/ปี แบ่งเป็นการทำงานในระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และระบบอื่นๆ เท่ากับ ร้อยละ 42.24, 11.34 และ 46.42 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดตามลำดับ ซึ่งมาตรการที่นำเสนอสำหรับหอพักนักศึกษา ประกอบด้วย การลดจำนวนหลอดไฟที่ไม่ได้ใช้งานหรือไม่จำเป็น การลดเวลาการทำงานหลอดไฟบริเวณทางเดิน การเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์และหลอดไฟประสิทธิภาพสูง การเปลี่ยนมาใช้โคมไฟสะท้อนแสง การปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลา 30 นาที

การล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ การเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง การเปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำอุ่นประหยัดพลังงาน และการปิดหน้าจอแสดงผลคอมพิวเตอร์เมื่อไม่ใช้งาน สำหรับแนวทางการจัดการขยะ พบว่าหอพักนักศึกษามีอัตราการเกิดขยะเท่ากับ 0.937 ตันขยะ/วัน ซึ่งจากปริมาณและองค์ประกอบพบว่าแนวทางการจัดการขยะที่เหมาะสมที่สุดคือ การรีไซเคิล การผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ร่วมกับการฝังกลบขยะที่เหลือ ณ อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งพบว่าขยะทั้งหมดของมหาวิทยาลัย สามารถผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพได้ในปริมาณ 76.12 ตัน/ปี และ 34,436.04 m³/ปี ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้าจาก RDF-5 ได้ 285,386.80 kWh/ปี เทียบเป็นพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 1,743,339.53 MJ/ปี จากนั้นประเมินค่าต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อจัดลำดับความสำคัญของมาตรการ แล้วจึงประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเทียบกับปีฐาน ซึ่งพบว่ามาตรการทั้งหมดสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้สุทธิ 7,234.85 tonCO_{2-eq} ด้วยมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ในช่วง 0.0048 – 8.95 ล้านบาท ที่อัตราผลตอบแทนการลงทุนระหว่างร้อยละ 9.91 – 83.14 ในระยะเวลาคืนทุนในช่วง 0.50 - 6.59 ปี

Thesis Title Greenhouse Gas and Energy Management for Chiang Mai University Dormitories

Author Ms. Charuwan Manam

Degree Master of Engineering (Energy Engineering)

Thesis Advisor Dr. Natanee Vorayos

Abstract

The Chiang Mai University Dormitories is an organization located inside the Chiang Mai University campus. With the activities consumed a great deal of power and quite a lot of energy. Consequently, they produced high quantity of greenhouse gas. Therefore, the objective of this research to study the quantity of greenhouse gas emission and the methodology of how to reduce the greenhouse gas emission through the usage of energy and the garbage administration. According to the research, it was found that there were altogether 18 dormitories. The total emission of greenhouse gas was equal to 2,316.38 tonCO_{2-eq} per year which could be divided into the scope 1, scope 2, and scope 3 that were equal to 64.49, 1,269.01 and 982.88 tonCO_{2-eq} per year or 2.78%, 54.78 % and 42.43% respectively of the total greenhouse gas emission. In brief, the activities that consumed electricity seemed to have the most consequence on greenhouse gas emission which could be expressed in term of percentage as 54.78% of all the greenhouse gas emission. Next, the activities that consumed cooking gas the electricity which brought about by the outsiders who came to rent the space inside, there were fuel burning activities of the motor vehicles for both students and the working people of the Dormitories and the rest of the activities had made the emission of greenhouse gas on the percentage of 18.01%, 12.26 %, 11.06% and 3.89% of the total greenhouse gas.

According to the energy measurement, it was found that the total utilization of electricity made by the Dormitories was equal to 2,183,056 kWh per year, However, the electricity utilization ratios amongst the electrical appliances such as lighting system, air-conditioners, and other electrical equipment were 42.24%, 11.36% and 46.40% respectively of all the electricity

used. Nonetheless, the rules and regulation that had been applied for the student dormitories, were the reduction of the electrical bulbs and working time that were not in use, or the unnecessary bulbs could be replaced by using the fluorescence lamps with more efficiency, the changing of the bouncing or reflecting lamps, and the turning off the air-conditioners for 30 minutes, the cleaning of the air-conditioners' filters or the usage of high-efficient air-conditioners or the utilization of economy water-heating equipment and turn off the computer monitor were not in use. According to the garbage eliminating guidance, it was found that the student dormitories produced garbage at the average rate of 0.937 metric tons per day. Owing to the quantity and the composition of the waste, it was found that the garbage could be manipulated in many ways and many methods. The most recommended method was recycling and waste-to-fertilizer and waste-to-biogas and waste-to-Residue Derived Fuel (RDF-5). The trash elimination or the removal of the trash could be done at the Chiang Mai University or the garbage ponds in Hot district, Chiang Mai province. When the total amount of garbage inside the Chiang Mai University. According to the research, it was found that the total fertilizer and bio-gas production could reach 76.12 ton per year and 34,436.04 m³ per year. Additionally, the quantity of electricity that could be made from RDF-5 was equal to 285,386.80 kWh per year or 1,743,339.53 MJ per year. In conclusion, the reduction of the greenhouse gas would spend the last capital unit in the Marginal Abatement Cost for the priority measures taken first. After that evaluated the Eco-efficiency compared to the base year. The amount of greenhouse gas emissions to reduce the maximum 7,234.85 tonCO_{2-eq}. With the net present value was 0.0048 – 8.95 million Baht. The Internal rate of return was 9.91% – 83.14% and the payback period was 0.50 - 6.59 years.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 สรุปสาระสำคัญของงานวิจัย	4
1.2.1 การจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก	4
1.2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	11
1.2.3 ต้นทุนหน่วยสุดท้ายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	22
(Marginal Abatement Cost: MAC)	
1.2.4 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency)	26
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	28
1.4 ขอบเขตการศึกษาวิจัย	28
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา	29
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	30
2.1 การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	30
2.2 แนวทางการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร	33
2.3 การตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงาน	37
2.3.1 การตรวจวัดพลังงาน	37
2.3.2 การวิเคราะห์การใช้พลังงาน	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.3 มาตรการการใช้พลังงาน	46
2.4 เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะ	50
2.4.1 เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion)	50
2.4.2 เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบแบบถูกหลัก สุขาภิบาล (Sanitary landfill gas to energy)	51
2.4.3 เทคโนโลยีขยะเชื้อเพลิงอัดแท่ง (Refuse derived fuel, RDF)	55
2.5 เศรษฐศาสตร์	57
2.6 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency)	59
2.7 ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal abatement cost: MAC)	60
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	61
3.1 กรอบแนวความคิด	61
3.2 การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา	62
3.3 การศึกษาแนวทางและความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือน กระจก	65
3.3.1 มาตรการลดการใช้พลังงาน	65
3.3.2 มาตรการทดแทนพลังงาน	65
3.3.3 การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	66
3.3.4 การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	66
3.3.5 ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal abatement cost: MAC)	66
3.3.6 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency)	66
บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัย	67
4.1 การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา	67
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัย	
4.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของหอพักนักศึกษา	67
4.1.2 แนวทางการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา	76
4.1.3 ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1 : การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมโดยตรง (Direct emissions)	81
4.1.4 ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 2 : การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy Indirect emissions)	83
4.1.5 ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 3 : การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other indirect emissions)	84
4.1.6 การตรวจวัดการใช้พลังงาน	96
4.1.7 ความเป็นไปได้ในการหาพลังงานทดแทน	100
4.2 การศึกษาแนวทางและความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	102
4.2.1 มาตรการลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง	102
4.2.2 มาตรการลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ	104
4.2.3 มาตรการลดการใช้พลังงานในระบบอื่นๆ	106
4.2.4 มาตรการทดแทนพลังงานจากการจัดการขยะ	107
4.2.5 การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก	112
4.2.6 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	118
4.2.7 ต้นทุนหน่วยสุดท้ายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost: MAC)	124
4.2.8 แผนการลดการใช้พลังงานและก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	127

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.9 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency)	141
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	142
5.1 การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	142
5.2 การศึกษาแนวทางและความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือน กระจก	144
5.2.1 มาตรการลดการใช้พลังงาน	144
5.2.2 มาตรการทดแทนพลังงาน	146
5.3 การพิจารณาเลือกแนวทางที่เหมาะสมจากต้นทุนหน่วยสุดท้ายในการลดการ ปล่อยก๊าซเรือนกระจก และประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ	146
5.4 ข้อเสนอแนะงานวิจัย	147
บรรณานุกรม	148
ภาคผนวก	151
ภาคผนวก ก กิจกรรมในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา	152
ภาคผนวก ข การใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษา	160
ภาคผนวก ค ปริมาณขยะของหอพักนักศึกษา	200
ภาคผนวก ง ตัวอย่างแบบสอบถามการคมนาคมของบุคลากรและนักศึกษา หอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่	203
ประวัติผู้เขียน	209

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1.1 ตัวแปลงค่าในการฟังก์กลบและการรีไซเคิล	12
1.2 ค่าการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการรีไซเคิลและฟังก์กลบปี ค.ศ. 1998,2001 และ 2004	12
1.3 อัตราการเกิดขยะในปี ค.ศ. 1998, 2001, 2004 และอัตราและปริมาณการเกิดขยะที่ประมาณการได้ในปี ค.ศ. 2010	13
1.4 องค์ประกอบขยะของจังหวัดภูเก็ตในปีค.ศ. 2004	17
1.5 ค่าต้นทุนส่วนเพิ่มเฉลี่ยแยกตามภาคเศรษฐกิจ	24
1.6 ค่าต้นทุนส่วนเพิ่มเฉลี่ยแยกตามประเภทของวัสดุตั้งต้น	25
2.1 แสดงค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกที่ระยะเวลา 100 ปี	32
2.2 การตรวจวัดระบบส่งจ่ายไฟฟ้า	39
2.3 การตรวจวัดระบบปรับอากาศ	41
2.4 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอยต่อปีและสัดส่วนพื้นที่ปรับอากาศของอาคาร	42
2.5 ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุด จากกฎกระทรวงอาคารควบคุม พ.ศ. 2538	43
2.6 ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมกับพื้นที่หรืองาน	44
2.7 ค่ามาตรฐานของอัตราส่วนกิโวลต์ต่อตันความเย็น ตามกฎกระทรวงปี พ.ศ.2538	46
2.8 คุณลักษณะของเชื้อเพลิงขยะแต่ละชนิดและระบบการเผาไหม้	56
4.1 จำนวนนักศึกษาและบุคลากรภายในหอพักนักศึกษา	74
4.2 ขนาดพื้นที่ใช้สอยของหอพักนักศึกษา	75
4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน	81
4.4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะของหอพักฯ	81
4.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งภายในหอพักนักศึกษา	82
4.6 ปริมาณการใช้ปุ๋ยและสารเคมีต่างๆ ของหอพักนักศึกษา	82

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.7 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยและสารเคมีประเภทต่างๆ	83
4.8 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยและสารเคมีประเภทต่างๆ ภายในบริเวณของหอพักนักศึกษา	83
4.9 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพัก นักศึกษา	84
4.10 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะจ้าง เหมา	84
4.11 สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ	85
4.12 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ สำหรับการเดินทางของบุคลากรและนักศึกษา	86
4.13 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการ ดำเนินการของร้านอาหารและร้านค้าภายในหอพักนักศึกษา	87
4.14 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงก๊าซหุงต้ม	88
4.15 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงหุงต้มขององค์กรภายนอกที่ เข้ามาเช่าพื้นที่ภายในหอพักนักศึกษา	88
4.16 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้น้ำประปาของหอพักนักศึกษา	88
4.17 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้กระดาษสำนักงาน	89
4.18 เชื้อเพลิงและวัสดุที่ใช้ในการจัดการขยะของหอพักนักศึกษา	89
4.19 สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะ	90
4.20 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการขยะ	90
4.21 ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่เฉลี่ยของหอพักนักศึกษาแต่ละอาคาร	99
4.22 สัดส่วนขององค์ประกอบขยะของหอพักนักศึกษาและมหาวิทยาลัยเชียงใหม่	101
4.23 เปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดไฟฟ้า	103
4.24 พลังงานไฟฟ้าที่ลดได้จากการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟและหลอดไฟประสิทธิภาพสูง	103
4.25 ขนาดและจำนวนเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งไว้ในหอพักนักศึกษา	104
4.26 อัตราส่วนกิโวลต์ต่อตันความเย็น (kW/TR)	105

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.27 ข้อมูลพื้นฐานของระบบการรีไซเคิล	109
4.28 ข้อมูลพื้นฐานของระบบการผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ	109
4.29 ข้อมูลพื้นฐานของระบบการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5)	110
4.30 ข้อมูลพื้นฐานของระบบการฝังกลบขยะ	111
4.31 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากมาตรการใช้พลังงาน	113
4.32 ปริมาณพลังงานและวัสดุของแนวทางการจัดการขยะ	114
4.33 สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5)	114
4.34 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะ	115
4.35 เชื้อเพลิงและวัสดุที่ใช้ในการจัดการขยะของหอพักนักศึกษาในกรณีฐาน	116
4.36 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการขยะในกรณีฐาน	117
4.37 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการตามมาตรการต่างๆ	119
4.38 ผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	120
4.39 การประมาณการเงินลงทุนเริ่มต้น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและรายได้จากการนำขยะไปใช้ประโยชน์	121
4.40 ผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์	124
4.41 แผนการลดก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา	139
5.1 แนวทางลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการพลังงานไฟฟ้าตลอดอายุโครงการ	145
ก1 ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะที่หอพักนักศึกษามีอำนาจในการบริหารจัดการ	153
ก2 ปริมาณการเติมสารทำความเย็นในกิจกรรมการรั่วไหลของสารทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอยู่ภายในหอพักนักศึกษา	153
ก3 ปริมาณการใช้ปุ๋ยและปูนขาวจากกิจกรรมการใช้ปุ๋ยและปูนขาวลงในดินภายในพื้นที่ของหอพักนักศึกษา	154
ก4 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในพื้นที่ซึ่งอยู่ภายใต้ความดูแลของหอพักนักศึกษา	155

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ก5 ปริมาณน้ำมันที่ใช้ในกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะที่จ้างเหมา สำหรับการเดินทางเพื่อทำกิจกรรมของบุคลากรและนักศึกษา	156
ก6 ปริมาณการใช้น้ำมันในกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะสำหรับการ เดินทางไปกลับของบุคลากรและนักศึกษา	156
ก7 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและก๊าซหุงต้มในกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าและก๊าซหุง ต้มจากการดำเนินการโดยองค์กรภายนอกที่เข้ามาเช่าพื้นที่ภายในหอพักนักศึกษา	157
ก8 ปริมาณการใช้น้ำประปาในกิจกรรมการใช้น้ำประปา	157
ก9 ปริมาณการใช้กระดาษในกิจกรรมการใช้กระดาษสำนักงาน	158
ก10 ปริมาณการใช้พลังงานและวัสดุในกิจกรรมการจัดการขยะ	159
ข1 รายละเอียดการติดตั้งระบบส่งจ่ายไฟฟ้าของหอพักนักศึกษา	161
ข2 คำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่เฉลี่ยและสัดส่วนการใช้พลังงาน	165
ข3 ขนาดและชนิดของหลอดไฟที่มีการใช้งานของหอพักนักศึกษาแต่ละอาคาร	166
ข4 ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างติดตั้งต่อพื้นที่ใช้สอยของหอพักนักศึกษาแยกตามอาคาร	172
ข5 ค่ากำลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ใช้สอยและค่าความส่องสว่างที่วัดได้เปรียบเทียบกับ ค่ามาตรฐาน	173
ข6 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศของหอพักนักศึกษา	183
ข7 จำนวนหลอดไฟที่ลดลงจากการเปลี่ยนมาใช้โคมสะท้อนแสง	191
ข8 รายละเอียดเครื่องทำน้ำอุ่น	195
ข9 รายละเอียดเครื่องมือวัดตรวจวัด	198
ค1 จุดทิ้งขยะของหอพักนักศึกษา	201
ค2 ปริมาณขยะของหอพักนักศึกษา	201

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจำแนกตามภาคการปล่อยปี พ.ศ. 2543	2
1.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายภาคและปริมาณการปล่อยโดยรวมของประเทศในปี พ.ศ. 2543-2547	3
1.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในปี พ.ศ. 2543 -2547	5
1.4 การเปลี่ยนแปลงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการปล่อย ทั้ง 5 เทียบกับปี พ.ศ. 2543	6
1.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบกับขนาดของสถาบันการศึกษา 135 แห่ง	7
1.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามขอบเขตการปล่อยก๊าซ	8
1.7 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกิจกรรมของปี 2552 และ 2553 ในหน่วย กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี	9
1.8 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในปี 2553 แยกตามขอบเขตการปล่อยก๊าซ	10
1.9 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทกิจกรรม	11
1.10 เปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขยะทั้ง 5 กรณี	14
1.11 แนวทางการจัดการขยะของประเทศเยอรมันและอังกฤษ เทียบกับค่าเฉลี่ยในสหภาพยุโรป (EU) ปี ค.ศ.2007	15
1.12 เปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดจากระบบการจัดการขยะของอังกฤษแลเยอรมัน	16
1.13 แสดงขอบเขตระบบการจัดการขยะของทุกกรณี	18
1.14 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้จากการนำก๊าซที่ได้จากการฝังกลบมาผลิตไฟฟ้า	18
1.15 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่	19
1.16 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ ของแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	21

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
1.17 ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเทคโนโลยีการลดก๊าซเรือนกระจกต่างๆของประเทศสหรัฐอเมริกา	23
1.18 ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามภาคเศรษฐกิจ	25
1.19 ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทวัสดุตั้งต้น	26
1.20 ผลการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) ในกระบวนการผลิตรถยนต์ของ Toyota	27
2.1 ขั้นตอนการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร	34
2.2 ขั้นตอนการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร	36
2.3 ขั้นตอนการดำเนินการตรวจวัดการใช้พลังงาน	37
2.4 Psychometric chart	45
2.5 ขั้นตอนการทำงานของเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน	51
2.6 วิธีการฝังกลบแบบพื้นที่ (Area method)	53
2.7 วิธีการฝังกลบแบบร่อง (Trench method)	53
2.8 แสดงขั้นตอนการทำงานของเทคโนโลยีผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล	55
2.9 แสดงขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Densified RDF)	57
3.1 กรอบแนวคิดของงานวิจัย	62
4.1 ลักษณะของหอพักนักศึกษา	68
4.2 ตำแหน่งที่ตั้งของหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	69
4.3 โครงสร้างการบริหารงานของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่	71
4.4 โครงสร้างการบริหารงานของสำนักงานหอพักนักศึกษา	72
4.5 การแบ่งหน่วยงานภายในสำนักงานหอพักนักศึกษาและหน้าที่รับผิดชอบ	73
4.6 ขอบเขตการดำเนินงานของหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	78
4.7 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา แยกตามขอบเขตการปล่อยและประเภทก๊าซเรือนกระจก	92
4.8 ขั้นตอนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทกิจกรรม	92

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.9 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกแยกตามหอฯ	94
4.10 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อคนต่อปีแยกตามขอบเขตและกลุ่มของหอพักนักศึกษา	95
4.11 ลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษาในรอบ 12 เดือน	97
4.12 สัดส่วนการใช้พลังงานในระบบต่างๆ ของหอพักนักศึกษาแต่ละอาคาร	98
4.13 แนวทางการจัดการขยะในกรณี ที่ 1 และ 2	111
4.14 แนวทางการจัดการขยะในกรณีฐาน	112
4.15 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการขยะ	118
4.16 เปรียบเทียบค่า MAC ของแต่ละมาตรการ	125
4.17 แนวทางดำเนินงานตามแผนการลดก๊าซเรือนกระจก	127
4.18 โครงสร้างคณะทำงานตามแผนลดก๊าซเรือนกระจก	128
4.19 ฟังการไหลของระบบผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ	132
4.20 ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5)	133
4.21 ขั้นตอนการบดอัดขยะรีไซเคิล	133
4.22 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency)	141
ข1 ลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษารวมในรอบ 1 สัปดาห์	162

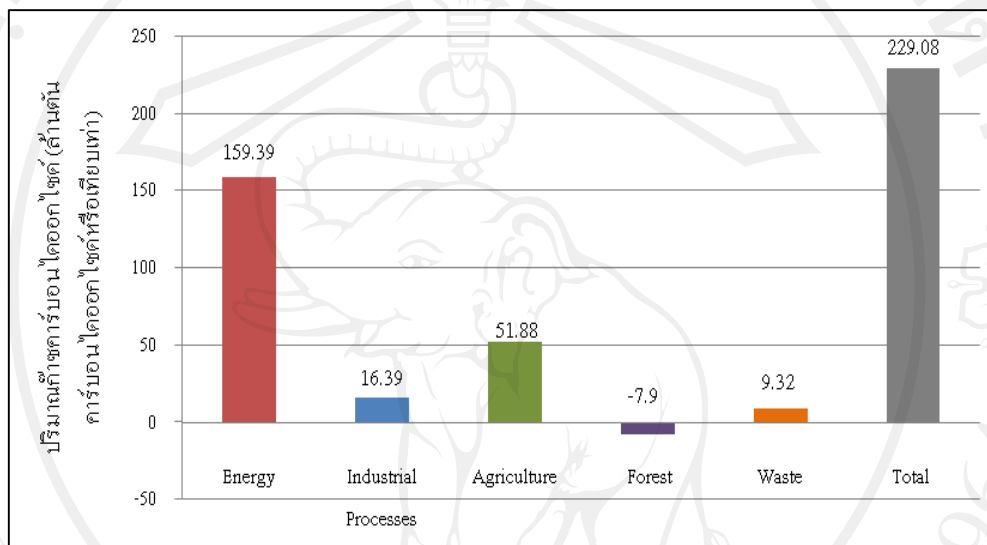
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

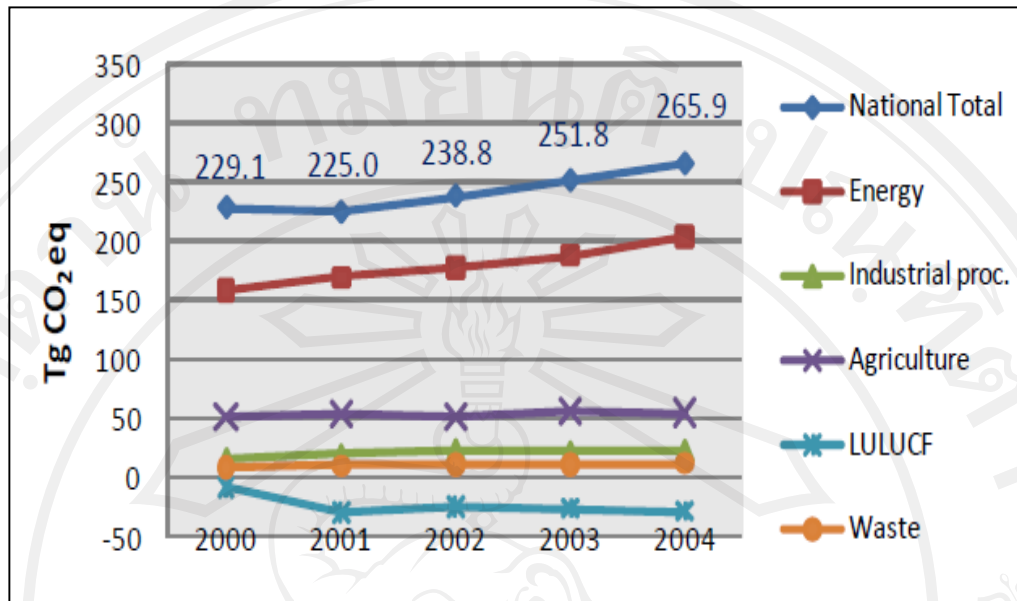
ปัญหาภาวะโลกร้อน (Global warming) ที่ทั่วโลกกำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบัน เป็นผลสืบเนื่องมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) ออกสู่บรรยากาศโลก ซึ่งมีทั้งก๊าซที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและที่เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์ แต่ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่ถูกควบคุมจากพิธีสารเกียวโต (Kyoto protocol) มีอยู่ 6 ชนิด ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), ก๊าซมีเทน (CH_4), ไนตรัสออกไซด์ (N_2O), ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs), ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) และเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) ซึ่งก๊าซทั้ง 6 ชนิดนี้ถูกปล่อยออกมาจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์อย่างต่อเนื่อง ทั้งในส่วนของภาคใหม่เชื้อเพลิง การผลิตกระแสไฟฟ้า การขนส่ง หรือในกิจกรรมทางการเกษตร การปศุสัตว์ และอื่นๆ ซึ่งปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศเหล่านั้นมีปริมาณมากจนเกินสมดุลของธรรมชาติ และทำให้ความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมายังพื้นโลกถูกกักเก็บไว้ในปริมาณมาก เป็นสาเหตุให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเปลี่ยนแปลงและเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่างๆ ตามมาทั้งในระดับ โลกและระดับภูมิภาค เช่น การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลจากการละลายของน้ำแข็งขั้วโลก การเพิ่มขึ้นของปริมาณและความรุนแรงของภัยธรรมชาติ การเกิดปะการังฟอกสี และอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งนับวันปัญหาดังกล่าวยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้ประเทศต่างๆ ทั่วโลกตื่นตัวและหันมาดำเนินการเพื่อป้องกันและลดผลกระทบที่เกิดขึ้น จึงเกิดข้อตกลงร่วมกันระหว่างประเทศขึ้นโดยกำหนดเป็นกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change หรือ UNFCCC) โดยมีวัตถุประสงค์ “เพื่อให้ รักษาระดับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศให้คงที่ อยู่ในระดับที่ปลอดภัยจากการแทรกแซงของมนุษย์ที่เป็นอันตรายต่อระบบภูมิอากาศ การรักษาระดับดังกล่าว ต้องดำเนินการในระยะเวลาเพียงพอที่จะให้ระบบนิเวศปรับตัว โดยไม่คุกคามต่อการผลิตอาหารของมนุษย์และการพัฒนาทางเศรษฐกิจเป็นไปอย่างยั่งยืน” (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและพิธีสารเกียวโต, 2554)

โดยประเทศไทยได้ให้สัตยาบันเข้าร่วมเป็นภาคีต่ออนุสัญญาดังกล่าว และลงนามให้สัตยาบันต่อพิธีสารเกียวโต (Kyoto protocol) ภายใต้อนุสัญญาฯ ว่าด้วยการแก้ไขปัญหาและลดผลกระทบโลกร้อน ในวันที่ 28 สิงหาคม 2545 เพราะถึงแม้ว่าประเทศไทยจะจัดอยู่ในกลุ่มประเทศนอกภาคผนวกที่ 1 (Non-Annex I Countries) หรือประเทศกำลังพัฒนาที่ไม่มีพันธกรณีในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่ก็มีสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมของประเทศในปริมาณมาก โดยแยกตามภาคการปล่อยต่างๆ ได้ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจำแนกตามภาคการปล่อยปี พ.ศ. 2543 (รายงานแห่งชาติฉบับที่ 2 การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย, 2553)

จากรูปจะเห็นว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในปี พ.ศ.2543 มีค่าเท่ากับ 229.08 MtonCO_{2-eq} โดยภาคพลังงานมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด ถึง 159.39 MtonCO_{2-eq} หรือร้อยละ 69.6 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ รองลงมา คือภาคการเกษตร ภาคกระบวนการอุตสาหกรรม และภาคของเสียซึ่งมีปริมาณการปล่อยเท่ากับ 51.88, 16.39 และ 9.32 MtonCO_{2-eq} หรือคิดเป็นร้อยละ 22.6, 7.2 และ 4.1 ตามลำดับ ในขณะที่ในภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้มีการดูดกลับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิเท่ากับ 7.90 MtonCO_{2-eq} หรือคิดเป็นร้อยละ 3.4 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมดของประเทศ ซึ่งที่ผ่านมาพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจากความต้องการใช้พลังงานและการขยายตัวของเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคและปริมาณการปล่อยโดยรวม
ของประเทศในปี พ.ศ. 2543-2547

(รายงานแห่งชาติฉบับที่ 2 การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย, 2553)

จากแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว ทำให้ประเทศไทยตื่นตัวที่จะร่วมรับผิดชอบในการดำเนินการแก้ปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามขีดความสามารถและสถานการณ์ของประเทศ โดยได้มีการจัดตั้งองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ขึ้น ภายใต้อำนาจของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นหน่วยงานกลางที่ทำหน้าในการรับรองโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดของประเทศไทยตามพิธีสารเกียวโต ให้แก่ภาครัฐและเอกชน สำหรับลงทุนเพื่อดำเนินการพัฒนาโครงการ ตลอดจนเป็นศูนย์กลางในการประสานงานระหว่างภาครัฐและเอกชนในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ซึ่งโครงการหนึ่งที่ถูกจัดตั้งขึ้นเพื่อส่งเสริมให้เกิดความตระหนักในเรื่องของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คือโครงการส่งเสริมคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization) เพื่อส่งเสริมให้องค์กรมีการประเมินและแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยมาจากกิจกรรมและการดำเนินงานต่างๆ ภายในองค์กร อันจะนำไปสู่การกำหนดแนวทางการบริหารจัดการในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งองค์กรขนาดเล็ก องค์กรขนาดใหญ่ บริษัท ห้างร้าน สถานประกอบการ โรงงานอุตสาหกรรม สถานบริการ หน่วยงานราชการ และอื่นๆ

หอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ถือเป็นองค์กรขนาดใหญ่ ที่มีนักศึกษาและบุคลากรพักอาศัยอยู่เป็นจำนวนมากทำให้มีความต้องการใช้พลังงานในปริมาณสูง และมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่สูงเช่นกัน ดังนั้นการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจึง

เป็นแบบอย่างที่ดีให้กับสังคมในการถ่ายทอดองค์ความรู้และส่งเสริมการสร้างจิตสำนึกที่ดีให้กับนิสิตนักศึกษาภายในมหาวิทยาลัยต่อไป โดยหอพักนักศึกษาได้เข้าร่วมในการดำเนินการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรภายใต้โครงการดังกล่าว เพื่อใช้เป็นกรณีฐาน และนำข้อมูลที่ได้มาประเมินหาแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษาต่อไป

1.2 สรุปสาระสำคัญของงานวิจัย

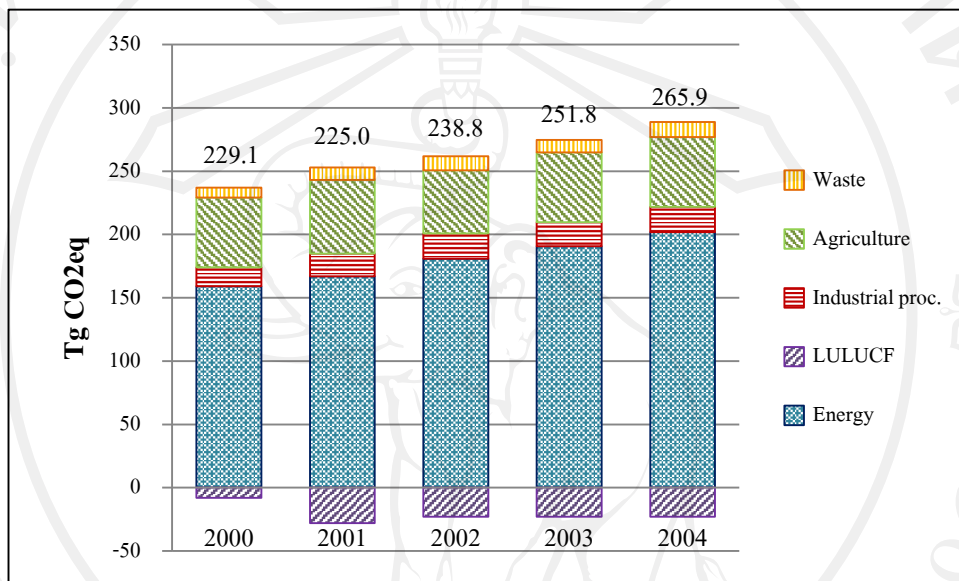
1.2.1 การจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก

การจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก เพื่อแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับรับมือกับผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมทั้งเป็นการเตรียมข้อมูลสำหรับเป็นแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อไป ซึ่งการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกมีอยู่ด้วยกัน 4 ระดับ ประกอบด้วย ระดับประเทศ (National Communication), ระดับองค์กร (Carbon footprint for Organization) ระดับผลิตภัณฑ์ (Carbon footprint of Product) และระดับโครงการ (Greenhouse gas management of Project) ซึ่งในปัจจุบันได้มีการจัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกอย่างแพร่หลาย ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ดังตัวอย่างในรายงานและงานวิจัยต่างๆ ดังนี้

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2553) จัดทำรายงานบัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยซึ่งเป็นการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2000) และใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำรายงานแห่งชาติครั้งที่สองของประเทศไทยเสนอต่อสหประชาชาติ ภายใต้พันธกิจของประเทศนอกภาคผนวกที่ 1 ของประเทศภาคีสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงโดยคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ. 2543-2547 เพื่อให้ประเทศไทยมีข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบต่อเนื่องเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงและแนวโน้มในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตได้

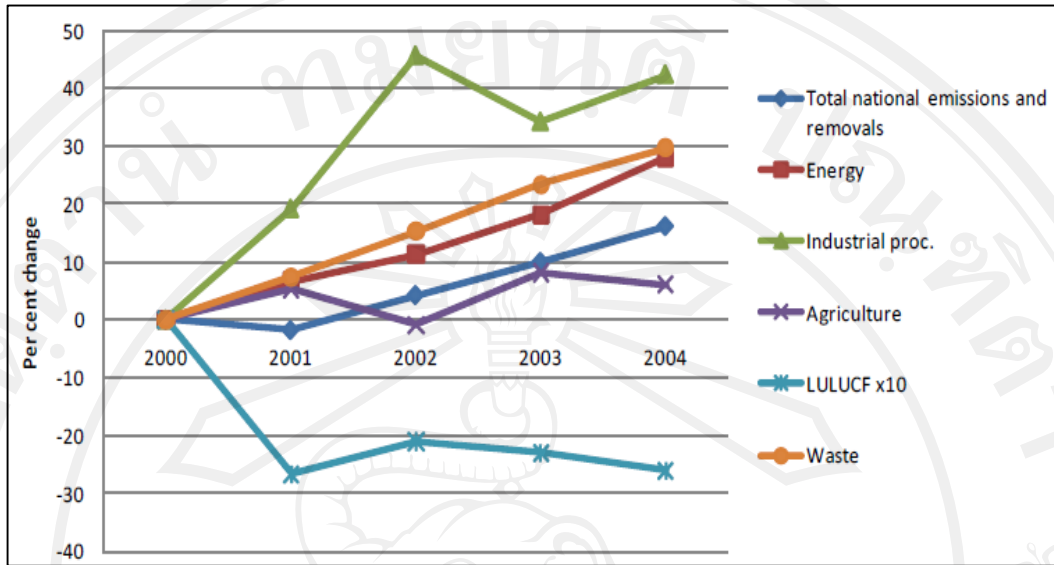
โดยในการคำนวณได้อาศัยข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ที่มีการตรวจสอบและยืนยันความถูกต้องเรียบร้อยแล้วผนวกกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ (Emission factor) จากแหล่งต่างๆที่มีความน่าเชื่อถือทั้งจากในประเทศและจากต่างประเทศ ซึ่งในการพิจารณาก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 6 กลุ่มตามที่กำหนดในพิธีสารเกียวโตได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), มีเทน (CH_4), ไนตรัสออกไซด์ (N_2O), ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC), เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) ซึ่งในการดำเนินการทั้งหมดได้ยึดถือหลัก ความสมบูรณ์ของข้อมูล (Completeness) การตรวจสอบได้ของข้อมูล (Accountability) และความโปร่งใสในการคำนวณ (Transparency)

ทั้งนี้การรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินได้จะถูกแสดงตามแหล่งการปล่อยก๊าซซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ภาค ได้แก่ ภาคพลังงาน ภาคกระบวนการทางอุตสาหกรรม ภาคการเกษตร ภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ และภาคของเสีย โดยปริมาณการปล่อยก๊าซทั้ง 6 กลุ่มที่กล่าวมาในแต่ละภาคจะถูกแสดงในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าและมีปริมาณการปล่อยก๊าซของแต่ละภาคแสดงตามรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในปี พ.ศ. 2543 -2547

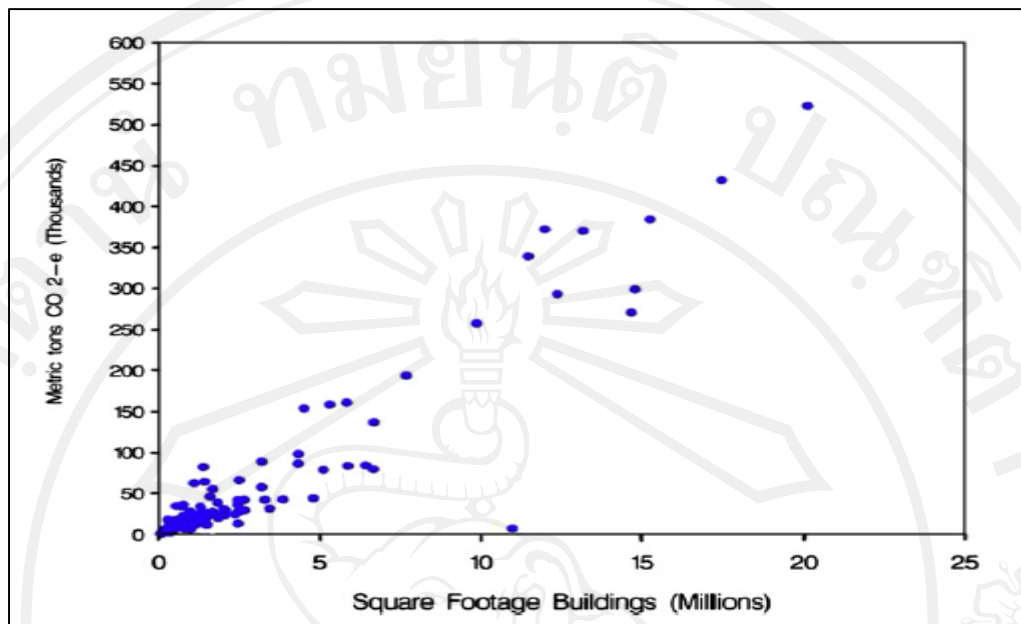
จากรูปแสดงให้เห็นว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในปี พ.ศ. 2543 ประเทศไทยปล่อยเพียง 229.1 MtonCO_{2-eq} แต่ได้เพิ่มขึ้นเป็น 265.9 MtonCO_{2-eq} ในปี พ.ศ. 2547 พบว่า ภาคกระบวนการทางอุตสาหกรรมมีอัตราการเพิ่มมากที่สุด โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นในช่วง 5 ปี เฉลี่ยร้อยละ 9.9 ต่อปี สำหรับภาคที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ 2 คือภาคของเสียเฉลี่ยร้อยละ 6.7 ต่อปี ในขณะที่ภาคพลังงาน ภาคการเกษตร และภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้มีอัตราการเพิ่มขึ้นอยู่ที่ร้อยละ 6.4, 1.6 และ 17.7 ต่อปีตามลำดับ โดยเมื่อเทียบอัตราการปล่อยของแต่ละภาคกับปีฐานหรือปี 2543 ดังแสดงในรูปที่ 1.4 พบว่าทุกภาคยกเว้นภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้มีอัตราการปล่อยเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะภาคกระบวนการทางอุตสาหกรรม ซึ่งมีอัตราการปล่อยมากที่สุดโดยรวมประมาณร้อยละ 40 เมื่อเทียบกับปีฐาน แต่ภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ก็มีอัตราการดูดกลับเพิ่มขึ้นเช่นกัน ประมาณร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับปีฐาน ดังนั้นภาคกระบวนการทางอุตสาหกรรมและภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้จึงเป็นภาคที่ควรให้ความสำคัญในการวางแผนและกำหนดนโยบายต่อไปในอนาคต



รูปที่ 1.4 การเปลี่ยนแปลงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการปล่อย ทั้ง 5 ภาค
เทียบกับปี พ.ศ. 2543

โดยตัวอย่างของการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับองค์กร มีดังนี้

Cynthia Klein-Banai and Thomas L. (2553) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซของสถาบันการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาจำนวน 135 แห่ง ทั้งวิทยาลัยและมหาวิทยาลัย เนื่องจากสถาบันการศึกษาต่างๆ โดยเฉพาะในระดับอุดมศึกษา ซึ่งถือว่าเป็นองค์กรที่มีขนาดใหญ่ มีนักศึกษาและบุคลากรอยู่เป็นจำนวนมาก และเป็นองค์กรที่มีอาคารและกิจกรรมที่หลากหลาย ทั้งสำนักงาน อาคารเรียน ที่อยู่อาศัย ห้องปฏิบัติการ ทำให้มีความต้องการใช้พลังงานในปริมาณสูง ส่งผลให้มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่สูงเช่นกัน ผลการศึกษาพบว่า ขนาดของสถาบัน (โดยวัดจากจำนวนนักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนเต็มเวลาและพื้นที่อาคาร) เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถานศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 1.5

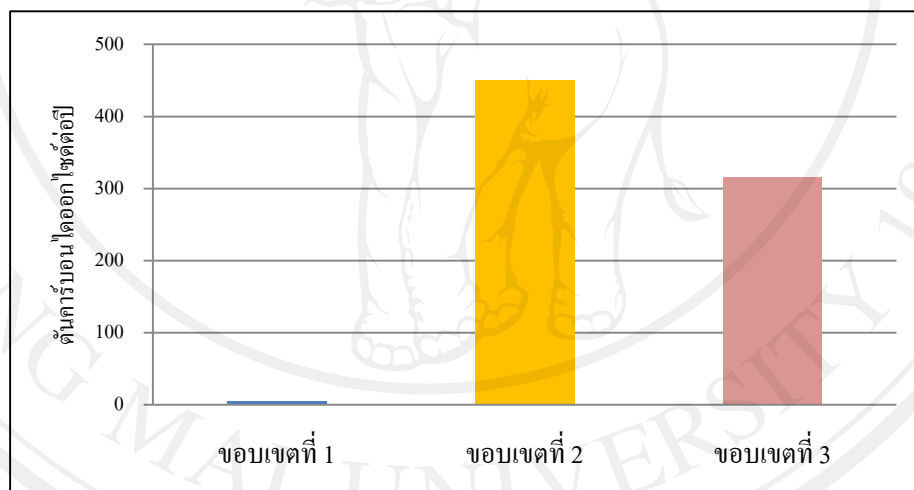


รูปที่ 1.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเทียบกับขนาดของสถาบันการศึกษา 135 แห่ง

จากรูปแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อเทียบกับขนาดของสถาบันการศึกษา นอกจากนี้จำนวนของพื้นที่ห้องปฏิบัติการและที่อยู่อาศัยภายในสถานศึกษา ก็เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถานศึกษาด้วยเช่นกัน โดยพบว่าห้องปฏิบัติการที่อยู่ภายในสถานศึกษาจะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตารางเมตรมากกว่าห้องเรียนหรือสำนักงานทั่วไปถึง 10 เท่า อันเนื่องมาจากเป็นพื้นที่ที่มีการใช้พลังงานและสารเคมีหลากหลายชนิดในปริมาณที่สูง ในขณะที่พื้นที่ที่เป็นที่พักอาศัยจะมีปริมาณการปล่อยก๊าซต่อตารางเมตรเป็น 2 เท่าของพื้นที่ห้องเรียนและสำนักงานทั่วไป เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการดำเนินกิจกรรมต่างๆ อย่างต่อเนื่องทุกวัน ตลอด 24 ชั่วโมง

งานวิจัยนี้เป็นเพียงการแสดงให้เห็นถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถานศึกษา สำหรับเป็นแนวทางในการวางแผนและกำหนดนโยบายในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อไป โดยมุ่งเน้นให้มีการใช้พื้นที่ที่มีอยู่ภายในสถานศึกษาให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดมากกว่าการก่อสร้างหรือขยายพื้นที่อาคารเพิ่มเติม โดยเฉพาะพื้นที่ที่เป็นห้องปฏิบัติการและที่อยู่อาศัย รวมทั้งการส่งเสริมให้มีการจัดการเพื่อลดผลกระทบที่เกิดจากการวิจัยในห้องปฏิบัติการรวมทั้งการลดของเสียและการปล่อยก๊าซที่เกิดจากการวิจัยให้มากที่สุด ซึ่งจะเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสถานศึกษาได้มาก

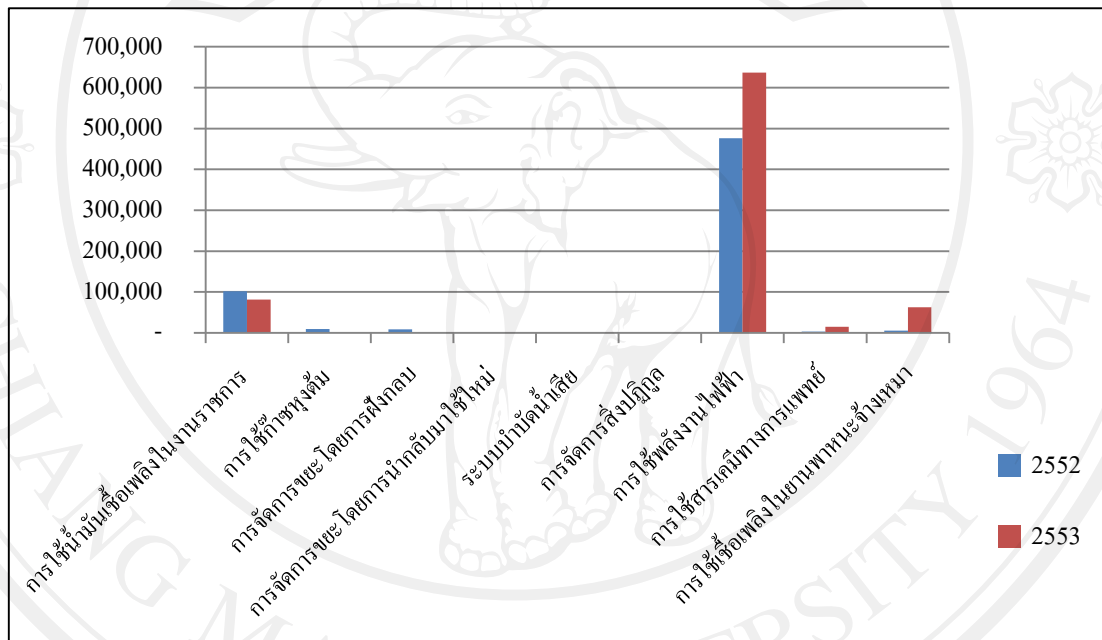
องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2553) ประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ในปี 2553 เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรภายในประเทศต่อไป โดยจะดำเนินการประเมินตาม ISO 14064-1 ซึ่งจะแบ่งกิจกรรมทั้งหมดออกเป็น 3 ขอบเขตดังนี้ ขอบเขตที่ 1 ประกอบด้วยกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงยานพาหนะขององค์กร ขอบเขตที่ 2 ประกอบด้วยกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในองค์กร และขอบเขตที่ 3 ประกอบด้วย (1) กิจกรรมการใช้อุปกรณ์สำนักงาน (2) กิจกรรมการใช้ลิฟต์ภายในอาคาร (3) กิจกรรมการเดินทางไปกลับของบุคลากร และ (4) กิจกรรมการเดินทางเพื่อไปปฏิบัติหน้าที่โดยเครื่องบิน ซึ่งผลการศึกษาพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเท่ากับ 770.72 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี โดยแบ่งเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 450.76, 315.33 และ 4.63 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 58, 41 และ 1 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดต่อปีตามลำดับ



รูปที่ 1.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามขอบเขตการปล่อยก๊าซ

วสนา คณะวาปี (2553) ศึกษาแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของศูนย์อนามัยที่ 6 จังหวัดขอนแก่น โดยจะดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานและเชื้อเพลิงทั้งหมดขององค์กรในปี 2552 เพื่อใช้เป็นปีฐาน ในการกำหนดแนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมในปี 2553 โดยกิจกรรมที่นำมาใช้ในการประเมินประกอบด้วย (1) การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในงานราชการ (2) การใช้ก๊าซหุงต้ม (3) การจัดการขยะโดยการฝังกลบ (4) การจัดการขยะโดยการนำกลับมาใช้ใหม่ (5) ระบบบำบัดน้ำเสีย (6) การจัดการสิ่งปฏิกูล (7) การใช้พลังงานไฟฟ้า (8) การใช้สารเคมีทางการแพทย์ (9) การใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะจ้างเหมา ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในปี 2552 มี

ปริมาณเท่ากับ 597,822 kgCO_{2-eq}/ปี โดยกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าขององค์กรเป็นกิจกรรมที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการปล่อยก๊าซมากที่สุดถึงร้อยละ 79 ของปริมาณการปล่อยก๊าซทั้งหมด รองลงมา เป็นกิจกรรมการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในส่วนงานราชการร้อยละ 17 โดยมีสัดส่วนของกิจกรรมอื่นๆ เพียงร้อยละ 4 เท่านั้น และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี 2553 ซึ่งมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเท่ากับ 797,466 kgCO_{2-eq}/ปี แบ่งเป็นกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในงานราชการ และกิจกรรมอื่น เท่ากับร้อยละ 80 ,10 และ 10 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดตามลำดับ โดยแสดงการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกิจกรรมของทั้ง 2 ปี ตามรูปที่ 1.7

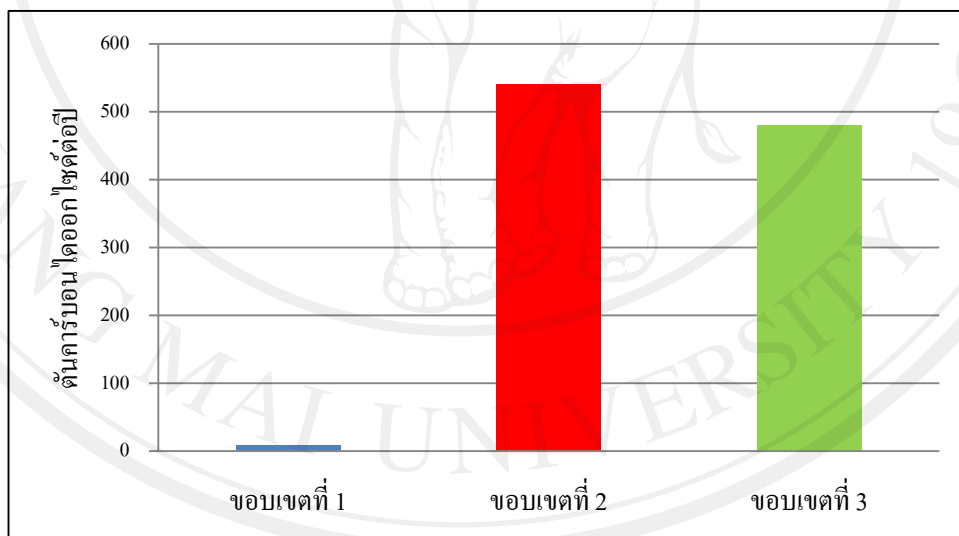


รูปที่ 1.7 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละกิจกรรมของปี 2552 และ 2553 ในหน่วย kgCO_{2-eq}/ปี

จากรูปจะเห็นว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี 2553 มีปริมาณสูงกว่าปีฐาน โดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากปีฐานถึงร้อยละ 33 แสดงให้เห็นว่าการจัดการแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของศูนย์อนามัยยังไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ โดยเฉพาะมาตรการลดการใช้พลังงานขององค์กร ซึ่งไม่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและการใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะจ้างเหมาลงได้ แต่ก็สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในบางกิจกรรมลงได้เล็กน้อย ได้แก่ กิจกรรมการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในงานราชการ การใช้ก๊าซหุงต้ม การจัดการขยะที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น และการดูแลระบบบำบัดน้ำเสียที่ดีขึ้น ดังนั้นศูนย์อนามัยที่ 6 ควรจะมีการกำหนดนโยบาย

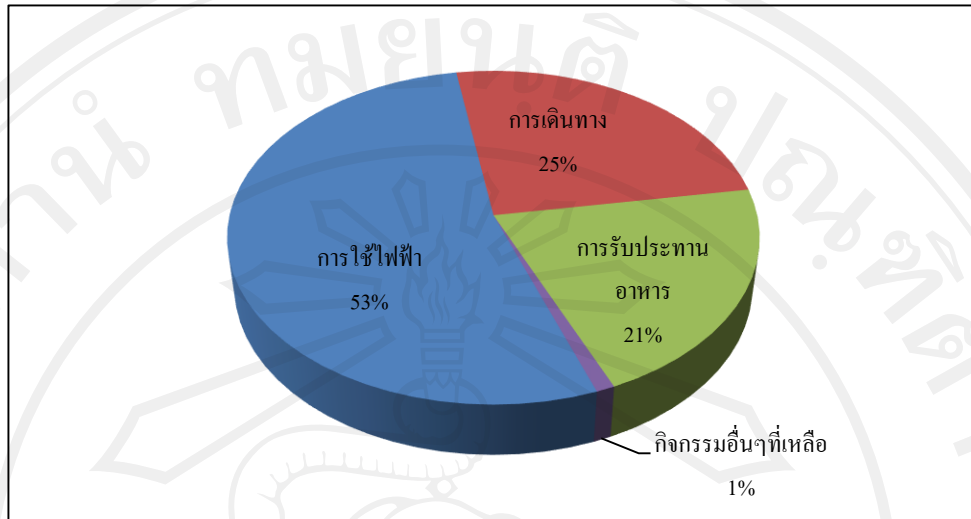
และเป้าหมายในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ชัดเจนและเข้มงวดมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าขององค์กร

ชั้นที่ พูลประทีน (2553) ศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปี 2553 โดยจะดำเนินการประเมินตามแนวทางของ ISO 14064-1 และ ISO/WD TR 14069 ซึ่งจะแบ่งกิจกรรมทั้งหมดออกเป็น 3 ขอบเขตดังนี้ ขอบเขตที่ 1 ประกอบด้วย (1) การรั่วไหลของสารทำความเย็น (2) การใช้เชื้อเพลิงในภาควิชา ขอบเขตที่ 2 ประกอบด้วยการใช้พลังงานไฟฟ้าของภาควิชา และขอบเขตที่ 3 ประกอบด้วย (1) การใช้กระดาษ A4 80 แกรม (2) การใช้กระดาษชำระ (3) การใช้ในโตรเจนเหลวบรรจุท่อ (4) การเดินทาง (ไป-กลับ) ของนิสิตปริญญาตรีเพื่อมาศึกษาที่ภาควิชา (5) การรับประทานอาหารของนิสิตปริญญาตรี (6) การใช้น้ำประปา ผลการศึกษาพบว่าองค์กรมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1,036.43 tonCO_{2-eq}/ปี โดยแบ่งออกเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 7.84, 540.10 และ 480.47 tonCO_{2-eq}/ปี หรือคิดเป็นร้อยละ 1, 52 และ 47 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดตามลำดับ



รูปที่ 1.8 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ในปี 2553 แยกตามขอบเขตการปล่อยก๊าซ

เมื่อพิจารณาแยกเป็นกิจกรรมพบว่า กิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นกิจกรรมที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดถึงร้อยละ 53 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด รองลงมาเป็นกิจกรรมการเดินทาง (ไป-กลับ) และการรับประทานอาหารของนิสิตระดับปริญญาตรี เท่ากับร้อยละ 25 และ 21 ตามลำดับ สำหรับกิจกรรมที่เหลืออื่นๆ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพียงร้อยละ 1 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.9 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทกิจกรรม

เมื่อพิจารณาเฉพาะในส่วนของกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าพบว่า มีสัดส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศถึงร้อยละ 46 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด เนื่องจากภาควิชาฯ มีเครื่องปรับอากาศอยู่จำนวนมากถึง 102 เครื่อง และส่วนใหญ่ยังคงเป็นเครื่องปรับอากาศรุ่นเก่าที่มีการใช้พลังงานสูง รองลงมาเป็นกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าอุปกรณ์ในสำนักงานและห้องวิจัย กิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง และกิจกรรมการใช้ลิฟต์ เท่ากับร้อยละ 45, 6 และ 3 ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการเสนอแนะมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาควิชาฯ ต่อไปในอนาคตได้

จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับองค์กร เป็นวิธีการในการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กรทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในหน่วยของปริมาณเทียบเท่ากับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะช่วยให้องค์กรสามารถกำหนดแนวทางการบริหารจัดการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างสอดคล้องและเหมาะสมกับการดำเนินงานในแต่ละองค์กร

1.2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1) พลังงานทดแทน

David Browne et al. (2552) ศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการเกิดขยะ การกำจัดขยะ การรีไซเคิล และการส่งออกขยะเพื่อกำจัดในไอร์แลนด์ โดยใช้การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นตัวชี้วัดผลกระทบดังกล่าว ในหน่วยของโกลบอลเฮคเตอร์

(GHa ; Global Hectares) ซึ่งเป็นหน่วยวัดผลกระทบเทียบเท่าพื้นที่ โดยอาศัยตัวแปลงค่าในตารางที่ 1.1 แปลงค่าผลกระทบให้อยู่ในหน่วยของ GHa ต่อตันขยะ

ตารางที่ 1.1 ตัวแปลงค่าในการฝังกลบและการรีไซเคิล

องค์ประกอบ	ตัวแปลงค่าของการฝังกลบ (GHa ต่อ ตันขยะ)	ตัวแปลงค่าของการรีไซเคิล (GHa ต่อตันขยะ)
กระดาษ	0.18	0.1
กระดาษแข็ง	0.16	0.13
พลาสติก (ขวด PET)	0.23	0.13
แก้ว	0.06	0.02
กระป๋องอะลูมิเนียม	0.55	0.14
โลหะอื่นๆ	0.41	0.06
โลหะ	0.16	0.08

ซึ่งค่าดังกล่าวคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ตัวแปลงค่า (GHa /ตันขยะ)} = 0.000017 \times (\text{Embodied energy}) \times (1.38/6)$$

เมื่อ 0.000017 คือ ค่าตัวแปลงการปล่อยคาร์บอนเฉลี่ยของการฝังกลบและการรีไซเคิล มีหน่วยเป็นตันคาร์บอน/MJ (McGettigan et al., 2005)

Embodied energy คือ ค่าพลังงานสะสมรวมของการฝังกลบและการรีไซเคิล หน่วย MJ/kg

1.38/6 คือ ค่าอัตราส่วนของพลังงานต่อพื้นที่ (energy land) หากด้วยค่าอัตรา การกักเก็บคาร์บอนซึ่งกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 6 ตันคาร์บอน/GHa ต่อ ปี (Loh and Wackernagel, 2004; Black and Farrell, 2006)

และจะสามารถคำนวณค่าการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการรีไซเคิลและการฝังกลบ ใน หน่วยของ GHa ต่อคน ได้ตามตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 ค่าการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการรีไซเคิลและฝังกลบปี ค.ศ. 1998,2001,2004

ปี	ปริมาณขยะ ทั้งหมด (ตัน)	ปริมาณขยะ รีไซเคิล (ตัน)	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ การรีไซเคิล (GHa ต่อคน)	ปริมาณขยะ ฝังกลบ (ตัน)	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ ของการฝังกลบ (GHa ต่อคน)
1998	26,000	813	0.0007	25,187	0.06
2001	25,274	1,312	0.00124	23,961	0.0531
2004	27,751	4,221	0.0058	23,530	0.051

จากตารางจะเห็นว่า การเพิ่มขึ้นของอัตราการรีไซเคิลขยะ ไม่ได้ส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากการจัดการขยะลดลง แต่จะขึ้นอยู่กับสัดส่วนองค์ประกอบของขยะ ซึ่งขยะแต่ละประเภทก็ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากน้อยแตกต่างกันออกไป

จากนั้นทำการศึกษาแนวทางการจัดการขยะที่เป็นไปได้ในปี ค.ศ. 2010 โดยประมาณการอัตราและปริมาณการเกิดขยะของปี ค.ศ. 2010 จากอัตราการเกิดขยะระหว่างปี ค.ศ. 1998 และ 2001 ซึ่งจะได้อัตราและปริมาณการเกิดขยะในปี ค.ศ. 2010 ตามตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 อัตราการเกิดขยะในปี ค.ศ. 1998, 2001, 2004 และอัตราและปริมาณการเกิดขยะที่ประมาณการได้ในปี ค.ศ. 2010

องค์ประกอบ	อัตราการเกิดขยะ ปี 1998	อัตราการเกิดขยะ ปี 2001	อัตราการเกิดขยะ ปี 2004	อัตราการเกิดขยะ ปี 2010	ปริมาณการเกิด ขยะปี 2010 (ตันต่อปี)
ขยะอินทรีย์	1.5	4.7	6.4	11.3	12,015
กระดาษ	3.2	7.4	34.0	64.8	6,373
แก้ว	18.6	29.1	59.4	100	1,228
พลาสติก	0.5	0.6	10.6	20.7	4,580
เหล็ก	4.5	0	18.9	33.3	498
อลูมิเนียม	4.1	6.2	7.7	11.3	465
โลหะอื่นๆ	0	15.0	3.1	6.2	133
ผ้า	9.0	8.0	3.3	0	3,651
ไม้	-	-	33.1	66.2	299
เศษเหลือจากอิเล็กทรอนิกส์	-	-	37.5	75	266
อื่นๆ	1.9	1.0	21.6	41.3	3684
รวม	3.2	5.6	15.2	27.2	33,190

โดยแบ่งแนวทางการจัดการขยะที่เป็นไปได้ออกเป็น 5 กรณี ประกอบด้วย

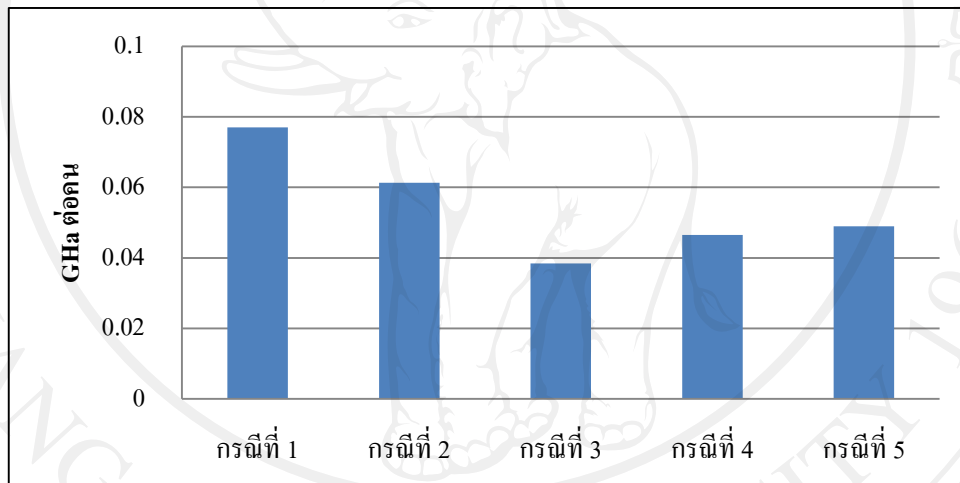
1) การกำจัดขยะแบบเดิม คือ การจัดการขยะโดยวิธีการรีไซเคิลและฝังกลบ ซึ่งจะอ้างอิงอัตราการรีไซเคิลตามปี ค.ศ. 1998 และ 2001

2) การฝังกลบร้อยละ 50 รีไซเคิลร้อยละ 50 คือ การแบ่งขยะแต่ละประเภทออกเป็น 2 ส่วน ในปริมาณที่เท่ากันเพื่อนำไปจัดการโดยวิธีการรีไซเคิลและฝังกลบ

3) การลดปริมาณขยะโดยการฝังกลบลงร้อยละ 14 คือ การจัดการขยะโดยวิธีการรีไซเคิลและการฝังกลบเช่นเดียวกับกรณีที่ 1 แต่จะลดปริมาณขยะที่ฝังกลบลงอีกร้อยละ 14 ของปริมาณขยะที่ฝังกลบในกรณีที่ 1

4) การลดปริมาณการเกิดขยะลงร้อยละ 10 และรีไซเคิลร้อยละ 50 คือ การตั้งสมมติฐานให้มีปริมาณการเกิดขยะลดลงร้อยละ 10 ของปริมาณการเกิดขยะในปี ค.ศ. 2010 จากนั้นแบ่งขยะแต่ละประเภทออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน เพื่อนำไปจัดการโดยวิธีการรีไซเคิลและฝังกลบ

5) การลดปริมาณการเกิดขยะลงร้อยละ 30 และใช้อัตราการรีไซเคิลของปี ค.ศ. 2004 คือ การตั้งสมมติฐานให้มีปริมาณการเกิดขยะลดลงร้อยละ 30 ของปริมาณการเกิดขยะในปี ค.ศ. 2010 และอ้างอิงอัตราการรีไซเคิลขยะตามปี ค.ศ. 2004 ซึ่งจะได้ค่าการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของทั้ง 5 กรณี ดังแสดงในรูปที่ 1.10

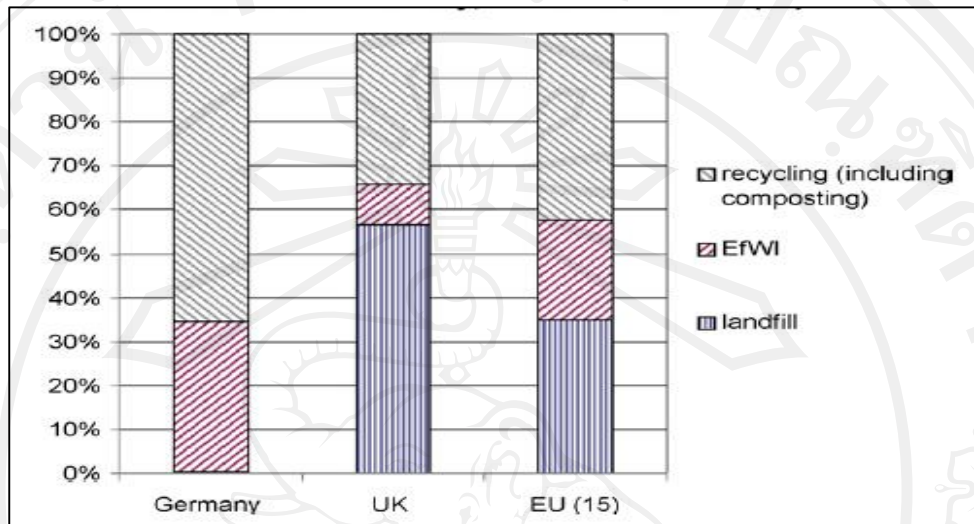


รูปที่ 1.10 เปรียบเทียบค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของขยะทั้ง 5 กรณี

จากรูป แสดงให้เห็นว่ากรณีที่ 3 ลดการจัดการขยะโดยการลดปริมาณขยะฝังกลบลงร้อยละ 14 ของปริมาณขยะที่ฝังกลบทั้งหมดในปี 2010 จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหน่วยของ GHa ต่อคนน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีศึกษาอื่นๆ โดยจะมีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของการจัดการขยะในกรณีนี้เท่ากับ 0.0384 GHa ต่อคน ซึ่งลดลงถึงร้อยละ 50 ของคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในกรณีที่ 1 ซึ่งเป็นการดำเนินการจัดการขยะในปัจจุบัน ดังนั้นกรณีที่ 3 จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดภายใต้สถานการณ์และเงื่อนไขสำหรับพื้นที่นี้

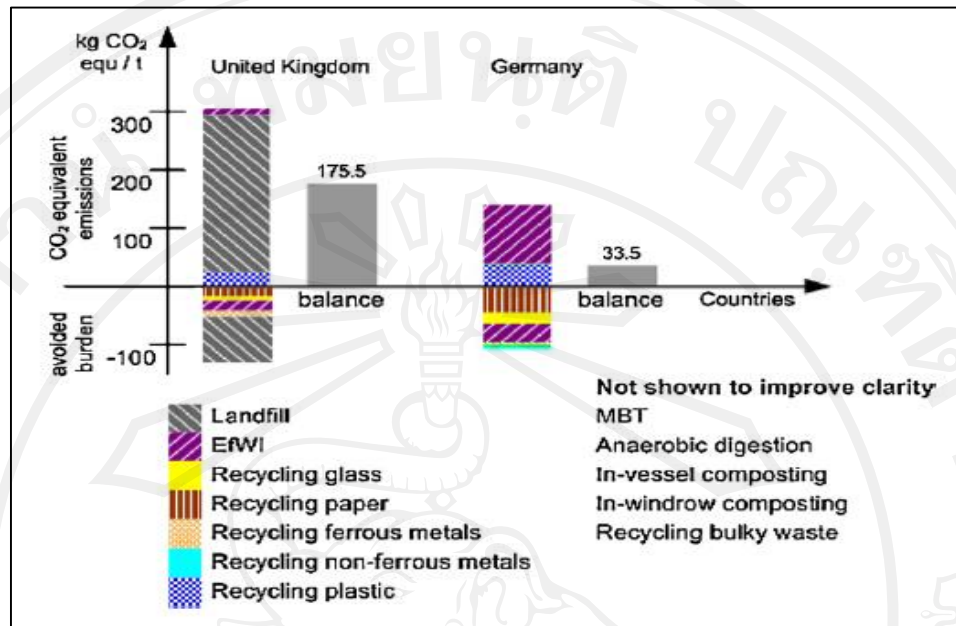
S. Mühle et al. (2552) ศึกษาเปรียบเทียบระบบการจัดการขยะของประเทศเยอรมันและประเทศอังกฤษในหน่วยของปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะ เนื่องจากทั้งสองประเทศเป็นประเทศที่มีสถานะทางเศรษฐกิจ วิถีชีวิตและมาตรฐานการครองชีพ

ความคล้ายคลึงกันมาก รวมทั้งอัตราการเกิดขยะต่อคนของทั้งสองประเทศก็มีค่าใกล้เคียงกันมากเช่นกัน แต่มีระบบการจัดการขยะที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.11



รูปที่ 1.11 แนวทางการจัดการขยะของประเทศเยอรมันและอังกฤษ เทียบกับค่าเฉลี่ยในสหภาพยุโรป (EU) ปี ค.ศ.2007

จากรูปจะเห็นว่า ประเทศเยอรมันมีแนวทางการจัดการขยะ โดยวิธีการรีไซเคิลมากกว่าร้อยละ 60 ของปริมาณขยะทั้งหมดภายในประเทศ โดยอีกกว่าร้อยละ 30 จะเป็นการนำพลังงานจากขยะมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ในขณะที่ประเทศอังกฤษยังคงใช้วิธีการฝังกลบเป็นวิธีการหลักในการจัดการขยะถึงร้อยละ 55 ของปริมาณขยะทั้งหมดในประเทศ โดยเมื่อพิจารณาผลกระทบจากแนวทางการจัดการขยะของทั้ง 2 ประเทศในหน่วยของปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่า พบว่าประเทศอังกฤษมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแนวทางการจัดการขยะของประเทศเท่ากับ $175 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$ /ตันขยะ ในขณะที่ประเทศเยอรมันมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแนวทางการจัดการขยะของประเทศเท่ากับ $34 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}$ /ตันขยะ ดังแสดงในรูปที่ 1.12



รูปที่ 1.12 เปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดจากระบบการจัดการขยะของอังกฤษและเยอรมัน

จากรูปจะเห็นว่าการจัดการขยะส่วนใหญ่ของประเทศอังกฤษยังคงใช้วิธีการฝังกลบ ซึ่งก่อให้เกิดก๊าซมีเทน ตัวการสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาภาวะเกิดโลกร้อน ในขณะที่ประเทศเยอรมันให้ความสำคัญกับการจัดการขยะโดยการรีไซเคิลและการนำพลังงานจากขยะมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าของการจัดการขยะในประเทศอังกฤษมีมากกว่าเยอรมันถึง 5 เท่าของปริมาณการปล่อยก๊าซทั้งหมดในประเทศเยอรมัน ซึ่งผลต่างของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้งสองประเทศเทียบเท่าได้กับปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากรถยนต์ 1.2 ล้านคันของประเทศอังกฤษ ดังนั้นแนวทางในการเพิ่มอัตราการรีไซเคิลและลดปริมาณการฝังกลบขยะควรได้รับจากพิจารณาในการวางแผนสำหรับแนวทางการจัดการขยะของประเทศอังกฤษต่อไป

