

แนวทางการลงทุนปรับปรุงเปลือกอาคารบ้านประหยัดพลังงานตามเกณฑ์ ประเมินพลังงาน TEEAM

Guideline for Investment in Building Enclosure Retrofit to Improve Home Energy Efficiency Based on Thailand Energy and Environmental Assessment Method

จารุวรรณ สุขสีดา¹ และ ดารณี จารีมิตร²

Jaruwan Sukseeda¹ and Daranee Jareemit²

¹ บริษัท แพลน เทเบิล จำกัด กรุงเทพมหานคร 10230

Plan Table Co., Ltd., Bangkok 10230

² คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ปทุมธานี 12121

Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University. Pathumthani 12121, Thailand

E-mail: jarsda.k@gmail.com¹, jdaranee@gmail.com²

Received 8/10/2018 Revised 5/3/2019 Accepted 5/4/2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนจากการปรับปรุงเปลือกอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานกับสัดส่วนการได้คะแนนในเกณฑ์ประเมินอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อม รุ่น R49.02 (หมวดเปลือกอาคาร) การปรับปรุงเปลือกอาคารเน้นการเลือกใช้วัสดุกระจก การติดตั้งฉนวนที่ผนังและฝ้าเพดานกับบ้านกรณีศึกษา จำนวน 54 หลัง การจำลองค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศใช้โปรแกรม eQUEST 3.64 และการคำนวณระยะเวลาคืนทุนจากการปรับปรุงบ้านใช้วิธีคำนวณอย่างง่าย จากการศึกษา พบว่า การเลือกใช้กระจกที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศได้มากที่สุด รองลงมาคือ การติดตั้งฉนวนที่ผนังและฝ้าเพดาน ตามลำดับ พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากการปรับปรุงบ้านที่ระยะเวลาคืนทุนภายใน 20 ปี มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 30 งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการปรับปรุงบ้านที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในแง่ของการลงทุน และค่าคะแนนจากการประหยัดพลังงาน ผลจากการศึกษาวิจัยนี้จะช่วยให้เจ้าของบ้านตัดสินใจและเลือกวิธีการปรับปรุงเปลือกอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อประหยัดพลังงาน

คำสำคัญ

ระยะเวลาคืนทุน

การประเมินอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อม

ประหยัดพลังงาน

เปลือกอาคาร

การปรับปรุงบ้าน

Abstract

This study analyzes the payback periods of building enclosure retrofits related to energy saving score obtained from Thailand Energy and Environmental Assessment rating system. The retrofit methods focus on replacing high performance windows, installing wall and roof insulations with 54 detached houses. The cooling electricity consumptions are performed using eQUEST 3.64 and the returns gained from the envelope retrofits are calculated using the simple payback period method. It is found that improving high performance window could significantly reduce the cooling electricity consumption followed by adding the wall and roof insulations, respectively. Within 20 year payback periods, the average electricity saving after retrofitting is 30 percent. Lastly, the most effective envelope retrofits, considering financial investment as well as energy saving score, are proposed. The studies' results could help homeowners decide and select those techniques to improve their home envelope for energy efficiency.

Keywords

Payback Period

Thailand Energy and Environmental Assessment Method

Energy Efficiency

Building Envelope

Home Retrofit

1. ที่มาและความสำคัญ

การใช้พลังงานของที่อยู่อาศัยในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีแนวโน้มสูงขึ้นร้อยละ 4 ในแต่ละปี เนื่องจากการขยายตัวของเมือง และความต้องการที่อยู่อาศัยของคนทำงานในเมืองมีมากขึ้น จากวิกฤติการใช้พลังงานทำให้ภาครัฐโดยกระทรวงพลังงานมีมาตรการเพื่อลดการใช้พลังงานในภาคที่อยู่อาศัยโดยได้จัดทำแผนอนุรักษ์ 20 ปี (พ.ศ. 2554 – 2573) ซึ่งหนึ่งในมาตรการของแผนอนุรักษ์ 20 ปี คือ การสนับสนุนการติดฉลากแสดงประสิทธิภาพพลังงานของบ้านอยู่อาศัย โดยใช้เกณฑ์ประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมบ้านพักอาศัย รุ่น R49.02 ในการประเมินประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานด้วยการประเมิน 9 หมวด โดยหมวดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเปลือกอาคารมีสัดส่วนคะแนนสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 40 (Ministry of Energy, 2010)

จากผลสำรวจความคิดเห็นของเจ้าของบ้านต่อการปรับปรุงอาคาร หรือการเลือกใช้อุปกรณ์เพื่อประหยัดพลังงานในหลายประเทศ พบว่า ค่าใช้จ่ายเป็นอุปสรรคสำคัญในการตัดสินใจเลือกวิธีการประหยัดพลังงาน (Jareemit & Limmeechokchai, 2017; International Energy Agency, 2007; Sovacool and Vu, 2010; Frederiks et al., 2015; Bardhan et al., 2014) อีกทั้งการปรับปรุงบ้านพักอาศัยเพื่อการประหยัดพลังงานใช้ต้นทุนค่อนข้างสูง และมีผลตอบแทนค่อนข้างต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการปรับปรุงอาคารสำนักงาน ถึงแม้ภาครัฐได้จัดตั้งโครงการสนับสนุนเพื่อกระตุ้นให้เกิดแรงจูงใจแก่เจ้าของบ้าน แต่โครงการดังกล่าวยังไม่เป็นแรงจูงใจที่ทำให้เจ้าของบ้านเริ่มสนใจในการปรับปรุงบ้านเพื่อการประหยัดพลังงาน เนื่องจากเจ้าของบ้านไม่มีข้อมูลและไม่สามารถหาข้อสรุปได้ว่าการก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมที่สูงขึ้นเท่าใด และจะได้ผลตอบแทนเท่าไร (Wongmahasiri, R., 2015)

งานวิจัยนี้ศึกษาวิธีการปรับปรุงบ้านพักอาศัยเพื่อได้รับฉลากประหยัดพลังงานตามเกณฑ์ประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รุ่น R49.02 ภายใต้ระยะคืนทุนไม่เกิน 20 ปี โดยการศึกษาเน้นเฉพาะการปรับปรุงเปลือกอาคารสำหรับอาคารที่สร้างและมีการใช้อยู่อาศัยแล้วเป็นหลัก เนื่องจากเป็นส่วนที่สามารถป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ในอาคารและเป็นหมวดที่เกณฑ์ประเมินฯ ให้ค่าน้ำหนักคะแนนสูงที่สุด ผลจากการศึกษาวิจัยนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการ

ตัดสินใจแก่เจ้าของบ้านในการปรับปรุงบ้านอนุรักษ์พลังงานตามระยะเวลาการคืนทุนที่แตกต่างกัน ซึ่งช่วยส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในภาคที่อยู่อาศัยมากขึ้น

