

การปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก : กรณีศึกษาอาคารสถานศึกษาอาชีวศึกษา Modification of Building Envelope Materials to Reduce Greenhouse Gas Emission : A Case Study of Vocational Education Building

บุษกร ดวงแก้ว* และ สัทธา ปัญญาแก้ว**
Busakorn Duangkaew* and Satta Panyakaew**

Received : July 26, 2021

Revised : November 30, 2021

Accepted : February 1, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุกรอบอาคาร ประกอบด้วยส่วนของผนังทึบแสง, ผนังโปร่งแสง และหลังคา ของอาคารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) จากแบบมาตรฐาน เพื่อหาแนวทางในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ ประเภทอาคารสถานศึกษา (Building energy code, BEC) คำนวณโดยใช้โปรแกรม BEC v.1.0.6 ผลการคำนวณมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เท่ากับ 60.396 วัตต์/ตร.ม. ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือไม่เกิน 50 วัตต์/ตร.ม. และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) เท่ากับ 15.222 วัตต์/ตร.ม. ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือไม่เกิน 15 วัตต์/ตร.ม. ซึ่งในการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปของกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO_2eq) ด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิต เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ตรวจสอบ โดยใช้โปรแกรม SimaPro 9.1.1 มีขอบเขตการศึกษา คือ Cradle to gate ซึ่งพิจารณาตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบในการก่อสร้าง ไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง ไม่รวมกระบวนการก่อสร้างอาคาร, การใช้งานและการรื้อถอนอาคาร จากผลการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารก่อนการปรับปรุง มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 51,197.99 kgCO_2eq ซึ่งผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ หลังคา และกระจกใส หนา 5 มม. ตามลำดับ จากผลการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารที่ผ่านเกณฑ์ BEC พบว่า ผนังทึบแสง คือ ผนังคอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซัมบอร์ด, วัสดุหลังคา คือ หลังคาที่มีการเพิ่มความหนาฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ความหนา 25 มม. และวัสดุผนังโปร่งแสง คือ กระจก Dark Coolgray Float Glass 5 mm. มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงเหลือ 50,029.36

* หลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร กรุงเทพมหานคร 10200 (บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์เรื่อง การปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก : กรณีศึกษาอาคารสถานศึกษาอาชีวศึกษา)

** สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร กรุงเทพมหานคร 10200

* Master of Architecture Program in Architecture, Faculty of Architecture, Silpakorn University, Bangkok 10200 Thailand

** Program in Architecture, Faculty of Architecture, Silpakorn University, Bangkok 10200 Thailand

Corresponding author E-mail : duangkaew_b@silpakorn.edu

kgCO₂eq สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงจากกรอบอาคารก่อนปรับปรุง 1,168.63 kgCO₂eq ซึ่งหลังการปรับปรุงมีค่า OTTV 34.471 วัตต์/ตร.ม. และมีค่า RTTV 13.276 วัตต์/ตร.ม. เมื่อคิดตามจำนวนสถานศึกษาสังกัด สอศ. ทั่วประเทศไทย จะสามารถช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึง 1,068,127.82 kgCO₂eq ดังนั้นวัสดุกรอบอาคารทางเลือกนอกจากจะต้องผ่านเกณฑ์ BEC และยังคงควรมีการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกพร้อมด้วยประกอบการตัดสินใจเลือกวัสดุกรอบอาคาร

Abstract

This research studied the amount of greenhouse gas emissions concerning the building envelope consisting of opaque walls, transparent walls and roof of educational institutes under the Office of the Vocational Education Commission (VEC) from the standard model in order to find ways to reduce greenhouse gas emissions by comparing the amount of greenhouse gas emissions by conducting building envelope material modification which meets the minimum energy efficiency criteria for educational institutions buildings (Building Energy Code (BEC)). The numbers were calculated by using BEC v.1.0.6 program. The results showed that OTTV valued at 60.396 W/m², which did not meet the criteria set. It must not exceed 50 W/m² Meanwhile, RTTV was valued at 15.222 W/m², which does not meet the criteria set in the Roof Thermal Transfer Value (RTTV) which must not more than 15 W/m² In order to calculate the amount of greenhouse gas emissions to be in the unit of kilograms of carbon dioxide equivalent (kgCO₂eq) by applying Life Cycle Assessment (LCA) is the analyzing tool This research adopted SimaPro 9.1.1 program. The scope of the study was Cradle to gate, considering the acquisition of construction materials and also transportation to the construction site. This excluded the building construction process, building operation and demolition. From the result of the study considering greenhouse gas emissions before the modification, the total greenhouse gas emission was at 51,197.99 kgCO₂eq, of which half-panel brick walls accounted for the highest emissions, followed by the gas emission from roof and the Clear Float Glass 5 mm., respectively. From the study of the amount of greenhouse gas emissions over modifying the building envelope materials that meet the BEC of education building. It was found that the opaque wall was the concrete hollow block wall+ fiberglass insulation + gypsum board. The roof materials were the roof with the addition of fiberglass insulation, density of 32 Kg/m³, thickness of 25 mm. and The transparent wall material was Dark Coolgray Float Glass of 5 mm. The amount of greenhouse gas emissions was reduced to 50,029.36 kgCO₂eq. In summary, it was found that after the building envelope modification, it reduced greenhouse gas emissions for 1,168.63 kgCO₂eq. After the modification the OTTV was at 34.471 W/m² and the RTTV was at 13.276 W/m². In case of considering the amount of greenhouse gas decrease from all vocational education institutions throughout Thailand. The greenhouse gas reduction would count up to 1,068,127.82 kgCO₂eq. Consequently, the alternative building envelope materials will need to meet the BEC

criteria and also should have been studied further about the amount of greenhouse gas emissions in order to support the material selection.

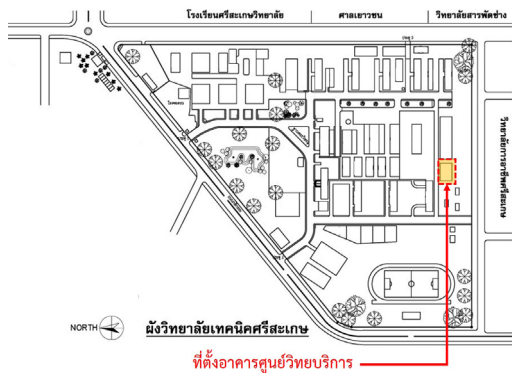
คำสำคัญ: วัสดุกรอบอาคาร ก๊าซเรือนกระจก อาคารสถานศึกษาอาชีวศึกษา

Keywords: building envelope material, greenhouse gas, vocational education building