Chalita Liamsanguan and Shabbir H. Gheewala (2549) ศึกษาแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะของเมืองภูเก็ต โดยการประเมินวัฏจักรชีวิตของขยะเพื่อเป็นพื้นฐานในการกำหนดนโยบายการจัดการขยะที่เหมาะสมต่อไป ผลการศึกษาพบว่า การจัดการขยะของภูเก็ตในปัจจุบัน จะดำเนินการโดยอาศัยรถขยะเพื่อทำการเก็บรวบรวมขยะจากบ้านเรือน โรงแรม และตลาดไปกองทิ้งไว้ในพื้นที่ว่าง เสาในเตาเผาขยะ และนำกลับมาใช้ใหม่ได้เท่ากับร้อยละ 26, 71 และ 3 ของปริมาณขยะทั้งหมดตามลำดับ และในปีค.ศ. 2004 พบว่าจังหวัดภูเก็ตมีอัตราการเกิดขยะเท่ากับ 364 ตันต่อวัน แต่สามารถนำไปจัดการได้เพียง 250 ตันต่อวันหรือคิดเป็นร้อยละ 69 ของปริมาณการเกิดขยะทั้งหมดต่อวัน จากความสามารถในการจัดการขยะที่มีอยู่

อย่างจำกัดของจังหวัดภูเก็ต จึงนำไปสู่การศึกษาแนวทางการจัดการขยะที่เหมาะสม โดยพิจารณาจากสัดส่วนขององค์ประกอบของขยะ ดังแสดงในตารางที่ 1.4

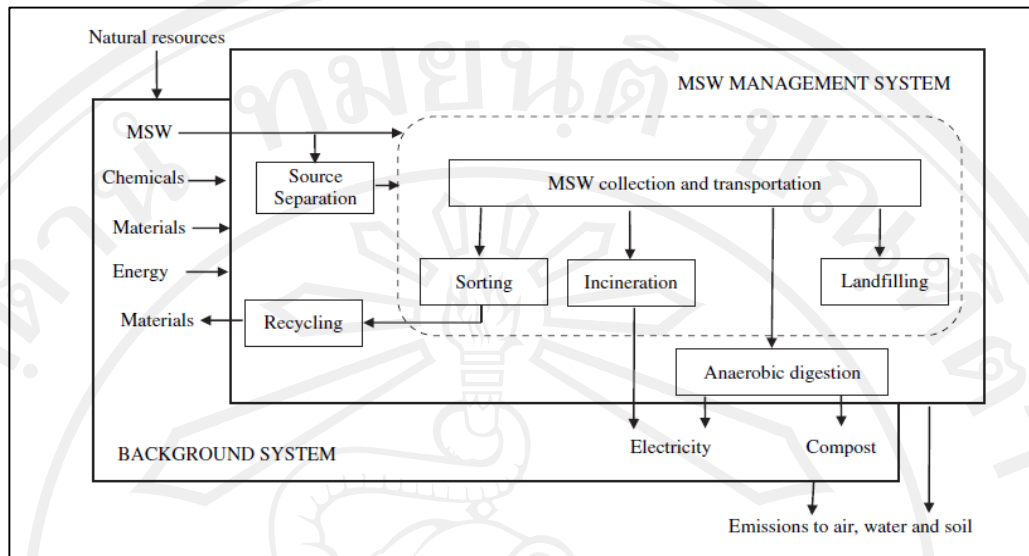
ตารางที่ 1.4 องค์ประกอบขยะของจังหวัดภูเก็ตในปีค.ศ. 2004

องค์ประกอบ	ร้อยละ
เศษอาหาร	44.13
พลาสติก	15.08
กระดาษ	14.74
แก้ว	9.67
เศษใบไม้	5.26
โลหะ	3.44
ยาง/หนัง	2.28
ผ้า	2.07
หิน/เซรามิก	1.39
อื่นๆ	1.94

ซึ่งจะสามารถพิจารณาแนวทางการจัดการขยะได้เป็น 4 กรณี ดังนี้

- 1) การจัดการขยะแบบเดิม ซึ่งก็คือการจัดการขยะที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน
- 2) การรีไซเคิลขยะร้อยละ 30 ของขยะรีไซเคิล ส่วนที่เหลือจะถูกนำไปเผาและฝังกลบ
- 3) การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนร้อยละ 30 ของขยะอินทรีย์ส่วนที่เหลือจะถูกนำไปเผาและฝังกลบ
- 4) การรีไซเคิลขยะร้อยละ 30 ของขยะรีไซเคิล การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนร้อยละ 30 ของขยะอินทรีย์ ส่วนที่เหลือจะถูกนำไปเผาและฝังกลบ โดยแสดงขอบเขตของการศึกษาดังรูปที่

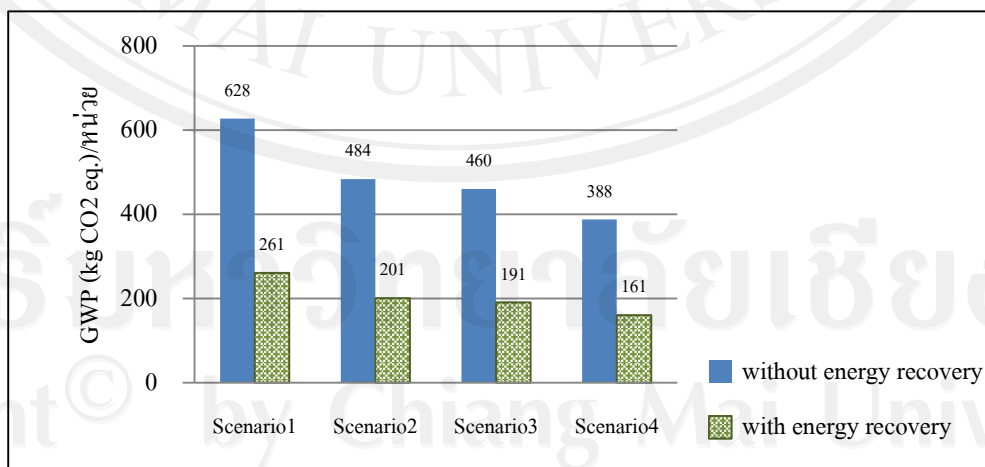
1.13



รูปที่ 1.13 แสดงขอบเขตระบบการจัดการขยะของทุกกรณี

จากการพิจารณาระบบจัดการขยะทั้ง 4 กรณี จะได้ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรณี 1, 2, 3 และ 4 เท่ากับ 1,006, 565, 679 และ $\text{kgCO}_2\text{-eq}$ /ตันขยะตามลำดับ จะเห็นว่ากรณีศึกษาที่ 4 เป็นกรณีศึกษาที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับกรณีศึกษาอื่นๆ ซึ่งจะช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบการจัดการขยะของจังหวัดภูเก็ตได้

โดยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะสามารถลดลงได้อีก หากมีการนำก๊าซที่ได้จากการฝังกลบมาผลิตไฟฟ้า โดยตั้งสมมติฐานให้ร้อยละ 50 ของก๊าซที่ได้จากการฝังกลบสามารถช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงได้ร้อยละ 58 จากปริมาณเดิมและแสดงค่าเปรียบเทียบของแต่ละกรณีได้ตามรูปที่ 1.14



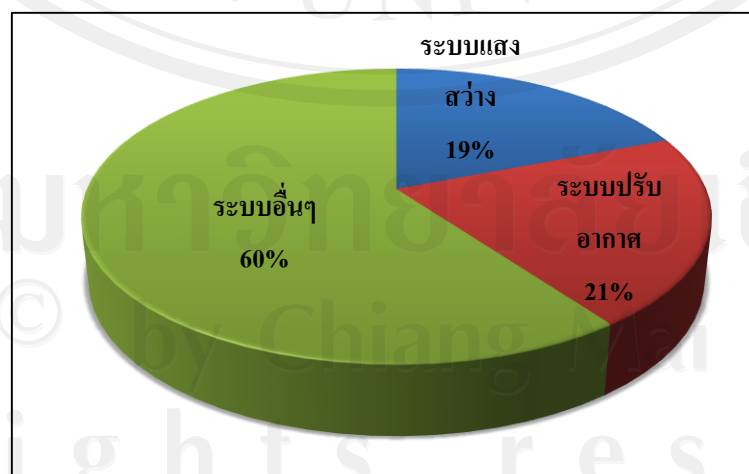
รูปที่ 1.14 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้จากการนำก๊าซที่ได้จากการฝังกลบมาผลิตไฟฟ้า

ดังนั้นการจัดการขยะในกรณีที่ 4 โดยการรีไซเคิลขยะร้อยละ 30 ของขยะรีไซเคิล การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนร้อยละ 30 ของขยะอินทรีย์ ส่วนที่เหลือจะถูกนำไปเผาและฝังกลบ และการนำก๊าซที่ได้จากการฝังกลบมาหมุนเวียนเพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้าควรถูกนำมาพิจารณา เพื่อกำหนดแผนและนโยบายสำหรับระบบการจัดการขยะของจังหวัดภูเก็ตต่อไป

จากงานวิจัยที่ศึกษา พบว่าการจัดการขยะเป็นแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย ทั้งในประเทศและต่างประเทศ เนื่องจากในหลายๆ พื้นที่ ยังคงดำเนินการจัดการขยะโดยวิธีการฝังกลบเป็นหลัก ซึ่งก่อให้เกิดก๊าซมีเทน ตัวการสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาภาวะโลกร้อนมากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึง 25 เท่า ดังนั้นระบบการจัดการขยะที่ไม่มีประสิทธิภาพจึงเป็นปัญหาสำคัญต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นแนวทางในการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะ คือ การลดปริมาณขยะที่นำไปฝังกลบลง โดยนำเทคโนโลยีการจัดการขยะเข้ามาใช้ เช่น การรีไซเคิลขยะที่สามารถรีไซเคิลได้ การผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพจากขยะอินทรีย์ การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะหรือก๊าซที่ได้จากการฝังกลบขยะ เป็นต้น จะเห็นว่าวิธีการดังกล่าวนอกจากจะช่วยลดปริมาณขยะที่นำไปฝังกลบลงได้ ยังเป็นการแปรรูปขยะให้เป็นพลังงานในหลายๆรูปแบบ เพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกด้วย

2) การอนุรักษ์พลังงาน

ปรีชา ศรีประภาคาร (2546) ศึกษาแนวทางจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยอาศัยข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานจากหน่วยงานที่เป็นตัวแทนทั้งหมด 23 อาคาร ผลการศึกษาพบว่ามหาวิทยาลัยเชียงใหม่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดเท่ากับ 17,645,820 kWh ต่อปี ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และระบบอื่นๆ เท่ากับร้อยละ 19, 21 และ 60 ตามลำดับ



รูปที่ 1.15 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จากสัดส่วนการใช้พลังงานดังกล่าว จึงนำไปสู่การศึกษามาตรการในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ ซึ่งพบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดลงได้ 983,229.49 kWh ต่อปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดเท่ากับ 2,835,722.67 บาทต่อปี โดยใช้เงินลงทุนทั้งสิ้น 17,240,810 บาท เป็นระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ย 6.08 ปี โดยแบ่งออกเป็นพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างที่ลดได้ 936,388.51 kWh ต่อปี ซึ่งมาตรการที่นำเสนอในการลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง ได้แก่

1) มาตรการการเปลี่ยนหลอดไส้มาเป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ชนิดบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ภายใน สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 10.01 kW โดยมีอัตราผลตอบแทนการลงทุนเท่ากับร้อยละ 99.96 ในระยะเวลาคืนทุน 1.05 ปี

2) มาตรการการเปลี่ยนมาใช้เฉพาะหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 0.30 kW โดยมีอัตราผลตอบแทนการลงทุนเท่ากับร้อยละ 217.85 ในระยะเวลาคืนทุน 0.44 ปี

3) มาตรการที่รวมการเปลี่ยนหลอดไส้มาเป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับการเปลี่ยนมาใช้เฉพาะหลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 151.43 kW โดยมีอัตราผลตอบแทนการลงทุนเท่ากับร้อยละ 14.65 ในระยะเวลาคืนทุน 6.58 ปี

ในส่วนของระบบปรับอากาศสามารถลดการใช้พลังงานได้ 37,915.98 kWh ต่อปี ซึ่งมาตรการที่นำเสนอในการลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ ได้แก่

1) มาตรการการเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 1.57 kW โดยมีอัตราผลตอบแทนการลงทุนเท่ากับร้อยละ 14.73 ในระยะเวลาคืนทุน 3.92 ปี

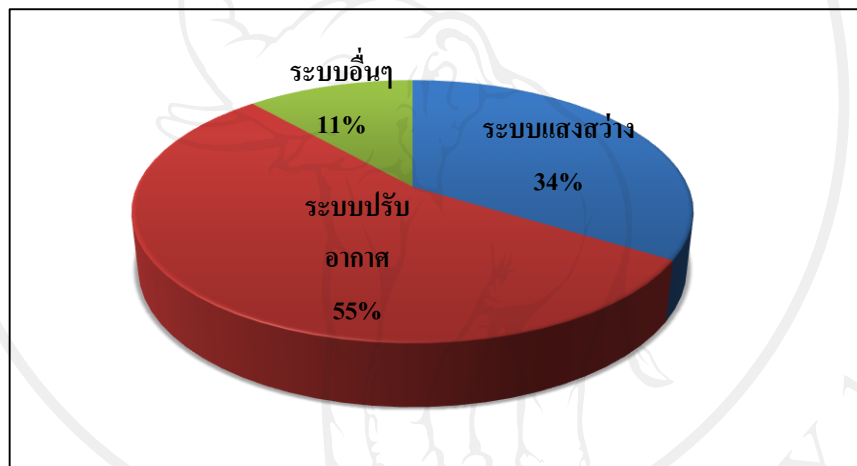
2) มาตรการการปรับปรุงโหลดแฟคเตอร์ในระบบปรับอากาศแบบчилเลอร์ สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 20.61 kW และไม่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเนื่องจากมีหน่วยงานที่รองรับการดำเนินการอยู่แล้ว

และในระบบอื่นๆ สามารถลดการใช้พลังงานได้ 8,925 kWh ต่อปี ซึ่งมาตรการที่นำเสนอ ได้แก่

1) มาตรการการเปลี่ยนช่วงเวลาทำงานของระบบจ่ายน้ำส่วนกลาง สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 8.05 kW และไม่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเนื่องจากมีหน่วยงานที่รองรับการดำเนินการอยู่แล้ว

2) มาตรการการเปลี่ยนช่วงเวลาทำงานของระบบจ่ายน้ำ (กรณีอาคาร) สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 22.04 kW และไม่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเนื่องจากมีหน่วยงานที่รองรับการดำเนินการแล้ว

สุรินทร์ จันทสุริยวิช (2544) ศึกษาแนวทางในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ของคณะ แพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จากการศึกษาในอาคารตัวอย่าง 4 อาคาร คือ อาคารสุจิน โณ, อาคารบุญสม-มาร์ติน, อาคารศรีพัฒน์ และอาคารศัลยกรรม-สูติกรรม โดยการตรวจวัดหาค่าและ ช่วงเวลาที่มีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้งานจริง รวมทั้งการสอบถามการใช้งานใน กิจกรรม ผลการศึกษาพบว่าคณะแพทยศาสตร์มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 4,500 kW โดยมีความต้องการใช้พลังงานสูงสุด 1,521 kW และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 9.1×10^6 kWh ต่อปี โดยมีช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดอยู่ในช่วง 9.00 - 16.00 น. โดยมีสัดส่วนความต้องการพลังงานไฟฟ้า ในระบบแสงสว่าง ปรับอากาศ และอื่นๆ เท่ากับร้อยละ 33.77, 54.70 และ 11.53 ตามลำดับ



รูปที่ 1.16 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่างๆ ของแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โดยมีการนำเสนอมาตรการเพื่อลดการใช้พลังงานในระบบต่างๆ สำหรับในระบบแสงสว่างสามารถการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 891,143 kWh ต่อปี โดยมีเงินลงทุน 7,180,000 บาท ระยะเวลาคืนทุน 3.22 ปี อัตราผลตอบแทนลงทุนร้อยละ 34.45 โดยมาตรการที่นำเสนอ ได้แก่

- 1) การเปลี่ยนมาใช้โคมไฟแบบสะท้อนแสง
- 2) การลดการใช้หลอดไฟที่ไม่จำเป็น
- 3) การเปลี่ยนมาใช้โคมไฟแบบสะท้อนแสงและการลดการใช้หลอดไฟที่ไม่จำเป็น
- 4) การเปลี่ยนมาใช้โคมไฟแบบสะท้อนแสงและบัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำ

ในส่วนของระบบปรับอากาศ สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 46,770 kWh ต่อปี โดยใช้เงินลงทุน 63,000 บาท ระยะเวลาคืนทุน 0.52 ปี ซึ่งมาตรการที่นำเสนอ ได้แก่

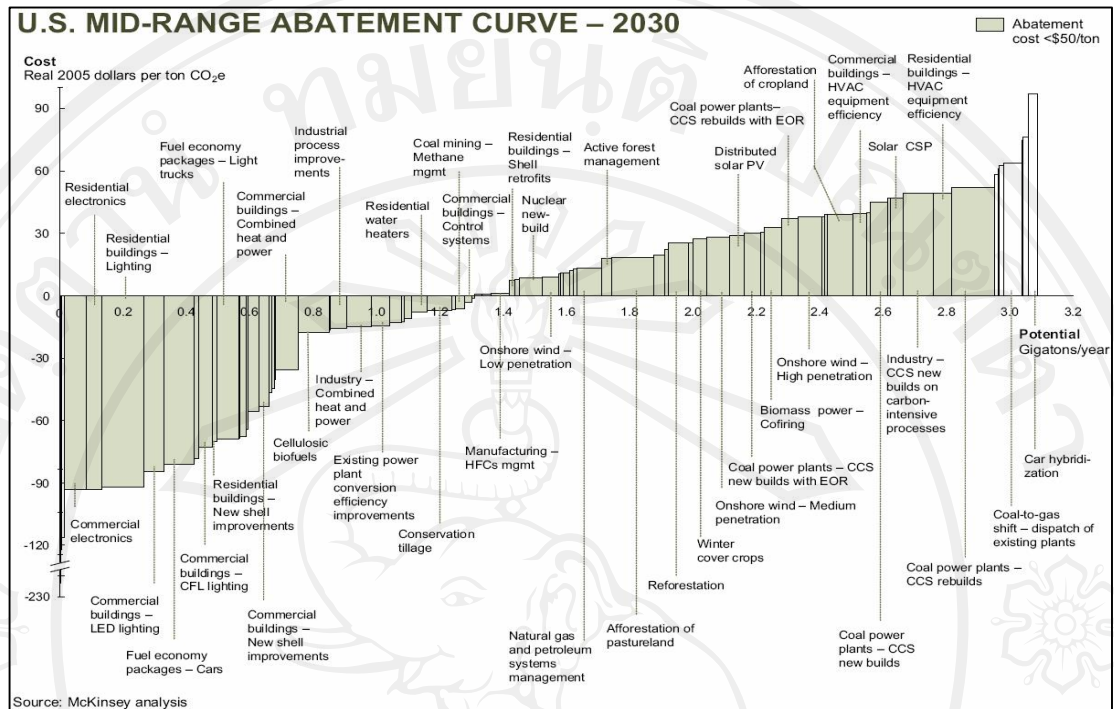
- 1) การเพิ่มอุณหภูมิความเย็นของเครื่องปรับอากาศลง 1 องศา
- 2) การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ

จากงานวิจัยที่ศึกษา พบว่ามาตรการหรือเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงานในแต่ละองค์กร สามารถลดการใช้พลังงานได้แตกต่างกันไป ด้วยต้นทุนที่ใช้ในการดำเนินการที่ต่างกัน บางมาตรการไม่ต้องอาศัยการลงทุน แต่ก็สามารถลดการใช้พลังงานได้ เช่น มาตรการลดจำนวนหลอดไฟที่ไม่จำเป็น การลดเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศ การเพิ่มอุณหภูมิความเย็นของเครื่องปรับอากาศลง เป็นต้น ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถดำเนินการได้เลย ในขณะที่บางมาตรการจำเป็นต้องอาศัยการลงทุน ดังนั้นความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จึงต้องถูกนำมาพิจารณา นอกเหนือจากศักยภาพในการลดการใช้พลังงาน เพื่อแสดงให้เห็นว่ามาตรการที่น่าเสนอมีความน่าสนใจและคุ้มค่าต่อการดำเนินการ เนื่องจากบางมาตรการจำเป็นต้องอาศัยระยะเวลา และเงินลงทุนในระยะแรก แต่ก็ช่วยให้ปริมาณการใช้พลังงานในภาพรวมขององค์กรลดลงได้มากหากมีการบริหารจัดการที่เหมาะสม

1.2.3 ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost: MAC)

McKinsey et al. (2552) ได้ศึกษาต้นทุนหน่วยสุดท้ายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเทคโนโลยีการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคเศรษฐกิจต่างๆ ในประเทศสหรัฐอเมริกาภายในปี พ.ศ. 2573 จำนวน 250 เทคโนโลยี จากนั้นนำข้อมูลรายละเอียดของมาตรการต่างๆ มาใช้ในการคำนวณต้นทุนหน่วยสุดท้ายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost) ตามรูปที่ 1.17 พบว่ามาตรการที่มีต้นทุนต่อหน่วยในการลดก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่า 50 เหรียญสหรัฐ/tonCO_{2-eq} สามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ในปริมาณ 3.0 - 4.5 GtonCO_{2-eq} จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คาดการณ์ไว้ในปี 2573 เท่ากับ 9.7 GtonCO_{2-eq} โดยเทคโนโลยีที่มีต้นทุนต่อหน่วยในการลดก๊าซเรือนกระจกต่ำส่วนใหญ่มาจากภาคการใช้และการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้า โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคารและอุปกรณ์ต่างๆ ในขณะที่เทคโนโลยีที่มีต้นทุนต่อหน่วยในการลดก๊าซเรือนกระจกสูง มาจากภาคการฟื้นฟูป่าไม้ และการปลูกป่า การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานถ่านหิน และการใช้พลังงานลมในการผลิตไฟฟ้า จากการศึกษาดังกล่าวจึงได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการลงทุนที่เกี่ยวข้องกับภาครัฐ ได้แก่

- 1) การปรับปรุงเครื่องทำความร้อน ระบบระบายอากาศ ระบบเครื่องปรับอากาศ สิ่งห่อหุ้มอาคาร และระบบควบคุมอาคาร เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์สำนักงาน ซึ่งสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ 710 - 870 MtonCO_{2-eq}
- 2) จากการปรับปรุงประสิทธิภาพอุปกรณ์และการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานมาก



รูปที่ 1.17 ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเทคโนโลยีการลดก๊าซเรือนกระจกต่างๆของประเทศสหรัฐอเมริกา

3) การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงในภาคขนส่ง 340 -600 Mton ซึ่งสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ 240-290 MtonCO_{2-eq} รวมทั้งการสนับสนุนให้ใช้น้ำมันดีเซลในยานพาหนะที่ใช้แรงต่ำ แต่จะต้องอาศัยต้นทุนที่สูงในเบื้องต้น แต่จะมีศักยภาพในการลดก๊าซในระยะยาวซึ่งจะขึ้นอยู่กับนวัตกรรมและความสามารถในการนำเทคโนโลยีไปใช้

4) การเพิ่มการเก็บกักคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้และการปรับปรุงการบริหารจัดการดิน

5) การลดความเข้มข้นของคาร์บอนในการผลิตไฟฟ้า โดยการเปลี่ยนมาใช้พลังงานหมุนเวียน ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลม การปรับปรุงประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า การเพิ่มกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และการใช้เทคโนโลยีในการเก็บกักคาร์บอนสำหรับโรงไฟฟ้าถ่านหิน ซึ่งจะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ -800 - 1,570 MtonCO_{2-eq}

ทั้งนี้จะต้องอาศัยการดำเนินงานอย่างจริงจังและต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน โดยเริ่มจากการดำเนินการด้านประสิทธิภาพการใช้พลังงานและเทคโนโลยีที่มีต้นทุนต่อหน่วยต่ำก่อน แต่สำหรับบางเทคโนโลยีที่มีผลขึ้นอยู่กับเวลา ได้แก่ การสร้างอาคาร หรือยานพาหนะประหยัดพลังงาน เป็นต้น ควรริบดำเนินการเพื่อไม่ให้สูญเสียโอกาสในการพัฒนาต่อไปในอนาคต

อดิษฐ์ อิศรางกูร ณ อยุธยา และคณะ (2554) ศึกษาต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในภาคเศรษฐกิจต่างๆ ประกอบด้วย (1) ภาคพลังงาน (2) ภาคอุตสาหกรรม และ (3) ภาคของเสียและสิ่งปฏิกูล ในการศึกษาได้อ้างอิงข้อมูลจากโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดที่มีข้อมูลครบถ้วน (Clean Development Mechanism: CDM) จำนวน 63 โครงการ โดยใช้สูตรการคำนวณต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost: MAC) ดังนี้

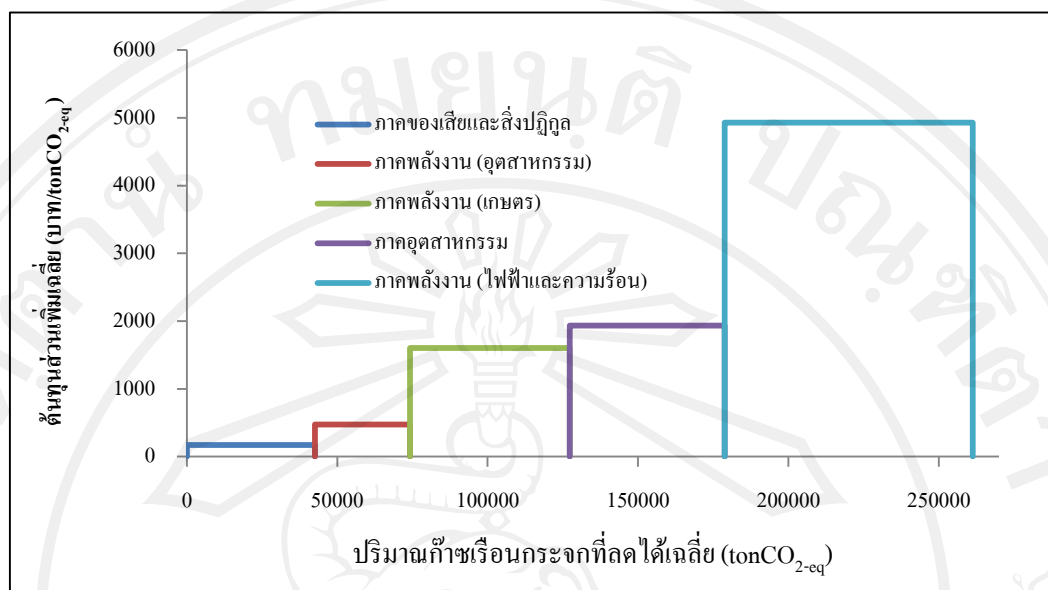
$$MAC = \frac{\text{ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโครงการ}}{(\text{ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากโครงการ } X \text{ จำนวนปีที่โครงการได้รับสิทธิประโยชน์)}}$$

ผลการศึกษาพบว่าต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกในแต่ละภาคเศรษฐกิจมีช่วงความแตกต่างที่ค่อนข้างกว้าง โดยแสดงค่าต้นทุนส่วนเพิ่มเฉลี่ยแยกตามภาคเศรษฐกิจ ได้ดังนี้

ตารางที่ 1.5 ค่าต้นทุนส่วนเพิ่มเฉลี่ยแยกตามภาคเศรษฐกิจ

สาขาการผลิต	ต้นทุนส่วนเพิ่มเฉลี่ย (บาท/tonCO _{2-eq})	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้เฉลี่ย (tonCO _{2-eq})
ภาคพลังงาน (อุตสาหกรรม)	473.02	42,614.58
ภาคพลังงาน (เกษตร)	1,601.53	31,538.10
ภาคพลังงาน (ไฟฟ้าและความร้อน)	4,931.01	53,105.6
ภาคอุตสาหกรรม	1,934.41	51,586.33
ภาคของเสียและสิ่งปฏิกูล	173.02	82,521.00

จากตารางจะเห็นว่าภาคพลังงานในส่วนการผลิตไฟฟ้ามีต้นทุนส่วนเพิ่มเฉลี่ยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 4,931.01 บาท/tonCO_{2-eq} และสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้เฉลี่ย 53,105.60 tonCO_{2-eq} ในขณะที่ภาคของเสียและสิ่งปฏิกูลมีต้นทุนส่วนเพิ่มเฉลี่ยเพียง 173.02 บาท/tonCO_{2-eq} แต่สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยได้ถึง 82,521.00 tonCO_{2-eq} โดยสามารถจัดเรียงลำดับภาคเศรษฐกิจตามต้นทุนส่วนเพิ่มเฉลี่ยในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดังรูปที่ 1.18

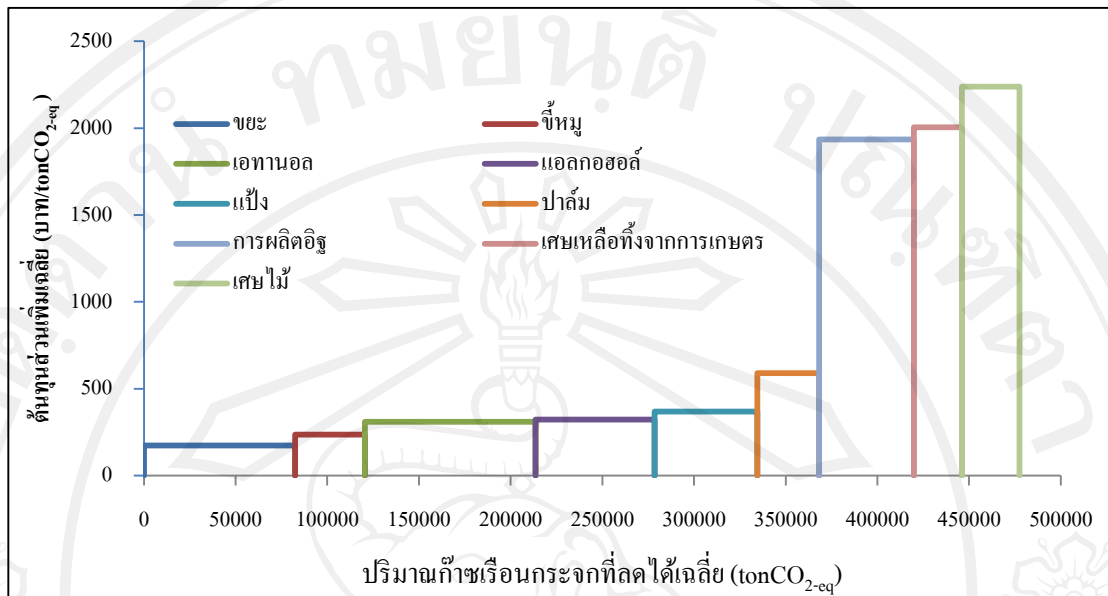


รูปที่ 1.18 ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามภาคเศรษฐกิจ

โดยเมื่อพิจารณาต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทของวัสดุตั้งต้น โดยอ้างอิงข้อมูลจากโครงการ CDM จำนวน 53 โครงการ ที่มีข้อมูลวัสดุตั้งต้นในการลดก๊าซเรือนกระจกครบถ้วน พบว่าต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีช่วงความแตกต่างที่ค่อนข้างกว้างเช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 1.6 และรูปที่ 1.19

ตารางที่ 1.6 ค่าต้นทุนส่วนเพิ่มเฉลี่ยแยกตามประเภทของวัสดุตั้งต้น

วัสดุตั้งต้น	ต้นทุนส่วนเพิ่มเฉลี่ย (บาท/tonCO ₂ -eq)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้เฉลี่ย (tonCO ₂ -eq)
เศษเหลือทิ้งจากการเกษตร	2,004.33	26,242.17
แอลกอฮอล์	321.99	64,918.67
เอทานอล	308.69	93,035.80
ขยะ	173.02	82,521
ปาล์ม	589.06	33,682.31
แป้ง	368.07	56,008.70
ข้าวหมาก	236.43	38,067
เศษไม้	2,239.38	31,361
การผลิตอิฐ	1,934.41	51,586.33



รูปที่ 1.19 ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทวัสดุตั้งต้น

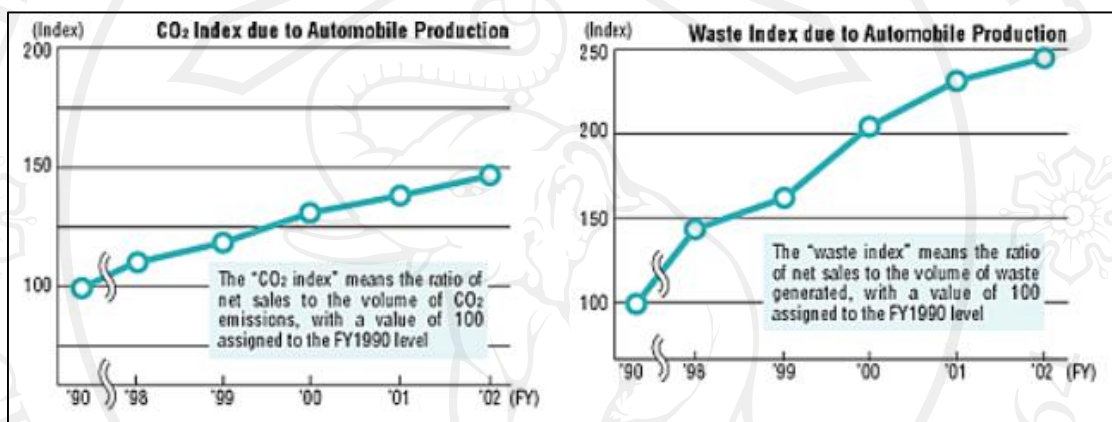
จะเห็นว่า วัสดุตั้งต้นที่มีต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยสูง ได้แก่ วัสดุตั้งต้นประเภทเศษไม้ เศษเหลือทิ้งจากการเกษตร และการผลิตอิฐ ซึ่งมีต้นทุนส่วนเพิ่มเฉลี่ยต่อหน่วยเท่ากับ 2,239.38 2,004.33 และ 1,934.41 บาท/tonCO₂-eq ตามลำดับ และวัสดุตั้งต้นที่มีต้นทุนส่วนเพิ่มเฉลี่ยต่ำ ได้แก่ วัสดุประเภทขยะและจี๊หม ซึ่งมีต้นทุนส่วนเพิ่มเฉลี่ยต่อหน่วยเท่ากับ 173.02 และ 236.43 บาท/tonCO₂-eq ตามลำดับ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าต้นทุนส่วนเพิ่มของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีความแตกต่างกันมาก ซึ่งในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นอาจไม่จำเป็นที่ผู้ประกอบการที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูง ต้องรับภาระในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่สูงตามไปด้วย เพราะหากผู้ประกอบการดังกล่าวมีต้นทุนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงย่อมส่งผลให้ต้นทุนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมสูงตามไปด้วย ดังนั้นการกำหนดว่าผู้ประกอบการใดควรลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกควรพิจารณาถึงต้นทุนในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วย โดยผู้ประกอบการที่มีต้นทุนส่วนเพิ่มสูงควรนำต้นทุนดังกล่าวมาใช้ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับกลุ่มผู้ประกอบการที่มีต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ

1.2.4 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency)

Toyota (2550) ศึกษาประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของกระบวนการผลิตรถยนต์เพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดในการปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการตั้งแต่ปี พ.ศ.2533 ซึ่งในการคำนวณค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจได้ให้ความสำคัญกับยอดขายและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอยู่ 2 ปัจจัย คือ (1) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและ (2) ปริมาณของเสีย คังสมการ ต่อไปนี้

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ} = \frac{\text{ยอดขายสุทธิ}}{\text{ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม}}$$

โดยกำหนดให้ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของปี พ.ศ. 2533 เป็นปีฐาน และมีค่าเท่ากับ 100 ซึ่งพบว่าในช่วงปี พ.ศ.2533 – 2545 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจสำหรับดัชนีก๊าซเรือนกระจกมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 4 ต่อปี ในขณะที่ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจของดัชนีของเสียมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 12.5 ต่อปี ดังแสดงผลการประเมินตามรูปที่ 1.20



รูปที่ 1.20 ผลการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency)

ในกระบวนการผลิตรถยนต์ของ Toyota

เนื่องจากความพยายามในการผลักดันให้เกิดนวัตกรรมใหม่ๆ ควบคู่ไปกับการให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อม ทำให้ Toyota สามารถเพิ่มค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจได้สูงขึ้นทุกปี โดยได้กำหนดแนวทางในการบริหารจัดการงานภายในออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย

- 1) การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์
- 2) กระบวนการผลิต (จัดซื้อจัดหา การผลิต และการขนส่ง)
- 3) การรีไซเคิลและบริการหลังการขาย

ซึ่งในการดำเนินงานทั้ง 3 กลุ่มยังคงดำเนินการภายใต้หลักการของประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยใช้ การประเมินตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (LCA) เป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากการดำเนินงานดังกล่าวทำให้ Toyota สามารถพัฒนานวัตกรรมใหม่ๆ ออกสู่ตลาดรถยนต์ของโลกได้อย่างในปัจจุบัน ได้แก่ ระบบ Hybrid System ที่สามารถประหยัดน้ำมันได้ถึง 24 km/lite ทำให้รถยนต์ PRIUS เป็นที่นิยมทั้งในตลาดสหรัฐอเมริกาและประเทศไทย ซึ่งในช่วงปี พ.ศ. 2545- 2550 Toyota สามารถเพิ่มค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศ

เศรษฐกิจได้ถึง 200 เมื่อเทียบกับปีฐานหรือคิดเป็นประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นเท่ากับร้อยละ 5.9 ต่อปี (อำนาจ กิตติกรัษฎฤทธิ์, 2553)

จากงานวิจัยทั้งหมดพบว่า การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกในระดับองค์กร เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการแสดงผลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปลดปล่อยออกมาในแต่ละกิจกรรมขององค์กร เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมนำแนวทางที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรต่อไป และแนวทางส่วนใหญ่ที่นำมาพิจารณา คือแนวทางการอนุรักษ์การใช้พลังงานและพัฒนาศักยภาพพลังงานทดแทน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยทำการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมภายในองค์กรและแสดงปริมาณ ก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น ในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี จากนั้นประเมินและวิเคราะห์หาแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสม จากกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นของหอพักนักศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานและการพัฒนาศักยภาพพลังงานทดแทน จากนั้นทำการประเมินศักยภาพรวมถึงแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พร้อมทั้งศึกษาความเป็นไปได้และความเหมาะสมของแนวทางเหล่านั้นในเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยใช้ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost: MAC) และประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) เป็นดัชนีชี้วัดในการตัดสินใจกำหนดทิศทางการจัดการพลังงานในอนาคตของหอพักนักศึกษาต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.3.1 เพื่อประเมินปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- 1.3.2 เพื่อประเมินแนวทางและความเป็นไปได้ในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานและการจัดการขยะภายในหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

1.4 ขอบเขตการศึกษาวิจัย

- 1.4.1 พิจารณาเฉพาะหอพักนักศึกษาที่อยู่ภายใต้ความดูแลของสำนักงานหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จำนวนทั้งหมด 18 หอพัก ประกอบด้วย หอพักนักศึกษารายอาคาร 2 – 7 , หอพักนักศึกษายุ่งอาคาร 1 – 9, เฮือนศรีตรัง (หอพัก 40 ปี), เฮือนพวงชมพู (หอพักสีชมพู) และ เฮือนกาสะลอง (หอพักแม่เหิยะ)
- 1.4.2 ข้อมูลกิจกรรม ที่นำมาพิจารณาจะใช้ข้อมูลย้อนหลังอย่างน้อย 1 ปี

- 1.4.3 การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษาจะยึดหลักการและวิธีการตามมาตรฐาน ISO 14064-1 และคู่มือ GHG Protocol ของ WRI/WBCSD (2004)
- 1.4.4 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้และความเหมาะสมของแนวทางในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกจะอาศัยดัชนีชี้วัด 2 ดัชนี ได้แก่ ค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ และค่าต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา

- 1.5.1 ทราบถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งสามารถใช้เป็นกรณีฐานของมหาวิทยาลัยได้
- 1.5.2 ทราบถึงแนวทางในการดำเนินการที่เหมาะสมในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมของหอพักนักศึกษา

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับองค์กรหรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรมีความหมายตามนิยามขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ดังนี้

“การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเกิดจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กร ทั้งทางตรงและทางอ้อมโดยแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในหน่วยของปริมาณ เทียบเท่ากับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์”

สำหรับกิจกรรมที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก หมายถึงกิจกรรมทุกกิจกรรมที่มีส่วน ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น ตัวอย่างเช่น

- การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ และมลพิษที่ระบายออกทางท่อไอเสียจากการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นภายในเครื่องยนต์เป็นส่วนที่มีปริมาณการปล่อยมากที่สุด ซึ่งปริมาณมลพิษที่ออกมา จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของอากาศต่อน้ำมัน (Air fuel ratio) หากเกิดการเผาไหม้ที่ค่อนข้างสมบูรณ์ จะมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนน้อยที่สุด แต่จะมีก๊าซไนโตรเจน ออกไซด์เกิดขึ้นมากที่สุด ในทางตรงกันข้าม ถ้าอัตราส่วนของอากาศต่อน้ำมันลดต่ำลง จะมี สารประกอบไฮโดรคาร์บอน และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มมากขึ้น และก๊าซไนโตรเจน ออกไซด์น้อย ซึ่งเป็นการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

- การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายในบ้าน กิจการร้านค้า สถาบันและหน่วยงานรัฐ โดยได้นำ พลังงานความร้อนไปใช้ประโยชน์ในรูปต่าง ๆ เช่น การประกอบอาหาร เครื่องทำความร้อนใน บ้าน ซึ่งก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ สารประกอบ ไฮโดรคาร์บอนและควัน

- กระบวนการผลิตภายในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งก่อให้เกิดสิ่งเจือปนในอากาศได้แตกต่างกันทั้งปริมาณและคุณภาพ โดยถือได้ว่าเป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศที่สำคัญส่วนมาก ได้แก่ ฝุ่นละออง เขม่า คาร์บอน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และก๊าซพิษอื่นๆ อีกหลายชนิด

- การผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า ซึ่งจำเป็นต้องมีการเผาไหม้ เพื่อให้เกิดพลังงานความร้อนในการผลิตกระแสไฟฟ้า จึงก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศต่างๆ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และอนุภาคของมลสารต่าง ๆ

- การกำจัดขยะจากการเผา ซึ่งเผาเผาขยะไม่ว่าจะเป็นแบบใดก็ตาม ล้วนก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศทั้งสิ้น ได้แก่ สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของกำมะถันคาร์บอนมอนอกไซด์ และคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งการจัดการขยะโดยวิธีการฝังกลบก็ก่อให้เกิดมลพิษเช่นกัน จากการสะสมของกากของเสียภายในหลุมฝังกลบทำให้เกิดก๊าซมีเทน หากหลุมฝังกลบไม่ได้ถูกสร้างขึ้นและบำรุงรักษาอย่างถูกวิธี ก็จะก่อให้เกิดปัญหาในระยะยาวต่อระบบน้ำใต้ดิน การปนเปื้อนในดิน และส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมโดยรอบ

- ภูเขาไฟระเบิด เมื่อเกิดการระเบิดจะมีเถ้าถ่านและควันถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศเป็นจำนวนมาก ล่องลอยขึ้นสูงและคงอยู่ในอากาศได้นานนับปีกว่าที่จะตกกลับลงสู่พื้น

- ไฟป่า ควันที่เกิดจากไฟป่าเป็นตัวการที่เพิ่มปริมาณมลพิษให้กับอากาศได้มาก แต่ก็จำกัดขอบเขตอยู่เฉพาะภายในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ที่เกิดไฟไหม้เท่านั้น จึงได้รับการพิจารณาว่าไม่ใช่แหล่งกำเนิดที่สำคัญของมลพิษทางอากาศมากนัก

จะเห็นว่ากิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้นมีความหลากหลาย บางกิจกรรมก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง บางกิจกรรมก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้อม ดังนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการวางแผนการจัดการก๊าซเรือนกระจก จึงมีการแบ่งกิจกรรมออกเป็น 3 ขอบเขต เพื่อให้ง่ายต่อการวางแผนการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ตามที่ระบุไว้ใน ISO14064-1 และ GHG protocol ดังนี้

ขอบเขตที่ 1 กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซโดยตรงจากการดำเนินงานขององค์กร (Direct emissions) ได้แก่ การผลิตไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำ เพื่อใช้ภายในหรือเพื่อจำหน่ายให้แก่องค์กรภายนอก การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากการใช้งานของอุปกรณ์และเครื่องจักรที่องค์กรเป็นเจ้าของ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยภายในพื้นที่ขององค์กร เป็นต้น

ขอบเขตที่ 2 กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy indirect emissions) ได้แก่ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการผลิตไฟฟ้า ความร้อน หรือไอน้ำที่นำเข้ามาจากภายนอกเพื่อใช้งานภายในองค์กร

ขอบเขตที่ 3 กิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other indirect emissions) นอกเหนือจากที่ระบุในขอบเขตที่ 1 และ 2 ซึ่งสามารถตรวจวัดปริมาณก๊าซได้ แต่ไม่ถือเป็นข้อบังคับขึ้นอยู่กับองค์กร ได้แก่ การใช้น้ำประปา การใช้กระดาษ การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากการเดินทางไปสัมมนาด้วยยานพาหนะส่วนตัวหรือระบบขนส่งสาธารณะของบุคลากร

โดยในส่วนของก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse gas) หมายถึง ก๊าซที่อยู่ในบรรยากาศของโลก มีคุณสมบัติในการดูดซับคลื่นรังสีความร้อนเพื่อช่วยรักษาอุณหภูมิในบรรยากาศให้คงที่ แต่หากมีปริมาณของก๊าซเรือนกระจกที่มากเกินไป จะทำให้มีการกักเก็บความร้อนขึ้นและส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น ซึ่งก๊าซเรือนกระจกนั้นมีอยู่มากมายหลายชนิดด้วยกัน ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์ แต่ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญซึ่งถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต (Kyoto protocol) และเกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์มีเพียง 6 ชนิด ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ไนตรัสออกไซด์ ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน ฮัลเฟอรเฮกซาฟลูออไรด์ และเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน โดยจะใช้ค่าศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential: GWP) ช่วยในการเปรียบเทียบศักยภาพการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนของก๊าซแต่ละชนิดในหน่วยของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยใช้ค่าศักยภาพในการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในรอบ 100 ปี ของ IPCC (GWP 100) ที่เป็นค่าล่าสุดเป็นเกณฑ์ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงค่า GWP ของก๊าซเรือนกระจกที่ระยะเวลา 100 ปี

Species	Chemical formula	GWP100
Carbon dioxide	CO ₂	1
Methane	CH ₄	25
Nitrous oxide	N ₂ O	298
Hydrofluorocarbon	HFCs	124 – 14,800
Sulphur hexafluoride	SF ₆	22,800
Perfluorocarbon	PFCs	7,390 – 12,200

ที่มา: IPCC Fourth assessment report (2007)

และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ (Emission factor) เป็นค่าที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วย โดยจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมและเทคโนโลยีของแหล่งปล่อยก๊าซในแต่ละประเทศ อาจมีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ ตามเงื่อนไขเฉพาะของกิจกรรมนั้น ๆ เรียกว่าค่าการ

ปล่อยเฉพาะของประเทศ (Country specific emission factor) ซึ่งได้มาจากการวัดจริงหรือการทดลอง ในกรณีที่บางประเทศไม่มีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ และเพื่อให้การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกมีความถูกต้องเชื่อถือได้ จำเป็นจะต้องอาศัยหลักการพื้นฐานในการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร 5 ข้อ ดังต่อไปนี้

1) ความตรงประเด็น (Relevance) โดยการเลือกแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก ข้อมูล วิธีการคำนวณและวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เหมาะสม ผลของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินได้จะต้องสะท้อนถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในองค์กร

2) ความสมบูรณ์ (Completeness) โดยการระบุปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทุกแหล่งปล่อยก๊าซที่เกิดจากการดำเนินกิจกรรมภายในองค์กรและต้องมีการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทุกแหล่งปล่อย และหากมีแหล่งปล่อยก๊าซใดที่ไม่มีการประเมิน ต้องแสดงเหตุผลอย่างชัดเจน

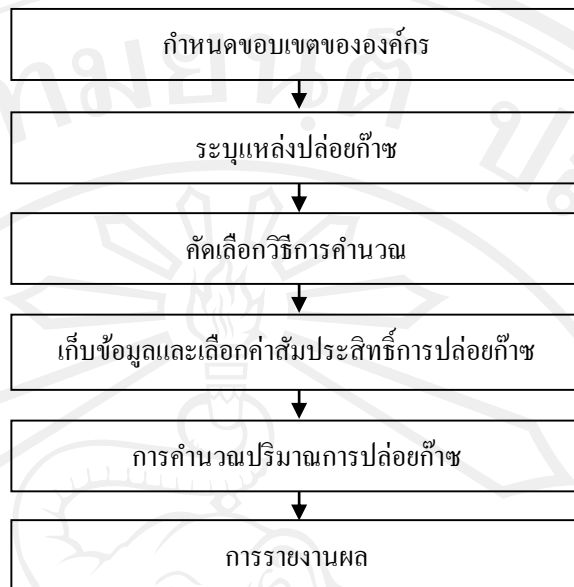
3) ความสอดคล้อง (Consistency) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ติดตามและรายงานผลในแต่ละครั้ง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้ว ต้องไม่ขัดแย้งกันแม้จะดำเนินการในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยในแต่ละครั้งต้องมีการใช้วิธีการติดตามข้อมูล และใช้ชุดข้อมูลแบบเดียวกัน และหากมีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ก็ตามที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาในแต่ละช่วงเวลาต้องมีการระบุอย่างชัดเจน

4) ความถูกต้อง (Accuracy) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินได้ต้องมีความถูกต้องแม่นยำ ลดความไม่แน่นอนในการรวบรวมหรือคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้มากที่สุด และความถูกต้องของข้อมูลจะต้องมากพอที่จะทำให้ผู้ที่ได้รับข้อมูลสามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ได้จริง

5) ความโปร่งใส (Transparency) มีการเปิดเผยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด รวมถึงวิธีการประเมินอย่างเพียงพอและเหมาะสม เพื่อให้สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้

2.2 แนวทางการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

เพื่อให้ครอบคลุมหลักการพื้นฐานดังกล่าวข้างต้น ในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร จึงกำหนดแนวทางการประเมินตามขั้นตอนทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้ (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2553)



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

2.2.1 กำหนดขอบเขตขององค์กร

การกำหนดขอบเขตขององค์กร สามารถดำเนินการโดยวิธีการแบบใดแบบหนึ่ง ดังนี้

1) แบบควบคุม (Control approach)

- ควบคุมการดำเนินงาน ประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นขององค์กรภายในส่วนที่องค์กรมีอำนาจในการควบคุมการดำเนินงาน ซึ่งจะไม่รวมพื้นที่ที่องค์กรเป็นเจ้าของแต่ไม่มีอำนาจในการควบคุม

- ควบคุมทางการเงิน ประเมินและรวบรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นขององค์กรเฉพาะส่วนที่องค์กรมีอำนาจในการควบคุมทางการเงิน ซึ่งยึดตามสัดส่วนทางการเงินที่เกิดขึ้นจริงและได้มีการระบุไว้ในรายงานทางการเงินเป็นหลัก

2) แบบปันส่วนตามกรรมสิทธิ์

- เป็นการกำหนดขอบเขตตามสัดส่วนของลักษณะการร่วมทุน หรือลงทุนในอุปกรณ์ หรือหน่วยผลิตนั้นๆ ที่องค์กรมีส่วนร่วม

2.2.2 ระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในการกำหนดขอบเขตของการดำเนินงาน ต้องระบุกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สัมพันธ์กับการดำเนินงานขององค์กร ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขอบเขต ดังที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น

2.2.3 คัดเลือกวิธีการคำนวณ

องค์กรต้องคัดเลือกและใช้วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ทำให้ได้ผลการประเมินออกมาอย่างถูกต้อง ซึ่งองค์กรสามารถเลือกวิธีการใดก็ได้ตามความเหมาะสม โดยต้องแสดงเหตุผลหากมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณที่เคยใช้มาก่อน ตัวอย่างของวิธีการคำนวณ มีดังนี้

1) การตรวจวัด โดยการตรวจวัดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากแหล่งปล่อยก๊าซอย่างต่อเนื่องหรือเว้นช่วงเป็นระยะ โดยใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์การตรวจวัดที่ได้มาตรฐานตามวิธีการมาตรฐาน ซึ่งจะให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องสูง

2) การคำนวณ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การสร้างโมเดล หรือสมการมวลสารสมดุล หรือการคำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในองค์กร คูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก และแสดงผลให้อยู่ในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ equivalent)

3) การตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ โดยการหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการตรวจวัดร่วมกับการคำนวณ เช่น การนำข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่จัดเก็บโดยองค์กร และข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ซึ่งได้จากการตรวจวัด มาคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ โดยอาศัยสมการมวลสารสมดุล

2.2.4 การเก็บข้อมูลและเลือกค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ

หากเลือกใช้วิธีการคำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรมคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะต้องมีการเก็บข้อมูลกิจกรรมตามวิธีการคำนวณที่ได้เลือกไว้ ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดควรได้รับการบันทึกไว้ในรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์และทวนสอบได้อย่างน้อย 2 ปี สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะต้องคัดเลือกหรือพัฒนาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามเงื่อนไขดังนี้

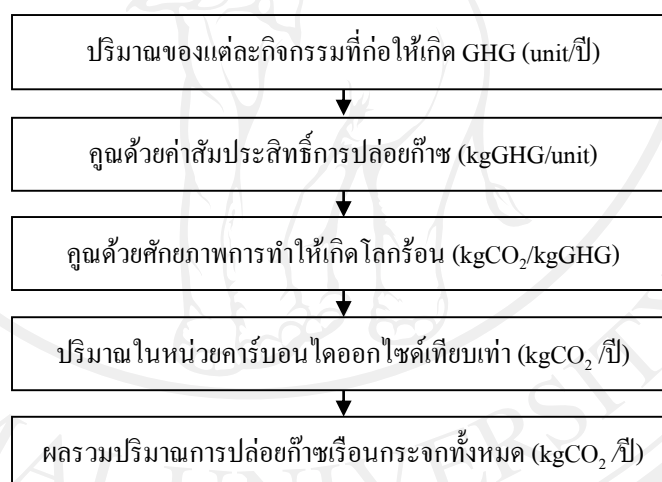
- 1) ทราบแหล่งที่มา
- 2) เหมาะสมที่จะใช้กับแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละแหล่ง
- 3) เป็นค่าปัจจุบันในขณะที่ทำการคำนวณ
- 4) คำนึงถึงความไม่แน่นอนในการคำนวณ
- 5) ไม่ขัดแย้งกับความตั้งใจในการใช้งานบัญชีรายการปริมาณก๊าซเรือนกระจก

ในกรณีที่ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบปฐมภูมิได้ สามารถใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรมหรือค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการเผยแพร่แล้วจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้ โดยเรียงตามลำดับความสำคัญ ความน่าเชื่อถือ และคุณภาพของข้อมูล ดังนี้

- ฐานข้อมูลที่ทำการศึกษาและเผยแพร่โดยองค์กรภายในประเทศ ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับกิจกรรมนั้นๆ
- ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย (Thai LCI database) ซึ่งรวบรวมและจัดการโดยศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
- ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศไทย ซึ่งผ่านการกรอง
- ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไป ได้แก่ โปรแกรมสำเร็จรูปด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA software) ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรม หรือฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ
- ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยเรื่อง การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental panel on climate change: IPCC)

2.2.5 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรมที่ระบุไว้ในขอบเขตการดำเนินงาน สามารถคำนวณได้ ดังนี้



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร

2.2.6 การรายงานผล

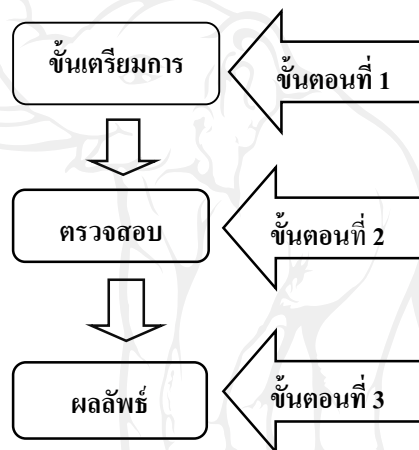
ต้องรายงานผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กร โดยรายงานจะต้องประกอบไปด้วยภาพรวมของรายงานที่ดำเนินการคำนวณ รายละเอียดของข้อมูลกิจกรรม ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าที่คำนวณได้ และอื่นๆ

2.3 การตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงาน

2.3.1 การตรวจวัดพลังงาน

1) ขั้นตอนการตรวจวัดพลังงาน

การตรวจวัดการใช้พลังงานเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เนื่องจากข้อมูลที่ได้จะบ่งชี้ถึงสถานการณ์การใช้พลังงานขององค์กร ถ้าข้อมูลที่ได้มาไม่ถูกต้องย่อมส่งผลให้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ไม่ถูกต้องตามความเป็นจริง ซึ่งในทางปฏิบัติการการสำรวจ และตรวจสอบวัดที่ดีต้องมีการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นอย่างละเอียด มีการวางแผนอย่างเป็นระบบ ด้วยวิธีการตรวจวัดที่ถูกต้อง จะช่วยให้การวิเคราะห์แนวทางลดการใช้พลังงานเป็นไปอย่างถูกต้อง และรวดเร็ว โดยขั้นตอนการตรวจวัดการใช้พลังงานสามารถสรุปได้ดังนี้



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการดำเนินการตรวจวัดการใช้พลังงาน

1.1) การเตรียมการ

รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของอาคารต่างๆ ภายในองค์กรที่ต้องการทำการตรวจวัดก่อน เพื่อให้เกิดความคุ้นเคยกับระบบต่างๆ ช่วยให้ผู้ตรวจสอบการใช้พลังงานสามารถบริหารเวลาในขั้นตอนการตรวจสอบภาคสนามได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่รบกวนการทำงานของบุคลากรหรือผู้อาศัยอยู่ภายในอาคารมากเกินไป ซึ่งแบ่งออกเป็นขั้นตอนย่อยๆ ดังนี้

(1) เตรียมข้อมูลเบื้องต้นการใช้พลังงาน เช่น อุปกรณ์การใช้พลังงาน แบบอาคาร และแบบผังอาคาร

- มีการใช้พลังงานที่ไหนและเมื่อไหร่ ส่วนใดของอาคารที่มีการใช้พลังงาน ช่วงเวลาใดที่มีการใช้พลังงาน
- มีการใช้พลังงานอย่างไร รายละเอียดของอุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงาน
- มีการใช้พลังงานเพื่ออะไร และเท่าไร

- (2) ประสานงานกับเจ้าหน้าที่องค์กรล่วงหน้าอย่างน้อย 1 สัปดาห์
- (3) ศึกษาการใช้พลังงานจากใบเสร็จค่าไฟฟ้าหรือสถิติการใช้พลังงานด้านอื่นๆ
- (4) แยกอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานตามประเภทของพลังงาน
- (5) เตรียมการตรวจวัด และเครื่องมือตรวจวัด โดยการศึกษาคู่มือการใช้อย่างละเอียด
- (6) กำหนดระยะเวลาการเก็บข้อมูลให้เหมาะสม

1.2) การตรวจสอบการใช้พลังงาน

การตรวจวัดการใช้พลังงานด้วยเครื่องมือวัด โดยมีขั้นตอนดังนี้

- (1) การตรวจสอบเบื้องต้น
- (2) การตรวจสอบโดยละเอียด
 - การสำรวจ
 - การตรวจวัดการใช้พลังงานช่วงขณะของอุปกรณ์ เช่น ระบบจ่ายไฟฟ้า ระบบปรับอากาศ สภาพภายนอกอาคาร ระบบแสงสว่าง เป็นต้น

1.3) ผลลัพธ์การตรวจวัดพลังงาน

เป็นข้อมูลที่สำคัญที่ได้จากการตรวจวัดการใช้พลังงานต่างๆ ภายในอาคารขององค์กร ด้วยเครื่องมือวัด เพื่อให้ทราบถึงลักษณะและสภาพการใช้พลังงานของระบบต่างๆ ขององค์กรนั้นๆ ตามความเป็นจริง เพื่อให้ทราบว่าระบบใดที่ใช้พลังงานมากที่สุดหรือเกินจำเป็นเพื่อนำไปวิเคราะห์เสนอแนะและหาแนวทางในการปรับปรุงการใช้พลังงานขององค์กรให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

2) การตรวจวัดระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

ระบบส่งจ่ายไฟฟ้า เป็นระบบที่กระจายไฟฟ้าจากจุดเริ่มต้นไปถึงอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า โดยมีอุปกรณ์ต่างๆ ที่สำคัญ คือ หม้อแปลงไฟฟ้า ตู้ส่งจ่ายไฟฟ้าหลักหรือตู้ MDB (Main distribution board) สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการส่งจ่ายไฟฟ้าภายในอาคาร

ในการตรวจวัดการใช้พลังงานของระบบส่งจ่ายไฟฟ้านั้น ข้อมูลรายละเอียดของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ต้องจัดเก็บ มีดังนี้

- ขนาดของหม้อแปลง (kVA)
- ยี่ห้อ
- ระบบการระบายความร้อน
- จำนวนหม้อแปลง
- สถานที่ติดตั้ง

การตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าที่ตู้ส่งจ่ายไฟฟ้าหลักจะทำการตรวจวัดและเก็บข้อมูลค่าที่ตรวจวัดได้ที่ตู้ส่งจ่ายไฟฟ้าหลัก มีดังนี้

- แรงดันไฟฟ้า (โวลท์)
- กระแสไฟฟ้า (แอมป์)
- กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)
- ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

เครื่องมือตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าที่ใช้ในการตรวจวัดระบบส่งจ่ายไฟฟ้า ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การตรวจวัดระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือวัด
ระบบส่งจ่ายไฟฟ้า	<ul style="list-style-type: none"> - แรงดันไฟฟ้า - กระแสไฟฟ้า - กำลังไฟฟ้า 	เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า (kW, Volt, Amp meter)
	ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	เครื่องวัดตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

3) การตรวจวัดระบบแสงสว่าง

แสงสว่างมีความสำคัญต่อการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวันอย่างมาก ซึ่งอุปกรณ์ที่สำคัญของระบบแสงสว่าง ประกอบด้วย โคมไฟ หลอดไฟฟ้า บัลลาสต์ และอุปกรณ์อื่นที่เกี่ยวข้องซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นแสงสว่าง

ในการตรวจวัดการใช้พลังงานของระบบแสงสว่าง จะทำการเก็บข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ดังนี้

- พื้นที่บริเวณที่ตรวจวัด
- ลักษณะการติดตั้งโคมไฟ ชนิดฝาครอบ จำนวนหลอดไฟต่อโคม
- ชนิด ขนาด จำนวนหลอดไฟฟ้า
- ค่าความส่องสว่าง (Lux)
- เวลาการใช้งานในรอบปี

ในการตรวจวัดระบบแสงสว่างมีหลักเกณฑ์ตรวจวัดค่าความส่องสว่าง (Lux) ดังนี้

- การวัดค่าความส่องสว่างให้วัดสูงจากพื้น 0.75 เมตร หรือวัดบนโต๊ะทำงาน โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็นตารางตามความเหมาะสม

- กรณีอาคารที่จัดเข้าประเภทไม่ได้ ให้วัดสูงจากพื้น 1 เมตร โดยแบ่งพื้นที่ออกเป็นตารางตามความเหมาะสม

- การวัดความส่องสว่างกรณีที่มีแสงธรรมชาติรวมอยู่ด้วย จะต้องวัดแสงธรรมชาติรวมกับแสงไฟก่อน จากนั้นปิดไฟจากหลอดไฟเพื่อวัดแสงธรรมชาติ แล้วหาค่าเฉพาะแสงสว่างจากหลอดไฟโดยนำค่าที่วัดแสงธรรมชาติรวมกับแสงไฟลบออกด้วยค่าที่วัดเฉพาะแสงธรรมชาติ

4) การตรวจวัดเครื่องปรับอากาศ

การปรับอากาศ เป็นกระบวนการรักษาสภาวะอากาศโดยการควบคุม อุณหภูมิ ความชื้น และความสะอาด ทำให้ผู้อยู่อาศัยเกิดความรู้สึกสบาย โดยเครื่องปรับอากาศจะนำความร้อนออกจากพื้นที่ โดยการดูดลมออกไปหรือโดยการหมุนเวียนลมภายในห้องให้ผ่านคอยล์เย็นด้วยพัดลม

ในการตรวจวัดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศนั้น ข้อมูลที่ต้องจัดเก็บ มีดังนี้

- หมายเลขเครื่อง (ถ้าไม่มีให้กำหนดขึ้นมาสสำหรับใช้อ้างอิง)
- เวลาเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ และจำนวนวันทำงานในหนึ่งปี
- ประเภทของเครื่องปรับอากาศ
- ลักษณะการติดตั้ง
- อายุการใช้งาน
- การบำรุงรักษา
- ยี่ห้อ รุ่นของคอนเดนซิ่งยูนิต รุ่นของเครื่องส่งลมเย็น
- พิกัดความสามารถการทำความร้อน
- พิกัดกำลังไฟฟ้าของคอนเดนซิ่งยูนิต
- พิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องส่งลมเย็น
- อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกอาคารขณะทำการทดสอบ
- พื้นที่หน้าน้ำากลม
- ความเร็วลมเฉลี่ยผ่านหน้าน้ำากลม
- อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ลมเข้าคอยล์เย็น
- อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ลมออกคอยล์เย็น
- อุณหภูมิลมเข้าและออกคอยล์ร้อน
- ชนิดของเทอร์โมสตัท : Bi-metal, อิเล็กทรอนิกส์

- ระยะเวลาที่คอมเพรสเซอร์ทำงานและหยุดทำงานอย่างน้อย 3 รอบการทำงาน แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ขณะคอมเพรสเซอร์ทำงานและหยุดทำงาน โดยในการตรวจวัดค่าของเครื่องปรับอากาศจะต้องดำเนินการดังนี้

- ขณะทำการทดสอบอุณหภูมิภายในห้องต้องอยู่ในช่วงใช้งานปกติ
- สำหรับเครื่องส่งลมเย็นที่ปรับความแรงลมได้ ต้องปรับไปที่ตำแหน่งสูงสุด
- หากแผงกรองอากาศของเครื่องส่งลมเย็นอุดตัน สามารถถอดแผงอากาศเพื่อวัดอัตราการ

ส่งลมเย็นได้

- การวัดอุณหภูมิเข้าและออกจากคอยล์ ต้องทำการวัดใกล้คอยล์ให้มากที่สุด แต่ต้องไม่ให้ตัววัดสัมผัสกับผิวคอยล์

- การทดสอบเครื่องปรับอากาศจะต้องทดสอบทุกเครื่องที่มีอายุการใช้งานตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป สำหรับเครื่องปรับอากาศที่มีอายุต่ำกว่า 5 ปีลงมา ให้สุ่มวัดอย่างน้อยร้อยละ 30 ตามกลุ่มขนาดและอายุการใช้งานของเครื่อง

สำหรับการตรวจวัดในระบบปรับอากาศ ข้อมูลที่ต้องทำการตรวจวัดและเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดแสดงตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การตรวจวัดระบบปรับอากาศ

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือวัด
ระบบปรับอากาศแบบ หน่วยเดียว	ค่าทางไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์	เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า (kW, Volt, Amp Meter)
	- แรงดันไฟฟ้า	
	- กระแสไฟฟ้า	
	- กำลังไฟฟ้า	
	อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์	เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์
	ความเร็วลม	เครื่องวัดความเร็วลม
	พื้นที่ช่องจ่ายลมเย็น	อุปกรณ์วัดความยาว เช่น คลิปเมตร

หมายเหตุ การตรวจวัดเครื่องปรับอากาศต้องทำในขณะที่คอมเพรสเซอร์กำลังทำงาน

2.3.2 การวิเคราะห์การใช้พลังงาน

ในการวิเคราะห์การใช้พลังงานสามารถแบ่งการวิเคราะห์ได้เป็น 3 ส่วน คือ ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่เฉลี่ยและสัดส่วนการใช้พลังงาน โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ ดังนี้

1) ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด หาได้จากการนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดการใช้ไฟฟ้ามาเขียนเป็นกราฟรวมระหว่างพลังงานไฟฟ้า (kW) กับเวลาที่ใช้งานทุกๆ 15 นาที ในรอบ 1 สัปดาห์ เพื่อหาลักษณะการใช้ไฟฟ้า โดยค่าพลังงานไฟฟ้ารวมสามารถหาได้จากสมการ

$$\text{พลังงานไฟฟ้ารวม} = \sum \text{Power}(t)_i$$

เมื่อ $\text{Power}(t)_i$ คือ พลังงานไฟฟ้าตรวจวัดที่เวลา t ของอาคาร i (kW)

t คือ เวลาทุกๆ 15 นาที

เมื่อได้ช่วงเวลาและค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในรอบ 1 สัปดาห์แล้ว นำไปเปรียบเทียบกับบิลค่าไฟ เพื่อหาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อไป

2) ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่เฉลี่ย

ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่เฉลี่ย เป็นความสัมพันธ์ของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรอบ 1 ปี กับพื้นที่ใช้สอยของอาคาร โดยมีความสัมพันธ์ ดังสมการ

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่เฉลี่ย} = \frac{\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดใน 1 ปี (kWh)}}{\text{พื้นที่ใช้สอยของอาคาร (ตารางเมตร)}}$$

สำหรับค่ามาตรฐานของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ สำหรับอาคารประเภทต่างๆ แสดงตามตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอยต่อปีและสัดส่วนพื้นที่ปรับอากาศของอาคาร

อาคาร	ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอยต่อปี (kWh/m ² Y)			สัดส่วนพื้นที่ปรับอากาศต่อพื้นที่ใช้สอย (%)
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	
สำนักงาน	25.5	660.1	102.9	28
โรงแรม	109.4	618.1	148.4	65
โรงพยาบาล	83.8	520.8	116.0	41
ห้างสรรพสินค้าชายปลีก	111.0	1165.4	268.7	68
สถานศึกษา	33.3	171.4	37.3	27
อาคารชุด	37.6	659.4	66.1	26
ห้างสรรพสินค้าชายปลีกและชายส่ง	32.8	793.7	359.6	72
อาคารอื่นๆ	27.0	717.9	117.5	32

หมายเหตุ อาคารที่ใช้งานพิเศษ เช่น สถานีส่งโทรทัศน์อาจมีการใช้ไฟฟ้าสูงกว่าที่แสดงในตาราง

3) สัดส่วนการใช้พลังงาน

โดยทั่วไป ได้แบ่งระบบการใช้พลังงานหลักๆ เป็น 3 ระบบ คือ ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และระบบอื่นๆ ซึ่งในการวิเคราะห์สัดส่วนการใช้พลังงานทั้ง 3 ระบบหลักนี้ ต้องทราบถึงปริมาณการใช้พลังงานในช่วงระยะเวลาที่เท่ากันของแต่ละระบบ เพื่อให้ทราบถึงสัดส่วนการใช้พลังงานสำหรับประกอบการวิเคราะห์และตัดสินใจดำเนินการหาแนวทางลดการใช้พลังงานในระบบที่มีการใช้งานที่สูงเกินไป และในการวิเคราะห์นั้น ข้อมูลหลักที่จำเป็น คือ ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดของอาคาร ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดในระบบปรับอากาศ และปริมาณการใช้

พลังงานทั้งหมดในระบบแสงสว่าง ส่วนปริมาณการใช้พลังงานในระบบอื่นๆ นั้น จะทำการพิจารณาเป็นลำดับสุดท้าย เมื่อพิจารณาสัดส่วนการใช้พลังงานของ 2 ระบบหลักข้างต้นแล้ว ตามสมการต่อไปนี้

$$\text{สัดส่วนการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ} = \frac{\text{ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดในระบบปรับอากาศ} \times 100\%}{\text{ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด}}$$

$$\text{สัดส่วนการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง} = \frac{\text{ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดในระบบแสงสว่าง} \times 100\%}{\text{ปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด}}$$

$$\text{สัดส่วนการใช้พลังงานในระบบอื่นๆ} = 100\% - \text{สัดส่วนการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ} - \text{สัดส่วนการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง}$$

4) การวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง

4.1) ค่ากำลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ใช้สอย

ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดที่ติดตั้งในพื้นที่ i คือ ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างที่ติดตั้งเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของบริเวณพื้นที่ i คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{กำลังไฟฟ้าติดตั้ง (W/m}^2\text{)} = \frac{(P_i + P_{wi}) \times n_1 \times n_2}{A_i}$$

