

การประเมินประสิทธิภาพพลังงาน และแนวทางการปรับปรุงอาคาร
พลังงานสุทธิเป็นศูนย์: กรณีศึกษา อาคารสถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิต
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

Energy Efficiency Assessment and Net Zero Energy Building
Improvement Guidelines: A Case Study at the Lifelong Learning
Institute Building, Chiang Rai Rajabhat University

นเรศ ไญ้วงศ์^{1*} และจรรย์ คนแรง²

Naret Yaiwong^{1*} and Jarun Khonrang²

^{1,2}คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย 80 ม.9 ต.บ้านคู อ.เมือง จ.เชียงราย 57100

โทร 0 5377 6015 E-mail: naret.yai@crru.ac.th

^{1,2}Faculty of Industrial Technology, Chiang Rai Rajabhat University.

80 Moo 9 Bandu Muang Chaing Rai. 57000 Tel. 0 5377 6015 E-mail: naret.yai@crru.ac.th

วันที่รับบทความ 19 กรกฎาคม 2564
Received: Jul. 19, 2021

วันที่รับแก้ไขบทความ 21 ตุลาคม 2564
Revised: Oct. 21, 2021

วันที่ตอบรับบทความ 8 ธันวาคม 2564
Accepted: Dec. 8, 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคารสถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย โดยสำรวจเก็บข้อมูลโครงสร้างอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code) การวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงอาคารให้มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building) ผลการประเมิน พบว่า ระบบรอบอาคารมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) มีค่าเท่ากับ 77.60 W/m² และ 12.94 W/m² ตามลำดับ ซึ่งค่า OTTV ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ข้อมูลของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และการใช้พลังงานรวม เท่ากับ 3.79 W/m², 3.22, 189,804.02 kWh/year ตามลำดับ ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามข้อกำหนดโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร

จากการศึกษาแนวทางแก้ไขประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร โดยกำหนด 2 แนวทาง คือ แนวทางที่ 1 การเพิ่มประสิทธิภาพของกรอบอาคาร โดยการเพิ่มฉนวนที่ผนัง และเปลี่ยนกระจกเป็นกระจกประหยัดพลังงาน พบว่า ผลประเมินระบบรอบอาคารค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (OTTV) ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และแนวทางที่ 2 การเลือกใช้เทคโนโลยีพลังงานทดแทนโดยการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ขนาด 12 kWp ซึ่งเพียงพอต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร ทำให้การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ สามารถเป็นต้นแบบอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เพื่อเตรียมความพร้อมเข้าสู่มหาวิทยาลัยสีเขียว

คำสำคัญ: การประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร, อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์

Abstract

This research focused on an assessment of the energy efficiency at the Lifelong Learning Institute Building at Chiang Rai Rajabhat University. The building structure, lighting system, air conditioning system, and electrical equipment were investigated and analyzed according to the Building Energy Code (BEC). They were then analyzed in preparation for potential building improvement to create a net zero energy building. The evaluation result of the building envelope system found that the overall thermal transfer value (OTTV) and roof thermal transfer value (RTTV) were 77.60 W/m^2 and 12.94 W/m^2 respectively, with only the RTTV value meeting the standard. The data relating to the lighting system, air conditioning system and total energy consumption were 3.79 W/m^2 , 3.22 and $189,804.02 \text{ kWh/year}$ respectively, all meeting the standards as required in the building energy code.

This research also investigated energy efficiency building solutions according to 2 guidelines. Guideline 1 related to efficiency increasing of the building envelope by adding wall insulations and replacing the glass with energy saving glass. It was found that the OTTV value met the standard. Guideline 2 related to the selection of renewable energy technology using a 12 kWp solar rooftop installation. The result found that the electrical energy was sufficient for this building giving net zero energy. This can serve as a model for net zero energy buildings at Chiang Rai Rajabhat University and green university preparation.