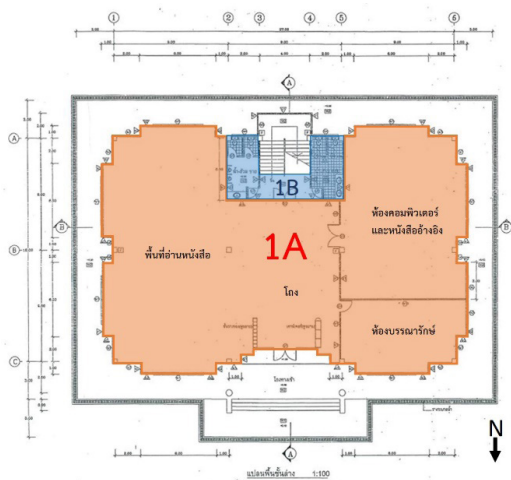
บทนำ

ภาวะโลกร้อน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ สาเหตุหลักมาจากก๊าซเรือนกระจก จากรายงานของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ประเทศไทยนั้นเข้าข่ายเป็นประเทศที่มีความเปราะบางและมีความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบรุนแรงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จึงจัดทำแผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศปี 2564-2573 (กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2560) มีรายงานการคาดการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีปกติ (Business As Usual: BAU) ของประเทศไทย พบว่าสาขาที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด คือ สาขาพลังงาน (รวมการผลิตและการใช้พลังงานในภาคส่วนต่างๆ) ซึ่งสาขาพลังงานมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณี BAU มาจากการผลิตไฟฟ้า การใช้พลังงานในครัวเรือน การใช้พลังงานในอาคารเชิงพาณิชย์ (รวมอาคารรัฐ) การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมการผลิต และ การใช้พลังงานในการคมนาคมขนส่ง อันมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในปัจจุบันนี้ทั่วโลกกำลังให้ความสำคัญเกี่ยวกับการออกแบบอาคารให้สามารถใช้พลังงานน้อยลง จะส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานและการหลีกเลี่ยงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) สำหรับประเทศไทยแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปีของประเทศ (National Energy Efficiency Plan: EEP) ซึ่งเป็นแผนแม่บทในการอนุรักษ์ พลังงานที่มีเป้าหมายในการลดความเข้มการใช้พลังงาน (Energy Intensity; EI) ลงร้อยละ 30 ในปี พ.ศ. 2579 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2553 (กระทรวงพลังงาน, 2558) ได้มีการบังคับใช้กฎหมายการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำในอาคาร (Building energy code, BEC) ในกฎกระทรวง พ.ศ. 2552 ซึ่งในปัจจุบันนี้เป็นลักษณะของอาคารหน่วยงานราชการซึ่งเป็นภาคบังคับ ตั้งแต่ปี 2556 ตามมติคณะรัฐมนตรี มีเกณฑ์การประเมิน 5 ระบบ ได้แก่ ระบบกรอบอาคาร (OTTV, RTTV) ระบบปรับอากาศ (A/C) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD) ระบบอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อน และ การใช้พลังงานหมุนเวียน (RENEW) ดังนั้น การออกแบบหรือการปรับปรุงระบบกรอบอาคาร(OTTV, RTTV) ให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมให้ผ่านเกณฑ์ BEC เป็นปัจจัยหลักที่จะช่วยให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ (ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, 2558) ซึ่งระบบกรอบอาคาร (OTTV, RTTV) นั้นเป็นส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับผู้ประกอบการวิชาชีพสถาปัตยกรรมควบคุมที่จะต้องคำนึงถึง

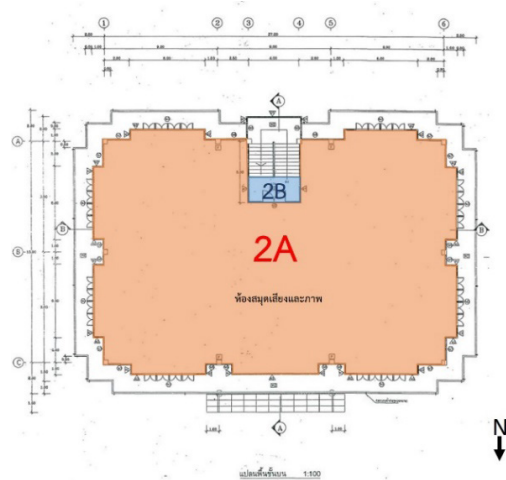
เนื่องจากสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2555) กำหนดเป้าหมายการผลิตและพัฒนากำลังอาชีวศึกษาระยะ 15 ปี เกี่ยวกับโครงการพัฒนาศูนย์วิทยบริการ ให้เป็นแหล่งเรียนรู้ที่ทันสมัย ประหยัดพลังงาน ซึ่งสถานศึกษาในสังกัดอาชีวศึกษาทั่วประเทศมีจำนวนมากถึง 914 แห่ง (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2559) งานวิจัยนี้จึงศึกษาอาคารศูนย์วิทยบริการพร้อมครุภัณฑ์ แบบมาตรฐานเลขที่ 55A01/55 ขนาดพื้นที่ไม่ต่ำกว่า 1,088 ตร.ม. ลักษณะการใช้สอยอาคารเป็นศูนย์การเรียนรู้ของสถานศึกษาดังรายละเอียดในตารางที่ 1 วิจัยนี้เลือกศึกษาอาคารที่ตั้งภายในวิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ ดังภาพที่ 1 เนื่องจากเป็นสถานศึกษาขนาดใหญ่ เป็นอาคารกรณีศึกษา



ภาพที่ 1 ผังที่ตั้งอาคารศูนย์วิทยบริการ ณ วิทยาลัยเทคนิค ภาพที่ 2 ลักษณะภายนอกของอาคารศูนย์วิทยบริการ
ศรีสะเกษ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ ณ วิทยาลัยเทคนิคศรีสะเกษ
(ด้านหน้าอาคารหันไปทางทิศเหนือ)



ภาพที่ 3 การจัดโซนพื้นที่ชั้นล่าง



ภาพที่ 4 การจัดโซนพื้นที่ชั้นบน

ตารางที่ 1 รายละเอียดลักษณะอาคารศูนย์วิทยบริการพร้อมครุภัณฑ์ แบบมาตรฐานเลขที่ 55A01/55

ลักษณะอาคาร	ลักษณะพื้นที่ใช้สอย	ลักษณะกรอบอาคารของพื้นที่ปรับอากาศ
- คอนกรีตเสริมเหล็ก 2 ชั้น - พื้นที่ไม่ต่ำกว่า 1,088 ตร.ม. - ขนาดพื้นที่ก่อสร้างอาคาร ไม่น้อยกว่า 27x33 ม.	ชั้นล่าง ประกอบด้วย - ห้องบรรณารักษ์ - ห้องคอมพิวเตอร์และหนังสืออ้างอิง - พื้นที่อ่านหนังสือ - ห้องน้ำ-ส้วม ชั้นบน ประกอบด้วย - ห้องสมุดเสียงและภาพ	- ผนังอิฐมวลอุดรีดแผ่นฉนวนปูนเรียบ ทาสีหน้าต่างกระจกโพลีใสหนา 5 มม. - หลังคาเหล็กแผ่นชุบสังกะสีติดตั้งฉนวนกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m³ ความหนา 15 มม. ฝ้ายิปซัมบอร์ดหนา 9 มม. ชนิดมีฟอยล์กันความร้อน - กันสาด ค.ส.ล.

จากการศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำของอาคาร (BEC) ในเบื้องต้นตามลักษณะรูปแบบอาคาร พื้นที่ใช้สอยและวัสดุกรอบอาคารในพื้นที่ปรับอากาศดังตารางที่ 1 ด้านหน้าอาคารหันหน้าไปทางทิศเหนือดังภาพที่ 2 การจัดโซนพื้นที่ปรับอากาศ (A) และพื้นที่โซนไม่ปรับอากาศ (B) ของชั้นล่างและชั้นบนดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4 พบว่ามีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) เท่ากับ 60.396 วัตต์/ตร.ม. ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือไม่เกิน 50 วัตต์/ตร.ม. และมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) เท่ากับ 15.222 วัตต์/ตร.ม. ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือไม่เกิน 15 วัตต์/ตร.ม. การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาเพื่อให้ทราบถึงการปริมาณปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบกรอบอาคาร โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารให้ผ่านเกณฑ์ BEC ของอาคารสถานศึกษาสังกัด สอศ. ตามแบบมาตรฐาน เนื่องจากในการก่อสร้างที่อาคารนั้น ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกๆ ขั้นตอน ตั้งแต่การผลิตวัสดุ การก่อสร้าง การใช้งาน การปรับปรุง ไปจนถึงการรื้ออาคาร โดยผู้วิจัยมีขอบเขตการศึกษา คือ Cradle to gate ซึ่งพิจารณาตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบในการก่อสร้าง ไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง ไม่รวมกระบวนการก่อสร้างอาคาร ด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ตรวจสอบถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของกรอบอาคาร ในการวิจัยนี้ใช้โปรแกรม SimaPro โดยทำการศึกษาเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคาร เพื่อให้สถานศึกษาในสังกัด สอศ. ใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด ให้เป็นไปตามแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปีของประเทศ (National Energy Efficiency Plan: EEP) ในการสนับสนุนการออกแบบอาคาร ใช้พลังงานเป็นศูนย์ในประเทศไทย และตามแผนการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศที่จะต้องลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้ร้อยละ 20 ผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและสร้างความตระหนักการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) จากแบบมาตรฐาน ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบในการก่อสร้าง ไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง ไม่รวมกระบวนการก่อสร้างอาคาร, การใช้งานและการรื้อถอนอาคาร
2. เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ (เกณฑ์ BEC) ประเภทอาคารสถานศึกษากับวัสดุกรอบอาคารที่มีในแบบมาตรฐาน ของอาคารสถานศึกษาในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.)
3. เพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงพัฒนารอบอาคารประเภทอาคารสถานศึกษาเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ขอบเขตการศึกษา

1. ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรอบอาคารของอาคารสถานศึกษาสังกัด สอศ. ตามแบบมาตรฐาน
2. วัสดุที่ใช้ในการปรับปรุงกรอบอาคารของอาคารสถานศึกษาสังกัด สอศ. ต้องผ่านเกณฑ์ BEC ประเภทอาคารสถานศึกษาที่ใช้ในปัจจุบัน ทำการคำนวณค่า OTTV และ RTTV ด้วยโปรแกรม BEC v.1.0.6 โดยการใช้วัสดุกรอบอาคารในปัจจุบันที่สามารถซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป และความชำนาญงานก่อสร้างของช่างในปัจจุบัน
3. การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) ของวัสดุกรอบอาคารครอบคลุมเพียง Cradle to gate ซึ่งพิจารณาตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบในการก่อสร้าง ไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง

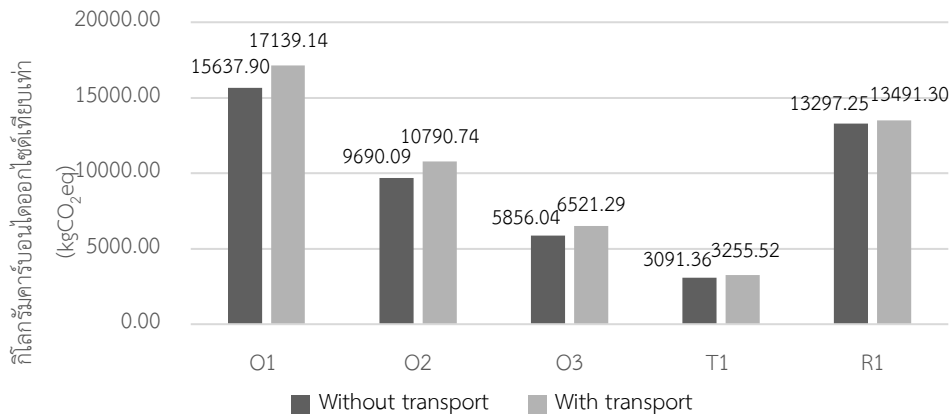
ไม่รวมการก่อสร้างอาคาร, การใช้งานและการรื้อถอนอาคาร ข้อมูลได้จากปริมาณการใช้วัสดุกรอบอาคาร คำนวณโดยใช้ฐานข้อมูลจากโปรแกรม SimaPro 9.1.1

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอาคารสถานศึกษาสังกัด สอศ. จากแบบมาตรฐาน ตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบในการก่อสร้าง ไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง ไม่รวมกระบวนการก่อสร้างอาคาร โดยการเก็บข้อมูล ชนิดและปริมาณการใช้วัสดุกรอบอาคาร จากแบบอาคารศูนย์วิทยบริการพร้อมครุภัณฑ์ แบบมาตรฐานเลขที่ 55A01/55
2. วิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารที่ผ่านเกณฑ์ BEC ประเภทอาคารสถานศึกษา กับวัสดุกรอบอาคารที่มีในแบบมาตรฐานของอาคารสถานศึกษาสังกัด สอศ.
 - 2.1 โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารให้ผ่านเกณฑ์ BEC ประเภทอาคารสถานศึกษา คือ มีค่า OTTV ไม่เกิน 50 วัตต์/ตร.ม. และมีค่า RTTV ไม่เกิน 15 วัตต์/ตร.ม.
 - 2.2 เลือกชนิดวัสดุของกรอบอาคารที่มีคุณสมบัติในการลดปริมาณความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารประกอบด้วยส่วนของผนังทึบแสง (Opaque), ผนังโปร่งแสง (Transparent) และหลังคา (Roof) ของอาคาร โดยใช้ฐานข้อมูลด้วยโปรแกรม BEC v.1.0.6 และใช้วัสดุกรอบอาคารในปัจจุบันที่สามารถซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป และความชำนาญงานก่อสร้างของช่างในปัจจุบัน
 - 2.3 ไม่ปรับเปลี่ยนรูปแบบของอาคาร ทั้งในส่วนพื้นที่ใช้สอย สีของอาคาร พื้นผิววัสดุกรอบอาคาร และกำหนดให้ด้านหน้าอาคารอยู่ทางทิศเหนือ
3. เสนอแนวทางในการปรับปรุงพัฒนากรอบอาคารประเภทอาคารสถานศึกษาเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ผลการวิจัย

1. การประเมินผลกระทบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการก่อนการปรับปรุงการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการ จากแบบมาตรฐาน ซึ่งในการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Green House Emission) ให้อยู่ในรูปของกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO_2eq) ด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ตรวจสอบถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอาคาร ในการวิจัยนี้ใช้โปรแกรม SimaPro 9.1.1 ด้วยวิธีการประเมิน (Method) ของ IPCC 2013 GWP 100a V1.03 มีขอบเขตการศึกษา คือ Cradle to gate ซึ่งพิจารณาตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบในการก่อสร้าง ไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง ไม่รวมกระบวนการก่อสร้างอาคาร, การใช้งาน และการรื้อถอนอาคาร ซึ่งก่อนการปรับปรุง โดยผู้วิจัยกำหนดรหัสของผนังทึบ คือ ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น (O1), เสาค.ส.ล. (O2) และ คาน ค.ส.ล. (O3) ในส่วนของผนังโปร่งแสง คือ กระจกใส หนา 5 มม. (T1) และส่วนหลังคา คือ หลังคาเหล็กแผ่นชุปิ้งค์ (R1) ดังแผนภูมิที่ 1



แผนภูมิที่ 1 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการก่อนการปรับปรุง

ผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการก่อนการปรับปรุง มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) ของกรอบอาคารทั้งหมด 51,197.99 kgCO₂eq ซึ่งผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น (O1) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด 17,139.14 kgCO₂eq คิดเป็นร้อยละ 33.48 รองลงมาคือปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ หลังคา (R1) 13,491.30 kgCO₂eq คิดเป็นร้อยละ 26.35, เสา ค.ส.ล. (O2) 10,790.74 kgCO₂eq คิดเป็นร้อยละ 21.08, คาน ค.ส.ล. (O3) 6,521.29 kgCO₂eq คิดเป็นร้อยละ 12.74 และกระจกใส หนา 5 มม. (T1) 3,255.52 kgCO₂eq คิดเป็นร้อยละ 6.36 ตามลำดับ

2. การประเมินผลกระทบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการนำเสนอวัสดุกรอบอาคารที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำในปัจจุบัน (BEC)

การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารให้ผ่านเกณฑ์ BEC ประเภทอาคารสถานศึกษา คือ มีค่า OTTV ไม่เกิน 50 วัตต์/ตร.ม. และมีค่า RTTV ไม่เกิน 15 วัตต์/ตร.ม. ของผนังทึบแสง(Opaque) ผนังโปร่งแสง (Transparent) และหลังคา(Roof) ของอาคาร ดังต่อไปนี้

2.1 การประเมินผลกระทบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque) รายละเอียดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque)

รหัสกรอบอาคาร	วัสดุกรอบอาคาร	Without transport	With transport
O1	ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น (ก่อนปรับปรุง)	15,637.90	17,139.14
O1-12	อิฐมวลเบา+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซัมบอร์ด	17,092.78	19,568.47
O1-13	คอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซัมบอร์ด	13,241.90	15,345.82
O1-14	อิฐมวลเบา+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซัมบอร์ด	30,099.41	31,455.55

หมายเหตุ หน่วย กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO₂eq)

2.2 การประเมินผลกระทบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent) รายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent)

รหัสกรอบอาคาร	วัสดุกรอบอาคาร	Without transport	With transport
T1	กระจกใส หนา 5 มม. (ก่อนปรับปรุง)	3,091.36	3,255.52
T3	Ocean Green Float Glass 8 mm.	5,152.26	5,425.88
T4	Dark Coolgray Float Glass 5 mm.	3,091.36	3,255.52
T5	Solartag (TS 230) 6 mm.	4,516.12	4,721.18
T6	Solartag (TS 120) 6 mm.	4,516.12	4,721.18
T7	Ocean Green 6 mm. (6-6-6)	7,728.40	8,138.81
T8	SOLARTAG (TS 140) 6 mm. (6-6-6)	8,380.32	8,790.73

หมายเหตุ หน่วย กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO₂eq)

2.3 การประเมินผลกระทบการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof) รายละเอียดดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof)

รหัสกรอบอาคาร	วัสดุกรอบอาคาร	Without transport	With transport
R1	เหล็กแผ่นชุบสังกะสี (ก่อนปรับปรุง)	13,297.25	13,491.30
R2	กระเบื้องลอนคู่ (Fiber Cement Tile) หนา 0.55 ซม.	17,650.96	18,347.37
R3	กระเบื้องเซรามิก หนา 1 ซม.	23,838.02	25,252.24
R4	ฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m ³ ความหนา 25 มม.	13,738.51	14,115.99

หมายเหตุ หน่วย กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kgCO₂eq)

จากผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการ โดยเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมไปถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) ได้แก่ วัสดุผนังทึบแสง (Opaque), ผนังโปร่งแสง (Transparent) และหลังคา (Roof) ที่ผ่านเกณฑ์ BEC สามารถสรุปวัสดุทางเลือกที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด ได้แก่

- วัสดุผนังทึบแสง (Opaque) คือ ผนังคอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซัมบอร์ด (O1-13) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงจากผนังทึบแสงก่อนปรับปรุง คิดเป็นร้อยละ 10.46 %
 - วัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent) คือ กระจก Dark Coolgray Float Glass 5 mm. (T4) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับผนังโปร่งแสงก่อนการปรับปรุง
 - วัสดุหลังคา (Roof) คือ หลังคาที่มีการเพิ่มความหนาฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m³ ความหนา 25 มม. (R4) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นจากหลังคาก่อนการปรับปรุง คิดเป็นร้อยละ 4.63
- ทั้งนี้การพิจารณาเลือกวัสดุทางเลือกที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด นำไปสู่การเสนอแนวทางในการปรับปรุงพัฒนากรอบอาคารประเภทอาคารสำนักงานและอาคารสถานศึกษาเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อไป

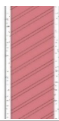
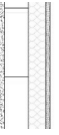
สรุปผลวิจัย

1. สรุปผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารหลังปรับปรุง

1.1 การเปรียบเทียบส่วนประกอบของผนังทึบ, ผนังโปร่งแสง และหลังคา (Component of Section) ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

จากผลการศึกษาการปรับเปลี่ยนกรอบอาคารหลังปรับปรุงกรอบอาคารที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด ประกอบด้วย ผนังทึบ ผนังโปร่งแสงและหลังคา โดยวัสดุผนังทึบแสง (Opaque) คือ ผนังคอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซัมบอร์ด (O1-13), วัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent) คือ กระดาษ Dark Coolgray Float Glass 5 mm. (T4) และวัสดุหลังคา (Roof) คือ หลังคาที่มีการเพิ่มฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m³ ความหนา 25 มม. (R4) ซึ่งส่วนประกอบของผนัง (Component of Section) แต่ละแบบประกอบด้วย วัสดุ (Material) หลายชนิดเรียงซ้อนกันหรือมีเพียงชนิดเดียว และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (ค่า U-value) ของผนังทึบดังรายละเอียดในตารางที่ 5, ผนังโปร่งแสงดังรายละเอียดในตารางที่ 6 และหลังคาดังรายละเอียดในตารางที่ 7

ตารางที่ 5 รายละเอียดส่วนประกอบของผนังทึบแสง (Component of Section)

รหัสกรอบอาคาร	รูปตัดส่วนประกอบกรอบอาคาร	ลำดับชั้นของวัสดุ (Material)	ความหนา (ม.)	ค่า U-value (W/m ² .°C)
O1 (ก่อนปรับปรุง)		- ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย) - อิฐมวลเบา - ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	0.015 0.065 0.015	2.967
O1-13 (หลังปรับปรุง)		- ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย) - คอนกรีตบล็อกกลวง ไม้ฉาบ - ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 32 Kg/m ³ - แผ่นยิปซัมชนิดธรรมดา	0.015 0.07 0.05 0.012	0.536

สรุปผลการเปรียบเทียบกรอบอาคารในส่วนผนังทึบแสง หลังจากการปรับปรุงเป็นผนังคอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซัมบอร์ด (O1-13) มีความหนารวม 0.147 ม. ก่อนปรับปรุงอาคารศูนย์วิทยบริการเป็นผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น (O1) มีความหนารวม 0.095 ม. ซึ่งหลังการปรับปรุงมีความหนากว่าผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น (O1) 0.052 ม. ในส่วนค่า U-value หลังจากการปรับปรุง คือ ผนังคอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซัมบอร์ด (O1-13) มีค่า U-value 0.536 W/m².°C ลดลงจากผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น (O1) ซึ่งเป็นผนังทึบแสงก่อนปรับปรุง 2.431 W/m².°C คิดเป็นร้อยละ 81.93 %

ตารางที่ 6 รายละเอียดส่วนประกอบของผนังโปร่งแสง (Component of Section)

รหัสกรอบอาคาร	รูปตัดส่วนประกอบกรอบอาคาร	ลำดับชั้นของวัสดุ (Material)	ความหนา (ม.)	ค่า U-value (W/m ² .°C)	ค่า SHGC
T1 (ก่อนปรับปรุง)		- กระดาษใส 5 มม.	0.005	5.77	0.83
T4 (หลังปรับปรุง)		- Dark Coolgray Float Glass 5 mm.	0.005	5.77	0.49

สรุปผลการเปรียบเทียบของกรอบอาคารในส่วนผนังโปร่งแสง หลังการปรับปรุงเป็นกระจก Dark Coolgray Float Glass 5 mm. (T4) มีความหนาและมีค่า U-value เท่ากันกับผนังโปร่งแสงก่อนการปรับปรุงเป็นกระจกใส 5 มม. (T1) ซึ่งมีความหนา 0.005 ม. และ ค่า U-value 5.77 W/m².°C

ตารางที่ 7 รายละเอียดส่วนประกอบของหลังคา (Component of Section)

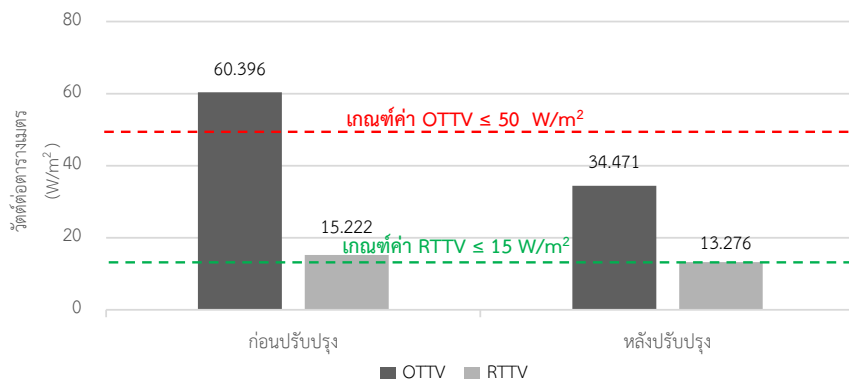
รหัสกรอบอาคาร	ลำดับชั้นของวัสดุ(Material)	ความหนา(ม.)	ค่า U-value (W/m ² .°C)
R1 (ก่อนปรับปรุง)	- เหล็กแผ่นชุบสังกะสี - ระยะฝ้ากับหลังคาสูง 5.40 ม. - ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 32 Kg/m ³ - แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.00057 5.40 0.015 0.009	0.486
R4 (หลังปรับปรุง)	- เหล็กแผ่นชุบสังกะสี - ระยะฝ้ากับหลังคาสูง 5.40 ม. - ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 32 Kg/m ³ - แผ่นยิปซัมบอร์ด	0.00057 5.40 0.025 0.009	0.424

สรุปผลการเปรียบเทียบกรอบอาคารในส่วนหลังคา หลังจากการปรับปรุงเป็นหลังคาที่มีการเพิ่มฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m³ ความหนา 25 มม. (R4) ก่อนปรับปรุงอาคารเป็นหลังคาเหล็กแผ่นชุบสังกะสี+ฉนวนใยแก้วความหนาแน่น 32 Kg/m³ ความหนา 15 มม.+ แผ่นยิปซัมบอร์ด (R1) ซึ่งหลังการปรับปรุงหลังคามีค่า U-value 0.424 W/m².°C หลังคาก่อนการปรับปรุงมีค่า U-value 0.486 W/m².°C ลดลงจากหลังคา ก่อนปรับปรุง 0.062 W/m².°C คิดเป็นร้อยละ 12.73

1.2 สรุปผลการประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารหลังปรับปรุง

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำของอาคาร ในเบื้องต้นตามลักษณะรูปแบบอาคาร พื้นที่ใช้สอยและวัสดุกรอบอาคารในพื้นที่ปรับอากาศ พบว่ามีค่า OTTV เท่ากับ 34.471 W/m² ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือไม่เกิน 50 W/m² และมีค่า RTTV เท่ากับ 13.276 W/m² ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด คือไม่เกิน 15 W/m² จึงแสดงให้เห็นว่ากรอบอาคารหลังปรับปรุงผ่านประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำของอาคารประเภทอาคารสถานศึกษา

1.3 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคารก่อนปรับปรุงกับอาคารหลังปรับปรุง



แผนภูมิที่ 2 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร

สรุปผลการประเมินค่า OTTV และค่า RTTV โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุกรอบอาคารดังแผนภูมิที่ 2 พบว่า หลังการปรับปรุงกรอบอาคารมีค่า OTTV 34.471 W/m² ซึ่งลดลงจากก่อนปรับปรุง 25.925 W/m² คิดเป็นร้อยละ 42.93 และหลังการปรับปรุงมีค่า RTTV 13.276 W/m² ซึ่งลดลงจากก่อนปรับปรุง 1.946 W/m² คิดเป็นร้อยละ 12.78

2. สรุปผลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารหลังการปรับปรุง

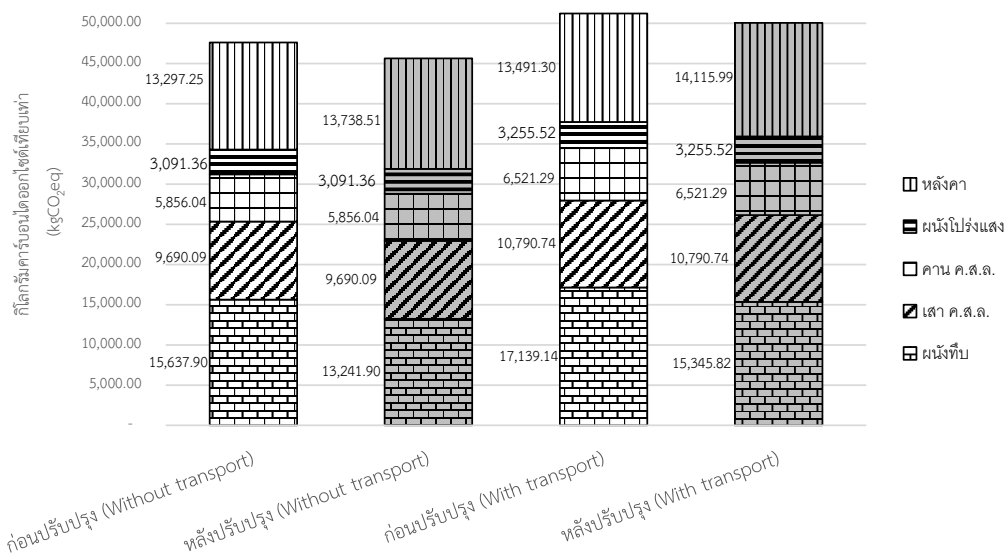
จากผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการ โดยเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) ได้แก่ วัสดุผนังทึบแสง (Opaque) ผนังโปร่งแสง (Transparent) และหลังคา (Roof) ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำประเภทอาคารสำนักงานและอาคารสถานศึกษา (เกณฑ์ BEC) สามารถสรุปวัสดุทางเลือกที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด ได้แก่

- วัสดุผนังทึบแสง (Opaque) คือ ผนังคอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซัมบอร์ด (O1-13)
- วัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent) คือ กระจก Dark Coolgray Float Glass 5 mm. (T4)
- วัสดุหลังคา (Roof) คือ หลังคาที่มีการเพิ่มความหนาฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น

32 Kg/m³ ความหนา 25 มม. (R4)

ทั้งนี้สามารถสรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุกรอบอาคารดังต่อไปนี้

2.1 สรุปผลการเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

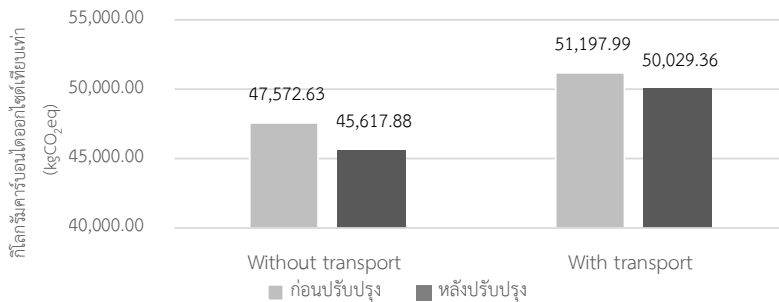


แผนภูมิที่ 3 สรุปผลการเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคาร

สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการ หลังปรับปรุงดังแผนภูมิที่ 3 มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) พบว่า มีเพียงวัสดุผนังทึบแสง (Opaque) คือ ผนังคอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซัมบอร์ด (O1-13) ที่ช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง ในส่วนวัสดุโปร่งแสง มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือน

กระจกเท่าเดิม และวัสดุหลังคา (Roof) คือ หลังคาที่มีการเพิ่มความหนาแน่นใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m^3 ความหนา 25 มม. (R4) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น

2.2 สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุกรอบอาคารรวมทั้งหมดของอาคารศูนย์วิทยบริการก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง



แผนภูมิที่ 4 สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุกรอบอาคารรวมทั้งหมด

สรุปผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของวัสดุกรอบอาคารทั้งหมดดังแผนภูมิที่ 4 ซึ่งก่อนการปรับปรุงมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) ของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการทั้งหมด 51,197.99 kgCO₂eq และหลังการปรับปรุงมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) ของกรอบอาคารศูนย์วิทยบริการทั้งหมด 50,029.36 kgCO₂eq เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก พบว่า กรอบอาคารหลังปรับปรุง (With transport) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงจากอาคารก่อนปรับปรุง (With transport) 1,168.63 kgCO₂eq ซึ่งสถานศึกษาในสังกัดอาชีวศึกษาทั่วประเทศมีจำนวน 914 แห่ง (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2559) ประกอบด้วย สถานศึกษาอาชีวศึกษารัฐบาลจำนวน 428 แห่ง และสถานศึกษาอาชีวศึกษาเอกชน จำนวน 486 แห่ง ดังนั้นจะสามารถช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง 1,068,127.82 kgCO₂eq