เมื่อ P_i คือ ผลรวมของค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าทั้งหมดที่ติดตั้งในพื้นที่ i (W)

P_{wi} คือ ผลรวมของกำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์ทั้งหมดที่ติดตั้งในพื้นที่ i (W)

A_i คือ พื้นที่ใช้สอยในระบบแสงสว่างของบริเวณพื้นที่ i มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

n_1, n_2 คือ จำนวนหลอดต่อโคมและจำนวนโคมทั้งหมดที่ติดตั้งในพื้นที่ i

ค่ามาตรฐานของกำลังไฟฟ้าติดตั้งของระบบแสงสว่างต่อพื้นที่ใช้สอย ได้ใช้ค่ามาตรฐานจากกฎกระทรวงอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 โดยอาคารควรมีค่ากำลังไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอยไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในแต่ละประเภทอาคารตามตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุดจากกฎกระทรวงอาคารควบคุม พ.ศ. 2538

ประเภทลักษณะพื้นที่อาคาร	ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุด* (W/m^2)
สำนักงาน โรงแรม สถานศึกษา โรงพยาบาล/สถานพักฟื้น	16
ร้านขายของ ซูเปอร์มาร์เก็ตและศูนย์การค้า	23

หมายเหตุ : *ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งอาคารแต่ไม่รวมที่จอดรถ

4.2) ค่าความส่องสว่าง

ค่าความส่องสว่าง คือ ปริมาณแสงที่ตกกระทบบนผิวต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตรและเป็นค่าที่แสดงว่าแสงสว่างที่ได้เพียงพอต่อการใช้งานหรือไม่ โดยมีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร หรือลักซ์ (Lux) ซึ่งค่าความส่องสว่างนี้หาได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดค่าความสว่าง (Lux meter) ซึ่งปกติความต้องการค่าความส่องสว่างในแต่ละพื้นที่จะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ซึ่งในการควบคุมแสงสว่างจำเป็นต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในการทำงาน ความต้องการด้านความปลอดภัย และสุขอนามัยต่อสายตา ทั้งนี้ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของระดับการส่องสว่างในแต่ละพื้นที่ ดังแสดงตามตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมกับพื้นที่หรืองาน

ชนิดพื้นที่หรืองาน	ย่านความส่องสว่าง (Lux) (Min-Mean-Max)
พื้นที่อาคารทั่วไป	
ทางเดิน	50-100-150
ที่เก็บของ ห้องเก็บของ บันได บันไดเลื่อน	100-150-200
สำนักงาน	
สำนักงานทั่วไป พิมพ์ดีด ห้องคอมพิวเตอร์	300-500-750
สำนักงานเขียนแบบ	500-750-1,000
ห้องประชุม	300-500-750
ร้านค้า	
ในอาคารพาณิชย์	500-625-750
ในที่อื่นๆ	300-400-500
โรงเรียน	
ห้องบรรยาย	300-500-750
หน้ากระดาน	300-500-750
ห้องเขียนแบบ	500-750-1,000
ห้องทดลอง	300-500-750
ห้องศิลปะ	300-500-750
โรงปฏิบัติการ	300-500-750
ห้องสมุด	
หิ้งหนังสือ	150-200-300
โต๊ะอ่านหนังสือ	300-500-750

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2552

5) การวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ

5.1) อัตราการทำความเย็นที่ทำได้จริง

ค่าอัตราการทำความเย็นที่ทำได้จริง สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$TR = 4.5 \times CFM \times (h_r - h_s)$$

เมื่อ ค่า 4.5 คือ ค่าคงที่สำหรับตัวกลางอากาศ

TR คือ ค่าอัตราการทำความเย็นที่ทำได้จริง ในหน่วยของ Btu/hr

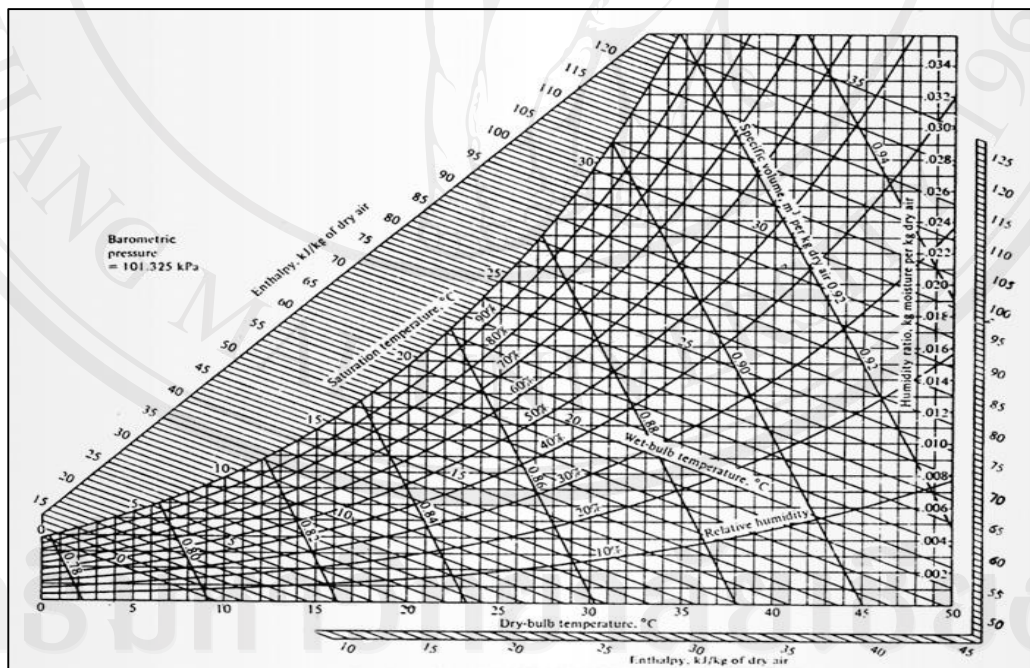
CFM คือ ค่าอัตราการไหลของอากาศ ในหน่วยของ ft^3/min หาค่าได้จาก

$$CFM = \text{พื้นที่หน้าฉากลมจ่าย (ft}^2\text{)} \times \text{ความเร็วลมด้านลมจ่าย (ft/min)}$$

h_r คือ เอนทาลปีด้านลมกลับ ในหน่วยของ Btu/lb หาได้โดยใช้ Psychrometric Chart

h_s คือ เอนทาลปีด้านลมจ่าย ในหน่วยของ Btu/lb หาได้โดยใช้ Psychrometric Chart

การหาค่า h_r และ h_s นั้นจะต้องทำการตรวจวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ทั้งด้านลมจ่ายและลมกลับของเครื่องปรับอากาศ แล้วนำมาหาค่า ใน Psychrometric chart ซึ่งมีลักษณะตามรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 Psychrometric chart

5.2) อัตราส่วนกิโวลต์ต่อตันความเย็น

อัตราส่วนกิโวลต์ต่อตันความเย็น (kW/TR) สามารถหาได้จากอัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าที่เครื่องปรับอากาศใช้ต่อค่าตันความเย็นที่ทำได้จริงของเครื่องปรับอากาศนั้นๆ ดังสมการ

$$\text{kW/TR} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศ (kW)}}{\text{อัตราการทำความเย็นที่ทำได้จริง (Btu/hr)}}$$

ค่าอัตราส่วนกิโวลต์ต่อตันความเย็นที่ได้ จะใช้เทียบกับค่ามาตรฐานกฎกระทรวง ปี 2538 โดยจะต้องมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐาน ดังที่แสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.7 ค่ามาตรฐานของอัตราส่วนกิโวลต์ต่อตันความเย็น ตามกฎกระทรวงปี พ.ศ.2538

ชนิดเครื่องปรับอากาศ	อาคารใหม่ (กิโวลต์ต่อตันความเย็น)	อาคารเก่า (กิโวลต์ต่อตันความเย็น)
เครื่องปรับอากาศแบบชุด (Packaged type)	1.37	1.58
เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง/แยกส่วน (Window/Split type)	1.40	1.61

หมายเหตุ : อาคารเก่า หมายถึง อาคารที่สร้างไม่เกินปี พ.ศ. 2538

อาคารใหม่ หมายถึง อาคารที่สร้างหลังปี พ.ศ. 2538

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2552

5.3) อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (energy efficiency ratio, EER)

เป็นค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ คำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{EER} = \frac{\text{ค่าความเย็นที่ทำได้จริง (Btu/hr)}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศ (W)}}$$

2.3.3 มาตรการการใช้พลังงานไฟฟ้า

มาตรการการใช้พลังงานไฟฟ้า ไม่ใช่เพียงการประหยัดพลังงานเท่านั้น แต่ยังเป็นการทำให้ระบบต่างๆ มีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยเริ่มจากการทบทวนการจัดการว่าเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และลักษณะการทำงานขององค์กรหรือไม่ จากนั้นจึงทำการพิจารณาปรับปรุง โดยเลือกใช้มาตรการที่ไม่มีการลงทุนหรือลงทุนน้อยก่อน ซึ่งในการปรับปรุงและการจัดการพลังงานในระบบต่างๆ นั้น มีแนวทางในการดำเนินการในระบบต่างๆ ดังนี้

1) วิเคราะห์หาแนวทางเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพสูงและการลงทุนต่ำ

โดยเริ่มจากมาตรการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ ก่อน เช่น การทำความสะอาดอุปกรณ์และพื้นที่ที่มีการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ เพราะเมื่อใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ เป็นเวลานานประสิทธิภาพย่อมลดน้อยลง ดังนั้นการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอจึงมีความจำเป็นในการให้ได้มาซึ่งระบบการทำงานของอุปกรณ์ที่ดีขึ้น

การจัดการระบบที่มีการลงทุนต่ำ เช่น การรณรงค์การเปิด-ปิดอุปกรณ์ในพื้นที่หรือในช่วงเวลาที่ไม่จำเป็น เช่น ในฤดูหนาว ซึ่งช่วยลดการใช้งานเครื่องปรับอากาศได้ โดยการเลื่อนเวลาการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศออกไป 30 นาทีจากเดิม หรือการลดพื้นที่การให้แสงสว่างบริเวณที่ไม่ได้ใช้งาน โดยการตั้งเวลาเปิด-ปิดอัตโนมัติ หรืออาจควบคุมการเปิด-ปิด ตามความเหมาะสม

การเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์ในระบบ โดยเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง จากการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนอุปกรณ์ที่หมดอายุ ซึ่งจะต้องใช้เงินลงทุนสูง

2) พิจารณาจุดคุ้มทุนของการปรับปรุงระบบ

จากการพิจารณาแนวทางการปรับปรุงในแต่ละมาตรการที่เหมาะสม ควรนำมาเปรียบเทียบด้านการลงทุน เริ่มจากมาตรการที่มีเงินลงทุนต่ำ จนถึงมาตรการที่มีเงินลงทุนสูง ระยะเวลาดำเนินการ ผลกระทบต่อการทำงาน มูลค่าการลงทุน ระยะเวลาคืนทุน และจุดคุ้มทุน ซึ่งจะพิจารณาร่วมกับอายุการใช้งานของอุปกรณ์

3) สรุปแนวทางการวิเคราะห์เพื่อดำเนินการปรับปรุง

จากการสำรวจและพิจารณาจุดคุ้มทุน จะช่วยให้สามารถสรุปได้ว่าควรมีการปรับปรุงโดยใช้มาตรการใดเพื่อให้ได้ระบบมีประสิทธิภาพสูง และมีการลงทุนต่ำที่สุด โดยสามารถจำแนกลักษณะของมาตรการต่างๆออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

3.1) มาตรการด้านการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม คือ วิธีการจัดการพลังงานขั้นพื้นฐาน ซึ่งเป็นวิธีการที่มีการลงทุนต่ำหรือไม่มีการลงทุนเลย เป็นการใช้ระบบปัจจุบันที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยการใช้งานอย่างถูกวิธี เช่น การเปิด-ปิดอุปกรณ์ในช่วงเวลาที่ไม่จำเป็น การบำรุงรักษาอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ เช่น

(1) ลดการใช้แสงสว่างในบริเวณที่ไม่จำเป็น เพราะเป็นการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นจึงควรเอาใจใส่ในการปิดไฟแสงสว่างในบริเวณที่ไม่ต้องการแสงสว่าง โดยพลังงานไฟฟ้าที่สามารถลดลงได้ เป็นตามสมการ

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง (kWh/ปี)} = \sum n_i \times [(P_i + P_{B_i})] \times h \times d \times f$$

- เมื่อ n คือ จำนวนหลอดไฟที่ลดการใช้งาน
- P_i คือ ผลรวมของค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟที่ลดการใช้งาน (kW)
- P_{Bi} คือ ผลรวมของกำลังสูญเสียในบัลลาสต์เก่าที่ลดการใช้งาน (kW)
- h คือ เวลาที่เปิดใช้งานต่อวัน (hr/day)
- d คือ จำนวนวันใช้งานต่อปี
- f คือ แฟกเตอร์การใช้งาน

(2) ทำความสะอาดอุปกรณ์ต่างๆ อย่างหลอดไฟ กระจกกครอบ และผิวสะท้อนแสง เพราะฝุ่นละอองที่จับอยู่กับอุปกรณ์แสงสว่างจะทำให้ความสว่างลดลงได้ประมาณร้อยละ 30 ดังนั้นจึงควรทำความสะอาดอุปกรณ์อย่างน้อยปีละสองครั้ง และควรจะมากขึ้นหากมีการติดตั้งในบริเวณที่มีไขมัน ฝุ่นละออง หรือควัน

(3) จัดการพื้นที่ที่มีความสว่างมากเกินไป ควรย้ายโคมไฟแสงสว่างออกจากพื้นที่ที่มีความสว่างที่เหมาะสม

(4) ปิดเครื่องปรับอากาศขณะที่ไม่มีการใช้งาน หรือลดเวลาการใช้งาน เครื่องปรับอากาศ จะช่วยลดการใช้พลังงานได้ตามสมควร

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง(kWh/ปี)} = \sum n \times p_i \times (h_1 - h_2) \times d \times f$$

- เมื่อ n คือ จำนวนเครื่องปรับอากาศ
- P_i คือ ผลรวมของค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (kW)
- $h_{1,2}$ คือ เวลาที่เปิดใช้งานต่อวัน (hr/day)
- d คือ จำนวนวันใช้งานต่อปี
- f คือ แฟกเตอร์การใช้งาน

(5) ปิดแสงสว่าง คอมพิวเตอร์ เครื่องถ่ายเอกสารและอุปกรณ์ที่ผลิตความร้อนในบริเวณที่มีการปรับอากาศเมื่อไม่ได้ใช้งาน

(6) ตรวจสอบแผ่นกรองอากาศของเครื่องปรับอากาศให้สะอาด

(7) ปิดพัดลมระบายอากาศในช่วงที่มีการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศ

(8) ซ่อมแซมรอยรั่วของห้อง ไม่ให้มีการรั่วไหลของอากาศเย็นออกจากห้อง

(9) ทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศทั้งส่วนคอนเดนซิงยูนิท และส่วนจ่ายลมเย็น

3.2) มาตรการด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพอุปกรณ์ คือ การปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ที่มีอยู่ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นหรือการเพิ่มส่วนประกอบเสริมเข้าไปในระบบเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ซึ่งอาจต้องมีการลงทุนเพิ่มเติมในส่วนของอุปกรณ์เสริม เช่นมาตรการ

- (1) การลดความร้อนที่ถูกผลิตขึ้นในบริเวณปรับอากาศ จะช่วยลดการใช้พลังงาน
 - สำหรับการทำความเย็น สามารถลดการเกิดความร้อนที่ผลิตขึ้นได้โดยห้ามเงาให้อาคาร โดยการปลูกต้นไม้เพื่อบังแดด
 - ลดไฟแสงสว่างในบริเวณปรับอากาศ
 - ปิดหน้าต่างที่ไม่ได้ใช้งาน

3.3) มาตรการด้านการเปลี่ยนมาใช้อุปกรณ์และเครื่องจักรประหยัดพลังงาน เป็นการเปลี่ยนระบบหรืออุปกรณ์เพื่อให้ประสิทธิภาพโดยรวมสูงขึ้น ซึ่งมาตรการประเภทนี้จะต้องใช้งบลงทุนที่สูงขึ้นเช่นกัน เช่น

- (1) การเปลี่ยนอุปกรณ์ในระบบแสงสว่างที่ล้าสมัยหรือเลิกใช้แล้วมาเป็นอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ อย่างการเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟประสิทธิภาพสูงและบัลลาสต์ชนิดที่มีการสูญเสียพลังงานต่ำ ผลที่ได้จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ ตามสมการดังนี้

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง (kWh/ปี)} = \sum n \times [(P_1 + P_{B1}) - (P_2 + P_{B2})] \times h \times d \times f$$

- เมื่อ
- n คือ จำนวนหลอดไฟที่เปลี่ยน
 - $P_{1,2}$ คือ ผลรวมของค่าพิกัดกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้าเก่าและใหม่ตามลำดับ (kW)
 - $P_{B1,B2}$ คือ ผลรวมของกำลังสูญเสียในบัลลาสต์เก่าและใหม่ตามลำดับ (W)
 - h คือ เวลาที่เปิดใช้งานต่อวัน (hr/day)
 - d คือ จำนวนวันใช้งานต่อปี
 - f คือ แฟกเตอร์การใช้งาน

(2) การเปลี่ยนมาใช้โคมไฟสะท้อนแสง จะทำให้แสงสว่างเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว โดยสามารถลดการใช้หลอดไฟลงได้ 1 หลอดสำหรับการติดตั้งแบบ 2-3 หลอดต่อโคม และลดได้ 2 หลอดสำหรับการติดตั้งแบบ 4 หลอดต่อโคม โดยค่าความส่องสว่างในบริเวณที่ทำการปรับปรุงยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงสามารถคำนวณได้เช่นเดียวกับการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในมาตรการการลดจำนวนหลอดไฟ

(3) การเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงแทนการใช้เครื่องปรับอากาศที่เก่าและมีประสิทธิภาพไม่ดี ซึ่งจะช่วยประหยัดพลังงานลงได้จากประสิทธิภาพที่ดีขึ้นของเครื่องปรับอากาศ โดยสามารถคำนวณผลการประหยัดพลังงานได้ตามสมการ

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง(kWh/ปี)} = \sum n \times (p_1 f_1 - p_2 f_2) \times h \times d$$

- เมื่อ
- n คือ จำนวนเครื่องปรับอากาศ
 - p_1 คือ ผลรวมของค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (kW)
 - p_2 คือ ผลรวมของค่ากำลังไฟฟ้าที่เปลี่ยน(kW) มีค่า เท่ากับ $p_2 = S_2 / (\text{EER} \times 1,000)$ โดยที่
 - S_2 คือ ขนาดของเครื่องปรับอากาศที่เปลี่ยน (Btu/hr)
 - EER คือ ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศที่เปลี่ยน (Btu/hr-W)
 - $f_{1,2}$ คือ แฟกเตอร์การใช้งานก่อนและหลังการปรับปรุงตามลำดับ
 - h คือ เวลาที่เปิดใช้งานต่อวัน (hr/day)
 - d คือ จำนวนวันใช้งานต่อปี

2.4 เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะ

เทคโนโลยีการจัดการขยะมีอยู่ด้วยกันหลากหลายประเภท โดยแต่ละประเภทจะมีความเหมาะสมกับแต่ละพื้นที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณา ได้แก่ ปริมาณขยะมูลฝอย องค์ประกอบของขยะมูลฝอย การคัดแยกขยะมูลฝอย จำนวนบุคลากรที่ต้องจัดเตรียม จำนวนเงินลงทุน ค่าดำเนินการ พื้นที่ที่ต้องจัดเตรียม รวมถึงการยอมรับของประชาชนและความพร้อมในการนำไปใช้ ซึ่งเทคโนโลยีการจัดการขยะที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย

2.4.1 เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion)

เป็นการจัดการขยะที่เป็นอินทรีย์ย่อยสลายง่าย จำพวกเศษอาหาร เศษผักและผลไม้ โดยทั่วไปขยะอินทรีย์ 1 ตันจะให้ก๊าซชีวภาพประมาณ 100-200 ลูกบาศก์เมตร โดยมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 55-70 ซึ่งพลังงานประมาณร้อยละ 20-40 ของพลังงานจากก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ จะถูกนำมาใช้ในระบบทั้งในรูปของพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน โดยจะเหลือพลังงานไฟฟ้าประมาณ 75-150 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันขยะ ที่สามารถส่งออกไปจำหน่ายได้ โดยสามารถแบ่งการทำงานออกได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) การบำบัดขั้นต้น เป็นกระบวนการจัดการขยะในขั้นต้น เริ่มจากการคัดแยกขยะที่ไม่ใช่ขยะอินทรีย์ออกจากขยะรวม จากนั้นทำการลดขนาดของขยะอินทรีย์ให้เหมาะสมเพื่อให้ง่ายต่อการย่อยสลายในขั้นตอนต่อไป ซึ่งในขั้นตอนการคัดแยกขยะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1.1) ระบบคัดแยกแบบแห้ง (Dry separation process) โดยทั่วไปจะใช้ตะแกรงคัดแยกขยะแบบ Drum screen ซึ่งประกอบด้วย เครื่องเปิดถุง (Bag opener) และตะแกรงคัดแยกขยะซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญในการคัดแยกขยะมูลฝอยอินทรีย์ โดยอาศัยความแตกต่างของขนาด เนื่องจากขยะมูล

ฝอยอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่าย ส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็ก ซึ่งการคัดแยกวิธีนี้จะสามารถคัดแยกขยะอินทรีย์ได้ทุกประเภท แต่ต้องให้ความชื้นแก่ขยะมูลฝอยอินทรีย์เพิ่มเติมก่อนนำเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป

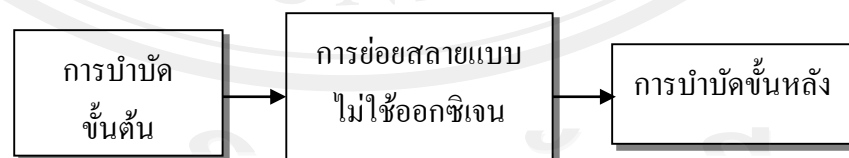
1.2) ระบบคัดแยกแบบเปียก (Wet separation process) ใช้หลักการคัดแยกสิ่งปะปนออกจากขยะมูลฝอยอินทรีย์โดยวิธีการจม-ลอย (Sink-float separation) และจะมี Pulper ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญในการคัดแยกและบดย่อยขยะอินทรีย์ โดยจะได้ขยะอินทรีย์ที่มีความละเอียดมากกว่าวิธีการคัดแยกแบบแห้ง ขยะที่ได้จะมีความชื้นสูง เหมาะสำหรับการนำเข้าสู่ขั้นตอนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน

2) การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion) เป็นขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ในสภาพที่ไร้ออกซิเจนช่วยในการย่อยสลายขยะอินทรีย์ให้คงสภาพ รวมทั้งเพื่อให้อากตะกอนจากการย่อยสลายปราศจากเชื้อโรค และให้ผลผลิตสุดท้ายจากการย่อยสลายขยะอินทรีย์เป็นปุ๋ยอินทรีย์หรือสารปรับสภาพดิน ซึ่งสามารถแบ่งระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนออกได้เป็น 2 ประเภท ตามความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ ดังนี้

2.1) Dry digestion process มีปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบ ตั้งแต่ 20-40 เปอร์เซ็นต์

2.2) Wet digestion process มีปริมาณความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ป้อนเข้าสู่ระบบน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 10-15 เปอร์เซ็นต์

3) การบำบัดขั้นหลัง (Back-end treatment) เป็นขั้นตอนการจัดการกากตะกอนที่เหลือจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนให้มีความคงตัวมากขึ้นโดยใช้ระบบหมักปุ๋ยแบบใช้อากาศ การฆ่าเชื้อโรค และการกำจัดสิ่งปะปน เช่น เศษพลาสติกและเศษโลหะ โดยใช้ตะแกรงร่อน รวมทั้งปรับความชื้นให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกพืชต่อไป โดยแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการทำงานของเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน

2.4.2 เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบแบบถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary landfill gas to energy)

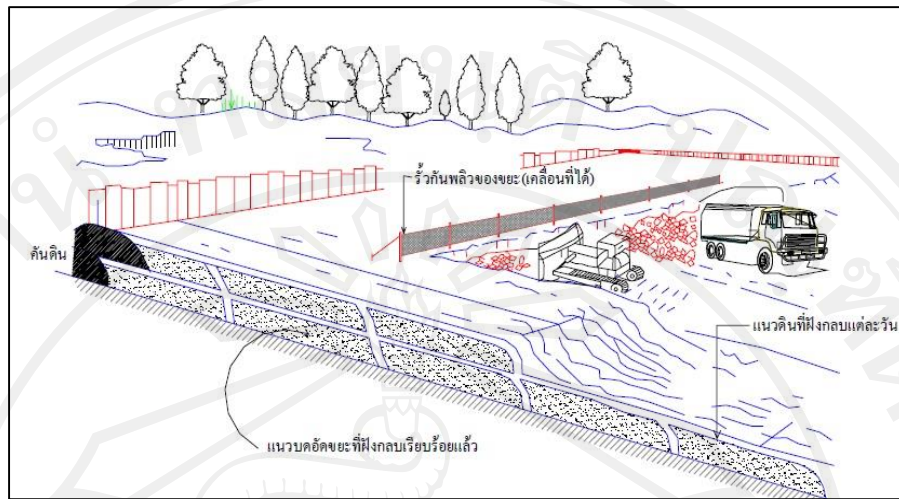
เป็นเทคโนโลยีการจัดการขยะมูลฝอยในหลุมหรือพื้นที่ที่เตรียมไว้ โดยการบดอัดขยะเพื่อให้ยุบตัวและมีความหนาแน่นมากยิ่งขึ้น แล้วจึงปิดทับด้วยดินอัดให้แน่นอีกครั้ง ก่อนนำขยะมา

เกลี่ยและบดอัดอีกครั้งเป็นชั้นๆ สลับกับชั้นดินกลบทับไปเรื่อยๆ เพื่อป้องกันปัญหาเรื่องกลิ่น น้ำ ชะขยะ และแมลงรบกวน ซึ่งเทคโนโลยีการฝังกลบขยะนี้จะทำให้เกิดก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย คาร์บอนมอนอกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และไนโตรเจน แต่จะมี ปริมาณของก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าอื่นๆ และหากความเข้มข้นของมีเทนมี มากกว่า 50% ขึ้นไป จะสามารถนำก๊าซที่ได้ไปใช้การผลิตพลังงานต่อไปได้ ซึ่งพลังงานที่ผลิตได้ จะขึ้นอยู่กับ ปริมาณของก๊าซชีวภาพที่เกิดจากหลุมฝังกลบขยะมูลฝอย คุณสมบัติของขยะมูลฝอย ความหนาแน่นของชั้นฝังกลบ ความชื้น และระบบการจัดการก๊าซชีวภาพที่เกิดจากหลุมฝังกลบ (ประสิทธิภาพของระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบเฉลี่ยประมาณ 70-85%) รวมทั้งระบบ ผลิตพลังงานที่เลือกใช้ โดยสามารถแบ่งการทำงานของระบบออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) การบำบัดขั้นต้น (Pre-treatment system) เป็นการจัดการขยะขั้นต้นโดยการคัดแยกขยะ ก่อน จากนั้นบดย่อยขยะให้มีขนาดเล็กลง เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติของขยะมูลฝอย และเพิ่มอัตราการ เกิดมีเทน

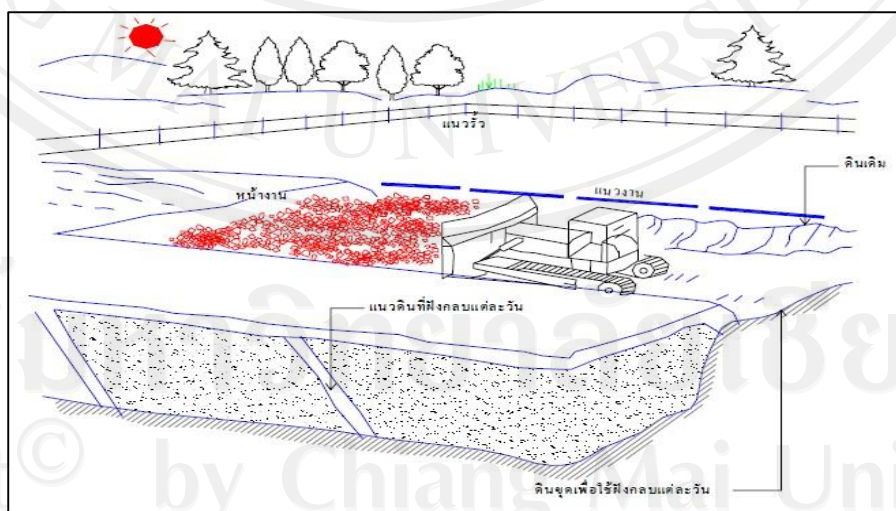
2) การฝังกลบในพื้นที่ โดยการนำขยะที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้วมาฝังกลบในระบบ ซึ่ง จำแนกได้เป็น ระบบฝังกลบแบบพื้นที่ (Area method) และระบบฝังกลบแบบร่อง (Trench method) โดยมีรายละเอียดของแต่ละระบบ ดังนี้

2.1) การฝังกลบแบบพื้นที่ (Area method) เป็นวิธีการฝังกลบ โดยไม่มีการขุดดิน แต่จะทำ คันดินตามแนวขอบ เพื่อเป็นผนังยันการบดอัดขยะมูลฝอย โดยเริ่มจากการบดอัดขยะมูลฝอยตาม แนวราบก่อน จากนั้นค่อยๆ บดอัดทับในชั้นถัดไปสูงขึ้นเรื่อยๆ แต่ละชั้นมูลฝอย กว้าง 5 เมตร หนา 0.50 เมตร บดอัดจนมีความหนาแน่นรวมกันประมาณ 2-3 เมตร แล้วจึงกลบทับด้วยดินหนา 0.15 เมตร โดยจะเรียกขยะมูลฝอยที่ถูกบดอัดและมีดินกลบทับเรียบร้อยแล้วว่า เซล (Cell) และเมื่อแต่ละเซลล์ เรียงกันตามแนวราบจนเต็มพื้นที่ที่จะถูกเรียกว่า ชั้นมูลฝอย (Lift) หลังจากบดอัดขยะมูลฝอยจนได้ ชั้นมูลฝอยแล้ว จะกลบทับด้วยดินกลบทับระหว่างชั้นมูลฝอยอีก 0.30 เมตร (Lift cover) จนถึงชั้น มูลฝอยสุดท้าย (Final lift) แล้ว จึงกลบทับด้วยดินกลบทับอีก 0.60 เมตร (Final cover) ตามรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 วิธีการฝังกลบแบบพื้นที่ (Area method)
(เนติยา ตันทชุนท์, การฝังกลบมูลฝอย, 2553)

2.2) การฝังกลบแบบร่อง (Trench method) เป็นวิธีการฝังกลบโดยการขุดพื้นดินให้เป็นร่องยาว 30-100 เมตร กว้าง 5-8 เมตร และลึกประมาณ 2 เมตร โดยเริ่มจากการทิ้งขยะมูลฝอยลงในร่องที่ขุดไว้แล้วทำการบดอัดขยะมูลฝอยไปเรื่อยๆ จนได้ความสูงของชั้นขยะมูลฝอยตามที่ต้องการแล้วจึงปิดทับด้วยดินกลบทับ ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าวิธีการฝังกลบแบบพื้นที่ เนื่องจากไม่ต้องทำคันดิน และใช้ดินจากที่อื่นมากลบทับ เพราะสามารถใช้ผนังร่องเป็นกำแพงชั้นขยะมูลฝอยที่จะบดอัดได้ อีกทั้งยังมีหน่วยพื้นที่กำจัดขยะมูลฝอยมากกว่า เนื่องจากเมื่อทำการฝังกลบแบบร่องจนถึงระดับผิวดินเดิมแล้วยังสามารถดำเนินการฝังกลบแบบพื้นที่ต่อได้



รูปที่ 2.7 วิธีการฝังกลบแบบร่อง (Trench method)
(เนติยา ตันทชุนท์, การฝังกลบมูลฝอย, 2553)

ในส่วนของการเลือกที่ตั้งของสถานที่ฝังกลบขยะ จำเป็นจะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมของสถานที่ตั้งเป็นหลักโดยมีข้อควรพิจารณา ดังนี้

1) ระยะเวลาการขนส่งขยะมูลฝอย ควรเป็นระยะทางที่สั้นที่สุด โดยควรหลีกเลี่ยงเส้นทาง การขนส่งผ่านชุมชนเท่าที่จะเป็นไปได้ ทั้งจากแหล่งกำเนิดขยะจนถึงสถานที่ฝังกลบ หรือจากสถานที่ พักขยะชั่วคราวไปจนถึงสถานที่ฝังกลบขยะ เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการร้องเรียนจากแหล่งชุมชน ใกล้เคียง ซึ่งก่อความรบกวนต่อการดำเนินกิจกรรมตามปกติของชุมชนใกล้เคียงจากการตกหล่น รั่วไหลจากการฝังกลบ

2) การเข้าถึงสถานที่ฝังกลบ ควรมีทางเข้าออกได้อย่างสะดวก ถนนทางเข้าแข็งแรง

3) สถานที่ฝังกลบ ควรมีสภาพแวดล้อมเป็นไปตามเกณฑ์การคัดเลือกพื้นที่ของสถานที่ฝัง กลบขยะ ซึ่งมีข้อจำกัด ดังนี้

- ไม่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำชั้นที่ 1 และ 2
- ตั้งอยู่ห่างจากแนวเขตโบราณสถานไม่น้อยกว่า 1 กิโลเมตร
- ตั้งอยู่ห่างจากแนวเขตสนามบินไม่น้อยกว่า 5 กิโลเมตร
- ควรอยู่ห่างจากแหล่งน้ำหรือโรงผลิตน้ำประปาในปัจจุบันไม่น้อยกว่า 700 เมตร
- ควรอยู่ห่างจากแหล่งน้ำรวมทั้งพื้นที่ชุ่มน้ำ ไม่ต่ำกว่า 300 เมตร ยกเว้นแหล่งน้ำที่ตั้งอยู่ใน

สถานที่ฝังกลบ

- ควรมีการวิเคราะห์รากฐานที่รองรับภาระและแรงกดจากการฝังกลบและสภาพการทรุดตัวหลังการฝังขยะ

- ควรเป็นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินลึก หรือระดับลึกสุดของหลุมฝังกลบต้องอยู่สูงกว่าระดับน้ำ ไม่น้อยกว่า 1 เมตร ยกเว้นเป็นบ่อคอนกรีตเสริมเหล็ก

- ควรเป็นชั้นดินหรือชั้นหินตามธรรมชาติ ซึ่งน้ำหรือของเหลวซึมผ่านได้ยาก

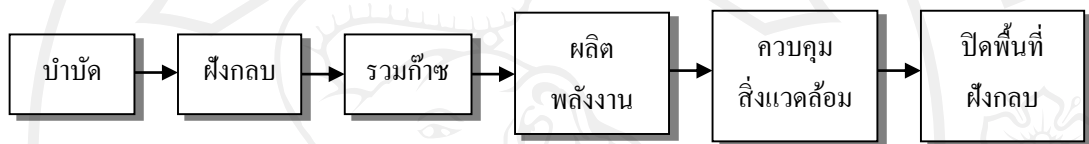
- มีเนื้อที่เพียงพอในการฝังกลบขยะได้ประมาณ 20 ปี

4) ระบบควบคุมทางด้านสิ่งแวดล้อม คือระบบการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ระบบ รวบรวมน้ำชะขยะ (Leachate collection system) ระบบบำบัดน้ำเสีย และระบบติดตามตรวจสอบน้ำ ใต้ดิน (Groundwater monitoring system) และน้ำผิวดิน

5) ระบบรวบรวมก๊าซชีวภาพ ได้แก่ ระบบ Passive system มักจะใช้งานกับพื้นที่ฝังกลบ ขนาดเล็ก สำหรับระบบ Active System มักใช้งานกับพื้นที่ฝังกลบขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ และ สำหรับระบบ Physical barrier เพื่อป้องกันก๊าซชีวภาพแพร่กระจายออกทางผิวน้ำของหลุมฝังกลบ ซึ่งรวมถึงระบบติดตามการรั่วไหลของก๊าซชีวภาพ (Perimeter monitoring system) จากพื้นที่ฝังกลบ

6) ระบบผลิตพลังงานจากก๊าซชีวภาพ ก๊าซชีวภาพที่ได้จากหลุมฝังกลบสามารถนำไปใช้ประโยชน์ ได้ 3 แบบ คือ การใช้ประโยชน์ในพื้นที่ฝังกลบหรือพื้นที่ใกล้เคียงในรัศมีไม่เกิน 3 กิโลเมตร การผลิตกระแสไฟฟ้า (Electricity generation) โดยใช้ IC engine หรือ Gas engine และการส่งเข้าสู่ระบบท่อก๊าซ (Pipeline injection) ในรูปของก๊าซคุณภาพปานกลาง โดยมีก๊าซมีเทนประมาณร้อยละ 30-50 หรือมีคุณภาพของก๊าซมีเทนคุณภาพสูงถึงร้อยละ 95

7) การปิดพื้นที่ฝังกลบขยะ แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ การปิดชั้นฝังกลบรายวัน (Daily cover) การปิดชั้นฝังกลบบริเวณด้านบนและด้านข้าง (Intermediate cover) และการปิดชั้นฝังกลบชั้นสุดท้าย (Final cover) โดยแสดงขั้นตอนการทำงานของเทคโนโลยีการฝังกลบ ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แสดงขั้นตอนการทำงานของเทคโนโลยีผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ
แบบถูกหลักสุขาภิบาล

2.4.3 เทคโนโลยีขยะเชื้อเพลิงอัดแท่ง (Refuse derived fuel, RDF)

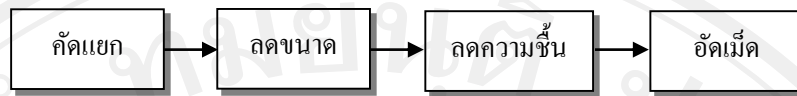
เป็นเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากขยะเผาไหม้ได้ โดยนำขยะมาผ่านกระบวนการจัดการต่างๆ เพื่อแปรสภาพขยะมูลฝอยที่มีองค์ประกอบและคุณสมบัติไม่คงที่ให้กลายเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่งที่มีคุณสมบัติทั้งทางกายภาพและทางเคมี เช่น ค่าความร้อน ความชื้น ขนาด และความหนาแน่นที่เหมาะสมสำหรับเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงาน เพราะนอกจากจะทำให้ง่ายต่อการจัดการขนส่งแล้วยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำกว่าการนำขยะมาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง ซึ่งนอกจากจะใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนได้โดยตรงแล้ว ยังสามารถนำไปใช้เผาไหม้ร่วมกับเชื้อเพลิงอื่นได้ อย่างในอุตสาหกรรมซีเมนต์ที่มีการนำเชื้อเพลิงขยะมาเผาพร้อมกับถ่านหินในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์ โดยทั่วไปเชื้อเพลิงขยะที่ได้จะมีค่าความร้อนสูงประมาณ 13-18 MJ/kg เทียบได้กับชีวมวลแล้วจะมีค่าความชื้นต่ำกว่า และมีความหนาแน่นมากกว่าขยะมูลฝอยและชีวมวลทั่วไปโดยประมาณร้อยละ 450-600 kg/m³ โดยเชื้อเพลิงขยะสามารถแบ่งได้เป็น 7 ชนิดด้วยกันตามมาตรฐาน ASTM E-75 ตามตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 คุณลักษณะของเชื้อเพลิงขยะแต่ละชนิดและระบบการเผาไหม้

ชนิด	กระบวนการจัดการ	ระบบการเผาไหม้
RDF-1 : MSW	คัดแยกส่วนที่เผาไหม้ได้ออกมาด้วยมือ รวมทั้งขยะที่มีขนาดใหญ่	Stoker
RDF-2 : Coarse RDF	บดหรือตัดขยะมูลฝอยอย่างหยาบๆ	Fluidized bed combustor, Multi fuel combustor
RDF-3 : Fluff RDF	คัดแยกส่วนที่เผาไหม้ไม่ได้ ออก เช่น โลหะ แก้ว และอื่นๆ มีการบดหรือตัดจนทำให้ 95% ของขยะมูลฝอยที่คัดแยกแล้วมีขนาดเล็กกว่า 2 นิ้ว	Stoker
RDF-4 : Dust RDF	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการทำให้อยู่ในรูปของผงฝุ่น	Fluidized bed combustor, Pulverized fuel combustor
RDF-5 : Densified RDF	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการอัดแท่ง โดยให้มีความหนาแน่นมากกว่า 600 kg/m^3	Fluidized bed combustor, Multi fuel combustor
RDF-6 : RDF Slurry	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้มาผ่านกระบวนการให้อยู่ในรูปของ Slurry	Swirl burner
RDF-7 : RDF Syn-gas	ขยะมูลฝอยส่วนที่เผาไหม้ได้ มาผ่านกระบวนการ Gasification เพื่อผลิต Syn-gas ที่สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงก๊าซได้	Burner, Integrated gasification-combined cycle (IGCC)

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2547

ซึ่งในขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงขยะจะเริ่มตั้งแต่การคัดแยกขยะที่สามารถรีไซเคิลได้ จำพวก แก้ว ขวดพลาสติก โลหะ และขยะประเภทอินทรีย์ย่อยสลายง่ายออกไปจากขยะรวมก่อน ซึ่งขยะเหล่านี้สามารถนำไปรีไซเคิลและแปรรูปเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพและปุ๋ยได้โดยใช้เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic digestion) ส่วนขยะที่เหลือ ซึ่งเป็นขยะที่เผาไหม้ได้ จะถูกป้อนเข้าสู่เครื่องสับย่อยเพื่อลดขนาด และป้อนเข้าสู่เตาอบเพื่อลดความชื้นของขยะจนน้ำหนักลดลงประมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักขยะเดิม หลังจากนั้นจะถูกส่งเข้าสู่เครื่องอัดเม็ด (Pellet) เพื่ออัดขยะให้มีขนาดและความหนาแน่นที่เหมาะสมต่อการใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงาน ซึ่งในบางกรณีอาจมีการเติมตัวประสานอย่าง ปูนขาว แป้งมัน ระหว่างการอัดเพื่อควบคุมและลดปริมาณก๊าซพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ และส่วนใหญ่ขยะที่เหลือจากการคัดแยกขยะจะเป็นขยะจำพวก กระดาษ ไม้ และพลาสติก ซึ่งสามารถนำไปใช้ในกระบวนการเผาไหม้โดยตรงในรูปของ Coarse RDF (c-RDF) หรือ RDF ชนิดหยาบ หรือนำเข้าสู่กระบวนการทำให้แห้งและอัดแท่งเพื่อผลิตเป็น Densified RDF (d-RDF) โดยแสดงขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Densified RDF) ตามรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงขยะ (Densified RDF)

2.5 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางด้านการลงทุนและการตัดสินใจในการดำเนินโครงการใดๆ เพื่อเปรียบเทียบหรือหาทางเลือกในการลงทุนที่เหมาะสมที่สุด โดยการวิเคราะห์ผลตอบแทนและต้นทุนหลักของแต่ละโครงการเพื่อพิจารณาทางเลือกที่คุ้มค่าที่สุด ในเชิงเศรษฐศาสตร์ ซึ่งในการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ มีหลักการที่ใช้ดังนี้

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value: NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนพลังงานที่สามารถลดได้ สำหรับโครงการหรือมาตรการที่พิจารณาในรูปของตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปีตลอดอายุของโครงการหรือมาตรการโดยเปรียบเทียบเงินลงทุนเริ่มแรก อัตราผลตอบแทนที่ต้องการหรือต้นทุนของเงินลงทุนของโครงการด้วยอายุโครงการที่เท่ากัน ซึ่งจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการช่วยในการตัดสินใจวิเคราะห์ถึงความคุ้มค่าในการลงทุน รวมถึงทำให้ทราบถึงเงินลงทุนที่ควรจัดเตรียมไว้เบื้องต้น โดยมีสมการการคำนวณ ดังนี้

$$NPV = \sum_{n=0}^N \frac{R_n - C_n}{(1+i)^n} = \sum_{n=1}^N \frac{R_n - C_n}{(1+i)^n} - TIC$$

เมื่อ R_n คือ ผลตอบแทนในปีที่ n (บาท)

C_n คือ ค่าใช้จ่ายในปีที่ n (บาท)

N คือ ระยะเวลาโครงการ (ปี)

i คือ อัตราส่วนลด (Discount rate) หรืออัตราดอกเบี้ยในโครงการ (%)

TIC คือ เงินลงทุนทั้งหมด ณ เวลาปัจจุบัน

2. อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal rate of return: IRR)

อัตราผลตอบแทนการลงทุนเป็นอัตราส่วนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนการลงทุนมีค่าเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุน ดังนั้นอัตราผลตอบแทนการลงทุนคืออัตราส่วนลด (r) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งในการวิเคราะห์ทางการเงินอัตราส่วนลดนี้ก็คือ อัตราดอกเบี้ยสูงสุด (Maximum interest rate) ที่โครงการสามารถจ่ายให้กับเงินลงทุนที่จ่ายไป

หลังจากที่คิดค่าลงทุนและค่าดำเนินการทั้งหมดแล้ว โดยหากโครงการใดมีค่าอัตราผลตอบแทนการลงทุนสูงกว่าอัตราผลตอบแทนเป้าหมาย ซึ่งก็คือต้นทุนของเงินลงทุนหรือค่าเสียโอกาสของทุนก็สามารถยอมรับได้ แต่ถ้าอัตราผลตอบแทนการลงทุนมีค่าต่ำกว่าอัตราผลตอบแทนเป้าหมาย โครงการนั้นก็ยังไม่สมควรลงทุน ซึ่งสามารถคำนวณอัตราผลตอบแทนการลงทุนได้ตามสมการดังนี้

$$NPV = \sum_{n=1}^N \frac{R_n - C_n}{(1+i)^n} - TIC = 0$$

เมื่อ R_n คือ ผลตอบแทนในปีที่ n (บาท)
 C_n คือ ค่าใช้จ่ายในปีที่ n (บาท)
 N คือ ระยะเวลาโครงการ (ปี)
 i คือ อัตราส่วนลด (Discount rate) หรืออัตราดอกเบี้ยในโครงการ (%)
 TIC คือ เงินลงทุนทั้งหมด ณ เวลาปัจจุบัน

3. ระยะเวลาคืนทุน (Payback period)

ระยะเวลาคืนทุนเป็นการประมาณการช่วงเวลาที่ได้รับผลตอบแทนการลงทุนรวมเท่ากับมูลค่าการลงทุนเริ่มต้น โดยระยะเวลาคืนทุนมักจะคิดเป็นปี ดังนั้นระยะเวลาคืนทุน คือจำนวนปีในการดำเนินงานที่ทำให้มูลค่าการลงทุนสะสม เท่ากับมูลค่าผลตอบแทนเงินสดสุทธิ โดยมีสมการการคำนวณ ดังนี้

$$PB = \frac{TIC}{NCF}$$

เมื่อ TIC คือ เงินลงทุนทั้งหมด ณ เวลาปัจจุบัน (บาท)
 NCF คือ กระแสเงินสดที่ได้รับต่อปี (บาท)

ในการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน สามารถแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 แบบ คือ แบบไม่คิดดอกเบี้ย (Conventional payback period) และแบบคิดดอกเบี้ย (Discounted payback period)

- วิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนแบบไม่คิดดอกเบี้ย เป็นการนำกระแสเงินที่เกิดขึ้นในอนาคตมาหักลบออกจากเงินที่ลงทุนไปในปัจจุบันได้เต็มจำนวน โดยไม่คิดอัตราดอกเบี้ย
- วิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนแบบคิดดอกเบี้ย เป็นการนำกระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในอนาคตมาหักล้างกับมูลค่าเงินลงทุนโดยคิดอัตราดอกเบี้ยเข้าไปด้วย

2.6 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency)

ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ เป็นเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ตัวหนึ่ง que แสดงถึง ความสัมพันธ์ระหว่างเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม ซึ่งคำว่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจมาจากการ รวมกันของคำ 2 คำ คือ คำว่า Eco หมายความว่าถึง ระบบนิเวศ (Ecology) และ เศรษฐกิจ (Economy) กับคำว่า Efficiency ซึ่งแปลว่า ประสิทธิภาพ โดยนิยามของคำว่าประสิทธิภาพเชิง นิเวศเศรษฐกิจถูกบัญญัติโดย WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) หมายความว่า “การนำมาซึ่งการแข่งขันกัน ในศักยภาพด้านการผลิตและการบริการ โดยมี จุดประสงค์ที่จะตอบสนองความต้องการของมนุษย์และนำมาซึ่งคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ในขณะที่การ แข่งขันดังกล่าวมีความจำเป็นที่จะต้องตระหนักถึงผลกระทบที่มีต่อระบบนิเวศและ ทรัพยากรธรรมชาติให้อยู่ในระดับที่อย่างน้อยต้องสอดคล้องกับความสามารถของโลกใบนี้ที่จะ รองรับผลกระทบที่เกิดจากการแข่งขันดังกล่าวได้” โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. พยายามลดการบริโภคทรัพยากร (Reducing the consumption of resources) รวมทั้งการ พยายามลดการใช้วัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตพลังงาน น้ำ และที่ดิน ส่งเสริมการใช้ซ้ำ (Reuse) และ การนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle) ของผลิตภัณฑ์
2. ลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม (Reducing the impact on nature) รวมทั้งการลดการปล่อย ของเสีย ได้แก่ น้ำทิ้ง ขยะ รวมทั้งสารพิษ ออกสู่สิ่งแวดล้อม
3. เพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์และบริการ (Increasing product or service value) การทำให้ ผู้บริโภคได้รับผลประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ สินค้าและบริการสูงสุด โดยส่งผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติน้อยที่สุด (กิตติกร จามรคุสิต, 2555)

ซึ่งมีสูตรในการคำนวณค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ดังนี้

$$\text{ECo-efficiency} = \frac{\text{Value of product or service}}{\text{Environmental impact of a product or service}}$$

โดย Value of product or service หรือมูลค่าผลิตภัณฑ์หรือการบริการ ได้แก่ ปริมาณของ สินค้าหรือการบริการที่ผลิตและจัดหาให้แก่ลูกค้า ปริมาณยอดขายรวม หรือกำไรที่ได้รับ ส่วน Environmental impact of a product or service หรือผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปริมาณการใช้ พลังงาน ปริมาณการใช้ทรัพยากร ปริมาณการใช้น้ำ ปริมาณของเสีย ปริมาณการปล่อยอากาศเสีย และปริมาณโอโซน ซึ่งปัจจัยที่พิจารณาจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมขององค์กร ซึ่งผลลัพธ์จากการ ประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจที่ได้จำเป็นจะต้องมีการเผยแพร่ภายในองค์กรและ

สาธารณะ ซึ่งการประเมินดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ในแง่ของการประเมินสถานภาพขององค์กร รวมถึงสามารถนำไปเปรียบเทียบกับองค์กรอื่นๆ เพื่อกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

2.7 ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal abatement cost: MAC)

ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก เป็นเครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์อีกวิธีการหนึ่ง ที่นำมาใช้ในการควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากสามารถสะท้อนให้เห็นถึงมุมมองทางด้านการเงินการลงทุนควบคู่ไปกับศักยภาพในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยต้นทุนของโครงการจะถูกแสดงให้อยู่ในรูปของต้นทุนต่อหน่วยก๊าซเรือนกระจกที่โครงการนั้นๆ สามารถลดได้ ในหน่วยของตัวเงินต่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หากต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีค่ามาก แสดงว่าโครงการนั้นๆ ต้องใช้ต้นทุนในการเปลี่ยนเทคโนโลยีเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกที่สูง เช่น ต้นทุนในการติดตั้งเครื่องมือที่ใช้ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือต้นทุนในการปฏิบัติการและบำรุงรักษา ซึ่งผลการวิเคราะห์ต้นทุนและศักยภาพในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละโครงการ จะถูกนำมาแสดงและเปรียบเทียบกันในรูปแบบของกราฟ (Marginal abatement cost curve : MACC) ซึ่งการคำนวณหาค่า MAC สามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\text{Marginal Abatement Cost (MAC), (\$/tCO}_2\text{eq)} = \frac{\Delta C_j}{\alpha_j + CF} = \frac{K_j + S_j - E_j + \sum O_j}{\alpha_j + CF}$$

เมื่อ ΔC_j คือ ค่าใช้จ่ายสุทธิของโครงการ/เทคโนโลยี j (ดอลลาร์)

K_j คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเบื้องต้นของโครงการ/เทคโนโลยี j คิดเป็นมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (ดอลลาร์)

S_j คือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและดูแลรักษาของโครงการ/เทคโนโลยี j คิดเป็นมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (ดอลลาร์)

E_j คือ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่โครงการ/เทคโนโลยี j สามารถประหยัดได้ คิดเป็นมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (ดอลลาร์)

$\sum O_j$ คือ ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกิดขึ้นตลอดอายุโครงการ/เทคโนโลยี j คิดเป็นมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน (ดอลลาร์)

α_j คือ ปริมาณพลังงาน (เช่น เชื้อเพลิง ไฟฟ้า) ที่สามารถลดได้จากการดำเนินการโครงการ/เทคโนโลยี j (หน่วยพลังงาน เช่น ตัน ลิตร MJ toe kWh)

CF คือ สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้พลังงาน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

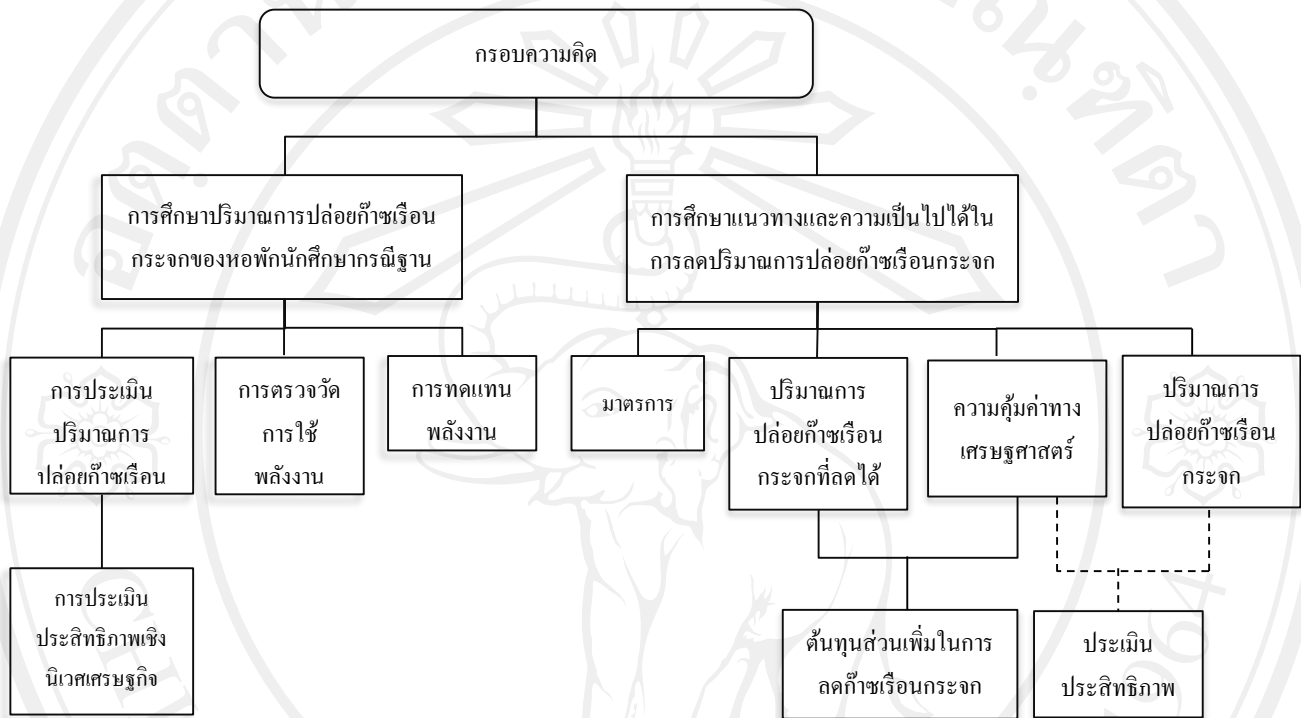
3.1 กรอบแนวความคิด

สำหรับงานวิจัยนี้จะแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และการศึกษาแนวทางและความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา โดยพิจารณาเลือกแนวทางที่เหมาะสมจากต้นทุนหน่วยสุดท้ายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ซึ่งในแต่ละส่วนมีการศึกษาดังนี้

สำหรับการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา ได้พิจารณาเฉพาะหอพักนักศึกษาที่อยู่ภายใต้ความดูแลของสำนักงานหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยได้ดำเนินการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งทางตรงและทางอ้อมจากการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของหอพักนักศึกษาใน หน่วยของปริมาณเทียบเท่ากับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตามวิธีมาตรฐานของ ISO 14064-1 และคู่มือ GHG protocol ของ WRI/WBCSD (2004) จากนั้นศึกษาความสัมพันธ์ด้านเศรษฐกิจและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยใช้ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) เพื่อใช้เป็นกรณีฐาน

สำหรับการศึกษาแนวทางและความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา จะแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ แนวทางลดก๊าซเรือนกระจกจากการลดการใช้พลังงานและการทดแทนพลังงาน โดยในส่วนของแนวทางลดการใช้พลังงานจะเริ่มจากการประเมินศักยภาพการใช้พลังงานของหอพักนักศึกษา จากการตรวจวัดการใช้พลังงานเพื่อนำมาใช้ในการกำหนดมาตรการลดการใช้พลังงานที่เหมาะสม และในส่วนของ การทดแทนพลังงานได้พิจารณาที่แนวทางการจัดการขยะของหอพักนักศึกษา โดยการศึกษาถึงศักยภาพของขยะจากปริมาณและองค์ประกอบของขยะทั้งหมดและรูปแบบการจัดการขยะในปัจจุบัน เพื่อกำหนดแนวทางการจัดการขยะที่เหมาะสม จากนั้นพิจารณาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละมาตรการ และการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ จากความคุ้มค่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (PB)

จากนั้นพิจารณาเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดจากค่าต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกของแต่ละแนวทาง และการประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency) เปรียบเทียบกับกรณีฐาน โดยมีกรอบแนวคิดแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 กรอบแนวคิดของงานวิจัย

3.2 การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จะดำเนินการตามขั้นตอนทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.2.1 การกำหนดขอบเขตขององค์กร

1) กำหนดเป้าหมาย

เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา สำหรับเป็นแนวทางในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในหอพักนักศึกษา โดยเฉพาะจากการจัดการพลังงานและการจัดการขยะ

2) ขอบเขตขององค์กร (Organization boundaries)

การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในงานวิจัยนี้ ได้พิจารณาเฉพาะหอพักนักศึกษาที่อยู่ภายใต้สังกัดของสำนักงานหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยพิจารณา

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี 2553 หรือในช่วงระหว่าง วันที่ 1 มกราคม 2553 – 31 ธันวาคม 2553

3) ขอบเขตการดำเนินงาน (Operational boundaries)

ขอบเขตการดำเนินงาน สามารถจำแนกตามรูปแบบแหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งระบุไว้ใน ISO 14064-1 และ GHG protocol ออกเป็น 3 ขอบเขต ได้ดังนี้

ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมโดยตรงของหอพักนักศึกษา (Direct emissions)

ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy indirect emissions)

ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other indirect emissions)

3.2.2 การระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจก

โดยการระบุแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดภายในหอพักนักศึกษา ตามขอบเขตการดำเนินงานที่กล่าวไว้ข้างต้น

3.2.3 การคัดเลือกวิธีการคำนวณ

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในงานวิจัยนี้ ได้ใช้วิธีการคำนวณโดยการนำข้อมูลกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้น (Activity data) คูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factors) และแสดงผลออกมาในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ equivalent)

3.2.4 การเก็บข้อมูลกิจกรรมและการเลือกค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1) ข้อมูลกิจกรรม

สำหรับข้อมูลกิจกรรมที่นำมาใช้ในการคำนวณ เป็นข้อมูลกิจกรรมที่สอดคล้องกับวิธีการคำนวณที่ได้คัดเลือกไว้แล้วข้างต้น โดยข้อมูลกิจกรรมทั้งหมดจะได้รับการบันทึกไว้อย่างเหมาะสมสำหรับใช้ในการอ้างอิงหรือทวนสอบในภายหลัง

2) สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เลือกใช้ เป็นค่าที่สอดคล้องกับข้อมูลกิจกรรมที่เก็บรวบรวมได้ และต้องเป็นค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซที่เป็นค่าปัจจุบันในขณะที่ทำกรคำนวณ โดยต้องได้รับการเผยแพร่แล้วตามแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

3.2.5 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละกิจกรรมที่เกิดขึ้นของหอพักนักศึกษา ได้ใช้ข้อมูลกิจกรรมคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก และแสดงผลออกมาในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

3.2.6 การรายงานผล

รายงานผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ต้องแสดงรายละเอียดข้อมูลกิจกรรม ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทของก๊าซเรือนกระจก และผลรวมในรูปของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

3.2.7 การตรวจวัดการใช้พลังงาน

ในการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษา จะต้องทราบถึงช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานสูงสุดและลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้า จากการตรวจวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า (Power quality analyzer) ซึ่งสามารถบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าชนิด 3 เฟส ได้ทุกๆ 15 นาที แต่เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้สำหรับการตรวจวัดการใช้พลังงาน (เครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า : Power quality analyzer) ไม่เพียงพอสำหรับการใช้งานพร้อมๆ กันได้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงตั้งสมมติฐานให้หอพักนักศึกษามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่แตกต่างกันมากนักในแต่ละวัน โดยจะทำการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งสัปดาห์ และดูแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าในรอบสัปดาห์ แล้วนำผลที่ได้จากการตรวจวัดมาเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมที่เวลาเดียวกันกับเวลาทุกๆ 15 นาที จะทำให้ทราบถึงพลังงานไฟฟ้าสูงสุดและช่วงเวลาที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดได้ แต่เนื่องจากช่วงเวลาที่ดำเนินการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของงานวิจัยนี้เป็นช่วงเวลาที่ผ่านมาแล้ว ซึ่งไม่สามารถดำเนินการตรวจวัดการใช้พลังงานในช่วงเวลาดังกล่าวได้ จึงตั้งสมมติฐานให้หอพักนักศึกษามีพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงปีที่ทำการประเมินก๊าซเรือนกระจกและช่วงปีที่ดำเนินการตรวจวัดการใช้พลังงาน คือในปี 2553 – 2555 มีลักษณะการใช้งานที่เหมือนกัน เนื่องจากไม่มีการเปลี่ยนแปลงและเคลื่อนย้ายอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในหอพักนักศึกษา จากนั้นคำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่เฉลี่ย และนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานสำหรับอาคารประเภทต่างๆ ว่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดหรือไม่ จากนั้นแบ่งการวิเคราะห์การใช้พลังงานออกเป็น 3 ระบบหลักๆ คือ ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และระบบอื่นๆ แล้วทำการวิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสมต่อไป

3.2.8 การทดแทนพลังงาน

ในส่วนของการทดแทนพลังงาน ได้พิจารณาที่แนวทางการจัดการขยะ จากการศึกษาถึงศักยภาพของขยะจากปริมาณและองค์ประกอบของขยะ โดยการชั่งน้ำหนักขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก เป็นระยะเวลา 7 วันต่อเนื่องกันทั้งในช่วงเวลาเปิดเทอมและปิดเทอม เพื่อใช้ในการกำหนดแนวทางการจัดการขยะที่เหมาะสม

3.3 การศึกษาแนวทางและความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

3.3.1 มาตรการลดการใช้พลังงาน

จากการตรวจวัดการใช้พลังงาน สามารถกำหนดมาตรการลดการใช้พลังงานได้ จากการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบต่างๆ ได้ดังนี้

ในระบบแสงสว่าง จะพิจารณาที่ค่าความส่องสว่างและกำลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ที่ใช้สอย เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของกำลังไฟฟ้าติดตั้งของระบบแสงสว่างต่อพื้นที่ที่ใช้สอย ตามค่ามาตรฐานจากกฎกระทรวงอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 ซึ่งต้องไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาใช้ในการกำหนดมาตรการในการลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างต่อไป

ในส่วนของระบบปรับอากาศ ได้พิจารณาศักยภาพการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ โดยการวิเคราะห์ค่า ดังต่อไปนี้

- อัตราการทำความเย็นที่ทำได้จริงของเครื่องปรับอากาศ เป็นค่าที่ต้องอาศัยการตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของเครื่องปรับอากาศ ทั้งด้านลมจ่ายและลมกลับ เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณค่าอัตราการทำความเย็น

- อัตราส่วนกิโวลต์ต่อตันความเย็น เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าของเครื่องกับอัตราการทำความเย็นที่ทำได้จริงที่กล่าวไว้แล้วข้างต้น ซึ่งค่าที่ได้จะนำมาใช้เทียบกับค่ามาตรฐานของกฎกระทรวง ปี 2538 ซึ่งต้องมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้

- อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (energy efficiency ratio, EER) เป็นค่าที่ใช้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาใช้ในการกำหนดมาตรการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ

3.3.2 มาตรการทดแทนพลังงาน

สำหรับมาตรการทดแทนพลังงานจากการจัดการขยะ ได้พิจารณาแนวทางการจัดการขยะจากระบบการจัดการขยะต้นแบบภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3.3.3 การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในส่วนของการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะทำการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากมาตรการที่ได้ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษาในกรณีฐาน

3.3.4 การศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

เป็นการพิจารณาถึงต้นทุนที่ต้องลงทุนเพิ่มเติมจากมาตรการที่ได้ ซึ่งดัชนีที่ใช้สำหรับการประเมินจะแบ่งออกเป็น 3 วิธี ดังต่อไปนี้

1. การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value :NPV) ซึ่งเป็นมูลค่าเทียบเท่าปัจจุบัน โดยการพิจารณา ณ อัตราดอกเบี้ยที่ร้อยละ 4 ตามอายุโครงการของแต่ละมาตรการ

2. การประเมินอัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal rate of return : IRR) เป็นการพิจารณาอัตราดอกเบี้ยที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งจะใช้วิธี Trial and Error โดยการเลือกอัตราส่วนลดค่าหนึ่งมาใช้ในการคำนวณ หากอัตราส่วนลดดังกล่าวทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นลบ (-) แสดงว่ามีค่าสูงเกินไป ให้ลดค่าลงมาเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ค่าที่ถูกต้อง แต่หากมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก (+) แสดงว่ามีค่าต่ำเกินไป ให้เพิ่มค่าอัตราส่วนลดนั้นขึ้นมาจนได้ค่าที่ถูกต้อง

3. การประเมินระยะเวลาคืนทุน (Play back period : PB) เป็นการพิจารณาถึงระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิสะสมจะเท่ากับมูลค่าการลงทุนทั้งหมด โดยเลือกใช้วิธีการคำนวณระยะเวลาคืนทุนแบบไม่คิดดอกเบี้ย (Conventional payback period)

3.3.5 ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (Marginal abatement cost: MAC)

หลังจากได้มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดแล้ว จึงนำมาคำนวณค่าต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจกของแต่ละมาตรการ เพื่อจัดลำดับความสำคัญของมาตรการทั้งหมด ว่ามาตรการใดควรดำเนินการเป็นลำดับแรก ซึ่งหากค่าต้นทุนส่วนเพิ่มมีค่าต่ำกว่าศูนย์แสดงว่ามาตรการนั้นๆ เหมาะสมต่อการนำมาใช้งาน เนื่องจากสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้โดยใช้ต้นทุนต่ำ

3.3.6 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency)

จากค่าต้นทุนในการลดก๊าซเรือนกระจก นำมาประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ ซึ่งหากค่าประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจมีค่าสูง แสดงว่าหอพักนักศึกษามีการบริหารจัดการที่ดี สามารถเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์หรือบริการได้สูงในขณะที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ

บทที่ 4

ผลการศึกษาวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ ได้แก่ การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และการศึกษาแนวทางและความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการบริหารจัดการการใช้พลังงานและการบริหารจัดการขยะ โดยพิจารณาเลือกแนวทางที่เหมาะสมจากต้นทุนหน่วยสุดท้ายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยมีรายละเอียดของการศึกษาในแต่ละส่วนดังนี้

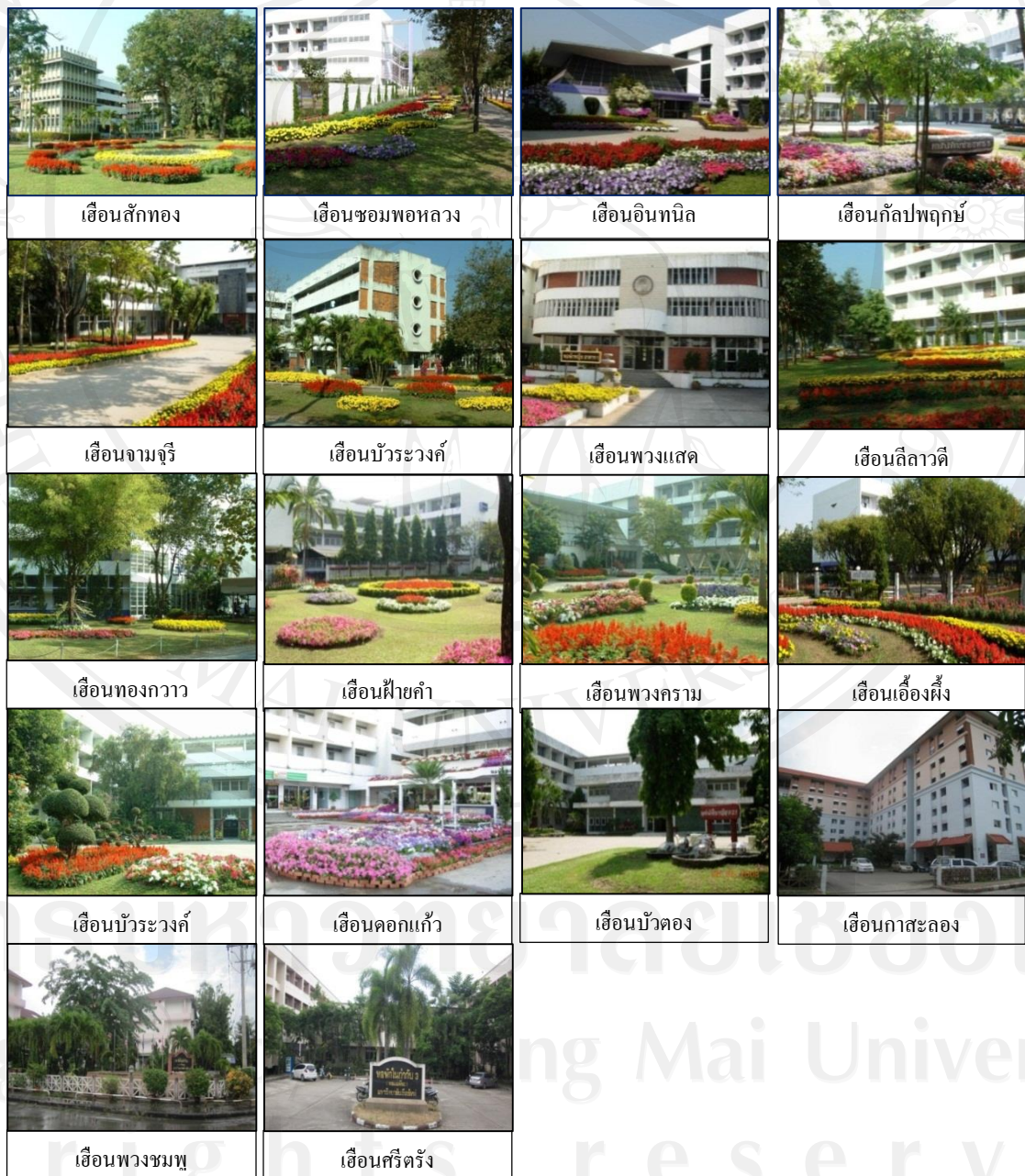
4.1 การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จะดำเนินการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นของหอพักนักศึกษา ซึ่งอยู่ภายใต้สังกัดของสำนักงานหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ทั้งหมด 18 หอพักฯ ประกอบด้วยหอพักนักศึกษาชาย 6 อาคาร หอพักนักศึกษาหญิง 11 อาคาร และหอพักนักศึกษารวมชายหญิงอีก 1 อาคาร โดยจะดำเนินการประเมินตามวิธีการตามมาตรฐานของ GHG Protocol ของ WRI/WBCSD และ ISO 14064-1 เพื่อให้ครอบคลุมการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของหอพักนักศึกษา และได้อาศัยข้อมูลในปี พ.ศ. 2553 (ช่วงระหว่าง วันที่ 1 มกราคม – 31 ธันวาคม) เป็นปีฐานสำหรับการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นภายในหอพักนักศึกษาต่อไป