Keywords: Energy Efficiency Assessment, Net Zero Energy Building

1. บทนำ

จากปัญหาสภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน จึงเป็นสาเหตุที่ต้องมีการอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทย ทำให้เกิดนโยบายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน และการใช้พลังงานทดแทน โดยเฉพาะเกณฑ์ในอาคารทำให้กระทรวงพลังงาน โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้ออกกฎกระทรวงกำหนดประเภทหรือ ขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์ วิธีในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2552 (Coordinating center for energy conservation building design, 2019) ซึ่งมีผลบังคับใช้กับอาคารที่จะขออนุญาตสร้างใหม่หรือดัดแปลงอาคารให้มีการออกแบบเป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมาย ซึ่งการดำเนินงานจะต้องมีการเตรียมความพร้อมเพื่อให้เกิดความเข้าใจ ได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน ซึ่งแผนอนุรักษ์พลังงานระยะ 20 ปี (พ.ศ.2554 - พ.ศ.2573) ได้กำหนดนโยบายด้านการอนุรักษ์พลังงานในระยะยาว เป้าหมายยกระดับศักยภาพพลังงานของอาคารภาครัฐและเอกชนให้สูงขึ้น โดยประเมินจากเกณฑ์มาตรฐานอาคารอนุรักษ์พลังงาน จากเกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานขั้นต่ำที่บังคับใช้ในปัจจุบัน ให้เป็นเกณฑ์การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี พ.ศ.2573 เริ่มจากการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคารของหน่วยงานภาครัฐและสนับสนุนให้อาคารของหน่วยงาน

ภาครัฐแสดงบทบาทการเป็นผู้นำและเป็นแบบอย่างที่ดีแก่หน่วยงานและอาคารประเภทอื่น ๆ และส่งเสริมให้มีการออกแบบอาคารต้นแบบอาคารราชการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อเผยแพร่ให้แก่หน่วยงานและผู้ที่เกี่ยวข้อง ถือเป็นการวางรากฐานเพื่อปรับระดับประสิทธิภาพพลังงานสู่อาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ในอนาคต

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงานได้ส่งเสริมให้ทุนสนับสนุนโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร และโครงการพลังงานทดแทนการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา (Srisukpornchai, N., et al. 2020) โดยใช้โปรแกรมแบบจำลองเพื่อคำนวณกำลังผลิตไฟฟ้า และพื้นที่การติดตั้งแผง (Pholnak, C, et al., 2017) เพื่อส่งเสริมแนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (Poophet, M. and Khunthong J., 2016) และการส่งเสริมแนวทางการปรับปรุงอาคารสู่การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ในอาคารสำนักงานราชการ (Tanrattanawong, S. and Chindavanig, T., 2019) และสำนักงานภาครัฐ (Anusakdakul, W., 2016) เพื่อเตรียมความพร้อมในการขอเงินรับทุน ทางมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จึงได้ทำการศึกษาออกแบบอาคารให้มีใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารเป็นศูนย์

ดังนั้น งานวิจัยนี้จะทำการประเมินการใช้พลังงานของอาคาร โดยโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code) และเพื่อใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building) อ้างอิงตามมาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานจากกระทรวงพลังงาน โดยทำการเลือกอาคารอาคารสถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิตเป็นอาคารต้นแบบ ซึ่งอาคารสถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิต อาคารประเภทสถานศึกษา เปิดทำการเวลา 8.30 – 16.30 น. วันจันทร์ถึงวันศุกร์ มีอายุการใช้งานไม่ต่ำกว่า 20 ปี จะต้องมีการปรับปรุงประสิทธิภาพอาคารลักษณะของผนังอาคาร หลังคาของอาคารรับแสงแดดตลอดเวลา เหมาะสมกับการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งในช่วงตอนกลางวันได้ เพื่อพัฒนาโครงการมหาวิทยาลัยสีเขียว

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อประเมินการใช้พลังงานของอาคารสถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิต
- 2.2 เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขอบเขตการศึกษา

1. ด้านเนื้อหา

- 1) สำรวจและเก็บข้อมูลจริงข้อมูลโครงสร้างอาคาร กรอบอาคาร ระบบไฟฟ้า แสงสว่างระบบปรับอากาศ และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร
- 2) ประเมินการใช้พลังงานของอาคารตามกฎหมายกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคารและมาตรฐาน หลักเกณฑ์ วิธีในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2552 โดยใช้โปรแกรม Building Energy Code
- 3) หาแนวทางการปรับปรุงอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์

2. กลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลโครงสร้างอาคาร กรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของอาคารอาคารสถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิต

3. ด้านเวลา

มกราคม 2563 – ธันวาคม 2563

4. ด้านสถานที่

อาคารสถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

อาคารที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ทางผู้วิจัยได้ทำการเลือกอาคารตัวอย่างที่จะศึกษา โดยคัดเลือกจากอาคารสำนักงานที่มีการใช้งานประจำ และอาคารต้นแบบในการพัฒนาตามนโยบายของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย



ภาพที่ 1 แสดงอาคารสถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

อาคารสถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิต มีพื้นที่ปรับอากาศทั้งหมด 1,297.78 ตารางเมตร พื้นที่ไม่ปรับอากาศทั้งหมด 178.33 ตารางเมตร และมีพื้นที่รวมทั้งหมด 1,476.11 ตารางเมตร โดยโครงสร้างอาคารจะรับความร้อนในช่วงบ่ายทางทิศตะวันตก และทิศใต้ของดวงอาทิตย์ ทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้น และมีโครงสร้างหลังคาของอาคารหันไปทางทิศใต้ ซึ่งเหมาะสมในการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา

3.2 ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษางานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองค่าการถ่ายเทความร้อนและการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารสถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยใช้โปรแกรมจำลองสภาพอาคาร BEC V 1.06 (Building Energy Code) และนำผลการจำลองที่ได้มาเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงอาคาร เพื่อให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานสู่การใช้พลังงานสุทธิเท่ากับศูนย์ โดยมีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลในการดำเนินวิจัย ดังนี้

- 1) แบบสำรวจข้อมูลการใช้พลังงานของอาคาร ประกอบด้วยข้อมูลโครงสร้างอาคาร กรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร
- 2) เครื่องมือตรวจวัดการใช้พลังงานของอาคาร ผ่านการสอบเทียบตามค่ามาตรฐาน ประกอบด้วยดังนี้

ตารางที่ 2 รายการเครื่องมือ ช่วงการทำงาน ความแม่นยำ และความละเอียด

รายการเครื่องมือ	ช่วงการทำงาน	ความแม่นยำ	ความละเอียด
Clamp Meter (HIOKI)	600 A	$\pm 2\%$	0.10 A
Power Clamp Meter (DIGICON)	600.0 kW	$\pm 2\%$	0.10 W
	600.0 V	$\pm 0.5\%$	0.10 V
	1000 A	$\pm 1\%$	1.0 A
Hot Wire Anemometer (DIGICON)	0.2 to 0.5 m/s	$\pm 3\%$	0.01 m/s
Thermometer (DIGICON)	-50.0 – 1,300.0 C	$\pm 4\%$	0.1 C
Light Meters (Kepler)	20,000 Lux	$\pm 3\%$	0.01 Lux
Tape Measure (Proma)	30 m	-	0.01 m

3) โปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (Building Energy Code) เป็นเกณฑ์การมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร โดยกระทรวงพลังงานได้ออกกฎกระทรวงกำหนดเกณฑ์มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ซึ่งมีผลบังคับใช้กับอาคารที่จะขออนุญาตก่อสร้างใหม่หรือดัดแปลงอาคาร โดยจะตรวจสอบการใช้พลังงานตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบว่าเป็นไปตามกฎหมายหรือไม่ แล้วจึงอนุญาตให้ก่อสร้างหรือดัดแปลงได้ โดยต้องออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการที่กำหนดในกฎกระทรวง 6 ระบบหลัก ดังนี้ 1) ระบบกรอบอาคาร 2) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 3) ระบบปรับอากาศ 4) อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน 5) การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และ 6) การใช้พลังงานหมุนเวียน

3.3 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

1. สำรวจเก็บข้อมูลโครงสร้างอาคาร กรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของอาคารสถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิต แสดงข้อมูลได้ดังนี้