ข้อเสนอแนะ

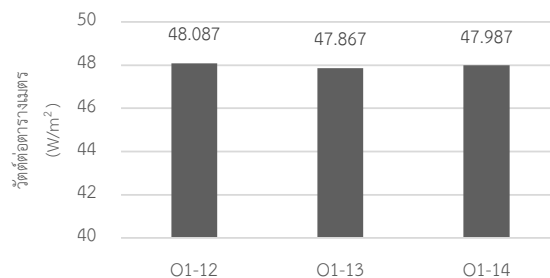
1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 วัสดุกรอบอาคารทางเลือกนอกจากจะต้องผ่านเกณฑ์ BEC คือ มีค่า OTTV ไม่เกิน 50 วัตต์/ตร.ม. และมีค่า RTTV ไม่เกิน 15 วัตต์/ตร.ม. และควรมีการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารร่วมด้วยประกอบการตัดสินใจเลือกวัสดุของสถาปนิก, ผู้ครอบครองอาคารและผู้ที่เกี่ยวข้อง ช่วยผลักดันให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและสร้างความตระหนักการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม ซึ่งผู้วิจัยสามารถแยกทางเลือกของการปรับปรุงกรอบอาคารในส่วนวัสดุผนังทึบแสง (Opaque), ผนังโปร่งแสง (Transparent) และหลังคา (Roof) ได้ดังนี้

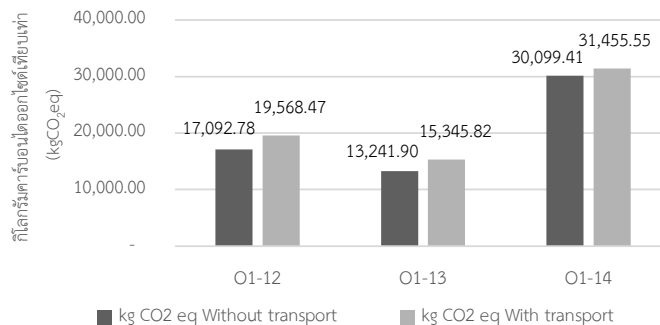
1) การปรับปรุงกรอบอาคารเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque) รายละเอียดวัสดุกรอบอาคาร ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงค่า OTTV และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque)

รหัสกรอบอาคาร	วัสดุกรอบอาคาร	OTTV (W/m ²)	Without transport (kgCO ₂ eq)	With transport (kgCO ₂ eq)
O1-12	อิฐมวลเบา+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซัมบอร์ด	48.087	17,092.78	19,568.47
O1-13	คอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซัมบอร์ด	47.867	13,241.90	15,345.82
O1-14	อิฐมวลเบา+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซัมบอร์ด	47.987	30,099.41	31,455.55



แผนภูมิที่ 5 การเปรียบเทียบค่า OTTV โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque)



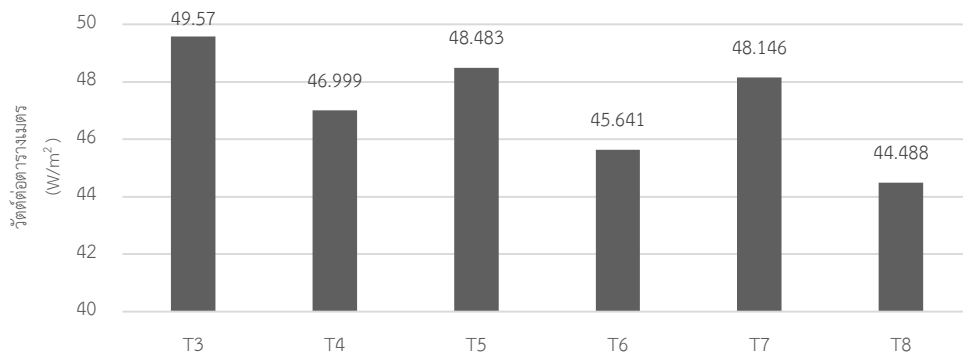
แผนภูมิที่ 6 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังทึบแสง (Opaque)

ทางเลือกการใช้วัสดุผนังทึบแสง(Opaque) เพื่อนำไปปรับปรุงกรอบอาคารนั้น เมื่อเปรียบเทียบค่า OTTV ดังแผนภูมิที่ 5 จะมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดดังแผนภูมิที่ 6 ซึ่งพบว่า ผนังคอนกรีตบล็อกกลวง+ฉนวนใยแก้ว+แผ่นยิปซัมบอร์ด (O1-13) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) น้อยที่สุด

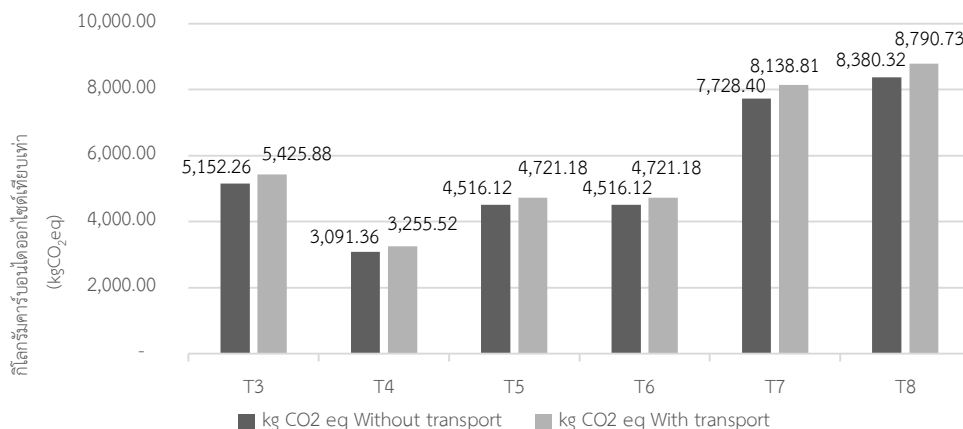
2) การปรับปรุงกรอบอาคารเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent) รายละเอียดวัสดุกรอบอาคารดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แสดงค่า OTTV และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent)

รหัสกรอบอาคาร	วัสดุรอบอาคาร	OTTV (W/m ²)	Without transport (kgCO ₂ eq)	With transport (kgCO ₂ eq)
T3	Ocean Green Float Glass 8 mm.	49.57	5,152.26	5,425.88
T4	Dark Coolgray Float Glass 5 mm.	46.999	3,091.36	3,255.52
T5	Solartag (TS 230) 6 mm.	48.483	4,516.12	4,721.18
T6	Solartag (TS 120) 6 mm.	45.641	4,516.12	4,721.18
T7	Ocean Green 6 mm. (6-6-6)	48.146	7,728.40	8,138.81
T8	SOLARTAG (TS 140) 6 mm. (6-6-6)	44.488	8,380.32	8,790.73



แผนภูมิที่ 7 การเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent)



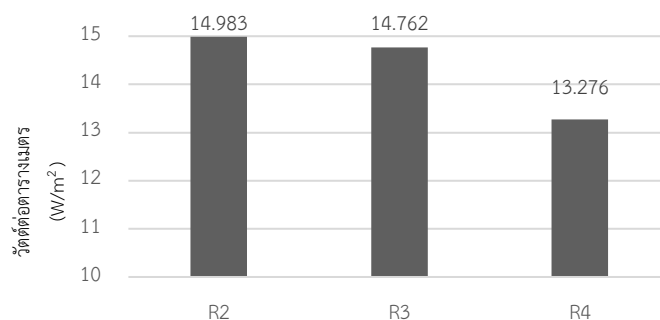
แผนภูมิที่ 8 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนเฉพาะวัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent)