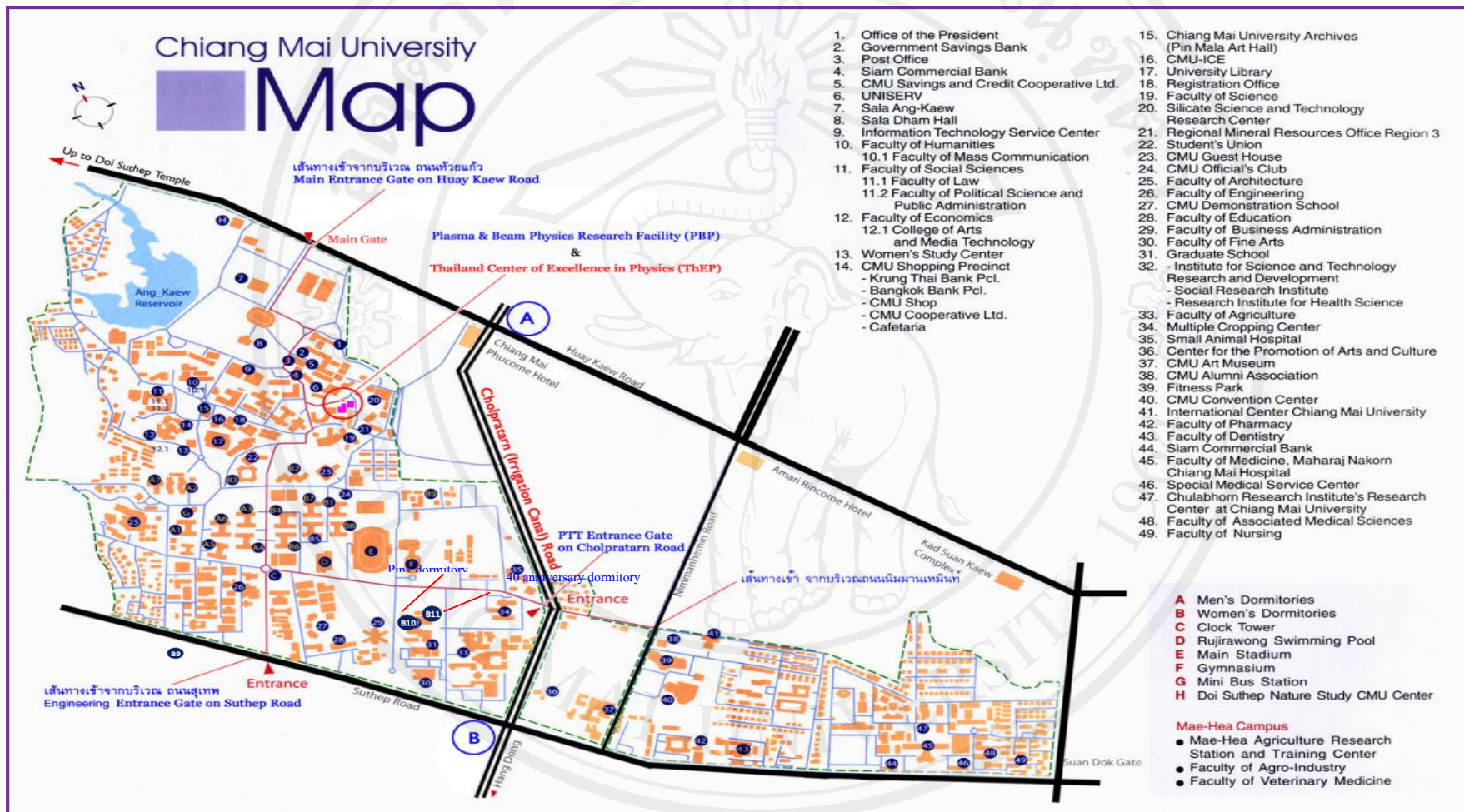
4.1.1 ข้อมูลเบื้องต้นของหอพักนักศึกษา

หอพักนักศึกษา ภายใต้สังกัดของสำนักงานพักนักศึกษา ประกอบด้วยหอพักนักศึกษาทั้งหมด 18 หอพักฯ แบ่งออกเป็นหอพักนักศึกษาชาย 6 อาคาร ได้แก่ เอื้อนสักทอง (หอพักนักศึกษาชายอาคาร 2) เอื้อนหอมพอลวง (หอพักนักศึกษาชายอาคาร 3) เอื้อนอินทนิล (หอพักนักศึกษาชายอาคาร 4) เอื้อนกัลปพฤกษ์ (หอพักนักศึกษาชายอาคาร 5) เอื้อนจามจุรี (หอพักนักศึกษาชายอาคาร 6) และ เอื้อนชงโค (หอพักนักศึกษาชายอาคาร 7) หอพักนักศึกษาหญิง 11 อาคาร ได้แก่ เอื้อนพวงแสด (หอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 1) เอื้อนลีลาวดี (หอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 2) เอื้อน

ทองกวาว (หอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 3) เอือนฝ้ายคำ (หอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 4) เอือนพวงคราม (หอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 5) เอือนเอื้องผึ้ง (หอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 6) เอือนบัวระวงค์ (หอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 7) เอือนดอกแก้ว (หอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 8) เอือนบัวตอง (หอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 9) เอือนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี) เอือนพวงชมพู (หอพักสภามหาวิทยาลัย) และหอพักรวมแยกอาคารชายหญิงอีก 1 อาคาร ได้แก่ เอือนศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ) ซึ่งตั้งอยู่ในวิทยาเขตแม่เหิยะ-คอยคำ ส่วนหอพักที่เหลือจะตั้งอยู่ภายในบริเวณหลักของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ดังแสดงลักษณะอาคารและตำแหน่งที่ตั้งของหอพักฯ ตามรูปที่ 4.1 – 4.2



รูปที่ 4.1 ลักษณะของหอพักนักศึกษา

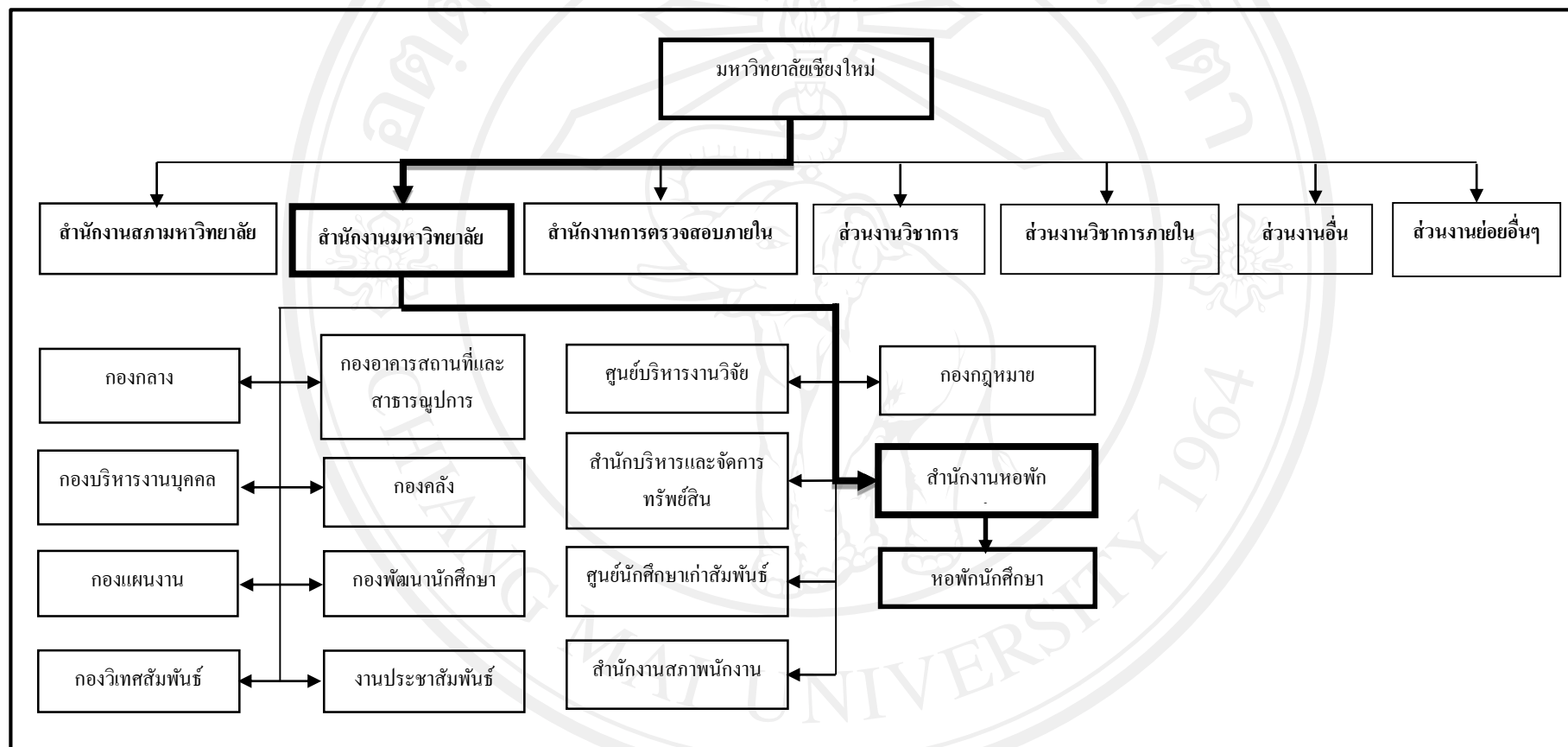


รูปที่ 4.2 ตำแหน่งที่ตั้งของหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
(สำนักงานหอพักนักศึกษา, 2555)

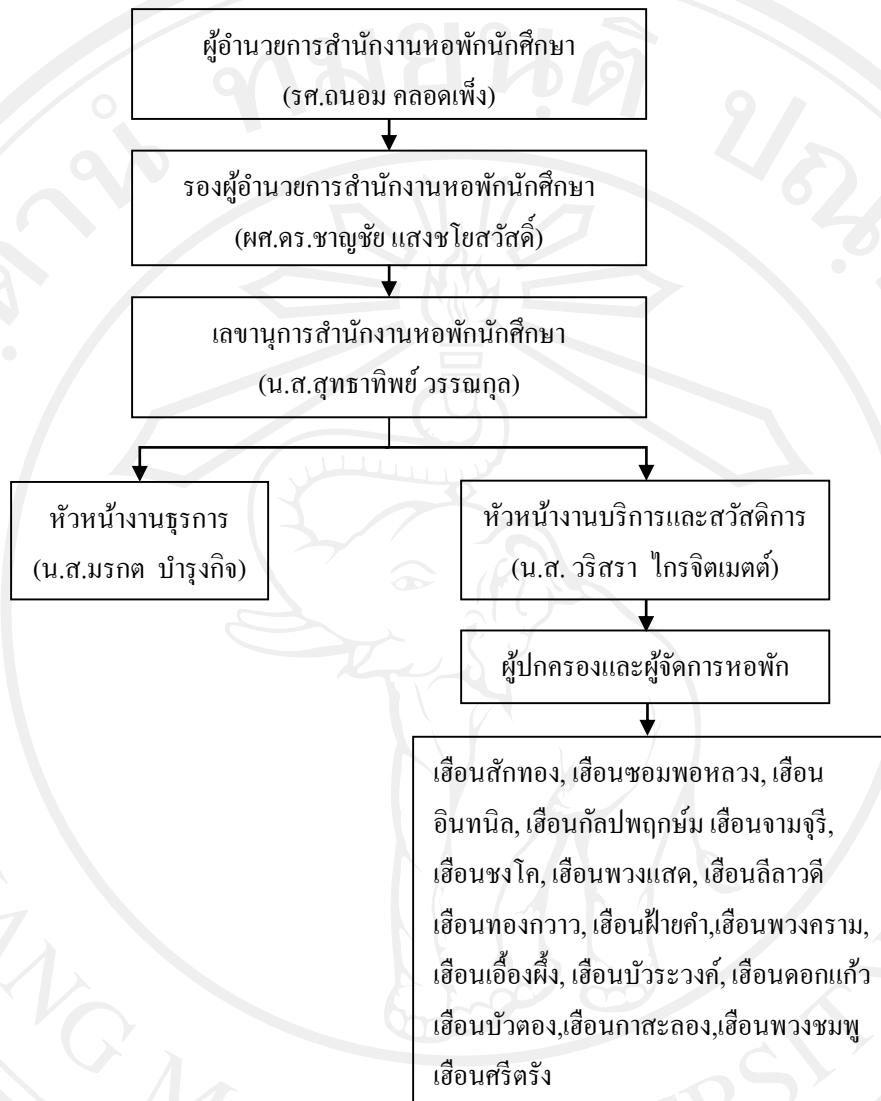
หอพักนักศึกษา จัดตั้งขึ้นมาเพื่อเป็นสถานที่พักอาศัยให้นักศึกษา ทุกคณะ และทุกระดับ โดยเฉพาะนักศึกษาปริญญาตรีในระดับชั้นปีที่ 1 ได้เข้ามาพักอาศัยและทำกิจกรรมต่างๆ ร่วมกัน ทั้งยังมุ่งเน้นให้เป็นสถานที่ที่เอื้อให้เกิดการเรียนรู้ในการอยู่ร่วมกัน เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตนักศึกษา ให้เป็นบัณฑิตที่พึงประสงค์ของสังคมต่อไป โดยมีพันธกิจหลักของหอพักนักศึกษา ดังนี้

- จัดที่พักระบายให้มีความพร้อมและเอื้อต่อการเรียนรู้ทั้งวิชาการและวิชาชีพ
- เป็นที่พักระบายที่มีความอบอุ่นปลอดภัย
- จัดกิจกรรมที่เหมาะสม พร้อมทั้งส่งเสริมและสนับสนุนให้นักศึกษาเข้าร่วมกิจกรรม เพื่อพัฒนาการเรียนรู้และคุณภาพชีวิตนักศึกษา
- พัฒนาระบบการบริหารและการจัดการองค์กร เพื่อให้มีบริการที่รวดเร็ว โปร่งใส สามารถตรวจสอบและพึ่งพาตนเองได้
- ส่งเสริมสนับสนุนพัฒนาบุคลากรให้มีประสิทธิภาพในการทำงานรวมถึงคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น (สำนักงานหอพักนักศึกษา, 2553)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้แบ่งหน่วยงานหลักในการบริหารจัดการงานภายในมหาวิทยาลัย ออกเป็น 7 หน่วยงาน ประกอบด้วย สำนักงานสภามหาวิทยาลัย สำนักงานมหาวิทยาลัย สำนักงานการตรวจสอบภายใน ส่วนงานวิชาการ ส่วนงานวิชาการภายใน ส่วนงานอื่นๆ และ ส่วนงานย่อยอื่นๆ โดยสำนักงานหอพักนักศึกษาจะอยู่ภายใต้สังกัดของสำนักงานมหาวิทยาลัย ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ซึ่งจะมีผู้ปกครองหอพักนักศึกษาและผู้จัดการหอพักนักศึกษาทำหน้าที่ในการประสานงานและควบคุมดูแลการบริหารจัดการงานภายในหอพักนักศึกษาแต่ละอาคารให้เป็นไปตามแนวทางการดำเนินงานที่วางไว้ โดยแสดงโครงสร้างการบริหารงานของสำนักงานหอพักนักศึกษาตามรูปที่ 4.4

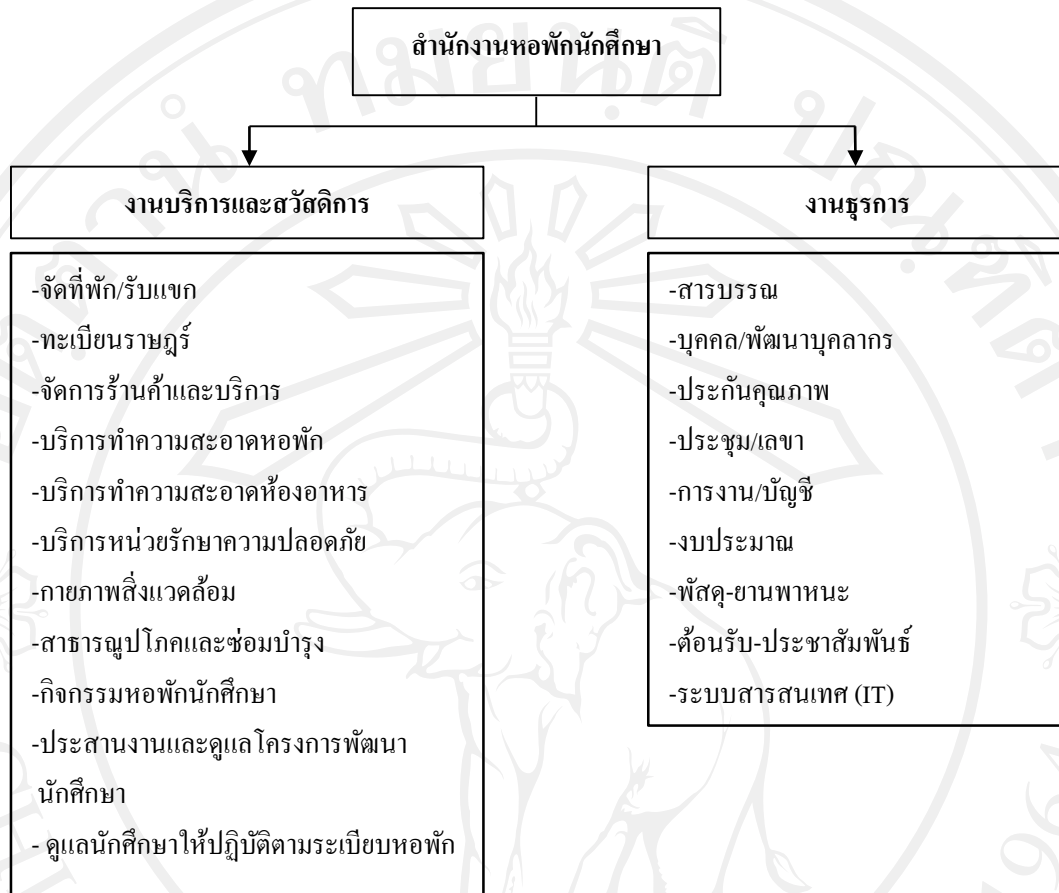


รูปที่ 4.3 โครงสร้างการบริหารงานของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
(สำนักงานหอพักนักศึกษา, 2553)



รูปที่ 4.4 โครงสร้างการบริหารงานของสำนักงานหอพักนักศึกษา
(สำนักงานหอพักนักศึกษา, 2553)

จากรูปจะเห็นว่าสำนักงานหอพักนักศึกษาได้แบ่งส่วนงานในการบริหารจัดการหอพักนักศึกษาออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ งานธุรการและงานบริการและสวัสดิการ ซึ่งจะรับผิดชอบงานแตกต่างกันออกไป ตามรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การแบ่งหน่วยงานภายในสำนักงานหอพักนักศึกษาและหน้าที่รับผิดชอบ
(สำนักงานหอพักนักศึกษา, 2553)

หอพักนักศึกษาสามารถรองรับนักศึกษาได้จำนวน 8,346 คน และจากสถิติในปี 2553 (มกราคม 2553 – ธันวาคม 2553) โดยมีจำนวนบุคลากรประจำหอพักและนักศึกษาที่เข้ามาพักอาศัยทั้งหมด 8,037 คน แบ่งเป็นบุคลากรจำนวน 86 คน และนักศึกษาจำนวน 7,951 คน ดังแสดงรายละเอียดตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 จำนวนนักศึกษาและบุคลากรภายในหอพักนักศึกษา

สำนักงาน/หอพัก	บุคลากร (คน)			นักศึกษา (คน)				
				ห้อง พัก	ที่รับได้	เข้าพักในปี 2553		
	ชาย	หญิง	รวม			ชาย	หญิง	รวม
เรือนสักทอง (หอพักชายอาคาร 2)	4	0	4	128	320	317	-	-
เรือนจอมพลหลวง (หอพักชายอาคาร 3)	3	1	4	150	450	454	-	-
เรือนอินทนิล (หอพักชายอาคาร 4)	3	1	4	150	450	459	-	-
เรือนกล้วยพฤกษ์ (หอพักชายอาคาร 5)	3	2	5	168	504	472	-	-
เรือนจามจุรี (หอพักชายอาคาร 6)	3	2	5	168	504	482	-	-
เรือนชงโค (หอพักชายอาคาร 7)	2	1	3	96	188	206	-	-
เรือนพวงแสด (หอพักหญิงอาคาร 1)	2	3	5	155	462	-	443	443
เรือนลีลาวดี (หอพักหญิงอาคาร 2)	1	4	5	151	450	-	384	384
เรือนทองกวาว (หอพักหญิงอาคาร 3)	4	2	6	175	450	-	412	412
เรือนฝ้ายคำ (หอพักหญิงอาคาร 4)	5	1	6	150	447	-	429	429
เรือนพวงคราม (หอพักหญิงอาคาร 5)	2	2	4	150	447	-	423	423
เรือนเอื้องผึ้ง (หอพักหญิงอาคาร 6)	2	3	5	149	447	-	414	414
เรือนบัวระวงค์ (หอพักหญิงอาคาร 7)	3	3	6	156	459	-	420	420
เรือนดอกแก้ว (หอพักหญิงอาคาร 8)	2	3	5	144	628	-	574	574
เรือนบัวตอง (หอพักหญิงอาคาร 9)	1	1	2	156	468	-	414	414
เรือนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)	3	5	8	504	1008	-	1,005	1,005
เรือนพวงชมพู (หอพักสีชมพู)	3	2	5	166	344	-	340	340
เรือนศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ)	1	3	4	162	320	150	153	303
รวม	47	39	86	3,078	8,346	2,390	5,561	7,951

ในลักษณะการใช้สอยพื้นที่ภายในหอพักฯ ได้มีการจัดแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ ประกอบด้วย 1) พื้นที่ส่วนกลางสำหรับใช้งานร่วมกันของบุคลากรและนักศึกษาภายในหอพักฯ ได้แก่ ห้องธุรการ ห้องประชุม ห้องคอมพิวเตอร์ ห้องคาราโอเกะ ห้องอาหาร เป็นต้น เท่ากับร้อยละ 63.78 ของพื้นที่ทั้งหมด และ 2) พื้นที่ห้องพักสำหรับพักอาศัยของนักศึกษาเท่ากับร้อยละ 36.22 ของพื้นที่ทั้งหมด และแบ่งออกเป็นพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศเท่ากับร้อยละ 2.04 และ 97.96 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังรายละเอียดตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ขนาดพื้นที่ใช้สอยของหอพักนักศึกษา

หอพักนักศึกษา	ขนาดพื้นที่ (ตารางเมตร)				
	พื้นที่ใช้สอย ทั้งหมด	ประเภทห้อง		ปรับอากาศ/ไม่ปรับอากาศ	
		ห้องส่วนกลาง	ห้องพักฯ	ไม่ปรับอากาศ	ปรับอากาศ
เอือนสักทอง (หอพักชายอาคาร 2)	6,960.00	5,424.00	1,536.00	6,856.58	103.42
เอือนชอมพอหลวง (หอพักชายอาคาร 3)	6,018.75	4,218.75	1,800.00	5,925.17	93.58
เอือนอินทนิล (หอพักชายอาคาร 4)	5,657.63	3,857.63	1,800.00	5,549.05	108.58
เอือนกัลปพฤกษ์ (หอพักชายอาคาร 5)	6,316.20	4,300.20	2,016.00	6,221.92	94.28
เอือนจามจุรี (หอพักชายอาคาร 6)	6,316.20	4,300.20	2,016.00	5,928.87	387.33
เอือนชงโค (หอพักชายอาคาร 7)	2,483.00	1,331.00	1,152.00	2,429.79	53.21
เอือนพวงแสด (หอพักหญิงอาคาร 1)	7,042.37	5,182.37	1,860.00	6,948.79	93.58
เอือนลีลาวดี (หอพักหญิงอาคาร 2)	6,609.64	4,797.64	1,812.00	6,344.91	264.73
เอือนทองกวาว (หอพักหญิงอาคาร 3)	6,932.88	4,832.88	2,100.00	6,844.18	88.70
เอือนฝ้ายคำ (หอพักหญิงอาคาร 4)	6,018.75	4,218.75	1,800.00	5,919.56	99.19
เอือนพวงคราม (หอพักหญิงอาคาร 5)	5,657.63	3,857.63	1,800.00	5,548.16	109.47
เอือนเอื้องผึ้ง (หอพักหญิงอาคาร 6)	5,657.63	3,869.63	1,788.00	5,551.83	105.80
เอือนบัวระวงค์ (หอพักหญิงอาคาร 7)	6,316.20	4,444.20	1,872.00	6,223.02	93.18
เอือนดอกแก้ว (หอพักหญิงอาคาร 8)	7,127.02	5,399.02	1,728.00	6,966.99	160.03
เอือนบัวตอง (หอพักหญิงอาคาร 9)	6,316.20	4,444.20	1,872.00	6,217.86	98.34
เอือนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)	16,363.57	4,937.89	11,425.68	16,247.88	115.69
เอือนพวงชมพู (หอพักสัชมธุ)	7,029.07	3,709.07	3,320.00	6,947.97	81.10
เอือนศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ)	5,677.00	3,733.00	1,944.00	5,372.00	305.00
รวม	120,499.74	76,858.06	43,641.68	118,044.53	2,455.21

จะเห็นว่าหอพักนักศึกษา มีขนาดของพื้นที่ปรับอากาศอยู่เพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับขนาดของพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด เนื่องจากการติดตั้งระบบปรับอากาศในบางพื้นที่เท่านั้น เนื่องจากรูปแบบและลักษณะการใช้งานของพื้นที่ใช้สอยภายในหอพักนักศึกษาที่แตกต่างกันไป ซึ่งได้มีการจัดแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ ไว้ ดังนี้

1) กลุ่มหอพักนักศึกษาภายในมหาวิทยาลัย ประกอบด้วยหอพักนักศึกษาภายในมหาวิทยาลัยทั้งหมด 15 หอพักฯ ซึ่งเป็นหอพักนักศึกษาที่มีลักษณะการจัดแบ่งพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารที่เหมือนกัน สำหรับห้องส่วนกลาง ประกอบด้วย ห้องธุรการ ห้องประชุม ห้องอาหาร ห้องคอมพิวเตอร์ ห้องคาราโอเกะ ห้องอ่านหนังสือและคูทิว ซึ่งจะมีสิ่งอำนวยความสะดวกพื้นฐานภายในที่เหมือนกัน และเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการเข้าพักรักษาตัวของนักศึกษาในแต่ละปี จึงได้กำหนดให้หอพักนักศึกษา สามารถเข้าพักรักษาตัวในจำนวน 3-4 คนต่อห้อง ซึ่งภายในห้องพักฯ ประกอบด้วย ที่นอน โต๊ะอ่านหนังสือ และตู้เสื้อผ้า โดยการใช้งานห้องน้ำในลักษณะของห้องน้ำรวม แต่จะมีระยะเวลาการใช้งานในบางกิจกรรมที่แตกต่างกัน ดังนี้

1.1) หอพักนักศึกษาชาย ประกอบด้วย หอพักนักศึกษาชายอาคาร 2-7 ซึ่งมีช่วงเวลาในการให้บริการสำหรับร้านค้าและร้านอาหารภายในหอพักฯ อยู่ระหว่าง 06.00 -22.00 น. และเวลาเปิด-ปิดหอพักฯ อยู่ในช่วงเวลา 06.00 - 24.00 น.

1.2) หอพักนักศึกษาหญิง ประกอบด้วย หอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 1- 9 ซึ่งมีช่วงเวลาในการให้บริการสำหรับร้านค้าและร้านอาหารภายในหอพักฯ อยู่ระหว่าง 06.00 -20.00 น. และเวลาเปิด-ปิดหอพักฯ อยู่ในช่วงเวลา 06.00 - 22.00 น.

2) กลุ่มหอพักนักศึกษาในกำกับ คือ กลุ่มของหอพักนักศึกษาที่จัดตั้งขึ้นเพื่อให้มีความคล่องตัวในการบริหารจัดการงานภายใน จึงมีลักษณะเป็นหน่วยงานอิสระในกำกับของมหาวิทยาลัย ประกอบด้วย เอื้อนพวงชมพู (หอพักสีชมพู) เอื้อนศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ) และเอื้อนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี) โดยมีการจัดแบ่งพื้นที่การใช้งานส่วนกลางที่เหมือนกัน ประกอบด้วย ห้องธุรการ ห้องคอมพิวเตอร์ ห้องอ่านหนังสือและคู่มือ และห้องออกกำลังกาย แต่ในส่วนของการพักอาศัย จะมีการใช้งานห้องน้ำและการติดตั้งเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

2.1) หอพักฯ ในกำกับกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย เอื้อนพวงชมพู (หอพักสีชมพู) และเอื้อนศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ) โดยกำหนดให้นักศึกษาเข้าพักอาศัยได้ในจำนวน 2 คนต่อห้อง ซึ่งภายในหอพักฯ ประกอบด้วย ที่นอน โต๊ะอ่านหนังสือ และตู้เสื้อผ้า โดยมีการใช้งานห้องน้ำในลักษณะห้องน้ำรวม โดยจะมีการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นไว้ให้บริการแก่นักศึกษาเพิ่มขึ้น

2.2) หอพักฯ ในกำกับกลุ่ม 2 ประกอบด้วย เอื้อนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี) กำหนดให้นักศึกษาเข้าพักอาศัยได้ในจำนวน 2 คนต่อห้องเช่นกัน ซึ่งภายในแต่ละห้องฯ ประกอบด้วย ที่นอน โต๊ะอ่านหนังสือ โต๊ะวางทีวี โต๊ะวางคอมพิวเตอร์ และตู้เสื้อผ้า โดยมีห้องน้ำภายในหอพักฯ ซึ่งติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นไว้ภายใน

4.1.2 แนวทางการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษาในปีฐาน

ในส่วนของการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการศึกษานี้ ได้ดำเนินการประเมินโดยอ้างอิงข้อมูลจากปี พ.ศ.2553 (ช่วงระหว่างวันที่ 1 มกราคม – 31 ธันวาคม) เพื่อใช้เป็นปีฐานสำหรับการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา ซึ่งในการดำเนินงานทั้งหมดของหอพักนักศึกษา สามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1) กิจกรรมที่อยู่ภายใต้ความดูแลของหอพักนักศึกษา

กิจกรรมในส่วนนี้เกิดขึ้นจากการดำเนินงานของบุคลากรและนักศึกษาภายในหอพักฯ ซึ่งอยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของหอพักนักศึกษา ครอบคลุมทุกกิจกรรมที่ก่อให้เกิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งในพื้นที่ส่วนกลาง ได้แก่ ห้องธุรการ ห้องคอมพิวเตอร์ ห้องคาราโอเกะ ห้อง

อ่านหนังสือและดูทีวี เป็นต้น และในส่วนของห้องพักนักศึกษา รวมทั้งกิจกรรมที่จัดขึ้นโดยหอพักนักศึกษา ซึ่งประกอบไปด้วยกิจกรรมดังต่อไปนี้

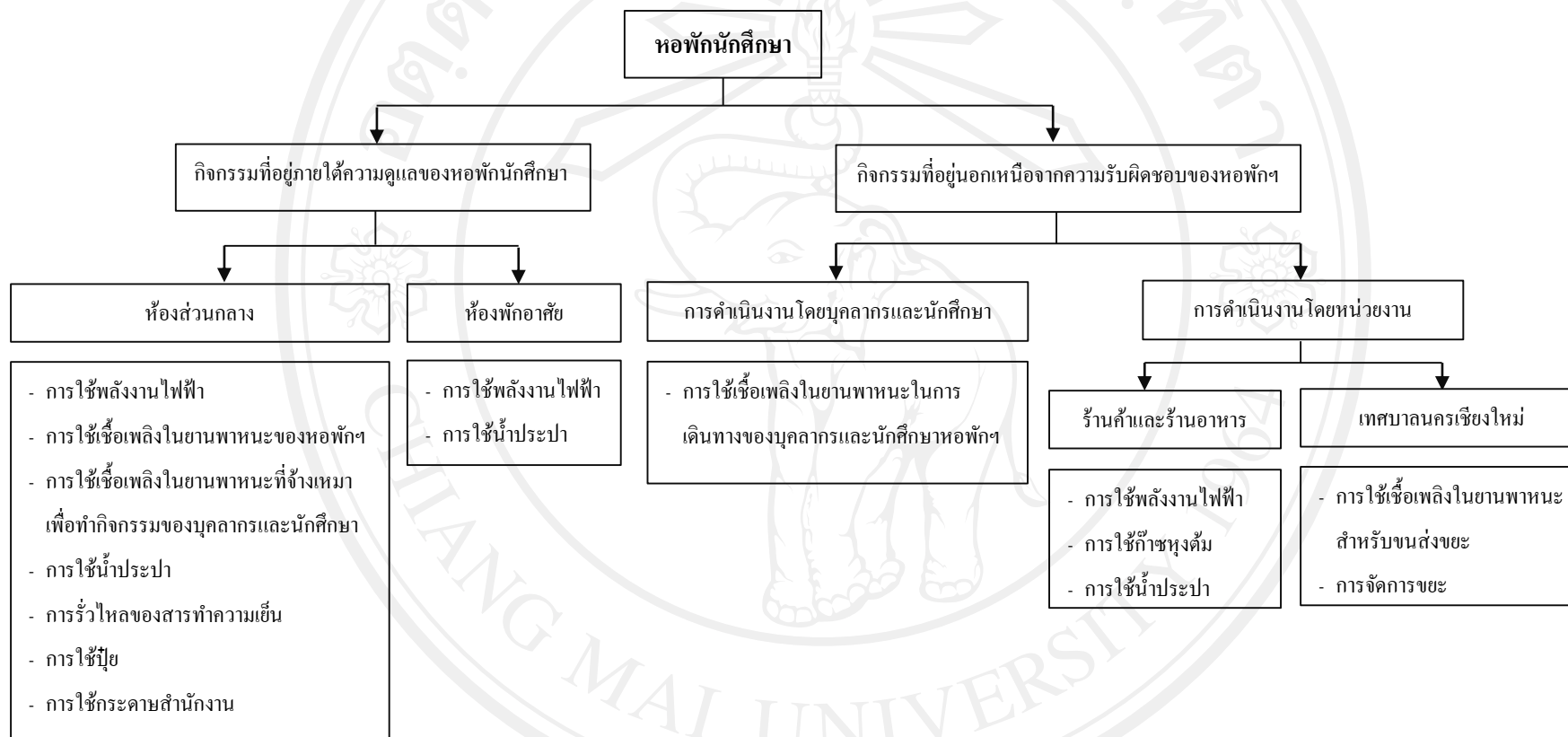
- การใช้พลังงานไฟฟ้าในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ภายในพื้นที่ของหอพักฯ ทั้งจากส่วนกลางและห้องพัก (ไม่รวมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากองค์กรภายนอก)
- การใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะเพื่อการดำเนินงานของหอพักนักศึกษา
- การใช้น้ำประปา
- การรั่วไหลของสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศภายในหอพักนักศึกษา
- การใช้ปุ๋ยภายในบริเวณหอพักนักศึกษา
- การใช้วัสดุสิ้นเปลืองในส่วนของธุรการโดยเฉพาะการใช้กระดาษ

2) กิจกรรมที่อยู่นอกเหนือจากความรับผิดชอบของหอพักฯ แต่เกิดจากบุคลากรและนักศึกษาภายในหอพักฯ

กิจกรรมในส่วนนี้จะครอบคลุมกิจกรรมที่อยู่นอกเหนือจากความรับผิดชอบของหอพักฯ แต่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในปริมาณมากจากการดำเนินกิจกรรมของบุคลากรและนักศึกษาภายในหอพักนักศึกษา ประกอบด้วย การใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะสำหรับการเดินทางไปกลับระหว่างที่พักและหอพักนักศึกษาของบุคลากรหอพักฯ รวมทั้งการใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะสำหรับการเดินทางของนักศึกษาที่พักอาศัยอยู่ในหอพักฯ ซึ่งจะพิจารณาเฉพาะการเดินทางไปกลับระหว่างที่หอพักนักศึกษาและอาคารเรียนเท่านั้น

3) กิจกรรมที่อยู่นอกเหนือจากความรับผิดชอบของหอพักฯ โดยเกิดจากการดำเนินการของหน่วยงานภายนอก

กิจกรรมในส่วนนี้จะครอบคลุมกิจกรรมที่อยู่นอกเหนือจากความรับผิดชอบของหอพักฯ แต่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมของหน่วยงานภายนอก ประกอบด้วย การใช้พลังงานไฟฟ้าและก๊าซหุงต้มของร้านอาหารและร้านค้าต่างๆ ได้แก่ ร้านซักรีด ร้านตัดผม ร้านถ่ายเอกสาร ร้านสะดวกซื้อ เป็นต้น ซึ่งดำเนินการอยู่ภายในพื้นที่ของหอพักนักศึกษา รวมทั้งกิจกรรมการจัดการขยะที่เกิดขึ้นภายในหอพักฯ ซึ่งดำเนินการโดยเทศบาลนครเชียงใหม่ โดยแสดงขอบเขตการดำเนินงาน ตามรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ขอบเขตการดำเนินงานของหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จากแนวทางการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกตามวิธีการตามมาตรฐานของ GHG Protocol ของ WRI/WBCSD และ ISO 14064-1 ได้กำหนดการพิจารณาขอบเขตขององค์กรออกเป็น 2 ลักษณะ คือ แบบควบคุม (Control Approach) และแบบปันส่วนตามกรรมสิทธิ์ (Equity share) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตขององค์กรเป็นแบบควบคุมการดำเนินงาน (Operation Control) เนื่องจากสามารถดำเนินการได้ง่ายและสอดคล้องกับขอบเขตการดำเนินงานของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งไม่ได้จัดอยู่ในลักษณะการควบคุมทางการเงินหรือลักษณะของการร่วมหุ้นภายในองค์กร โดยในการกำหนดขอบเขตการดำเนินงาน (Operational Boundaries) สามารถจำแนกกิจกรรมทั้งหมดดังกล่าวข้างต้นตามรูปแบบของแหล่งที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกเป็น 3 ขอบเขต ได้ดังนี้

ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมโดยตรง (Direct emissions) โดยกิจกรรมในส่วนนี้ประกอบด้วย

- 1) การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะที่หอพักนักศึกษาที่มีอำนาจในการบริหารจัดการเพื่อใช้ในการเดินทางในงานของหอพักนักศึกษา ซึ่งจะพิจารณาครอบคลุมปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะประเภทต่างๆ ซึ่งอยู่ภายใต้การดูแลของหอพักนักศึกษาทั้งหมด
- 2) การรั่วไหลของสารทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอยู่ในหอพักนักศึกษา โดยจะพิจารณาครอบคลุมปริมาณของสารทำความเย็นที่รั่วไหลออกจากระบบปรับอากาศ ซึ่งอยู่ภายใต้การดูแลของหอพักนักศึกษา โดยกำหนดให้ปริมาณสารทำความเย็นที่รั่วไหลออกมามีปริมาณเท่ากับสารทำความเย็นที่เติมเข้าไปในเครื่องปรับอากาศ
- 3) การใช้ปุ๋ยและปูนขาวลงในดินภายในพื้นที่ของหอพักนักศึกษา ซึ่งจะพิจารณาครอบคลุมปริมาณการใช้ปุ๋ยและปูนขาว สำหรับการผสมดินปลูกดอกไม้ ต้นไม้ภายในบริเวณโดยรอบของหอพักนักศึกษา

ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy Indirect emissions) ซึ่งนำเข้ามาจากภายนอก โดยกิจกรรมในส่วนนี้ประกอบด้วย

การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในพื้นที่ซึ่งอยู่ภายใต้การดูแลของหอพักนักศึกษา โดยจะพิจารณาครอบคลุมปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในส่วนต่างๆ ของหอพักนักศึกษา ทั้งในพื้นที่ส่วนกลางและห้องพักนักศึกษา โดยไม่รวมการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการดำเนินการขององค์กรภายนอก

ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other indirect emissions) ซึ่งเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมอื่นๆ นอกเหนือจากที่ระบุในขอบเขตที่ 1 และ

ขอบเขตที่ 2 แต่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่อาจส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมขององค์กรได้ และสามารถประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งประกอบด้วย

1) การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะที่จ้างมาสำหรับการเดินทางเพื่อทำกิจกรรมของบุคลากรและนักศึกษา โดยกิจกรรมในส่วนนี้จะพิจารณาครอบคลุมปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะในระบบขนส่งประเภทต่างๆ เพื่อใช้ในการดำเนินกิจกรรมที่ดำเนินการโดยหอพักนักศึกษา

2) การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะสำหรับการเดินทางไปกลับของบุคลากรและนักศึกษา โดยกิจกรรมในส่วนนี้จะพิจารณาครอบคลุมเฉพาะปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะส่วนตัวหรือยานพาหนะสาธารณะที่บุคลากรของหอพักนักศึกษาใช้เพื่อการเดินทางมาทำงานระหว่างที่พักของบุคลากรและหอพักนักศึกษา รวมทั้งปริมาณการใช้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะส่วนตัวหรือยานพาหนะสาธารณะที่นักศึกษาภายในหอพักนักศึกษาใช้เพื่อการเดินทางไปเรียนระหว่างอาคารเรียนและหอพักนักศึกษา

3) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากการดำเนินการโดยองค์กรภายนอกที่เข้ามาเช่าพื้นที่ภายในหอพักนักศึกษา โดยจะพิจารณาครอบคลุมปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของร้านค้าและร้านอาหาร ซึ่งให้บริการอยู่ในหอพักนักศึกษา

4) การใช้เชื้อเพลิงหุงต้มขององค์กรภายนอกที่เข้ามาเช่าพื้นที่ภายในหอพักนักศึกษา โดยจะพิจารณาครอบคลุมปริมาณการใช้เชื้อเพลิงหุงต้มในการประกอบอาหารของร้านอาหารที่เข้ามาเช่าพื้นที่เพื่อดำเนินกิจการอยู่ในห้องอาหารของหอพักนักศึกษา

5) การใช้น้ำประปา สำหรับกิจกรรมในส่วนนี้จะพิจารณาครอบคลุมปริมาณการใช้น้ำประปาของหอพักนักศึกษา

6) การใช้กระดาษสำนักงาน โดยกิจกรรมในส่วนนี้จะพิจารณาครอบคลุมปริมาณการใช้กระดาษในส่วนของการธุรการของหอพักนักศึกษา

7) การจัดการขยะ กิจกรรมในส่วนนี้จะพิจารณาครอบคลุมกิจกรรมการจัดการขยะที่เกิดจากหอพักนักศึกษา ตั้งแต่การเก็บรวบรวม ขนส่ง และการจัดการขยะ ซึ่งจะนำไปจัดการโดยวิธีการฝังกลบ ซึ่งดำเนินการโดยเทศบาลนครเชียงใหม่

ซึ่งในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมทั้งหมดจะพิจารณาก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโตทั้งหมด 6 ชนิด ประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ (SF_6) และเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) ซึ่งในการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะใช้วิธีการคำนวณโดยใช้ข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) คูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อย

ก๊าซเรือนกระจก (Emission Factors) และแสดงผลออกมาในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO₂ equivalent) ของหอพักฯ ในแต่ละกลุ่ม ดังแสดงรายละเอียดการคำนวณของแต่ละกิจกรรมจากหัวข้อที่แล้วมีผลดังต่อไปนี้

4.1.3 ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 1 : การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมโดยตรง (Direct emissions)

1) การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะที่หอพักนักศึกษาที่มีอำนาจในการบริหารจัดการเพื่อใช้ในการเดินทางในงานของหอพักนักศึกษา พบว่าหอพักนักศึกษามียานพาหนะทั้งหมด 21 คัน ประกอบด้วย รถตู้ 1 คัน รถบรรทุกสี่ล้อ 1 คัน และรถจักรยานยนต์ 19 คัน ใช้สำหรับการเดินทางในกิจกรรมของหอพักนักศึกษา ซึ่งทั้งหมดมีการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันโซฮอล์รวม 2,512 ลิตรต่อปี และเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินรวม 3,277.42 ลิตรต่อปี โดยจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้ต่อหน่วยของเชื้อเพลิงน้ำมันเบนซินตาม IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006) ดังแสดงในตารางที่ 4.3 ซึ่งจะได้อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะของหอพักนักศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงน้ำมันเบนซิน

ชนิดเชื้อเพลิง	หน่วย	Emission Factor (kgCO ₂ -eq/unit)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG
น้ำมันเบนซิน	L	2.1816	0.0030	0.0535	2.2380
น้ำมันโซฮอล์	L	2.1816	0.0030	0.0535	2.2380

หมายเหตุ ก๊าซโซฮอล์ (Gasohol) จะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซของน้ำมันเบนซินในการคำนวณ (ที่มา : แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร,2556)

ตารางที่ 4.4 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะของหอพักฯ

หอพักนักศึกษา	ชนิดเชื้อเพลิง	ปริมาณ (L/ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO ₂ -eq/ปี)			
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG
1) หอพักนักศึกษาชาย	เบนซิน	1,062.00	2,316.82	3.18	56.79	2,376.78
	โซฮอล์	284.00	619.56	0.85	15.19	635.60
2) หอพักนักศึกษาหญิง	เบนซิน	1,557.00	3,396.70	4.66	83.26	3,484.61
	โซฮอล์	2,228.00	4,860.52	6.66	119.14	4,986.32
3) หอพักฯในกำกับกลุ่ม 1	เบนซิน	326.94	713.24	0.98	17.48	731.70
4) หอพักฯในกำกับกลุ่ม 2	เบนซิน	331.48	723.14	0.99	17.72	741.86
รวม			12,629.99	17.31	309.57	12,956.87

2) การรั่วไหลของสารทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอยู่ในหอพักนักศึกษา กิจกรรมในส่วนนี้จะพิจารณาจากปริมาณสารทำความเย็นที่เติมเข้าไปเพื่อทดแทนการรั่วไหลในเครื่องปรับอากาศของหอพักนักศึกษา โดยเป็นสารทำความเย็นประเภท HCFC-22 ซึ่งไม่จัดอยู่ในก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต แต่งานวิจัยนี้จะทำการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสารดังกล่าว แยกออกจากกลุ่มของก๊าซเรือนกระจก โดยมีปริมาณสารทำความเย็นที่เติมทั้งหมดเท่ากับ 19.33 กิโลกรัมต่อปี ซึ่งอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามค่าศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน (GWP) จาก IPCC Fourth Assessment Report (2007) ซึ่งมีค่าเท่ากับ $1810 \text{ kgCO}_2\text{-eq/kg}$ และจะได้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศภายในหอพักนักศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการรั่วไหลของสารทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งภายในหอพักนักศึกษา

หอพักนักศึกษา	ปริมาณ (Kg/ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO ₂ -eq/ปี)				
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HCFCs	Non-GHG
1) หอพักนักศึกษาชาย	12.15	21,982.46			21,982.46	12.15
2) หอพักนักศึกษาหญิง	7.19	13,009.38			13,009.38	7.19
รวม	19.33	-	-	-	34,991.83	34,991.83

หมายเหตุ ข้อมูลของปริมาณการเติมสารทำความเย็นในกลุ่มหอพักฯ ในกำกับกลุ่ม 1 และ 2 ไม่มีการเติมสารทำความเย็นในช่วงปีที่ทำการศึกษา

3) การใช้ปุ๋ยและปูนขาวลงในดินภายในพื้นที่ของหอพักนักศึกษา หอพักนักศึกษาได้มีการใช้ปุ๋ยประเภทต่างๆ และปูนขาวลงในดิน สำหรับการบำรุงรักษาและดูแลทัศนียภาพภายในบริเวณโดยรอบหอพักนักศึกษา โดยมีปริมาณการใช้ในแต่ละประเภท ดังนี้

ตารางที่ 4.6 ปริมาณการใช้ปุ๋ยและสารเคมีต่างๆ ของหอพักนักศึกษา

หอพักนักศึกษา	ประเภท	ปริมาณ (kg/ปี)
1) หอพักนักศึกษาชาย	ปุ๋ยยูเรีย	107.20
	ปุ๋ยคอก	768.00
	ปูนขาว	76.00
2) หอพักนักศึกษาหญิง	ปุ๋ยยูเรีย	160.80
	ปุ๋ยคอก	1152.00
	ปูนขาว	114.00
3) หอพักฯ ในกำกับกลุ่ม 1	ปุ๋ยยูเรีย	477.94
4) หอพักฯ ในกำกับกลุ่ม 2	ปุ๋ยยูเรีย	82.06

โดยอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของปุ๋ยและสารเคมีดังกล่าว จาก IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006) ตามที่แสดงในตารางที่ 4.7 ซึ่งจะได้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.7 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยและสารเคมีประเภทต่างๆ

ประเภทปุ๋ยและ สารเคมี	หน่วย	Emission Factor (kgCO ₂ -eq/unit)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG
ปุ๋ยยูเรีย	kg	0.7333	-	6.1984	6.9317
ปุ๋ยคอก	kg	0.0000	-	6.6752	6.6752
ปูนขาว	kg	0.4400	-	-	0.4400

ตารางที่ 4.8 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้ปุ๋ยและสารเคมีประเภทต่างๆภายในบริเวณของหอพักนักศึกษา

หอพักนักศึกษา	ประเภท	ปริมาณ (kg/ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO ₂ -eq/ปี)			
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG
1) หอพักนักศึกษาชาย	ปุ๋ยยูเรีย	107.20	78.61	0.00	664.47	743.08
	ปุ๋ยคอก	768.00	0.00	0.00	5126.55	5,126.55
	ปูนขาว	76.00	33.44	0.00	0.00	33.44
2) หอพักนักศึกษาหญิง	ปุ๋ยยูเรีย	160.80	117.91	0.00	996.70	1,114.62
	ปุ๋ยคอก	1,152.00	0.00	0.00	7689.83	7,689.83
	ปูนขาว	114.00	50.16	0.00	0.00	50.16
3) หอพักในกำกับ 1	ปุ๋ยยูเรีย	477.94	219.85	161.22	0	1,362.74
4) หอพักในกำกับ 2	ปุ๋ยยูเรีย	82.06	37.75	27.68	0	233.97
รวม			888.21	-	16,074.26	16,962.48

4.1.4 ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 2 : การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy Indirect emissions)

การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในพื้นที่ซึ่งอยู่ภายใต้ความดูแลของหอพักนักศึกษา กิจกรรมในส่วนนี้จะพิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษา ครอบคลุมการดำเนินงานทั้งหมดของหอพักนักศึกษา ซึ่งหอพักนักศึกษามีอำนาจในการบริหารจัดการ ทั้งในส่วนกลางและห้องพักนักศึกษา โดยจะไม่รวมการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากองค์กรภายนอก ที่เข้ามาเช่าพื้นที่ภายในหอพักฯ ซึ่งหอพักนักศึกษาไม่มีอำนาจในการบริหารจัดการ โดยปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษาในส่วนนี้เท่ากับ 2,183,056.00 kWh/ปี สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าจะอ้างอิงจาก ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงาน

ของประเทศไทย (Thai LCI Database) ซึ่งมีค่าเท่ากับ $0.5813 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ และจะได้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในหอพักนักศึกษา ตามตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษา

หอพักนักศึกษา	ปริมาณ (kWh/ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($\text{kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{ปี}$)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG
1) หอพักนักศึกษาชาย	571,529.00	332,229.81	-	-	332,229.81
2) หอพักนักศึกษาหญิง	913,927.00	531,265.77	-	-	531,265.77
3) หอพักในกำกับกลุ่ม 1	260,800.00	151,603.04	-	-	151,603.04
4) หอพักในกำกับกลุ่ม 2	436,800.00	253,911.84	-	-	253,911.84
รวม	2,183,056.00	1,269,010.45	-	-	1,269,010.45

หมายเหตุ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซที่ใช้อยู่ในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

4.1.5 ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตที่ 3 : การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other indirect emissions)

1) การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะที่จ้างเหมาสำหรับการเดินทางเพื่อทำกิจกรรมของบุคลากรและนักศึกษา โดยจะพิจารณาการใช้เชื้อเพลิงในยานพาหนะที่หอพักนักศึกษาจ้างเหมาเพื่อใช้ในการเดินทางเพื่อทำกิจกรรมของหอพักนักศึกษา ซึ่งยานพาหนะที่จ้างเหมาทั้งหมดคือรถสี่ล้อแดง ซึ่งมีการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลในปริมาณ 237.24 ลิตรต่อปี โดยอาศัยข้อมูลระยะทางที่ใช้ในการเดินทางคูณกับค่าอัตราการใช้เชื้อเพลิงของรถกระบะเครื่องยนต์ดีเซล ตามมาตรฐานของ American Petroleum Institute (2004) ซึ่งจะได้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามตารางที่ 4.10 โดยอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลตาม IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006) ตามตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.10 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะจ้างเหมา

หอพักนักศึกษา	ปริมาณ (L/ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($\text{kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{ปี}$)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG
1) หอพักนักศึกษาหญิง	237.24	640.25	0.84	10.04	651.14
รวม	237.24	640.25	0.84	10.04	651.14

หมายเหตุ เนื่องจากหอพักนักศึกษาในกลุ่มอื่นๆ ไม่มีการดำเนินกิจกรรมในส่วนนี้

2) การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะสำหรับการเดินทางไปกลับของบุคลากรและนักศึกษา กิจกรรมในส่วนนี้จะพิจารณาเฉพาะปริมาณการใช้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะส่วนตัวและยานพาหนะ

สาขาระบบที่บุคลากรของหอพักนักศึกษาใช้สำหรับการเดินทางระหว่างที่พักของบุคลากรและหอพักนักศึกษา และปริมาณการใช้เชื้อเพลิงจากยานพาหนะส่วนตัวและยานพาหนะสาธารณะที่นักศึกษาหอพักฯ ใช้สำหรับการเดินทางระหว่างอาคารเรียนและหอพักนักศึกษานั้น โดยอ้างอิงข้อมูลการเดินทางของบุคลากรและนักศึกษาจากการตอบแบบสอบถามจำนวน 2,582 คน จากจำนวนทั้งหมด 8,054 คนหรือคิดเป็นร้อยละ 32.06 ของจำนวนบุคลากรและนักศึกษาทั้งหมด ซึ่งมากกว่าร้อยละ 6 ตามขนาดกลุ่มตัวอย่างของทาโร ยามาเน (Taro Yamane) ที่ค่าความคลาดเคลื่อนของการสุ่มร้อยละ 5 โดยได้แบ่งการพิจารณาออกตามประเภทของยานพาหนะและชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ และจะอ้างอิงค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของยานพาหนะแต่ละประเภทตามมาตรฐานของ American Petroleum Institute (2004) และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006) ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ

ยานพาหนะ	เชื้อเพลิง	หน่วย	อัตราการใช้ เชื้อเพลิง (km/L)	Emission Factor (kgCO _{2-eq} /unit)			
				CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG
รถจักรยานยนต์	น้ำมันเบนซิน	L	11.111	2.1816	0.0030	0.0535	2.2380
รถยนต์ขนาด 1500 cc	น้ำมันเบนซิน	L	17.770	2.1816	0.0030	0.0535	2.2380
รถยนต์ขนาด 1600 cc	น้ำมันเบนซิน	L	15.238	2.1816	0.0030	0.0535	2.2380
รถยนต์ขนาด 1800 cc	น้ำมันเบนซิน	L	13.796	2.1816	0.0030	0.0535	2.2380
รถยนต์ขนาด 2000 cc	น้ำมันเบนซิน	L	12.248	2.1816	0.0030	0.0535	2.2380
รถยนต์	น้ำมันดีเซล	L	11.111	2.6987	0.0036	0.0423	2.7446
รถยนต์	LPG	L	8.929	1.6797	0.0413	0.0016	1.7226
รถยนต์	CNG	kg	11.905	2.1262	0.0872	0.0339	2.2472

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของรถไฟฟ้าหาได้จากการคำนวณในภาคผนวก ก ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0409 kgCO_{2-eq}/p-km ซึ่งจะได้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะสำหรับการเดินทางไปกลับของบุคลากรและนักศึกษา ตามตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ
สำหรับการเดินทางของบุคลากรและนักศึกษา

หอพักนักศึกษา	ยานพาหนะ	เชื้อเพลิง	หน่วย	ปริมาณ (หน่วย/ ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO ₂ -eq/ปี)			
					CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total- GHG
1)หอพักนักศึกษาชาย	รถจักรยานยนต์	น้ำมันเบนซิน	L	15,602.96	34,038.86	46.66	834.32	34,919.85
	รถยนต์	น้ำมันเบนซิน	L	3,738.25	8,155.22	11.18	199.89	8,366.29
		CNG	kg	323.96	688.80	28.24	10.98	728.02
		LPG	L	-	-	-	-	-
		น้ำมันดีเซล	L	3,832.54	10,342.96	13.61	162.22	10,518.79
	รถสี่ล้อแดง	น้ำมันดีเซล	L	1,043.67	2,816.57	3.71	44.18	2,864.45
	รถไฟฟ้า	ไฟฟ้า	p-km	15,602.96	34,038.86	46.66	834.32	34,919.85
2)หอพักนักศึกษาหญิง	รถจักรยานยนต์	น้ำมันเบนซิน	L	22,735.12	49,598.12	67.99	1,215.69	50,881.80
	รถยนต์	น้ำมันเบนซิน	L	5,634.60	12,292.23	16.85	301.29	12,610.38
		CNG	kg	43.39	92.27	3.78	1.47	97.52
		LPG	L	3,368.91	5,658.83	139.00	5.34	5,803.18
		น้ำมันดีเซล	L	7,650.51	20,646.61	27.17	323.83	20,997.60
	รถสี่ล้อแดง	น้ำมันดีเซล	L	2,542.40	6,861.23	9.03	107.61	6,977.87
	รถไฟฟ้า	ไฟฟ้า	p-km	22,735.12	49,598.12	67.99	1,215.69	50,881.80
3)หอพักในกำกับกลุ่ม 1	รถจักรยานยนต์	น้ำมันเบนซิน	L	7,498.09	16,357.57	22.42	400.94	16,780.93
	รถยนต์	น้ำมันเบนซิน	L	708.47	1,545.57	2.12	37.88	1,585.58
		CNG	kg	-	-	-	-	-
		LPG	L	-	-	-	-	-
		น้ำมันดีเซล	L	293.45	791.94	1.04	12.42	805.40
	รถสี่ล้อแดง	น้ำมันดีเซล	L	694.97	1,875.53	2.47	29.42	1,907.41
	รถไฟฟ้า	ไฟฟ้า	p-km	7,487.76	2,737.35	3.38	58.26	2,798.99
4)หอพักในกำกับกลุ่ม 2	รถจักรยานยนต์	น้ำมันเบนซิน	L	6,904.07	15,061.68	20.65	369.17	15,451.50
	รถยนต์	น้ำมันเบนซิน	L	8,900.65	19,417.34	26.62	475.93	19,919.89
		CNG	kg	-	-	-	-	-
		LPG	L	2,956.53	7,978.85	10.50	125.14	8,114.49

ตารางที่ 4.12 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะ
สำหรับการเดินทางของบุคลากรและนักศึกษา (ต่อ)

หอพัก นักศึกษา	ยานพาหนะ	เชื้อเพลิง	หน่วย	ปริมาณ (หน่วย/ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO _{2-eq} /ปี)			
					CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total- GHG
		น้ำมันดีเซล	L	-	-	-	-	-
	รถสี่ล้อแดง	น้ำมันดีเซล	L	1,513.86	4,085.48	5.38	64.08	4,154.93
	รถไฟฟ้า	ไฟฟ้า	p-km	100,481.69	15,990.25	16.12	225.69	16,232.06
รวม					346,502.34	714.43	6,573.62	353,790.38

3) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากการดำเนินการโดยองค์กรภายนอกที่เข้ามาเช่าพื้นที่ภายในหอพักนักศึกษา กิจกรรมในส่วนนี้จะพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของร้านอาหารและร้านค้าที่เข้ามาเช่าพื้นที่ภายในหอพักนักศึกษา ซึ่งพบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดเท่ากับ 488,682.67 kWh/ปี โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซตามฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย (Thai LCI Database) เท่ากับ 0.5813 kgCO_{2-eq}/kWh ซึ่งจะได้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ตามตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการดำเนินกิจการของร้านอาหารและร้านค้าภายในหอพักนักศึกษา

หอพักนักศึกษา	ปริมาณ (kWh/ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO _{2-eq} /ปี)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG
1) หอพักนักศึกษาชาย	87,814.00	51,046.28	-	-	51,046.28
2) หอพักนักศึกษาหญิง	102,931.00	59,833.79	-	-	59,833.79
3) หอพักในกำกับกลุ่ม 1	15,338.00	8,915.98	-	-	8,915.98
4) หอพักในกำกับกลุ่ม 2	282,599.67	164,275.19	-	-	164,275.19
รวม	488,682.67	284,071.24	-	-	284,071.24

หมายเหตุ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซที่ใช้อยู่ในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

4) การใช้เชื้อเพลิงหุงต้มขององค์กรภายนอกที่เข้ามาเช่าพื้นที่ภายในหอพักนักศึกษา ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นจากการใช้เชื้อเพลิงหุงต้มในการประกอบอาหารของร้านอาหารต่างๆ ที่ดำเนินกิจการภายในพื้นที่ของหอพักนักศึกษา ซึ่งมีปริมาณการใช้ทั้งหมดเท่ากับ 133,963.58 kg/ปี โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซจากเชื้อเพลิงหุงต้มตาม IPCC Guidelines for National Greenhouse

Gas Inventories (2006) ดังแสดงในตารางที่ 4.14 และผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.14 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงก๊าซหุงต้ม

ชนิดเชื้อเพลิง	Emission Factor (kgCO _{2-eq} /unit)			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG
ก๊าซหุงต้ม	3.1106	0.0012	0.0015	3.1133

ตารางที่ 4.15 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เชื้อเพลิงหุงต้มขององค์กรภายนอกที่เข้ามาเช่าพื้นที่ภายในหอพักนักศึกษา

หอพักนักศึกษา	ปริมาณ (kg/ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO _{2-eq} /ปี)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG
1) หอพักนักศึกษาชาย	62,934.83	195,764.86	77.56	92.45	195,934.87
2) หอพักนักศึกษาหญิง	57,395.39	178,533.90	70.73	84.32	178,688.95
3) หอพักในกำกับกลุ่ม 1	6,816.68	21,203.94	8.40	10.01	21,222.35
4) หอพักในกำกับกลุ่ม 2	6,816.68	21,203.94	8.40	10.01	21,222.35
รวม	133,963.58	416,706.63	165.10	196.80	417,068.52

5) การใช้น้ำประปา กิจกรรมในส่วนนี้จะพิจารณาครอบคลุมปริมาณการใช้น้ำประปา ภายในพื้นที่ของหอพักนักศึกษา ซึ่งพบว่าปริมาณการใช้ทั้งหมดเท่ากับ 576,369.00 m³/ปี โดยจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปาตาม Metropolitan Waterworks Authority (Thailand) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0264 kgCO_{2-eq}/m³ และจะได้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำประปา เป็นดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้น้ำประปาของหอพักนักศึกษา

หอพักนักศึกษา	ปริมาณ (m ³ /ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO _{2-eq} /ปี)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG
1) หอพักนักศึกษาชาย	184,387.00	4,867.82			4,867.82
2) หอพักนักศึกษาหญิง	249,087.00	6,575.90			6,575.90
3) หอพักในกำกับกลุ่ม 1	57,325.00	1,513.38	-	-	1,513.38
4) หอพักในกำกับกลุ่ม 2	85,570.00	2,259.05	-	-	2,259.05
รวม	576,369.00	15,216.14	-	-	15,216.14

6) การใช้กระดาษสำนักงาน โดยจะพิจารณาปริมาณการใช้กระดาษในงานธุรการของหอพักนักศึกษา ซึ่งพบว่าปริมาณการใช้ทั้งหมดรวม 1,560.82 kg/ปี สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้กระดาษจะอ้างอิงตาม แนวทางการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.735 kgCO_{2-eq}/kg และสามารถคำนวณค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการใช้กระดาษ ตามตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้กระดาษสำนักงาน

หอพักนักศึกษา	ปริมาณ (kg/ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO _{2-eq} /ปี)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG
1) หอพักนักศึกษาชาย	445.55	327.48	-	-	327.48
2) หอพักนักศึกษาหญิง	668.32	491.22	-	-	491.22
3) หอพักในกำกับกลุ่ม 1	350.79	257.83	-	-	257.83
4) หอพักในกำกับกลุ่ม 2	96.16	70.68	-	-	70.68
รวม	1,560.82	1,147.21	-	-	1,147.21

7) การจัดการขยะ กิจกรรมในส่วนนี้จะพิจารณาครอบคลุมกิจกรรมการจัดการขยะของหอพักนักศึกษา ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 220.64 ตัน/ปี โดยวิธีการรีไซเคิล และวิธีการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) ณ หลุมฝังกลบ อ.สอศ จ.เชียงใหม่ ซึ่งจะนำก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากหลุมฝังกลบมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งมีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและวัสดุสำหรับการดำเนินการจัดการขยะดังกล่าว ตามตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 เชื้อเพลิงและวัสดุที่ใช้ในการจัดการขยะของหอพักนักศึกษา

หอพักนักศึกษา	เชื้อเพลิงและวัสดุ	ปริมาณ	หน่วย
1) หอพักนักศึกษาชาย	ถุงดำพลาสติก	264.64	Kg/ปี
	น้ำมันดีเซล	381.28	L/ปี
	ไฟฟ้า	146.35	kWh/ปี
	น้ำมันหล่อลื่น	1.28	L/ปี
2) หอพักนักศึกษาหญิง	ถุงดำพลาสติก	435.48	Kg/ปี
	น้ำมันดีเซล	55.01	L/ปี
	ไฟฟ้า	240.83	kWh/ปี
	น้ำมันหล่อลื่น	2.11	L/ปี
3) หอพักในกำกับกลุ่ม 1	ถุงดำพลาสติก	71.45	Kg/ปี
	น้ำมันดีเซล	102.94	L/ปี
	ไฟฟ้า	39.51	kWh/ปี
	น้ำมันหล่อลื่น	0.35	L/ปี

ตารางที่ 4.18 เชื้อเพลิงและวัสดุที่ใช้ในการจัดการขยะของหอพักนักศึกษา (ต่อ)

หอพักนักศึกษา	เชื้อเพลิงและวัสดุ	ปริมาณ	หน่วย
4) หอพักในกำกับกลุ่ม 2	ถุงดำพลาสติก	111.01	Kg/ปี
	น้ำมันดีเซล	159.93	L/ปี
	ไฟฟ้า	61.39	kWh/ปี
	น้ำมันหล่อลื่น	0.54	L/ปี

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานและวัสดุการจัดการขยะ จะอ้างอิงจาก IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006) และฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย (Thai LCI Database) ตามตารางที่ 4.39

ตารางที่ 4.19 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการจัดการขยะ

ชนิดเชื้อเพลิง	Emission Factor (kgCO _{2-eq} /หน่วย)			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG
ถุงดำพลาสติก	2.399	-	-	2.399
น้ำมันดีเซล	2.6987	0.0035	0.0423	2.7446
น้ำ	0.0264	-	-	0.0264
โซดาไฟ	1.0377	-	-	1.0377
การฝังกลบ (Anaerobic)	-	0.0250	0.00	0.0250
น้ำมันหล่อลื่น	0.6157	-	-	0.6157
การผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ	0.0458	-	-	0.0458
พลังงานไฟฟ้า	0.5813	-	-	0.5813

หมายเหตุ : ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซที่ใช้ของถุงดำพลาสติก น้ำ โซดาไฟ น้ำมันหล่อลื่น และพลังงานไฟฟ้า อยู่ในหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ซึ่งจะได้ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการจัดการขยะของหอพักนักศึกษาทั้งหมดเป็นไปตามตารางที่ 4.20

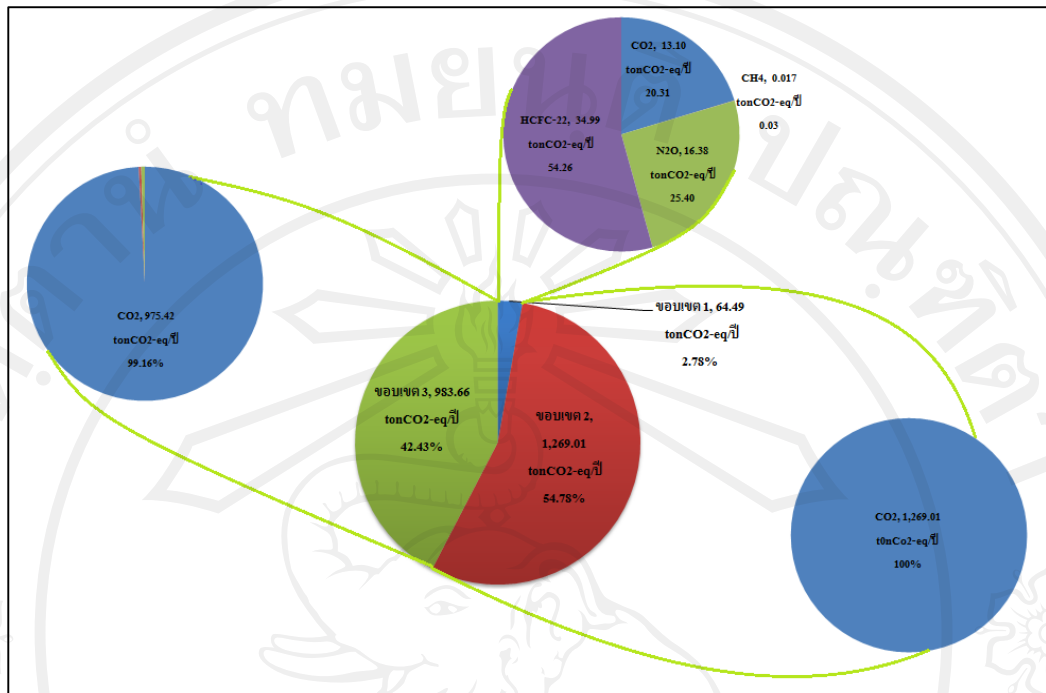
ตารางที่ 4.20 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการขยะ

หอพักนักศึกษา	เชื้อเพลิงและวัสดุ	หน่วย	ปริมาณ (หน่วย/ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO _{2-eq} /ปี)			
				CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG
1)หอพักนักศึกษายชย	ถุงดำพลาสติก	kg	264.64	634.87	-	-	634.87
	น้ำมันดีเซล	L	381.28	1,028.98	1.35	16.14	1,046.47
	การฝังกลบ	ton	31,429.75	-	785.74	-	785.74

ตารางที่ 4.20 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการขยะ (ต่อ)