2. เกณฑ์การประเมินอาคารประหยัดพลังงานสำหรับบ้านพักอาศัย

จากการศึกษา พบว่า เกณฑ์ประเมินอาคารประหยัดพลังงานที่เหมาะสมสำหรับใช้กับบ้านพักอาศัยมี 3 เกณฑ์ ได้แก่ (1) เกณฑ์ประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อาคารพักอาศัย รุ่น R49.02 (TEEAM) จัดทำโดย Ministry of Energy, 2014) (2) เกณฑ์การประเมินเพื่อชุมชนน่าอยู่อย่างยั่งยืน (Ecovillage) ของการเคหะแห่งชาติ (Sethabutra, A., 2012) และ (3) คู่มือโครงการประกวดบ้านจัดสรรอนุรักษ์พลังงาน จัดทำโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (Ministry of Energy, 2014) เมื่อศึกษาในรายละเอียดการให้ค่าน้ำหนักคะแนนของการปรับปรุงอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานในแต่ละหมวด พบว่า คู่มือโครงการประกวดบ้านจัดสรรอนุรักษ์พลังงาน โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (Ministry of Energy, 2014) มีรายละเอียดการประเมินและสัดส่วนคะแนนที่คล้ายกับเกณฑ์ประเมินอาคารประหยัดพลังงาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อาคารพักอาศัย รุ่น R49.02 (TEEAM) อย่างไรก็ตามคู่มือโครงการประกวดบ้านจัดสรรอนุรักษ์พลังงานมุ่งเน้นการประเมินบ้านในโครงการหมู่บ้านจัดสรร และคุณสมบัติของผู้สมัครรับฉลากต้องเป็นนิติบุคคลเจ้าของโครงการบ้านจัดสรรเท่านั้น ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่เจ้าของบ้านไม่สามารถขอรับการประเมินเองได้

เกณฑ์การประเมินเพื่อชุมชนน่าอยู่อย่างยั่งยืน (Ecovillage) มีหมวดการประเมินที่คล้ายคลึงกับเกณฑ์ประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอาคารพักอาศัย รุ่น R49.02 (TEEAM) แต่มีความแตกต่างกันในด้านสัดส่วนการให้คะแนนในแต่ละหมวดและการกำหนดเกณฑ์ประเมินขั้นต่ำ เกณฑ์ประเมินเพื่อชุมชนน่าอยู่อย่างยั่งยืน (Ecovillage) ให้ความสำคัญกับหัวข้อเปลือกอาคารควบคู่กับหัวข้อผังโครงการและออกแบบผังโครงการ และเพื่อให้ผ่านเกณฑ์ประเมินขั้นต่ำ เจ้าของบ้านต้องทำคะแนนรวมให้ได้มากกว่า 50 คะแนนขึ้นไป ดังนั้นหากอาคารนั้นได้คะแนนในหมวดเปลือกอาคารคะแนนเต็ม 34 คะแนน จะยังไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ในขณะที่เดียวกันหากเจ้าของบ้านมีการปรับปรุงหรือ

ออกแบบอาคารให้ได้คะแนนในหมวดเปลือกอาคารได้ตามเกณฑ์ประเมิน TEEAM ได้คะแนนเต็ม 40 คะแนน คะแนนดังกล่าวสามารถผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดีเนื่องจากเกณฑ์ประเมิน TEEAM ให้ความสำคัญในการประเมินหัวข้อเปลือกอาคารมากที่สุด ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงเลือกเกณฑ์ประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอาคารพักอาศัย รุ่น R49.02 (TEEAM) เนื่องจากเป็นเกณฑ์ประเมินฯ เพื่อการอนุรักษ์พลังงานขั้นต้นสำหรับอาคารพักอาศัยและมีข้อปฏิบัติที่ไม่ยุ่งยากเทียบเท่าเกณฑ์อื่น ๆ ซึ่งเจ้าของบ้านสามารถตัดสินใจได้เองและมีสัดส่วนน้ำหนักคะแนนในการที่จะผ่านเกณฑ์ขั้นต้นซึ่งทำได้ง่ายกว่า

3. ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้ศึกษาความสัมพันธ์ในการปรับปรุงองค์ประกอบเปลือกอาคารกับค่าการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศและเงินลงทุนที่ใช้ ซึ่งมีผลต่อแต้มคะแนนที่ได้จากเกณฑ์ประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อาคารพักอาศัย รุ่น R 49.02 หมวดเปลือกอาคาร รายละเอียดของกรอบการศึกษาแสดง (รูปที่ 1)

3.1 รูปแบบบ้านกรณีศึกษา

งานวิจัยนี้ได้นำผลการสำรวจรูปแบบบ้านและองค์ประกอบเปลือกอาคารของ Jareemit et al. (2016) มาทำการศึกษาวิเคราะห์และจำแนกกลุ่มการออกแบบซึ่งการศึกษาดังกล่าวสำรวจรูปแบบบ้านพักอาศัยจำนวนบ้านทั้งหมด 328 หลัง ในโครงการจัดสรร จำนวน 167 โครงการ ที่สร้างขึ้นระหว่างปี พ.ศ. 2557-2558 ในเขตกรุงเทพและปริมณฑล จากการจัดกลุ่มการออกแบบบ้านพบว่า บ้านแบบบี เป็นรูปแบบที่พบมากที่สุด ซึ่งมีจำนวนบ้านทั้งหมด 54 หลัง โดยพื้นที่ชั้น 1 มีลักษณะดังรูปที่ 2 และรูปแบบผังชั้น 2 ที่แตกต่างกันจำนวน 7 รูปแบบ บ้านแบบบี มีขนาดพื้นที่ใช้สอยตั้งแต่ 127-255 ตารางเมตร บ้านที่สำรวจมีพื้นที่ผนังตั้งแต่ 19.7 - 44.2 ตารางเมตร และมีขนาดพื้นที่ช่องเปิดตั้งแต่ 96.7-163.7 ตารางเมตร

3.2 การคำนวณค่าพลังงานและตัวแปรที่ศึกษา

งานวิจัยนี้เน้นการปรับปรุงเฉพาะในส่วนผนังภายนอก และวัสดุกระจกช่องเปิดของห้องที่มีการปรับอากาศ ได้แก่ ห้องนอน ห้องนั่งเล่น ห้องรับแขก ห้องรับประทานอาหาร และมีการเพิ่มฉนวนป้องกันความร้อน

เหนือฝ้าเพดานของห้องนอนและห้องนั่งเล่นชั้น 2 ที่มีการปรับอากาศ โดยไม่ได้ปรับเปลี่ยนอัตราส่วนพื้นที่หน้าต่างต่อพื้นที่ผนังรวม (WWR) ของบ้านเดิม การปรับปรุงเปลือกอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานได้เลือกวัสดุ 12 ชนิด ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด และเป็นวัสดุที่ง่ายต่อการปรับปรุงโดยไม่ต้องรื้อถอนหรือทำลายโครงสร้างเดิมของบ้าน รายละเอียดของวัสดุและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงเปลือกอาคารแสดงดัง (ตารางที่ 1)

งานวิจัยนี้กำหนดให้วัสดุของบ้านกรณีศึกษา (base case) ใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 10 เซนติเมตร ($U=0.69 \text{ BTU/hr-ft}^2\text{-F}$) และใช้สีภายนอกเป็นโทนสีอ่อน (absorption = 0.5) (Ministry of Energy, 2010) วัสดุกระจกใช้กระจกใส หนา 6 มิลลิเมตร ซึ่งใช้บานกรอบอลูมิเนียม และวัสดุหลังคาใช้กระเบื้องหลังคาไฟเบอร์ซีเมนต์ติดตั้งแผ่นแผ่นสะท้อนความร้อนและฝ้าเพดานแผ่นยิปซัมชนิดฉาบเรียบ ($U=0.086 \text{ BTU/hr-ft}^2\text{-F}$)

การคำนวณค่าการใช้ไฟฟ้าจากภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศใช้การจำลองผ่านโปรแกรม eQUEST 3.64 (James J. Hirsch & Associates, 2009) ซึ่งกำหนดช่วงเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศของห้องนั่งเล่นในช่วงวันจันทร์-ศุกร์ เวลา 18.00-19.00 น. และวันเสาร์-อาทิตย์ เวลา 08.00-20.00 น. ส่วนห้องนอนในช่วงวันจันทร์-ศุกร์ เวลา 20.00-06.00 น. และวันเสาร์-อาทิตย์ เวลา 21.00-08.00 น. การศึกษาวิจัยนี้ไม่นำค่าไฟฟ้าที่มาจากแสงสว่างและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้ามาคำนวณรวมกับค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุงบ้าน

3.3 การคำนวณระยะเวลาคืนทุน

งานวิจัยนี้ใช้วิธีการคำนวณคืนทุนอย่างง่าย (Payback Period : PB) เพื่อหาจุดคุ้มทุนของโครงการโดยใช้ (สมการที่ 1) สำหรับการพิจารณาระยะเวลาคืนทุนเลือกระยะเวลาคืนทุนที่ 20 ปี เนื่องมาจากการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งานของวัสดุฉนวน

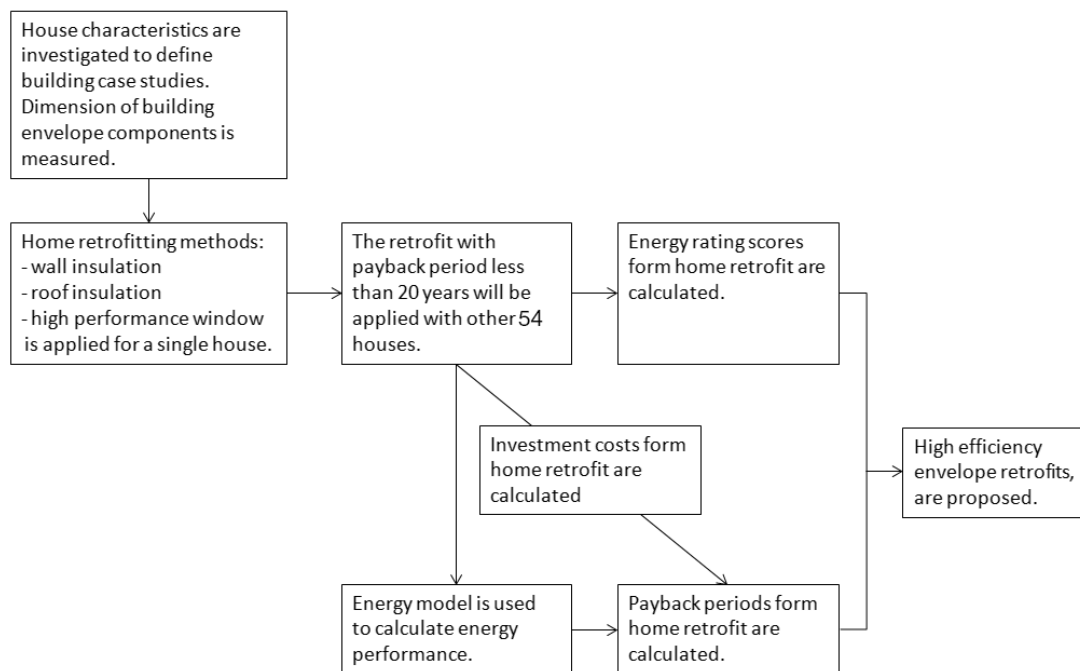
$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (ปี)} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการปรับปรุง (Total Investment)}}{\text{ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (Annual Energy Cost Saving)}} \quad (\text{สมการที่ 1})$$

ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการปรับปรุงบ้าน คือ เงินลงทุนที่ใช้ในการปรับปรุงเปลือกอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานโดยคำนวณด้วยวิธีการบัญชีปริมาณงานและราคา (BOQ)

เฉพาะในส่วนของวัสดุที่ทำการปรับปรุงเท่านั้น เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างการปรับปรุงอาคารในแต่ละกรณี สำหรับการคิดค่าไฟฟ้าอ้างอิงการคำนวณของการคิดอัตราค่าไฟฟ้าของบ้านพักอาศัยจากการไฟฟ้านครหลวง การคิดค่าไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

- 1) ค่าไฟฟ้าฐาน
- 2) ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft)
- 3) ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม

งานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าไฟฟ้าผันแปรในระหว่างช่วงเวลาการศึกษาดังนี้ 1) เดือนกันยายน – ธันวาคม พ.ศ. 2558 จำนวน 46.38 สตางค์/หน่วย 2) เดือนพฤษภาคม – สิงหาคม พ.ศ. 2558 จำนวน 49.61 สตางค์/หน่วย สำหรับการคิดค่าไฟฟ้าของบ้านเลือกรูปแบบที่ 1.2 ซึ่งบ้านจัดสรรประเภทบ้านเดี่ยวส่วนใหญ่มีอัตราการใช้ไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน



Source: Authors, 2019

รูปที่ 1 กรอบวิธีวิจัย (Flow chart representing research methodology)



Source: Authors, 2019

รูปที่ 2 ผังพื้นที่ใช้สอยชั้นล่างและชั้นบนของบ้านกรณีศึกษา (Floor plans of the building case studies)

ตารางที่ 1 ค่าคุณสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุก่อสร้างและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการปรับปรุง (Thermal properties of building materials and its retrofit cost)

Component	Material	Thickness	Total thermal property, U (BTU/hr-ft ² -F)	Retrofit cost (Bath/m ²)
Window	Clear glass	6 mm	1.10	301
	Tinted glass	6 mm	1.09	339
	Reflected glass	6 mm	0.86	1,119
	Double Low-E	24.5 mm	0.23	2,896
Wall insulation	Masonry wall	10 cm	0.69	334
	Masonry wall + EIFS	10 cm + 3 inch	0.057	700
	Masonry wall + Fiberglass	10 cm + 3 inch	0.08	451
Roof insulation	Cement roof tile + Gypsum board	-	0.086	110
	Cement roof tile + Fiber glass 3' inch + Gypsum board	3 inch	0.043	185
	Cement roof tile + Fiber glass 6' inch + Gypsum board	6 inch	0.029	228
	Cement roof tile + Polyethylene bubble foil (R ⁱ 30) + Gypsum board	0.5 inch	0.05	189
	Cement roof tile + Polyethylene bubble foil (R ⁱ 43) + Gypsum board	1.2 inch	0.028	235

Source: Ministry of Energy, 2010

3.4 เกณฑ์การประเมิน

จากการศึกษาเกณฑ์การประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม อาคารพักอาศัย รุ่น R49.02 (ตารางที่ 2) พบว่า หมวดเปลือกอาคารเป็นหมวดที่เกณฑ์ประเมินฯ บังคับโดยต้องได้คะแนนขั้นต่ำ หัวข้อบังคับที่ต้องได้รับคะแนนในการประหยัดพลังงาน แบ่งเป็น 2 หัวข้อ ได้แก่

- 1) การป้องกันความร้อนจากหลังคา
- 2) การป้องกันความร้อนจากผนังและหน้าต่าง

ภายนอก

ข้อ 3.1 การป้องกันความร้อนจากหลังคา (ให้เลือกทำระหว่าง ก. และ ข.)

ก1 ขนาดของช่องแสงที่หลังคา

ก2 ค่าความต้านทานความร้อนฉนวนฝ้าเพดาน (R-Value)

ข ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV)

ข้อ 3.2 การป้องกันความร้อนจากผนังและหน้าต่าง ภายนอก (ให้เลือกทำระหว่าง ก. และ ข.)

ก1 อัตราส่วนพื้นที่หน้าต่างต่อพื้นที่ผนัง

ก2 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมผนัง (U-value)

ก5 ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดกระจก (SC หรือ SHGC)

ข ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผนัง (OTTV)

สำหรับงานวิจัยนี้เลือกทำคะแนนเฉพาะในข้อ ก ในหมวดเปลือกอาคารและหัวข้อค่าการรั่วซึมอากาศที่บานกรอบหน้าต่างและประตู เนื่องจากรายละเอียดการทำคะแนนในข้อ ก มีเกณฑ์การชี้วัดในแต่ละระดับของการปรับปรุงวัสดุเปลือกอาคารที่ชัดเจนมากกว่าข้อ ข โดยเกณฑ์ประเมินฯ จะให้ค่าน้ำหนักคะแนนการปรับปรุงฉนวนฝ้าเพดานมากที่สุด (6-12 คะแนน) รองลงมาเป็นการเลือกใช้ชนิดกระจก (3-10 คะแนน) และการเพิ่มฉนวนให้กับผนังอาคาร (3 คะแนน) ตามลำดับ

4. ผลการศึกษา

จากการจำลองค่าการใช้พลังงานและการวิเคราะห์ระยะเวลาการคืนทุนที่สัมพันธ์กับคะแนนจากการปรับปรุงเปลือกอาคารสามารถแบ่งผลการศึกษาดังนี้เป็น 3 ประเด็น ดังนี้

4.1 การประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากการปรับปรุงเปลือกอาคาร

ตารางที่ 3 แสดงผลการปรับปรุงเปลือกอาคารทั้ง 3 ตัวแปร แบบทีละตัวแปร การปรับปรุงเปลือกอาคารด้วยการใช้กระจกสะท้อนแสงมีอิทธิพลต่อการลดการใช้พลังงานจากภาระการทำความเย็นมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 27.4 รองลงมา คือ การใช้กระจก Low-E 2 ชั้น

ตารางที่ 2 คำนวณคะแนนการประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รุ่น R49.02 หมวดเปลือกอาคาร (Weight of energy efficiency score for building envelope design defined by Thailand Energy and Environmental Assessment Method, TEEAM)

ข้อ	หัวข้อการประเมิน	คะแนน
3.1	การป้องกันความร้อนจากหลังคา (เลือกระหว่าง ก หรือ ข)	7-13
ก1	ขนาดช่องแสงหลังคา	1
เกณฑ์ในการพิจารณา	- ขนาดช่องแสงระนาบเดียวกับหลังคามีพื้นที่ไม่เกิน 1% - ขนาดช่องแสงหลังคาในระนาบตั้งมีพื้นที่ไม่เกิน 2% ของพื้นที่ใช้สอยใต้หลังคา	1
ก2	ค่าความต้านทานความร้อนฉนวนฝ้าเพดาน	6-12
เกณฑ์ในการพิจารณา	- มากกว่า 1.3 m ² °C /W	6
	- มากกว่า 1.9 m ² °C /W	9
	- มากกว่า 3.9 m ² °C /W	12
ข	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมหลังคา (RTTV)	7-13
เกณฑ์ในการพิจารณา	- ต่ำกว่า 20 W/m ²	7
	- ต่ำกว่า 15 W/m ²	10
	- ต่ำกว่า 10 W/m ²	13
3.2	การป้องกันความร้อนผนังและหน้าต่างภายนอก (เลือกระหว่าง ก หรือ ข)	11-24
ก1	อัตราส่วนพื้นที่หน้าต่างต่อพื้นที่ผนัง (WWR)	2-7
เกณฑ์ในการพิจารณา	- ไม่เกิน 30%	2
	- ไม่เกิน 20%	7
ก2	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมผนัง (U-value)	1-3
เกณฑ์ในการพิจารณา	- ไม่เกิน 1.2 W/m ² °C	1
	- ไม่เกิน 1.0 W/m ² °C	2
	- ไม่เกิน 0.6 W/m ² °C	3
ก3	ใช้หน้าต่างกระจก 2 ชั้น หรือมากกว่า	2
ก4	ใช้กระจก Low-E	1
เกณฑ์ในการพิจารณา	- ใช้กระจกสองชั้นและเป็นประเภท Low-E	1
ก5	สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (SC หรือ SHGC)	3-7
เกณฑ์ในการพิจารณา	- ต่ำกว่า 0.75 (SHGC ต่ำกว่า 0.65)	3
	- ต่ำกว่า 0.60 (SHGC ต่ำกว่า 0.52)	5
	- ต่ำกว่า 0.40 (SHGC ต่ำกว่า 0.35)	7
ก6	สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด ภายนอกอาคาร (SC)	1-3
เกณฑ์ในการพิจารณา	- ต่ำกว่า 0.90	1
	- ต่ำกว่า 0.80	2
	- ต่ำกว่า 0.70	3
ก7	สีผิวผนังภายนอกเป็นสีโทนอ่อน	1
เกณฑ์ในการพิจารณา	- พิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (แอลฟา) ของสีที่ใช้ทาผิวผนังภายนอกอาคาร หรือประเภทของวัสดุผนัง ไม่เกิน 0.6 โดยคิดเฉลี่ยจากพื้นที่ผิวทั้งอาคาร	1
ข	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังภายนอก (OTTV)	12-24
เกณฑ์ในการพิจารณา	- ต่ำกว่า 45 W/m ²	12
	- ต่ำกว่า 40 W/m ²	15
	- ต่ำกว่า 35 W/m ²	18
	- ต่ำกว่า 30 W/m ²	21
	- ต่ำกว่า 25 W/m ²	24
3.3	ค่าการรั่วซึมอากาศที่บานกรอบหน้าต่างและประตู	1-3
เกณฑ์ในการพิจารณา	- น้อยกว่า 0.9 l/s-m of crack	1
	- น้อยกว่า 0.6 l/s-m of crack	2
	- น้อยกว่า 0.3 l/s-m of crack	3

Source: Ministry of Energy, 2010

(ค่าพลังงานลดลงร้อยละ 22.6) และการใช้กระจกสีเขียวสามารถลดการใช้พลังงานลงร้อยละ 8.7 ตามลำดับ นอกจากนี้การเลือกใช้กระจกที่มีประสิทธิภาพสูง การใส่ฉนวนกันความร้อนที่ผนังอาคารลดการใช้พลังงานเป็นอันดับรองลงมา การติดตั้งระบบผนัง EIFS 3 นิ้ว หรือการติดตั้งฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว สามารถลดค่าการใช้พลังงานได้ใกล้เคียงกัน คิดเป็นร้อยละ 3.4 การปรับปรุงวัสดุฉนวนฝ้าเพดานไม่ค่อยส่งผลต่อการลดค่าพลังงานเมื่อเทียบกับการเปลี่ยนวัสดุกระจกหรือใส่ฉนวนที่ผนัง ค่าการใช้พลังงานที่ลดลงจากการปรับเปลี่ยนวัสดุฝ้าเพดานมีค่าลดลงเฉลี่ยร้อยละ 0.3

สำหรับการปรับปรุงแบบใช้วัสดุร่วมกันทั้ง 3 ตัวแปร (รูปที่ 4) สามารถลดค่าพลังงานได้มากกว่าการปรับปรุงทีละตัวแปร การปรับปรุงบ้านด้วยการเลือกใช้กระจกสะท้อนแสงร่วมกับการติดตั้งระบบผนัง EIFS หนา 3 นิ้ว หรือติดตั้งร่วมกับฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว สามารถลดค่าการใช้พลังงานได้มากที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 47-48 รองลงมาเป็นการใช้กระจก Low-E ร่วมกับการติดตั้งระบบผนัง EIFS หนา 3 นิ้วหรือร่วมกับการติดตั้งฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว ซึ่งค่าการใช้พลังงานลดลงร้อยละ 40-41 โดยการคำนวณค่าการใช้พลังงานจากการปรับปรุงเปลือกอาคาร 60 รูปแบบของบ้านจำนวน 1 หลัง นำไปวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนของการปรับปรุงบ้านในแต่ละรูปแบบต่อไป

4.2 ความคุ้มค่าในการลงทุน

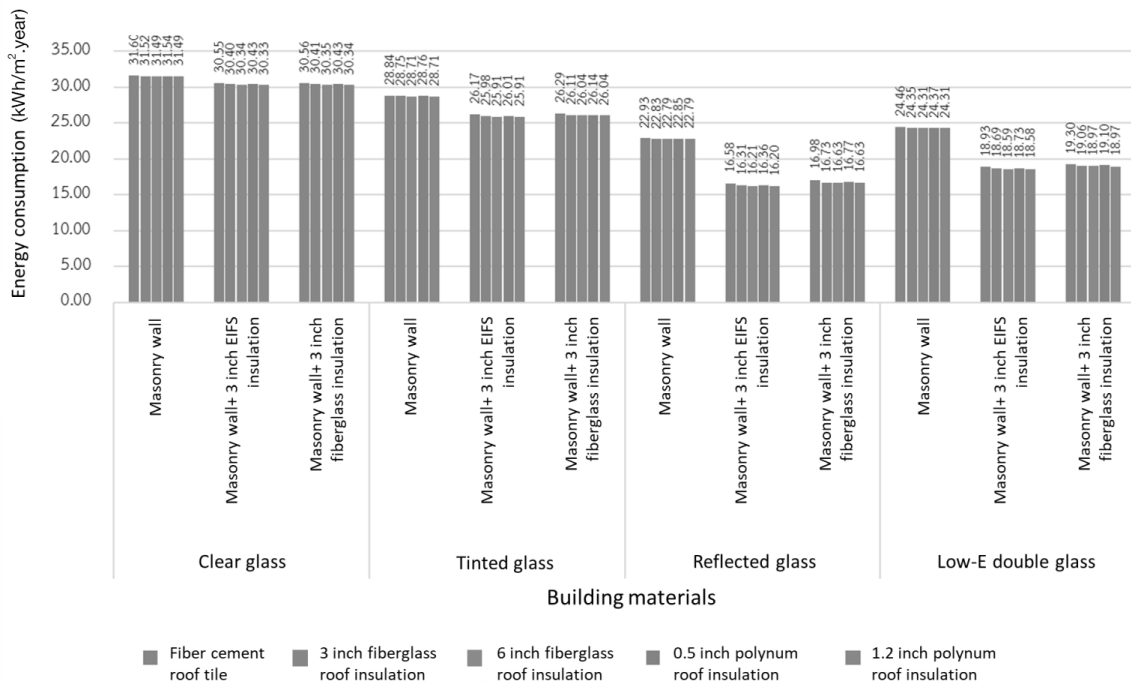
เกณฑ์การเลือกแนวทางการปรับปรุงกับบ้านกรณีศึกษาทั้งหมดกำหนดให้มีช่วงระยะคืนทุนต่ำกว่า 20 ปี เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาแนวทางการปรับปรุงที่คุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด โดยจากการศึกษาแนวทางการปรับปรุงเปลือกอาคารที่ให้ผลคืนทุนภายในเวลา 20 ปี มีทั้งสิ้น 17 รูปแบบ ประกอบด้วยการปรับปรุงเปลือกอาคาร 5 กลุ่ม ได้แก่

- 1) กลุ่มการปรับปรุงเฉพาะชนิดกระจกสีเขียวหรือกระจกสะท้อนแสง (ระยะเวลาคืนทุน 5.5-7.9 ปี)
 - 2) กลุ่มการปรับปรุงฉนวนฝ้าเพดานชนิดฉนวนใยแก้ว หนา 3 นิ้วและฉนวนแผ่นโพลีเอทธีลีน บับเบิล ฟอยล์ R₄₃ หนา 0.5 นิ้ว (ระยะเวลาคืนทุน 17.5-18 ปี)
 - 3) กลุ่มการใช้กระจกสีเขียวร่วมกับฉนวนฝ้าเพดาน (ระยะเวลาคืนทุน 12.4-14.1 ปี)
 - 4) กลุ่มการใช้กระจกสะท้อนแสงร่วมกับฉนวนฝ้าเพดาน (ระยะเวลาคืนทุน 10.8-11.6 ปี)
 - 5) กลุ่มการใช้กระจกสะท้อนแสงร่วมกับการติดตั้งฉนวนใยแก้ว 3 นิ้วที่ผนังอาคารหรือร่วมกับฉนวนฝ้าเพดาน (ระยะเวลาคืนทุน 17.8-19.8 ปี)
- แสดงใน (รูปที่ 5) โดยแนวทางการปรับปรุงอาคารทั้ง 17 รูปแบบถูกนำไปใช้ปรับปรุงกับบ้านกรณีศึกษา 54 หลัง เพื่อคำนวณระยะเวลาคืนทุนกับคะแนนที่ได้จากการปรับปรุงบ้าน

ตารางที่ 3 สัดส่วนและค่าการใช้พลังงานจากการปรับปรุงวัสดุเปลือกอาคารบ้านกรณีศึกษาแต่ละชนิดวัสดุ (Energy consumption and percentage savings from envelope retrofit compared to the base case)

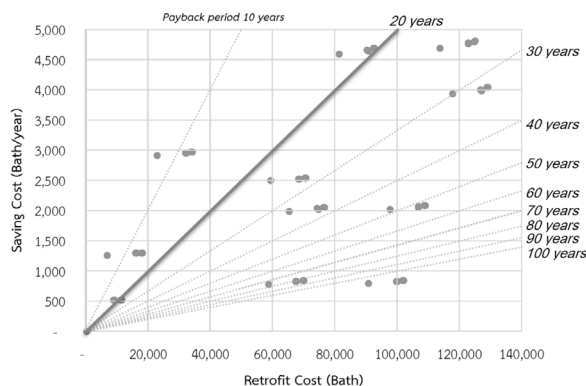
Building materials	Energy used (kWh/m ² .year)	Energy savings (kWh/m ² .year)	Percentage savings	Ranking of significant design parameter
Base case	31.60	-	-	-
Tinted glass	28.84	2.76	-8.7%	3
Reflected glass	22.96	8.64	-27.4%	1
Low-E double glass	24.46	7.14	-22.6%	2
3 inch EIFS wall	30.56	1.04	-3.4%	4
Masonry wall with 3 inch fiber glass insulation	30.65	0.95	-3.3%	5
3 inch fiber glass insulation	31.52	0.08	-0.2%	small impact
6 inch fiber glass insulation	31.49	0.11	-0.3%	
0.5 thick polyethylene bubble roof insulation	31.54	0.06	-0.2%	
1.2 thick polyethylene bubble roof insulation	31.49	0.112	-0.4%	

Source: Authors, 2019



Source: Authors, 2019

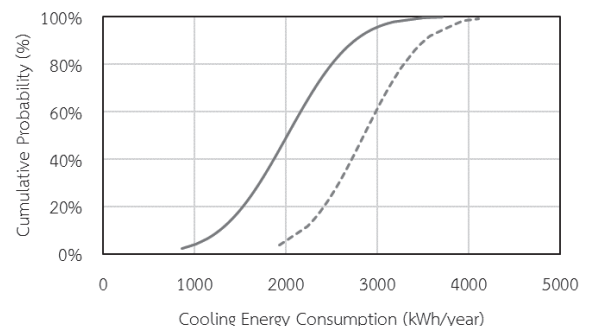
รูปที่ 4 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านจากการปรับปรุงองค์ประกอบเปลือกอาคารทั้ง 60 รูปแบบ ของบ้านกรณีศึกษา 1 หลัง (A comparison of energy consumptions gained from different 60 retrofitting techniques for a building case study)



Source: Authors, 2019

รูปที่ 5 ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงบ้านเปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (A comparison of envelope-retrofit cost and energy saving benefit)

รูปที่ 6 แสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศของบ้าน 54 หลัง ก่อนและหลังปรับปรุงบ้าน บ้านที่มีการปรับปรุงเปลือกอาคารมีค่าการใช้พลังงานตั้งแต่ 860–3,650 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี คิดเป็น 16–31 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปีต่อพื้นที่ที่ปรับอากาศ ซึ่งมีค่าการใช้พลังงานลดลงเฉลี่ยร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของบ้านก่อนปรับปรุง (ค่าการใช้พลังงานลดลงเฉลี่ย 870 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี)



----- House before envelope retrofit
 — House after envelope retrofit

Source: Authors, 2019

รูปที่ 6 การกระจายตัวของค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศของบ้านพักอาศัยก่อนและภายหลังปรับปรุงองค์ประกอบเปลือกอาคาร (Cumulative probability distribution of household cooling energy consumption before and after envelope retrofit)

4.3 คะแนนที่ได้จากเกณฑ์ประเมินฯ ในการปรับปรุงเปลือกอาคาร

จากการคำนวณคะแนนที่ได้จากการปรับปรุงวัสดุเปลือกอาคารแต่ละชนิด พบว่า การเปลี่ยนฉนวนฝ้าเพดานจะได้ค่าคะแนนสูงสุดที่ 6–12 คะแนน รองลงมาคือการเปลี่ยนวัสดุกระจกซึ่งมีค่าคะแนนอยู่ที่ 3–10 คะแนน และได้คะแนนในข้อสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (3–7

คะแนน) การใช้กระจกสะท้อนแสง (SHGC = 0.19) และกระจก Low-E 2 ชั้น (SHGC = 0.28) แม้ได้คะแนนจากค่า SHGC เท่ากับ 7 คะแนน แต่เนื่องจากเกณฑ์ประเมินให้ค่าคะแนนเพิ่มเติม 3 คะแนนกับการใช้กระจก Low-E และกระจก 2 ชั้น ส่งผลให้การใช้กระจก Low-E 2 ชั้นได้คะแนนรวมจากเกณฑ์ประเมินรวมทั้งสิ้น 10 คะแนน และการเพิ่มฉนวนที่ผนังจะได้ค่าคะแนนต่ำสุดที่ 3 คะแนน

สำหรับงานวิจัยนี้ การปรับปรุงบ้านโดยการติดตั้งฉนวนที่ฝ้าเพดานทำเฉพาะพื้นที่ที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศเป็นหลัก ส่งผลให้การคำนวณค่าความต้านทานความร้อน (R-value) ของฉนวนฝ้าเพดานมีค่าลดลงจากการถัวเฉลี่ยค่า R-value ของพื้นที่ติดตั้งฉนวนกับพื้นที่ทั้งหมด ทำให้ค่าคะแนนที่ได้จากการปรับปรุงมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดในเกณฑ์ประเมิน รายละเอียดคะแนนแสดงดัง (ตารางที่ 4) ซึ่งจากตารางการได้คะแนนจากการปรับปรุงหลังคาโดยการใส่ฉนวนฝ้าเพดานมีน้ำหนักคะแนนค่อนข้างสูงกว่าการปรับปรุงวัสดุกระจกและผนังซึ่งให้ผลขัดแย้งกับผลจำลองจากการปรับปรุงฝ้าเพดานของบ้านที่ศึกษาให้ผลการประหยัดพลังงานต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับการปรับปรุงด้านอื่นๆ (ตารางที่ 3)

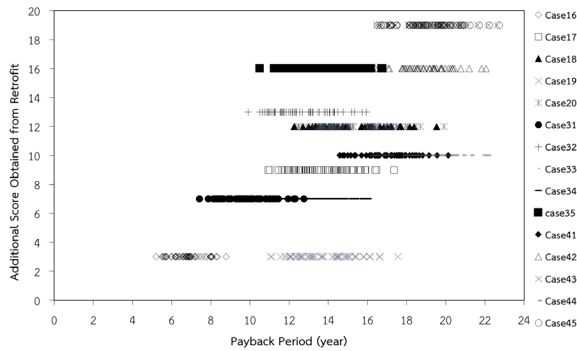
5 แนวทางการปรับปรุงบ้านต้นทุ่นต่ำตามเกณฑ์ประเมินพลังงาน

รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ของค่าคะแนนที่ได้เพิ่มขึ้นจากการปรับปรุงจากเกณฑ์ประเมินอาคารประหยัดพลังงาน (TEEAM) กับระยะเวลาการคืนทุนจากการปรับปรุงเปลือกอาคารของบ้านทั้งหมด 54 หลัง ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์จะเห็นได้ว่าการปรับปรุงเปลือกอาคารเพื่อให้ได้คะแนนสูงมักจะมีระยะเวลาคืนทุนที่ยาวนาน และสอดคล้องกับค่าประสิทธิภาพ (efficiency) ของค่าคะแนนที่ได้จากการปรับปรุง จากการศึกษา พบว่าการปรับปรุงบ้านจะให้ระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 5 ปีขึ้นไป หากเจ้าของบ้านต้องการได้คะแนนจากเกณฑ์ประเมินฯ เพิ่มขึ้น 2 คะแนน จะมีระยะเวลาคืนทุนภายใน 10 ปี หากเจ้าของบ้านต้องการได้คะแนนเพิ่มขึ้นสูงสุด 16 คะแนน ต้องมีระยะเวลาคืนทุน 11-17 ปี และการได้คะแนนเพิ่มขึ้นถึง 18 คะแนนจะมีระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 16 ปี

ตารางที่ 4 คะแนนที่ได้จากเกณฑ์ประเมิน TEEAM หมวดเปลือกอาคาร ของวัสดุที่ใช้ศึกษาในการปรับปรุง (Energy efficiency score obtained from envelope retrofit calculated based on Thailand Energy and Environmental Assessment Method, TEEAM)

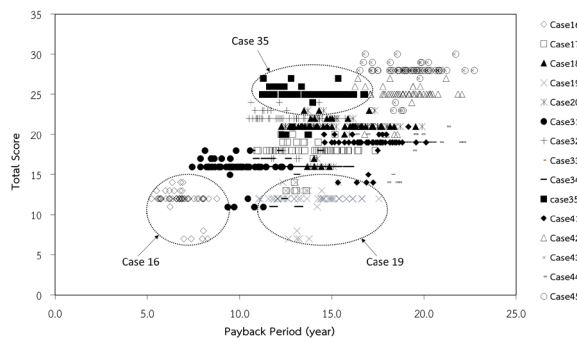
Topic 3.2 n2 Heat transfer coefficient through building envelope	
Wall material	Score
Masonry	0
Masonry wall with 3 inch EIFS insulation	3
Masonry wall with 3 inch fiberglass insulation	3
Glass material	Score
Clear glass	0
Tinted glass	3
Reflected glass	7
Low-E double glass	7
Low-E double glass	2
Low-E double glass	1
Roof insulation	Score (calculate only conditioned zone)
Without insulaiton	0
3 inch fiberglass insulation	6
6 inch fiberglass insulation	9
0.5 inch polynum bubble roof insulation (R _i 30)	0
1.2 inch polynum bubble roof insulation (R _i 43)	9

Source: Authors, 2019



Source: Authors, 2019

รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาคืนทุนในการปรับปรุงเปลือกอาคารและค่าคะแนนที่ได้เพิ่มขึ้นจากเกณฑ์ประเมิน (Relationship between payback period and increase of energy efficiency score obtained from different envelope retrofits)



Source: Authors, 2019

รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาคืนทุนในการปรับปรุงเปลือกอาคารและค่าคะแนนรวมที่ได้ทั้งหมตก่อนและภายหลังการปรับปรุง (Relationship between payback period and total energy efficiency score obtained from different envelope retrofits)

รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ของระยะเวลาคืนทุนจากการปรับปรุงบ้านกับค่าคะแนนรวมที่ได้ทั้งหมดก่อนและภายหลังการปรับปรุง ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มของระยะเวลาคืนทุนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 การปรับปรุงบ้านที่ให้ระยะเวลาคืนทุนในช่วง 5-11 ปี

กลุ่มที่ 2 การปรับปรุงบ้านที่ให้ระยะเวลาคืนทุนในช่วง 11-17 ปี

กลุ่มที่ 3 การปรับปรุงบ้านที่ให้ระยะเวลาคืนทุนนานกว่า 17 ปี ขึ้นไป

แนวทางการปรับปรุงเปลือกอาคารที่มีต้นทุนต่ำ (ระยะเวลาคืนทุนน้อยกว่า 10 ปี) คือ การปรับปรุงโดยใช้กระจกสีเขียวอย่างเดียว (case 16) ค่าคะแนนที่ได้จากการปรับปรุงอยู่ในช่วง 6-15 คะแนน สำหรับการปรับปรุงบ้านที่ใช้ระยะเวลาคืนทุน 11-17 ปี คือ การปรับปรุงเปลือกอาคารโดยใช้กระจกสะท้อนแสงและการติดตั้ง

ฉนวนแผ่นโพลีเอทรีลีน บับเบิลฟอยล์ Rt 43 (case 35) ได้คะแนนการประเมินสูงที่สุด คือ 20-27 คะแนน เมื่อเทียบกับเทคนิคการปรับปรุงอื่นๆ ที่มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากัน สำหรับการปรับปรุงเปลือกอาคารที่มีระยะเวลาคืนทุนนานและมีค่าคะแนนจากเกณฑ์การประเมินต่ำ คือ การเปลี่ยนกระจกเขียวร่วมกับการใช้ฉนวนแผ่นโพลีเอทรีลีน บับเบิลฟอยล์ Rt 30 (case 19) โดยมีระยะเวลาคืนทุนอยู่ในช่วง 11-18 ปี และมีค่าคะแนนที่ได้อยู่ในช่วง 6-15 คะแนน

6. อภิปรายผล

จากการศึกษา พบว่า การปรับปรุงวัสดุกระจกส่งผลต่อการลดค่าพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศของบ้านมากที่สุด ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ (Sethabutra, A. & Chindavanik, T., 2007; Sudprasert, S. & Sakdawattananon, S., 2018; Taepipatpong, K., 2010; Inprom, N., 2015) โดยผลการศึกษา พบว่า วัสดุกระจกมีอิทธิพลต่อการลดค่าการใช้พลังงานภายในบ้านมากที่สุด รองลงมาคือ การเพิ่มฉนวนเป็นฉนวนแผ่นสามารถลดค่าการใช้พลังงานได้เล็กน้อย และฉนวนฝ้าเพดานไม่สามารถลดค่าการใช้พลังงานได้อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าน้ำหนักคะแนนของการปรับปรุงเปลือกอาคารของเกณฑ์ประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รุ่น R49.02 (TEEAM) (Ministry of Energy, 2010) แล้ว พบว่า การปรับปรุงโดยการเพิ่มฉนวนความร้อนที่ฝ้าเพดานมีน้ำหนักคะแนนสูงที่สุด ซึ่งขัดแย้งกับผลการจำลองการปรับปรุงฝ้าเพดานของบ้านที่ศึกษา พลังงานที่ลดลงมีค่าค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้ อาจเนื่องจากการปรับปรุงฉนวนหลังคาในงานวิจัยนี้ทำเฉพาะห้องที่ปรับอากาศเท่านั้น ค่าการประหยัดพลังงานที่ลดลงมีค่าค่อนข้างต่ำว่าการปรับปรุงด้านอื่นๆ หรือในสมัยก่อนการพัฒนาของเทคโนโลยีความเป็นฉนวนของวัสดุกระจกอาจไม่ดีพอเมื่อเทียบกับค่าการกันความร้อนของฉนวนหลังคา หรือการกำหนดตัวแปรและเงื่อนไขของกรณีศึกษาในการสร้างเกณฑ์แตกต่างจากกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ จึงส่งผลให้การลำดับอิทธิพลของตัวแปรที่ส่งผลต่อค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าแตกต่างกันด้วย

7. ข้อจำกัดของการศึกษา

การปรับปรุงเปลือกอาคารในการศึกษาวิจัยนี้ได้เลือกใช้วัสดุที่หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาดของประเทศไทยในปัจจุบัน ซึ่งในอนาคตวัสดุก่อสร้างอาจมีการพัฒนาให้มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนหรือการป้องกันความร้อนได้ดียิ่งขึ้นและอาจมีราคาก่อสร้างที่ถูกลง ดังนั้นแนวทางและรูปแบบของการปรับปรุงเปลือกอาคารในอนาคตอาจมีความแตกต่างไปจากข้อเสนอแนะที่ได้จากผลการศึกษาในงานวิจัยนี้

นอกจากนี้ การศึกษาวิจัยนี้ไม่ได้คำนึงถึงการเพิ่มแผงบังแดดให้กับอาคาร เนื่องจากมีข้อจำกัดเกี่ยวข้องกับกฎหมายอาคารว่าด้วยระยะร่นของอาคารกับแนวเขตที่ดินสำหรับอาคารที่มีอาณาบริเวณและไม่มีข้อจำกัดด้านกฎหมาย การใช้แผงกันแดดสามารถช่วยในการป้องกันความร้อนจากรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์เข้าสู่เปลือกอาคารซึ่งอาจลดต้นทุนในการก่อสร้างและได้คะแนนจากเกณฑ์ประเมินฯ เพิ่มขึ้น

สำหรับเงื่อนไขของการจำลองค่าพลังงานในการศึกษาวิจัยนี้ได้ศึกษาเฉพาะค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเท่านั้น ไม่ได้คำนึงถึงค่าการใช้พลังงานจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างมาคำนวณรวมด้วย อีกทั้ง การจำลองค่าการใช้พลังงานเป็นการจำลองในทิศทางการวางอาคารที่หันหน้าบ้านไปทางทิศใต้เท่านั้น ดังนั้นค่าการใช้พลังงานของบ้านอาจแตกต่างออกไปหากจำลองการวางอาคารในทิศทางอื่น ในการศึกษาวิจัยในอนาคตอาจนำตัวแปรที่กล่าวมาข้างต้นมาพิจารณาร่วมด้วย

8. สรุปผล

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงระบบเปลือกอาคารบ้านจัดสรรประเภทบ้านเดี่ยวเพื่อการประหยัดพลังงานและได้คะแนนในเกณฑ์ประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รุ่น R49.02 หมวดเปลือกอาคาร การปรับปรุงเปลือกอาคารเน้นการเปลี่ยนวัสดุกระจก การใส่ฉนวนให้กับผนังและหลังคาที่บ้านจำนวน 54 หลัง จากผลการศึกษา พบว่าการปรับปรุงเปลือกอาคารสามารถลดค่าการใช้พลังงานลงเฉลี่ยร้อยละ 30 (870 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี) หรือคิดเป็นค่าไฟฟ้า 3,470 บาท/ปี จากการปรับปรุงเปลือกอาคารควรพิจารณาเลือกการปรับปรุงวัสดุกระจกเป็นอันดับแรกเนื่องจากมีอิทธิพลต่อการลดค่าการใช้พลังงานของบ้านมากที่สุด รองลงมาคือ การปรับปรุงฉนวนผนังอาคาร และการปรับปรุงฉนวนฝ้าเพดาน ตามลำดับ การปรับปรุงอาคารแบบใช้วัสดุร่วมกันสามารถลดค่าการใช้พลังงานได้มากที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 48 การเปลี่ยนวัสดุกระจกเป็นกระจกสีเขียวอย่างเดียว ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนน้อยกว่า 10 ปี ซึ่งมีค่าคะแนนที่ได้จากการปรับปรุงอยู่ในช่วง 6-15 คะแนน สำหรับการใช้กระจกสะท้อนแสงและฉนวนแผ่นโพลีเอทิลีน บับเบิลฟอยล์ Rt 43 ให้ระยะเวลาคืนทุน 11-17 ปี และได้คะแนนจากการประเมินฯ สูงถึง 20-27 คะแนน การปรับปรุงเปลือกอาคารในอนาคตอาจมีแนวทางที่แตกต่างไปจากข้อเสนอแนะที่ได้จากผลการศึกษาในงานวิจัยนี้ ทั้งนี้เนื่องจากการพัฒนาทางเทคโนโลยีการกันความร้อนของวัสดุก่อสร้าง

References

- Bardhan, A., Jaffee, D., Kroll, C., & Wallace, N. (2014). Energy efficiency retrofits for U.S. housing: Removing the bottlenecks. *Regional Science and Urban Economics*, 47, 45–60. DOI: 10.1016/j.regsciurbeco.2013.09.001
- Dianshu, F., Sovacool, B. K., & Vu, K. M. (2010). The barriers to energy efficiency in China: Assessing household electricity savings and consumer behavior in Liaoning Province. *Energy Policy*, (38), 1202–1209.
- Frederiks, E. R., Stenner, K., & Hobman, E. V. (2015). Household energy use: Applying behavioural economics to understand consumer decision-making and behaviour. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41(Supplement C), 1385–1394. DOI: 10.1016/j.rser.2014.09.026
- Inprom, N. (2015). *Sensitivity analysis of the impact of building components on Ac electricity consumption in Thai detached house*. Thammasat University, Faculty of Architecture and Planning Thammasat University, Architecture.
- International Energy Agency. (2007). Existing policy responses to financial barriers (Financing energy efficient homes) (p. 52). *International Energy Agency*. Retrieved from <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/FinancialBarrierBuilding-1.pdf>
- James J. Hirsch and Associates. (2009). *eQUEST version 3.64*. Retrieved from <http://www.doe2.com/equest>
- Jareemit, D., & Limmeechokchai, B. (2017). Influence of Changing Behavior and High Efficient Appliances on Household Energy Consumption in Thailand. *Energy Procedia*, 138, 241–246. DOI: 10.1016/j.egypro.2017.10.047
- Jareemit, D., Inprom, N., & Sukseeda, J. (2016). Uncertainty distribution in architectural design for detached houses located in Bangkok neighborhoods. In *IBPSA-USA Journal* (6). Retrieved from <http://ibpsa-usa.org/index.php/ibpusa/article/view/358>
- Ministry of Energy, Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2014). *Application Guide for Outstanding Energy Conservation Housing Contest 2014*. Bangkok: Department of Alternative Energy Development and Efficiency.
- Ministry of Energy, Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2010). *Building energy saving and eco-friendly assessment guide Residential Building Model R49.02*. Bangkok: Department of Alternative Energy Development and Efficiency.
- Sethabuttra, A. (2012). *Sustainable livelihood assessment criteria for the community: Ecovillage*. Bangkok: National Housing Authority.
- Sethabuttra, A. & Chindavanik, T. (2007). Development of the minimum criteria for thermal protection properties of building enclosures in single-family buildings In Baiyoke Sky Hotel, *3rd Thailand Energy Network Academic Conference* (No. 1-13). Bangkok: Author.
- Sudprasert, S., & Sakdawattananon, S. (2018). Simulation Study of Applying Thermal Insulation in the Condominium Rooms to Reduce Cooling Energy. *International Journal of Building, Urban, Interior and Landscape Technology; BUILT*, 11, 7–18. Retrieved from <https://www.tci-thaijo.org/index.php/BUILT/article/view/167857>
- Taepipatpong, K. (2010). *Added title page title: Study of materials and window to wall ratio for reducing energy consumption of residential buildings*. Thammasat University, Faculty of Architecture and Planning Thammasat University, Architecture.
- Wongmahasiri, R. (2015). Policy on energy consumption in residential houses in Thailand and internationally. *The Government Housing Bank Journal*, 81 (21), 27-33.