1) ข้อมูลระบบไฟฟ้าแสงสว่าง พบว่า หลอดไฟในพื้นที่ปรับอากาศมีทั้งหมดมีหลอดไฟ 298 หลอด มีขนาด 20 W จำนวน 4 หลอด ขนาด 16 W จำนวน 119 หลอด ขนาด 15 W จำนวน 142 หลอด ขนาด 10 W จำนวน 20 หลอด และขนาด 9 W จำนวน 13 หลอด และพื้นที่ไม่ปรับอากาศสว่างทั้งหมดมีหลอดไฟ 86 หลอด มีขนาด 20 W จำนวน 6 หลอด ขนาด 16 W จำนวน 5 หลอด ขนาด 15 W จำนวน 43 หลอด และขนาด 10 W จำนวน 32 หลอด รวมเป็นจำนวนหลอดไฟทั้งหมด 384 หลอด

2) ข้อมูลระบบเครื่องปรับอากาศ ทั้งหมดจำนวน 33 เครื่อง มีขนาดทำความเย็นสูงสุด 17.60 kW และมีขนาดทำความเย็นน้อยที่สุด 2.50 kW

3) ข้อมูลเครื่องใช้ไฟฟ้าสำนักงาน ทั้งหมด 78 เครื่อง มีการใช้พลังงานไฟทั้งหมด เท่ากับ 38.70 kW

2. นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริงในปี 2563 มาทำการประเมินประสิทธิภาพ พลังงานโดยโปรแกรม Building Energy Code

3. การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการประเมินประสิทธิภาพพลังงาน (ก่อนปรับปรุงอาคาร) ตามข้อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานอาคารอนุรักษ์พลังงาน

4. หาแนวทางการลดการใช้พลังงาน และการปรับปรุงอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์

$$\text{Net Energy} = \sum \text{Energy Consumption} - \sum \text{Energy Generation} = 0 \quad (1)$$

5. ทำการประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร (หลังปรับปรุงอาคาร) และวิเคราะห์ ข้อมูลผลการประเมินหลังการปรับปรุงอาคารตามข้อกำหนดเกณฑ์มาตรฐานอาคารอนุรักษ์พลังงาน

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

งานวิจัยนี้จะทำการประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคารสถาบันการเรียนรู้ ตลอดชีวิต โดยโปรแกรม Building Energy Code และวิเคราะห์ผลการประเมินตามข้อกำหนดเกณฑ์ มาตรฐานอาคารอนุรักษ์พลังงาน หลังจากนั้นหาแนวการปรับปรุงอาคารให้ผ่านข้อกำหนดเกณฑ์ มาตรฐานอาคารอนุรักษ์พลังงาน และหาแนวทางการลดการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ของอาคาร สถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยคัดเลือกเทคโนโลยีพลังงานทดแทนที่มีการส่งเสริมการใช้งาน ในปัจจุบัน

4. ผลการวิจัย

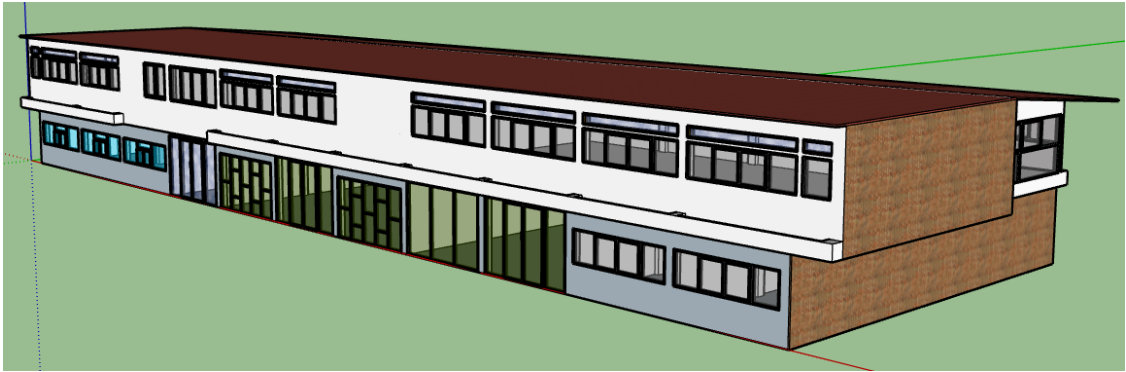
4.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคารสถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิต

จากศึกษาการประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคารสถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยทำการเก็บข้อมูลจริงของโครงสร้างอาคาร กรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด และนำข้อมูลที่ได้กรอกข้อมูลลงในโปรแกรม Building Energy Code

ตารางที่ 4 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพพลังงาน (ก่อนปรับปรุง)

รายการ	ผลการศึกษา	เกณฑ์มาตรฐาน	ผลการประเมิน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก อาคาร (OTTV) (W/m ²)	77.60	50	ไม่ผ่าน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) (W/m ²)	12.94	15	ผ่าน
ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุด (PLD) (W/m ²)	3.79	14	ผ่าน
ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP)	3.22	3.22	ผ่าน
ค่าการใช้พลังงานรวม (kWh/year)	189,804.02	-	ผ่าน

จากตารางที่ 4 พบว่า ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (OTTV) ของอาคาร มีค่าเกินเกณฑ์ที่กำหนด ทำให้ผลการประเมินไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ส่วนค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร (RTTV) ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุด (PLD) ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) และค่าการใช้พลังงานรวม (kWh/year) ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารอนุรักษ์พลังงาน



ภาพที่ 2 แสดงแบบแปลนอาคารสถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิต

อาคารสถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิต มีวัสดุผนังทึบแสงประกอบคอนกรีต บล็อกกลวง ปูนฉาบ ผนังแผ่นเรียบสมาร์ทบอร์ด วัสดุผนังกระจกโปร่งแสง และโครงสร้างหลังคาทำจากเหล็ก มุงด้วยกระเบื้องซีเมนต์ไยหิน โครงสร้างอาคารผนังโปร่งแสงทางทิศใต้ และพื้นที่หลังคาอาคารจะรับความร้อนทั้งวัน ดังนั้น จึงทำการปรับปรุงระบบกรอบอาคารโดยการเปลี่ยนกระจก และติดตั้งฉนวน และฉีดยาโฟมใต้หลังคาให้ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานอาคารอนุรักษ์พลังงาน โดยทำการเปลี่ยนวัสดุ กรอบอาคาร

ตารางที่ 5 วัสดุของระบบกรอบอาคารที่ทำการปรับปรุง

รายการ	ขนาด (mm)	ราคา (Baht/m ²)	พื้นที่การติดตั้ง (m ²)	จำนวนเงิน (Baht)
กระจก Silver Color Single Low-E on clear 12 mm (12-12-12)	12	1,082.66	273.00	295,567.91
โฟมโพลีเอทิลีน	20	684.16	366.98	251,073.04
แผ่นยิปซัมบอร์ด	9	42.95	366.98	15,761.79
รวม			1,006.96	562,402.74

จากการเปรียบเทียบผลการประเมินค่า OTTV พบว่า ค่า OTTV ก่อนปรับปรุง 77.60 W/m² หลังปรับปรุงลดลง 47.61 W/m² ลดลงเทียบเท่า 29.99 W/m² และการใช้พลังงานรวมก่อนปรับปรุง 189,804.02 kWh/year หลังปรับปรุงลดลง 174,438.55 kWh/year ลดลงเทียบเท่า 15,365.47 kWh/year คิดเป็นเงินค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ เท่ากับ 60,847.26 Baht/year

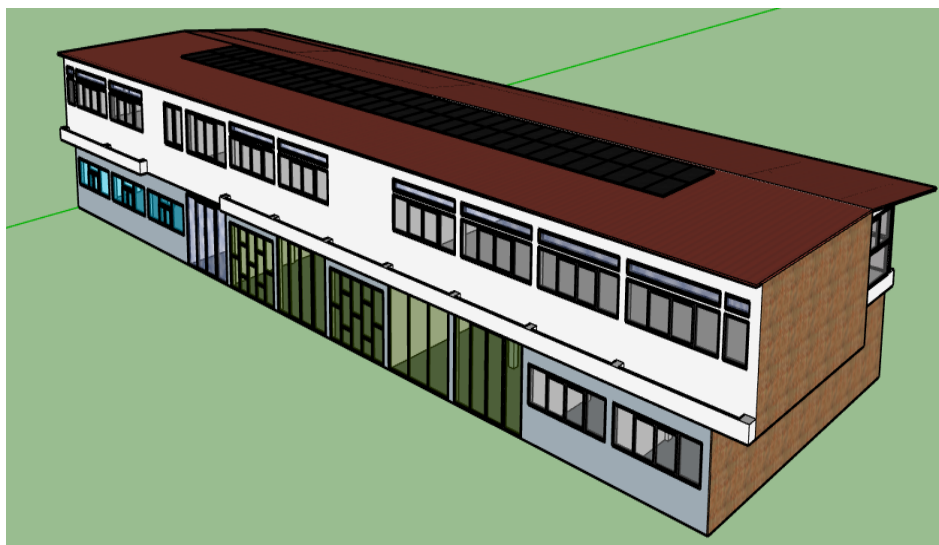
ตารางที่ 6 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพพลังงาน (หลังปรับปรุง)

รายการ	ผลการศึกษา	เกณฑ์มาตรฐาน	ผลการประเมิน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) (W/m^2)	47.64	50	ผ่าน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) (W/m^2)	12.94	15	ผ่าน
ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุด (PLD) (W/m^2)	3.79	14	ผ่าน
ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP)	3.22	3.22	ผ่าน
ค่าการใช้พลังงานรวม (kWh/year)	174,438.55	-	ผ่าน

จากตารางที่ 6 พบว่า การปรับปรุงระบบกรอบอาคาร ทำให้ค่าการใช้พลังงานรวมลดลงเท่ากับ 15,365.47 kWh/year คิดเป็นร้อยละ 8.10 เมื่อเทียบผลประเมินก่อนปรับปรุงอาคาร

4.2 ผลการศึกษานโยบายการปรับปรุงอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์

ปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ติดตั้งบนหลังคามิมีบทบาทสำคัญในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยในประเทศไทย (Srisukpornchai, N., et al. 2020) งานวิจัยนี้ได้เสนอแนวทางการปรับปรุงอาคารสถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิตพลังงานให้มีการใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ โดยการเลือกใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา และใช้โปรแกรมจำลองระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรม PVsyst 7.1 ในการวิเคราะห์ข้อมูล จากการสำรวจข้อมูลอาคาร พบว่า อาคารตั้งอยู่ในพิกัดละติจูด 19.98°N และลองจิจูด 99.85°E หลังคาหันไปทางทิศใต้ มีความต้องการการใช้ไฟฟ้าพื้นฐาน (Base Load) อยู่ที่ 8.18 kW ซึ่งสามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ขนาด 12 kWp เพื่อตอบสนองความต้องการการใช้ไฟฟ้าพื้นฐาน เพื่อให้การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ซึ่งพื้นที่ใช้ในการติดตั้งทั้งหมด 73.70 m^2 เอียงของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ เท่ากับ 15° ตามความลาดชันหลังคา และทิศทางการวางทำมุม 0° แสดงดังภาพที่ 3 ชนิดแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่ติดตั้ง Jinkosolar JKM 320PP-72 (Plus) 320 Wp จำนวน 38 แผง และชนิดอินเวอร์เตอร์ Huawei Technologies SUN2000-12KTL-M0 12 kWac 3-phase จำนวน 1 เครื่อง



ภาพที่ 3 รูปแบบการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ขนาด 12 kWp

จากผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา พบว่า โครงการนี้น่าลงทุนเนื่องจากมีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าระบบพลังงานแสงอาทิตย์ต่ำกว่าต้นทุนไฟฟ้าจากสายส่ง เท่ากับ 2.3 Baht/kWh แสดงดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 แสดงผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา

รายการ	ปริมาณ	หน่วย
ต้นทุนการติดตั้งระบบ On-grid 12 kWp	342,000	Baht
ต้นทุนการดำเนินการในการบำรุงรักษาระบบ	3,000	Baht/year
อายุโครงการ	25	year
อัตราการคิดลด	7	%
อัตราเงินเฟ้อ	5	%
อัตราการเสื่อมของแผงเซลล์แสงอาทิตย์	0.5	%
ต้นทุนไฟฟ้าจากสายส่ง	4.2	Baht/kWh
ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าตลอดอายุของโรงไฟฟ้าหารด้วยปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ (LCOE)	1.9	Baht/kWh
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	1,108,981.5	Baht
ค่าผลตอบแทนของการลงทุน (ROI)	324.3	%
ระยะเวลาคืนทุน (PP)	5.2	year

แหล่งที่มา: Chiang Rai Rajabhat University. A complete report on the promotion of renewable energy in government agencies – Chiang Rai Rajabhat University. [Cited March 2021] (in Thai).

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

จากผลการประเมินการใช้พลังงานของอาคารสถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิต พบว่าระบบกรอบอาคารมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (OTTV) เท่ากับ 77.60 W/m^2 ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) เท่ากับ 12.94 W/m^2 ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เท่ากับ 3.79 W/m^2 ระบบปรับอากาศ เท่ากับ 3.22 และการใช้พลังงานรวม เท่ากับ 189,804.02 kWh/year มาตรฐานตามข้อกำหนดโปรแกรมประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคาร งานวิจัยนี้ได้ทำเลือกแนวทางการปรับปรุงอาคารดังนี้

แนวทางที่ 1 ออกแบบปรับปรุงระบบกรอบอาคารให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารอนุรักษ์พลังงาน โดยการทำการเปลี่ยนเป็นกระจก Silver Color Single Low-E on clear เพิ่มฉนวนกันความร้อนโฟมโพลีเอทิลีนและแผ่นยิปซัมบอร์ด และผลประเมินระบบกรอบอาคารหลังการปรับปรุง พบว่า ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก (OTTV) ลดลง เท่ากับ 29.99 W/m^2 คิดเป็นร้อยละ 61.39 และทำให้ค่าการใช้พลังงานรวมลดลง เท่ากับ 15,365.47 kWh/year คิดเป็นร้อยละ 8.10 ผ่านเกณฑ์มาตรฐานอาคารอนุรักษ์พลังงานทุกข้อกำหนด

แนวทางที่ 2 เป็นการปรับปรุงอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ โดยการเลือกใช้เทคโนโลยีพลังงานทดแทน โดยการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคา ขนาด 12 kWp สามารถทดแทนการพลังงานไฟฟ้าของอาคารสถาบันการเรียนรู้ตลอดชีวิต มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายทั้งหมด ทำให้การใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์

สามารถเป็นต้นแบบอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เพื่อขยายผลไปยังอาคารต่าง ๆ และเตรียมความพร้อมเข้าสู่มหาวิทยาลัยสีเขียว

6. เอกสารอ้างอิง

- Chiang Rai Rajabhat University. (2017). **A complete report on the promotion of renewable energy in government agencies–Chiang Rai Rajabhat University.** (in Thai)
- Coordinating center for energy conservation building design. (2019). **Building Energy Code (BEC).** [online]. Available: <http://new.2e-building.com/>. Access on January 10, 2019. (in Thai)
- Poophet, M. and Khunthong, J. (2016). The study of Building Development for Energy Efficiency: Case Study of Educational Buildings. **Building Innovation 2016: B-inno2016.** pp. 358-366. (in Thai)
- Pholnak, C., et al. (2017). Efficiency Evaluation of 3 kW Photovoltaic Rooftop and Grid Connected System by Using PVsyst Programmed ModelingSimulation. **Thaksin University Journal.** Special Edition. Vol.20 (27) 2017. (in Thai).

- Srisukpornchai, N., et al. (2020). Study of Grid-Connected Rooftop Solar Photovoltaic System and Its Installation Potential for Universities in Thailand. **The Golden Teak: Science and Technology Journal**, 7(1), 1-13. (in Thai)
- Tanrattanawong, S. and Chindavanig, T. (2019). Improving Energy Efficiency in Building to Net Zero Energy Building: A Case Study Standard Government Office Building. **Senate**. 4/2562. 523-535. (in Thai)
- Wongsiya, A. (2016). **GUIDELINES FOR DEVELOPMENT OF NET ZERO ENERGY BUILDINGS FOR GOVERNMENTAL OFFICE BUILDINGS IN THAILAND**. the Requirements for the Degree Master of Architecture Program in Architecture, Silpakorn University. (in Thai)