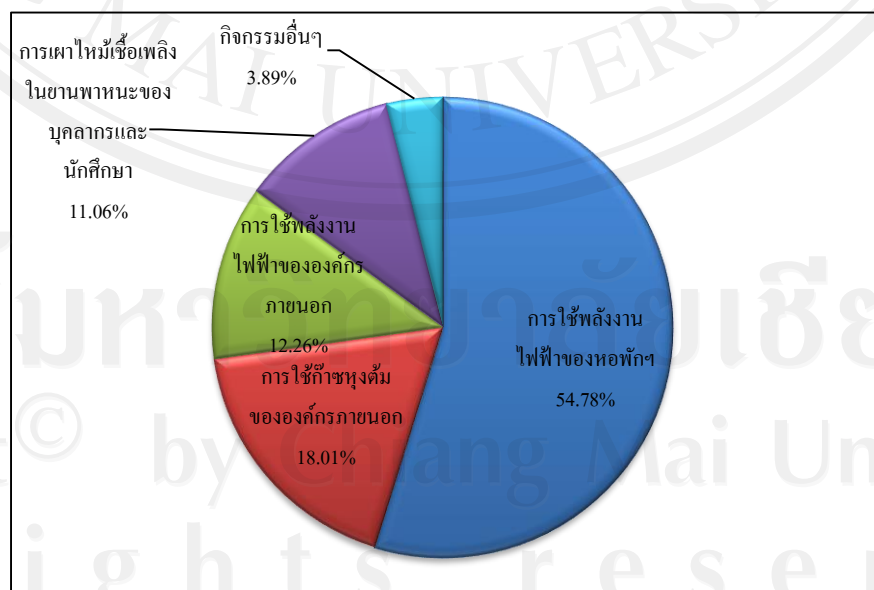
หอพักนักศึกษา	เชื้อเพลิงและวัสดุ	หน่วย	ปริมาณ (หน่วย/ปี)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO ₂ -eq/ปี)			
				CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG
	ไฟฟ้า	kWh	146.35	85.08	-	-	85.08
	น้ำมันหล่อลื่น	L	1.28	0.79	-	-	0.79
	ไฟฟ้าทดแทน	kWh	331.90	15.20	-	-	15.20
2)หอพักนักศึกษาหญิง	ถุงดำพลาสติก	kg	435.48	1,044.71	-	-	1,044.71
	น้ำมันดีเซล	L	627.42	1,693.24	2.23	26.56	1,722.02
	การฝังกลบ	ton	51,719.18	0	1292.98	0	1,292.98
	ไฟฟ้า	kWh	240.83	140.00	-	-	140.00
	น้ำมันหล่อลื่น	L	2.11	1.30	-	-	1.30
3)หอพักในกำกับ กลุ่ม 1	ถุงดำพลาสติก	kg	71.45	171.4	-	-	171.4
	น้ำมันดีเซล	L	102.94	277.80	0.37	4.36	282.53
	การฝังกลบ	ton	27.75	-	212.13	-	212.13
	ไฟฟ้า	kWh	39.51	22.97	-	-	22.97
	น้ำมันหล่อลื่น	L	0.35	0.21	-	-	0.21
4)หอพักในกำกับ กลุ่ม 2	ถุงดำพลาสติก	kg	111.01	266.30	-	-	266.30
	น้ำมันดีเซล	L	159.93	431.62	0.57	6.77	438.95
	การฝังกลบ	ton	27.75	-	329.59	-	329.59
	ไฟฟ้า	kWh	61.39	35.69	-	-	35.69
	น้ำมันหล่อลื่น	L	0.54	0.33	-	-	0.33
	ไฟฟ้าทดแทน	kWh	139.22	6.38	-	-	6.38
รวม				5,885.99	2,624.96	53.82	8,564.77

จากผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกข้างต้น พบว่าหอพักนักศึกษา มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเท่ากับ 2,316.38 tonCO₂-eq/ปี โดยแบ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่อยู่ภายใต้การควบคุมโดยพิธีสารเกียวโต ซึ่งประกอบด้วย ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) , ก๊าซมีเทน (CH₄) และไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ในขอบเขตที่ 1 ขอบเขตที่ 2 และขอบเขตที่ 3 เท่ากับ 29.50, 1,269.01 และ 982.88 tonCO₂-eq/ปี คิดเป็นร้อยละ 1.27, 54.78 และ 42.43 ของปริมาณการปล่อยก๊าซทั้งหมดตามลำดับ และสารไฮโดรคลอโรฟลูโอคาร์บอน (HCFC -22) ซึ่งเป็นก๊าซที่ไม่จัดอยู่ในกลุ่มของก๊าซเรือนกระจกที่ถูกควบคุมในพิธีสารเกียวโต โดยเกิดจากกิจกรรมการรั่วไหลของสารทำความเย็นในขอบเขตที่ 1 เท่ากับ 34,991.83 tonCO₂-eq/ปี หรือร้อยละ 1.51 ของปริมาณการปล่อยก๊าซทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา
แยกตามขอบเขตการปล่อยและประเภทก๊าซเรือนกระจก

โดยเมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทกิจกรรม พบว่า กิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสัดส่วนที่ ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมของหอพักนักศึกษามากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.8

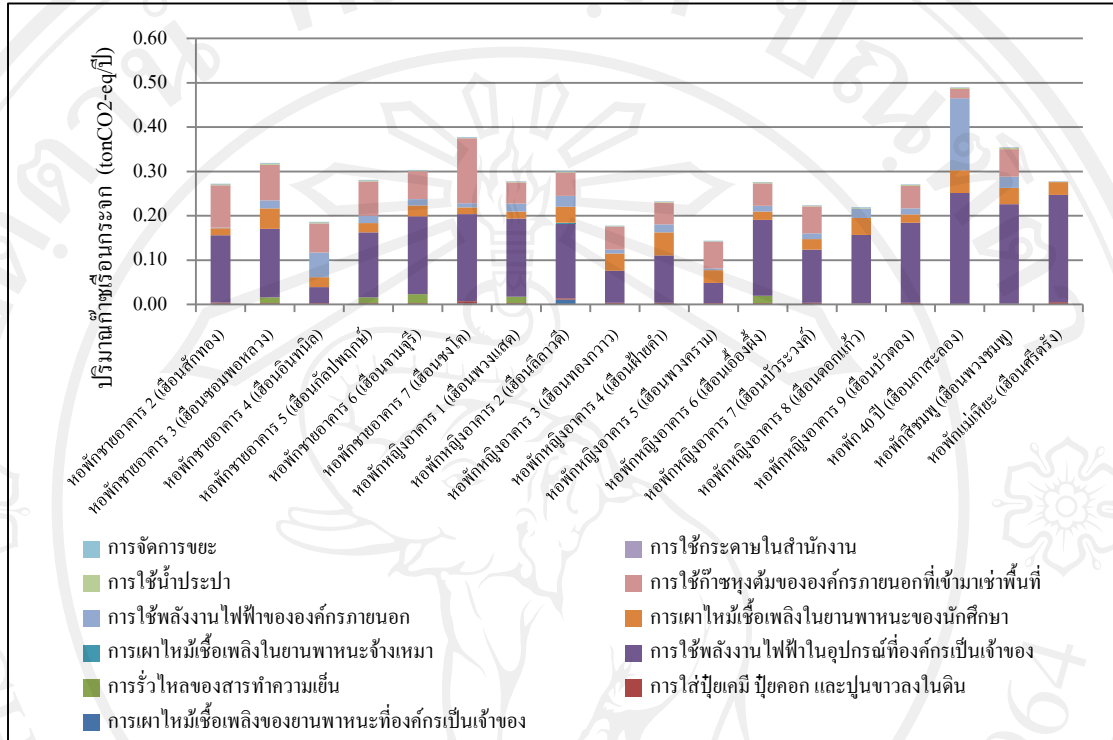


รูปที่ 4.8 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามประเภทกิจกรรม

จากสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่ากิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษา มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดถึงร้อยละ 54.78 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าเป็นปัจจัยพื้นฐานต่อการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในภายในชีวิตประจำวัน และหอพักนักศึกษาก็เป็นแหล่งรวมของบุคลากรและนักศึกษาจำนวนมากเข้ามาพักอาศัยและทำกิจกรรมต่างๆ ภายในหอพักฯ จึงก่อให้เกิดความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณที่สูง ส่งผลให้มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงตามไปด้วย รองลงมาเป็นกิจกรรมการใช้ก๊าซหุงต้มและกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการดำเนินกิจการของร้านอาหารและร้านค้าภายในหอพักนักศึกษาร้อยละ 18.01 และ 12.26 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดตามลำดับ เนื่องจากร้านอาหารและร้านค้าต่างๆ ภายในหอพักนักศึกษานั้นไม่เพียงแต่ให้บริการเฉพาะนักศึกษาที่พักอาศัยอยู่ภายในหอพักเท่านั้น แต่ยังให้บริการนักศึกษาภายนอกหอพักที่เข้ามาใช้บริการอีกด้วย ทำให้มีปริมาณการใช้ก๊าซหุงต้มสำหรับประกอบอาหารและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการดำเนินกิจการของร้านค้ามีปริมาณที่สูง ตามมาด้วยกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะสำหรับการเดินทางไปกลับของบุคลากรและนักศึกษาร้อยละ 11.06 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด เนื่องจากจำนวนของนักศึกษาที่เข้ามาพักอาศัยภายในหอพักนักศึกษามีจำนวนมากเมื่อเทียบกับจำนวนของรถบริการขนส่งที่ทางมหาวิทยาลัยจัดไว้ให้นักศึกษาได้ใช้ในการเดินทางระหว่างอาคารเรียนต่างๆ ภายในมหาวิทยาลัยมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของนักศึกษาที่มีมากกว่าหลายเท่าตัว ส่งผลให้มีการนำยานพาหนะส่วนตัวของนักศึกษาหอพักฯ เข้ามาใช้เป็นจำนวนมาก โดยจอดไว้ในเขตพื้นที่จอดรถที่ทางหอพักนักศึกษาจัดไว้ให้สำหรับยานพาหนะส่วนตัวของนักศึกษาภายในหอพักฯ ส่งผลให้กิจกรรมนี้มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ในปริมาณหนึ่ง ส่วนกิจกรรมอื่นๆ ที่เหลือ มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพียงร้อยละ 3.89 ของปริมาณการปล่อยก๊าซทั้งหมด

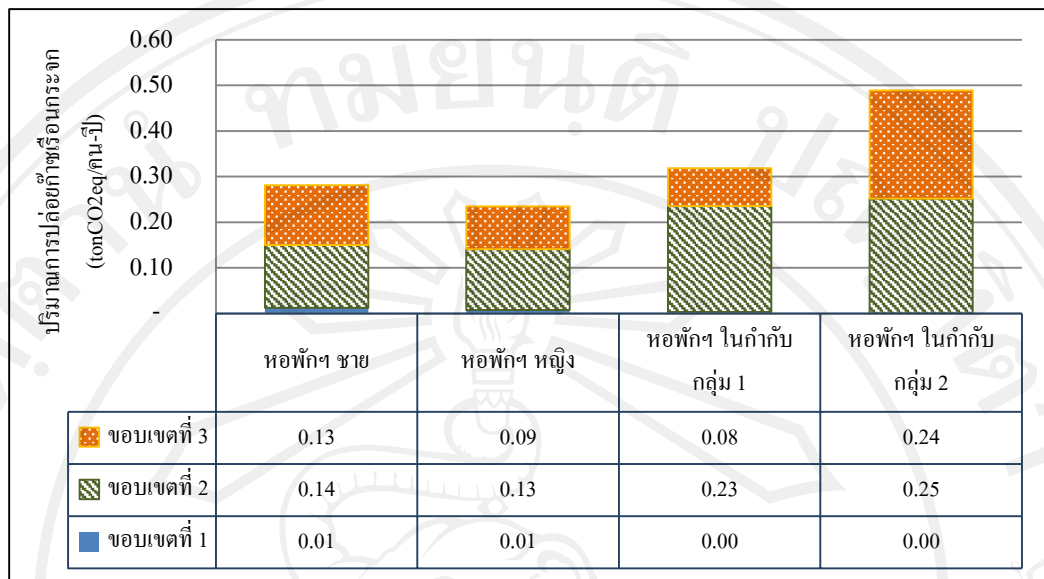
จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด เมื่อพิจารณาที่ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามแต่ละหอพักฯ ดังแสดงในรูปที่ 4.9 จะเห็นว่าหอพักนักศึกษาทั้งหมดมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยต่อคนอยู่ในช่วง $0.1439 - 0.4890 \text{ tonCO}_2\text{-eq/คน-ปี}$ โดยเรือนกาสะลองเป็นหอพักนักศึกษาที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด รองลงมาเป็นเรือนชงโค เรือนพวงชมพู และเรือนหอมพอลงตามลำดับ ในขณะที่เรือนทองกวาวและเรือนพวงครามมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด เนื่องจากลักษณะการติดตั้งและใช้งานในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่แตกต่างกันไปในแต่ละกิจกรรม จึงส่งผลให้หอพักนักศึกษาแต่ละอาคารมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกันด้วย และเพื่อแสดงให้เห็นถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษาในแต่ละลักษณะ จึงได้จัดแบ่งหอพักนักศึกษาวออกเป็น 4 กลุ่มย่อย

ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 4.1.1 คือ 1) กลุ่มหอพักนักศึกษาชาย 2) กลุ่มหอพักนักศึกษาหญิง 3) กลุ่มหอพักฯ ในกำกับกลุ่ม 1 และ 4) กลุ่มหอพักฯ ในกำกับกลุ่ม 2



รูปที่ 4.9 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกแยกตามหอฯ

โดยเมื่อพิจารณาแยกตามกลุ่มของหอพักนักศึกษาแล้ว พบว่าหอพักนักศึกษาชายมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยของกลุ่มในอัตรา 0.2816 $\text{tonCO}_2\text{-eq}/\text{คน-ปี}$ โดยที่หอพักนักศึกษาชายอาคาร 7 (เอื้อนขงโค) หอพักนักศึกษาชายอาคาร 3 (เอื้อนหอมพอลวง) และหอพักนักศึกษาชายอาคาร 6 (เอื้อนจามจุรี) มีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเท่ากับ 0.3768, 0.319 และ 0.3191 $\text{tonCO}_2\text{-eq}/\text{คน-ปี}$ ตามลำดับ ในขณะที่หอพักนักศึกษาหญิงมีอัตราการเกิดขยะเพียง 0.2348 $\text{tonCO}_2\text{-eq}/\text{คน-ปี}$ โดยหอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 2 (เอื้อนลีลาวดี) หอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 1 (เอื้อนพวงเสด) หอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 6 (เอื้อนเอื้องผึ้ง) และหอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 9 (เอื้อนบัวตอง) มีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเท่ากับ 0.3000, 0.2778, 0.2763 และ 0.2705 $\text{tonCO}_2\text{-eq}/\text{คน-ปี}$ ตามลำดับ สำหรับหอพักนักศึกษาในกำกับกลุ่ม 1 มีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยเท่ากับ 0.3165 $\text{tonCO}_2\text{-eq}/\text{คน-ปี}$ ในขณะที่หอพักนักศึกษาในกำกับกลุ่ม 2 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเท่ากับ 0.4890 $\text{tonCO}_2\text{-eq}/\text{คน-ปี}$ ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อคนต่อปีแยกตาม
ขอบเขตและกลุ่มของหอพักนักศึกษา

จากรูปจะเห็นว่า กลุ่มหอพักนักศึกษาหญิงมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเฉลี่ยต่อคนต่อปีต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับกลุ่มหอพักนักศึกษาอื่นๆ รองลงมาเป็นหอพักนักศึกษาชาย หอพักฯ ในกำกับกลุ่ม 1 และหอพักฯ ในกำกับกลุ่ม 2 ตามลำดับ เนื่องจากหอพักนักศึกษาชายมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและก๊าซหุงต้มในกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าและก๊าซหุงต้มจากองค์กรภายนอกที่สูงกว่าหอพักนักศึกษาหญิง จึงส่งผลให้หอพักนักศึกษาชายมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอัตราที่สูงกว่า สำหรับกลุ่มหอพักฯ ในกำกับ มีการติดตั้งสิ่งอำนวยความสะดวกเพิ่มเติมให้นักศึกษา โดยเฉพาะหอพักฯ ในกำกับกลุ่ม 2 หรือเอือนกาสะลอง ได้ถูกออกแบบมาโดยมุ่งเน้นความสะดวกสบายของนักศึกษามากขึ้น ได้แก่ เครื่องทำน้ำอุ่น พัดลมเพดาน และตู้เย็น ที่ติดตั้งไว้ในห้องพักนักศึกษา จึงส่งผลให้มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อคนที่สูงที่สุด ซึ่งทั้งหมดมีปริมาณการปล่อยก๊าซเฉลี่ยรวมเท่ากับ 0.2876 tonCO_{2-eq}/คน-ปี ซึ่งมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยที่มีค่าเท่ากับ 3.29 tonCO_{2-eq}/คน-ปี (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2554) หรือคิดเป็นร้อยละ 8.72 ของค่าเฉลี่ยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย แต่เนื่องจากการประเมินในงานวิจัยนี้เป็นการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมภายในหอพักนักศึกษาเท่านั้นจึงไม่เป็นการนำมาเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้งประเทศ แต่ควรจะนำไปใช้ในการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับองค์กรที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน หากมีงานวิจัยที่ทำการศึกษาในลักษณะนี้ต่อไปในอนาคต

จากผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา แสดงให้เห็นว่า กิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นกิจกรรมหลักที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษาโดยรวมมากที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษาจากกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก โดยการศึกษาหาแนวทางการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในหอพักนักศึกษา เพื่อนำแนวทางที่ได้มาเป็นแนวทางสำหรับการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เกิดประสิทธิภาพ และการศึกษาถึงศักยภาพพลังงานขยะซึ่งเป็นพลังงานทดแทนที่สามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ เพราะถึงแม้ว่ากิจกรรมการจัดการขยะจะส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษาเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับกิจกรรมอื่นๆ แต่ขยะเหล่านี้มีศักยภาพมากพอที่สามารถนำมาแปรรูปเป็นพลังงานทดแทน ซึ่งนอกจากจะช่วยลดปริมาณขยะได้แล้ว ขยะบางส่วนยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นพลังงานทดแทนการใช้ภายในหอพักนักศึกษาได้ อาทิเช่น การผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพจากขยะประเภทเศษอาหาร การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะหรือก๊าซที่ได้จากการฝังกลบขยะการผลิตไฟฟ้าจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยนี้จะดำเนินการประเมินศักยภาพรวมทั้งแนวทางในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พร้อมทั้งศึกษาความเป็นไปได้และความเหมาะสมของแนวทางเหล่านั้นในเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดแนวทางที่เหมาะสมสำหรับหอพักนักศึกษาต่อไป

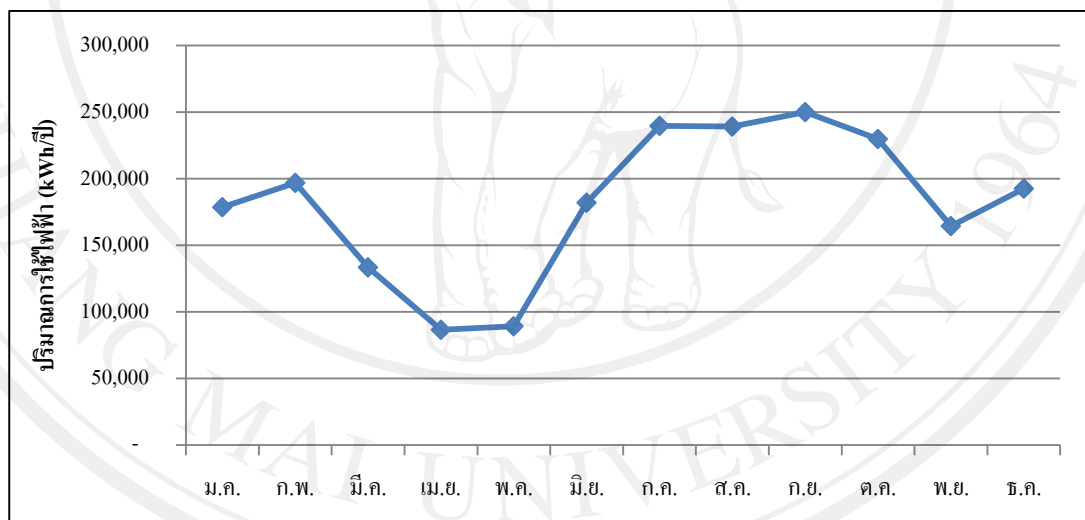
4.1.6 การตรวจวัดการใช้พลังงาน

ในการศึกษาถึงแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา จำเป็นต้องศึกษาถึงปริมาณและพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษา โดยอาศัยหลักการตรวจวัดการใช้พลังงาน (Audit Energy) เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดมาตรการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสม โดยแสดงรายละเอียดของการศึกษาไว้ ดังนี้

จากการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษาด้วยเครื่องวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า (Power Quality Analyzer) พบว่าหอพักนักศึกษาทั้งหมด มีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมสูงสุดเท่ากับ 595.23 kW โดยแสดงแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าและช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานสูงสุด ตามรูปที่ 1 ในภาคผนวก ข ซึ่งพบว่าลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละวันมีแนวโน้มการใช้ไปในทิศทางเดียวกัน ทั้งในวันทำงานปกติ (วันจันทร์-วันศุกร์) ซึ่งเป็นวันที่มีการเรียนการสอนและในวันหยุด (วันเสาร์ – วันอาทิตย์) ซึ่งไม่มีการเรียนการสอน โดยมีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงอยู่ในช่วงเวลาระหว่าง 20.00 – 23.00 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ไม่มี การเรียนการสอน ประกอบกับเป็นช่วงเวลากลางคืนซึ่งนักศึกษาส่วนใหญ่ได้กลับเข้ามาพักอาศัย และดำเนินกิจกรรมต่างๆ ภายในหอพักฯ ทั้งการใช้บริการพื้นฐาน ซึ่งทางหอพักจัดเตรียมไว้ให้ ได้แก่ ห้อง

คอมพิวเตอร์ ห้องคาราโอเกะ ห้องอ่านหนังสือและห้องดูทีวี เป็นต้น และจากการใช้งานอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่นักศึกษานำเข้ามาใช้ภายในห้องพักฯ ทั้งยังเป็นช่วงเวลาที่ทางหอพักฯ ได้เปิดใช้งานในระบบแสงสว่างพร้อมกันในบริเวณทางเดินและโดยรอบหอพักฯ เพื่ออำนวยความสะดวกและรักษาความปลอดภัยให้กับนักศึกษาในช่วงเวลากลางคืน จึงส่งผลให้ช่วงเวลานี้มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง ดังนั้นช่วงเวลานี้จึงเป็นช่วงเวลาสำคัญเพื่อใช้ในการกำหนดมาตรการต่างๆ ที่เหมาะสมสำหรับลดการใช้พลังงานของหอพักนักศึกษา ได้แก่ การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพหรือเป็นการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง เป็นต้น

จากนั้นพิจารณาลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษาในรอบ 12 เดือน พบว่าหอพักนักศึกษาทั้งหมด มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2555 คิดเป็นร้อยละ 10.88 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ในเขตเชิงดอย โดยแสดงแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ตามรูปที่ 4.11 ซึ่งอ้างอิงข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษาที่จากหน่วยไฟฟ้า ซึ่งอยู่ภายใต้สังกัดของกองอาคารสถานที่และสาธารณูปการ



รูปที่ 4.11 ลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษาในรอบ 12 เดือน

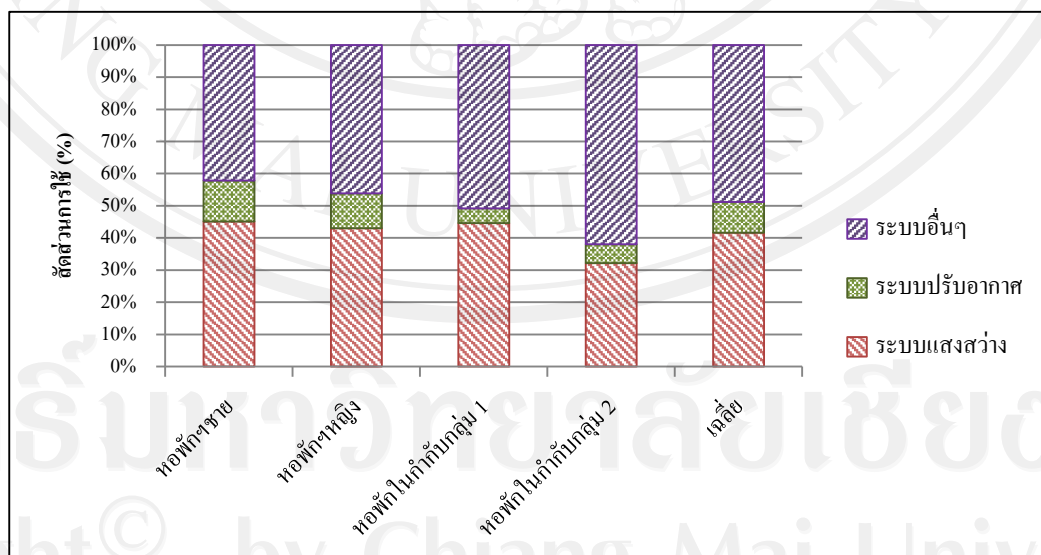
จากรูปจะเห็นว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยของหอพักนักศึกษามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 2 ช่วง คือในช่วงเดือนมิถุนายนถึงตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการเรียนการสอนในภาคการศึกษาที่ 1 ซึ่งมีนักศึกษาเข้ามาพักอาศัยอยู่ภายในหอพักฯ เป็นจำนวนมากเนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่เปิดรับนักศึกษาใหม่เข้ามาสู่รั้วมหาวิทยาลัย และเพื่อเป็นการปรับสภาพและเพื่อความสะดวกต่อการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ที่ทางมหาวิทยาลัยจัดขึ้น จึงส่งผลให้มีความต้องการเข้าพักอาศัยภายในหอพักนักศึกษาเป็นจำนวนมากในช่วงเวลานี้ และในช่วงเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงเปิดภาคการศึกษาที่ 2 แต่จะมีปริมาณการใช้ลดลงเมื่อเทียบกับช่วงแรก เนื่องจากมีจำนวนนักศึกษาบางส่วน

ที่ย้ายออกจากหอพักฯ (สถิติจำนวนนักศึกษาจากสำนักงานหอพักนักศึกษา, 2555) และจะมีปริมาณการใช้ลดลงมากในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคมซึ่งอยู่ในช่วงเวลาปิดภาคการศึกษาและช่วงเปิดภาคการศึกษาฤดูร้อน (Summer) ซึ่งจะอนุญาตให้นักศึกษาที่ลงทะเบียนเรียนในภาคการศึกษาฤดูร้อนได้เข้าพักอาศัย โดยจะเปิดให้เข้าพักได้เฉพาะบางหอพักฯ เท่านั้น ดังนั้นจึงส่งผลให้มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลานี้ลดลง

จากนั้นพิจารณาการใช้งานแยกตามระบบ คือ ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และระบบอื่นๆ โดยจะพิจารณาแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ ห้องส่วนกลาง และห้องพักนักศึกษา ซึ่งมีลักษณะการใช้งานในระบบต่างๆ ที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

1) ห้องส่วนกลาง ครอบคลุมห้องและพื้นที่ของหอพักนักศึกษาที่มีการใช้งานร่วมกันภายในหอพักฯ ประกอบด้วย ห้องสำนักงานหอพักนักศึกษา ห้องธุรการ ห้องโถง ห้องประชุม ห้องอาหาร ห้องน้ำ ห้องคอมพิวเตอร์ ห้องคาราโอเกะ ห้องอ่านหนังสือ ห้องดูทีวี ห้องพระ ห้องออกกำลังกาย รวมทั้งบริเวณทางเดินภายในหอพักนักศึกษาและบริเวณหน้าหอพักนักศึกษา ซึ่งแต่ละประเภทห้องจะมีช่วงเวลาการใช้งานที่แตกต่างกันไป โดยแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ข

2) ห้องพักนักศึกษา ครอบคลุมห้องพักทั้งหมดของนักศึกษาภายในหอพักนักศึกษา โดยได้อนุญาตให้นักศึกษานำอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เข้ามาใช้ภายในห้องพักได้เพื่อความสะดวกในการพักอาศัยของนักศึกษาภายในหอพักฯ ซึ่งการใช้งานจะขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของนักศึกษา โดยแสดงสัดส่วนการใช้งานในระบบต่างๆ ของหอพักนักศึกษาทั้งหมด ตามรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 สัดส่วนการใช้พลังงานในระบบต่างๆ ของหอพักนักศึกษาแต่ละอาคาร

ผลการประเมินพบว่า หอพักนักศึกษาแต่ละกลุ่มมีส่วนการใช้งานในระบบอื่นๆ มากที่สุด โดยเฉพาะหอพักในกำกับกลุ่ม 2 ซึ่งมีส่วนการใช้งานในระบบอื่นถึงร้อยละ 61.92 ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของกลุ่ม เนื่องจากการใช้งานในส่วนของห้องพักนักศึกษา จากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งไว้ภายใน และที่นักศึกษานำเข้ามาใช้ภายในห้องพักฯ ซึ่งขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการใช้งานของนักศึกษา จึงส่งผลให้ส่วนการใช้พลังงานเฉลี่ยของหอพักนักศึกษาทั้งหมดมีส่วนการใช้งานในระบบอื่นๆ เท่ากับร้อยละ 46.42 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด รองลงมาเป็นปริมาณการใช้ในระบบแสงสว่างร้อยละ 42.24 โดยมีการเปิดใช้งานระบบแสงสว่างพร้อมกันเป็นจำนวนมากในช่วงเวลากลางคืน เพื่อความสะดวกในการดูแลและรักษาความปลอดภัยภายในห้องพักฯ และบริเวณโดยรอบอาคาร ในขณะที่ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศมีส่วนเพียงร้อยละ 11.34 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด เนื่องจากหอพักนักศึกษามีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั้งหมด 61 เครื่อง เฉลี่ยเพียง 2-3 เครื่องต่อหอพักฯ ทั้งยังมีการเปิดใช้งานเฉพาะในช่วงเวลาที่กำหนด จึงมีส่วนการใช้งานที่ต่ำที่สุด และจากข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและขนาดพื้นที่ใช้สอยของหอพักนักศึกษา สามารถหาค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่เฉลี่ยของหอพักนักศึกษาได้ตามตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่เฉลี่ยของหอพักนักศึกษาแต่ละอาคาร

หอพักนักศึกษา	การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่เฉลี่ย (kWh/ m ² ปี)
1) ค่าเฉลี่ยหอพักชาย	18.00
- เสียนสักทอง (หอพักชายอาคาร 2)	12.01
- เสียนหอมพอลวง (หอพักชายอาคาร 3)	20.25
- เสียนอินทนิล (หอพักชายอาคาร 4)	5.04
- เสียนกัลปพฤกษ์ (หอพักชายอาคาร 5)	19.08
- เสียนจามจุรี (หอพักชายอาคาร 6)	23.18
- เสียนชงโค (หอพักชายอาคาร 7)	28.46
2) ค่าเฉลี่ยหอพักหญิง	15.74
- เสียนพวงแสด (หอพักหญิงอาคาร 1)	19.31
- เสียนลีลาวดี (หอพักหญิงอาคาร 2)	17.83
- เสียนทองกวาว (หอพักหญิงอาคาร 3)	7.50
- เสียนฝ้ายคำ (หอพักหญิงอาคาร 4)	13.32
- เสียนพวงคราม (หอพักหญิงอาคาร 5)	5.86
- เสียนเอื้องผึ้ง (หอพักหญิงอาคาร 6)	21.84
- เสียนบัวระวงค์ (หอพักหญิงอาคาร 7)	13.96
- เสียนดอกแก้ว (หอพักหญิงอาคาร 8)	21.54
- เสียนบัวตอง (หอพักหญิงอาคาร 9)	20.50

ตารางที่ 4.21 ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่เฉลี่ยของหอพักนักศึกษาแต่ละอาคาร (ต่อ)

หอพักนักศึกษา	การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่เฉลี่ย (kWh/ m ² ปี)
3) ค่าเฉลี่ยหอพักในกำกับกลุ่ม 1	20.72
- เสิ่นพวงชมพู (หอพักสีชมพู)	18.92
- เสิ่นศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ)	22.52
4) ค่าเฉลี่ยหอพักในกำกับกลุ่ม 2	26.69
- เสิ่นกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)	26.69
เฉลี่ยรวมหอพักนักศึกษา	17.27

จากตารางจะเห็นว่าหอพักนักศึกษาทั้งหมดมีค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่เฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.04 – 28.46 kWh/m²-ปี ซึ่งมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 37.3 kWh/m²-ปี (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.), 2552) โดยเมื่อพิจารณาแยกตามกลุ่มซึ่งมีลักษณะการใช้งานอุปกรณ์ภายในที่เหมือนกัน พบว่าในกลุ่มของหอพักฯ ชายและหอพักนักศึกษาหญิง มีค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ภายในกลุ่มอยู่ในช่วงที่แตกต่างกันมาก เนื่องจากการควบคุมการใช้งานในแต่ละระบบที่แตกต่างกัน เช่น เสิ่นอินทนิลซึ่งมีค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำที่สุดในกลุ่มของหอพักฯชาย มีมาตรการควบคุมการใช้งานในระบบปรับอากาศ โดยไม่อนุญาตให้นักศึกษาเข้าใช้งานห้องคาราโอเกะซึ่งติดตั้งเครื่องปรับอากาศไว้ภายใน หรือการเปิดใช้งานเครื่องปรับอากาศเฉพาะในช่วงที่มีอากาศร้อนโดยจะมีเจ้าหน้าที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศ รวมทั้งการเปิดใช้งานระบบแสงสว่างเฉพาะในบริเวณที่มีการใช้งาน เป็นต้น ในขณะที่เสิ่นขงโค ซึ่งมีค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด เนื่องจากการใช้งานเครื่องปรับอากาศรุ่นเก่า ซึ่งมีอายุการใช้งานนานและขาดการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมออีกทั้งยังเป็นหอขนาดเล็กที่มีพื้นที่ใช้สอยเพียง 0.44 เท่าของพื้นที่ใช้สอยเฉลี่ยของกลุ่ม แต่มีการติดตั้งและใช้งานอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในจำนวนและปริมาณที่ใกล้เคียงกับหอพักอื่นในกลุ่ม จึงส่งผลให้มีค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูง เป็นต้น ในขณะที่หอพักในกำกับกลุ่ม 1 มีค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใกล้เคียงกันโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 20.72 kWh/m²-ปี และมีค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักในกำกับกลุ่ม 2 เท่ากับ 26.69 kWh/m²-ปี

4.1.7 ความเป็นไปได้ในการหาพลังงานทดแทน

สำหรับการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการทดแทนการใช้พลังงาน พบว่าขยะเป็นพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพในการทดแทนพลังงานได้หลายรูปแบบ และเนื่องจากแนวทางการจัดการขยะของหอพักนักศึกษาในปัจจุบันที่ยังคงดำเนินการโดยวิธีการฝังกลบและรีไซเคิลเป็นหลัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำขยะมาจัดการด้วยวิธีต่างๆ เพื่อแปรรูปขยะให้กลายเป็นพลังงานและเชื้อเพลิงที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยเฉพาะการนำขยะไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิต

พลังงานไฟฟ้าทดแทนการนำเข้าจากระบบสายส่งในกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษาได้ จากการศึกษาศักยภาพการทดแทนพลังงานจากปริมาณและองค์ประกอบขยะ ซึ่งพบว่าหอพักนักศึกษามีอัตราการเกิดขยะรวมเท่ากับ 0.937 ตัน/วัน หรือเทียบเป็นปริมาณการเกิดขยะตลอดทั้งปีได้ 220.64 ตัน/ปี คิดเป็นอัตราการเกิดขยะเฉลี่ยเท่ากับ 0.00012 ตัน/คน-วัน หรือ 0.027 ตัน/คน-ปี โดยแบ่งเป็นอัตราการเกิดขยะในช่วงที่มีการเรียนการสอนเท่ากับ 0.051 ตัน/คน-ปี และในช่วงที่ไม่มีการเรียนการสอนเท่ากับ 0.0032 ตัน/คน-ปี จากจำนวนนักศึกษาและบุคลากรทั้งหมด 8,054 คน (สำนักทะเบียนและประมวลผลมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553) โดยพบที่สามารถจำแนกองค์ประกอบของขยะทั้งหมดได้เป็น 10 ประเภทหลักๆ ประกอบด้วย เศษอาหาร กระจก พลาสติก ขวดพลาสติก ไม้ ผ้า โลหะ เซรามิก แก้ว และอื่นๆ โดยแสดงปริมาณและองค์ประกอบของขยะแต่ละประเภทตามตารางที่ 4.22 โดยแสดงเปรียบเทียบกับปริมาณและองค์ประกอบขยะของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ฝั่งสวนสัก

ตารางที่ 4.22 สัดส่วนขององค์ประกอบขยะของหอพักนักศึกษาและมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

องค์ประกอบ	หอพักนักศึกษา		มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	
	สัดส่วน (ร้อยละ)	ปริมาณ (kg/ปี)	สัดส่วน (ร้อยละ)	ปริมาณ (kg/ปี)
เศษอาหาร	39.15	86,381.59	41.13	362,484.61
กระจก	15.32	33,812.22	13.27	116,957.56
พลาสติก	18.23	40,229.14	16.65	146,732.53
ขวดพลาสติก	8.84	19,497.56	11.12	97,956.23
ไม้	6.38	14,067.86	4.48	39,524.02
ผ้า	1.98	4,368.44	1.44	12,698.60
โลหะ	1.80	3,973.55	1.61	14,157.86
เซรามิก	1.39	3,060.38	1.17	10,307.91
แก้ว	3.84	8,465.40	5.22	46,013.04
อื่นๆ	3.08	6,787.12	3.91	34,463.21
รวม	100.00	220,643.26	100.00	881,295.57

จากตาราง จะเห็นว่าองค์ประกอบขยะของหอพักนักศึกษามีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่เป็นขยะประเภทเศษอาหาร พลาสติก กระจก และขวดพลาสติก ตามลำดับ สำหรับหอพักนักศึกษาขยะประเภทเศษอาหารส่วนใหญ่เป็นผลมาจากร้านค้าและร้านอาหารต่างๆ ภายในหอพักนักศึกษา ที่ให้บริการทั้งนักศึกษาที่พักอาศัยอยู่ภายในหอพักฯ และนักศึกษานอกหอพักนักศึกษาด้วย ซึ่งจะให้บริการตั้งแต่เวลา 6.00 – 20.00 น. สำหรับร้านอาหารภายในหอพักนักศึกษานหญิง และตั้งเวลา 06.00 – 22.00 น. สำหรับหอพักนักศึกษาชาย จึงส่งผลให้ปริมาณของขยะประเภทเศษอาหารมีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาจะเป็นขยะประเภทพลาสติกร้อยละ 18.23 ของ

ปริมาณขยะทั้งหมด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นขยะจำพวก วัสดุพลาสติก วัสดุอาหาร ซองขนมต่างๆ และขยะประเภทกระดาษร้อยละ 15.32 ของปริมาณขยะทั้งหมด ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นกระดาษที่มาจากเอกสารประกอบการเรียน หนังสือพิมพ์ นิตยสาร และกระดาษที่ไม่ใช้แล้ว

4.2 การศึกษาแนวทางและความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

4.2.1 มาตรการลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง

จากการศึกษาพบว่า ระบบแสงสว่างของหอพักนักศึกษาทั้งหมด มีการติดตั้งและใช้งานหลอดไฟจำนวน 10,324 หลอด โดยแบ่งเป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 11 วัตต์ จำนวน 1,057 หลอด หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18, 32 และ 36 วัตต์ จำนวน 3,131, 240, 5,896 หลอด ตามลำดับ ซึ่งเมื่อวิเคราะห์หาค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างติดตั้งต่อพื้นที่ใช้สอยของหอพักแต่ละกลุ่ม แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของกฎกระทรวงอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 ของสำนักงาน โรงแรม สถานศึกษา โรงพยาบาล/สถานพักฟื้น ซึ่งต้องมีค่าไม่เกิน 16 W/m^2 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552) พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุดต่อพื้นที่ใช้สอยของหอพักนักศึกษาทั้งหมดมีค่าไม่เกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ รวมทั้งมีค่าความส่องสว่าง (Lux) ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเกณฑ์มาตรฐาน (แสดงผลไว้ในภาคผนวก ข) จากการตรวจวัดข้างต้น สามารถกำหนดมาตรการลดการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง ได้ดังนี้

1) การลดจำนวนหลอดไฟฟ้าที่ไม่ได้ใช้งานหรือไม่จำเป็น

จากการตรวจวัดค่าความส่องสว่าง (Lux) ภายในห้องประเภทต่างๆ ของหอพักนักศึกษา พบว่ามีบางห้องที่มีค่าความสว่างสูงเกินกว่ามาตรฐาน คือ ห้องอ่านหนังสือ (ห้องพระ) ของเรือนศรีตรัง มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยเท่ากับ 1008 Lux เนื่องจากการติดตั้งหลอดไฟฟ้าส่วนใหญ่ในลักษณะ 3 หลอดต่อโคมเป็นจำนวน 9 โคม โดยเมื่อพิจารณาลดการใช้งานหลอดไฟฟ้าเหลือเพียง 2 หลอดต่อโคม เป็นจำนวน 9 หลอด จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ โดยที่ค่าความส่องสว่าง (Lux) หลังจากลดการใช้ยังอยู่ในช่วง 300 – 500 Lux ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานสำหรับสำนักงาน ห้องคอมพิวเตอร์ และโต๊ะอ่านหนังสือ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552) โดยสามารถลดพลังงานไฟฟ้าและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 1,438.24 kWh/ปี หรือคิดเป็นร้อยละ 0.16 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างทั้งหมด

2) การลดเวลาการใช้งานหลอดไฟในบริเวณทางเดินภายในหอพักนักศึกษา

หอพักนักศึกษามีพฤติกรรม的开ใช้งานระบบแสงสว่างในบริเวณทางเดินภายในหอพักนักศึกษาในช่วงเวลาเย็นจนถึงเช้ามืดตั้งแต่เวลา 16.00 - 7.00 น. เพื่ออำนวยความสะดวกให้นักศึกษาภายในหอพักฯ ในการเข้าใช้ห้องน้ำหรือห้องอ่านหนังสือในช่วงเวลากลางคืน และเพื่อความสะดวกในการรักษาความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่ภายในหอพักฯ ที่มีอยู่อย่างจำกัด แต่เนื่องจากใน

ช่วงเวลาเช้า คือระหว่าง 6.00 – 7.00 น. เป็นช่วงเวลาที่มิแสงสว่างจากธรรมชาติมากพอ ดังนั้นหากสามารถลดการใช้งานในช่วงเวลาดังกล่าว จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 12,853.28 kWh/ปี คิดเป็นร้อยละ 1.39 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างทั้งหมด

3) การเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์และหลอดไฟประสิทธิภาพสูง

จากการสำรวจ พบว่าระบบแสงสว่างส่วนใหญ่ของหอพักนักศึกษาติดตั้งด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 18 และ 36 วัตต์ โดยใช้บัลลาสต์แกนเหล็ก ซึ่งมีพลังงานไฟฟ้าสูญเสียในบัลลาสต์ประมาณ 10 วัตต์ต่อชุด ดังนั้นการพิจารณาเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำ (Low loss) หรือบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีค่าพลังงานสูญเสียในบัลลาสต์ต่ำ หรือการเปลี่ยนมาใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ขนาด 14 และ 28 วัตต์ ซึ่งต้องใช้งานร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งให้ค่าความส่องสว่างและประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 หรือการเปลี่ยนมาใช้หลอด LED (Light Emitting Diode) ซึ่งมีประสิทธิภาพความส่องสว่างเทียบเท่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่วไป ทั้งยังประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าและมีอายุการใช้งานที่นานกว่า โดยแสดงประสิทธิภาพของหลอดไฟแต่ละชนิดและผลการประหยัดตามตารางที่ 4.23 และ 4.24

ตารางที่ 4.23 เปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดไฟฟ้า

รายการ	หลอด T8	หลอด T5	หลอด LED
กำลังวัตต์	36	28	20
บัลลาสต์	แกนเหล็ก/กำลังสูญเสียต่ำ/อิเล็กทรอนิกส์	อิเล็กทรอนิกส์	ไม่มี
จำนวนวัตต์รวม	46/41/38	30	20
ความส่องสว่าง (Lm/W)	50-90	90-104	85 (เพิ่มขึ้น ได้อีก)
อายุการใช้งาน	15,000	20,000	50,000

ที่มา : สุทธิศักดิ์ เต็มเกษมสุข, 2555

ตารางที่ 4.24 พลังงานไฟฟ้าที่ลดจากการเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์และหลอดไฟประสิทธิภาพสูง

การปรับปรุง	ขนาดหลอด (W)	จำนวนหลอด	พลังงานไฟฟ้าที่ลด (kWh/ปี)
1) การเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำ	18	3,024	98,802.81
	36	5,589	
2) การเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	18	3,024	167,077.28
	36	5,589	
3) การเปลี่ยนมาใช้หลอด T5	14	3,024	320,567.23
	28	5,589	
4) การเปลี่ยนมาใช้หลอด LED	8	3,024	537,171.83
	20	5,589	

จากตารางจะเห็นว่าการเปลี่ยนมาใช้หลอด LED ช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างได้มากที่สุดเท่ากับ 537,171.83 kWh/ปี หรือร้อยละ 58.26 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างทั้งหมด รองลงมาเป็นการปรับปรุงโดยการเปลี่ยนมาใช้หลอด T5 การเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ และการเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำตามลำดับ

4) การเปลี่ยนมาใช้โคมไฟสะท้อนแสง

การเปลี่ยนมาใช้โคมไฟแบบสะท้อนแสง ช่วยให้แสงสว่างจากหลอดไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอีกเท่าตัว ซึ่งจะช่วยลดจำนวนการใช้งานของหลอดไฟฟ้าลงได้ 1 หลอดในกรณีที่มีการติดตั้งหลอดไฟ 2 หลอดต่อโคม และชนิด 3 หลอดต่อโคม (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552) โดยเมื่อพิจารณาเฉพาะ โคมไฟที่ติดตั้งแบบไม่มีแผ่นสะท้อนแสงตั้งแต่ 2 หลอดต่อโคมขึ้นไปพบว่าสามารถลดจำนวนหลอดไฟที่ใช้งานลงได้ 464 หลอด แบ่งเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 302 หลอด และหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 162 หลอด คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ลดได้ 42,019.09 kWh/ปี หรือร้อยละ 4.56 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างทั้งหมด

4.2.2 มาตรการลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ

จากการตรวจวัดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของหอพักนักศึกษาทั้งหมด พบว่าหอพักนักศึกษามีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั้งหมดจำนวน 61 เครื่อง ดังนี้

ตารางที่ 4.25 ขนาดและจำนวนเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งไว้ในหอพักนักศึกษา

ขนาด (BTU/hr)	จำนวนเครื่องปรับอากาศ
<1,2000	1
12,000 – 2,0000	11
21,000 – 2,9000	18
30,000 – 38,000	11
40,000 – 48,000	18
>48,000	2
รวม	61

จากนั้นวิเคราะห์หาค่าอัตราส่วนกิโลวัตต์ต่อตันความเย็น (kW/TR) เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานตามกฎหมายกระทรวงปี พ.ศ.2538 สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 1.61 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น สำหรับหอพักฯ ชายและหญิง และมีค่าไม่เกิน 1.40 สำหรับหอพักในกำกับ 1 และ 2 ซึ่งจะได้ค่าในแต่ละกลุ่มตามตารางที่ 4.26 สำหรับอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (energy efficiency ratio, EER) จะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 10.6 Btu/hr-W

ตารางที่ 4.26 อัตราส่วนกิโวลต์ต่อตันความเย็น (kW/TR)

หอพักนักศึกษา	อัตราส่วนกิโวลต์ต่อตันความเย็น (kW/TR)			อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)		
	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด
1) หอพักนักศึกษาชาย	1.08	1.61	2.34	5.14	7.95	11.07
2) หอพักนักศึกษาหญิง	1.02	1.57	2.95	4.07	8.38	11.77
3) หอพักในกำกับกลุ่ม 1	0.95	1.09	1.13	10.62	11.02	12.64
4) หอพักในกำกับกลุ่ม 2	1.02	1.08	1.13	10.65	11.11	11.80
รวมหอพักนักศึกษา	0.95	1.47	2.95	4.07	8.83	12.64

จากตารางจะเห็นว่า หอพักนักศึกษาชายและหญิงมีค่าอัตราส่วนกิโวลต์ต่อตันความเย็น และค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานส่วนใหญ่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐานจำนวน 27 เครื่อง จากทั้งหมด 48 เครื่องหรือคิดเป็นร้อยละ 56.25 ของจำนวนเครื่องปรับอากาศทั้งหมด เนื่องจากเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ยังคงเป็นเครื่องปรับอากาศแบบเก่าที่มีประสิทธิภาพต่ำ และมีการใช้งานมาเป็นระยะเวลานาน ทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในอัตราที่สูง จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการความเย็นต่ำกว่ามาตรฐานมาก แต่สำหรับหอพักในกำกับ จะมีค่าอัตราส่วนกิโวลต์ต่อตันความเย็นและค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน ไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ เนื่องจากส่วนใหญ่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพเบอร์ 5 จึงช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ จากข้อมูลเบื้องต้นจึงได้นำเสนอแนวทางเพื่อลดการใช้พลังงานและปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของระบบปรับอากาศ ดังนี้

1) การปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลาปิดเครื่อง 30 นาที

เนื่องจากเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ของหอพักนักศึกษามีเวลาการเปิดใช้งานโดยเฉลี่ย 6 ชั่วโมงต่อวัน และมีเวลาการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศที่กำหนดไว้อย่างชัดเจนในแต่หอพักๆ โดยเฉพาะในห้องคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีการใช้งานอยู่ในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้พลังงานที่สูง ดังนั้นการลดเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศลงก่อนเวลา 30 นาที โดยยังมีปริมาณความเย็นเหลืออยู่ในห้องและไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งาน จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 16,113.96 kWh/ปี หรือร้อยละ 6.50 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในระบบปรับอากาศ

2) การล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศทุกๆ 6 เดือน

เครื่องปรับอากาศที่ใช้งานอย่างหนัก โดยไม่ได้รับการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ สกปรก และมีฝุ่นจับที่ไส้กรองจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องปรับอากาศลดลง ดังนั้นจึงควรล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศอย่างน้อยทุกๆ 6 เดือน เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ยืดอายุการใช้งาน และช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้อย่างน้อย

ร้อยละ 10 (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.), 2555) หรือเท่ากับพลังงานไฟฟ้าที่ลดได้ 24,809.09 kWh/ปี

3) การเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง (High EER Air)

เครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง จะมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานหรือ EER สูงกว่าและใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำกว่าเครื่องปรับอากาศแบบเก่า โดยจะต้องมีค่า EER ไม่ต่ำกว่า 10.6 - 11.0 Btu/hr-W ตามเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงาน (EER) เครื่องปรับอากาศประหยัดไฟของการไฟฟ้าส่วนผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) และจากการประเมินจะเห็นว่าเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ไม่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานจำนวน 30 เครื่อง ดังนั้นเมื่อพิจารณาเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 54,628.32 kWh/ปี หรือร้อยละ 22.07 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในระบบปรับอากาศ

4.2.3 มาตรการลดการใช้พลังงานในระบบอื่นๆ

สำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอื่นๆ ส่วนใหญ่เกิดจากการใช้งานในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าสำนักงานที่ติดตั้งไว้ในห้องส่วนกลาง ได้แก่ กระจกน้ำร้อน ตู้เย็น โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ พัดลม เครื่องทำน้ำอุ่น รวมทั้งอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่นักศึกษานำมาเข้าใช้ในภายในห้องพักฯ โดยมาตรการเพื่อลดการใช้พลังงานในระบบอื่นๆ ที่นำเสนอ มีดังนี้

1) การเปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำอุ่นแบบประหยัดพลังงาน

เครื่องทำน้ำอุ่นเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทหนึ่งที่มีการใช้พลังงานในปริมาณสูง ซึ่งจะมีการติดตั้งเครื่องทำน้ำอุ่นไว้ในห้องพักฯ เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่นักศึกษาเฉพาะห้องพักฯ ในกำกับ ซึ่งส่วนใหญ่จะติดตั้งด้วยเครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้าประหยัดพลังงานขนาด 3,500 วัตต์ แต่ยังมีบางส่วนที่ยังคงใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นรุ่นเก่า ซึ่งใช้กำลังไฟฟ้าในช่วง 4,500 – 6,000 วัตต์ จำนวน 16 เครื่องจาก 521 เครื่อง ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน ซึ่งได้พิจารณาการใช้งานเครื่องทำน้ำอุ่นที่ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ดังนั้นหากสามารถเปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้าเบอร์ 5 ได้ จะช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ได้เท่ากับ 12,810.38 kWh/ปี หรือเท่ากับร้อยละ 1.20 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในระบบอื่นๆ

2) การปิดหน้าจอแสดงผลคอมพิวเตอร์เมื่อไม่ใช้งาน

หอพักนักศึกษาทุกอาคารได้มีการติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ไว้ในอาคารเป็นจำนวนไม่น้อยกว่า 20 เครื่องต่ออาคาร เพื่อให้บริการแก่นักศึกษาภายในห้องพักฯ ได้ใช้ในการสืบค้นข้อมูลเพื่อการศึกษา โดยจะเปิดให้บริการในระหว่างช่วงเวลา 9:00-22.00 น. ซึ่งจะเปิดหน้าจอทิ้งไว้ตลอดเวลา ทำให้สูญเสียพลังงานไฟฟ้าโดยเปล่าประโยชน์ประมาณร้อยละ 70 เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้าในขณะใช้งาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552) ดังนั้นหากสามารถ

ดำเนินการปิดหน้าจอแสดงผลคอมพิวเตอร์ได้อย่างน้อยวันละ 1 ชั่วโมงต่อเครื่อง จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ประมาณ 10,267.25 kWh/ปี คิดเป็นร้อยละ 0.96 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในระบบปรับอากาศ

4.2.4 มาตรการทดแทนพลังงานจากการจัดการขยะ

จากการศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของขยะ จะเห็นว่าขยะเหล่านี้มีศักยภาพมากพอที่จะนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงและพลังงานได้มากกว่าการจัดการโดยการรีไซเคิลและการฝังกลบเท่านั้น แต่ยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นพลังงานและวัสดุต่างๆ ได้ เช่น ขยะประเภทเศษอาหารสามารถนำเข้าสู่กระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจนเพื่อผลิตเป็นปุ๋ยหมักและก๊าซชีวภาพ ขยะเผาไหม้ได้สามารถนำไปผลิตเป็นขยะอัดแท่ง (RDF-5) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้าและความร้อนได้ ซึ่งนอกจากจะได้พลังงานและวัสดุที่สามารถนำมาทดแทนการใช้พลังงานภายในหอพักนักศึกษาได้แล้ว ยังสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการฝังกลบขยะได้อีกด้วย จากงานวิจัย “การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และดัชนีความยั่งยืนจากการผลิตเชื้อเพลิงขยะในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่” (ทศวรรณ ใจเที่ยง, 2555) ซึ่งได้ศึกษาถึงแนวทางการจัดการขยะที่เหมาะสมที่สุดของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยกำหนดกรณีศึกษาออกเป็น 7 กรณี ประกอบด้วย

กรณีที่ 1 การกำจัดขยะด้วยการฝังกลบเพียงอย่างเดียว ณ อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่ (ไม่มีการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ)

กรณีที่ 2 การกำจัดขยะที่มีการคัดแยกขยะรีไซเคิลในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และการฝังกลบขยะที่เหลือ ณ อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่ (ไม่มีการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ)

กรณีที่ 3 การกำจัดขยะด้วยการคัดแยกขยะรีไซเคิลในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่และการฝังกลบ ณ อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่ (มีการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นที่หลุมฝังกลบ)

กรณีที่ 4 การกำจัดขยะด้วยการคัดแยกขยะรีไซเคิลและการฝังกลบขยะที่เหลือ ณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กรณีที่ 5 การกำจัดขยะด้วยการคัดแยกขยะรีไซเคิล และการผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ร่วมกับการฝังกลบขยะที่เหลือ ณ อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่

กรณีที่ 6 การกำจัดขยะด้วยการคัดแยกขยะรีไซเคิล การผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ร่วมกับการฝังกลบขยะที่เหลือ ณ อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่

กรณีที่ 7 การกำจัดขยะด้วยการคัดแยกขยะรีไซเคิล การผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ร่วมกับการฝังกลบ ณ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จากนั้นประเมินความเป็นไปได้และความเหมาะสมของแนวทางการจัดการขยะในแต่ละกรณีโดยใช้ปัจจัย 4 ด้านด้วยกัน ประกอบด้วย ความสามารถในการนำขยะมาผลิตเป็นพลังงานและวัสดุทดแทน ความสามารถในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และการยอมรับของชุมชน ผลการศึกษาพบว่าการจัดการขยะในกรณีที่ 6 โดยวิธีการรีไซเคิล การผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ร่วมกับการฝังกลบขยะที่เหลือ ณ อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่ เป็นแนวทางการจัดการขยะที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พิจารณานำแนวทางการจัดการขยะจากงานวิจัยดังกล่าวมาใช้เป็นแนวทางในการประเมินเปรียบเทียบกับแนวทางการจัดการขยะในปัจจุบัน โดยพิจารณาทั้งปริมาณและองค์ประกอบขยะของหอพักนักศึกษา รวมทั้งปริมาณและองค์ประกอบขยะของทั้งมหาวิทยาลัย โดยกำหนดเป็นกรณีศึกษา ดังนี้

กรณีฐานที่ 1 คือ การจัดการขยะในปัจจุบัน โดยวิธีการรีไซเคิล (โดยองค์กรภายนอก ซึ่งหอพักนักศึกษาไม่ได้รับประโยชน์) และฝังกลบที่อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งพิจารณาที่องค์ประกอบและปริมาณขยะของหอพักนักศึกษา

กรณีฐานที่ 2 คือ การจัดการขยะในปัจจุบัน โดยวิธีการรีไซเคิล (โดยองค์กรภายนอก ซึ่งหอพักนักศึกษาไม่ได้รับประโยชน์) และฝังกลบที่อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งพิจารณาที่องค์ประกอบและปริมาณขยะของมหาวิทยาลัย

กรณีที่ 1 คือ การจัดการขยะโดยวิธีการรีไซเคิล การผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ซึ่งกำหนดให้หอพักนักศึกษาเป็นผู้ดำเนินการร่วมกับการฝังกลบขยะที่เหลือ ณ อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งพิจารณาที่องค์ประกอบและปริมาณขยะของหอพักนักศึกษา

กรณีที่ 2 คือ การจัดการขยะโดยวิธีการรีไซเคิล การผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ และการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ซึ่งกำหนดให้หอพักนักศึกษาเป็นผู้ดำเนินการร่วมกับการฝังกลบขยะที่เหลือ ณ อำเภอสอด จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งพิจารณาที่องค์ประกอบและปริมาณขยะของมหาวิทยาลัย โดยแสดงรายละเอียดของแนวทางการจัดการขยะ ดังนี้

1) การจัดการขยะในกรณีที่ 1 และ 2 : โดยวิธีการรีไซเคิล การผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ การผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) โดยหอพักนักศึกษาและการฝังกลบที่อำเภอสอด

การจัดการขยะสำหรับศึกษานี้ เริ่มจากการเก็บรวบรวมขยะโดยใช้รถบรรทุกขยะขนาด 6 ตัน ด้วยอัตราการกินน้ำมัน 0.18 L/km (โครงการพัฒนาฐานข้อมูลบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตในการขนส่ง โดยรถบรรทุก, 2552) ซึ่งเดินทางมาจากบริษัทเชียงใหม่ริมคอย เข้ามายังมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เป็นระยะทาง 8 กิโลเมตร เพื่อเก็บรวบรวมขยะตามจุดทิ้งขยะต่างๆ ภายใน

มหาวิทยาลัย ซึ่งมีระยะทางในการเก็บรวบรวมแต่ละครั้งเท่ากับ 10.5 กิโลเมตร จากนั้นนำขยะทั้งหมดที่เก็บรวบรวมได้มาดำเนินการคัดแยกออกเป็น 4 ส่วนด้วยกัน ประกอบด้วย (1) ขยะรีไซเคิล ได้แก่ ขยะประเภท แก้ว โลหะ และขวดพลาสติก (2) ขยะอินทรีย์ ได้แก่ ขยะประเภทเศษอาหาร (3) ขยะสำหรับผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ได้แก่ ขยะประเภทพลาสติก กระดาษ และไม้ และ (4) ขยะส่วนที่เหลืออื่นๆ โดยขยะในแต่ละส่วนจะถูกนำไปจัดการด้วยวิธีที่แตกต่างกันไป สำหรับขยะรีไซเคิลจะถูกคัดแยกและนำส่งไปขายต่อยังโรงรับซื้อขยะรีไซเคิลเพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ต่อไป ซึ่งในระหว่างกระบวนการขนส่งจะต้องผ่านกระบวนการบดอัดขยะให้มีขนาดเล็กก่อนเพื่อความสะดวกในการขนส่งไปยังโรงงานรับซื้อต่อไป โดยแสดงรายละเอียดการใช้พลังงานและวัสดุสำหรับการบดอัดขยะแต่ละประเภทตามตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 ข้อมูลพื้นฐานของระบบการรีไซเคิล

การรีไซเคิล	รายการ	หน่วย	ปริมาณ	อ้างอิง
การบดแก้ว	กำลังผลิต	Kg/วัน	20,000	บริษัท วิวัฒน์พาณิชย์ จำกัด
	อัตราการใช้ไฟฟ้า	kW/hr	7.45	บริษัท วิวัฒน์พาณิชย์ จำกัด
อัดโลหะ	กำลังผลิต	Kg/วัน	30,000	บริษัท วิวัฒน์พาณิชย์ จำกัด
	อัตราการใช้ไฟฟ้า	kW/เครื่อง	14.91	บริษัท วิวัฒน์พาณิชย์ จำกัด
การอัดกระดาษ	กำลังผลิต	Kg/วัน	20,000	บริษัท วิวัฒน์พาณิชย์ จำกัด
	อัตราการใช้ไฟฟ้า	kW/เครื่อง	29.82	บริษัท วิวัฒน์พาณิชย์ จำกัด
	น้ำมันหล่อลื่น	L/เดือน	50	บริษัท วิวัฒน์พาณิชย์ จำกัด
การอัดขวดพลาสติก	กำลังผลิต	Kg/วัน	20,000	บริษัท วงษ์พาณิชย์ จำกัด
	อัตราการใช้ไฟฟ้า	kW/เครื่อง	5.59	บริษัท วงษ์พาณิชย์ จำกัด
	น้ำมันหล่อลื่น	L/เดือน	45	บริษัท วงษ์พาณิชย์ จำกัด
อายุโครงการ		ปี	5	บริษัท วิวัฒน์พาณิชย์ จำกัด

สำหรับขยะอินทรีย์จะถูกนำไปเข้าสู่กระบวนการผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพโดยวิธีการหมักย่อยแบบไม่ใช้ออกซิเจน ซึ่งอ้างอิงข้อมูลจาก “โครงการส่งเสริมการผลิตก๊าซชีวภาพจากขยะและเศษอาหาร” ณ บริเวณตลาดร่มสีก (ฝ่ายหิน) ซึ่งอยู่ภายในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยแสดงรายละเอียดตามตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 ข้อมูลพื้นฐานของระบบการผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ

รายการ	หน่วย	ปริมาณ	อ้างอิง
อัตราการป้อนเศษอาหาร	kg/วัน	250	สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์
อัตราการเกิดปุ๋ย	%	21	สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์

ตารางที่ 4.28 ข้อมูลพื้นฐานของระบบการผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ปริมาณ	อ้างอิง
อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ	m^3/kg	0.095	สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์
อัตราการใช้ น้ำ	$\text{m}^3/\text{ตันขยะ}$	0.004	สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์
อัตราการใช้ ไซดาไฟ	$\text{kg}/\text{ตันขยะ}$	2.00	สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์
ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพ	MJ/m^3	21.00	ใช้ค่าความร้อนของก๊าซชีวภาพที่มีก๊าซมีเทน 60% โดยปริมาตร
ความเป็นกรด/ด่าง	pH	6.50-7.50	สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์
อายุโครงการ	ปี	10	สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์

ในส่วน of ขยะสำหรับผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ซึ่งประกอบด้วย ขั้นตอนการคัดแยก ลดขนาด ผสม และอัดแท่ง เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบแก๊สซิฟิเคชัน โดยอ้างอิงข้อมูลจาก “โครงการพัฒนาโรงงานต้นแบบในการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากขยะ” ที่หน่วยวิจัยและพัฒนาอินทรีย์ ซึ่งตั้งอยู่ที่ อ.แม่เหียะ ห่างจากมหาวิทยาลัยในระยะทาง 7.7 กิโลเมตร ในอัตราส่วนในการผสมเชื้อเพลิงขยะประเภท พลาสติก : กระดาษ : ไม้ เท่ากับ 1:1:1 และใช้ปูนขาวเป็นตัวประสานในอัตรา 0.1 ส่วน ซึ่งจะได้เชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ที่มีความหนาแน่นประมาณ $1,363.61 \text{ kg}/\text{m}^3$ และค่าความร้อนเฉลี่ยเท่ากับ $28.91 \text{ MJ}/\text{kg}$ (กรม แสงสิ่ง, 2555) โดยใช้น้ำมันร่วมในการผลิตไฟฟ้าในปริมาณ $0.285 \text{ kg}/\text{kg-RDF}$ ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้าได้ในอัตรา $2.85 \text{ kWh}/\text{kg RDF}$ ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

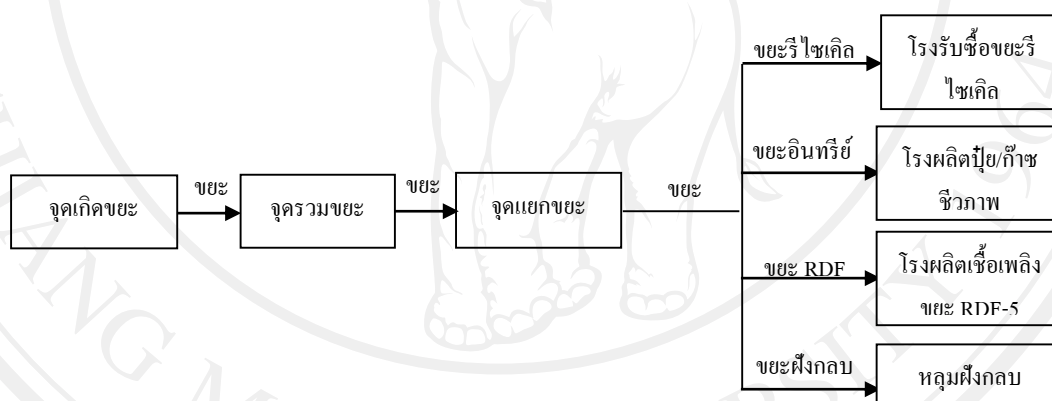
ตารางที่ 4.29 ข้อมูลพื้นฐานของระบบการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5)

การผลิต RDF-5	รายการ	หน่วย	ปริมาณ
การย่อยกระดาษ	กำลังผลิต	Kg/hr	38
	อัตราการใช้ไฟฟ้า	$\text{kW}/\text{เครื่อง}$	2.42
การย่อยไม้	กำลังผลิต	Kg/hr	108
	อัตราการใช้ไฟฟ้า	$\text{kW}/\text{เครื่อง}$	2.33
การย่อยพลาสติก	กำลังผลิต	Kg/hr	20
	อัตราการใช้ไฟฟ้า	$\text{kW}/\text{เครื่อง}$	2.80
การผสม	กำลังผลิต	Kg/hr	55.8
	อัตราการใช้ไฟฟ้า	$\text{kW}/\text{เครื่อง}$	2.11
การอัดแท่ง	กำลังผลิต	Kg/hr	15
	อัตราการใช้ไฟฟ้า	$\text{kW}/\text{เครื่อง}$	3.44
อายุโครงการ		ปี	5

สำหรับขยะส่วนที่เหลืออื่นๆ จะถูกนำส่งไปยังหลุมฝังกลบ ณ อ.สอศ ด้วยระยะทางรวม 93.06 กิโลเมตร โดยในขั้นตอนนี้จะมีการใช้น้ำมันดีเซลในรถบรรทุกในการขนส่งและรดักในกระบวนการฝังกลบ และมีการใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นมาผลิตไฟฟ้า ตามรายละเอียดในตารางที่ 4.30 โดยแสดงแนวทางการจัดการขยะทั้งหมดตามรูปที่ 4.13

ตารางที่ 4.30 ข้อมูลพื้นฐานของระบบการฝังกลบขยะ

รายการ	หน่วย	ปริมาณ	อ้างอิง
อัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ	m ³ /ตันขยะ	8.8	หลุมฝังกลบ อ.สอศ จ.เชียงใหม่
ค่าความร้อนของก๊าซมีเทน	MJ/m ³	16.93	หลุมฝังกลบ อ.สอศ ค่าความร้อนของก๊าซมีเทน 50% โดยปริมาตร
อัตราการกินน้ำมัน	km/L	5.44	โครงการการพัฒนาฐานข้อมูลบัญชีรายการวัฏจักรชีวิตในการขนส่งโดยรถบรรทุก
อัตราการใช้น้ำมันในรดัก	L/ตันขยะ	0.30	บ. บ้านตาล จำกัด เทศบาลนครเชียงใหม่
อัตราการผลิตไฟฟ้า	kWh/m ³	1.2	สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์

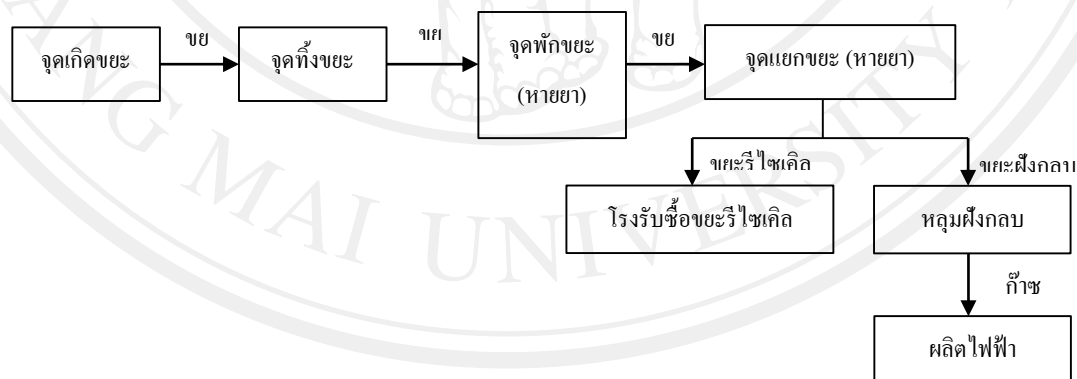


รูปที่ 4.13 แนวทางการจัดการขยะในกรณีที่ 1 และ 2

เมื่อพิจารณาการจัดการขยะในกรณีที่ 1 ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 220.64 ตัน/ปี พบว่าสามารถผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพได้ในปริมาณ 18.14 ตัน/ปี และ 8,206.25 m³/ปี ตามลำดับ และสามารถผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ได้ในปริมาณ 35.39 ตัน/ปี ซึ่งสามารถผลิตไฟฟ้าได้ 100,865.44 kWh/ปี หรือเทียบเท่าพลังงานความร้อนทั้งหมด 535,446.85 MJ/ปี ในขณะที่การจัดการขยะในกรณีที่ 2 มีปริมาณเท่ากับ 881.29 ตัน/ปี สามารถผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพได้ถึง 76.12 ตัน/ปี และ 34,436.04 m³/ปี ตามลำดับ โดยสามารถผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ได้ในปริมาณ 99.43 ตัน/ปี เทียบเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ 283,384.09 kWh/ปี หรือเท่ากับค่าความร้อนทั้งหมด 1,743,339.53 MJ/ปี

2) การจัดการขยะในกรณีฐานที่ 1 และ 2 : โดยวิธีการรีไซเคิล (โดยองค์กรภายนอก) และฝังกลบที่อำเภอสอด

การจัดการขยะในกรณีฐาน เป็นการพิจารณาการจัดการขยะที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบัน โดยพิจารณาที่ปริมาณขยะของหอพักนักศึกษาเปรียบเทียบกับปริมาณขยะของมหาวิทยาลัย ซึ่งทั้งหมดได้ดำเนินการโดยเทศบาลนครเชียงใหม่ โดยใช้รถขนขยะ 6 ล้อ ขนาดบรรทุก 6 ตันทำการเก็บรวบรวมขยะตามจุดทิ้งขยะภายในมหาวิทยาลัยซึ่งเดินทางมาจากบริษัทเชียงใหม่ริมคอย จำกัด ต.ช้างคลาน อ.เมือง จ.เชียงใหม่ เข้ามายังมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เป็นระยะทาง 8 กิโลเมตร จากนั้นจะวนไปตามเส้นทางของจุดทิ้งขยะทั้งหมด เป็นระยะทาง 10.5 กิโลเมตร เพื่อเก็บรวบรวมและขนส่งไปยังจุดพักขยะหรือศูนย์ถ่ายมูลฝอยของเทศบาลนครเชียงใหม่ซึ่งตั้งอยู่ ณ สุสานหายยา ต.หายยา อ.เมือง จ.เชียงใหม่ มีระยะทางรวม 6.3 กิโลเมตร เพื่อดำเนินการถ่ายเทและคัดแยกขยะออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ขยะรีไซเคิล และขยะอื่นๆ สำหรับขยะรีไซเคิล จะถูกรับซื้อไปโดยบริษัทเอกชน เพื่อนำส่งไปยังโรงงานอุตสาหกรรมสำหรับแปรรูปโดยใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันหล่อลื่นภายในกระบวนการ สำหรับขยะส่วนที่เหลือจะถูกนำไปจัดการโดยวิธีการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) ณ หลุมฝังกลบ อ.สอด จ.เชียงใหม่ โดยมีระยะทางรวม 86.76 กิโลเมตร (กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม, 2555) ซึ่งก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากหลุมฝังกลบ ได้ถูกนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าต่อไป โดยแสดงแนวทางการจัดการขยะดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 แนวทางการจัดการขยะในกรณีฐาน

4.2.5 การประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

1) มาตรการลดการใช้พลังงาน

จากมาตรการทั้งหมดข้างต้น สามารถประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้ จากการนำปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ลดได้จากการดำเนินการตามมาตรการดังกล่าวคูณกับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้างอิงตามฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและ

พลังงานของประเทศไทย (Thai LCI Database) ซึ่งมีค่าเท่ากับ $0.5813 \text{ kgCO}_{2\text{-eq}}/\text{kWh}$ ดังแสดงในตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากมาตรการลดการใช้พลังงาน

มาตรการ	พลังงานไฟฟ้าที่ลดตลอดอายุการใช้งาน		ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้	
	kWh/ปี	kWh	tonCO _{2-eq} /ปี	tonCO _{2-eq}
การลดจำนวนหลอดไฟฟ้าที่ไม่ได้ใช้งาน	1,438.24	1,438.24	0.84	0.84
การลดการใช้งานหลอดไฟบริเวณทางเดิน	12,853.28	12,853.28	7.47	7.47
การเปลี่ยนมาใช้หลอดไส้กำลังสูงเสียดำ	98,802.81	494,014.07	57.43	287.17
การเปลี่ยนมาใช้หลอดไส้เล็กทรอนิกส์อย่างเดียวย	167,077.28	835,386.40	97.12	485.61
การเปลี่ยนมาใช้หลอด T5	320,567.23	1,602,836.14	186.35	931.73
การเปลี่ยนมาใช้หลอด LED	537,171.83	5,908,890.13	312.26	3,434.84
การเปลี่ยนมาใช้โคมไฟสะท้อนแสง	42,019.09	210,095.43	24.43	122.13
การปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลาปิดเครื่อง 30 นาที	16,038.88	16,038.88	9.32	9.32
การล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศทุกๆ 6 เดือน	24,756.91	24,756.91	14.39	14.39
การเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง	54,628.32	437,026.55	31.76	254.04
การเปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำอุ่นแบบประหยัดพลังงาน	12,810.38	128,103.75	7.45	74.47
การปิดหน้าจอแสดงผลคอมพิวเตอร์เมื่อไม่ใช้งาน	10,267.25	10,267.25	5.97	5.97

จากตารางจะเห็นว่า มาตรการเปลี่ยนมาใช้หลอด LED สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับมาตรการอื่นๆ โดยมีค่าเท่ากับ $312.26 \text{ tonCO}_{2\text{-eq}}/\text{ปี}$ หรือคิดเป็นร้อยละ 25.72 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งสามารถลดก๊าซเรือนกระจกตลอดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ได้ถึง $3,434.84 \text{ tonCO}_{2\text{-eq}}$ รองลงมาเป็นมาตรการเปลี่ยนมาใช้หลอด T5 การเปลี่ยนมาใช้หลอดไส้เล็กทรอนิกส์อย่างเดียวย หลอดไส้กำลังสูงเสียดำ และมาตรการเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง

2) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากมาตรการจัดการขยะ

2.1) การจัดการขยะกรณีที่ 1 และ 2 : โดยวิธีการรีไซเคิล การผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ การผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) โดยหอพักนักศึกษาและการฝังกลบที่อำเภอสอด

จากข้อมูลข้างต้น สามารถประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากมาตรการจัดการขยะในกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 ได้ โดยอาศัยข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานและวัสดุต่างๆ ในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

ตารางที่ 4.32 ปริมาณพลังงานและวัสดุของแนวทางการจัดการขยะ

ขั้นตอนการจัดการขยะ	รายการ	กรณีศึกษา			
		กรณีที่ 1	หน่วย	กรณีที่ 2	หน่วย
การรวบรวมขยะ	ถุงดำพลาสติก	882.57	Kg/ปี	3,525.18	Kg/ปี
การขนส่งขยะ	น้ำมันดีเซล	501.62	L/ปี	1,254.57	L/ปี
การฝังกลบขยะ	น้ำมันดีเซล	11.98	L/ปี	48.89	L/ปี
	ขยะฝังกลบ	40.377	ton/ปี	164.68	ton/ปี
การรีไซเคิล	ไฟฟ้า	320.25	kWh/ปี	1,336.57	kWh/ปี
	น้ำมันหล่อลื่น	3.11	L/ปี	13.80	L/ปี
	ปริมาณขยะรีไซเคิล	51.68	ton/ปี	235.56	ton/ปี
การผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ	น้ำ	345,526.36	Kg/ปี	1,449,938.46	Kg/ปี
	โซดาไฟ	172.76	Kg/ปี	724.97	Kg/ปี
	ไฟฟ้า	318.07	kWh/ปี	1,334.71	kWh/ปี
	ปริมาณขยะอินทรีย์	86.38	ton/ปี	362.48	ton/ปี
การผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5)	ไฟฟ้า	11,496.09	kWh/ปี	38,262.11	kWh/ปี
	น้ำมันดีเซล	11,841.38	L/ปี	33,268.68	L/ปี
	ปริมาณขยะ RDF-5	42.20	ton/ปี	118.57	ton/ปี

จากปริมาณการใช้พลังงานและวัสดุที่ใช้ สามารถประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ โดยอาศัยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามตารางที่ 4.19 และสำหรับค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) หาได้จากการเก็บตัวอย่างไอเสียที่ออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 972 องศาเซลเซียส โดยมีอัตราเร็วของก๊าซไอเสียเท่ากับ 0.406 m/s ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดของปล่อง 0.018 m² ดังนี้

ตารางที่ 4.33 สัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5)

ชนิดวัสดุ	หน่วย	Emission Factor (kgCO _{2-eq} /unit)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG
การผลิตไฟฟ้าด้วย RDF-5	kWh/ปี	1.14 x 10 ⁻⁵	3.07 x 10 ⁻⁶	0.041	0.041

โดยผลการประเมินเป็นไปตามตารางที่ 4.34 ซึ่งจะเห็นว่าการจัดการขยะในกรณีที่ 1 และ 2 สามารถทดแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 38.20 tonCO_{2-eq}/ปี และ 133.55 tonCO_{2-eq}/ปี ตามลำดับ เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง(RDF-5) รวมทั้งปริมาณปุ๋ยและก๊าซชีวภาพที่ได้จากขยะอินทรีย์สามารถนำมาทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบส่งจ่าย และสามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยและก๊าซหุงต้มได้ในปริมาณมาก

ตารางที่ 4.34 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะ

ขั้นตอนการจัดการขยะ	เชื้อเพลิงและวัสดุ	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kgCO ₂ -eq/ปี)							
		กรณีที่ 1				กรณีที่ 2			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG
การรวบรวม	ถุงดำพลาสติก	2,117.29	-	-	2,117.29	8,456.91	-	-	8,456.91
การขนส่ง	น้ำมันดีเซล	1,353.73	1.78	21.23	1,376.75	3,385.73	4.45	53.10	3,443.29
การฝังกลบ	น้ำมันดีเซล	32.35	0.04	0.51	32.90	131.94	0.17	2.07	134.18
	การฝังกลบ	-	109.21	-	109.21	-	317.47	-	317.47
	ไฟฟ้า	48.12	-	-	48.12	140.93	-	-	140.93
การรีไซเคิล	ไฟฟ้า	186.16	-	-	186.16	776.95	-	-	776.95
	น้ำมันหล่อลื่น	1.91	-	-	1.91	8.50	-	-	8.50
การผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ	น้ำ	103.66	-	-	103.66	434.98	-	-	434.98
	โซดาไฟ	179.28	-	-	179.28	752.30	-	-	752.30
	ไฟฟ้า	184.89	-	-	184.89	775.87	-	-	775.87
การผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5)	ไฟฟ้า	6,682.68	0.00	0.00	6,682.68	22,241.76	-	-	22,241.76
	น้ำมันดีเซล	31,956.60	42.05	501.21	32,499.86	89,782.91	118.14	1,408.17	91,309.22
ปุ๋ยชีวภาพ		(202.19)	27.57	(1,684.43)	(1,859.05)	306.96	(41.86)	2,557.23	2,822.33
ก๊าซชีวภาพทดแทน		(25,526.33)	195.04	(12.06)	(25,343.35)	(107,116.61)	818.46	(50.59)	(106,348.74)
พลังงานไฟฟ้าทดแทนจาก RDF		(54,517.99)	-	-	(54,517.99)	(153,169.73)	-	-	(153,169.73)
รวม		(37,399.84)	385.69	(1,173.54)	(38,197.68)	(134,246.59)	1,300.55	(1,144.47)	(133,549.45)

หมายเหตุ: ตัวเลขในวงเล็บหมายถึงสามารถทดแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมปกติ

2.2) การจัดการขยะในกรณีฐานที่ 1 และ 2 : โดยวิธีการรีไซเคิล (โดยองค์กรภายนอก) และ ฟังกลบที่อำเภอสอด

จากแนวทางการจัดการขยะของหอพักนักศึกษา สามารถประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้โดยอาศัยปริมาณเชื้อเพลิงและวัสดุที่ใช้ ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.35 เชื้อเพลิงและวัสดุที่ใช้ในการจัดการขยะของหอพักนักศึกษาในกรณีฐาน

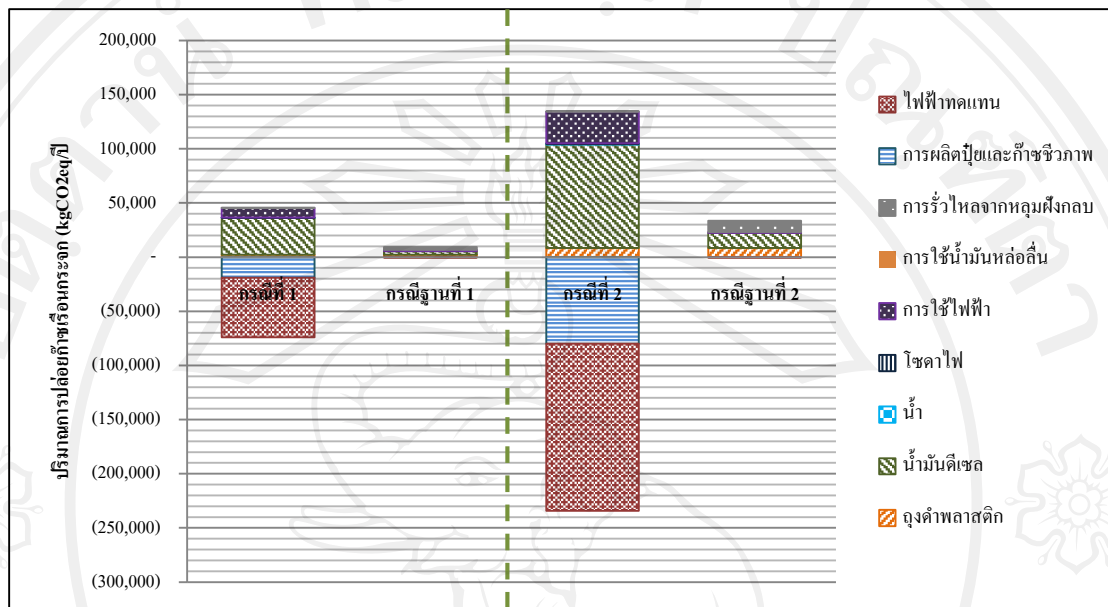
ขั้นตอนการจัดการขยะ	รายการ	กรณีศึกษา			
		กรณีฐานที่ 1	หน่วย	กรณีฐานที่ 2	หน่วย
การรวบรวมขยะ	ถุงดำพลาสติก	882.57	Kg/ปี	3,525.18	Kg/ปี
การคัดแยกขยะ	น้ำมันดีเซล	65.50	L/ปี	261.63	L/ปี
การขนส่งขยะ	น้ำมันดีเซล	1,160.09	L/ปี	4,567.35	L/ปี
การฝังกลบ	น้ำมันดีเซล	45.98	L/ปี	179.97	L/ปี
	ปริมาณขยะฝังกลบ	154.89	ton/ปี	606.01	ton/ปี
การรีไซเคิลขยะ	ไฟฟ้า	488.09	kWh/ปี	1,808.14	kWh/ปี
	น้ำมันหล่อลื่น	4.28	L/ปี	17.09	L/ปี
	ปริมาณขยะรีไซเคิล	65.75	ton/ปี	275.08	ton/ปี

จากนั้นประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยอ้างอิงค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามตารางที่ 4.19 ซึ่งจะได้ผลการประเมินเป็นไปตามตารางที่ 4.36 จากตารางจะเห็นว่าจัดการขยะในกรณีฐานที่ 1 ซึ่งพิจารณาที่ปริมาณและองค์ประกอบขยะของหอพักนักศึกษา ส่งผลให้มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.56 tonCO_{2-eq}/ปี ในขณะที่การจัดการขยะในกรณีฐานที่ 2 ซึ่งพิจารณาที่ปริมาณและองค์ประกอบขยะของมหาวิทยาลัยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 33.83 tonCO_{2-eq}/ปี โดยร้อยละ 39.00 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลในขั้นตอนการขนส่ง รองลงมาเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการฝังกลบ การใช้ถุงดำพลาสติกในการรวบรวมขยะ และอื่นๆ ร้อยละ 30.00 , 25.00 และ 6.00 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.36 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการจัดการขยะในกรณีฐาน

ขั้นตอนการจัดการขยะ	เชื้อเพลิงและวัสดุ	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก							
		(kgCO ₂ -eq/ปี)							
		กรณีฐานที่ 1				กรณีฐานที่ 2			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total-GHG
การรวบรวมขยะ	ถุงดำพลาสติก	2,117.29	-	-	2,117.29	8,456.91	-	-	8,456.91
การคัดแยกขยะ	น้ำมันดีเซล	176.78	0.23	2.77	179.78	706.08	0.93	11.07	718.08
การขนส่งขยะ	น้ำมันดีเซล	3,130.76	4.12	49.10	3,183.98	12,326.00	16.22	193.32	12,535.54
การฝังกลบ	น้ำมันดีเซล	124.10	0.16	1.95	126.21	485.69	0.64	7.62	493.94
	การฝังกลบ	-	2,620.45	-	2,620.45	-	10,367.68	-	10,367.68
	ไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ	50.69	-	-	50.69	200.57	-	-	200.57
การรีไซเคิลขยะ	ไฟฟ้า	283.73	-	-	283.73	1,051.07	-	-	1,051.07
	น้ำมันหล่อลื่น	2.64	-	-	2.64	10.52	-	-	10.52
รวม		5,784.60	2,624.96	53.82	8,564.77	22,835.70	10,385.47	212.02	33,834.33

จากผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแนวทางการจัดการขยะทั้งหมด สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ตามรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการขยะ

จากรูปจะเห็นว่าแนวทางการจัดการขยะในกรณีที่ 1 และ 2 แม้ว่าจะมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูงกว่าในกรณีฐาน แต่ก็สามารถชดเชยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการนำขยะมาใช้ประโยชน์ได้ในปริมาณที่สูงมากกว่า โดยการจัดการขยะในกรณีที่ 1 สามารถทดแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 46,762.45 kgCO_{2-eq}/ปี เมื่อเทียบกับกรณีฐานที่ 1 ในขณะที่การจัดการขยะในกรณีที่ 2 สามารถทดแทนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 167,383.81 kgCO_{2-eq}/ปี ซึ่งมากกว่า ถึง 3.58 เท่าเมื่อเทียบกับกรณีที่ 1 ดังนั้นการจัดการขยะในกรณีที่ 2 จึงมีความน่าสนใจในการดำเนินการมากกว่า เมื่อพิจารณาในด้านของสิ่งแวดล้อมจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงได้

4.2.6 ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

1) ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากมาตรการลดการใช้พลังงาน

นอกจากผลการประเมินปริมาณพลังงานและก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการดำเนินการมาตรการต่างๆ แล้ว การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณาเพื่อกำหนดมาตรการลดการใช้พลังงานที่เหมาะสม ซึ่งในการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จะอาศัยดัชนี 3 ค่าด้วยกัน ประกอบด้วย มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราผลตอบแทนการลงทุนภายใน (Interest Rate of Return: IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) โดยค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการดำเนินการตามมาตรการต่างๆ แสดงตามตาราง

ตารางที่ 4.37 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการตามมาตรการต่างๆ

มาตรการลดการใช้พลังงาน	เงินลงทุนเริ่มต้น รวมค่าติดตั้ง (บาท/หน่วย)	จำนวน	เงินลงทุนรวม (บาท)
1. ระบบแสงสว่าง			
1) การลดจำนวนหลอดไฟที่ไม่ได้ใช้งาน	-	9	-
2) การลดการใช้งานหลอดไฟในบริเวณทางเดิน	-	907	-
3) การเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์และหลอดไฟประสิทธิภาพสูง ^{(1),(2)}			
- บัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำ ขนาด 18 W	38	3,024	114,912
- บัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำ ขนาด 36 W	139	5,587	776,593
- บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ขนาด 18 W	170	3,024	514,080
- บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ขนาด 36 W	245	5,587	1,368,815
- หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 และบัลลาสต์ขนาด 14 วัตต์	282	3,024	852,768
- หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 และบัลลาสต์ขนาด 28 วัตต์	330	5,589	1,846,214
- หลอด LED ขนาด 8 วัตต์	950	3,024	2,872,800
- หลอด LED ขนาด 20 วัตต์	1,750	5,589	9,780,750
4) การเปลี่ยนมาใช้โคมไฟสะท้อนแสง ⁽³⁾			
- โคมขนาด 1 X 18 วัตต์	400	302	120,800
- โคมขนาด 1 X 36 วัตต์	650	162	124,000
2. ระบบปรับอากาศ			
1) การปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลาปิดเครื่อง	-	61	-
2) การล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ ⁽⁴⁾	800	61	48,800
3) การเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง ⁽⁵⁾			
- เครื่องปรับอากาศขนาด 12000 - 15000 BTU	18,111	4	72,444
- เครื่องปรับอากาศขนาด 16000 - 20000 BTU	27,200	2	54,400
- เครื่องปรับอากาศขนาด 25000 - 27000 BTU	31,400	4	125,600
- เครื่องปรับอากาศขนาด 28000 - 31000 BTU	42,611	1	42,611
- เครื่องปรับอากาศขนาด 32000 - 35000 BTU	46,575	2	93,150
- เครื่องปรับอากาศขนาด 36000 - 39000 BTU	49,700	5	248,500
- เครื่องปรับอากาศขนาด 44000 - 56000 BTU	55,192	12	662,308
3. ระบบอื่นๆ			
1) การเปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำอุ่นประหยัดพลังงาน ⁽⁶⁾	4,690	16	75,040
2) การปิดหน้าจอแสดงผลคอมพิวเตอร์เมื่อไม่ใช้งาน	-	332	-

ที่มา : ⁽¹⁾ บริษัทแสงกลมไฟฟ้า จำกัด, ⁽²⁾ บริษัท โกลด์ไลท์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด, ⁽³⁾ บริษัท ไลท์ติ้งโฮม จำกัด

⁽⁴⁾ ร้านชัยชนะ แอนด์ เซอร์วิส, ⁽⁵⁾ พรเทพ แอร์เซอร์วิส, ⁽⁶⁾ บริษัท ยูเนียนอดิโอ จำกัด

จากข้อมูลเบื้องต้น สามารถประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยพิจารณาที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 4.00 ต่อปี (สินเชื่อเงินกู้เพื่อการอนุรักษ์พลังงานกสิกรไทย, 2556) ตามอายุการใช้งานของอุปกรณ์ ซึ่งได้ผลการประเมินตามตารางที่ 4.38 จากตารางจะเห็นว่ามาตรการทั้งหมดมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และผลตอบแทนการลงทุน (IRR) เป็นบวก โดยเฉพาะมาตรการเปลี่ยนมาใช้หลอด LED ซึ่งมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงสุดถึง 4.17 ล้านบาท ด้วยอัตราผลตอบแทนร้อยละ 9.91 ในระยะเวลาคืนทุน 6.53 ปี ในขณะที่การเปลี่ยนมาใช้หลอด T5 ให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 2.36 ล้านบาท ในอัตราผลตอบแทนการลงทุนร้อยละ 32.35 ที่ระยะเวลาคืนทุน 2.33 ปี

ตารางที่ 4.38 ผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

มาตรการลดการใช้พลังงาน	อายุโครงการ	NPV ล้านบาท	IRR ร้อยละ	PB ปี
1. ระบบแสงสว่าง				
1) การลดจำนวนหลอดไฟที่ไม่ได้ใช้งานหรือไม่จำเป็น	1	0.005	-	-
2) การลดการใช้หลอดไฟในบริเวณทางเดิน	1	0.04	-	-
3) การเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์และหลอดไฟประสิทธิภาพสูง				
(1) บัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำ	5	0.67	28.66	2.50
(2) บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	5	0.77	18.08	3.12
(3) หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5	5	2.36	32.35	2.33
(4) หลอด LED	11	4.17	9.91	6.52
4) การเปลี่ยนมาใช้โคมไฟสะท้อนแสง	5	0.41	55.05	1.61
2. ระบบปรับอากาศ				
1) การปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลา 30 นาที	1	0.05	-	-
2) การล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ	1	0.04	83.14	0.55
3) การเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง	8	0.12	6.13	6.59
3. ระบบอื่นๆ				
1) การเปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำอุ่นประหยัดพลังงาน	10	0.29	61.10	1.62
2) การปิดหน้าจอแสดงผลคอมพิวเตอร์เมื่อไม่ใช้งาน	1	0.034	-	-

หมายเหตุ : ไม่เกิดค่าดำเนินการรายปีเนื่องจากหอพักนักศึกษาดำเนินการบำรุงรักษาเอง

2) ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากมาตรการจัดการขยะในกรณีที่ 1 และ 2

ในการดำเนินการตามแนวทางการจัดการขยะ ได้พิจารณาตั้งแต่ค่าใช้จ่ายลงทุนเริ่มต้น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ มูลค่าซาก รวมถึงรายได้จากการนำขยะไปใช้ประโยชน์ โดยแสดงผลการประเมินไว้ในตารางที่ 4.39

ตารางที่ 4.39 การประมาณการเงินลงทุนเริ่มต้น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและรายได้จากการนำขยะไปใช้ประโยชน์

ขั้นตอน	รายการ	กรณีที่ 1			กรณีที่ 2		
		ราคา (บาท/หน่วย)	จำนวน	ราคารวม (บาท)	ราคา (บาท/หน่วย)	จำนวน	ราคารวม (บาท)
การรีไซเคิล ⁽¹⁾	เงินลงทุนเริ่มต้น						
	ก่อสร้างโรงเรือน	500,000	1	500,000	500,000	1	500,000
	เครื่องขังคังคัง 600 กก.	29,000	1	29,000	29,000	1	29,000
	เข็มเย็บกระสอบ	10	3	30	10	10	100
	กรรไกรตัดเหล็ก/คีม/ค้อน/ประแจ	500	2	1,000	500	2	1,000
	รถโฟคลิฟท์	300,000	1	300,000	300,000	1	300,000
	รถกระบะ	400,000	1	400,000	400,000	1	400,000
	เครื่องตัดเหล็กขอยด้วยก๊าซออกซิเจน	15,000	1	15,000	15,000	1	15,000
	ถุงมือหนัง/ผ้า	50	3	150	50	10	500
	เครื่องอัดขนาดเล็ก	100,000	1	100,000	100,000	1	100,000
	เครื่องมือ-บดพลาสติก	210,000	1	210,000	210,000	1	210,000
	เครื่องล้างพลาสติก	105,000	1	105,000	105,000	2	210,000
	เครื่องสัดแห้ง	35,000	1	35,000	35,000	1	35,000
	เครื่องอบพลาสติก	55,000	1	55,000	55,000	1	55,000
	รวม			1,750,180		รวม	1,855,600
	ค่าใช้จ่ายการดำเนินการ						
	ผู้จัดการศูนย์รับซื้อขยะรีไซเคิล (บาท/เดือน)	12,000	1	144,000	12,000	1	144,000
	เจ้าหน้าที่คัดแยกขยะ/แปรรูป (บาท/เดือน)	5,000	1	60,000	5,000	3	180,000
	เจ้าหน้าที่ขนส่ง (บาท/เดือน)	8,000	1	96,000	8,000	1	96,000
	รวม			300,000		รวม	420,000

ตารางที่ 4.39 การประมาณการเงินลงทุนเริ่มต้น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและรายได้จากการนำขยะไปใช้ประโยชน์ (ต่อ)

ขั้นตอน	รายการ	กรณีที่ 1			กรณีที่ 2		
		ราคา (บาท/หน่วย)	จำนวน	ราคารวม (บาท)	ราคา (บาท/หน่วย)	จำนวน	ราคารวม (บาท)
การรีไซเคิล	รายได้ ⁽²⁾						
	ขวดพลาสติก	4.00	19,497.56	77,990	4.00	97,956.23	391,824
	ขวดแก้ว	0.05	8,465.40	423	0.05	46,013.04	2,300
	โลหะ	9.00	3,973.55	35,762	9.00	14,157.86	127,420
	กระดาษ	1.20	19,744.36	23,693	1.20	77,433.54	92,920
	รวม			137,869		รวม	614,466
การผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ ⁽³⁾	เงินลงทุนเริ่มต้น						
	ค่าก่อสร้างระบบ (บาท)	950,000	1.00	950,000	950,000.00	1.00	950,000
	รวม			950,000		รวม	950,000
	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน						
	ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (บาท/ปี)	12,000	1.00	12,000	12,000.00	1.00	12,000
	รวม			12,000		รวม	12,000
	รายได้						
	ปุ๋ยชีวภาพ	3.00	0	0	3.00	48,582	76,122
	ทดแทนปุ๋ย	13.00	276	3,584	13.00	419.00	5,442
	ก๊าซหุงต้ม	18.73	3,775	70,703	18.73	15,840.58	34,436
	รวม			74,288		รวม	116,000
การผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ⁽⁴⁾	เงินลงทุนเริ่มต้น						
	การก่อสร้างโรงเรือน	7,200	45.00	324,000	7,200.00	45.00	324,000

ตารางที่ 4.39 การประมาณการเงินลงทุนเริ่มต้น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและรายได้จากการนำขยะไปใช้ประโยชน์ (ต่อ)

ขั้นตอน	รายการ	กรณีที่ 1			กรณีที่ 2		
		ราคา (บาท/หน่วย)	จำนวน	ราคารวม (บาท)	ราคา (บาท/หน่วย)	จำนวน	ราคารวม (บาท)
การผลิตเชื้อเพลิงขยะ อัดแท่ง (RDF-5) ⁽⁴⁾	เครื่องย่อยไม้ แบบ Hammer Mill	26,335	1.00	26,335	26,335.00	1.00	26,335
	เครื่องย่อยกระดาษแบบ Hammer Mill	26,335	1	26,335	26,335	1	26,335
	เครื่องย่อยพลาสติก	90,000	2	180,000	90,000	4	360,000
	เครื่องผสม	28,300	1	28,300	28,300	1	28,300
	เครื่องอัดแท่ง	71,160	2	142,320	71,160	4	284,640
	มูลค่าซาก	72,729	1	72,729	104,961	1	104,961
	รวม			800,019		รวม	1,154,571
	ค่าใช้จ่ายการดำเนินการ						
	ค่าแรงงาน ⁽⁵⁾	64,800	6	388,800	64,800	8	518,400
	ค่าไฟฟ้า	3.94	16,881	66,446	3.94	47,428	186,683
	ค่าตัวประสาน (ปูนขาว)	3.75	1,336	5,012	3.75	3,755	14,080
	รวม			460,258		รวม	719,163
	รายได้						
	ไฟฟ้าทดแทน	3.94	101,578	399,822	3.94	285,387	1,123,311
	รวม			399,822		รวม	1,123,311
การฝังกลบที่สะอาด	ค่าใช้จ่ายการดำเนินการ						
	ค่าธรรมเนียมการฝังกลบ ⁽⁶⁾	200	116	23,196	200	441	88,147
	รวม			23,196		รวม	88,147

ที่มา: ⁽¹⁾ นรากร วิสุทธิกาญจน์, 2550, ⁽²⁾ โครงการธนาคารขยะ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2554, ⁽³⁾ สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2554

⁽⁴⁾ ทศวรรณ ใจเที่ยง, 2555, ⁽⁵⁾ อัตราค่าแรงขั้นต่ำของ จ.เชียงใหม่ (กระทรวงแรงงาน, 2553), ⁽⁶⁾ อัตราค่าเก็บขยะของ เทศบัญญัติเทศบาลนครเชียงใหม่, 2553

จากข้อมูลเบื้องต้น สามารถประเมิน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราผลตอบแทนการลงทุนภายใน (Interest Rate of Return: IRR) และระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) โดยพิจารณาที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 4.00 ต่อปี (สินเชื่อกู้เงินเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กสิกรไทย, 2556) และเปรียบเทียบที่อายุโครงการ 10 ปี จะได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.40

ตารางที่ 4.40 ผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

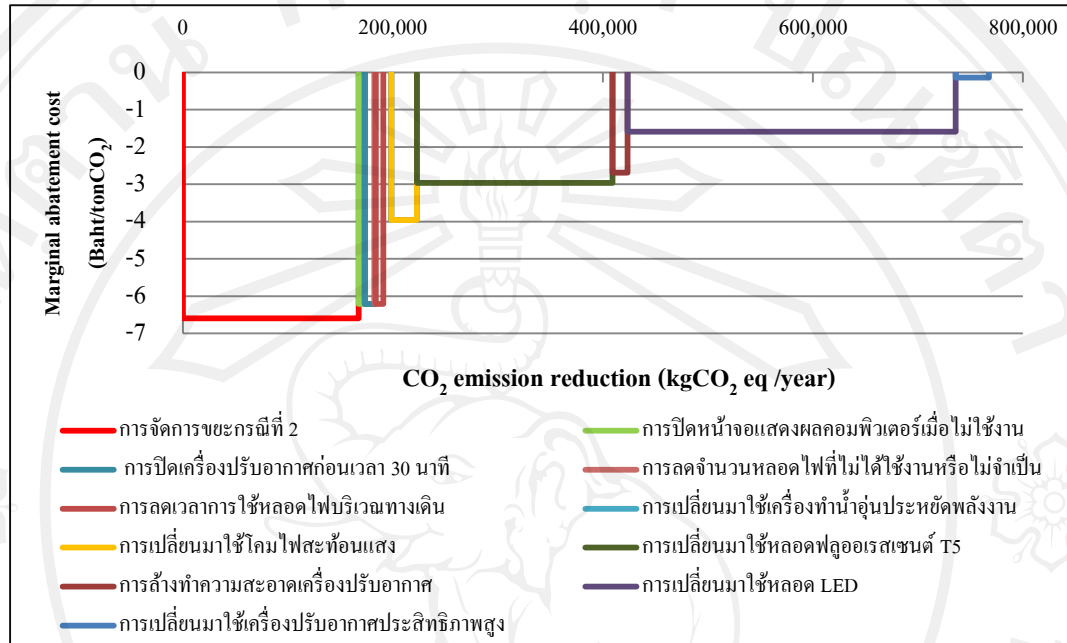
รายการ	ผลการประเมิน	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
การประเมินมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (ล้านบาท)	-3.93	8.95
การประเมินอัตราผลตอบแทนการลงทุน (ร้อยละ)	-22.96	42.69
การประเมินระยะเวลาคืนทุน (ปี)	26.62	2.05

จากผลการประเมิน แสดงให้เห็นว่าการจัดการขยะในกรณีที่ 1 ซึ่งพิจารณาเฉพาะปริมาณขยะของหอพักนักศึกษาไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนอย่างมาก เนื่องจากผลตอบแทนจากพลังงานและเชื้อเพลิงที่ได้มีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับต้นทุนในการก่อตั้งระบบการจัดการขยะทั้งหมด โดยคิดเป็นราคาต้นทุนที่ใช้ในการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) เท่ากับ 23.80 บาท/kg-RDF ในขณะที่การจัดการขยะในกรณีที่ 2 ซึ่งพิจารณาปริมาณขยะทั้งหมดของมหาวิทยาลัยมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากกว่าทั้งในส่วน of มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ซึ่งตลอดอายุโครงการมีมูลค่าเท่ากับ 8.42 ล้านบาท ด้วยอัตราผลตอบแทนการลงทุน (IRR) ร้อยละ 38.98 และมีระยะเวลาคืนทุน (PB) อยู่ที่ 2.19 ปี เนื่องจากให้ผลตอบแทนที่มีมูลค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุน โดยมีราคาต้นทุนเพียง 0.19 บาท/kg-RDF หรือเท่ากับ 0.07 บาท/kWh ดังนั้นการจัดการขยะในกรณีที่ 2 โดยวิธีการรีไซเคิล การผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ รวมทั้งการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) โดยใช้ปริมาณและองค์ประกอบของขยะของมหาวิทยาลัย จึงมีความเหมาะสมที่สุดสำหรับเป็นแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษาต่อไป

4.2.7 ต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost: MAC)

จากมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดข้างต้น จะเห็นว่าแต่ละมาตรการสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน ด้วยความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่แตกต่างกัน ซึ่งในการพิจารณาเลือกมาตรการที่เหมาะสม จำเป็นจะต้องพิจารณาทั้งสองด้านควบคู่กันไป ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้นำต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Marginal Abatement Cost: MAC) มาใช้เป็นดัชนีชี้วัดในการจัดลำดับมาตรการที่มีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น โดยอาศัยข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้และต้นทุน

ส่วนเพิ่มในการดำเนินการตามมาตรการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังกล่าว มาใช้ในการคำนวณค่าต้นทุนหน่วยสุดท้ายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละมาตรการ ตามรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 เปรียบเทียบค่า MAC ของแต่ละมาตรการ

จะเห็นว่ามาตรการส่วนใหญ่มีค่า MAC ต่ำกว่าศูนย์ แสดงว่ามาตรการให้ผลตอบแทนต่อหน่วยที่สูงกว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุน โดยมาตรการที่มีค่า MAC ต่ำที่สุด คือ (1) การจัดการขยะในกรณีที่ 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ -6.59 บาท/kgCO₂-ปี รองลงมาเป็น (2) มาตรการลดจำนวนหลอดไฟที่ไม่ได้ใช้งานหรือไม่จำเป็น (3) มาตรการลดเวลาการใช้หลอดไฟบริเวณทางเดินภายในหอพักฯ (4) มาตรการปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลา 30 นาที (5) มาตรการปิดหน้าต่างแสดงผลคอมพิวเตอร์เมื่อไม่ใช้งาน ซึ่งเป็นมาตรการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่สามารถดำเนินการได้ทันที โดยไม่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน ซึ่งสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สุทธิ 23.60 tonCO₂-eq/ปี คิดเป็นร้อยละ 1.02 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา ต่อมาเป็นมาตรการ (6) การเปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำอุ่นประหยัดพลังงาน (7) การเปลี่ยนมาใช้โคมไฟสะท้อนแสง (8) การเปลี่ยนมาใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 (9) การเปลี่ยนมาใช้แบตเตอรี่กำลังสูงเสียค่า (10) การล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ (11) การเปลี่ยนมาใช้แบตเตอรี่อิเล็กทรอนิกส์ (12) การเปลี่ยนมาใช้หลอด LED และ (13) การเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง ซึ่งจากลำดับค่าของ MAC สามารถนำมาจัดเรียงลำดับของมาตรการที่สมควรพิจารณาดำเนินการก่อนหรือหลังได้ ทั้งนี้สามารถตัดมาตรการเปลี่ยนแบตเตอรี่กำลังสูงเสียค่าและแบตเตอรี่อิเล็กทรอนิกส์ออกจากการศึกษาได้ เนื่องจากมีค่า MAC ที่ต่ำกว่า เมื่อเทียบกับมาตรการที่สามารถทดแทนกันได้ โดยการ

เปลี่ยนมาใช้หลอด T5 ซึ่งมีค่า MAC ที่สูงกว่ารวมทั้งยังมีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกที่สูงกว่า แต่สำหรับมาตรการการเปลี่ยนมาใช้หลอด LED ถึงแม้ว่าจะมีค่า MAC ที่สูงกว่าเนื่องจากราคาต้นทุนที่สูง แต่ก็มีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกที่สูงขึ้นเช่นกัน อีกทั้งหลอด LED ยังเป็นนวัตกรรมที่มีการออกแบบและพัฒนาอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ซึ่งในระยะยาวหากมีการปรับเปลี่ยนราคาที่ลดลงหลอด LED จะมีความน่าสนใจอย่างมากในการลงทุนเพื่อลดการใช้พลังงานต่อไป ซึ่งมาตรการทั้งหมดสามารถจัดแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ ได้ดังนี้

1) มาตรการที่ไม่ต้องอาศัยเงินลงทุน เป็นมาตรการที่สามารถดำเนินการได้ทันทีโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ประกอบด้วย

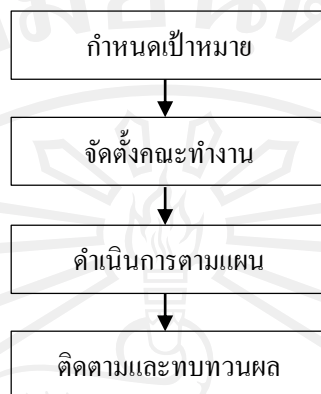
- 1.1) การลดจำนวนหลอดไฟที่ไม่ได้ใช้งานหรือไม่จำเป็น
- 1.2) การลดเวลาการใช้หลอดไฟบริเวณทางเดินภายในหอพักฯ
- 1.3) การปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลา 30 นาที
- 1.4) การปิดหน้าจอแสดงผลคอมพิวเตอร์เมื่อไม่ใช้งาน

2) มาตรการที่ต้องอาศัยเงินลงทุน เป็นมาตรการที่ต้องใช้เงินลงทุน โดยเฉพาะมาตรการการจัดการขยะซึ่งต้องใช้ต้นทุนที่สูงมากในช่วงแรกสำหรับการก่อสร้างและดำเนินการระบบจัดการขยะต่างๆ จึงควรริบดำเนินการให้แล้วเสร็จในปีแรกเพื่อให้ได้รับผลตอบแทนที่คุ้มค่าภายในระยะเวลาที่กำหนด แต่สำหรับมาตรการเปลี่ยนมาใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5, LED และเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงนั้น ไม่สามารถดำเนินการเปลี่ยนอุปกรณ์ทั้งหมดได้ทันที เนื่องจากยังมีการใช้งานในอุปกรณ์เดิมอยู่ ดังนั้นจึงกำหนดให้ดำเนินการทยอยเปลี่ยนอุปกรณ์ที่เสียและหมดอายุการใช้งานออกก่อน โดยประมาณร้อยละ 25 ต่อปีของจำนวนที่เปลี่ยนทั้งหมดเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนไม่ให้สูงเกินไปในแต่ละปี และเพื่อให้สามารถใช้งานได้ตามอายุการใช้งานของอุปกรณ์ ซึ่งมาตรการทั้งหมด ประกอบด้วย

- 2.1) การจัดการขยะในกรณี 2
- 2.2) การเปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำอุ่นประหยัดพลังงาน
- 2.3) การเปลี่ยนมาใช้โคมไฟสะท้อนแสง
- 2.4) การเปลี่ยนมาใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5
- 2.5) การล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ
- 2.6) การเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง
- 2.7) การเปลี่ยนมาใช้หลอด LED

จากนั้นนำไปใช้ในการกำหนดแผนการลดก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษาต่อไป โดยแสดงรายละเอียดของแผนงาน ไว้ดังนี้

4.2.8 แผนการลดการใช้พลังงานและก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



รูปที่ 4.17 แนวทางดำเนินงานตามแผนการลดก๊าซเรือนกระจก

1) กำหนดหลักการ วัตถุประสงค์ และเป้าหมาย

1.1) หลักการและเหตุผล

หอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นหนึ่งองค์กรภายในมหาวิทยาลัยที่มีความพร้อมในการดำเนินการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากเป็นศูนย์รวมของนักศึกษาและบุคลากรจำนวนมาก ทั้งยังถือว่าเป็นแหล่งเรียนรู้ที่สำคัญในการสร้างจิตสำนึกในด้านสิ่งแวดล้อมให้แก่นักศึกษาภายในมหาวิทยาลัย โดยการส่งเสริมให้นักศึกษามีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ซึ่งกิจกรรมที่ดำเนินการประกอบด้วย การลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และการนำขยะมาทดแทนการใช้พลังงานภายในหอพักนักศึกษา โดยมีดัชนีชี้วัดความสำเร็จของกิจกรรมจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง และปริมาณขยะที่ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ลดลง

1.2) วัตถุประสงค์ในการดำเนินงานของโครงการ

- (1) ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษา ทั้งในระบบแสงสว่าง ปรับอากาศ และระบบอื่นๆ
- (2) ลดปริมาณขยะมูลฝอยที่จะถูกนำไปจัดการโดยวิธีการฝังกลบ
- (3) สร้างจิตสำนึกที่ดีในการลดการใช้พลังงานและรักษาสิ่งแวดล้อมให้แก่นักศึกษาภายในหอพักฯ ตลอดจนนักศึกษาภายนอกที่สนใจเข้ามามีส่วนร่วมในการดำเนินการ รวมทั้งเพื่อขยายผลในการนำไปใช้ในชีวิตรประจำวันต่อไป
- (4) เป็นแบบอย่างที่ดีในการดำเนินการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกให้แก่องค์กรอื่นๆต่อไป

1.3) เป้าหมายในการดำเนินงาน

(1) เป้าหมายลดการใช้พลังงาน โดยตั้งเป้าหมายให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด ภายในระยะเวลา 1 ปี หลังจากเริ่มดำเนินการ โดยสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงได้ไม่น้อยกว่าปีละ 2.0 ล้านบาทต่อปี

(2) เป้าหมายลดปริมาณขยะที่ถูกนำไปฝังกลบ

ตั้งเป้าหมายให้สามารถลดปริมาณขยะลงได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 ต่อปี โดยสามารถแปรรูปเป็นพลังงานทดแทนได้ไม่น้อยกว่า 1.5 เทระจูลต่อปี

1.4) ผลที่คาดว่าจะได้รับ

(1) ลดปริมาณการใช้พลังงานได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดต่อปี หรือสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้ไม่น้อยกว่าปีละ 20 ล้านบาท

(2) ลดปริมาณขยะที่ถูกนำไปฝังกลบได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 ต่อปี โดยสามารถนำขยะมาใช้ประโยชน์และทดแทนพลังงานรวมได้ไม่น้อยกว่า 1.5 เทระจูลต่อปี

(3) บุคลากรและนักศึกษามีจิตสำนึกและตระหนักถึงคุณค่าของพลังงานและการรักษาสีเขียว

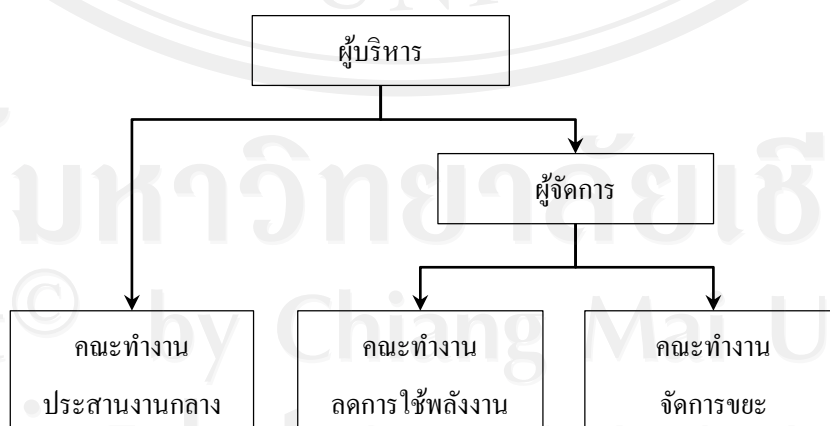
(4) เป็นแหล่งความรู้และตัวอย่างที่ดีให้แก่องค์กรภายนอกในการนำไปขยายผลเพื่อให้เกิดประโยชน์ในวงกว้างต่อไป

1.5) ระยะเวลาในการดำเนินแผนงาน

กำหนดระยะเวลาในการดำเนินแผนงาน 10 ปี ตั้งแต่ มกราคม 2557 – ธันวาคม 2567

2) จัดตั้งคณะทำงาน

เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปตามแผนงานเป็นไปอย่างมีระบบ มีประสิทธิภาพ และยั่งยืน จึงต้องมีการจัดตั้งคณะทำงานขึ้น ดังนี้



รูปที่ 4.18 โครงสร้างคณะทำงานตามแผนลดก๊าซเรือนกระจก

2.1) ผู้บริหาร เป็นผู้ที่ทำหน้าที่ในการควบคุมดูแลการดำเนินงานในภาพรวม ได้แก่ อธิการบดีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ รองอธิการบดีฝ่ายบริหาร รองอธิการบดีฝ่ายกายภาพและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

2.2) ผู้จัดการแผนงาน เป็นผู้ที่ได้รับมอบหมายนโยบายจากผู้บริหารเพื่อดำเนินการตามแผนงาน ได้แก่ ผู้อำนวยการสำนักงานหอพักนักศึกษา วิชาการสำนักงานหอพักฯ

2.3) คณะทำงานประสานงานกลาง ได้รับการแต่งตั้งขึ้นโดยผู้บริหาร เพื่อทำหน้าที่ในการประสานงานในส่วนต่างๆ ให้อยู่ในขอบเขตของแผนงานที่วางไว้

2.4) คณะทำงานลดการใช้พลังงาน ได้รับการแต่งตั้งขึ้นโดยผู้จัดการแผนงาน ซึ่งควรเป็นบุคลากรที่ประจำอยู่ภายในหอพักนักศึกษาในแต่ละอาคาร ซึ่งจะทำหน้าที่ในการดำเนินงานในส่วนของการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในหอพักนักศึกษา

2.5) คณะทำงานจัดการขยะ ได้รับการแต่งตั้งจากผู้บริหาร เพื่อทำหน้าที่ในการจัดสร้างและดำเนินการระบบจัดการขยะ ซึ่งประกอบด้วย การรีไซเคิล การผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ การผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ซึ่งกำหนดให้ดำเนินการขึ้นภายในพื้นที่ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยคณะทำงานในส่วนนี้แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

(1) การรวบรวมและคัดแยกขยะ คณะทำงานในส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการรวบรวมขยะตามจุดทิ้งขยะทั้งหมดภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ฝั่งสวนสักทั้งหมด 30 จุด และทำการคัดแยกขยะออกเป็น 4 ส่วน คือ ขยะอินทรีย์ ขยะเผาไหม้ได้ ขยะรีไซเคิล และขยะอื่นๆ เพื่อจัดส่งไปยังจุดต่างๆ ที่จัดเตรียมไว้ โดยขยะประเภทเศษอาหารจะถูกนำส่งไปยังระบบผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพสำหรับขยะเผาไหม้ได้ ซึ่งประกอบด้วย พลาสติก กระดาษ และไม้ จะถูกนำส่งไปยังระบบผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ส่วนขยะรีไซเคิลจะถูกนำส่งเข้าสู่กระบวนการบดย่อยและลดขนาดในขั้นตอนของการรีไซเคิล และสุดท้ายขยะส่วนที่เหลือก็จะถูกเก็บรวบรวมโดยเทศบาลนครเชียงใหม่ เพื่อขนส่งไปจัดการโดยวิธีฝังกลบต่อไป

(2) การผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ คณะทำงานในส่วนนี้จะทำหน้าที่ในส่วนของการผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ ตั้งแต่การดำเนินการจัดสร้างระบบไปจนถึงควบคุมการดำเนินระบบรายปี และนำผลผลิตที่ได้ไปใช้ประโยชน์โดยมุ่งเน้นที่การนำมาใช้ประโยชน์ภายในหอพักนักศึกษาเป็นหลัก

(3) การผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) คณะทำงานในส่วนนี้จะทำหน้าที่ในส่วนของการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ตั้งแต่การจัดซื้อจัดหาเครื่องจักรอุปกรณ์สำหรับผลิตเชื้อเพลิงขยะไปจนถึงการดำเนินการผลิตรายปี โดยเชื้อเพลิงขยะที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าทดแทนได้

(4) การรีไซเคิล คณะทำงานในส่วนนี้จะทำหน้าที่ในส่วนของการรีไซเคิล ตั้งแต่การจัดซื้อจัดหาเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆ รวมถึงการดำเนินการผลิตรายปีสำหรับขยะรีไซเคิลได้ อย่าง โลหะ ขวดพลาสติก แก้ว และกระดาษที่เหลือจากการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) มาเข้าสู่กระบวนการย่อยและบดอัดขยะแต่ละประเภทให้มีขนาดที่เหมาะสมต่อการนำไปขายยังโรงรับซื้อต่อไป

3) ขั้นตอนการดำเนินงานตามแผน

3.1) ขั้นตอนการดำเนินงานในภาพรวม

- (1) จัดประชุมหารือแผนการลดก๊าซเรือนกระจกระหว่างผู้บริหาร
- (2) แต่งตั้งคณะทำงานในส่วนต่างๆ ตามความเหมาะสมของงาน
- (3) คณะทำงานในแต่ละส่วนเริ่มดำเนินการตามแผนงาน โดยมีคณะทำงานประสานงานกลางทำหน้าที่ในการกำหนดและดูแลในเรื่องของเวลาที่จะต้องดำเนินการ
- (4) คณะทำงานในแต่ละส่วนประเมินผลการดำเนินงานของตนส่งให้แก่คณะทำงานประสานงานกลาง
- (5) คณะทำงานประสานงานกลางประเมินผลการดำเนินงานโดยรวมให้แก่ผู้บริหาร

3.2) ขั้นตอนการดำเนินงานลดการใช้พลังงานและจัดการขยะ

ในส่วนของแผนการลดการใช้พลังงานและการจัดการขยะ ได้พิจารณาทั้งมาตรการที่ไม่ต้องอาศัยเงินลงทุนและมาตรการที่ต้องอาศัยเงินลงทุน โดยกำหนดแผนการดำเนินงานในแต่ละปีตามผลการประเมินค่าต้นทุนส่วนเพิ่มในการลดก๊าซเรือนกระจก (MAC) ได้ดังนี้

การดำเนินการในปีที่ 1

1) มาตรการลดการใช้พลังงาน : ดำเนินการตามมาตรการที่ไม่ต้องอาศัยการลงทุนประกอบด้วย

- การลดจำนวนหลอดไฟที่ไม่ได้ใช้งานหรือไม่จำเป็น โดยการลดจำนวน หลอดไฟแสงสว่างที่ติดตั้งไว้ในห้องอ่านหนังสือ (ห้องพระ) ของเสือนศรีตรัง เป็นจำนวน 9 หลอด สำหรับการติดตั้งแบบ 3 หลอดต่อโคม เนื่องจากมีค่าความส่องสว่างสูงเกินมาตรฐาน

- การลดเวลาการใช้หลอดไฟบริเวณทางเดินภายในหอพักนักศึกษา โดยการปิดการใช้งานหลอดไฟแสงสว่างในบริเวณทางเดินภายในและภายนอกอาคารของหอพักนักศึกษาก่อนเวลาปิด 1 ชั่วโมง ซึ่งพอมีแสงสว่างจากธรรมชาติในตอนเช้า

- การปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลา 30 นาที โดยการลดเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศทุกเครื่องของหอพักนักศึกษาทั้งหมดเป็นเวลา 30 นาทีก่อนเวลาปิดเครื่องที่กำหนดไว้

- การปิดหน้าจอแสดงผลคอมพิวเตอร์เมื่อไม่ใช้งาน โดยการปิดหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งไว้ในห้องคอมพิวเตอร์ของหอพักนักศึกษาเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ชั่วโมงต่อเครื่อง หรืออาจกำหนดเป็นช่วงเวลาเวลาพักเที่ยงหรือภายในช่วงเวลาที่แต่ละหอพักฯเห็นสมควร

2) **มาตรการจัดการขยะ :** ดำเนินการก่อสร้าง จัดซื้อจัดหาเครื่องจักรอุปกรณ์ในระบบการจัดการขยะต่างๆ ทั้งการทิ้งในระบบรีไซเคิล ผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ และผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ตามรายละเอียดในตารางที่ 4.39 สำหรับการจัดการขยะในกรณีที่ 2

3) **งบประมาณ :** 3.76 ล้านบาท

4) **ผลตอบแทน :** ลดการใช้พลังงานลงได้ 40,597.65 kWh/ปี หรือคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ 146,557.50 บาท/ปี

การดำเนินการในปีที่ 2

1) **มาตรการลดการใช้พลังงาน :** ดำเนินการตามมาตรการเช่นเดียวกับในปีที่ 1 โดยมีมาตรการเพิ่มเติม ประกอบด้วย

- มาตรการเปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำอุ่นประหยัดพลังงาน สำหรับเครื่องทำน้ำอุ่นรุ่นเก่าทั้งหมดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงกว่า 3.5 วัตต์ ซึ่งติดตั้งไว้ในห้องน้ำของเรือนศรีตรัง จำนวน 16 เครื่อง มาเป็นเครื่องทำน้ำอุ่นแบบประหยัดพลังงานขนาด 3.5 วัตต์

- การเปลี่ยนมาใช้โคมไฟสะท้อนแสงสำหรับหลอดไฟที่มีการติดตั้งแบบ 2 หลอดต่อโคม แต่ไม่มีแผ่นสะท้อนแสงจำนวน 464 โคม มาเป็นโคมไฟแบบสะท้อนแสงซึ่งเพิ่มความสว่างเป็นเท่าตัว จึงช่วยให้สามารถลดจำนวนหลอดไฟลงได้ 464 หลอด

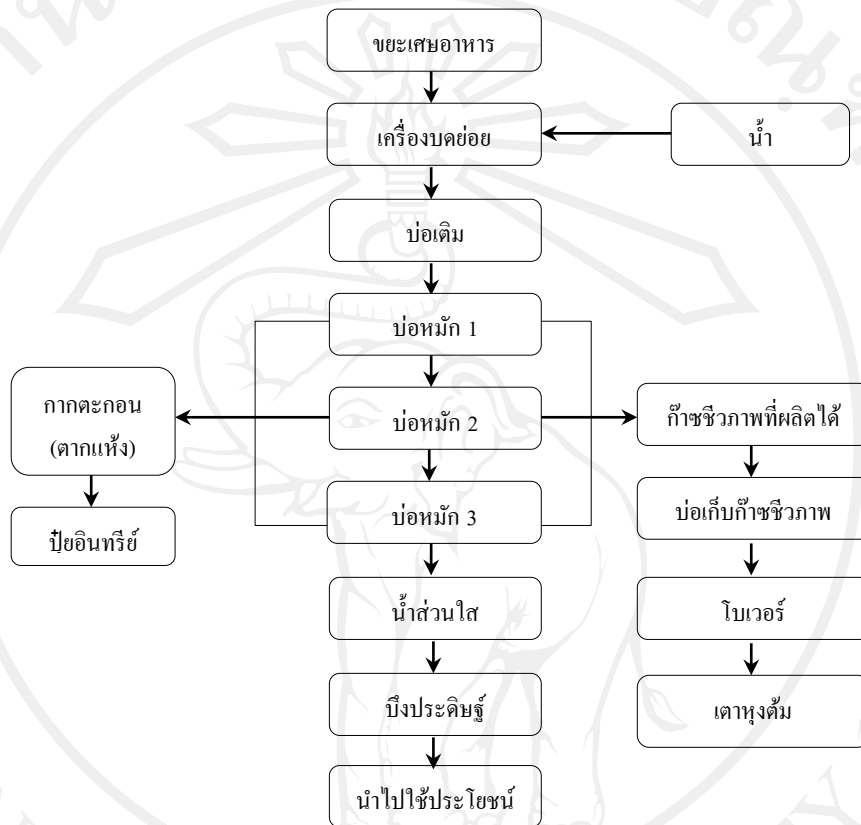
- การเปลี่ยนมาใช้หลอด T5 ขนาด 14 และ 28 วัตต์ แทนหลอด T8 ขนาด 18 และ 36 วัตต์ เป็นจำนวน 2,153 หลอด หรือคิดเป็นร้อยละ 25 ของจำนวนหลอดไฟที่เปลี่ยน โดยเริ่มที่หอพักนักศึกษาชายอาคาร 2-7 ก่อน

2) มาตรการจัดการขยะ

2.1) การเก็บรวบรวมและคัดแยกขยะ ดำเนินการเก็บรวบรวมขยะตามจุดทิ้งขยะฝั่งสวนสักทั้งหมด 30 จุด ภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยมีปริมาณเฉลี่ย 3.68 ตัน/วัน หรือ 881.30 ตัน/ปี จากนั้นคัดแยกขยะออกเป็น 4 ส่วน คือ ขยะอินทรีย์ ขยะเผาไหม้ได้ ขยะรีไซเคิล และขยะอื่นๆ เพื่อจัดส่งไปยังจุดต่างๆ เพื่อดำเนินการต่อไป ดังนี้

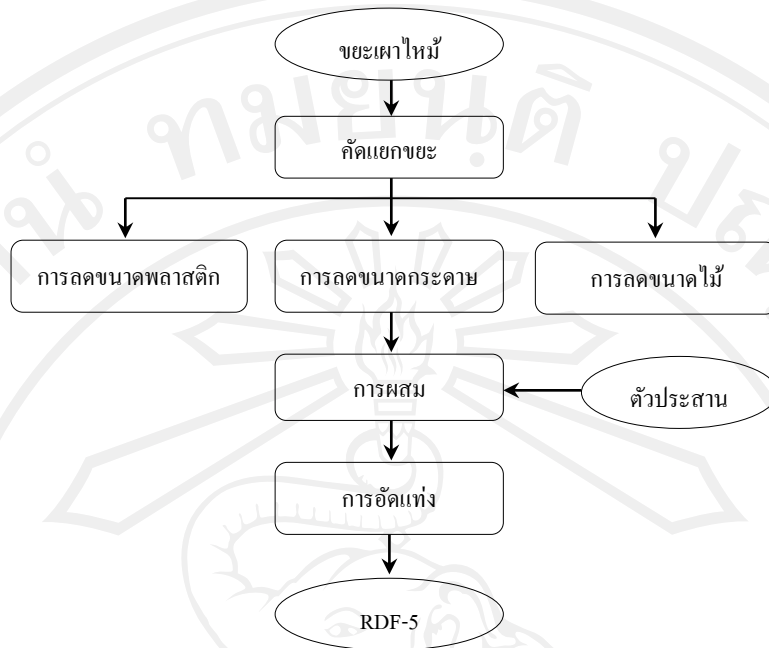
2.2) ขยะอินทรีย์ ซึ่งหมายถึงขยะประเภทเศษอาหาร ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 0.99 ตัน/วัน หรือร้อยละ 41.13 ของปริมาณขยะทั้งหมด จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ ที่จัดสร้างขึ้น โดยอ้างอิงระบบตามโครงการ “ส่งเสริมเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ เพื่อจัดการของเสียเศษอาหารจากโรงแรมและสถานประกอบการต่างๆ” ณ บริเวณตลาดร่มสักร์ โดยขยายอัตราการผลิตไป

ที่ปริมาณขยะเศษอาหารที่ป้อนเข้าเท่ากับ 1.00 ตัน/วัน ซึ่งจะได้ก๊าซชีวภาพในปริมาณ 0.095 m³/วัน และปุ๋ยชีวภาพเท่ากับ 0.21 ตัน/วัน และมีอายุการใช้งานระบบอยู่ที่ 10 ปี โดยแสดงผังการไหลของระบบ ตามรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 ผังการไหลของระบบผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ
(สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงาน (สวพ.) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2552)

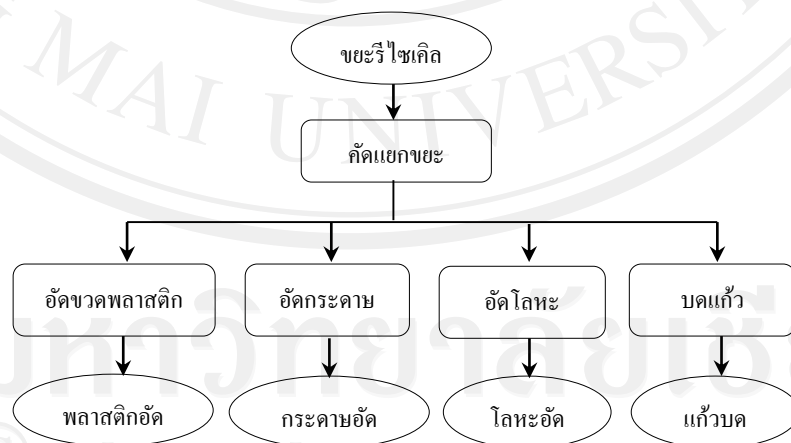
2.3) ขยะเผาไหม้ได้ ซึ่งประกอบด้วย ขยะประเภทพลาสติก กระดาษ และไม้ จะถูกนำส่งไปยังระบบผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ซึ่งอ้างอิงขั้นตอนการผลิตตามโครงการ “การพัฒนาโรงงานต้นแบบในการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากขยะ” ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่อายุการใช้งาน 5 ปี ประกอบด้วย ขั้นตอนการคัดแยก ลดขนาด ผสม และอัดแท่ง ตามรูปที่ 4.20 โดยพิจารณาที่ปริมาณขยะป้อนเข้าเท่ากับ 0.32 ตัน/วัน หรือร้อยละ 13.45 ของปริมาณขยะทั้งหมด ซึ่งใช้สัดส่วนขยะประเภทพลาสติก กระดาษ และไม้ เท่ากับ 1:1:1 โดยมีปูนขาวเป็นตัวประสานในอัตรา 0.1 ส่วน และจะได้ปริมาณขยะอัดแท่งเท่ากับ 0.27 ตัน/วัน สามารถนำไปผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 776.39 kWh/วัน



รูปที่ 4.20 ขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5)

(โครงการการพัฒนาโรงงานต้นแบบในการผลิตเชื้อเพลิงแข็งจากขยะ, 2556)

2.4) ขยะรีไซเคิล ซึ่งประกอบด้วย โลหะ ขวดพลาสติก แก้ว และกระดาษที่เหลือจากการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ที่ปริมาณ 0.54 ตัน/วัน หรือร้อยละ 22.43 ของปริมาณขยะทั้งหมด จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการบดอัดและลดขนาดขยะประเภทต่างๆ ดังรูปที่ 4.21 ซึ่งจะได้ปริมาณขยะรีไซเคิลรวม 0.54 ตัน/วัน โดยมีอายุการใช้งาน 5 ปี



รูปที่ 4.21 ขั้นตอนการบดอัดขยะรีไซเคิล

2.5) ขยะส่วนที่เหลือ จะถูกเก็บรวบรวมโดยเทศบาลนครเชียงใหม่ เพื่อขนส่งไปจัดการโดยวิธีฝังกลบต่อไป

3) งบประมาณ : 2.11 ล้านบาท

4) ผลตอบแทน : สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ทั้งหมด 458,953.00 kWh/ปี โดยได้ปริมาณขยะรีไซเคิล 235.56 ตัน/ปี ปริมาณปุ๋ยและก๊าซชีวภาพทดแทน LPG เท่ากับ 76,121.77 kg/ปี และ 15,840.58 kg/ปี และเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) เท่ากับ 99.43 ตัน/ปี โดยเทียบเป็นพลังงานความร้อนได้เท่ากับ 2.38 TJ/ปี คิดเป็นผลตอบแทนที่ได้รับจากพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงและรายได้จากปุ๋ยและก๊าซชีวภาพเท่ากับ 3.59 ล้านบาท

การดำเนินการในปีที่ 3

1) มาตรการลดการใช้พลังงาน : ดำเนินการเช่นเดียวกับในปีที่ 1 โดยมีมาตรการเพิ่มเติม ดังนี้

- การเปลี่ยนมาใช้หลอด T5 ขนาด 14 และ 28 วัตต์ แทนหลอด T8 ขนาด 18 และ 36 วัตต์ เพิ่มเติมอีกร้อยละ 25 ของจำนวนหลอดไฟที่เปลี่ยนที่หอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 1 - 6

- การล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ โดยการว่าจ้างบริษัทหรือหน่วยงานภายนอกเข้ามาดำเนินการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศทั้งหมดที่ติดตั้งไว้ในหอพักนักศึกษาอย่างสม่ำเสมอทุกๆ 6 เดือน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศ และช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้

2) มาตรการจัดการขยะ : ดำเนินการเช่นเดียวกับในปีที่ 2

3) งบประมาณ : 2.08 ล้านบาท

4) ผลตอบแทน : สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 483,709.92 kWh/ปี ซึ่งจะได้ปริมาณขยะรีไซเคิลที่แปรสภาพแล้ว ปุ๋ย ก๊าซชีวภาพ และเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ในปริมาณเท่ากับปีที่ 2 หรือเทียบเป็นพลังงานความร้อนได้ 2.46 TJ/ปี คิดเป็นผลตอบแทนที่ได้รับจากพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงและรายได้จากปุ๋ยและก๊าซชีวภาพเท่ากับ 4.12 ล้านบาท

การดำเนินการในปีที่ 4

1) มาตรการลดการใช้พลังงาน : ดำเนินการเช่นเดียวกับในปีที่ 1 โดยมีมาตรการเพิ่มเติม ดังนี้

- การเปลี่ยนมาใช้หลอด T5 ขนาด 14 และ 28 วัตต์ แทนหลอด T8 ขนาด 18 และ 36 วัตต์ เพิ่มเติมอีกร้อยละ 25 ของจำนวนหลอดไฟที่เปลี่ยนที่หอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 7 -9 และเรือนศรีตรัง

- การเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงแทนเครื่องปรับอากาศรุ่นเก่าที่ไม่ใช่เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 จำนวน 7 -8 เครื่อง หรือร้อยละ 25 ของจำนวนเครื่องปรับอากาศ

แบบเก่าทั้งหมดที่ยังมีการใช้งานอยู่จำนวน 30 เครื่อง โดยเริ่มที่หอพักนักศึกษาชายอาคาร 2-6 ก่อน ประกอบด้วย

- (1) เื่อนลักทอง
 - เครื่องปรับอากาศขนาด 28,500.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคาราโอเกะ
 - เครื่องปรับอากาศขนาด 25,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคอมพิวเตอร์
- (2) เื่อนชอมพอหลวง
 - เครื่องปรับอากาศขนาด 36,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคาราโอเกะ
- (3) เื่อนอินทนิล
 - เครื่องปรับอากาศขนาด 48,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคอมพิวเตอร์
- (4) เื่อนกัลปพฤกษ์
 - เครื่องปรับอากาศขนาด 44,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคาราโอเกะ
 - เครื่องปรับอากาศขนาด 44,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคอมพิวเตอร์
- (5) เื่อนจามจุรี
 - เครื่องปรับอากาศขนาด 25,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคอมพิวเตอร์

2) มาตรการจัดการขยะ : ดำเนินการเช่นเดียวกับปีที่ 2

3) งบประมาณ : 2.11 ล้านบาท

4) ผลตอบแทน : สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 552,751.89 kWh/ปี ซึ่งจะได้ปริมาณขยะรีไซเคิลที่แปรสภาพแล้ว ปุ๋ย ก๊าซชีวภาพ และเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ในปริมาณเท่ากับปีที่ 2 หรือเทียบเป็นพลังงานความร้อนได้ 2.71 TJ/ปี คิดเป็นผลตอบแทนที่ได้รับจากพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงและรายได้จากปุ๋ยและก๊าซชีวภาพเท่ากับ 4.37 ล้านบาท

การดำเนินการในปีที่ 5

1) มาตรการลดการใช้พลังงาน : ดำเนินการเช่นเดียวกับในปีที่ 1 โดยเพิ่มมาตรการเปลี่ยนมาใช้หลอด T5 ขนาด 14 และ 28 วัตต์ แทนหลอด T8 ขนาด 18 และ 36 วัตต์ สำหรับเื่อนกาสะลอง และเื่อนพวงชมพู และเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศอีกร้อยละ 25 ที่หอพักนักศึกษาชายอาคาร 6-7 ดังนี้

- (1) เื่อนจามจุรี
 - เครื่องปรับอากาศขนาด 20,000.00 BTU จำนวน 2 เครื่อง ห้องประชุม 1
 - เครื่องปรับอากาศขนาด 12,500.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องรับแขก
 - เครื่องปรับอากาศขนาด 38,000.00 BTU จำนวน 3 เครื่อง ห้องประชุม 2

(2) เื่อนซงโค

- เครื่องปรับอากาศขนาด 25,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคาราโอเกะ

2) มาตรการจัดการขยะ : ดำเนินการเช่นเดียวกับปีที่ 2

3) งบประมาณ : 2.11 ล้านบาท

4) ผลตอบแทน : สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 646,550.77 kWh/ปี ซึ่งจะได้ปริมาณขยะรีไซเคิลที่แปรสภาพแล้ว ปุ๋ย ก๊าซชีวภาพ และเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ในปริมาณเท่ากับปีที่ 2 หรือเทียบเป็นพลังงานความร้อนได้ 3.05 TJ/ปี คิดเป็นผลตอบแทนที่ได้รับจากพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงและรายได้จากปุ๋ยและก๊าซชีวภาพเท่ากับ 4.70 ล้านบาท

การดำเนินการในปีที่ 6

1) มาตรการลดการใช้พลังงาน : ดำเนินการเช่นเดียวกับในปีที่ 1 โดยเพิ่มมาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่หอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 1-4 ประกอบด้วย

(1) เื่อนพวงเสด

- เครื่องปรับอากาศขนาด 48,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคาราโอเกะ
- เครื่องปรับอากาศขนาด 44,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคอมพิวเตอร์

(2) เื่อนลีลาวดี

- เครื่องปรับอากาศขนาด 56,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคาราโอเกะ
- เครื่องปรับอากาศขนาด 35,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคอมพิวเตอร์
- เครื่องปรับอากาศขนาด 12,000.00 BTU จำนวน 3 เครื่อง สำนักงานหอพักฯ

(3) เื่อนฝ้ายคำ

- เครื่องปรับอากาศขนาด 36,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคาราโอเกะ

2) มาตรการจัดการขยะ : ดำเนินการเปลี่ยนเครื่องจักรและอุปกรณ์สำหรับระบบการรีไซเคิลและการผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ใหม่ เนื่องจากทั้ง 2 ระบบมีอายุการใช้งานเพียง 5 ปี ดังนั้นเมื่อครบอายุการใช้งานจึงต้องจัดซื้อจัดหาเครื่องจักรอุปกรณ์ใหม่เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จากนั้นดำเนินการในเช่นเดียวกับในปีที่ 2

3) งบประมาณ : 4.25 ล้านบาท

4) ผลตอบแทน : สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 660,207.85 kWh/ปี ซึ่งจะได้ปริมาณขยะรีไซเคิลที่แปรสภาพแล้ว ปุ๋ย ก๊าซชีวภาพ และเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ในปริมาณเท่ากับปีที่ 2 หรือเทียบเป็นพลังงานความร้อนได้ 3.10 TJ/ปี คิดเป็นผลตอบแทนที่ได้รับจากพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงและรายได้จากปุ๋ยและก๊าซชีวภาพเท่ากับ 5.03 ล้านบาท

การดำเนินงานในปีที่ 7

1) **มาตรการลดการใช้พลังงาน :** ดำเนินการเช่นเดียวกับในปีที่ 1 โดยเพิ่มมาตรการดังต่อไปนี้

- การเปลี่ยนมาใช้หลอด LED ขนาด 8 และ 20 วัตต์ แทนหลอด T5 ขนาด 14 และ 28 วัตต์ ที่หมดอายุการใช้งานในปีที่ 2

- การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเพิ่มเติมที่หอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 5 – 9 ดังนี้

(1) เอื้อนพวงคราม

- เครื่องปรับอากาศขนาด 45,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคาราโอเกะ
- เครื่องปรับอากาศขนาด 44,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคอมพิวเตอร์

(2) เอื้อนเอื้องผึ้ง

- เครื่องปรับอากาศขนาด 48,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคาราโอเกะ
- เครื่องปรับอากาศขนาด 44,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคอมพิวเตอร์

(3) เอื้อนบัวระวงค์

- เครื่องปรับอากาศขนาด 44,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคาราโอเกะ
- เครื่องปรับอากาศขนาด 35,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคอมพิวเตอร์

(4) เอื้อนดอกแก้ว

- เครื่องปรับอากาศขนาด 56,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคาราโอเกะ

(5) เอื้อนบัวตอง

- เครื่องปรับอากาศขนาด 36,000.00 BTU จำนวน 1 เครื่อง ห้องคาราโอเกะ

2) **มาตรการจัดการขยะ :** ดำเนินการเช่นเดียวกับปีที่ 2

3) **งบประมาณ :** 4.60 ล้านบาท

4) **ผลตอบแทน :** สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 685,997.00 kWh/ปี ซึ่งจะได้ปริมาณขยะรีไซเคิลที่แปรสภาพแล้ว ปุ๋ย ก๊าซชีวภาพ และเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ในปริมาณเท่ากับปีที่ 2 หรือเทียบเป็นพลังงานความร้อนได้ 3.19 TJ/ปี คิดเป็นผลตอบแทนที่ได้รับจากพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงและรายได้จากปุ๋ยและก๊าซชีวภาพเท่ากับ 5.14 ล้านบาท

การดำเนินการในปีที่ 8

1) **มาตรการลดการใช้พลังงาน :** ดำเนินการเช่นเดียวกับในปีที่ 1 โดยเพิ่มมาตรการเปลี่ยนมาใช้หลอด LED ขนาด 8 และ 20 วัตต์ แทนหลอด T5 ขนาด 14 และ 28 วัตต์ ที่หมดอายุการใช้งานในปีที่ 3

2) **มาตรการจัดการขยะ :** ดำเนินการเช่นเดียวกับปีที่ 2

3) **งบประมาณ :** 4.28 ล้านบาท

4) ผลตอบแทน : สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 740,148.15 kWh/ปี ซึ่งจะได้ปริมาณขยะรีไซเคิลที่แปรสภาพแล้ว ปุ๋ย ก๊าซชีวภาพ และเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ในปริมาณเท่ากับปี ที่ 2 หรือเทียบเป็นพลังงานความร้อนได้ 3.39 TJ/ปี คิดเป็นผลตอบแทนที่ได้รับจากพลังงานไฟฟ้าที่ ลดลงและรายได้จากปุ๋ยและก๊าซชีวภาพเท่ากับ 5.33 ล้านบาท

การดำเนินการในปีที่ 9

1) มาตรการลดการใช้พลังงาน : ดำเนินการเช่นเดียวกับในปีที่ 1 โดยเพิ่มมาตรการเปลี่ยนมาใช้หลอด LED ขนาด 8 และ 20 วัตต์ แทนหลอด T5 ขนาด 14 และ 28 วัตต์ ที่หมดอายุการใช้งานใน ปีที่ 4

2) มาตรการจัดการขยะ : ดำเนินการเช่นเดียวกับปีที่ 2

3) งบประมาณ : 4.28 ล้านบาท

4) ผลตอบแทน : สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 794,299.30 kWh/ปี ซึ่งจะได้ปริมาณขยะรีไซเคิลที่แปรสภาพแล้ว ปุ๋ย ก๊าซชีวภาพ และเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ในปริมาณเท่ากับปี ที่ 2 หรือเทียบเป็นพลังงานความร้อนได้ 3.58 TJ/ปี คิดเป็นผลตอบแทนที่ได้รับจากพลังงานไฟฟ้าที่ ลดลงและรายได้จากปุ๋ยและก๊าซชีวภาพเท่ากับ 5.53 ล้านบาท

การดำเนินงานในปีที่ 10

1) มาตรการลดการใช้พลังงาน : ดำเนินการเช่นเดียวกับในปีที่ 1 โดยเพิ่มมาตรการเปลี่ยนมาใช้หลอด LED ขนาด 8 และ 20 วัตต์ แทนหลอด T5 ขนาด 14 และ 28 วัตต์ ที่หมดอายุการใช้งานใน ปีที่ 5

2) มาตรการจัดการขยะ : ดำเนินการเช่นเดียวกับปีที่ 2

3) งบประมาณ : 4.28 ล้านบาท

4) ผลตอบแทน : สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 848,450.45 kWh/ปี ซึ่งจะได้ปริมาณขยะรีไซเคิลที่แปรสภาพแล้ว ปุ๋ย ก๊าซชีวภาพ และเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ในปริมาณเท่ากับปี ที่ 2 หรือเทียบเป็นพลังงานความร้อนได้ 3.78 TJ/ปี คิดเป็นผลตอบแทนที่ได้รับจากพลังงานไฟฟ้าที่ ลดลง และรายได้จากปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ เท่ากับ 5.72 ล้านบาท

หลังจากดำเนินการตามแผนดังกล่าวจนเสร็จเรียบร้อยแล้ว ในปีต่อมาพบว่าสามารถลดปริมาณ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างต่อเนื่อง จากการติดตั้งอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าประหยัด พลังงานจนครบอายุการใช้งานของอุปกรณ์เหล่านั้น ซึ่งพบว่าสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกจากการดำเนินการตามแผนดังกล่าวได้สุทธิ 7,234.85 tonCO_{2-eq} โดยใช้เงินลงทุนรวม 33.88 ล้านบาท ด้วยผลตอบแทนรวม 85.41 ล้านบาท โดยสรุปผลการดำเนินงานในแต่ละปีได้ตาม ตารางที่ 4.41

ตารางที่ 4.41 แผนการลดก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา

ปี	มาตรการ	ปริมาณก๊าซเรือน กระจกที่ลดได้ (tonCO _{2-eq} /ปี)	ค่าใช้จ่าย (ล้านบาท)	ผลตอบแทน รายปี (ล้านบาท)
1	- มาตรการที่ไม่ต้องอาศัยการลงทุน - การดำเนินการก่อสร้างระบบการจัดการขยะ	23.60	3.76	0.15
2	- ค่าดำเนินการรายปีของมาตรการในปีที่ 1 - การเปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำอุ่นประหยัดพลังงาน - การเปลี่ยนมาใช้โคมไฟสะท้อนแสง - การเปลี่ยนมาใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 25%	269.44	2.11	3.59
3	- ค่าดำเนินการรายปีของมาตรการในปีที่ 1 - การเปลี่ยนมาใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 25% - การล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ	354.85	2.08	4.12
4	- ค่าดำเนินการรายปีของมาตรการในปีที่ 1 - การเปลี่ยนมาใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 25% - การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ 25%	394.98	2.11	4.37
5	- ค่าดำเนินการรายปีของมาตรการในปีที่ 1 - การเปลี่ยนมาใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 25% - การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ 25%	449.50	2.11	4.70
6	- การดำเนินการก่อสร้างระบบการรีไซเคิล และผลิต RDF-5 - ค่าดำเนินการรายปีของมาตรการในปีที่ 1 - การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ 25%	443.05	4.25	5.03
7	- ค่าดำเนินการรายปีของมาตรการในปีที่ 1 - การเปลี่ยนมาใช้หลอด LED แทนหลอด T5 - ที่หมดอายุในปีที่ 2* - การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ 25%	458.04	4.60	5.14
8	- ค่าดำเนินการรายปีของมาตรการในปีที่ 1 - การเปลี่ยนมาใช้หลอด LED แทนหลอด T5 - ที่หมดอายุในปีที่ 3*	489.52	4.28	5.33
9	- ค่าดำเนินการรายปีของมาตรการในปีที่ 1 - การเปลี่ยนมาใช้หลอด LED แทนหลอด T5 - ที่หมดอายุในปีที่ 4*	521.00	4.28	5.53
10	- ค่าดำเนินการรายปีของมาตรการในปีที่ 1 - การเปลี่ยนมาใช้หลอด LED แทนหลอด T5 - ที่หมดอายุในปีที่ 5*	552.48	4.28	5.72

ตารางที่ 4.41 แผนการลดก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา (ต่อ)

ปี	มาตรการ	ปริมาณก๊าซเรือน กระจกที่ลดได้ ($\text{tonCO}_2\text{-eq}$ /ปี)	ค่าใช้จ่าย (ล้านบาท)	ผลตอบแทน รายปี (ล้านบาท)
11	- มาตรการที่ไม่ต้องอาศัยการลงทุน	552.48	0.00	6.10
.		.	.	.
.		.	.	.
21		33.63	0.00	2.08
รวม		7,234.85	33.88	85.41

หมายเหตุ : *หลอด T5 มีอายุการใช้งานประมาณ 20,000 ชั่วโมง หรือประมาณ 5 ปี เมื่อเทียบกับระยะเวลาการใช้งานเฉลี่ยของหอพักนักศึกษา

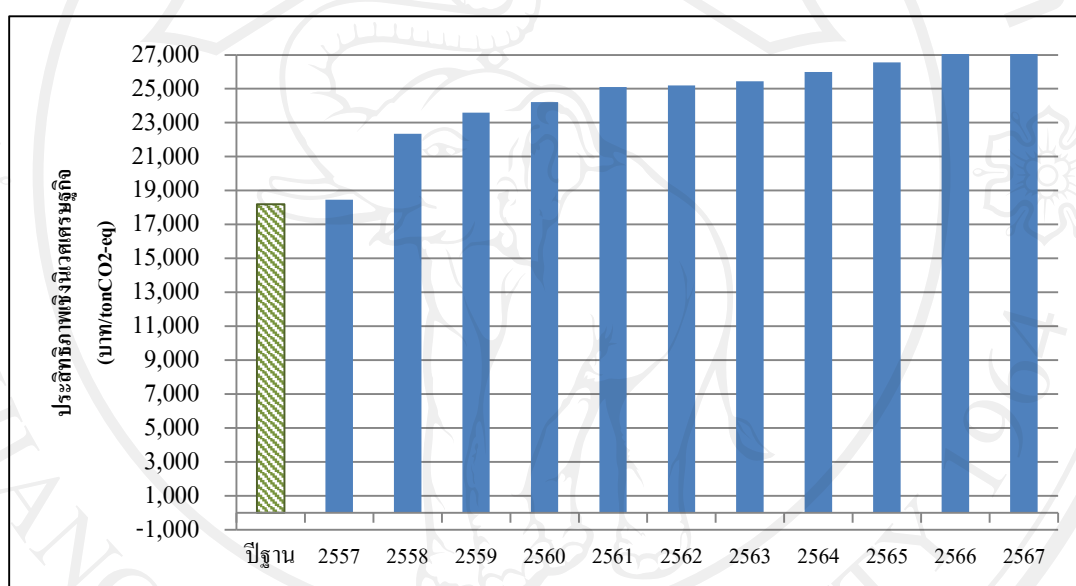
4) ติดตามและทบทวนผล

ในระหว่างการดำเนินการตามแผน คณะทำงานในแต่ละกลุ่มจะต้องประเมินผลการดำเนินงานของตน โดยทำเป็นรายงานสรุปผลการดำเนินงานส่งให้แก่คณะทำงานประสานงานกลาง จากนั้นคณะทำงานประสานงานกลางจะต้องทำการประเมินผลการดำเนินงานโดยรวมอีกครั้ง โดยจัดทำเป็นรายงานสรุปผลการดำเนินงานให้แก่ผู้บริหารทบทวนและพิจารณาต่อไปปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมต่อไป

จากแผนการลดก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในช่วงระยะเวลา 10 ปีข้างต้น สามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษาได้อย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 23.60 – 552.68 $\text{tonCO}_2\text{-eq}$ /ปี ซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานตั้งแต่ 2.08 - 4.60 ล้านบาท/ปี โดยจะมีค่าใช้จ่ายสูงในช่วงปีหลังจากการลงทุนในการเปลี่ยนมาใช้หลอด LED ซึ่งจะประหยัดค่าใช้จ่ายได้เพิ่มขึ้นทุกปีตั้งแต่ 0.15 จนถึง 5.72 ล้านบาทในปีที่ 10 ซึ่งเป็นปีสุดท้ายที่มีการดำเนินงานตามแผน แต่เนื่องจากการดำเนินการในช่วง 10 ปีดังกล่าว จึงส่งผลให้ในช่วงปีหลังคือ ปีที่ 11- 21 ยังคงสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้อย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 552.48 $\text{tonCO}_2\text{-eq}$ /ปี จนลดลงมาเหลือเพียง 33.63 $\text{tonCO}_2\text{-eq}$ /ปี ในปี 21 หรือคิดเป็นค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ตั้งแต่ 6.10 – 2.08 ล้านบาท/ปี ดังนั้นการดำเนินการตามแผนการลดก๊าซเรือนกระจกดังกล่าวสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สุทธิ 7,234.85 $\text{tonCO}_2\text{-eq}$ ด้วยเงินลงทุนรวม 33.88 ล้านบาท สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้สุทธิ 85.41 ล้านบาท โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของมาตรการทั้งหมด (NPV) อยู่ในช่วง 0.0048 – 8.95 ล้านบาท ที่อัตราผลตอบแทนการลงทุนระหว่างร้อยละ 9.91 – 83.14 ในระยะเวลากินทุน 0.50 - 6.59 ปี

4.2.9 ประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency)

จากแผนการลดก๊าซเรือนกระจกดังกล่าวข้างต้น สามารถประเมินประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ด้านเศรษฐกิจและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในรูปของมูลค่าผลิตภัณฑ์หรือการบริการที่ได้ (Value of product or service) ต่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental impact of a product or service) โดยพิจารณาให้มูลค่าผลิตภัณฑ์หรือการบริการของหอพักนักศึกษา คือ รายได้จากค่าเช่าพักที่เก็บจากนักศึกษา โดยกำหนดให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษาต่อปี ซึ่งพบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจไปตามรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 เปรียบเทียบประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ (Eco-efficiency)

เมื่อพิจารณาที่รายได้ของหอพักนักศึกษาในปีฐานมีค่าเท่ากับ 18,197.99 บาท/tonCO₂-eq-ปี และจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 4.23 ต่อปี โดยจะมีค่าเท่ากับ 27,142.06 บาท/tonCO₂-eq-ปีในปีที่ 10 หรือคิดเป็นค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 49.15 เมื่อเทียบกับปีฐาน ซึ่งแสดงว่าในปี 2567 หอพักนักศึกษาจะมีรายได้รวมสุทธิจากค่าเช่าพักและค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดลงได้เมื่อเทียบกับปีฐานเท่ากับ 27,142.06 บาท ในขณะที่ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณ 1 tonCO₂-eq ซึ่งแผนการลดก๊าซเรือนกระจกที่นำเสนออยู่นั้นนอกจากจะเป็นทางเลือกสำหรับหอพักนักศึกษาเพื่อใช้ในการประกอบการตัดสินใจในการดำเนินการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกแล้ว ยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานวิจัยอื่นๆ ที่ศึกษาถึงแนวทางลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับหอพักนักศึกษาหรือองค์กรที่มีลักษณะใกล้เคียงกันต่อไปได้ในอนาคต

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาในบทที่ 4 ซึ่งได้แบ่งการศึกษออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ การศึกษาถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และการศึกษาแนวทางและความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา จากการบริหารจัดการการใช้พลังงาน และการบริหารจัดการขยะ และการพิจารณาเลือกแนวทางที่เหมาะสมที่สุดจากต้นทุนหน่วยสุดท้ายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ โดยสามารถสรุปและวิจารณ์ผลการศึกษาได้ดังนี้

5.1 การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่

หอพักนักศึกษา ภายใต้สังกัดของสำนักงานหอพักนักศึกษา ประกอบด้วยหอพักนักศึกษาทั้งหมด 18 หอพักฯ โดยจะพิจารณาจัดหอพักนักศึกษาออกเป็น 3 กลุ่ม ตามรูปแบบและลักษณะการใช้งานของพื้นที่ใช้สอยภายในหอพักฯ ดังนี้ (1) กลุ่มหอพักฯภายในมหาวิทยาลัย ซึ่งตั้งอยู่ภายในมหาวิทยาลัย 15 หอพักฯ ประกอบด้วย หอพักนักศึกษาชายอาคาร 2-7 และหอพักนักศึกษาหญิงอาคาร 1-9 (2) หอพักฯในกำกับกลุ่ม 1 ประกอบด้วย เสิ่นพวงชมพู (หอพักสีชมพู) และเสิ่นศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ) (3) กลุ่มหอพักฯในกำกับกลุ่ม 2 ประกอบด้วย เสิ่นกาสะลอง (หอพัก 40 ปี) มีจำนวนนักศึกษาและบุคลากรรวม 8,037 คน แบ่งเป็นบุคลากรจำนวน 86 คน และนักศึกษาจำนวน 7,951 คน มีพื้นที่ใช้สอยรวม 120,499.74 ตารางเมตร แบ่งเป็นพื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศเท่ากับร้อยละ 2.04 และ 97.96 ของพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดตามลำดับ ซึ่งภายในหอพักฯ แต่ละอาคารจะมีการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ซึ่งก่อให้เกิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแยกตามขอบเขตได้ ดังนี้

- 1) ขอบเขตที่ 1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินกิจกรรมโดยตรงของหอพักนักศึกษา
 - 1.1) การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะที่หอพักนักศึกษามีอำนาจในการบริหารจัดการ
 - 1.2) การรั่วไหลของสารทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอยู่ภายในหอพักฯ
 - 1.3) การใช้ปุ๋ยและปูลงในดินภายในพื้นที่ของหอพักนักศึกษา

2) ขอบเขตที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมจากการใช้พลังงาน (Energy Indirect emissions) ประกอบด้วย กิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในพื้นที่ซึ่งอยู่ภายใต้ความดูแลของหอพักนักศึกษา

3) ขอบเขตที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมอื่นๆ (Other indirect emissions)

- 3.1) การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะที่จ้างมาสำหรับการเดินทางเพื่อทำกิจกรรมของ บุคลากรและนักศึกษา
- 3.2) การเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะสำหรับการเดินทางไปกลับของบุคลากรและนักศึกษา
- 3.3) การใช้พลังงานไฟฟ้าจากการดำเนินการ โดยองค์กรภายนอกที่เข้ามาเช่าพื้นที่ภายในหอพักนักศึกษา
- 3.4) การใช้เชื้อเพลิงหุงต้มขององค์กรภายนอกที่เข้ามาเช่าพื้นที่ภายในหอพักนักศึกษา
- 3.5) การใช้น้ำประปา
- 3.6) การใช้กระดาษสำนักงาน
- 3.7) การจัดการขยะ

ผลการประเมินพบว่า หอพักนักศึกษา มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเท่ากับ 2,316.38 tonCO_{2-eq}/ปี หรือคิดเป็น 0.288 tonCO_{2-eq}/คน-ปี โดยแบ่งออกเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มหอพักฯ ชายเท่ากับ 0.284 tonCO_{2-eq}/คน-ปี กลุ่มหอพักฯ หญิงเท่ากับ 0.235 tonCO_{2-eq}/คน-ปี ในขณะที่หอพักฯ ในกำกับ 1 มีค่าเท่ากับ 0.318 tonCO_{2-eq}/คน-ปี และหอพักฯ ในกำกับกลุ่ม 2 เท่ากับ 0.489 tonCO_{2-eq}/คน-ปี จะเห็นว่ากลุ่มหอพักฯ ในกำกับมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อคนสูงกว่า เนื่องจากการใช้งานในเครื่องใช้ไฟฟ้าและสิ่งอำนวยความสะดวกที่เพิ่มเติมเข้ามา โดย พบว่ากิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษามีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดถึงร้อยละ 54.78 ของปริมาณการปล่อยก๊าซทั้งหมด รองลงมาเป็นกิจกรรมการใช้ก๊าซหุงต้มร้อยละ 18.01 กิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยองค์กรภายนอกร้อยละ 12.26 กิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะสำหรับการเดินทางไปกลับของบุคลากรและนักศึกษาร้อยละ 11.06 และกิจกรรมอื่นๆ ที่เหลือมีสัดส่วนเพียงร้อยละ 3.89 ของปริมาณการปล่อยก๊าซทั้งหมด จะเห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นกิจกรรมหลักที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษามากที่สุด ดังนั้น จึงพิจารณาในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก โดยจะทำการศึกษาถึงแนวทางการลดการใช้พลังงานและความเป็นไปได้ในการทดแทนพลังงาน จากการประเมินศักยภาพรวมทั้งแนวทางในการลด

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และความเหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดมาตรการที่เหมาะสมสำหรับหอพักนักศึกษา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ต่อไป

5.2 การศึกษาแนวทางและความเป็นไปได้ในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

5.2.1 มาตรการลดการใช้พลังงาน

จากการตรวจวัดการใช้พลังงาน พบว่าหอพักนักศึกษา มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมเท่ากับ 2,183,056 kWh/ปี โดยมีความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมสูงสุดเท่ากับ 595.23 kW และจะมีปริมาณการใช้สูงในช่วงเวลาระหว่าง 20.00 – 23.00 น. เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ไม่มีการเรียนการสอน ประกอบกับเป็นช่วงเวลากลางคืนซึ่งนักศึกษาจะกลับเข้ามาพักอาศัย และทำกิจกรรมต่างอยู่ภายในหอพักฯ โดยมีสัดส่วนการใช้งานในระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และระบบอื่นๆ เท่ากับร้อยละ 42.24, 11.34 และ 46.42 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด

ระบบแสงสว่างมีการติดตั้งหลอดไฟทั้งหมดจำนวน 10,324 หลอด เมื่อพิจารณาที่ค่าความส่องสว่าง พบว่า มีเพียงห้องอ่านหนังสือ (ห้องพระ) ของเอื้อนศรีตรางที่มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน

สำหรับระบบปรับอากาศมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศทั้งหมดจำนวน 61 เครื่อง โดยจะมีค่าอัตราส่วนกิโลวัตต์ต่อตันความเย็นอยู่ในช่วง 4.95 – 2.95 kW/TR ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ จำนวน 28 เครื่องหรือคิดเป็นร้อยละ 45.90 ของจำนวนเครื่องปรับอากาศทั้งหมด และมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานอยู่ในช่วง 4.07 – 12.64 Btu/hr-W เนื่องจากเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่เป็นเครื่องปรับอากาศรุ่นเก่าที่มีการใช้งานมาเป็นระยะเวลานาน จึงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำความเย็นต่ำกว่ามาตรฐาน

สำหรับระบบอื่นๆ ส่วนใหญ่เกิดจากการใช้งานในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าสำนักงานที่ติดตั้งไว้ในห้องส่วนกลาง รวมทั้งอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่นักศึกษานำเข้ามาใช้ภายในห้องพักฯ ซึ่งจากข้อมูลเบื้องต้นสามารถกำหนดแนวทางที่ช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษาได้ ซึ่งจะเห็นว่าแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน ดังแสดงในตาราง

ตารางที่ 5.1 แนวทางลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการพลังงานไฟฟ้าตลอดอายุโครงการ

ลำดับ	แนวทางลดการใช้พลังงาน	ผลประโยชน์				ต้นทุน ล้าน บาท	NPV ล้าน บาท	IRR ร้อยละ	PB ปี
		พลังงานไฟฟ้า		บาท	tonCO ₂ -eq				
		kWh	MJ						
1	การลดจำนวนหลอดไฟฟ้าที่ไม่ได้ใช้งาน	1,438.24	5,177.65	0.005	0.84	-	0.005	-	-
2	ลดเวลาการใช้งานหลอดไฟบริเวณทางเดิน	12,853.28	46,271.83	0.046	7.47	-	0.43	-	-
3	การเปลี่ยนมาใช้หลอดไส้กำลังสูงเสียดำ	494,014.07	1,778,450.64	1.78	287.17	0.89	0.67	28.66	2.50
4	การเปลี่ยนมาใช้หลอดด้อยีเล็กทรอนิกส์	835,386.40	3,007,391.04	3.02	485.61	1.88	0.77	18.08	3.12
5	การเปลี่ยนมาใช้หลอด T5	1,602,836.14	5,770,210.09	5.79	931.73	2.70	2.36	32.35	2.33
6	การเปลี่ยนมาใช้หลอด LED	5,908,890.13	21,272,004.45	21.33	3,434.84	12.65	4.17	9.91	6.52
7	การเปลี่ยนมาใช้โคมไฟสะท้อนแสง	210,095.43	756,343.54	0.76	122.13	0.24	0.41	55.05	1.61
8	การปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลาปิดเครื่อง 30 นาที	16,038.88	57,739.95	0.06	9.32	-	0.05	-	-
9	การล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศทุกๆ 6 เดือน	24,756.91	89,124.89	0.09	14.39	0.05	0.03	83.53	0.54
10	การเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศชนิดประสิทธิภาพสูง	437,026.55	1,573,295.59	1.58	254.04	1.16	0.24	8.78	5.88
11	การเปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำอุ่นแบบประหยัดพลังงาน	128,103.75	461,173.50	0.46	74.47	0.08	0.29	61.10	1.62
12	การปิดหน้าจอแสดงผลคอมพิวเตอร์เมื่อไม่ใช้งาน	10,267.25	36,962.09	0.04	5.97	-	0.29	-	-

5.2.2 มาตรการทดแทนพลังงาน

จากการศึกษาแนวทางการจัดการขยะของหอพักนักศึกษา พบว่ายังคงใช้วิธีการฝังกลบเป็นหลัก โดยไม่มีการนำขยะไปใช้ประโยชน์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาถึงการนำขยะมาจัดการด้วยวิธีต่างๆ เพื่อแปรรูปให้กลายเป็นพลังงานและเชื้อเพลิงที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ โดยจากการศึกษาปริมาณและองค์ประกอบของขยะของหอพักนักศึกษาพบว่า หอพักนักศึกษามีอัตราการเกิดขยะเท่ากับ 0.937 ตันขยะ/วัน เทียบเป็นปริมาณการเกิดขยะทั้งปีเท่ากับ 220.643 ตัน/ปี จากจำนวนนักศึกษาและบุคลากรทั้งหมด 8,054 คน โดยสามารถจำแนกองค์ประกอบของขยะได้เป็น 10 ประเภท ประกอบด้วย เศษอาหาร กระดาษ พลาสติก ขวดพลาสติก ไม้ ผ้า โลหะ เซรามิก แก้ว และอื่นๆ ในสัดส่วนร้อยละ 39.15, 18.23, 8.84, 6.38, 1.98, 1.80, 1.39, 3.84 และ 3.08 ตามลำดับ ซึ่งปัจจุบันมีการจัดการขยะโดยวิธีการรีไซเคิลและการฝังกลบ ซึ่งแนวทางดังกล่าวส่งผลให้เกิดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 8.56 $\text{tonCO}_2\text{-eq}$ /ปี แต่จากปริมาณและองค์ประกอบของขยะสามารถนำไปจัดการได้มากกว่าการรีไซเคิลและการฝังกลบ โดยพิจารณาแนวทางการจัดการขยะจากวิธีการรีไซเคิล การผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพ การผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) และการฝังกลบ ซึ่งพบว่าที่ปริมาณขยะของหอพักนักศึกษา (กรณีที่ 1) สามารถผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพได้ในปริมาณ 18.14 ตัน/ปี และ 8,206.25 m^3 /ปีตามลำดับ และสามารถผลิตเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ได้ 35.39 ตัน/ปี เทียบเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ 100,865.44 kWh/ปี โดยมีต้นทุนเท่ากับ 8.35 บาท/kWh และสามารถชดเชยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สุทธิ 46.76 $\text{tonCO}_2\text{-eq}$ /ปี ในขณะที่การจัดการขยะโดยพิจารณาที่ปริมาณขยะของทั้งมหาวิทยาลัย (กรณีที่ 2) ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 881.29 ตัน/ปี สามารถผลิตปุ๋ยและก๊าซชีวภาพได้ 76.12 ตัน/ปีและ 34,436.04 m^3 /ปีตามลำดับ และเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง (RDF-5) ในปริมาณ 99.43 ตัน/ปี เทียบเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ 283,384.09 kWh/ปี ซึ่งสามารถชดเชยปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 167.38 $\text{tonCO}_2\text{-eq}$ /ปี ด้วยต้นทุนเพียง 0.066 บาท/kWh โดยใช้เงินลงทุนเริ่มต้น 3.76 ล้านบาท ด้วยมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 8.95 ล้านบาท ในอัตราผลตอบแทนการลงทุนร้อยละ 42.69 และมีระยะเวลาคืนทุนเพียง 2.05 ปี

5.3 การพิจารณาเลือกแนวทางที่เหมาะสมจากต้นทุนหน่วยสุดท้ายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจ

จากแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมจากการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ข้างต้น สามารถนำมาประเมินค่าต้นทุนหน่วยสุดท้ายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดในการตัดสินใจดำเนินการตามแนวทางที่เหมาะสม โดยสามารถเรียงลำดับแนวทางที่เหมาะสม ได้ดังนี้

- 1) การปิดหน้าจอแสดงผลคอมพิวเตอร์เมื่อไม่ใช้งาน
- 2) การลดเวลาการใช้หลอดไฟบริเวณทางเดิน
- 3) การปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลา 30 นาที
- 4) การลดจำนวนหลอดไฟที่ไม่ได้ใช้งานหรือไม่จำเป็น
- 5) การจัดการขยะกรณีที่ 2
- 6) การเปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำอุ่นประหยัดพลังงาน
- 7) การเปลี่ยนมาใช้โคมไฟสะท้อนแสง
- 8) การเปลี่ยนมาใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5
- 9) การล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ
- 10) การเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง
- 11) การเปลี่ยนมาใช้หลอด LED

จากค่าต้นทุนหน่วยสุดท้ายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในตารางสามารถนำมาพิจารณาดำเนินการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบที่ระยะเวลาแผนงาน 10 ปี โดยมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งหมดอยู่ในช่วง 2.08 – 4.60 ล้านบาทต่อปี ด้วยอัตราผลตอบแทนเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0.15 – 5.72 ล้านบาท จากนั้นประเมินค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจเทียบกับปีฐาน โดยพิจารณามูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่รายได้ของหอพักนักศึกษาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งพบว่าค่าประสิทธิภาพเชิงนิเวศเศรษฐกิจจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าเท่ากับ 27,142.06 บาท/tonCO_{2-eq}-ปี จาก 18,197.99 บาท/tonCO_{2-eq}-ปี ซึ่งการดำเนินการตามแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด จะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซได้สุทธิ 7,183,234.85 tonCO_{2-eq} โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ในช่วง 0.0048 – 8.95 ล้านบาท ที่อัตราผลตอบแทนการลงทุนระหว่างร้อยละ 9.91 – 83.14 ในระยะเวลากินทุน 0.50 - 6.59 ปี

5.4 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

- 1) ควรมีการจัดทำระบบการตรวจวัด การรายงานผลและการทวนสอบ (MRV) สำหรับแผนการลดก๊าซเรือนกระจก เพื่อแสดงถึงแนวทางการประเมินและระเบียบการตรวจวัดที่ชัดเจน
- 2) ควรมีการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษาลงจากมีการดำเนินการเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา
- 3) ควรมีการศึกษาถึงแนวทางการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานและวัสดุอื่นๆ เพิ่มเติม เพื่อเพิ่มศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกให้สูงขึ้น

บรรณานุกรม

- “การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย”. 2553. บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- “การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากการใช้พลังงานปี 2554”. 2554. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน
- จอมอัฐ สว่างวงศ์. 2553. “การวิเคราะห์พลังงานและเศรษฐศาสตร์โดยรวมต้นทุนสิ่งแวดล้อมของโรงไฟฟ้าชุมชน”. ภาควิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ทศวรรณ ใจเที่ยง. 2555. “การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์และดัชนีความยั่งยืนจากการผลิตเชื้อเพลิงขยะในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่”. ภาควิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ชนัท พูลประทีน. 2553. “การวิเคราะห์คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์”. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- นรากร วิสุทธิกาญจน์. 2550. “การศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินของศูนย์รับซื้อขยะรีไซเคิลในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล”. คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- ปรีชา ศรีประภาคาร. 2546. “การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่”. ภาควิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- วาสนา คณะวาปี. 2553. “ก้าวสู่องค์กรลดโลกร้อนก้าวไปกับ Carbon Footprint”. กลุ่มพัฒนาการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม ศูนย์อนามัยที่ 6 ขอนแก่น
- สุทธศักดิ์ เต็มเกษมสุข. 2555. “การศึกษาความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนหลอดไฟลูออเรสเซนต์ด้วยแอลอีดีในโคมไฟป้องกันการระเบิด”. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- สุรินทร์ จันทสุริยวิช. 2544. “การจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่”. ภาควิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

- องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. 2553. “The National Guideline on Carbon Footprint for Organization”. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) กรุงเทพฯ
- อำนาจ กิตติกรัญญ์. 2553. “Eco-Efficiency กลยุทธ์ผู้นำธุรกิจ Low Carbon Economy”. สำนักความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม
- อดิสร อิศรางกูร ณ อยุธยา และคณะ. 2554. “การใช้เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสำหรับประเทศไทย”. สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย
- Cynthia Klein-Banai and Thomas L. Theis (2011). “ Quantitative analysis of factors affecting greenhouse gas emissions at institutions of higher education”. University of Illinois, Chicago, USA
- Chalita Liamsanguan and Shabbir H. Gheewala (2007). “The holistic impact of integrated solid waste management on greenhouse gas emissions in Phuket”. Faculty of Industrial Technology and Management, King Mongkut’s University of Technology North Bangkok, Prachinburi, Thailand
- David Browne et al. (2009). “Use of carbon footprinting to explore alternative household waste policy scenarios in an Irish city-region”. Department of Civil, Structural and Environmental Engineering, Trinity College, Dublin (TCD), Dublin 2, Ireland
- Defra. (2010). “2010 Guidelines to Defra / DECC’s GHG Conversion Factors for Company Reporting” Department for Environment, Food and Rural Affairs, London
- ISO/PDTR 14069. (2011). “Greenhouse Gases – Quantification and reporting for GHG emissions for organizations - Guidance for the application of ISO 14064-1 (working draft 3)”. International Standard Organization, Geneva
- Janet Ranganathan et al. (2004). “The Greenhouse Gas Protocol : A Corporate Accounting and Reporting Standard” World Resources Institute, Washington, DC and World Business Council for Sustainable Development, Geneva, Switzerland
- Kofoworol O and Gheewal S. (2009). Life cycle energy assessment of a typical office building in Thailand. King Mongkut’s University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand
- S. Mühle et al. (2009). “Comparison of carbon emissions associated with municipal solid waste management in Germany and the UK”. Department of Civil and Environmental Engineering, Imperial College London, London SW7 2AZ, UK

Simon Eggleston et al. (2006). “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan
Toyota. (2550). “Eco-efficiency” [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
http://www.toyota.co.jp/en/environmental_rep/03/kankyo05.html (10 ตุลาคม 2555).

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาคผนวก ก

ข้อมูลกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของหอพักนักศึกษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ก.1 ปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะที่หอพัก นักศึกษามีอำนาจในการบริหารจัดการ

หอพักนักศึกษา	น้ำมันโซฮอลล์ (ลิตร)	น้ำมันเบนซิน (ลิตร)
สำนักงานหอพักนักศึกษา	1,796.00	-
เอื้อนสักทอง (หอพักชายอาคาร 2)	48.00	187.00
เอื้อนหอมพอลวง (หอพักชายอาคาร 3)	48.00	187.00
เอื้อนอินทนิล (หอพักชายอาคาร 4)	48.00	187.00
เอื้อนกล้วยพฤกษ์ (หอพักชายอาคาร 5)	48.00	127.00
เอื้อนจามจุรี (หอพักชายอาคาร 6)	46.00	187.00
เอื้อนชงโค (หอพักชายอาคาร 7)	46.00	187.00
เอื้อนพวงแสด (หอพักหญิงอาคาร 1)	48.00	187.00
เอื้อนลีลาวดี (หอพักหญิงอาคาร 2)	48.00	188.00
เอื้อนทองกวาว (หอพักหญิงอาคาร 3)	48.00	186.00
เอื้อนฝ้ายคำ (หอพักหญิงอาคาร 4)	48.00	186.00
เอื้อนพวงคราม (หอพักหญิงอาคาร 5)	48.00	126.00
เอื้อนเอื้องผึ้ง (หอพักหญิงอาคาร 6)	48.00	126.00
เอื้อนบัวระวงค์ (หอพักหญิงอาคาร 7)	48.00	186.00
เอื้อนดอกแก้ว (หอพักหญิงอาคาร 8)	48.00	186.00
เอื้อนบัวตอง (หอพักหญิงอาคาร 9)	48.00	186.00
เอื้อนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)	-	331.48
เอื้อนพวงชมพู (หอพักสี่ชมพู)	-	186.81
เอื้อนศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ)	-	140.13
รวม	2,512.00	3,277.42

ตารางที่ ก.2 ปริมาณการเติมสารทำความเย็นในกิจกรรมการรั่วไหลของสารทำความเย็นจาก เครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งอยู่ภายในหอพักนักศึกษา

หอพักนักศึกษา	ชนิดสารทำความเย็น	ปริมาณการเติม (kg)
เอื้อนเอื้องผึ้ง (หอพักหญิงอาคาร 6)	HCFC-22	3.75
เอื้อนพวงแสด (หอพักหญิงอาคาร 1)	HCFC-22	3.44
เอื้อนจามจุรี (หอพักชายอาคาร 6)	HCFC-22	5.53
เอื้อนกล้วยพฤกษ์ (หอพักชายอาคาร 5)	HCFC-22	3.44
เอื้อนหอมพอลวง (หอพักชายอาคาร 3)	HCFC-22	3.18
รวม		19.34

ตารางที่ ก.3 ปริมาณการใช้ปุ๋ยและปูนขาวจากกิจกรรมการใช้ปุ๋ยและปูนขาวลงในดินภายในพื้นที่ของหอพักนักศึกษา

หอพักนักศึกษา	ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0	ปุ๋ยเคมี สูตร 16-16-16	ปุ๋ยเคมี สูตร 12-24-12	ปุ๋ยคอก	ปูน ขาว
เอือนสักทอง (หอพักชายอาคาร 2)	23.33	28.33	21.67	640.00	12.67
เอือนหอมพอลวง (หอพักชายอาคาร 3)	23.33	28.33	21.67	640.00	12.67
เอือนอินทนิล (หอพักชายอาคาร 4)	23.33	28.33	21.67	640.00	12.67
เอือนกัลปพฤกษ์ (หอพักชายอาคาร 5)	23.33	28.33	21.67	640.00	12.67
เอือนจามจุรี (หอพักชายอาคาร 6)	23.33	28.33	21.67	640.00	12.67
เอือนชงโค (หอพักชายอาคาร 7)	23.33	28.33	21.67	640.00	12.67
เอือนพวงแสด (หอพักหญิงอาคาร 1)	23.33	28.33	21.67	640.00	12.67
เอือนลีลาวดี (หอพักหญิงอาคาร 2)	23.33	28.33	21.67	640.00	12.67
เอือนทองกวาว (หอพักหญิงอาคาร 3)	23.33	28.33	21.67	640.00	12.67
เอือนฝ้ายคำ (หอพักหญิงอาคาร 4)	23.33	28.33	21.67	640.00	12.67
เอือนพวงคราม (หอพักหญิงอาคาร 5)	23.33	28.33	21.67	640.00	12.67
เอือนเอื้องผึ้ง (หอพักหญิงอาคาร 6)	23.33	28.33	21.67	640.00	12.67
เอือนบัวระวงค์ (หอพักหญิงอาคาร 7)	23.33	28.33	21.67	640.00	12.67
เอือนดอกแก้ว (หอพักหญิงอาคาร 8)	23.33	28.33	21.67	640.00	12.67
เอือนบัวตอง (หอพักหญิงอาคาร 9)	23.33	28.33	21.67	640.00	12.67
เอือนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)	82.06	-	-	-	-
เอือนพวงชมพู (หอพักสี่ชมพู)	82.06	-	-	-	-
เอือนศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ)	395.88	-	-	-	-
รวม	910.00	425.00	325.00	9,600.00	190.00

ตารางที่ ก.4 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในพื้นที่ซึ่งอยู่ภายใต้ความดูแลของหอพักนักศึกษา

หอพักนักศึกษา	จำนวนกระแสไฟฟ้า (kWh)												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
หอพักชายอาคาร 2 (เอื้อนสักทอง)	6,784	8,501	6,132	302	384	5,010	8,982	10,725	10,161	11,409	6,473	8,723	83,586
หอพักชายอาคาร 3 (เอื้อนหอมพอลวง)	7,467	11,345	7,486	8,928	8,843	10,041	13,325	8,377	18,225	10,112	8,501	9,226	121,876
หอพักชายอาคาร 4 (เอื้อนอินทนิล)	1,527	2,028	2,042	593	743	1,284	2,598	4,319	4,374	3,564	2,123	3,341	28,536
หอพักชายอาคาร 5 (เอื้อนกัลปพฤกษ์)	11,203	10,361	6,391	5,294	5,632	10,481	10,661	13,501	12,947	12,950	9,701	11,369	120,491
หอพักชายอาคาร 6 (เอื้อนจามจุรี)	11,210	13,626	9,500	4,050	4,000	12,889	16,237	16,957	18,126	15,278	10,856	13,652	146,381
หอพักชายอาคาร 7 (เอื้อนชงโค)	5,390	7,243	6,900	695	2,390	5,184	7,252	8,439	7,851	8,675	4,589	6,051	70,659
หอพักหญิงอาคาร 1 (เอื้อนพวงแสด)	11,291	13,567	6,840	1,520	1,360	12,982	12,293	20,346	21,067	10,805	10,869	13,078	136,018
หอพักหญิงอาคาร 2 (เอื้อนลีลาวดี)	11,668	8,603	5,160	780	720	10,436	16,318	13,681	14,696	11,889	11,030	12,838	117,819
หอพักหญิงอาคาร 3 (เอื้อนทองกวาว)	4,619	2,898	2,340	780	720	3,540	8,054	7,532	5,227	9,496	2,767	4,012	51,985
หอพักหญิงอาคาร 4 (เอื้อนฝ้ายคำ)	5,539	6,787	4,200	1,360	200	8,332	12,899	11,371	7,723	8,894	5,808	7,027	80,140
หอพักหญิงอาคาร 5 (เอื้อนพวงคราม)	2,303	2,051	1,640	1,356	1,828	3,172	4,232	2,992	4,664	3,883	2,490	2,559	33,170
หอพักหญิงอาคาร 6 (เอื้อนเอื้องผึ้ง)	10,116	11,916	6,960	1,500	1,560	11,313	14,429	14,809	15,612	13,586	9,753	12,010	123,564
หอพักหญิงอาคาร 7 (เอื้อนบัวระวงค์)	6,585	6,309	4,200	5,930	6,992	7,597	10,192	7,698	10,997	7,229	6,833	7,614	88,176
หอพักหญิงอาคาร 8 (เอื้อนดอกแก้ว)	12,341	14,194	9,060	6,270	4,560	13,242	18,072	17,196	18,127	16,382	10,862	13,237	153,543
หอพักหญิงอาคาร 9 (เอื้อนบัวตอง)	10,355	12,333	7,440	2,560	1,160	11,321	16,195	15,894	16,204	14,576	9,534	11,940	129,512
หอพัก 40 ปี (เอื้อนกาสะลอง)	34,560	38,720	27,840	26,560	32,640	33,920	44,160	42,880	41,280	47,040	32,640	34,560	436,800
หอพักสีชมพู (เอื้อนพวงชมพู)	15,160	16,280	10,800	9,200	9,720	10,040	11,960	9,560	10,280	11,040	9,520	9,400	132,960
หอพักแม่เหิยะ (เอื้อนศรีตรัง)	10,560	10,240	8,480	8,960	5,760	11,200	12,000	12,960	12,640	12,960	10,080	12,000	127,840
	178,678	197,002	133,411	86,638	89,212	181,984	239,859	239,237	250,201	229,768	164,429	192,637	2,183,056

ตารางที่ ก.5 ปริมาณน้ำมันที่ใช้ในกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะที่จ้างเหมาสำหรับการเดินทางเพื่อทำกิจกรรมของบุคลากรและนักศึกษา

เดือน	ต้นทาง	ปลายทาง	จำนวน เที่ยว	ระยะทาง (กิโลเมตร /เที่ยว)	ระยะทาง รวม (กิโลเมตร)	ลิตร
ก.ย.	เขื่อนบัวตอง	ທຸດຄສດານແມ່ຣິມ	2	15	30.00	2.70
	ທຸດຄສດານແມ່ຣິມ	ເຂື່ອນບຳຕອງ	2	15	30.00	2.70
ม.ค.	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	บ้านแม่จัมกน้อย ต.บ้านทับ อ.แม่ แจ่ม เชียงใหม่	8	161	1,288.00	115.92
	บ้านแม่จัมกน้อย ต. บ้านทับ อ.แม่แจ่ม เชียงใหม่	มหาวิทยาลัยเชียง ใหม่	8	161	1,288.00	115.92
รวม					2,636.00	237.24

ตารางที่ ก.6 ปริมาณการใช้น้ำมันในกิจกรรมการเผาไหม้เชื้อเพลิงในยานพาหนะสำหรับการเดินทางไปกลับของบุคลากรและนักศึกษา

ยานพาหนะ	ชนิดเชื้อเพลิง	ระยะทาง (km/ปี)	อัตราการ สิ้นเปลือง (km/L)	ปริมาณ น้ำมัน (ลิตร)
รถจักรยานยนต์	น้ำมันเบนซิน รถจักรยานยนต์ 4 จังหวะเฉลี่ย ทุกขนาด	1,985,143.03	37.64	52,740.25
รถยนต์	น้ำมันเบนซิน รถยนต์ขนาดเล็ก (1500cc)	254,452.49	17.77	14,319.21
	น้ำมันเบนซิน รถยนต์ขนาดเล็ก (1600cc)	43,381.76		2,846.95
	น้ำมันเบนซิน รถยนต์ขนาดกลาง (1800cc)	5,371.62	13.796	389.36
	น้ำมันเบนซิน รถยนต์ขนาดใหญ่ (2000cc)	17,471.04	12.248	1,426.44
	CNG รถ NGV	33,573.36		3,637.59
	LPG รถ LPG	880.96	8.929	98.66
	น้ำมันดีเซล	162,559.90	11.111	14,630.53
รถ 4 ล้อแดง	น้ำมันดีเซล	655,258.30	11.111	5,897.38
รถไฟฟ้า	ไฟฟ้า	799,429.22	-	1,825.00
รวม		3,957,521.68		97,811.38

ตารางที่ ก.7 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและก๊าซหุงต้มในกิจกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าและก๊าซหุงต้มจากการดำเนินการโดยองค์กรภายนอกที่เข้ามาเช่าพื้นที่ภายในหอพักนักศึกษา

หอพักนักศึกษา	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kWh/ปี)	ก๊าซหุงต้ม (kg/ปี)
เอื้อนสักทอง (หอพักชายอาคาร 2)	997.00	9,803.17
เอื้อนหอมพอลวง (หอพักชายอาคาร 3)	13,844.00	11,861.08
เอื้อนอินทนิล (หอพักชายอาคาร 4)	43,834.00	9,803.17
เอื้อนกัลปพฤกษ์ (หอพักชายอาคาร 5)	13,440.00	11,861.08
เอื้อนจามจุรี (หอพักชายอาคาร 6)	12,158.00	9,803.17
เอื้อนชงโค (หอพักชายอาคาร 7)	3,541.00	9,803.17
เอื้อนพวงแสด (หอพักหญิงอาคาร 1)	14,022.00	6,816.68
เอื้อนลีลาวดี (หอพักหญิงอาคาร 2)	17,533.00	6,816.68
เอื้อนทองกวาว (หอพักหญิงอาคาร 3)	6,382.00	6,816.68
เอื้อนฝ้ายคำ (หอพักหญิงอาคาร 4)	13,407.00	6,816.68
เอื้อนพวงคราม (หอพักหญิงอาคาร 5)	2,466.00	8,247.66
เอื้อนเอื้องผึ้ง (หอพักหญิงอาคาร 6)	9,260.00	6,816.68
เอื้อนบัวระวงค์ (หอพักหญิงอาคาร 7)	9,731.00	8,247.66
เอื้อนดอกแก้ว (หอพักหญิงอาคาร 8)	20,722.00	-
เอื้อนบัวตอง (หอพักหญิงอาคาร 9)	9,408.00	6,816.68
เอื้อนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)	282,599.67	6,816.68
เอื้อนพวงชมพู (หอพักสีชมพู)	15,338.00	6,816.68
เอื้อนศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ)	-	-
รวม	488,682.67	133,963.58

ตารางที่ ก.8 ปริมาณการใช้น้ำประปาในกิจกรรมการใช้น้ำประปา

หอพักนักศึกษา	ปริมาณการใช้น้ำประปา (m ³ /ปี)
เอื้อนสักทอง (หอพักชายอาคาร 2)	24,358.00
เอื้อนหอมพอลวง (หอพักชายอาคาร 3)	49,899.00
เอื้อนอินทนิล (หอพักชายอาคาร 4)	39,666.00
เอื้อนกัลปพฤกษ์ (หอพักชายอาคาร 5)	39,365.00
เอื้อนจามจุรี (หอพักชายอาคาร 6)	24,465.00
เอื้อนชงโค (หอพักชายอาคาร 7)	6,634.00
เอื้อนพวงแสด (หอพักหญิงอาคาร 1)	27,385.00
เอื้อนลีลาวดี (หอพักหญิงอาคาร 2)	23,092.00

ตารางที่ ก.8 ปริมาณการใช้น้ำประปาในกิจกรรมการใช้น้ำประปา (ต่อ)

หอพักนักศึกษา	ปริมาณการใช้น้ำประปา (ม ³ /ปี)
เอือนทองกวาว (หอพักหญิงอาคาร 3)	29,846.00
เอือนฝ้ายคำ (หอพักหญิงอาคาร 4)	24,854.00
เอือนพวงคราม (หอพักหญิงอาคาร 5)	26,972.00
เอือนเอื้องผึ้ง (หอพักหญิงอาคาร 6)	34,942.00
เอือนบัวระวงค์ (หอพักหญิงอาคาร 7)	23,978.00
เอือนดอกแก้ว (หอพักหญิงอาคาร 8)	29,877.00
เอือนบัวตอง (หอพักหญิงอาคาร 9)	28,141.00
เอือนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)	85,570.00
เอือนพวงชมพู (หอพักสีชมพู)	45,457.00
เอือนศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ)	11,868.00
รวม	576,369.00

ตารางที่ ก.9 ปริมาณการใช้กระดาษในกิจกรรมการใช้กระดาษสำนักงาน

หอพักนักศึกษา	ปริมาณการใช้กระดาษ (kg/ปี)
เอือนสักทอง (หอพักชายอาคาร 2)	74.26
เอือนหอมพอลวง (หอพักชายอาคาร 3)	74.26
เอือนอินทนิล (หอพักชายอาคาร 4)	74.26
เอือนกัลปพฤกษ์ (หอพักชายอาคาร 5)	74.26
เอือนจามจุรี (หอพักชายอาคาร 6)	74.26
เอือนชงโค (หอพักชายอาคาร 7)	74.26
เอือนพวงแสด (หอพักหญิงอาคาร 1)	74.26
เอือนลีลาวดี (หอพักหญิงอาคาร 2)	74.26
เอือนทองกวาว (หอพักหญิงอาคาร 3)	74.26
เอือนฝ้ายคำ (หอพักหญิงอาคาร 4)	74.26
เอือนพวงคราม (หอพักหญิงอาคาร 5)	74.26
เอือนเอื้องผึ้ง (หอพักหญิงอาคาร 6)	74.26
เอือนบัวระวงค์ (หอพักหญิงอาคาร 7)	74.26
เอือนดอกแก้ว (หอพักหญิงอาคาร 8)	74.26
เอือนบัวตอง (หอพักหญิงอาคาร 9)	74.26
เอือนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)	96.16
เอือนพวงชมพู (หอพักสีชมพู)	86.37

ตารางที่ ก.9 ปริมาณการใช้กระดาษในกิจกรรมการใช้กระดาษสำนักงาน (ต่อ)

หอพักนักศึกษา	ปริมาณการใช้กระดาษ (kg/ปี)
เรือนศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ)	264.42
รวม	1,560.82

ตารางที่ ก.10 ปริมาณการใช้พลังงานและวัสดุในกิจกรรมการจัดการขยะ

ขั้นตอนการจัดการขยะ	รายการ	หน่วย	กรณีศึกษา	
			หอพักนักศึกษา	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
การรวบรวมขยะ	ถุงดำพลาสติก	Kg/ปี	882.57	3,525.18
การคัดแยกขยะ	น้ำมันดีเซล	L/ปี	65.50	261.63
การขนส่งขยะ	น้ำมันดีเซล	L/ปี	1,160.09	4,567.35
การฝังกลบ	น้ำมันดีเซล	L/ปี	45.98	179.97
	ปริมาณขยะฝังกลบ	ton/ปี	154.89	606.01
การรีไซเคิลขยะ	ไฟฟ้า	kWh/ปี	488.09	1,808.14
	น้ำมันหล่อลื่น	L/ปี	4.28	17.09
	ปริมาณขยะรีไซเคิล	ton/ปี	65.75	275.08



ภาคผนวก ข

การใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

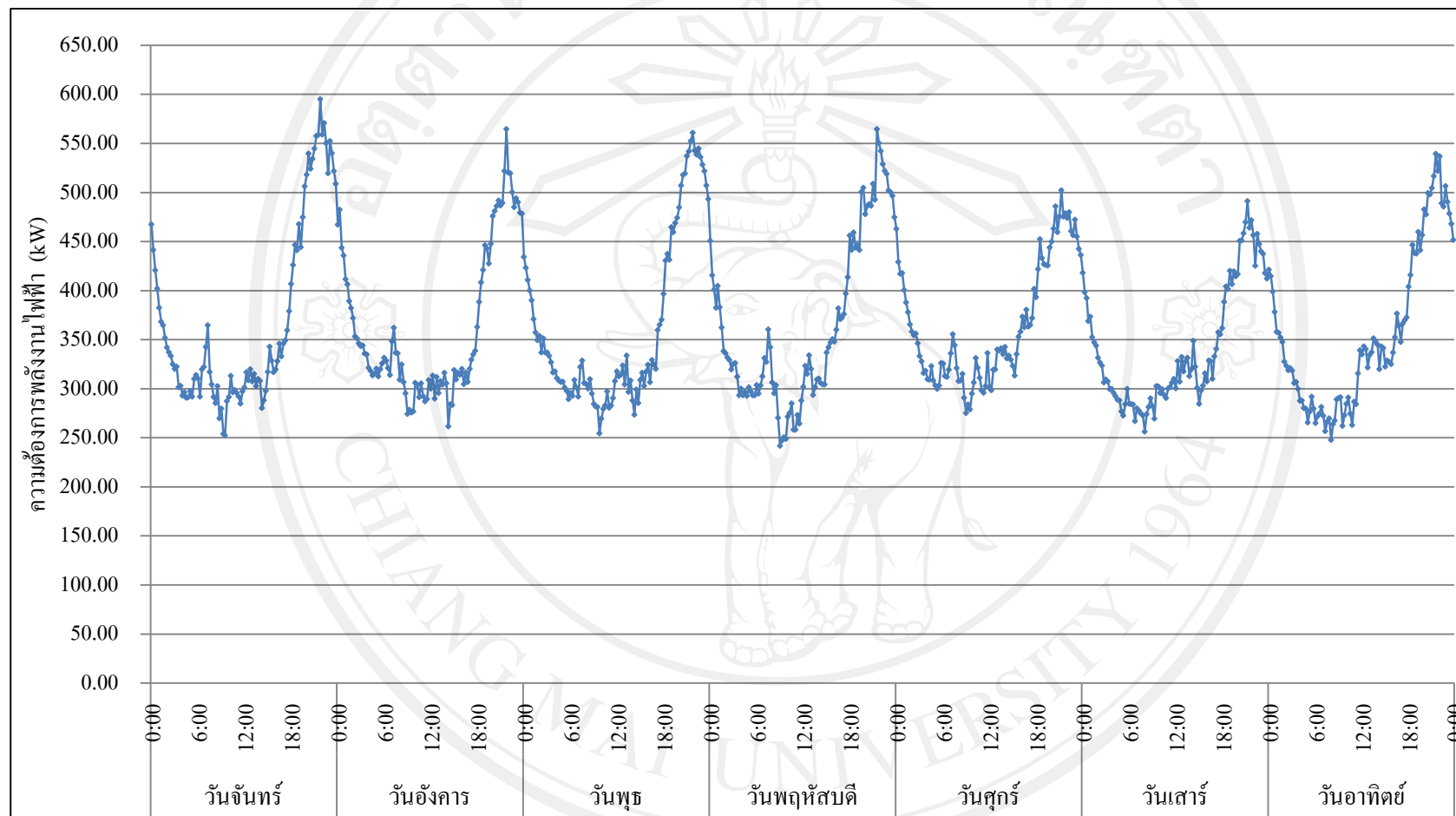
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อมูลทั่วไป

หอพักนักศึกษาทั้งหมด 18 หอพักฯ มีการติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าจำนวน 11 ลูก รวม 2,915 kVA ซึ่งมีการใช้งานร่วมกันในหลายอาคาร โดยแสดงรายละเอียดตามตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 รายละเอียดการติดตั้งระบบส่งจ่ายไฟฟ้าของหอพักนักศึกษา

ที่	หอพักนักศึกษา/อาคารอื่นๆ	หม้อแปลง (kVA)	ประเภทหม้อแปลง	การส่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า	
				แรงดันสูง (kV)	แรงดันต่ำ (V)
1	เขื่อนล็กทอง (หอพักนักศึกษาชาย 2)	100	Oil Immersed Self Cooled	22	400/230
	เขื่อนชงโค (หอพักนักศึกษาชาย 7)				
	หมู่บ้านร่มสัก				
	ตลาดร่มสัก				
2	เขื่อนจอมพอลวง (หอพักนักศึกษาชาย 3)	315	Oil Immersed Self Cooled	22	400/230
	เขื่อนฝ้ายคำ (หอพักนักศึกษาหญิง 4)				
	เขื่อนกล้วยฤกษ์ (หอพักนักศึกษาชาย 5)				
3	เขื่อนอินทนิล (หอพักนักศึกษาชาย 4)	100	Oil Immersed Self Cooled	22	400/230
	เขื่อนเอื้องผึ้ง (หอพักนักศึกษาหญิง 6)				
	เขื่อนจามจุรี (หอพักนักศึกษาชาย 6)				
4	เขื่อนพวงแสด (หอพักนักศึกษาหญิง 1)	200	Oil Immersed Self Cooled	22	400/230
	ร้านสโมสรข้าราชการ				
	สนามเทนนิส				
	ไฟฟ้าถนน				
5	เขื่อนลีลาวดี (หอพักนักศึกษาหญิง 2)	250	Oil Immersed Self Cooled	22	400/230
	เขื่อนทองกวาว (หอพักนักศึกษาหญิง 3)				
	บ้านรับรองไฟลัอม				
	ไฟฟ้าถนน				
6	เขื่อนพวงคราม (หอพักนักศึกษาหญิง 5)	100	Oil Immersed Self Cooled	22	400/230
	เขื่อนบัวระวงค์ (หอพักนักศึกษาหญิง 7)				
7	เขื่อนดอกแก้ว (หอพักนักศึกษาหญิง 8)	100	Oil Immersed Self Cooled	22	400/230
8	เขื่อนบัวตอง (หอพักนักศึกษาหญิง 9)	100	Oil Immersed Self Cooled	22	400/230
	แฟลตสุเทพ อ.8				
9	เขื่อนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)	1000	Oil Immersed Self Cooled	22	400/230
10	เขื่อนพวงชมพู (หอพักสีชมพู)	250	Oil Immersed Self Cooled	22	400/230
11	เขื่อนศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ)	400	Oil Immersed Self Cooled	22	400/230



รูปที่ ข.1 ลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอพักนักศึกษารวมในรอบ 1 สัปดาห์

ลักษณะการใช้งานของห้องประเภทต่างๆ ภายในหอพักนักศึกษาแยกตามระบบ

1. ระบบแสงสว่างและระบบอื่นๆ

1) ห้องธุรการ

- หอพักนักศึกษาชายใช้งานในระหว่างช่วงเวลา 08.00 – 24.00 น.
- หอพักนักศึกษาหญิงใช้งานในระหว่างช่วงเวลา 08.00 – 22.00 น.
- หอพักในกำกับใช้งานในระหว่างช่วงเวลา 08.30 - 16.30 น

2) ห้องคอมพิวเตอร์

- หอพักนักศึกษาชายและหญิงใช้งานในระหว่างช่วงเวลา 09.00 – 22.00 น.
- เอื้อนพวงชมพูใช้งานในระหว่างช่วงเวลา 08.30 - 16.30 น.
- เอื้อนศรีตรังใช้งานในระหว่างช่วงเวลา 08.30 - 24.00 น.
- หอพักในกำกับกลุ่ม 2 เปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง

3) ห้องคาราโอเกะ

- หอพักนักศึกษาชายและหญิงใช้งานในระหว่างช่วงเวลา 16.00 – 22.00 น.

4) ห้องอ่านหนังสือและดูทีวี

- หอพักนักศึกษาชายและหญิงใช้งานในระหว่างช่วงเวลา 12.00 – 24.00 น.
- หอพักในกำกับ ใช้งานในระหว่างช่วงเวลา 12.00 – 24.00 น.

5) ห้องอาหาร

- หอพักนักศึกษาชายใช้งานในระหว่างช่วงเวลา 06.00 – 22.00 น.
- หอพักนักศึกษาหญิงใช้งานในระหว่างช่วงเวลา 06.00 – 20.00 น.
- หอพักในกำกับ ใช้งานในระหว่างช่วงเวลา 06.00 – 18.00 น.

6) ทางเดินและบริเวณโดยรอบหอพักนักศึกษา

- หอพักนักศึกษาทุกอาคารได้เปิดใช้งานระบบแสงสว่างในเวลา 17.00 – 08.00 น.

7) ห้องพักนักศึกษา

ตั้งสมมติฐานพฤติกรรมการใช้งานงานอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ภายในห้องพักของนักศึกษา เป็น 2 ช่วง คือในช่วงเวลาเช้า ระหว่างเวลา 7.30 – 8.00 น. และในช่วงเวลาเย็นถึงกลางคืนระหว่างเวลา 17.00 – 24.00 น. โดยพิจารณาช่วงเวลาที่ไม่มีภาระเรียนการสอนของนักศึกษา (การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2546)

2. ระบบปรับอากาศ

1) ห้องธุรการ

- หอพักในกำกับกลุ่ม 1 ใช้งานในระหว่างช่วงเวลา 13.00 - 16.30 น.
- หอพักในกำกับกลุ่ม 2 ใช้งานในระหว่างช่วงเวลา 12.00 - 16.00 น.

2) ห้องคอมพิวเตอร์

- หอพักนักศึกษาชายและหญิงใช้งานในระหว่างช่วงเวลา 12.00 – 22.00 น.
- หอพักในกำกับกลุ่ม 1 ใช้งานในระหว่างช่วงเวลา 08.30 - 16.30 น.
- หอพักในกำกับกลุ่ม 2 เปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง

3) ห้องคาราโอเกะ

- หอพักนักศึกษาชายและหญิงใช้งานในระหว่างช่วงเวลา 16.00 – 22.00 น.

ตารางที่ ข.2 คำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่เฉลี่ยและสัดส่วนการใช้พลังงาน

หอพักนักศึกษา	ดัชนีการใช้พลังงาน (kWh/ m ² ปี)	สัดส่วนการใช้พลังงาน								
		ระบบแสงสว่าง			ระบบปรับอากาศ			ระบบอื่นๆ		
		ส่วนกลาง	ห้องพักฯ	รวม	ส่วนกลาง	ห้องพักฯ	รวม	ส่วนกลาง	ห้องพักฯ	รวม
เสียนสักทอง (หอพักชายอาคาร 2)	12.01	26,066.99	7,852.14	33,919.13	13,775.57	-	13,775.57	15,448.27	20,443.03	35,891.31
เสียนหอมพอลวง (หอพักชายอาคาร 3)	20.25	36,553.50	9,985.50	46,539.00	13,746.39	-	13,746.39	16,422.70	45,167.91	61,590.61
เสียนอินทนิล (หอพักชายอาคาร 4)	5.04	7,737.14	6,779.25	14,516.39	3,376.66	-	3,376.66	7,009.02	3,633.93	10,642.95
เสียนกล้วยฤทธิ์ (หอพักชายอาคาร 5)	19.08	47,327.40	18,373.32	65,700.72	19,841.66	-	19,841.66	21,032.72	13,915.89	34,948.62
เสียนจามจุรี (หอพักชายอาคาร 6)	23.18	51,782.34	15,185.52	66,967.86	18,707.85	-	18,707.85	16,124.24	41,285.51	57,409.75
เสียนชงโค (หอพักชายอาคาร 7)	28.46	16,756.09	18,537.02	35,293.11	5,830.91	-	5,830.91	13,605.28	15,929.69	29,534.97
เสียนพวงแสด (หอพักหญิงอาคาร 1)	19.31	37,375.04	14,010.45	51,385.49	17,002.75	-	17,002.75	16,040.98	51,588.78	67,629.76
เสียนลีลาวดี (หอพักหญิงอาคาร 2)	17.83	36,232.14	13,648.89	49,881.03	14,770.51	-	14,770.51	18,955.59	28,236.44	47,192.03
เสียนทองกวาว (หอพักหญิงอาคาร 3)	7.50	21,637.46	9,628.50	31,265.96	7,220.75	-	7,220.75	11,106.36	2,391.93	13,498.29
เสียนฝ้ายคำ (หอพักหญิงอาคาร 4)	13.32	31,162.40	13,558.50	44,720.90	10,883.48	-	10,883.48	13,665.11	10,870.51	24,535.62
เสียนพวงคราม (หอพักหญิงอาคาร 5)	5.86	8,249.67	8,202.38	16,452.04	6,378.17	-	6,378.17	8,471.72	1,868.07	10,339.79
เสียนเอื้องผึ้ง (หอพักหญิงอาคาร 6)	21.84	39,836.87	13,468.11	53,304.98	17,002.75	-	17,002.75	16,613.03	36,643.23	53,256.27
เสียนบัวระแว้ง (หอพักหญิงอาคาร 7)	13.96	25,392.93	17,060.94	42,453.87	17,140.82	-	17,140.82	19,572.65	9,008.66	28,581.30
เสียนดอกแก้ว (หอพักหญิงอาคาร 8)	21.54	39,751.85	13,016.16	52,768.01	13,684.78	-	13,684.78	16,495.53	70,594.68	87,090.21
เสียนบัวตอง (หอพักหญิงอาคาร 9)	20.50	45,809.94	14,100.84	59,910.78	19,748.51	-	19,748.51	21,335.67	28,517.04	49,852.70
เสียนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)	26.69	76,179.66	64,491.34	140,670.99	16,573.71	-	16,573.71	56,662.23	213,800.91	270,463.15
เสียนพวงชมพู (หอพักสีชมพู)	18.92	33,087.80	24,422.57	57,510.37	5,609.63	-	5,609.63	24,271.73	41,941.99	66,213.72
เสียนศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ)	22.52	33,412.07	25,372.36	58,784.43	1,125.03	-	1,125.03	55,867.79	8,902.94	64,770.74
รวม	18.12	614,351.28	307,693.78	922,045.06	222,419.95	-	222,419.95	368,700.64	644,741.15	1,013,441.79

ตารางที่ ข.3 ขนาดและชนิดของหลอดไฟที่มีการใช้งานของหอพักนักศึกษาแต่ละอาคาร

หอพักนักศึกษา	ชนิดหลอดไฟฟ้า	ชนิด	ขนาดหลอด	กำลังสูญเสีย	หลอด	การติดตั้ง	ชนิดฝา	ชนิดผิว	จำนวน	จำนวน
		บัลลาสต์	(W)	บัลลาสต์	ต่อโคม		ครอบโคม	สะท้อนแสง	(โคม)	หลอดไฟ
เอื้อนสักทอง (หอพักชายอาคาร 2)	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	101	101
	ฟลูออเรสเซนต์วงกลม	แกนเหล็ก	32	10	1	ติดเพดาน	ขาวขุ่น	ธรรมดา	10	10
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	สะท้อนแสง	19	38
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	152	152
เอื้อนหอมพอลวง (หอพักชายอาคาร 3)	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	238	238
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	1	2
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	76	76
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	แขวน	ตะแกรง	ธรรมดา	6	6
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	แขวน	เปิดโล่ง	สะท้อนแสง	1	1
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	53	53
เอื้อนอินทนิล (หอพักชายอาคาร 4)	คอมแพคฟลูออเรสเซนต์	ไม่มีบัลลาสต์	8	0	1	ฝังฝ้า	เปิดโล่ง	ธรรมดา	8	8
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	สะท้อนแสง	26	26
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	สะท้อนแสง	4	8
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	23	23
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	สะท้อนแสง	100	100
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	224	224
เอื้อนกล้วยพฤกษ์ (หอพักชายอาคาร 5)	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	131	131
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	10	20
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	262	262
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	69	69

ตารางที่ ข.3 ขนาดและชนิดของหลอดไฟที่มีการใช้งานของหอพักนักศึกษาแต่ละอาคาร(ต่อ)

หอพักนักศึกษา	ชนิดหลอดไฟฟ้า	ชนิด	ขนาดหลอด	กำลังสูญเสีย	หลอด	การติดตั้ง	ชนิดฝา	ชนิดผิว	จำนวน	จำนวน
		บัลลาสต์	(W)	บัลลาสต์	ต่อโคม		ครอบโคม	สะท้อนแสง	(โคม)	หลอดไฟ
เอือนจามจุรี (หอพักชายอาคาร 6)	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ฝังฝ้า	ตะแกรง	สะท้อนแสง	10	20
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดผนัง	เปิดโล่ง	ธรรมดา	8	16
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	355	355
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ฝังฝ้า	ตะแกรง	สะท้อนแสง	6	6
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	110	110
เอือนชงโค (หอพักชายอาคาร 7)	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	2	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	96	192
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	5	10
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	156	156
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	33	33
เอือนพวงแสด (หอพักหญิงอาคาร 1)	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	1	1
	ฟลูออเรสเซนต์วงกลม	แกนเหล็ก	32	10	1	ติดเพดาน	ขาวขุ่น	ธรรมดา	8	8
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	4	8
เอือนพวงแสด (หอพักหญิงอาคาร 1)	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	302	302
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	53	53
เอือนลีลาวดี (หอพักหญิงอาคาร 2)	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	3	3
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	สะท้อนแสง	59	59
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	ตะแกรง	ธรรมดา	2	4
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	15	30
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	3	3
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	ตะแกรง	ธรรมดา	4	4

ตารางที่ ข.3 ขนาดและชนิดของหลอดไฟที่มีการใช้งานของหอพักนักศึกษาแต่ละอาคาร(ต่อ)

หอพักนักศึกษา	ชนิดหลอดไฟฟ้า	ชนิด	ขนาดหลอด	กำลังสูญเสีย	หลอด	การติดตั้ง	ชนิดฝา	ชนิดผิว	จำนวน	จำนวน
		บัลลาสต์	(W)	บัลลาสต์	ต่อโคม		ครอบโคม	สะท้อนแสง	(โคม)	หลอดไฟ
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	สะท้อนแสง	46	46
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	249	249
เรือนทองกวาว (หอพักหญิงอาคาร 3)	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	250	250
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	6	12
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	ตะแกรง	ธรรมดา	10	20
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ฝังฝ้า	ตะแกรง	สะท้อนแสง	4	8
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	122	122
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	49	49
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ฝังฝ้า	ตะแกรง	สะท้อนแสง	2	2
เรือนฝ้ายคำ (หอพักหญิงอาคาร 4)	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	6	12
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	330	330
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	28	28
เรือนพวงคราม (หอพักหญิงอาคาร 5)	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	127	127
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	33	66
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	172	172
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	59	59
เรือนเอื้องผึ้ง (หอพักหญิงอาคาร 6)	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	3	3
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	สะท้อนแสง	20	20
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	197	197
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	สะท้อนแสง	158	158

ตารางที่ ข.3 ขนาดและชนิดของหลอดไฟที่มีการใช้งานของหอพักนักศึกษาแต่ละอาคาร(ต่อ)

หอพักนักศึกษา	ชนิดหลอดไฟฟ้า	ชนิด	ขนาดหลอด	กำลังสูญเสีย	หลอด	การติดตั้ง	ชนิดฝา	ชนิดผิว	จำนวน	จำนวน
		บัลลาสต์	(W)	บัลลาสต์	ต่อโคม		ครอบโคม	สะท้อนแสง	(โคม)	หลอดไฟ
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	แขวน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	16	16
เรือนบัวระวงค์ (หอพักหญิงอาคาร 7)	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดผนัง	เปิดโล่ง	ธรรมดา	1	1
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	17	34
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	320	320
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	แขวน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	56	56
เรือนดอกแก้ว (หอพักหญิงอาคาร 8)	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	2	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	36	72
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	1	1
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	4	8
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	320	320
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	14	14
เรือนบัวตอง (หอพักหญิงอาคาร 9)	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	3	3
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	305	305
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	114	114
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ฝังฝ้า	ตะแกรง	สะท้อนแสง	4	4
เรือนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)	คอมแพคฟลูออเรสเซนต์	ไม่มีบัลลาสต์	11	0	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	1010	1010
	คอมแพคฟลูออเรสเซนต์	ไม่มีบัลลาสต์	11	0	1	ฝังฝ้า	เปิดโล่ง	สะท้อนแสง	31	31
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดเพดาน	ใส	ธรรมดา	1008	1008
	ฟลูออเรสเซนต์วงกลม	แกนเหล็ก	32	10	1	ติดเพดาน	ใส	ธรรมดา	32	32
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	ใส	ธรรมดา	56	112

ตารางที่ ข.3 ขนาดและชนิดของหลอดไฟที่มีการใช้งานของหอพักนักศึกษาแต่ละอาคาร(ต่อ)

หอพักนักศึกษา	ชนิดหลอดไฟฟ้า	ชนิด	ขนาดหลอด	กำลังสูญเสีย	หลอด	การติดตั้ง	ชนิดฝา	ชนิดผิว	จำนวน	จำนวน
		บัลลาสต์	(W)	บัลลาสต์	ต่อโคม		ครอบโคม	สะท้อนแสง	(โคม)	หลอดไฟ
เรือนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	14	28
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ฝังฝ้า	ตะแกรง	สะท้อนแสง	29	58
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	ใส	ธรรมดา	121	121
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	199	199
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ฝังฝ้า	ตะแกรง	สะท้อนแสง	4	4
	หลอดอินแคนเดสเซนต์	ไม่มีบัลลาสต์	40	0	1	ติดเพดาน	ขาวขุ่น	ธรรมดา	13	0
เรือนพวงชมพู (หอพักสีชมพู)	คอมแพคฟลูออเรสเซนต์	ไม่มีบัลลาสต์	11	0	1	ติดผนัง	ใส	ธรรมดา	2	2
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	2	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	168	336
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	2	ติดเพดาน	ขาวขุ่น	ธรรมดา	2	4
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	2	ติดเพดาน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	36	72
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	62	62
	ฟลูออเรสเซนต์วงกลม	แกนเหล็ก	32	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	24	24
	ฟลูออเรสเซนต์วงกลม	แกนเหล็ก	32	10	1	ติดเพดาน	ขาวขุ่น	ธรรมดา	166	166
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	22	44
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	ขาวขุ่น	ธรรมดา	13	26
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	2	4
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ฝังฝ้า	ตะแกรง	สะท้อนแสง	8	16
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	18	18
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	ขาวขุ่น	ธรรมดา	1	1

ตารางที่ ข.3 ขนาดและชนิดของหลอดไฟที่มีการใช้งานของหอพักนักศึกษาแต่ละอาคาร(ต่อ)

หอพักนักศึกษา	ชนิดหลอดไฟ	ชนิด	ขนาดหลอด	กำลังสูญเสีย	หลอด	การติดตั้ง	ชนิดฝา	ชนิดผิว	จำนวน	จำนวน
		บัลลาสต์	(W)	บัลลาสต์	ต่อโคม		ครอบโคม	สะท้อนแสง	(โคม)	หลอดไฟ
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	7	7
เรือนศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ)	คอมแพคฟลูออเรสเซนต์	ไม่มีบัลลาสต์	11	0	1	ฝังฝ้า	เปิดโล่ง	ธรรมดา	6	6
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดผนัง	ขาวขุ่น	ธรรมดา	324	324
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	96	96
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	10	1	ติดผนัง	เปิดโล่ง	สะท้อนแสง	1	1
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	3	ฝังฝ้า	ตะแกรง	สะท้อนแสง	15	45
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	1	2
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ติดเพดาน	ตะแกรง	สะท้อนแสง	52	104
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	2	ฝังฝ้า	ตะแกรง	ธรรมดา	14	28
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ติดเพดาน	เปิดโล่ง	ธรรมดา	197	197
	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	36	10	1	ฝังฝ้า	ตะแกรง	สะท้อนแสง	17	17

ตารางที่ ข.4 ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างติดตั้งต่อพื้นที่ใช้สอยของหอพักนักศึกษาแยกตามอาคาร

หอพักนักศึกษา	ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างติดตั้งต่อพื้นที่ใช้สอย (W/ m ² ปี)
1) ค่าเฉลี่ยหอพักชาย	3.13
- เื่อินสักทอง (หอพักชายอาคาร 2)	1.72
- เื่อินหอมพอลวง (หอพักชายอาคาร 3)	2.16
- เื่อินอินทนิล (หอพักชายอาคาร 4)	2.20
- เื่อินกล้วยพฤกษ์ (หอพักชายอาคาร 5)	3.14
- เื่อินจามจุรี (หอพักชายอาคาร 6)	3.69
- เื่อินชงโค (หอพักชายอาคาร 7)	5.85
2) ค่าเฉลี่ยหอพักหญิง	2.63
- เื่อินพวงแสด (หอพักหญิงอาคาร 1)	2.42
- เื่อินลีลาวดี (หอพักหญิงอาคาร 2)	2.60
- เื่อินทองกวาว (หอพักหญิงอาคาร 3)	1.86
- เื่อินฝ้ายคำ (หอพักหญิงอาคาร 4)	2.83
- เื่อินพวงคราม (หอพักหญิงอาคาร 5)	2.22
- เื่อินเอื้องผึ้ง (หอพักหญิงอาคาร 6)	3.13
- เื่อินบัวระวงค์ (หอพักหญิงอาคาร 7)	2.99
- เื่อินดอกแก้ว (หอพักหญิงอาคาร 8)	2.49
- เื่อินบัวตอง (หอพักหญิงอาคาร 9)	3.09
3) ค่าเฉลี่ยหอพักในกำกับกลุ่ม 1	4.23
- เื่อินพวงชมพู (หอพักสีชมพู)	3.79
- เื่อินศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ)	4.67
4) ค่าเฉลี่ยหอพักในกำกับกลุ่ม 2	3.94
- เื่อินกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)	3.94
เฉลี่ยรวมหอพักนักศึกษา	3.04

ตารางที่ ข.5 ค่ากำลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ใช้สอยและค่าความส่องสว่างที่วัดได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

หอพักนักศึกษา	ประเภทห้อง		พื้นที่ใช้งาน (ตร.ม.)	ชนิดหลอดไฟ	ชนิด บัลลาสต์	จำนวน หลอด	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุดที่วัดได้ (W/m ²)	เกณฑ์การตรวจวัด		LUX (ที่วัดได้)	เกณฑ์การตรวจวัด	
								เกิน	ไม่เกิน		ผ่าน	ไม่ผ่าน
เรือนสีกทอง (หอพัก นักศึกษาชาย 2)	ห้องส่วนกลาง	โรงอาหาร	230.73	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	19	7.58		✓	328.30	✓	
		ห้องธุรการ	38.22	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	6	8.53		✓	322.18	✓	
		ห้องคาราโอเกะ	38.22	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	11	12.19		✓	301.55	✓	
		ห้อง study1	114.66	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	11.63		✓	375.30	✓	
		ห้อง study2	114.66	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	11.63		✓	338.20	✓	
		ห้องดูทีวี	38.22	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	5	6.02		✓	319.40	✓	
		ห้องคอม 1	19.51	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	2	4.71		✓	316.00	✓	
		ห้องคอม 2	45.68	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	6	6.04		✓	325.67	✓	
	ห้องพักนักศึกษา	ห้องนักศึกษา*	12.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	54	2.33		✓	-		
			24.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	54	1.92		✓	-		
เรือนจอมพอลวง (หอพักชายอาคาร 3)	ห้องส่วนกลาง	โรงอาหาร	230.73	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	16	3.19		✓	301.80	✓	
		ห้องธุรการ	124.60	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	6	3.69		✓	318.56	✓	
		ห้องคาราโอเกะ	44.78	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	4.11		✓	303.75	✓	
		ห้อง study 1	69.36	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	6	3.98		✓	364.33	✓	
		ห้อง study 3	48.80	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	8	7.54		✓	362.50	✓	
		ห้องคอม	48.80	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	6	5.66		✓	322.67	✓	
	ห้องพักนักศึกษา	ห้องนักศึกษา*	12.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	150	2.33		✓	-		

ตารางที่ ข.5 ค่ากำลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ใช้สอยและค่าความส่องสว่างที่วัดได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (ต่อ)

หอพักนักศึกษา	ประเภทห้อง		พื้นที่ใช้งาน (ตร.ม.)	ชนิดหลอดไฟ	ชนิด บัลลาสต์	จำนวน หลอด	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุดที่วัดได้ (W/m ²)	เกณฑ์การตรวจวัด		LUX (ที่วัดได้)	เกณฑ์การตรวจวัด	
								เกิน	ไม่เกิน		ผ่าน	ไม่ผ่าน
เรือนอินทนิล (หอพักชายอาคาร 4)	ห้องส่วนกลาง	โรงอาหาร	182.40	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	9	2.27		✓	317.75	✓	
		ห้องธุรการ	57.60	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	2	1.60		✓	306.25	✓	
		ห้องคาราโอเกะ	53.98	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	3	1.19		✓	300.18	✓	
		ห้อง study1	91.20	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	11	5.55		✓	348.90	✓	
		ห้อง study 4	54.56	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	1	2.53		✓	334.00	✓	
		ห้องดูทีวี	54.56	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	2	1.69		✓	301.50	✓	
		ห้องดูทีวี	54.56	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	2	1.69		✓	337.00	✓	
		ห้องคอม	54.60	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	3.37		✓	310.67	✓	
	ห้องพักนักศึกษา	ห้องนักศึกษา*	12	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	150	3.83		✓	-		
เรือนกัลปพฤกษ์ (หอพักชายอาคาร 5)	ห้องส่วนกลาง	โรงอาหาร	230.73	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	12	2.39		✓	337.90	✓	
		ห้องธุรการ	50.22	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	6.41		✓	332.86	✓	
		ห้องคาราโอเกะ	60.01	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	12	9.20		✓	347.17	✓	
		ห้อง study1	182.40	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	4.54		✓	300.10	✓	
		ห้อง study2	59.83	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	22	16.91	✓		346.65	✓	
		ห้อง study ชั้น 2	106.56	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	14	6.04		✓	342.25	✓	
		ห้องคอม	34.27	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	2	2.68		✓	325.50	✓	
	ห้องพักนักศึกษา	ห้องนักศึกษา*	12	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	168	3.83		✓	-		

ตารางที่ ข.5 ค่ากำลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ใช้สอยและค่าความส่องสว่างที่วัดได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (ต่อ)

หอพักนักศึกษา	ประเภทห้อง		พื้นที่ใช้งาน (ตร.ม.)	ชนิดหลอดไฟ	ชนิด บัลลาสต์	จำนวน หลอด	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุดที่วัดได้ (W/m ²)	เกณฑ์การตรวจวัด		LUX (ที่วัดได้)	เกณฑ์การตรวจวัด	
								เกิน	ไม่เกิน		ผ่าน	ไม่ผ่าน
เสือนจามจรี (หอพักชายอาคาร 6)	ห้องส่วนกลาง	โรงอาหาร	182.40	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	16	4.04		✓	333.88	✓	
		ห้องธุรการ	57.60	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	3	4.79		✓	364.67	✓	
		ห้องคาราโอเกะ	56.46	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	6	4.89		✓	336.17	✓	
		ห้อง study1	230.73	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	24	6.38		✓	304.29	✓	
		ห้อง ประชุม 1	59.83	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	16	12.30		✓	357.88	✓	
		ห้องรับแขก	27.32	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	6.73		✓	318.00	✓	
		ห้องประชุม 2	148.94	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	20	6.18		✓	315.43	✓	
		ห้อง study 2	122.89	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	12	4.49		✓	371.60	✓	
		ห้องคอม	94.77	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	12	5.82		✓	351.90	✓	
เสือนชงโค (หอพัก ชายอาคาร 7)	ห้องพักนักศึกษา	ห้องนักศึกษา*	12.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	168	3.83		✓	-		
	ห้องส่วนกลาง	โรงอาหาร	99.07	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	8	6.04		✓	357.63	✓	
		ห้องธุรการ	28.51	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	2	3.23		✓	325.50	✓	
		ห้องคาราโอเกะ	22.15	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	2	4.15		✓	307.50	✓	
		ห้อง study1	99.07	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	15	6.96		✓	300.73	✓	
		ห้องดูทีวี	63.25	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	2	6.55		✓	286.67**		✓
		ห้องคอม	31.05	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	1	1.48		✓	301.33	✓	
	ห้องพักนักศึกษา	ห้องนักศึกษา*	12	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	96	3.83		✓	-		

ตารางที่ ข.5 ค่ากำลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ใช้สอยและค่าความส่องสว่างที่วัดได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (ต่อ)

หอพักนักศึกษา	ประเภทห้อง		พื้นที่ใช้งาน (ตร.ม.)	ชนิดหลอดไฟ	ชนิด บัลลาสต์	จำนวน หลอด	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุดที่วัดได้ (W/m ²)	เกณฑ์การตรวจวัด		LUX (ที่วัดได้)	เกณฑ์การตรวจวัด	
								เกิน	ไม่เกิน		ผ่าน	ไม่ผ่าน
เขื่อนพวงแสด (หอพักหญิง อาคาร 1)	ห้องส่วนกลาง	โรงอาหาร	230.73	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	3.59		✓	302.70	✓	
		ห้องธุรการ	50.22	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	8	7.33		✓	307.25	✓	
		ห้องคาราโอเกะ	44.78	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	8	8.22		✓	404.75	✓	
		ห้อง study 1	182.40	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	19	8.07		✓	315.88	✓	
		ห้องคอม	48.80	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	3.77		✓	328.00	✓	
		ห้อง study 3	106.56	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	9	7.77		✓	353.20	✓	
	ห้องพักนักศึกษา	ห้องนักศึกษา*	12.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	155	3.83		✓	-		
เขื่อนลี้ลาวดี (หอพักหญิง อาคาร 2)	ห้องส่วนกลาง	สำนักงานหอพัก	152.13	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	30	9.07		✓	353.00	✓	
		โรงอาหาร	230.73	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	14	2.79		✓	338.30	✓	
		ห้องธุรการ	50.22	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	5	4.58		✓	352.40	✓	
		ห้องคาราโอเกะ	63.20	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	9	6.55		✓	236.50**		✓
		ห้อง study 1	91.20	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	14	7.06		✓	318.90	✓	
		ห้องคอม	49.40	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	2	1.86		✓	317.50	✓	
		ห้อง study 2	182.40	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	6	1.51		✓	330.67	✓	
	ห้องพักนักศึกษา	ห้องนักศึกษา*	12.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	151	3.83		✓	-		
เขื่อนทองกวาว (หอพักหญิง อาคาร 3)	ห้องส่วนกลาง	โรงอาหาร	230.73	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	13	2.59		✓	300.30	✓	
		ห้องธุรการ	50.22	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	7	6.41		✓	318.78	✓	
		ห้องคาราโอเกะ	47.24	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	10	9.74		✓	307.67	✓	
		ห้อง study 1	91.20	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	10	5.04		✓	306.56	✓	

ตารางที่ ข.5 ค่ากำลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ใช้สอยและค่าความส่องสว่างที่วัดได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (ต่อ)

หอพักนักศึกษา	ประเภทห้อง		พื้นที่ใช้งาน (ตร.ม.)	ชนิดหลอดไฟ	ชนิด บัลลาสต์	จำนวน หลอด	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุดที่วัดได้ (W/m ²)	เกณฑ์การตรวจวัด		LUX (ที่วัดได้)	เกณฑ์การตรวจวัด	
								เกิน	ไม่เกิน		ผ่าน	ไม่ผ่าน
เอือนฝ้ายคำ (หอพักหญิง อาคาร 4)	ห้องพักนักศึกษา	ห้องคอม	41.47	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	6	6.66		✓	327.33	✓	
		ห้องนักศึกษา	12.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	175	2.33		✓	-		
	ห้องส่วนกลาง	โรงอาหาร	230.73	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	11	3.99		✓	303.20	✓	
		ห้องธุรการ	50.22	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	6	5.50		✓	311.83	✓	
		ห้องคาราโอเกะ	52.49	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	3.51		✓	311.75	✓	
		ห้องดู UBC	46.70	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	3.94		✓	335.25	✓	
		ห้องดูทีวี	46.70	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	3	3.94		✓	353.25	✓	
		ห้อง study 1	182.40	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	10	5.04		✓	300.31	✓	
		ห้องคอม	46.70	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	3.94		✓	354.75	✓	
		ห้อง study 3	91.20	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	6	6.05		✓	315.00	✓	
	ห้องพักนักศึกษา	ห้องนักศึกษา*	12.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	150	3.83		✓	-		
เอือนพวงคราม (หอพักหญิง อาคาร 5)	ห้องส่วนกลาง	โรงอาหาร	230.73	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	10	1.99		✓	353.00	✓	
		ห้องธุรการ	50.22	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	3.66		✓	346.50	✓	
		ห้อง study 1	69.36	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	9	5.97		✓	313.70	✓	
		ห้องคอม	55.08	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	8	6.68		✓	306.50	✓	
		ห้อง study 4	55.08	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	5	4.18		✓	319.20	✓	
		ห้อง study 4	55.08	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	5	4.18		✓	304.20	✓	
		ห้องคาราโอเกะ	54.39	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	3.38		✓	305.00	✓	
	ห้องพักนักศึกษา	ห้องนักศึกษา*	12.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	150	3.83		✓	-		

ตารางที่ ข.5 ค่ากำลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ใช้สอยและค่าความส่องสว่างที่วัดได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (ต่อ)

หอพักนักศึกษา	ประเภทห้อง		พื้นที่ใช้งาน (ตร.ม.)	ชนิดหลอดไฟ	ชนิด บัลลาสต์	จำนวน หลอด	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุดที่วัดได้ (W/m ²)	เกณฑ์การตรวจวัด		LUX (ที่วัดได้)	เกณฑ์การตรวจวัด	
								เกิน	ไม่เกิน		ผ่าน	ไม่ผ่าน
เขื่อนเอื้องผึ้ง (หอพักหญิง อาคาร 6)	ห้องส่วนกลาง	โรงอาหาร	230.73	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	22	4.39		✓	328.25	✓	
		ห้องธุรการ	50.22	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	8	7.33		✓	300.38	✓	
		ห้อง study 1	69.36	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	19	12.60		✓	307.20	✓	
		ห้อง study 4	53.01	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	3.47		✓	333.00	✓	
		ห้องคอม	53.01	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	14	12.15		✓	308.79	✓	
		ห้อง study 4	53.01	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	3	2.60		✓	352.00	✓	
		ห้องคาราโอเกะ	52.79	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	11	9.58		✓	310.55	✓	
	ห้องพักนักศึกษา	ห้องนักศึกษา*	12.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	149	3.83		✓	-		
เขื่อนบวรระวงศ์ (หอพักหญิง อาคาร 7)	ห้องส่วนกลาง	โรงอาหาร	230.73	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	16	3.19		✓	316.00	✓	
		ห้องธุรการ	50.22	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	11	10.08		✓	307.14	✓	
		ห้องคาราโอเกะ	59.58	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	16	12.35		✓	345.88	✓	
		ห้อง study 1	182.40	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	24	6.05		✓	317.60	✓	
		ห้องสมุด	119.16	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	18	6.95		✓	311.75	✓	
		ห้องคอม	33.60	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	5.48		✓	321.00	✓	
		ห้องพระ	33.60	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	2	2.74		✓	207.50	✓	
		ห้องดูทีวี	33.60	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	5	6.85		✓	305.00	✓	
	ห้องพักนักศึกษา	ห้องนักศึกษา*	12.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	156	3.83		✓	-		
	ห้องส่วนกลาง	ห้องธุรการ	50.22	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	3.66		✓	332.50	✓	
		ห้องคาราโอเกะ	81.43	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	6	3.39		✓	311.50	✓	

ตารางที่ ข.5 ค่ากำลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ใช้สอยและค่าความส่องสว่างที่วัดได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (ต่อ)

หอพักนักศึกษา	ประเภทห้อง		พื้นที่ใช้งาน (ตร.ม.)	ชนิดหลอดไฟ	ชนิด บัลลาสต์	จำนวน หลอด	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุดที่วัดได้ (W/m ²)	เกณฑ์การตรวจวัด		LUX (ที่วัดได้)	เกณฑ์การตรวจวัด	
								เกิน	ไม่เกิน		ผ่าน	ไม่ผ่าน
เขื่อนดอกแก้ว (หอพักหญิง อาคาร 8)		ห้อง study 1	230.73	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	11	2.19		✓	322.70	✓	
		ห้อง study 2	230.73	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	15	5.98		✓	307.30	✓	
		ห้องคอม	78.60	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	8	4.68		✓	308.67	✓	
		ห้อง study 3	78.60	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	14	8.19		✓	334.10	✓	
	ห้องพักนักศึกษา	ห้องนักศึกษา*	12.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	144	3.83		✓	-		
เขื่อนบัวดง (หอพักหญิง อาคาร 9)	ห้องส่วนกลาง	โรงอาหาร	230.73	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	21	4.19		✓	309.31	✓	
		ห้องธุรการ	50.22	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	6	5.50		✓	324.33	✓	
		ห้องคาราโอเกะ	36.91	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	4.99		✓	338.00	✓	
		ห้อง study1	230.73	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	20	3.99		✓	326.80	✓	
		ห้อง study2	182.40	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	19	4.79		✓	306.14	✓	
		ห้องคูทิว	61.43	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	7	5.24		✓	328.14	✓	
		ห้องคอม	61.43	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	9	6.74		✓	303.67	✓	
	ห้องพักนักศึกษา	ห้องนักศึกษา*	12.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	156	3.83		✓	-		
เขื่อนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)	ห้องส่วนกลาง	โรงอาหาร	182.40	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	23	5.80		✓	328.80	✓	
		ห้องธุรการ	51.26	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	8	17.95	✓		464.43	✓	
		ห้องครัว	8.36	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	2	11.00		✓	305.00	✓	
		ห้องคอม	64.42	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	24	17.14	✓		433.10	✓	
		ห้องออกกำลังกาย	32.56	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	8	11.30		✓	313.75	✓	
		ห้อง study ชั้น 2A	48.84	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	8	15.07		✓	327.75	✓	

ตารางที่ ข.5 ค่ากำลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ใช้สอยและค่าความส่องสว่างที่วัดได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (ต่อ)

หอพักนักศึกษา	ประเภทห้อง		พื้นที่ใช้งาน (ตร.ม.)	ชนิดหลอดไฟ	ชนิด บัลลาสต์	จำนวน หลอด	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุดที่วัดได้ (W/m ²)	เกณฑ์การตรวจวัด		LUX (ที่วัดได้)	เกณฑ์การตรวจวัด	
								เกิน	ไม่เกิน		ผ่าน	ไม่ผ่าน
เอือนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)	ห้องส่วนกลาง	ห้อง study ชั้น 3A	48.84	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	16	15.07		✓	378.25	✓	
		ห้อง study ชั้น 4A	48.84	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	8	15.07		✓	344.13	✓	
		ห้อง study ชั้น 5A	48.84	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	6	15.07		✓	344.00	✓	
		ห้อง study ชั้น 6A	48.84	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	8	15.07		✓	358.13	✓	
		ห้อง study ชั้น 7A	48.84	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	8	15.07		✓	339.75	✓	
		ห้อง study ชั้น 8A	48.84	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	8	15.07		✓	328.63	✓	
		ห้อง study ชั้น 2B	48.84	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	7.54		✓	319.00**	✓	
		ห้อง study ชั้น 3B	48.84	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	8	7.54		✓	309.38**	✓	
		ห้อง study ชั้น 4B	48.84	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	7.54		✓	304.75	✓	
		ห้อง study ชั้น 5B	48.84	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	6	7.54		✓	319.75	✓	
		ห้อง study ชั้น 6B	48.84	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	7.54		✓	300.25	✓	
		ห้อง study ชั้น 7B	48.84	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	7.54		✓	277.88**		✓
		ห้อง study ชั้น 8B	48.84	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	7.54		✓	307.50	✓	
	หอพักนักศึกษา	ห้องนักศึกษา*	22.67	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	1008	3.44		✓	-		
เอือนพวงชมพู (หอพักสีชมพู)	ห้องส่วนกลาง	โรงอาหาร	182.40	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	7	1.77		✓	340.50	✓	
		ห้องธุรการ	46.60	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	5	4.94		✓	305.67	✓	
		ห้องคอม	34.50	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	6	8.00		✓	304.17	✓	
		ห้องโยคะ	98.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	16	7.51		✓	309.10	✓	
		ห้อง study 1	36.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	3	5.11		✓	385.00	✓	

ตารางที่ ข.5 ค่ากำลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ใช้สอยและค่าความส่องสว่างที่วัดได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (ต่อ)

หอพักนักศึกษา	ประเภทห้อง		พื้นที่ใช้งาน (ตร.ม.)	ชนิดหลอดไฟ	ชนิด บัลลาสต์	จำนวน หลอด	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุดที่วัดได้ (W/m ²)	เกณฑ์การตรวจวัด		LUX (ที่วัดได้)	เกณฑ์การตรวจวัด	
								เกิน	ไม่เกิน		ผ่าน	ไม่ผ่าน
เรือนพวงชมพู (หอพักสีชมพู)	ห้องส่วนกลาง	ห้องออกกำลังกาย	36.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	5.11		✓	367.00	✓	
		ห้อง study 2/1	36.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	5.11		✓	373.00	✓	
		ห้องนั่งเล่น	36.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	6	10.22		✓	390.80	✓	
		ห้องนั่งเล่น	36.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	0	-		✓	485.00	✓	
		ห้อง study 2/2	36.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	5.11		✓	345.33	✓	
		ห้อง study 3/1	36.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	5.11		✓	375.33	✓	
		ห้อง study 3/2	36.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	3	5.11		✓	429.00	✓	
		ห้อง study 4/1	36.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	5.11		✓	430.67	✓	
		ห้อง study 4/2	36.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	4	5.11		✓	360.67	✓	
	ห้องพักนักศึกษา	ห้องนักศึกษา*	20.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	332	2.80		✓	-		
เรือนศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ)	ห้องส่วนกลาง	ห้องธุรการ	285.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	12	2.10		✓	370.70	✓	
		ห้องครัวชาย 1	26.01	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	1	1.77		✓	214.00	✓	
		ห้องครัวชาย 2	26.01	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	1	1.77		✓	216.00	✓	
		ห้องครัวชาย 3	26.01	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	1	1.77		✓	209.00	✓	
		ห้องครัวชาย 4	26.01	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	2	3.54		✓	349.00	✓	
		ห้องครัวหญิง 1	26.01	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	1	1.77		✓	213.00	✓	
		ห้องครัวหญิง 2	26.01	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	1	1.77		✓	243.00	✓	
		ห้องครัวหญิง 3	26.01	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	1	1.77		✓	214.00	✓	
		ห้องครัวหญิง 4	26.01	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	1	1.77		✓	294.00	✓	

ตารางที่ ข.5 ค่ากำลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ใช้สอยและค่าความส่องสว่างที่วัดได้เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (ต่อ)

หอพักนักศึกษา	ประเภทห้อง		พื้นที่ใช้งาน (ตร.ม.)	ชนิดหลอดไฟ	ชนิด บัลลาสต์	จำนวน หลอด	ค่ากำลังไฟฟ้า สูงสุดที่วัดได้ (W/m ²)	เกณฑ์การตรวจวัด		LUX (ที่วัดได้)	เกณฑ์การตรวจวัด	
								เกิน	ไม่เกิน		ผ่าน	ไม่ผ่าน
เขื่อนศรีนครินทร์ (หอพักแม่เหิยะ)	ห้องส่วนกลาง	ห้องคอม	20.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	11	33.60	✓		420.22	✓	
		ห้อง study 2	59.83	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	20	15.38		✓	433.75	✓	
		ห้อง study (ห้อง พระ)	59.83	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	28	21.53	✓		1,008.64	✓	
		ห้อง study ชาย 1	36.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	8	10.22		✓	300.17	✓	
		ห้อง study ชาย 2	36.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	6	7.67		✓	307.83	✓	
		ห้อง study ชาย 3	36.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	8	10.22		✓	303.00	✓	
		ห้อง study ชาย 4	36.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	7	8.94		✓	320.38	✓	
		ห้อง study หญิง 1	36.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	6	7.67		✓	300.33	✓	
		ห้อง study หญิง 2	36.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	10	12.78		✓	320.33	✓	
		ห้อง study หญิง 3	36.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	11	14.06		✓	305.17	✓	
		ห้อง study หญิง 4	36.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	14	20.44	✓		440.13	✓	
	ห้องพักนักศึกษา	ห้องนักศึกษา*	12.00	ฟลูออเรสเซนต์	แกนเหล็ก	162	3.83		✓	-		

หมายเหตุ พิจารณาเฉพาะห้องส่วนกลางและห้องพักนักศึกษาโดยไม่รวมพื้นที่บริเวณทางเดิน และห้องน้ำรวม

*ค่า LUX ภายในห้องพักนักศึกษาไม่สามารถดำเนินการตรวจวัดได้ เนื่องจากเป็นพื้นที่ส่วนตัวของนักศึกษา

**หลอดไฟเกิดการชำรุดขณะดำเนินการตรวจวัด จึงส่งผลให้ในบางห้องมีค่า Lux ที่ไม่ผ่านตามมาตรฐาน

ตารางที่ ข.6 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศของหอพักนักศึกษา

หอพักนักศึกษา	บริเวณ	ขนาด(Btu/hr)	ยี่ห้อ	อัตราส่วน กิโลวัตต์ต่อ ตันความเย็น (kW/TR)	อัตราส่วน ประสิทธิภาพ พลังงาน (EER)
เสือนสักทอง (หอพัก นักศึกษาชาย 2)	ห้องคาราโอเกะ	28,500.00	Tasaki	2.23	5.38
	ห้องคอมพิวเตอร์ 1	25,000.00	Fuji	2.34	5.14
	ห้องคอมพิวเตอร์ 2	26,103.85	Mitfushita	1.09	11.01
เสือนชอมพอลวง (หอพัก ชายอาคาร 3)	ห้องคาราโอเกะ	36,000.00	YORK	1.91	6.30
	ห้องคอมพิวเตอร์	40,728.02	Mitfushita	1.13	10.62
เสือนอินทนิล (หอพักชาย อาคาร 4)	ห้องคาราโอเกะ	48,000.00	YORK	1.75	6.86
	ห้องคอมพิวเตอร์	48,000.00	EMINENT	1.39	8.62
	ห้องคอมพิวเตอร์	44,000.00	Fuji	2.23	5.38
เสือนกัลปพฤกษ์ (หอพัก ชายอาคาร 5)	ห้องคาราโอเกะ	44,000.00	Fuji	2.34	5.14
	ห้องคอมพิวเตอร์	44,000.00	Fuji	1.09	11.01
เสือนจามจุรี (หอพักชาย อาคาร 6)	ห้องคาราโอเกะ	27,005.64	Carrier	1.91	6.30
	ห้องคาราโอเกะ	27,005.64	Carrier	1.13	10.62
	ห้องคอมพิวเตอร์	25,000.00	Fuji	1.75	6.86
	ห้องคอมพิวเตอร์	40,728.02	Mitfushita	1.39	8.62
	ห้องประชุม 1	20,000.00	Airemate	2.23	5.38
	ห้องประชุม 1	20,000.00	Airemate	2.34	5.14
	ห้องรับแขก	12,500.00	Airemate	1.09	11.01
	ห้องประชุม 2	38,000.00	เซฟไฟด์	1.91	6.30
	ห้องประชุม 2	38,000.00	เซฟไฟด์	1.13	10.62
	ห้องประชุม 2	38,000.00	เซฟไฟด์	1.75	6.86
เสือนขงโค (หอพักชาย อาคาร 7)	ห้องคาราโอเกะ	25,000.00	Fuji	1.39	8.62
	ห้องคอมพิวเตอร์	34,531.49	Mitsubishi	2.23	5.38
เสือนพวงแสด (หอพักหญิง อาคาร 1)	ห้องคาราโอเกะ	48,000.00	YORK	2.34	5.14
	ห้องคอมพิวเตอร์	44,000.00	Fuji	1.09	11.01
เสือนลีลาวดี (หอพักหญิง อาคาร 2)	สำนักงานหอพัก	12,000.00	Winsor Air	1.91	6.30
	สำนักงานหอพัก	12,000.00	Winsor Air	1.13	10.62
	สำนักงานหอพัก	12,000.00	Winsor Air	1.75	6.86
	ห้องคาราโอเกะ	56,000.00	YORK	1.39	8.62
	ห้องคอมพิวเตอร์	35,000.00	Fuji	2.23	5.38

ตารางที่ ข.6 รายละเอียดเครื่องปรับอากาศของหอพักนักศึกษา (ต่อ)

หอพักนักศึกษา	บริเวณ	ขนาด (Btu/hr)	ยี่ห้อ	อัตราส่วน กิโลวัตต์ต่อ ตันความเย็น (kW/TR)	อัตราส่วน ประสิทธิภาพ พลังงาน (EER)
เสือนทองกวาว (หอพัก หญิงอาคาร 3)	ห้องคาราโอเกะ	27,005.64	carrier	2.34	5.14
	ห้องคาราโอเกะ	27,005.64	carrier	1.09	11.01
	ห้องคอมพิวเตอร์	40,728.02	MITFUSHITA	1.91	6.30
เสือนฟ้าคำ (หอพัก หญิงอาคาร 4)	ห้องคาราโอเกะ	36,000.00	YORK	1.13	10.62
	ห้องคอมพิวเตอร์	40,728.02	Mitfushita	1.75	6.86
เสือนพวงคราม (หอพักหญิงอาคาร 5)	ห้องคาราโอเกะ	45,000.00	YORK	1.73	6.92
	ห้องคอมพิวเตอร์	44,000.00	Fuji	1.73	6.92
เสือนเอื้องผึ้ง (หอพัก หญิงอาคาร 6)	ห้องคาราโอเกะ	48,000.00	YORK	2.02	5.93
	ห้องคอมพิวเตอร์	44,000.00	Fuji	1.12	10.69
เสือนบัวระวงค์ (หอพักหญิงอาคาร 7)	ห้องคาราโอเกะ	44,000.00	KENT	1.13	10.61
	ห้องคอมพิวเตอร์	35,000.00	Fuji	1.84	6.51
เสือนดอกแก้ว (หอพัก หญิงอาคาร 8)	ห้องคาราโอเกะ	56,000.00	YORK	1.12	10.67
	ห้องคอมพิวเตอร์	26,103.85	Mitfushita1	1.68	7.14
	ห้องคอมพิวเตอร์	26,103.85	Mitfushita2	1.86	6.46
	ห้องคอมพิวเตอร์	35,000.00	Fuji	1.69	7.11
เสือนบัวตอง (หอพัก หญิงอาคาร 9)	ห้องคาราโอเกะ	36,000.00	YORK	1.98	6.08
	ห้องคอมพิวเตอร์	25,000.00	Fuji	1.91	6.29
	ห้องคอมพิวเตอร์	26,103.85	Mitfushita	1.66	7.24
	ห้องคอมพิวเตอร์	26,103.85	Mitfushita	1.30	9.20
เสือนศรีตรัง (หอพัก แม่เหิยะ)	สำนักงาน	12,370.88	YORK	1.13	10.63
		8,843.90	Mitsubishi electric	1.11	10.84
		18,568.00	YORK	1.08	11.09
	ห้องคอมพิวเตอร์	18,080.53	Mitsubishi electric	1.12	10.68
เสือนพวงชมพู (หอพัก สีชมพู)	สำนักงาน	36,226.91	Carrier	1.13	10.62
	ห้องผอ	12,488.60	Mitsubishi	0.95	12.64
	ห้องคอมพิวเตอร์	40,855.29	Carrier	1.13	10.64
เสือนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)	สำนักงาน	25,000.00	Sumsung	1.13	10.65
	สำนักงาน	25,000.00	Sumsung	1.08	11.10
	ห้องครัว	25,000.00	Sumsung	1.08	11.10
	ห้องคอมพิวเตอร์	25,000.00	Sumsung	1.11	10.84
	ห้องคอมพิวเตอร์	48,000.00	Carrier	1.08	11.15

มาตรการลดการใช้พลังงาน

1. การลดจำนวนหลอดไฟที่ไม่ได้ใช้งานหรือไม่จำเป็น

ปัญหาและสภาพก่อนการปรับปรุง

จากค่าความสว่าง (Lux) ในแต่ละพื้นที่ห้อง จะมีบางส่วนที่มีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐาน เท่ากับ 300-500 Lux ภายในห้องอ่านหนังสือ (ห้องพระ) ของเอือนศรีตรัง ดังนั้นจึงพิจารณาลดการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 9 หลอด โดยที่ค่าความ ส่องสว่าง (Lux) หลังจากลดการใช้ยังอยู่ในช่วง 300 – 500 Lux

วิธีการคำนวณ

ชนิดหลอดไฟ	=	หลอดฟลูออเรสเซนต์	
ขนาดหลอดไฟฟ้า	=	36	W
ชนิดบัลลาสต์	=	แกนเหล็ก	
กำลังสูญเสียบัลลาสต์	=	10	W
ห้องอ่านหนังสือ (ห้องพระ) เอือนศรีตรัง			
แฟกเตอร์การใช้งานเปิดเทอม : ปิด	=	100 : 50	%
เทอม			
จำนวนหลอดไฟที่ลดลง	=	9	หลอด
ชั่วโมงการใช้งาน 10.00 -22.00	=	12	ชั่วโมง
วันใช้งานเปิดเทอม/ปิดเทอม	=	262 : 55	วัน/ปี
กำลังไฟฟ้าที่ลดได้	=	$((36+10)/1000) \times 9 \times 1 \times 12 \times$ 262 $= ((36+10)/1000) \times 9 \times 0.5 \times 12 \times$ 55	
	=	1,438.24	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่มหาวิทยาลัยเรียกเก็บ	=	3.61	บาท/kWh
	=	1,438 x 3.61	
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	=	5,192.03	บาท/ปี
การลงทุน			

ไม่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน

2. การลดเวลาการใช้งานหลอดไฟบริเวณทางเดินภายในหอพักนักศึกษา

ปัญหาก่อนการปรับปรุง

ในช่วงเวลาเย็นจนถึงเช้า หอพักนักศึกษาจะเปิดใช้งานหลอดไฟฟ้าแสงสว่างในบริเวณทางเดินภายในหอพักนักศึกษาตั้งแต่ช่วงเวลา 17.00 -8.00 น. เพื่ออำนวยความสะดวกให้นักศึกษาภายในหอพักฯ ในการเข้าใช้งานห้องต่างๆ ในช่วงเวลากลางคืน เช่น ห้องน้ำ ห้องอ่านหนังสือและคูทิว เป็นต้น รวมแต่เนื่องจากในเวลา 7.00-8.00 เป็นช่วงเวลาที่มิแสงสว่างจากธรรมชาติเพียงพอสำหรับพื้นที่บริเวณทางเดินภายในอาคาร ดังนั้นหากลดเวลาการใช้งานในช่วงเวลาดังกล่าวได้ จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ ดังนี้

ตัวอย่างการคำนวณ

ชนิดหลอดไฟ	=	คอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (ตะเกียบ)	
ขนาดหลอดไฟฟ้า	=	11	W
ชนิดบัลลาสต์	=	ไม่มีบัลลาสต์	
จำนวนหลอดไฟ	=	29	หลอด
แฟกเตอร์การใช้งาน	=	100	%
ชั่วโมงที่ลดลง	=	1	หลอด
วันใช้งานเปิดเทอม/ปิดเทอม	=	317	วัน/ปี
กำลังไฟฟ้าที่ลดได้	=	$(11/1000) \times 29 \times 1 \times 1 \times 317$	
	=	101.12	kWh/ปี
ชนิดหลอดไฟ	=	ฟลูออเรสเซนต์	
ขนาดหลอดไฟฟ้า	=	32	W
ชนิดบัลลาสต์	=	แกนเหล็ก	
กำลังสูญเสียบัลลาสต์	=	10	W
จำนวนหลอดไฟ	=	52	หลอด
แฟกเตอร์การใช้งาน	=	100	%
ชั่วโมงที่ลดลง	=	1	หลอด
วันใช้งานเปิดเทอม/ปิดเทอม	=	317	วัน/ปี

$$\begin{aligned}\text{กำลังไฟฟ้าที่ลดได้} &= ((32+10)/1000) \times 52 \times 1 \times 1 \times \\ &317 \\ &= 692.328 \quad \text{kWh/ปี}\end{aligned}$$

จากนั้นคำนวณเช่นเดียวกันกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 และ 36 วัตต์ ตามชั่วโมงการใช้งานและแฟคเตอร์การใช้งานของแต่ละส่วนตามรายละเอียดในตารางที่ ข2 ซึ่งจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้

$$\begin{aligned}&= 12,853.28 \quad \text{kWh/ปี} \\ \text{ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่มหาวิทยาลัยเรียกเก็บ} &= 3.61 \quad \text{บาท/kWh}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&= 12,853.28 \times 3.61 \\ \text{ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้} &= 46,400.36 \quad \text{บาท/ปี}\end{aligned}$$

การลงทุน

ไม่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุน

3. การเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์และหลอดไฟประสิทธิภาพสูง ปัญหาก่อนการปรับปรุง

โดยส่วนใหญ่หอพักนักศึกษา มีการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์ และ 36 วัตต์ โดยใช้บัลลาสต์แกนเหล็ก ซึ่งมีการสูญเสียพลังงานประมาณ 10 วัตต์ต่อชุด รวมเป็นพลังงานรวม 28 วัตต์ และ 46 วัตต์ต่อชุด ตามลำดับ ดังนั้นการเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำที่มีค่าพลังงานสูญเสียในตัวประมาณ 5 วัตต์ต่อชุด หรือการเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีกำลังสูญเสียเพียง 2 วัตต์ต่อชุด หรือการเปลี่ยนมาใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ขนาด 28 วัตต์ แทนการใช้สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ และ 14 วัตต์ แทน 18 วัตต์ ซึ่งให้ค่าความส่องสว่างและประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่า หรือการเปลี่ยนมาใช้หลอด LED ขนาด 20 วัตต์และ 8 วัตต์ ที่มีประสิทธิภาพความส่องสว่างเทียบเท่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่วไป ทั้งยังประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่า แต่ก็มีต้นทุนที่สูงตามไปด้วย โดยแสดงผลการประหยัดพลังงานและต้นทุนของอุปกรณ์แต่ละตัวดังนี้

วิธีการคำนวณ

ก่อนปรับปรุง

ชนิดหลอดไฟ	=	หลอดฟลูออเรสเซนต์
ขนาดหลอดไฟฟ้า	=	18 : 36 W
ชนิดบัลลาสต์	=	แกนเหล็ก
กำลังสูญเสียบัลลาสต์	=	10 W
จำนวนบัลลาสต์	=	8,611 ชุด
กำลังไฟฟ้า	=	903,296.77 kWh/ปี

หลังปรับปรุง

บัลลาสต์กำลังสูญเสียต่ำ

ชนิดหลอดไฟ	=	หลอดฟลูออเรสเซนต์
ขนาดหลอดไฟฟ้า	=	18 : 36 W
ชนิดบัลลาสต์	=	กำลังสูญเสียต่ำ
กำลังสูญเสียบัลลาสต์	=	5 W
จำนวนบัลลาสต์	=	3,024 : 5,587 ชุด

จากนั้นคำนวณตามสมการ

กำลังไฟฟ้าที่ลดได้ = (กำลังหลอดไฟ + กำลังบัลลาสต์) x จำนวนที่เปลี่ยน x ชั่วโมงใช้งานต่อวัน x วันทำงานต่อปี x แฟกเตอร์การใช้งาน

ซึ่งจะได้กำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง	=	804,493.95 kWh/ปี
กำลังไฟฟ้าที่ลดได้	=	903,296.77 - 804,493.95
	=	98,802.81 kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่มหาวิทยาลัยเรียกเก็บ	=	3.61 บาท/kWh

$$= 98,802.81 \times 3.61$$

ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	=	356,678.16 บาท/ปี
-------------------------	---	-------------------

การลงทุน

รวมเงินลงทุน	=	891,505 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	1891,505 / 356,678.16
	=	2.50 ปี

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ชนิดหลอดไฟ	=	หลอดฟลูออเรสเซนต์
ขนาดหลอดไฟฟ้า	=	18 : 36 W
ชนิดบัลลาสต์	=	อิเล็กทรอนิกส์
กำลังสูญเสียบัลลาสต์	=	2 W
จำนวนบัลลาสต์	=	3,024 : 5,587 ชุด
กำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง	=	736,249.19 kWh/ปี
กำลังไฟฟ้าที่ลดได้	=	903,296.77 – 736,249.19
	=	167,077.28 kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่มหาวิทยาลัยเรียกเก็บ	=	3.61 บาท/kWh
	=	167,077.28 x 3.61
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	=	603,148.98 บาท/ปี
การลงทุน		
รวมเงินลงทุน	=	1,882,895 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	1,882,895/ 603,148.98
	=	3.12 ปี

หลอด T5

ชนิดหลอดไฟ	=	T5
ขนาดหลอดไฟฟ้า	=	14 : 28 W
ชนิดบัลลาสต์	=	อิเล็กทรอนิกส์
กำลังสูญเสียบัลลาสต์	=	2 W
จำนวนหลอดไฟ 14 W และ 28 W	=	3,024 : 5,587 ชุด
กำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง	=	582,729.54 kWh/ปี
กำลังไฟฟ้าที่ลดได้	=	903,296.77 – 582,729.54
	=	320,567.23 kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่มหาวิทยาลัยเรียกเก็บ	=	3.61 บาท/kWh
	=	320,567.23 x 3.61
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	=	1,157,247.69 บาท/ปี

การลงทุน

ค่าหลอดไฟขนาด 14 : 28 วัตต์รวมค่าติดตั้ง = 282 : 330 บาท

ติดตั้ง

จำนวนที่เปลี่ยน = 3,024 : 5,587 ชุด

รวมเงินลงทุน = 2696,478 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน = 2696,478/1,157,247.69
= 2.33 ปี

หลอด LED

ชนิดหลอดไฟ = LED

ขนาดหลอดไฟฟ้า = 8 : 20 W

ชนิดบัลลาสต์ = ไม่มีบัลลาสต์

กำลังสูญเสียบัลลาสต์ = - W

จำนวนหลอดไฟ = 3,024 : 5,587 ชุด

กำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง = 366,124.94 kWh/ปี

กำลังไฟฟ้าที่ลดได้ = 903,296.77 – 366,124.94

= 537,171.83 kWh/ปี

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่มหาวิทยาลัยเรียกเก็บ = 3.61 บาท/kWh

= 537,171.83 x 3.61

ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ = 1,939,190.30 บาท/ปี

การลงทุน

ค่าหลอดไฟ 14 : 28 วัตต์รวมค่าติดตั้ง = 950 : 1,750 บาท

จำนวนที่เปลี่ยน = 3,024 : 5,587 ชุด

รวมเงินลงทุน = 12,650,050 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน = 12,650,050/1,939,190.30

= 6.52 ปี

4. การเปลี่ยนมาใช้โคมสะท้อนแสง

ปัญหาก่อนการปรับปรุง

หอพักนักศึกษา มีการติดตั้งระบบแสงสว่างในบางพื้นที่ด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 2 x 18 W และ 2 x 36 W ต่อโคม โดยเป็นโคมแบบเก่าที่ไม่มีแผ่นสะท้อนแสง ซึ่งหากเปลี่ยนมาใช้โคมไฟแบบสะท้อนแสงได้ จะทำให้แสงสว่างเพิ่มขึ้นอีกเท่าตัว และสามารถลดหลอดไฟลงได้ 1 หลอดต่อโคม ดังนี้

ตารางที่ ข.7 จำนวนหลอดไฟที่ลดลงจากการเปลี่ยนมาใช้โคมสะท้อนแสง

หอพักนักศึกษา	จำนวนหลอดไฟเดิม		จำนวนหลอดไฟใหม่	
	18 W	36 W	18 W	36 W
	2:1	2:1	2:1	2:1
เอื้อนกล้วยพฤกษ์ (หอพักชายอาคาร 5)	0	20	0	10
เอื้อนจามจุรี (หอพักชายอาคาร 6)	0	16	0	8
เอื้อนขงโค (หอพักชายอาคาร 7)	192	10	96	5
เอื้อนพวงแสด (หอพักหญิงอาคาร 1)	0	8	0	4
เอื้อนลีลาวดี (หอพักหญิงอาคาร 2)	0	4	0	2
เอื้อนฝ้ายคำ (หอพักหญิงอาคาร 4)	0	12	0	6
เอื้อนบัวระวงค์ (หอพักหญิงอาคาร 7)	0	34	0	17
เอื้อนดอกแก้ว (หอพักหญิงอาคาร 8)	72	8	36	4
เอื้อนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)	0	140	0	70
เอื้อนพวงชมพู (หอพักสีชมพู)	340	70	170	35
เอื้อนศรีตรัง (หอพักแม่เหิระ)	0	2	0	1
รวม	604	324	302	162

ตัวอย่างวิธีการคำนวณ

เอื้อนศรีตรัง

ชนิด/ขนาดหลอดไฟ

= ฟลูออเรสเซนต์ 36 W

ชนิด/กำลังสูญเสียบัลลาสต์

= แกนเหล็ก สูญเสีย 10

W

จำนวนหลอดต่อโคมก่อนปรับปรุง

= 2

หลอด

จำนวนโคม

= 1

โคม

$$\begin{aligned} \text{กำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุง} &= ((36+10)/1000) \times 2 \times 5 \\ &\times 317 \times 0.3 \\ &= 34.24 \quad \text{kWh/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง} &= ((36+10)/1000) \times 1 \times 5 \\ &\times 317 \times 0.3 \\ &= 17.12 \quad \text{kWh/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กำลังไฟฟ้าที่ลดได้} &= 17.12 \quad \text{kWh/ปี} \end{aligned}$$

จากนั้นคำนวณเช่นเดียวกันสำหรับโคมไฟที่ติดตั้ง 2 หลอดต่อโคมสำหรับโคมไม้ สะท้อนแสง

$$\begin{aligned} \text{จะได้กำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุง} &= 84,038.17 \quad \text{kWh/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง} &= 42,019.09 \quad \text{kWh/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{กำลังไฟฟ้าที่ลดได้} &= 42,019.09 \quad \text{kWh/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่มหาวิทยาลัยเรียกเก็บ} &= 3.61 \quad \text{บาท/kWh} \end{aligned}$$

$$= 42,019.09 \times 3.61$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้} &= 151,688.90 \quad \text{บาท} \end{aligned}$$

การลงทุน

$$\begin{aligned} \text{ค่าโคมชนิด 2 x 18 : 2 x 36 รวมค่าติดตั้ง} &= 400 : 650 \quad \text{บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จำนวนโคม} &= 302 : 162 \quad \text{ชุด} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{รวมเงินลงทุน} &= 244,800.00 \quad \text{บาท/ปี} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะเวลาคืนทุน} &= 244,800.00/151,688.90 \end{aligned}$$

$$= 1.61 \quad \text{ปี}$$

5. การปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเวลาปิดเครื่อง 30 นาที

ปัญหาก่อนการปรับปรุง

เครื่องปรับอากาศของหอพักนักศึกษามีเวลาการเปิดใช้งานโดยเฉลี่ยประมาณ 6 ชั่วโมงต่อวัน โดยจะมีเวลาการเปิดปิดตามช่วงเวลาที่กำหนด เช่น เครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งไว้ในห้องคอมพิวเตอร์ของหอพักชายและหญิง จะเปิดใช้งานในช่วงเวลา 12.00 – 22.00 น. ซึ่งจากการทดลองลดเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศก่อนเวลาปิดเครื่อง 30 นาทีสำหรับห้องธุรการและห้องคอมพิวเตอร์ของหอพักนักศึกษา พบว่ายังมีปริมาณความเย็น

เหลืออยู่ในห้องและไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเจ้าหน้าที่ โดยสามารถลดการใช้พลังงานได้ ดังนี้

วิธีการคำนวณ

กำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุง	=	248,090.93	kWh/ปี
กำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง	=	231,976.96	kWh/ปี
กำลังไฟฟ้าที่ลดได้	=	16,113.96	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่มหาวิทยาลัยเรียกเก็บ	=	3.61	บาท/kWh
	=	16,113.96 x 3.61	
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	=	58,171.40	บาท

การลงทุน

ไม่มีการลงทุน

6. การล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศทุกๆ 6 เดือน

ปัญหาก่อนการปรับปรุง

หอพักนักศึกษาที่มีเครื่องปรับอากาศอยู่ 61 เครื่อง ซึ่งมีการบำรุงรักษาไม่สม่ำเสมอ ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ จึงทำให้แผ่นกรองอากาศสกปรกอุดตัน ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องลดลง ซึ่งการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอทุกๆ 6 เดือน หรือจำนวน 2 ครั้ง/ปี จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องปรับอากาศได้อย่างน้อยร้อยละ 10 (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.), 2555)

ตัวอย่างวิธีการคำนวณ

กำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุงตามตาราง ข5	=	248,090.93	kWh/ปี
กำลังไฟฟ้าที่ลดได้	=	248,090.93 x 0.1	kWh/ปี
	=	24,809.09	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่มหาวิทยาลัยเรียกเก็บ	=	3.61	บาท/kWh
	=	24,809.09 x 3.61	
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	=	89,560.82	บาท

การลงทุน

บริการล้างเครื่องปรับอากาศ	=	800	บาท/ปี
จำนวนเครื่องปรับอากาศ	=	61	เครื่อง
รวมเงินลงทุน	=	48,800	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	48,800/89,560.82	
	=	0.54	ปี

7. การเปลี่ยนมาใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง

ปัญหาก่อนการปรับปรุง

จากการตรวจวัดการใช้งานเครื่องปรับอากาศ จะเห็นว่าเครื่องปรับอากาศบางส่วนมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานต่ำกว่ามาตรฐาน เนื่องจากมีอายุการใช้งานนาน ทำให้มีการใช้พลังงานค่อนข้างสูง และมีประสิทธิภาพการทำความเย็นค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศดังกล่าว มาเป็นเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงเบอร์ 5 ซึ่งมีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานสูงกว่าเครื่องปรับอากาศเดิม ดังนี้

ตัวอย่างวิธีการคำนวณ

ห้องคอมพิวเตอร์ เสิ่นจามจุรี

ขนาดของเครื่องปรับอากาศเดิม	=	25,000	Btu/hr
จำนวน	=	1	ชุด
กำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุง	=	3.23	kW
แฟกเตอร์การใช้งาน	=	80	%
ชั่วโมงใช้งาน	=	10	หลอด
วันใช้งานเปิดทอม/ปิดทอม	=	262	วัน/ปี
	=	3.23 x 1 x 10 x 262 x	
	=	0.8	

	=	6,770.08	kWh/ปี
--	---	----------	--------

ขนาดของเครื่องปรับอากาศที่นำมาทดแทน	=	25,000	Btu/hr
-------------------------------------	---	--------	--------

จำนวน	=	1	ชุด
-------	---	---	-----

กำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง	=	2.18	kW
------------------------	---	------	----

กำลังไฟฟ้าที่ลดได้	=	(3.23 - 2.18) x 1 x 10	
	=	x 262 x 0.8	

$$= 2200.8 \quad \text{kWh/ปี}$$

จากนั้นคำนวณเช่นเดียวกันกับเครื่องปรับอากาศอื่น โดยพิจารณาถึงขนาดของเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมกับขนาดของพื้นที่ห้องรวมด้วย

$$\text{ซึ่งจะได้กำลังไฟฟ้าที่ลดลงได้รวม} = 54,868.61 \quad \text{kWh/ปี}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่มหาวิทยาลัยเรียกเก็บ} = 3.61 \quad \text{บาท/kWh}$$

$$= 54,868.61 \times 3.61$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้} = 198,075.69 \quad \text{บาท}$$

การลงทุน

$$\text{ค่าเครื่องปรับอากาศและติดตั้งทั้งหมด} = 1,164,617.56 \quad \text{บาท}$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = 1,164,617.56$$

$$/198,075.69$$

$$= 5.88 \quad \text{ปี}$$

8. การเปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำอุ่นประหยัดพลังงาน

เครื่องทำน้ำอุ่นเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการติดตั้งไว้อยู่ในห้องพักฯ ในกำกับ เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่นักศึกษาภายในห้องพักฯ ซึ่งส่วนใหญ่จะติดตั้งด้วยเครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้าประหยัดพลังงานขนาด 3,500 วัตต์ แต่ยังมีบางส่วนที่ยังคงใช้เครื่องทำน้ำอุ่นรุ่นเก่าที่ใช้กำลังไฟฟ้าในช่วง 4,500 – 6,000 วัตต์ จำนวน 16 เครื่อง จาก 521 เครื่อง ซึ่งทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน ดังนั้นการเปลี่ยนมาใช้เครื่องทำน้ำอุ่นไฟฟ้าเบอร์ 5 จะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้

ตารางที่ ข.8 รายละเอียดเครื่องทำน้ำอุ่น

หอ	ยี่ห้อ	รุ่น	จำนวน	ขนาด
เชือนศรีตรัง	National	DH-777	9	6
	HITACHI	HES-45R	7	4.5

วิธีการคำนวณ

ก่อนปรับปรุง

$$\text{กำลังไฟฟ้า} = 4.6 : 6 \quad \text{kW}$$

$$\text{จำนวนเครื่อง} = 7 : 9 \quad \text{เครื่อง}$$

ชั่วโมงการใช้งานเปิดเทอม : ปิดเทอม	= 5 : 2.5	ชั่วโมง
วันทำงานเปิดเทอม : ปิดเทอม	= 262 : 55	วัน/ปี
แฟกเตอร์การใช้งาน	= 30	%
กำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุง	= $(4.6 \times 7 \times 5 \times 262 \times 0.3)$ + $(6 \times 9 \times 5 \times 262 \times 0.3)$ + $(4.6 \times 7 \times 2.5 \times 55 \times 0.3)$ + $(6 \times 9 \times 2.5 \times 55 \times 0.3)$ = 37,128.38	kWh/ปี
กำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง	= $(3.5 \times 16 \times 5 \times 262 \times 0.3)$ + $(3.5 \times 16 \times 2.5 \times 55 \times 0.3)$ = 24,318.00	kWh/ปี
กำลังไฟฟ้าที่ลดได้	= 37,128.38 - 24,318.00 = 12,810.38	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่มหาวิทยาลัยเรียกเก็บ	= 3.61	บาท/kWh
	= $12,810.38 \times 3.61$	
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	= 46,245.45	บาท
การลงทุน		
ค่าเครื่องรวมค่าติดตั้ง	= 4,690	บาท
จำนวนโคม	= 16	เครื่อง
รวมเงินลงทุน	= 75,040.00	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	= $75,040.00 / 46,245.45$ = 1.62	ปี

9. การปิดหน้าจอแสดงผลคอมพิวเตอร์เมื่อไม่ใช้งาน

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งไว้ภายในมีจำนวนเฉลี่ย 20 เครื่องต่ออาคาร เพื่อให้บริการแก่นักศึกษาในการสืบค้นข้อมูลต่างๆ ซึ่งจะเปิดให้บริการในระหว่างช่วงเวลา 9:00-22:00 น. โดยจะมีการปิดหน้าจอทิ้งไว้ตลอดเวลาที่เปิดให้บริการ ทำให้สูญเสียพลังงานไฟฟ้าโดย

เปล่าประโยชน์ประมาณร้อยละ 70 เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้าในขณะใช้งาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2552) ดังนั้นหากสามารถดำเนินการปิดหน้าจอแสดงผลคอมพิวเตอร์ได้อย่างน้อยวันละ 1 ชั่วโมงต่อเครื่อง จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ ดังนี้

ตัวอย่างวิธีการคำนวณ

เดือนพฤษภาคม

กำลังไฟฟ้า	= 0.23	kW
จำนวนเครื่อง	= 20	เครื่อง
ชั่วโมงที่ปิดหน้าจอ	= 1	ชั่วโมง
วันทำงานเปิดเทอม	= 262	วัน/ปี
แฟกเตอร์การใช้งาน	= 50	%
กำลังไฟฟ้าที่ลดได้	= $(0.23 \times 20 \times (1 \times 0.7) \times 262 \times 0.5)$	
	= 421.82	kWh/ปี

จากนั้นคำนวณเช่นเดียวกันกับส่วนอื่นๆ ซึ่งจะได้กำลังไฟฟ้า ดังนี้

กำลังไฟฟ้าที่ลดได้	= 10,267.25	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยที่มหาวิทยาลัยเรียกเก็บ	= 3.61	บาท/kWh
	= $10,267.25 \times 3.61$	
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	= 37,064.77	บาท

การลงทุน



ไม่มีการลงทุน

รายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัด

ตารางที่ ข.9 รายละเอียดเครื่องมือวัดตรวจวัด

1. เครื่องมือวัดค่าทางไฟฟ้า (Clamp multimeter) รุ่น YH351		
	Voltage (TRMS AC+DC)	6 V - 960 V (Phase-Phase) / 6 V - 480 V (Phase-Neutral conductor)
	Current (TRMS AC+DC)	100 mA to 1400 A _{DC} or. 6500 A _{AC} (each as per convertor)
	Frequency	40 - 69 Hz
	performance	W, VA, var, PF, DPF, cos ϕ , tan ϕ
	Dimensions	(L x W x H) 180 x 240 x 55 mm
	Weight	2.1 kg
2. เครื่องมือวัดค่าทางไฟฟ้า (Clamp multimeter) รุ่น YH351		
	AC current (A)	40/100/400/1000A \pm 2%
	AC voltage (V)	100/300/600V \pm 1.2%
	Active power (kW)	4/10/40/100/600 kW \pm 3.0%
	Power factor (PF)	0.3cap to 0.3ind \pm 0.02%
	Reactive power (KVAR)	4/10/40/100/600kVAR \pm 4.0%
	Active energy (kWh)	10/100/1000/10000kWh \pm 3.0%
	Frequency (Hz)	20 ~ 1000Hz 0.5%
	Power supply	4 x 1.5V AA
	Operating temperature	0° C ~ 40° C
	Dimensions	300mm x 103mm x 51mm
	Weight	Approx. 500g
3. เครื่องมือวัดความเร็วลม (Anemometer) รุ่น DA-43		
	Measuring Range	0.4~30.0 m/s , 1.4~108 km/h 80~5910 f/min , 0.8~58.3 knots
	Resolution	0.1 m/s
	Accuracy	\pm 2 %
	Temperature Range	0 ~ 60 °C , 32 ~ 140 °F
	Resolution	0.1 °C/0.1 °F
	Dimensions	76x162x32 mm.

ตารางที่ ข.10 รายละเอียดเครื่องมือวัดตรวจวัด (ต่อ)

4. เครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Thermo-hygrometer) รุ่น TH-380		
	Measuring Range	Humidity 0 to 100% RH
	Resolution	0.1%RH, 0.1 °C /0.1 °F
	Accuracy (at 25 °C)	Humidity ±2% (5~95% RH) Temperature ±0.3 °C, ±0.5 °F
	Operating Intrument	0~50 °C(+32~125 °C)
	Dimensions	168 x 73 x 73 mm.
	Weight	170 g
5. เครื่องวัดค่าความส่องสว่าง (Light meter) รุ่น LX-70		
	Measuring Range Relative	2,000 / 20,000 / 50,000
	Accuracy	±2 %
	Dimensions	108 x 73 x 23 mm.



ภาคผนวก ค

ปริมาณขยะของหอพักนักศึกษาและมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ ค.1 จุดทิ้งขยะของหอพักนักศึกษา

จุดทิ้งขยะ	พื้นที่ครอบคลุม
เอนดอกแก้ว (หอพักหญิงอาคาร 8)	หอหญิงอาคาร 1,เอนดอกแก้ว (หอพักหญิงอาคาร 8)
เอนฝ้ายคำ (หอพักหญิงอาคาร 4)	เอนฝ้ายคำ (หอพักหญิงอาคาร 4),เอนพวงคราม (หอพักหญิงอาคาร 5),เอนเอื้องผึ้ง (หอพักหญิงอาคาร 6),เอนบัวระวงศ์ (หอพักหญิงอาคาร 7)
เอนลีลาวดี (หอพักหญิงอาคาร 2)	เอนลีลาวดี (หอพักหญิงอาคาร 2)
เอนกัลปพฤกษ์ (หอพักชายอาคาร 5)	เอนชอมพอลวง (หอพักชายอาคาร 3), เอนอินทนิล (หอพักชายอาคาร 4), เอนกัลปพฤกษ์ (หอพักชายอาคาร 5), เอนจามจุรี (หอพักชายอาคาร 6)
เอนชงโค (หอพักชายอาคาร 7)	เอนสักทอง (หอพักชายอาคาร 2),เอนชงโค (หอพักชายอาคาร 7)
เอนบัวตอง (หอพักหญิงอาคาร 9)	เอนบัวตอง (หอพักหญิงอาคาร 9)
เอนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)	เอนกาสะลอง (หอพัก 40 ปี)และ เอนพวงชมพู (หอพักสี่ชมพู)
ศูนย์อาหารมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (อมช.)	เอนทองกวาว (หอพักหญิงอาคาร 3)และ ศูนย์อาหารมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (อมช.)
เอนศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ)	เอนศรีตรัง (หอพักแม่เหิยะ)

ตารางที่ ค.2 ปริมาณขยะของหอพักนักศึกษา

จุดทิ้งขยะ	ช่วงมีการเรียนการสอนปกติ (kg/วัน)						
	จันทร์	อังคาร	วันพุธ	พฤหัสบดี	วันศุกร์	วันเสาร์	อาทิตย์
เอนดอกแก้ว	69.30	118.8	29.70	110.90	118.80	41.30	79.20
เอนฝ้ายคำ	297.00	610.00	245.60	473.50	529.00	287.10	402.00
เอนลีลาวดี	39.60	23.80	108.00	33.70	36.70	59.40	23.70
เอนกัลปพฤกษ์	374.30	332.70	271.50	507.00	491.50	271.50	462.70
เอนชงโค	83.30	61.50	26.70	89.10	69.30	107.00	47.60
เอนบัวตอง	69.30	67.40	54.50	120.90	81.20	59.40	49.50
เอนกาสะลอง	99.00	166.50	122.80	198.00	190.20	178.20	188.10
อมช.	972.00	654.50	626.80	798.40	832.00	345.00	253.50
เอนศรีตรัง	7.88	8.00	5.84	9.16	9.23	5.30	5.92
รวม	2,003.80	2,035.20	1,485.60	2,331.50	2,348.70	1,348.90	1,506.30

ตารางที่ ค.2 ปริมาณขยะของหอพักนักศึกษา (ต่อ)

จุดทิ้งขยะ	ช่วงไม่มีการเรียนการสอน (kg/วัน)		
	20-ต.ค.-53	18-ต.ค.-53	22 - ต.ค 53
เีือนดอกแก้ว	47.50	50.00	43.00
เีือนฝ้ายคำ	115.50	70.00	158.50
เีือนลีลาวดี	5.00	11.00	17.00
เีือนกัลปพฤกษ์	152.00	129.00	235.70
เีือนชงโค	15.00	13.40	12.60
เีือนบัวตอง	100.00	130.00	0.00
เีือนกาสะลอง	48.00	44.00	44.00
อมช.	120.00	164.00	232.00
เีือนศรีตรัง	6.20	6.29	7.64
รวม	603.00	611.40	742.80



ภาคผนวก ง

ตัวอย่างแบบสอบถามการคมนาคมของบุคลากรและนักศึกษา หอพักนักศึกษา

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แบบสอบถาม

เรื่อง การคมนาคมของนักศึกษาที่อาศัยอยู่หอพักมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วัตถุประสงค์

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ของกิจกรรมต่างๆ ของผู้ที่เกี่ยวข้องกับหอพักมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อจัดทำข้อมูลในการคำนวณคาร์บอนเครดิตของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ต่อไป ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามจะทำการวิเคราะห์ในภาพรวม โดยไม่ถูกเผยแพร่ ขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถามทุกข้อตามความเป็นจริงมากที่สุด

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับเส้นทางที่ผู้ตอบแบบสอบถามใช้ในการเดินทางไป

เรียน

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัว

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ที่ตรงกับข้อมูลของท่าน หรือกรอกข้อความลงในช่องว่าง

1. ท่านศึกษาอยู่คณะ..... สาขาวิชา

2. เพศ

☐ ชาย

☐ หญิง

3. ชั้นปีที่กำลังศึกษา

☐ ปี 1

☐ ปี 2

☐ ปี 3

☐ ปี 4

☐ อื่นๆ ระบุ.....

4. ท่านอาศัยอยู่หอพักใดในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (โปรดระบุ)

5. ท่านเดินทางไปเรียนโดยใช้พาหนะแบบใด ?

☐ รถโดยสารสาธารณะ

☐ รถสี่ล้อแดง

☐ รถไฟฟ้า (ข้ามไปตอบต่อในตอนที่ 2)

☐ พาหนะส่วนตัว

6. โปรดระบุประเภท, ยี่ห้อ, รุ่น และขนาดเครื่องยนต์ ของรถส่วนตัวที่ท่านใช้
ประเภท ☐ จักรยาน ☐ จักรยานยนต์ ☐ รถยนต์ ☐ รถกระบะ ☐ อื่นๆ ระบุ.....

ยี่ห้อ

รุ่น ขนาดเครื่องยนต์

7. ชนิดของเชื้อเพลิงที่ท่านใช้คือ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

☐ เบนซิน 91

☐ แก๊สโซฮอล์ 91

☐ E-20

☐ เบนซิน 95

☐ แก๊สโซฮอล์ 95

☐ ดีเซล

☐ ดีเซล B5

☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

ตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับระยะทางที่ผู้ตอบแบบสอบถามใช้ในการเดินทางไปเรียน

1. จำนวนวิชาที่ท่านลงทะเบียนเรียน.....

2. กรุณาวาดเส้นทางในการเดินทางไปเรียนในแต่ละวัน ตามตัวอย่าง

(กรณีระบุประเภทพาหนะ)

ตัวอย่างที่ 1. กรณีใช้พาหนะส่วนตัว



ตัวอย่างที่ 2. กรณีใช้รถโดยสารสาธารณะ



วันจันทร์

วันอังคาร

วันพุธ

วันพฤหัสบดี

วันศุกร์

แบบสอบถาม

เรื่อง การคมนาคมของบุคลากรหอพักมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วัตถุประสงค์

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ของกิจกรรมต่างๆ ของผู้ที่เกี่ยวข้องกับหอพักมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อจัดทำข้อมูลในการคำนวณคาร์บอนเครดิตของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ต่อไป ข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามจะทำการวิเคราะห์ในภาพรวม โดยไม่ถูกเผยแพร่ ขอความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถามทุกข้อตามความเป็นจริงมากที่สุด

คำชี้แจง

กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ที่ตรงกับข้อมูลของท่าน หรือกรอกข้อความลงในช่องว่าง

1. ท่านสังกัดสำนักงานหอพัก หน่วยงานใด
☐ สำนักงานหอพัก
☐ ประจำหอพัก โปรดระบุ.....
2. เพศ
☐ ชาย ☐ หญิง
3. ท่านพักอาศัยอยู่ที่ใด
☐ บ้านพักภายในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (โปรดระบุ)..... (ข้ามไปตอบข้อ 6)
☐ ภายนอกมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (โปรดระบุ) ตำบล อำเภอ.....
4. กรณีที่ท่านพักอาศัยอยู่ภายนอกมหาวิทยาลัย ระยะทางที่ใช้ในการเดินทางมายังมหาวิทยาลัยโดยประมาณเท่าใด (โปรดระบุ).....กิโลเมตร
5. กรณีที่ท่านพักอาศัยอยู่ภายนอกมหาวิทยาลัย ท่านใช้ประตูดังใดในการ เข้า-ออก?
☐ ประตูหน้ามหาวิทยาลัย ☐ ประตู ป.ต.ท. ☐ ประตูไฟลั่ม
☐ ประตูคณะเกษตรศาสตร์ ☐ ประตูคณะวิศวกรรมศาสตร์
☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

6. ท่านเดินทางมาทำงานโดยใช้พาหนะแบบใด ?

- ☐ รถโดยสารสาธารณะ (ข้ามไปตอบในข้อที่ 9)
☐ พาหนะส่วนตัว (ตอบแบบสอบถามข้อ 7-8 เท่านั้น)

7. โปรดระบุประเภท, ยี่ห้อ, รุ่น และขนาดเครื่องยนต์ ของรถส่วนตัวที่ท่านใช้

ประเภท ☐ จักรยาน ☐ จักรยานยนต์ ☐ รถยนต์ ☐ รถกระบะ ☐ อื่นๆ ระบุ.....

ยี่ห้อ

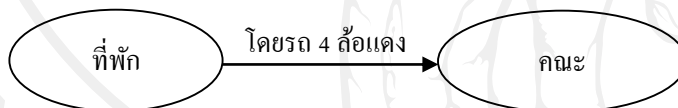
รุ่น ขนาดเครื่องยนต์

8. ชนิดของเชื้อเพลิงที่ท่านใช้คือ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ☐ เบนซิน 91 ☐ แก๊สโซฮอล์ 91 ☐ E-20
☐ เบนซิน 95 ☐ แก๊สโซฮอล์ 95
☐ ดีเซล ☐ ดีเซล B5 ☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

9. กรุณาวาดเส้นทางในการเดินทางด้วยรถโดยสารสาธารณะ ตามตัวอย่าง

(กรุณาระบุประเภทรถโดยสาร และระยะทางโดยประมาณ)



ขามา

ขากลับ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล

นางสาวจารุวรรณ มั่นอำ

วัน เดือน ปีเกิด

30 ตุลาคม 2530

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ปีการศึกษา 2552