ทางเลือกการใช้วัสดุผนังโปร่งแสง (Transparent) เพื่อนำไปปรับปรุงกรอบอาคารนั้น เมื่อเปรียบเทียบค่า OTTV ดังแผนภูมิที่ 7 พบว่า SOLARTAG (TS 140) 6 mm. (6-6-6) (T8) มีค่า OTTV น้อยที่สุด แต่ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังแผนภูมิที่ 8 พบว่า Dark Coolgray Float Glass 5 mm. (T4) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) น้อยที่สุด

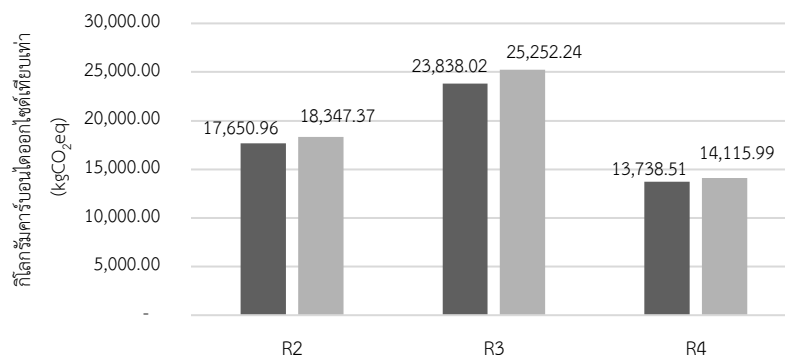
3) การนำไปปรับปรุงกรอบอาคารเฉพาะวัสดุหลังคา (Roof) รายละเอียดวัสดุกรอบอาคาร ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 แสดงค่า RTTV และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof)

รหัสกรอบอาคาร	วัสดุกรอบอาคาร	RTTV (W/m ²)	Without transport (kgCO ₂ eq)	With transport (kgCO ₂ eq)
R2	กระเบื้องลอนคู่(Fiber Cement Tile) หนา 0.55 ซม.	14.983	17,650.96	18,347.37
R3	กระเบื้องเซรามิค หนา 1 ซม.	14.762	23,838.02	25,252.24
R4	ฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m ³ ความหนา 25 มม.	13.276	13,738.51	14,115.99



แผนภูมิที่ 9 การเปรียบเทียบค่า RTTV โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof)



แผนภูมิที่ 10 ผลการเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการปรับเปลี่ยนวัสดุหลังคา (Roof)

ทางเลือกการใช้วัสดุหลังคา (Roof) เพื่อนำไปปรับปรุงกรอบอาคารนั้น เมื่อเปรียบเทียบค่า RTTV ดังแผนภูมิที่ 9 พบว่า ฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m³ ความหนา 25 มม. (R4) มีค่า RTTV น้อยที่สุด และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกดังแผนภูมิที่ 10 พบว่า ฉนวนใยแก้วกันความร้อนความหนาแน่น 32 Kg/m³ ความหนา 25 มม. (R4) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไปจนถึงการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้าง (With transport) น้อยที่สุดเช่นกันกับค่าการถ่ายเทความร้อนรวม

1.2 การหาแนวทางในการปรับปรุงพัฒนากรอบอาคารประเภทอาคารสถานศึกษา เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและสามารถผ่านเกณฑ์ BEC ประเภทอาคารสถานศึกษา คือ มีค่า OTTV ไม่เกิน 50 วัตต์/ตร.ม. และมีค่า RTTV ไม่เกิน 15 วัตต์/ตร.ม. ดังนั้น สถาปนิกผู้ออกแบบอาคาร ผู้ครอบครองอาคารและผู้ที่เกี่ยวข้อง สามารถนำขั้นตอนการศึกษานี้ไปใช้ได้ทั้งในกระบวนการออกแบบและการปรับปรุงอาคารเพื่อลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกรอบอาคารและลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคา โดยอาจจะต้องเปลี่ยนค่าตัวแปรให้เป็นไปตามจริงของอาคารนั้นๆ

2. ข้อเสนอแนะในการทำการศึกษาค้างต่อไป

2.1 การปรับปรุงพัฒนากรอบอาคารประเภทอาคารสถานศึกษา เพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนั้น ไม่ได้มีการปรับเปลี่ยนผนังที่เป็นโครงสร้างอาคาร คือ เสา ค.ส.ล. และคาน ค.ส.ล. ควรมีการศึกษาการปรับเปลี่ยนโครงสร้างอาคารอื่นเพิ่มเติม เพื่อศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกันในด้านโครงสร้างอาคาร

2.2 การขนส่งวัสดุกรอบอาคารในงานวิจัยนี้เป็นการขนส่งด้วยรถบรรทุก 2 เพล้า 6 ล้อ น้ำหนักบรรทุก น้ำหนักบรรทุก 15 ตัน สมรรถนะ(ที่น้ำหนักบรรทุกน้ำหนักบรรทุก) ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับขนาดรถที่ใช้บรรทุกวัสดุเพิ่มเติมตามข้อกำหนดของกรมทางหลวง เพื่อศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่แตกต่างกันในด้านการขนส่งวัสดุ

2.3 การประมาณราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้าง ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนที่ทำการปรับปรุง เพื่อศึกษาความคุ้มค่าด้านราคาวัสดุและค่าแรงในการก่อสร้างของการปรับปรุงวัสดุ เพราะวัสดุแต่ละชนิดมีราคาและค่าแรงที่แตกต่างกัน

2.4 การปรับปรุงพัฒนากรอบอาคารที่มีความเหมาะสมและคำนวณผ่านเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำประเภทอาคารสถานศึกษาที่ใช้ในปัจจุบัน (เกณฑ์ BEC) โดยการใช้วัสดุกรอบอาคารในปัจจุบัน และหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป ซึ่งในอนาคตอาจมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการปรับปรุงวัสดุกรอบอาคารที่มีการพัฒนาวัตกรรมวัสดุในอนาคตที่ช่วยลดก๊าซเรือนกระจกและลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2560). **แผนที่นำทางการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ**

ปี พ.ศ. 2564 - 2573. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กระทรวงพลังงาน. (2558). **แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 - 2573).**

กระทรวงศึกษาธิการ. (2555). **นโยบาย เป้าหมาย ยุทธศาสตร์การผลิตและพัฒนากำลังคนอาชีวศึกษาสู่สากล**

พ.ศ. 2555 - 2569. กรุงเทพฯ.

ศูนย์ประสานงานการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. (2558). **แนวทางการออกแบบอาคารประหยัด**

พลังงาน: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน.