Journal of Architectural/Planning Research and Studies (JARS) Vol.19(1).2022

DOI: 10.14456/jars.xxxx.xx

เกณฑ์ประเมินและให้ฉลากแบบบ้านประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมโดยอิงการจำลองพลังงานและการประเมินวัฏจักรชีวิต

Energy-Saving and Environmentally-Friendly Residential Drawings Certification and Labelling Rating Systems using Energy Simulation and Life Cycle Assessment

ชนิกานต์ ยิ้มประยูร[1]* รัตนาวรรณ มั่งคั่ง[2] ภัทรนันท์ ทักขนนท์[3] และ สิงห์ อินทรชูโต[4]

Chanikarn Yimprayoon[1]*, Rattanawan Mungkung[2], Pattaranan Takkanon[3], and Singh Intrachooto[4]

[1,3,4] คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

Faculty of Architecture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

[2] คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

Faculty of Environment, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

* Corresponding author e-mail: chanikarn.s@ku.th[1]*

Received 1/8/2020 Revised 2/12/2020 Accepted 4/12/2020

บทคัดย่อ

อาคารพักอาศัยในประเทศไทย มีประมาณ 25 ล้านหลัง มีอัตราที่เพิ่มขึ้นประมาณ 5-6 แสนหน่วยต่อปี ส่วนใหญ่เป็นบ้านเดี่ยวและมีลักษณะเดียวกันทุกภาค มีการใช้พลังงานไฟฟ้าคิดเป็นสัดส่วนเกือบ 50% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคอาคาร และมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีนัยสำคัญ จากการใช้พลังงานและทรัพยากรในขั้นตอนการผลิตวัสดุก่อสร้าง การก่อสร้าง การใช้อาคาร และการรื้อถอนทำลายซากอาคาร เกณฑ์ประเมินและให้ฉลากแบบบ้านประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเป็นหนึ่งในมาตรการที่สามารถช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมของอาคารพักอาศัยที่จะสร้างใหม่ได้ การพัฒนาเกณฑ์ประเมินแบบอาคารพักอาศัยยั่งยืนช่วงออกแบบนี้ เริ่มด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลจากเกณฑ์ประเมินประเภทเดียวกันทั้งในและต่างประเทศ เพื่อกำหนดหมวดหลักและคะแนนในแต่ละหมวดประเมิน รวมทั้งทำการคัดเลือกหัวข้อที่ส่งผลกระทบกับคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารที่ไม่สามารถประเมินเป็นตัวเลขได้ จากนั้นทำการกำหนดอาคารกรณีศึกษา และทางเลือกในการออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แล้วจึงคำนวณการใช้พลังงาน การลงทุนเพิ่มเติม ค่าใช้จ่ายตลอดวัฏจักรชีวิต (LCC) ทำการประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) ของแต่ละทางเลือก เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบในทุกด้าน และทำการคัดเลือกแนวทางออกแบบที่ส่งผลดีกับการใช้พลังงานและสิ่งแวดล้อม เกณฑ์ประกอบด้วยหมวดการประเมิน 5 หมวด จำนวน 30 ข้อ เป็นข้อบังคับ 12 ข้อ คะแนนเต็ม 100 คะแนน แบ่งระดับการประเมินเป็น Certified, Silver, Gold และ Platinum การดำเนินงานเกณฑ์ประเมินและให้ฉลากแบบบ้านประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จะเป็นกลไกที่สำคัญในการผลักดันให้มีการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิต อันเป็นการส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืน ตามเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable development goal: SDG) ในข้อที่ 11, 12, และ 13 และเป็นข้อมูลประกอบการพัฒนาโครงการหมู่บ้านจัดสรร อาคารพักอาศัยรวม รวมทั้งการตัดสินใจเลือกแบบบ้านของผู้บริโภคด้วย

คำสำคัญ
เกณฑ์ประเมินอาคารเขียว
อาคารพักอาศัยยั่งยืน
บ้านประหยัดพลังงาน
การประเมินวัฏจักรชีวิตอาคาร

Abstract

There were approximately 25 million houses in Thailand. The residential unit's increase rate is 0.5-0.6 million units each year. The majority of the type of housings are detached houses and this is applied to every part of the country. Residential buildings in Thailand consume almost 50% of the total electricity used in the building sector. Residential building has a high impact on the environment because it releases a high amount of greenhouse gases from material production, building construction, building utilization, and building demolition. The sustainable house plan rating and labeling system is one of the measures that could minimize environmental impacts of new residential buildings. The development of sustainable house plan rating and labeling system began with the surveying green residential building rating systems both in Thailand and from other countries. Main credit categories and points allocation were then identified. Residential base cases were selected and were applied with various sustainable design options and analyzed in terms of energy-saving, additional investment, life cycle costing (LCC), and life cycle analysis (LCA). Design options associate with better energy-saving and better LCA were selected as prerequisite credits and point credits. Implementation of a home energy-saving and environmentally friendly certification system would be an important mechanism in driving the design of houses that are energy-efficient and environmentally friendly throughout the life cycle, which help to promote sustainable development according to the Sustainable Development Goal (SDG) no 11, 12, and 13. The rating system could assist the home buyer's decision-making in selecting appropriate sustainable housing projects.

Keywords
The green building rating system
Sustainable residential building
Energy-efficient house
Life cycle assessment of buildings

1. บทนำ ความเป็นมา ความสำคัญของอาคารพักอาศัยต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน

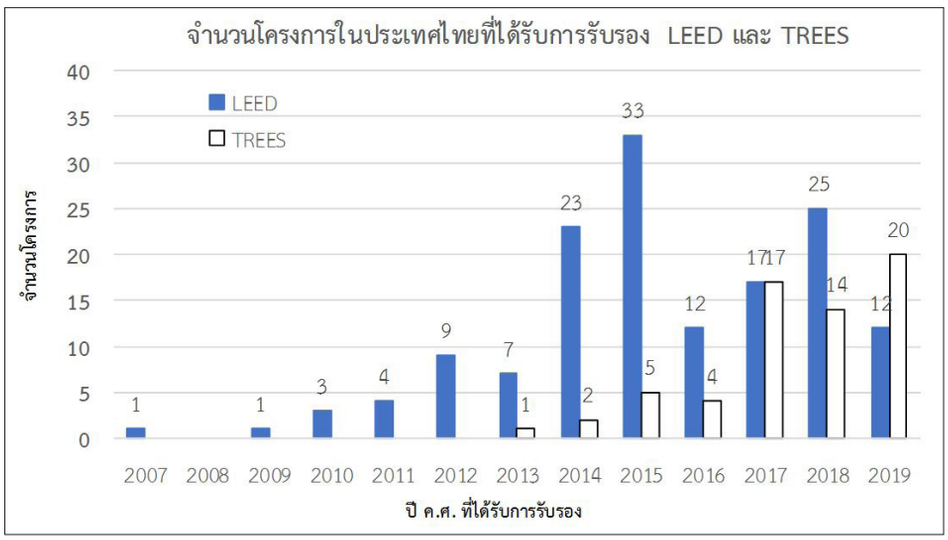
อาคารพักอาศัยในประเทศไทยเป็นประเภทอาคารที่มีขนาดเล็กแต่มีจำนวนมาก จำนวนบ้านนับจากเลขที่บ้าน ณ สิ้นปี พ.ศ.2559 มีประมาณ 25 ล้านหลัง โดยมีอัตราที่เพิ่มขึ้นประมาณ 5–6 แสนหน่วยต่อปี และเป็นที่พักอาศัยในเขตกรุงเทพมหานครประมาณ 2.5 ล้านหน่วย (National Statistical Office of Thailand, 2018) สำหรับประเภทที่อยู่อาศัยจากการสำรวจสำมะโนประชากร ปี พ.ศ. 2553 ส่วนใหญ่เป็นบ้านเดี่ยว (ร้อยละ 72.6) และมีลักษณะเดียวกันทุกภาค ปัจจุบันอัตราการเพิ่มประชากรของประเทศไทยลดลงเรื่อย ๆ แต่แม้ว่าอัตราการเพิ่มของประชากรโดยรวมของประเทศจะลดลง แต่อัตราการเพิ่มของประชากรในกรุงเทพมหานคร และ ภาคกลาง กลับเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ในกรณีนี้เนื่องจากประชากรไทยมีการย้ายถิ่นจากภาคต่าง ๆ เข้าสู่เมืองใหญ่ที่เป็นแหล่งงาน รวมถึงแรงงานต่างด้าวที่เข้ามาทำงานในประเทศไทยด้วย ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลนั้นมีอัตราการเพิ่มของที่พักอาศัย 2.1–2.6% ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 หรือประมาณปีละ 110,000 หน่วย โดยมีราคาเฉลี่ยต่อหน่วยอยู่ที่ 3.86 ล้านบาท และที่อยู่อาศัยส่วนใหญ่จะมีราคาอยู่ในช่วงไม่เกิน 5 ล้านบาท (Agency for Real Estate Affairs Co., Ltd., 2018)

ในปีพ.ศ. 2560 อาคารพักอาศัยใช้พลังงานไฟฟ้าคิดเป็น 24% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศ หรือคิดเป็น 50% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคอาคาร จึงเป็นภาคที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีนัยสำคัญ (Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2017) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาคอาคารพักอาศัยเกิดจากการใช้พลังงานในขั้นตอนการผลิตวัสดุก่อสร้าง การก่อสร้าง การใช้อาคาร และการรื้อถอนทำลายซากอาคาร โดยเฉพาะในช่วงของการใช้งานจะมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด (Chanikarn Yimprayoon, 2008) การพัฒนาอาคารพักอาศัยอย่างยั่งยืนจะช่วยลดการใช้พลังงานและทรัพยากร นอกจากนี้อาคารยั่งยืนยังส่งเสริมสุขภาวะของผู้อยู่อาศัยอีกด้วย ซึ่งมีส่วนช่วยอย่างมากที่จะทำให้ประเทศไทยสามารถบรรลุเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable development goal: SDG) ในข้อที่ 11 12 และ 13 โดยตรง กล่าวคือ SDG 11 เมืองและถิ่นฐานมนุษย์อย่างยั่งยืน: อาคารพักอาศัยยั่งยืนเป็นองค์ประกอบหนึ่งของเมืองและถิ่นฐานมนุษย์ยั่งยืน SDG 12 แผนการบริโภคและการผลิตที่ยั่งยืน: อาคารพักอาศัยยั่งยืนใช้หลักเศรษฐกิจหมุนเวียนทำให้ไม่เกิดขยะ SDG 13 การรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพ–ภูมิอากาศ: อาคารพักอาศัยยั่งยืนก่อให้เกิดมลพิษน้อย ส่งผลดีกับสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้ยังสามารถส่งเสริมการบรรลุเป้าหมายในข้อที่ 3 7 8 9 15 และ 17 ทางอ้อมอีกด้วย (World Green Building Council, 2019)

สำหรับประเทศไทยนั้นยังไม่มีเกณฑ์การประเมินอาคารพักอาศัยยั่งยืนที่มีหัวข้อการประเมินครอบคลุมทั้งทางด้านพลังงาน ผลกระทบสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคาร และคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร การศึกษาเพื่อพัฒนาเกณฑ์ประเมินอาคารพักอาศัยยั่งยืนนี้ จึงเป็นครั้งแรกในประเทศไทย อย่างไรก็ตามขอบเขตการประเมินจะเป็นช่วงออกแบบคือประเมินจากแบบเท่านั้น ยังไม่ครอบคลุมไปถึงการประเมินช่วงก่อสร้าง ทั้งนี้เพื่อให้เกณฑ์ที่จัดทำขึ้นสามารถนำไปใช้ได้ง่ายและครอบคลุมมากกว่าการประเมินอาคารเฉพาะที่มีการสร้างเสร็จแล้วเหมือนเกณฑ์ประเมินอาคารยั่งยืนอื่น ๆ

2. เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของอาคารพักอาศัย

คำว่าอาคารยั่งยืนมีการตีความหมายที่แตกต่างกันในรายละเอียดออกไปหลายแนวทาง และบางครั้งมีชื่อเรียกอื่น ๆ เช่น อาคารเขียว อาคารคาร์บอนต่ำ อาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ในหลายประเทศจึงมีการจัดทำเครื่องมือมาตรฐานเพื่อประเมินระดับความยั่งยืนของอาคารขึ้น เป็นเสมือนข้อตกลงกันถึงนิยามต่าง ๆ ที่สามารถอธิบายกับผู้บริโภคได้ว่าอาคารมีความยั่งยืนอย่างไร เกณฑ์ประเมินมาตรฐานอาคารยั่งยืน (building sustainable assessment tool) นั้น ส่วนใหญ่ใช้แนวทางการประเมินตลอดวงจรชีวิตของอาคารเพื่อให้ทราบถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของอาคารได้ครอบคลุม การประเมินเน้นประเมินตัวอาคารเป็นเสมือนผลิตภัณฑ์ชิ้นหนึ่ง (product oriented) ซึ่งจะแตกต่างกับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (environmental impact assessment : EIA) ซึ่งเป็นแนวทางการประเมินที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ที่กำหนด (site oriented) แนวโน้มความสนใจในอาคารยั่งยืนหรืออาคารเขียวของเจ้าของอาคารในประเทศไทยมีเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ โดยมีโครงการที่สมัครขอรับรองอาคารเขียวจาก U.S. Green Building Council (USGBC) ซึ่งดำเนินการเกณฑ์รับรองอาคารเขียวที่ชื่อว่า Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) แล้วจำนวน



ที่มา: USGBC, 2019, Thai Green Building Institute, 2019

รูปที่ 1 จำนวนโครงการที่ได้รับการรับรองอาคารเขียวในประเทศไทยจากเกณฑ์ LEED และ TREES
(Number of sustainable architecture projects in Thailand with LEED or TREES certified.)

369 โครงการ และได้รับการรับรองแล้ว 109 โครงการ ณ สิ้นปี พ.ศ. 2562 (USGBC, 2019) สำหรับเกณฑ์อาคารเขียวไทยนั้นดำเนินการโดยสถาบันอาคารเขียวไทย ภายใต้ชื่อ Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability (TREES) มีโครงการที่สมัครขอรับรองอาคารเขียว TREES แล้วจำนวน 114 โครงการ และได้รับการรับรองแล้ว 63 โครงการ ณ สิ้นปี พ.ศ. 2562 (Thai Green Building Institute, 2019) (รูปที่ 1) แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของการขอรับรองอาคารเป็นไปตามแนวโน้มของต่างประเทศที่เจ้าของอาคารใช้เวลาในช่วงแรก ๆ เพื่อทำความคุ้นเคยกับเกณฑ์รวมทั้งยังไม่ตัดสินใจ จนกระทั่งเกณฑ์กลายเป็นความต้องการของเจ้าของ ลูกค้า หรือคู่ค้าที่ต้องปฏิบัติตามในเวลาต่อมาจึงจะมีโครงการที่ขอรับรองเพิ่มขึ้นแบบก้าวกระโดด

2.1 เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของอาคารพักอาศัยในต่างประเทศ

เกณฑ์อาคารยั่งยืนของอาคารพักอาศัยค่อนข้างเป็นเกณฑ์ใหม่ USGBC ที่ดำเนินการเกณฑ์ประเมิน LEED ได้ออกเกณฑ์ LEED for Home (Pilot) เมื่อปี ค.ศ. 2008 ปัจจุบันเป็น LEED for Home V4 ตัวอย่างเกณฑ์ประเมินอาคารยั่งยืนที่เป็นอาคารพักอาศัยในต่างประเทศ เช่น

– LEED for Home V2008, LEED for Home V4, LEED Midrise V4 จากประเทศสหรัฐอเมริกา

- Home Quality Mark (HQM) จากสหราชอาณาจักร

- Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency (CASBEE) for Detached Houses (New Construction) 2014 จากประเทศญี่ปุ่น

- Pearl Villas Rating system และ Pearl Building Rating System: Multi-residential จากประเทศสหรัฐอาหรับเอมิเรต

- Haute Qualité Environnementale (HQE) Residential building จากประเทศฝรั่งเศส

- Homestar V4 จากประเทศนิวซีแลนด์

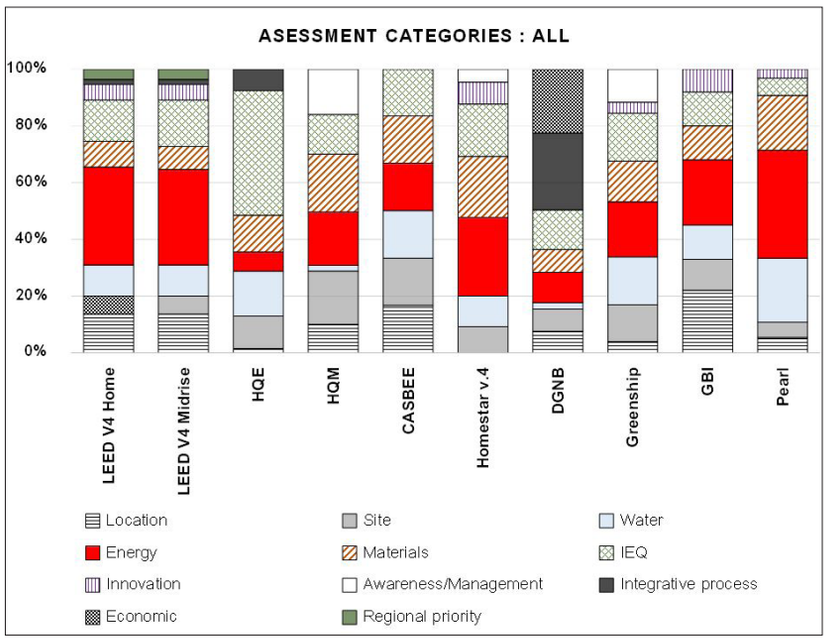
- Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) จากประเทศเยอรมนี

- Greenship จากประเทศอินโดนีเซีย

- Green Building Index (GBI) จากประเทศมาเลเซีย

- Indian Green Building Council (IGBC) Green Homes ประเทศอินเดีย

ตัวชี้วัดในการประเมินอาคารยั่งยืนหรืออาคารเขียวนั้นค่อนข้างไปในทิศทางเดียวกัน นั่นคือประเมินความเหมาะสมของตำแหน่งที่ตั้งอาคาร ประเมินภูมิสถาปัตยกรรมภายนอกอาคาร ประเมินการประหยัดพลังงานและประหยัดน้ำของอาคาร ประเมินการเลือกใช้วัสดุและการก่อสร้างที่ส่งผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมน้อย ในขณะเดียวกันก็ประเมินคุณภาพการใช้สอยและคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในและภายนอกอาคารด้วย โดยมีหลักการว่าอาคารยั่งยืนควรจะต้องใช้ทรัพยากรและพลังงานน้อยเพื่อให้เกิดคุณภาพของอาคารต่อสิ่งแวดล้อมและผู้อยู่อาศัยที่ดีที่สุด เมื่อทำการ



รูปที่ 2 สัดส่วนคะแนนในแต่ละหมวดการประเมินของเกณฑ์อาคารพักอาศัยยั่งยืนในต่างประเทศ
(Points allocation in each certified category from other countries' sustainable home rating systems.)

จัดหมวดหมู่การประเมินอาคารพักอาศัยของเกณฑ์ต่างประเทศโดยมีการปรับเพื่อให้ข้อที่ใกล้เคียงกันไปอยู่ในหมวดเดียวกัน พบว่าเกณฑ์ส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับหมวดพลังงาน ยกเว้นเกณฑ์ HQE ที่ให้ความสำคัญกับหมวดคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารมากกว่า และเกณฑ์ DGNB ที่ให้ความสำคัญการบูรณาการการออกแบบมากกว่า (รูปที่ 2)

2.2 เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนของอาคารพักอาศัยในประเทศไทย

สำหรับประเทศไทยนั้นมีการจัดทำเกณฑ์ประเมินอาคารประหยัดพลังงานและอาคารยั่งยืนอยู่หลายเกณฑ์ อย่างไรก็ตาม เกณฑ์ประเมินอาคารที่เป็นอาคารพักอาศัยเพื่อการประหยัดพลังงานและสิ่งแวดล้อมมีไม่มากนัก ดังนี้

- เกณฑ์การประกวดบ้านจัดสรรประหยัดพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2548 – 2560
- แบบประเมินอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมประเภทอาคารพักอาศัย (TEEAM) กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2549
- โครงการเกณฑ์ฉลากประหยัดไฟเบอร์ 5 ของบ้านและอาคาร การไฟฟ้าฝ่ายผลิต
- Energy and carbon performance rating scheme for residential dwelling: JGSEE พ.ศ. 2559
- โครงการศึกษาเพื่อจัดทำเกณฑ์มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานของบ้านอยู่อาศัย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2562

ในภาพรวมพบว่ามีการพิจารณาเรื่องพลังงานที่เกี่ยวข้องกับที่ตั้ง ภูมิสถาปัตยกรรม เปลือกอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ ระบบสุขาภิบาล การใช้พลังงานหมุนเวียน และระบบธรรมชาติ (แสงและลมธรรมชาติ) มีเพียงเกณฑ์ TEEAM ที่พัฒนาโดย กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ที่มีการพิจารณาเกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การป้องกันผลกระทบสิ่งแวดล้อม วัสดุและสิ่งก่อสร้าง รวมทั้งนวัตกรรม เพื่อสร้างความตระหนักในการคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่ไม่มีการให้คะแนน จึงถือได้ว่ายังไม่มีเกณฑ์การประเมินอาคารพักอาศัยยั่งยืนในประเทศไทยที่ประเมินทั้งพลังงานและสิ่งแวดล้อม และไม่มีการพัฒนาเกณฑ์รับรองอาคารใดเลยที่มีการพิจารณาผลการประเมินวัฏจักรชีวิต และการประเมินต้นทุนโดยตลอดวัฏจักรชีวิตในการพัฒนาเกณฑ์

2.3 การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของอาคารอาศัยและสรุปประเด็นสิ่งแวดล้อมหลักที่มีนัยสำคัญ

การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตด้านงานก่อสร้าง เป็นการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตั้งแต่

ขั้นตอนการก่อสร้าง การใช้งานตลอดจนการรื้อถอน ซึ่งมีการศึกษาทั้งต่างประเทศและประเทศไทย พบว่าทุกงานวิจัย ช่วงของการใช้งานอาคารนั้นมักก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงที่สุด (Citherlet, S., & Defaux, T., 2007, Cuéllar-Franca, R. M., & Azapagic, A., 2012 and Dahlstrøm, O.et al., 2012) การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์หรือบริการ เป็นเชิงปริมาณออกมาเป็นตัวเลข โดยศึกษาถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงของเสียที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมทั้งทางน้ำ อากาศ และดิน ซึ่งมีขอบเขตและวิธีการประเมินตามมาตรฐาน ISO 14040-14044 (International Standard Organization, 2006) อันเป็นส่วนหนึ่งของอนุกรมมาตรฐาน ISO 14000 ซึ่งเป็นอนุกรมมาตรฐานด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Life cycle impact assessment: LCIA) นั้นมีหลายวิธีการ โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการ ReCiPe ทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมขั้นกลาง (mid-point impact) ได้แก่ การใช้ทรัพยากรและพลังงาน การแพร่กระจายของสารพิษ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเกิดฝนกรด โดยการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจะยึดแนวทางการประเมินให้สอดคล้องกับเกณฑ์ของ LEED V4 ที่กำหนดให้ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคาร 6 ผลกระทบต่อไปนี้

– ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential (greenhouse gases), in CO2e)

– การลดลงของชั้นโอโซนในบรรยากาศ (Depletion of the stratospheric ozone layer, in kg CFC-11)

– การเกิดภาวะฝนกรดในดินและในน้ำ (Acidification of land and water sources, in moles H+ or kg SO2)

– การเกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication, in kg nitrogen or kg phosphate)

– การเกิดของโอโซนในชั้นโทรโปสเฟียร์ (Formation of tropospheric ozone, in kg NOx, kg O3 e, or kg ethene)

– การลดลงของทรัพยากรพลังงานที่ไม่สามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้ (Depletion of non-renewable energy resources, in MJ)

ทั้งนี้ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจะต้องทราบปริมาณพลังงานที่ใช้ในช่วงการก่อสร้าง การใช้งานและการทำลาย พลังงานในช่วงของการก่อสร้างและทำลายนั้นมาจากการสำรวจสถานการณ์ในปัจจุบัน พลังงานในช่วงการใช้งานมาจากการจำลองการใช้พลังงานโดยใช้โปรแกรม OpenStudio Thai โดยโปรแกรมนี้ได้รับการดัดแปลง จากโปรแกรม OpenStudio โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พ.พ.) และได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนสิ่งแวดล้อมโลก (GEF) และ โครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ (UNDP) ให้โปรแกรมที่พัฒนาเพิ่มเติมนี้มีภูมิอากาศ วัสดุ อุปกรณ์ประกอบอาคาร และระบบปรับอากาศของประเทศไทย โปรแกรม OpenStudio ใช้ EnergyPlus เป็นตัวคำนวณพลังงาน (simulation engine) และได้รับการทดสอบตามมาตรฐาน ANSI/ASHRAE Standard 140-2007 Standard method of test for the evaluation of building energy analysis computer programs ทั้งยังได้รับการยอมรับจากรัฐบาลประเทศสหรัฐอเมริกาในการใช้คำนวณการประหยัดพลังงานในอาคารเพื่อขอรับการสนับสนุนการลดภาษี และได้รับการยอมรับจาก USGBC ในการใช้คำนวณการประหยัดพลังงานของอาคารเพื่อขอการรับรองอาคารเขียว (LEED) อีกด้วย

นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของอาคาร โดยพิจารณาค่าใช้จ่ายตั้งแต่เริ่มต้นของโครงการ การใช้งาน การบำรุงรักษาตลอดจนการทำลาย เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบและตัดสินใจในทางเลือกต่าง ๆ ในการออกแบบอาคารหรือปรับปรุงอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การเปรียบเทียบการลงทุน จะคิดเป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value-NPV) ขององค์ประกอบ ได้แก่ เงินลงทุนเริ่มต้น (Initial investment cost ; Lump sum cost) ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าและปรับปรุงอาคาร มูลค่าซากของอุปกรณ์ในระบบ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานและน้ำต่อปี อัตราการเพิ่มค่า 1.5% และใช้ Discount rate 0.07 ตามอัตราดอกเบี้ย

ในการเปรียบเทียบแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมแนวทางต่าง ๆ นั้น ได้คัดเลือกอาคารเพื่อนำมาประเมิน 2 ประเภท ได้แก่ บ้านพักอาศัยเดี่ยว และอาคารพักอาศัยรวมหรือคอนโดมิเนียม การทำงานในส่วนนี้ค่อนข้างมีข้อมูลจำนวนมาก คณะผู้วิจัยได้ทำคัดเลือกแบบบ้านดีดีรักษ์ฟ้า 1 ซึ่งเป็นหนึ่งในแบบบ้านพักอาศัยประหยัดพลังงานประเภทบ้านเดี่ยวจำนวน 12 แบบซึ่งเป็นแบบบ้านดีดี (DEDE) รักษ์พลังงาน ของกระทรวงพลังงาน เนื่องจากเป็นบ้านเดี่ยวที่มีแนวคิดประหยัดพลังงาน ได้แก่ การลดปริมาณรังสีจากแสงอาทิตย์เข้าสู่ตัวบ้าน การแบ่งโซนพื้นที่ใช้พลังงานและ

(ก) (ข)

รูปที่ 3 (ก) ตัวอย่างแบบบ้านดีดีรักษ์ฟ้า 1 และ (ข) โครงการลุมพินี-เพลส บรมราชชนนีปิ่นเกล้า
((a) DD Rak Pha House design example (b) Lumpini Place Borommaratchachonnani Pinklao))

ช่วงเวลาการใช้พลังงานที่แตกต่างกันออกจากกัน การเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างประสิทธิภาพสูง และการสร้างทางเลือกในการติดตั้งแผงพลังงานทดแทนบนหลังคา และยังมีข้อมูลครบถ้วนที่สามารถเข้าถึงได้ ในส่วนของอาคารพักอาศัยรวมได้เลือกโครงการลุมพินี-เพลส บรมราชชนนีปิ่นเกล้าในการศึกษา (รูปที่ 3) เนื่องจากสามารถเข้าถึงข้อมูลได้เช่นกัน

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการศึกษาใช้การทบทวนวรรณกรรมทั้งในและต่างประเทศ เพื่อรวบรวมข้อมูลทางวิชาการเกี่ยวกับคู่มือ/เกณฑ์การออกแบบอาคารประเภทที่อยู่อาศัยยั่งยืน ประหยัดพลังงาน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ตลอดจนข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตของอาคารประเภทที่อยู่อาศัยกลุ่มเป้าหมาย เพื่อระบุประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมหลักที่มีนัยสำคัญ นำข้อมูลมาจัดหมวดหมู่ในการประเมินและกำหนดหัวข้อในการประเมินและวิธีประเมินเบื้องต้น จากนั้นนำเสนอร่างแนวทางของเกณฑ์ประเมินกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้ทรงคุณวุฒิทางวิชาการเพื่อขอความเห็น ผลการประชุมนำมาปรับปรุงเกณฑ์และคัดเลือกแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อนำมาประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและการลงทุนตลอดวัฏจักรชีวิต แล้วจึงนำผลที่ได้ไปปรับปรุงเกณฑ์ และนำเสนอแนวทางของเกณฑ์ประเมินกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้ทรงคุณวุฒิทางวิชาการเพื่อขอความเห็นอีกครั้งเพื่อนำมาปรับปรุงเป็นเกณฑ์ขั้นสุดท้าย

3. ผลการวิจัย

3.1 ประเภทอาคารในการประเมิน หมวดในการประเมิน และคะแนน

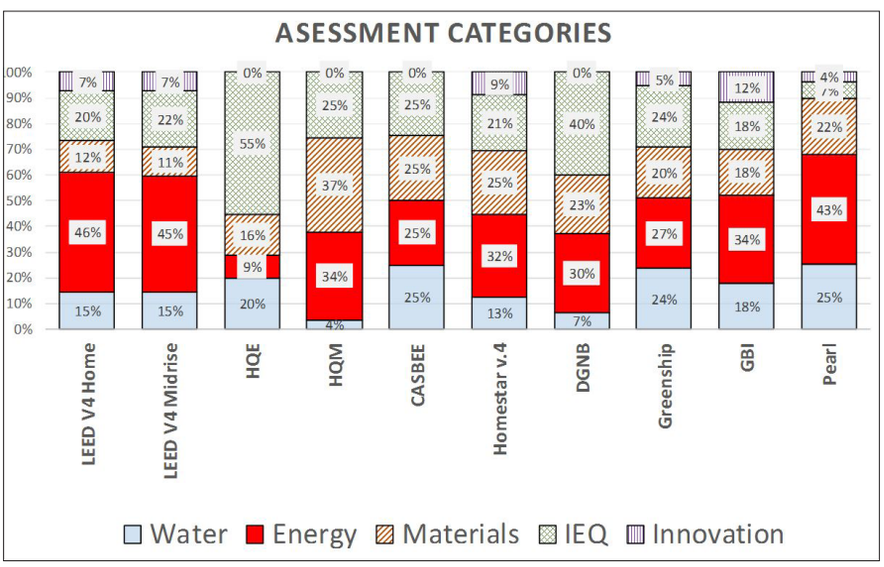
จากการทบทวนวรรณกรรม ได้กำหนดการประเมินอาคารโดยไม่กำหนดขนาด และแบ่งอาคารพักอาศัยในการประเมินเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) บ้านเดี่ยว บ้านแฝด บ้านแถว และ 2) อาคารพักอาศัยรวม

การจัดหมวดในการประเมินอาคารนั้น เนื่องจากยังไม่มีเกณฑ์การประเมินอาคารยั่งยืนของอาคารพักอาศัยในประเทศไทย จึงนำเกณฑ์ของต่างประเทศมาพิจารณา พบว่า เกณฑ์ทั้งหมดเป็นการทำการประเมินอาคารที่มีการก่อสร้างจริง ทำให้มีการประเมินการบริหารโครงการที่ตั้ง ภูมิทัศน์ และการก่อสร้างด้วย แต่ในการพัฒนาเกณฑ์อาคารพักอาศัยยั่งยืนของประเทศไทยในครั้งนี้จะพิจารณาเฉพาะช่วงออกแบบเท่านั้น เมื่อนำหมวดที่เกี่ยวกับการก่อสร้างออก แล้วแบ่งหมวดการประเมินเป็น 5 หมวดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคาร ยังคงพบว่าหมวดพลังงาน (Energy) เป็นหมวดที่มีคะแนนมากที่สุด รองลงมาคือ น้ำ (Water) หรือวัสดุก่อสร้าง (Materials) หรือคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor environmental quality: IEQ) ขึ้นอยู่กับจุดเน้นของแต่ละภูมิภาค โดยมีคะแนนหมวดนวัตกรรม (Innovation) น้อยที่สุด (รูปที่ 4)

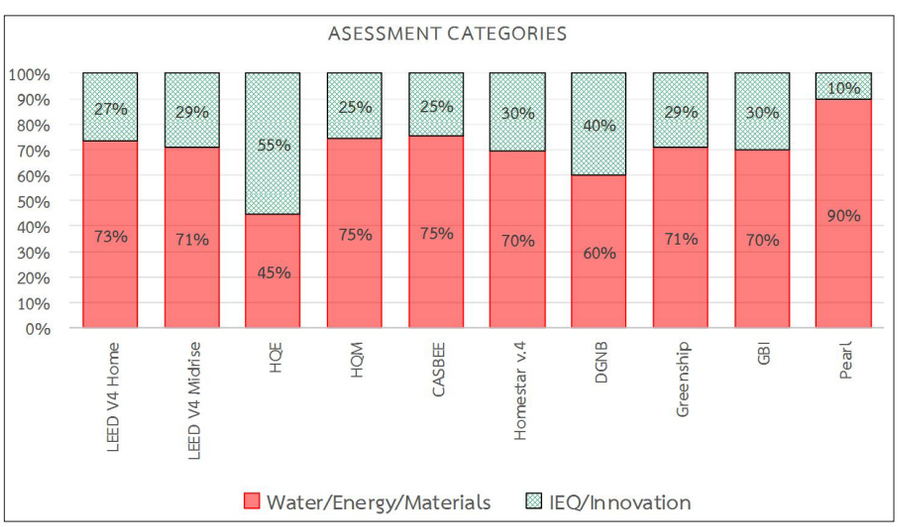
ในการแบ่งหมวดในการประเมินอาคารนั้น หมวดคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารซึ่งมีหัวข้อเช่น สภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ คุณภาพและปริมาณแสงสว่าง การป้องกันเสียงรบกวน คุณภาพอากาศภายในอาคาร เป็นหมวดที่ไม่สามารถประเมินโดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตได้เนื่องจากผลกระทบของคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายใน

อาคารต่อผู้อยู่อาศัยนั้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการใช้งานพื้นที่ และยังขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคล ซึ่งการประเมินออกมาเป็นตัวเลขเปรียบเทียบกันได้ยาก ทั้งนี้เมื่อทำการพิจารณาสัดส่วนคะแนนของหมวดคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารและหมวดนวัตกรรมอาคารของเกณฑ์ต่าง ๆ ในต่างประเทศจะพบว่าอยู่ที่ประมาณ 25–30% ต่อ สัดส่วนคะแนนทรัพยากรที่อาคารใช้ (พลังงานน้ำวัสดุ) อยู่ที่ประมาณ70–75% ยกเว้นเกณฑ์ HQE และ DGNB (รูปที่ 5)

ดังนั้น เกณฑ์ประเมินที่จัดทำขึ้นจะยึดสัดส่วนโดยประมาณของหมวดสิ่งแวดล้อมในอาคารและนวัตกรรมอาคารต่อหมวดพลังงานและทรัพยากรที่อาคารใช้ เท่ากับ 30:70 คะแนน และเมื่อพิจารณาผลการจำลองการใช้พลังงานในบ้านเดี่ยวในงานวิจัยนี้ พบว่าสัดส่วนการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และอุปกรณ์ประกอบอาคาร เท่ากับ 44% 36% และ 20% ตามลำดับ จึงได้นำสัดส่วนที่ได้ไปกำหนดคะแนนต่อไป



รูปที่ 4 สัดส่วนคะแนนในแต่ละหมวดการประเมินของเกณฑ์บ้านต่างๆ ในต่างประเทศเฉพาะช่วงออกแบบ
(Points allocation in each certified category from other countries' sustainable home rating systems : Design Phase)



รูปที่ 5 สัดส่วนคะแนนของคุณภาพสิ่งแวดล้อมในอาคารและนวัตกรรมอาคารอยู่ที่ประมาณ 25–30% ต่อทรัพยากรที่อาคารใช้อยู่ที่ประมาณ 70–75% (Points allocation in Environmental Quality and Innovation categories are approximately 25-30% while points allocation in Resources Use categories are at approximately 70-75%.)

4.1 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life cycle assessment)

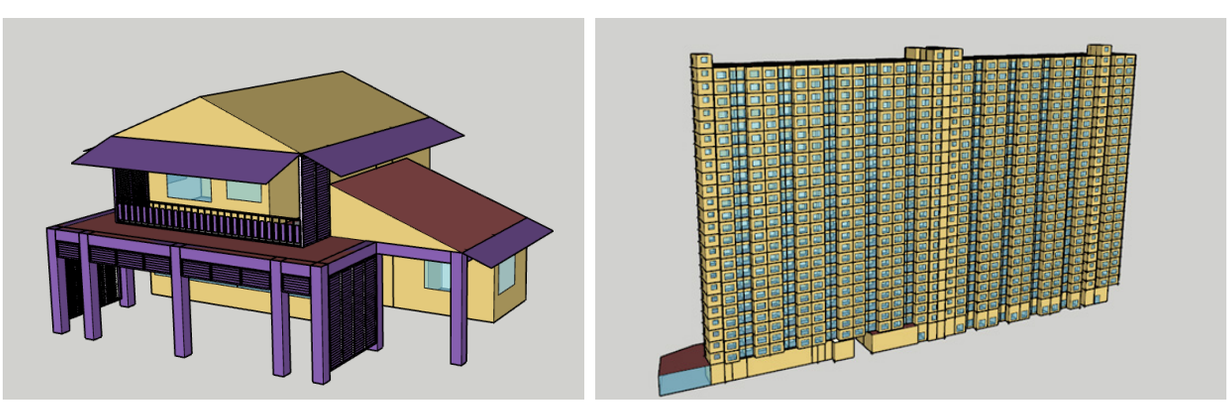
ขอบเขตการศึกษาในการประเมินวัฏจักรชีวิตคือประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การผลิตวัสดุ การก่อสร้าง การใช้งาน การดูแลรักษาและซ่อมบำรุง การรื้อถอน จนถึงการทำลายซากอาคาร การจัดการของเสียขั้นสุดท้าย ตลอดจน การขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน โดยมีเป้าหมายในการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อจำแนกขั้นตอนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุดและวัสดุก่อสร้างทางเลือกที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิตได้มากที่สุด กำหนดหน่วยหน้าที่เป็นอาคารพักอาศัย พื้นที่ทั้งอาคาร ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร มีอายุการใช้งาน 50 ปี สำหรับช่วงอายุการใช้งานอาคารนั้นอ้างอิงจากมูลนิธิประเมินค่า–นายหน้าแห่งประเทศไทย (Thai Appraisal and Estate Agents Foundation, 2019) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศที่มักกำหนดอาคารโครงสร้างคอนกรีตและอาคารโครงสร้างเหล็กให้มีอายุ 50 ปี ระหว่างการใช้งานมีการปรับปรุงอาคารใหญ่ 1 ครั้ง มีการเปลี่ยนเครื่องใช้ไฟฟ้าตามอายุการใช้งาน ข้อมูลรายการและปริมาณวัสดุก่อสร้างที่ใช้ได้จากบัญชีแสดงปริมาณวัสดุและราคาที่จะใช้ในการก่อสร้าง bill of quantities (BOQ) จริงของทั้งสองอาคาร โดยอาคารที่มีการก่อสร้างจะต้องทำ BOQ เพื่อให้ผู้รับเหมาสามารถคำนวณค่าก่อสร้างได้ ระยะทางการขนส่งไปยังสถานที่ก่อสร้างใช้ระยะทาง 300 กิโลเมตรเนื่องจากโรงงานส่วนใหญ่จะอยู่ภายในรัศมีระยะทางดังกล่าวหากอาคารมีที่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร

ช่วงการใช้งานอาคารมีการกำหนดสมมุติฐานสำหรับบ้านพักอาศัยระหว่างการใช้งานมีการใช้น้ำ 350 ลิตรต่อคนต่อวัน โดยกำหนดให้มีผู้อยู่อาศัย 4 คนต่อบ้านหนึ่งหลัง พลังงานในการใช้งานอาคารได้ทำการจำลองการใช้พลังงานในอาคารตามกรณีต่าง ๆ สำหรับอาคารชุดพักอาศัยกำหนดให้มีผู้อยู่อาศัย 2 คน ต่อ 1 ห้อง ทั้งหมด 983 ห้อง เป็นจำนวนผู้พักอาศัย, 1966 คน และมีเจ้าหน้าที่ส่วนกลาง 40 คน ตามแบบแปลนของอาคาร ปริมาณการใช้น้ำ 350 ลิตรต่อคนต่อวัน ทำการจำลองการใช้พลังงานในอาคารตามกรณีต่าง ๆ พลังงานไฟฟ้าผลิตโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตโดยใช้ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าและข้อมูลผลกระทบสิ่งแวดล้อมปี พศ. 2562 โดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก

การใช้พลังงานของอาคารช่วงการใช้งาน จำลองโดยใช้โปรแกรม OpenStudio (รูปที่ 6) โดย Department of Alternative Energy Development and Efficiency (2018) ดังนี้

กรณีอ้างอิง : บ้าน

บ้านเดี่ยว 2 ชั้น พื้นที่ 215 ตารางเมตร ผนังก่ออิฐมอญทาสีขาว หลังคากระเบื้องซีเมนต์สีแดง ฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดไม่มีฉนวน พื้นปูกระเบื้องเซรามิก กระจกใสหนา 6 ม.ม. ไม่มีแผงกันแดด หลอดฟลูออเรสเซนต์ 20 ชุด ปั๊มน้ำ 1 ชุด เครื่องทำน้ำร้อน 1 ชุด เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 (2017-COP 3.63) 5 ชุด ในห้องนอน 3 ห้องและห้องนั่งเล่นกับห้องรับประทานอาหาร/ครัว การใช้งาน วันหยุดใช้งาน 24 ชม. วันธรรมดาไม่มีคนอยู่ตอนกลางวัน ใช้งานตอนค่ำจนถึงเช้า



รูปที่ 6 โมเดลอาคารสำหรับการจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรม OpenStudio
(Models for energy consumption simulations in OpenStudio Software.)

กรณีอ้างอิง : คอนโดมิเนียม

ผู้อยู่อาศัย 2 คน ต่อ 1 ห้อง ทั้งหมด 983 ห้อง เป็นจำนวนผู้พักอาศัย 1,966 คน และมีเจ้าหน้าที่ส่วนกลาง 40 คน พื้นที่ 42,260 ตารางเมตร ผนัง precast ทาสีขาว หลังคาดาดฟ้าคอนกรีตไม่มีฉนวน ฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด พื้นปูกระเบื้องเซรามิก ไม่มีแผงกันแดด กระจกใสหนา 6 ม.ม. เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 (2017-COP 3.63) 1 ยูนิต มี 2–3 ชุด ในห้องนอน และห้องนั่งเล่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ ยูนิตละ 4–8 ชุด เครื่องทำน้ำร้อน 1 เครื่อง

การบำรุงรักษาเป็นการบำรุงรักษาอาคารภายในตามปกติ เช่น การทำความสะอาด การปรับปรุงอาคารเป็นการทาสีใหม่ระหว่างอายุการใช้งาน และการปรับเปลี่ยนเครื่องใช้ไฟฟ้าบางประเภทเมื่อหมดอายุการใช้งาน กำหนดปริมาณของเสียจากการรื้อถอนอาคารจากการตรวจเอกสาร และการขนส่งของเสียไปกำจัดโดยการฝังกลบ โดยมีระยะทางการขนส่งไปยังหลุมฝังกลบ คือ 40 กิโลเมตร และขนส่งด้วยรถบรรทุก 6 ล้อ โดยพิจารณาปริมาณการใช้น้ำและพลังงานไฟฟ้า

เมื่อได้แนวทางในการตั้งหมวดประเมิน หัวข้อในการประเมินอาคาร และคะแนน จากการตรวจเอกสาร คณะผู้วิจัยได้ประชุมขอความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ 2 ครั้งและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย 1 ครั้ง เมื่อได้ความคิดเห็นเบื้องต้นแล้ว คณะผู้วิจัยได้ทำการกำหนดทางเลือกในการออกแบบอาคารด้านต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอาคาร จากการตรวจเอกสารศึกษาถึงทางเลือกในการออกแบบอาคาร เทคโนโลยีต่าง ๆ และแนวโน้มการออกแบบอาคารพักอาศัยในอนาคต และจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ทำให้กำหนดสถานการณ์จำลองว่ามีการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและอุปกรณ์ประกอบอาคารทางเลือก เพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมเปรียบเทียบกันสำหรับแนวทางการออกแบบต่าง ๆ และนำผลมายืนยันการกำหนดหัวข้อในการให้คะแนน ช่วยให้การกำหนดน้ำหนักของคะแนนในข้อต่าง ๆ มีเหตุผลมากขึ้น แนวทางการออกแบบต่าง ๆ ได้แก่ 1) การออกแบบเปลือกอาคาร ได้แก่ การเลือกใช้วัสดุกรอบอาคาร สัดส่วนกระจก การบังเงา สีของอาคาร 2) การออกแบบพึ่งพาธรรมชาติ (passive design) ได้แก่การใช้ลมธรรมชาติและการใช้แสงธรรมชาติ 3) ระบบประกอบอาคาร เช่น ประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าแสงสว่างและการใช้แสงธรรมชาติ ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ ประสิทธิภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ เช่น อุปกรณ์ทำน้ำร้อน ตู้เย็น โทรทัศน์ 4) ระบบการก่อสร้างแบบ Modular หรือ Prefabrication เพื่อลดระยะเวลาในการก่อสร้าง 5) การประหยัดน้ำ 6) การเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงานและการใช้วัสดุทางเลือก และ 7) รวมกรณีที่ดีที่สุดหลาย ๆ มาตรการ ตัวอย่างทางเลือกในการออกแบบของบ้านเดี่ยว ดังแสดงใน ตารางที่ 1 คณะผู้วิจัยได้ทำการประเมินทางเลือกในการออกแบบอาคาร โดยใช้แนวทางการประเมินวัฏจักรชีวิตทางด้านการลงทุนและทางด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อมและการใช้พลังงานที่ลดลง พร้อมทั้งหาข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อหาความเป็นไปได้และความสำคัญของแต่ละหัวข้อในการประเมิน

ทางด้านการลงทุน ผลการศึกษา (รูปที่ 7) พบว่าทางเลือกในการออกแบบที่ลงทุนเพิ่มขึ้นเกิน 5% ได้แก่ การเพิ่มแผงกันแดดอลูมิเนียม (8) การติดระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (26) การใช้วัสดุที่มีราคาสูง เช่น ไม้ (40) และ การใช้ Hempcrete (41) และการที่เลือกทางเลือกในการออกแบบหลายมาตรการในอาคารเดียวกัน (42,43)

ทางด้านการประหยัดไฟฟ้าในระหว่างการใช้งานอาคาร ทางเลือกในการออกแบบที่ประหยัดไฟฟ้ามากกว่า 8% (รูปที่ 8) ได้แก่ ติดฉนวนใยแก้วที่ฝ้าเพดาน (2) เพิ่มแผงกันแดดอลูมิเนียม (8) ใช้กระจกเขียว (10) ทาสีกันความร้อนผนังหรือหลังคา (11,13) เพิ่มการลมในอาคาร (14) เครื่องปรับอากาศ EER 15 (18) ตั้งอุณหภูมิ 27°C (19) ใช้หลอด LED (20) ติดระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (26) ใช้ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (27) Home Automation System (33) ติดฉนวนเยื่อกระดาษที่ฝ้าเพดาน (37) ใช้ Hempcrete (41) และการที่เลือกทางเลือกในการออกแบบหลายมาตรการในอาคารเดียวกัน (42,43)

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของอาคาร (life cycle costing: LCC) พบว่าสำหรับบ้านเดี่ยว มาตรการที่มีค่า LCC ลดลงมากกว่า 5% ได้แก่ การออกแบบพึ่งพาธรรมชาติ การใช้หลอดไฟ LED มาตรการที่มีค่า LCC ลดลงมากกว่า 10% ได้แก่ การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ การก่อสร้างบ้านด้วยบล็อกประสาน และการรวมหลาย ๆ มาตรการเข้าด้วยกัน สำหรับคอนโดมิเนียม มาตรการที่มีค่า LCC ลดลงมากกว่า 5% ได้แก่ การใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง และการรวมหลาย ๆ มาตรการเข้าด้วยกัน (รูปที่ 9–10)

ตารางที่ 1 ทางเลือกการออกแบบบ้านพักอาศัยในการศึกษานี้ที่สามารถทำได้และคาดว่าจะลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม เมื่อประเมินตามแนวทางวัฏจักรชีวิต (Selected design options for case studies that could potentially reduce environmental burdens when assessed with life cycle assessment method.)

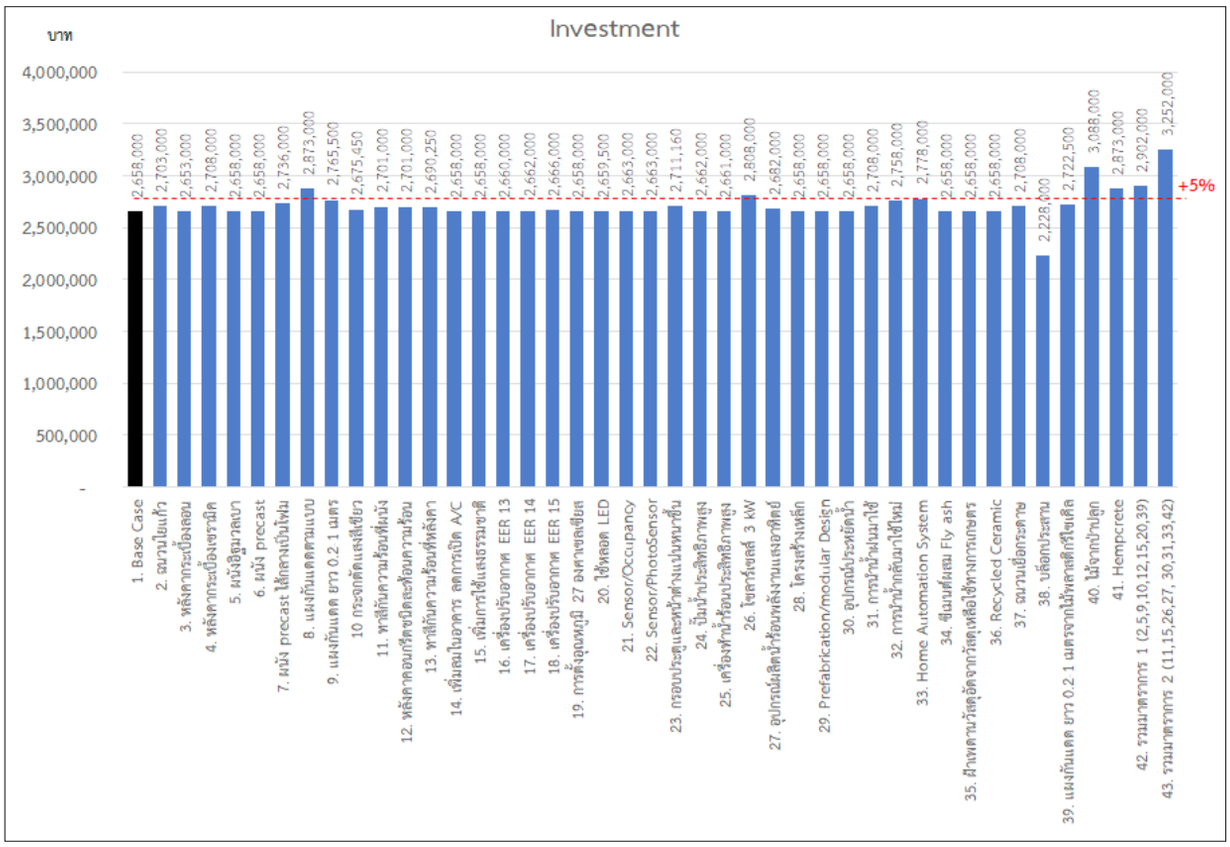
ประเด็นในการศึกษา	กรณีที่	ชื่อกรณี	รายละเอียด
กรณีอ้างอิง Base Case	1	บ้านเดี่ยว 2 ชั้น ก่ออิฐมอญ	บ้านเดี่ยว 2 ชั้น ผนังก่ออิฐมอญทาสีขาว หลังคากระเบื้องซีเมนต์สีแดง ฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ด พื้นปูกระเบื้องเซรามิก ไม่มีแผงกันแดด กระจกใส หนา 6 ม.ม. เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 (2017-COP 3.63) 5 ชุด ในห้องนอน 3 ห้องและห้องนั่งเล่นกับห้องรับประทานอาหาร/ครัว หลอดฟลูออเรสเซนต์ 20 ชุด ปั๊มน้ำ เครื่องทำน้ำร้อน
ฉนวน	2	ฝ้าเพดานมีฉนวนใยแก้วหนา 3 นิ้ว	เพิ่มฉนวนใยแก้ว 3 นิ้วที่ฝ้าเพดาน / เพิ่มการลงทุน / ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
หลังคา	3	หลังคากระเบื้องลอน	เปลี่ยนหลังคาซีแพค (กระเบื้องคอนกรีต) เป็นหลังคากระเบื้องลอน
	4	หลังคากระเบื้องเซรามิก	เปลี่ยนหลังคาซีแพค (กระเบื้องคอนกรีต) เป็นหลังคากระเบื้องเซรามิก
ชนิดผนัง	5	ผนังก่ออิฐมวลเบา	เปลี่ยนจากอิฐมอญเป็นอิฐมวลเบา / ลงทุนเท่าเดิม (ผนังราคาแพงขึ้นแต่ก่อสร้างเร็วกว่าและลดโครงสร้าง ลดน้ำ ปูนซีเมนต์และทรายที่ใช้ก่อและฉาบ) / ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
	6	ผนัง precast	เปลี่ยนจากอิฐมอญเป็นคอนกรีตสำเร็จรูป คุ้มราคาหากใช้จำนวนมาก เหมาะกับโครงการบ้านจัดสรร/อาคารชุดพักอาศัย /ลดระยะเวลาในการก่อสร้าง/ ลดขยะจากการก่อสร้าง / เพิ่มการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
	7	ผนัง precast ไส้กลางเป็นโฟม	เปลี่ยนจากอิฐมอญเป็นคอนกรีตสำเร็จรูปไส้โฟม / เพิ่มการลงทุนลดระยะเวลาในการก่อสร้าง / ลดขยะจากการก่อสร้าง / ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
แผงกันแดด	8	แผงกันแดดตามแบบ	เพิ่ม วัสดุแผงกันแดด (ตามแบบเดิม) / ลดการใช้พลังงานจำนวนมากตลอดอายุอาคาร
	9	แผงกันแดด ยาว 0.2–1 เมตร	เพิ่ม วัสดุแผงกันแดด (กระจกทิศเหนือมีความยาวแผงกันแดด 0.2 เมตร ทิศอื่น 1 เมตร) / ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
กระจก	10	กระจกตัดแสงสีเขียว	เปลี่ยนกระจก Clear Float Glass หนา 6 ม.ม. เป็น Green Tinted Glass หนา 6 ม.ม. / เพิ่มการลงทุน / ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
สีกันความร้อน	11	ทาสีกันความร้อนที่ผนัง	เปลี่ยนสีผนังจากอะคริลิคสีอ่อนเป็นสีสะท้อนความร้อน ค่า Solar Absorptance = 0.1 / เพิ่มการลงทุน (อาจรบกวนเพื่อนบ้าน ควรมีการปลูกต้นไม้เพิ่มเพื่อกรองการสะท้อน) / ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
	12	หลังคาคอนกรีตชนิดสะท้อนความร้อน	หลังคาสีแดง เปลี่ยนเป็นหลังคา cool roof เปลี่ยนค่า Solar reflectance 0.3 เป็น 0.5 เปลี่ยนค่า Solar Absorptance 0.7 เป็น 0.5
	13	สีกันความร้อนที่หลังคา	เปลี่ยนสีหลังคาจากสีแดงเป็นสีสะท้อนความร้อน ค่า Solar Absorptance = 0.1 เพิ่มการลงทุน (อาจรบกวนเพื่อนบ้าน) / ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
Passive Design	14	เพิ่มการหมุนเวียนอากาศ	เพิ่มหน้าต่าง และออกแบบให้มีแผงกันแดดมาก ทำให้ไม่ต้องมีเครื่องปรับอากาศชั้น 1 เปิดแต่พัดลม / เวลาเปิดเครื่องปรับอากาศในห้องนอนสามารถตั้งอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียสได้ และเปิดแค่ฤดูร้อน / ลดชม.การใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
	15	เพิ่มการใช้แสงธรรมชาติ	มี Sensor แสงธรรมชาติ / ขยายพื้นที่หน้าต่าง / ลดการใช้ปริมาณไฟฟ้าแสงสว่างลด 20% ตลอดอายุอาคาร

ตารางที่ 1 ทางเลือกการออกแบบบ้านพักอาศัยในการศึกษานี้ที่สามารถทำได้และคาดว่าจะลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม เมื่อประเมินตามแนวทางวัฏจักรชีวิต (ต่อ) (Selected design options for case studies that could potentially reduce environmental burdens when assessed with life cycle assessment method.) (continue)

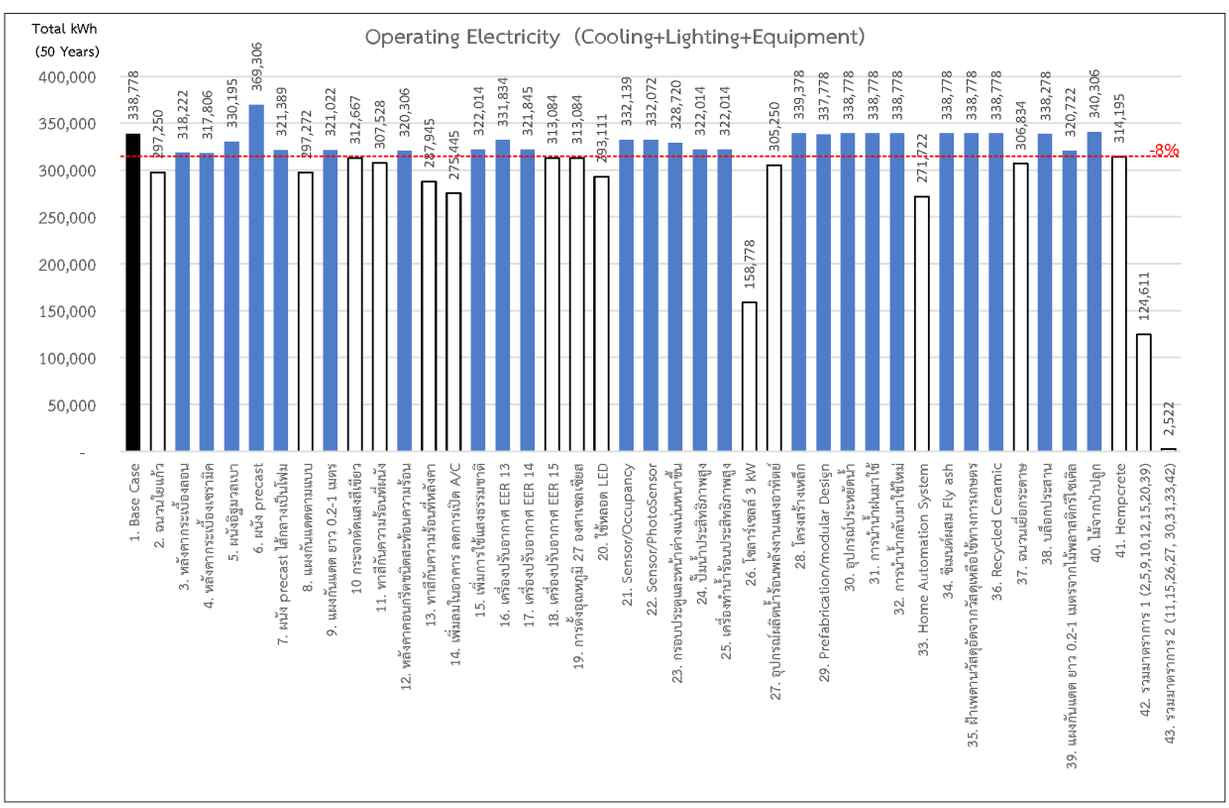
ประเด็นในการศึกษา	กรณีที่	ชื่อกรณี	รายละเอียด
เครื่องปรับ อากาศ	16	EER 13	เปลี่ยนประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ เป็น EER 13 / เพิ่มการลงทุน ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
	17	EER 14	เปลี่ยนประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ เป็น EER 14 / เพิ่มการลงทุน ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
	18	EER 15	เปลี่ยนประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ เป็น EER 15 / เพิ่มการลงทุน ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
	19	การตั้งอุณหภูมิ	ตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 27 องศาเซลเซียส / อาจลดความสบาย / ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
แสงประดิษฐ์	20	LED	เปลี่ยนไฟฟ้าแสงสว่างเป็น 3 W ต่อตารางเมตร / ลดไฟฟ้าแสงสว่างลงเหลือ 40%
	21	Sensor/Occupancy	ใช้ Sensor จับการเคลื่อนไหวเพื่อปิดไฟในห้องเมื่อไม่มีคนอยู่ / เพิ่มการลงทุน / ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
	22	Sensor/Photosensor	ใช้ Sensor จับปริมาณแสงธรรมชาติเพื่อเปิดปิดไฟภายนอกอาคาร เพิ่มการลงทุน / ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
การรั่วซึมของอาคาร	23	กรอบประตูและหน้าต่าง	ลดการรั่วซึมของลมเย็นเวลาเปิดเครื่องปรับอากาศ โดยการเพิ่มอุปกรณ์กันการรั่วซึมของอาคารบริเวณประตูหน้าต่าง ไม่ใช้บานเลื่อน เพิ่มการลงทุน / ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
อุปกรณ์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน	24	ปั๊มน้ำประสิทธิภาพสูง	ลดขนาดปั๊มน้ำ / เพิ่มการลงทุน / ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
	25	เครื่องทำน้ำร้อนประสิทธิภาพสูง	ลดขนาดเครื่องทำน้ำร้อน / เพิ่มการลงทุน / ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
พลังงานแสงอาทิตย์	26	โซลาร์เซลล์	ติดโซลาร์เซลล์ขนาด 3 KW / เพิ่มการลงทุน / ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
	27	อุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	ติดอุปกรณ์ผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ขนาด 100 ลิตร / เอา load เครื่องทำน้ำร้อนออก / เพิ่มการลงทุน การเดินท่อจะไม่เหมือนระบบที่ใช้เครื่องทำน้ำอุ่น /ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
โครงสร้าง	28	บ้านเดี่ยว 2 ชั้น โครงสร้างเหล็ก	เปลี่ยนเสาและคานเป็นโครงสร้างเหล็ก / ก่อสร้างรวดเร็วขึ้น / ราคาค่าก่อสร้างเท่าเดิม
การก่อสร้าง	29	Prefabrication/modular Design	ผนัง เสา คาน พื้นเป็นระบบ prefab/ ก่อสร้างรวดเร็วขึ้น / เหมาะกับโครงการที่มีหลายยูนิต
การประหยัดน้ำ	30	อุปกรณ์ประหยัดน้ำ	เลือกสุขภัณฑ์และก๊อกน้ำรุ่นประหยัดน้ำ / ราคาเท่าเดิม ลดการใช้น้ำ
	31	การนำน้ำฝนมาใช้	มีการรองน้ำฝนมาใช้ / เพิ่มการลงทุน / ลดการใช้น้ำ
	32	การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่	เพิ่มการลงทุน / ลดการใช้น้ำ
Home Automation System	33	มีระบบการจัดการพลังงานในอาคาร	เพิ่มการลงทุน / ลดการใช้พลังงานลง 20% เช่น ควบคุมการเปิดปิดไฟฟ้าแสงสว่าง ควบคุมการปรับอากาศด้วย temperature sensor ปรับม่านหรืออุปกรณ์บังแดด ลด phantom load โดยใช้ Smart Plug

ตารางที่ 1 ทางเลือกการออกแบบบ้านพักอาศัยในการศึกษานี้ที่สามารถทำได้และคาดว่าจะลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม เมื่อประเมินตามแนวทางวัฏจักรชีวิต (ต่อ) (Selected design options for case studies that could potentially reduce environmental burdens when assessed with life cycle assessment method.) (continue)

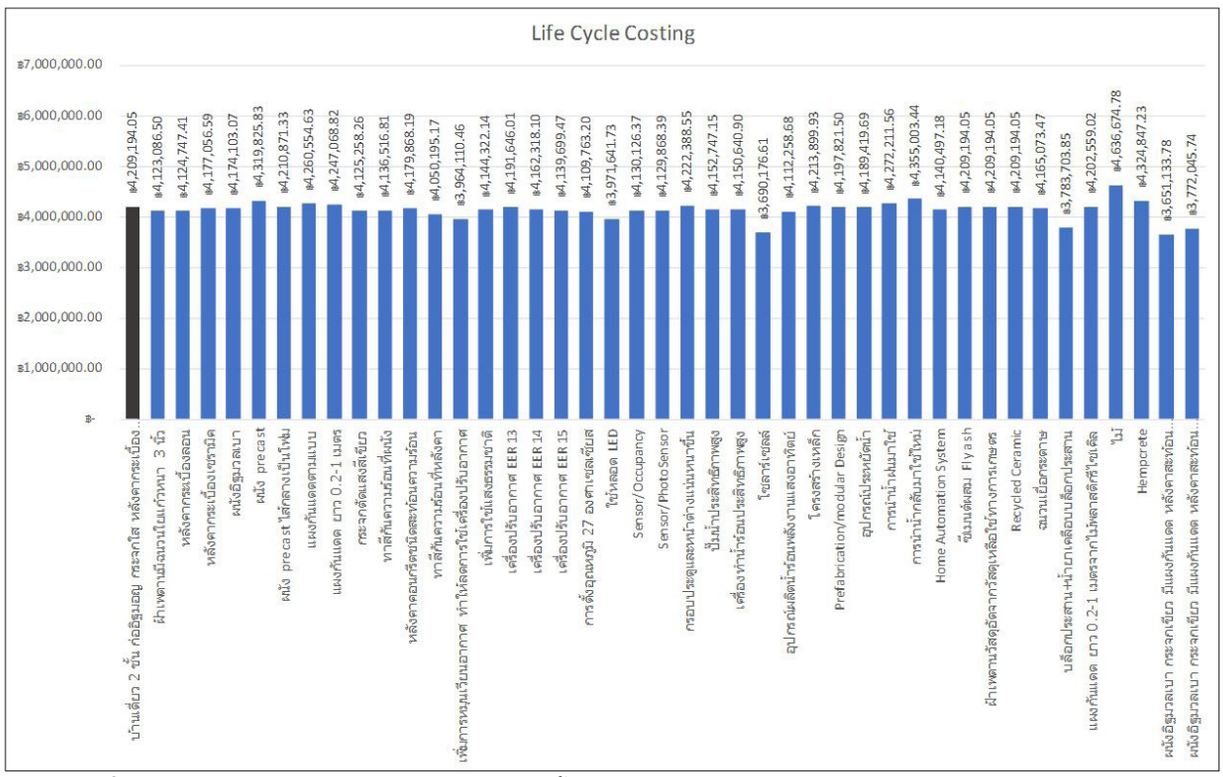
ประเด็นในการศึกษา	กรณีที่	ชื่อกรณี	รายละเอียด
วัสดุทดแทน	34	ซีเมนต์ผสม Fly ash	ใช้ซีเมนต์แบบมี Fly ash ผสม 30% โดยน้ำหนัก ราคาค่าก่อสร้างเท่าเดิม คุณสมบัติเหมือนเดิม
	35	ฝ้าเพดานวัสดุอัดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	เปลี่ยนฝ้าเพดานยิปซั่มบอร์ดเป็นวัสดุอัดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
	36	Recycled Ceramic	เปลี่ยนกระเบื้องเซรามิกธรรมดาเป็นแบบรีไซเคิล
	37	ฉนวนเยื่อกระดาษ	เพิ่มฉนวนเยื่อกระดาษที่ฝ้าเพดาน / เพิ่มการลงทุน / ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
	38	บล็อกประสาน+น้ำยาเคลือบบล็อกประสาน	เปลี่ยนการก่อสร้างจากเสา-คาน ผนังก่ออิฐฉาบปูน เป็นระบบบล็อกประสาน
	39	แผงกันแดดจากไม้พลาสติกรีไซเคิล	เปลี่ยนแผงกันแดดอลูมิเนียมตามแบบเป็นไม้พลาสติกรีไซเคิล
	40	ไม้สัก	เปลี่ยนวัสดุ / เพิ่มการลงทุน / เพิ่มการใช้พลังงาน / ลดคาร์บอน
	41	Hempcrete	เปลี่ยนวัสดุ / เพิ่มการลงทุน / ลดการใช้พลังงานตลอดอายุอาคาร
รวมมาตรการ	42	ผนังอิฐมวลเบา กระจกเขียว มีแผงกันแดด หลังคาสะท้อนความร้อน+ฉนวนใยแก้ว LED EER 15	เพิ่มการลงทุน / ลดการใช้พลังงาน เช่น ควบคุมการเปิดปิดไฟฟ้าแสงสว่าง ควบคุมการปรับอากาศด้วย temperature sensor ปรับม่านหรืออุปกรณ์บังแดด ลด phantom load โดยใช้ Smart Plug ลดการใช้พลังงานลง 20% จาก passive design
	43	ผนังอิฐมวลเบา กระจกเขียว แผงกันแดดไม้พลาสติกรีไซเคิล หลังคาสะท้อนความร้อน+ฉนวนใยแก้ว LED EER 15 PV Home Automation อุปกรณ์ทำน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์ ออกแบบใช้แสงและลมธรรมชาติ ใช้น้ำฝน ใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำ	เพิ่มการลงทุน / ลดการใช้พลังงาน เช่น ควบคุมการเปิดปิดไฟฟ้าแสงสว่าง ควบคุมการปรับอากาศด้วย temperature sensor ปรับม่านหรืออุปกรณ์บังแดด ลด phantom load โดยใช้ Smart Plug / เพิ่มอุปกรณ์ประหยัดน้ำ / ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ / ลดการใช้พลังงานลง 20% จาก passive design



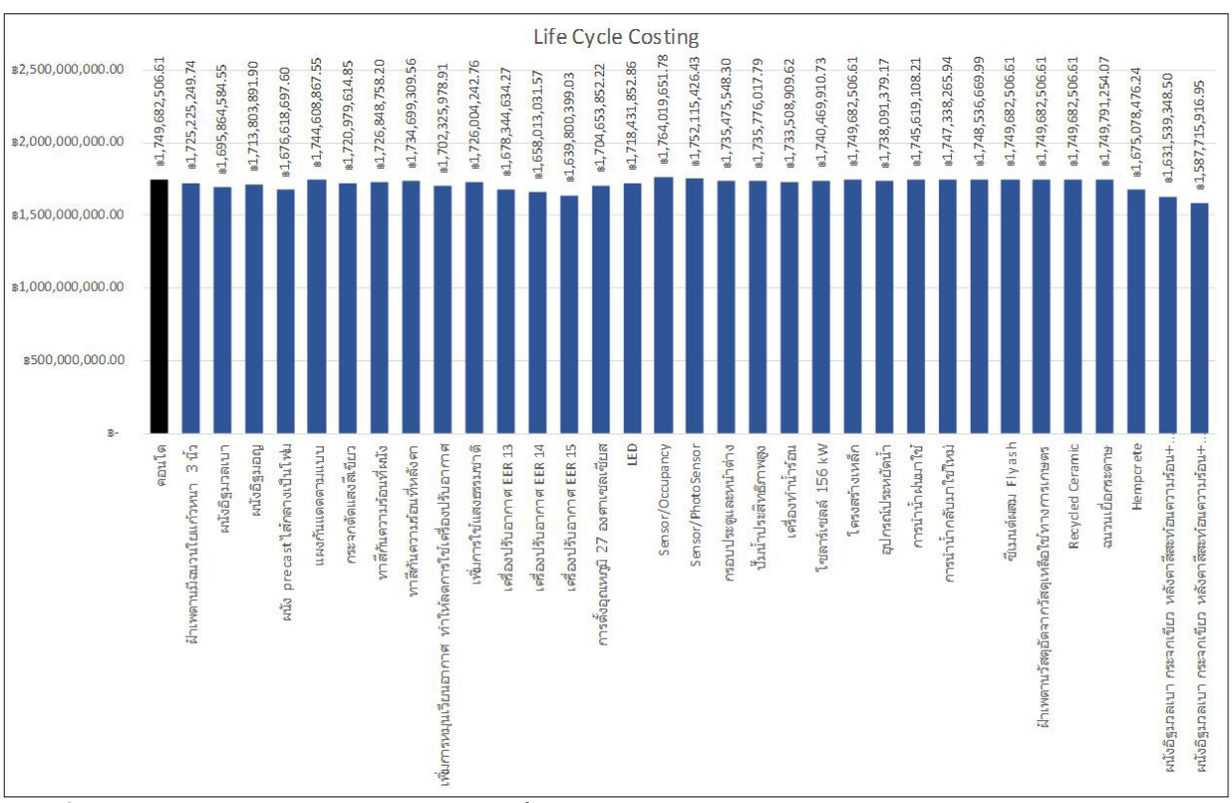
รูปที่ 7 ผลการลงทุนในรูปแบบทางเลือกต่าง ๆ ของบ้าน (Investment cost of each design option.)



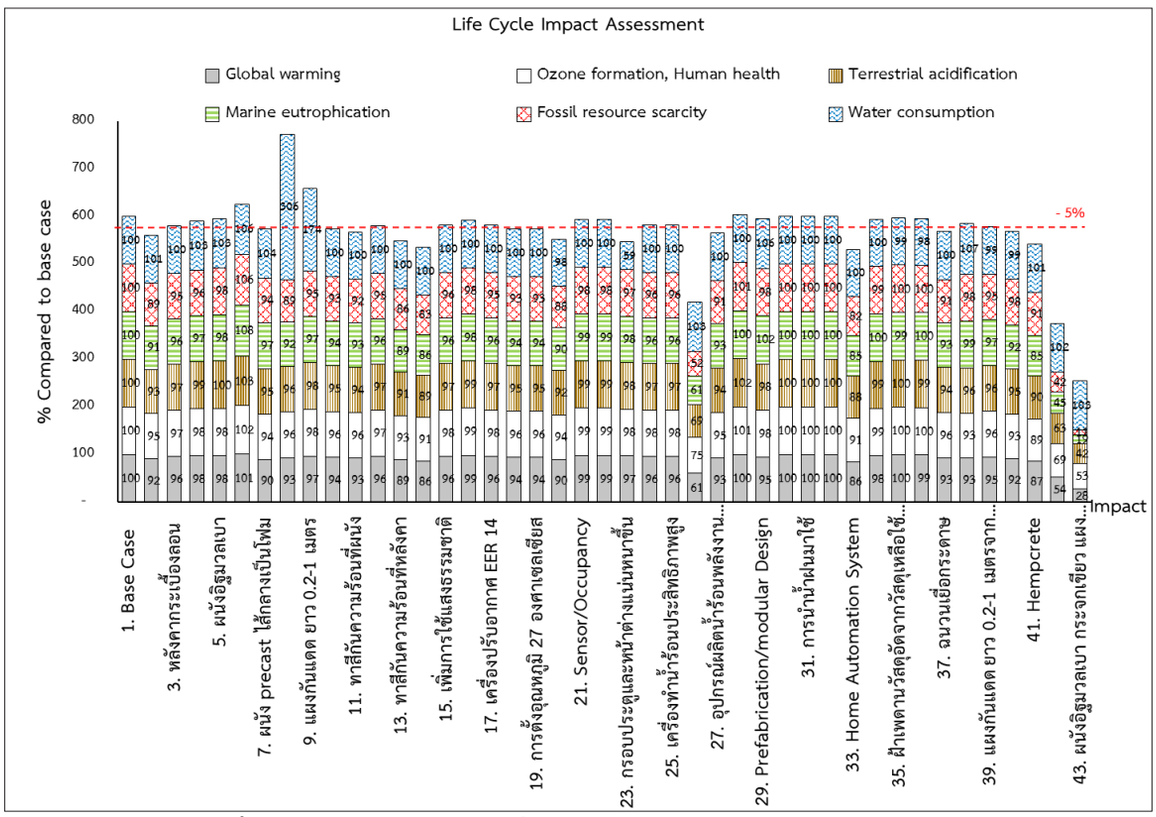
รูปที่ 8 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าระหว่างการใช้งานของรูปแบบทางเลือกต่าง ๆ ของบ้านตลอดช่วงการใช้งาน 50 ปี
(Fifty years operating electricity cost of each design option.)



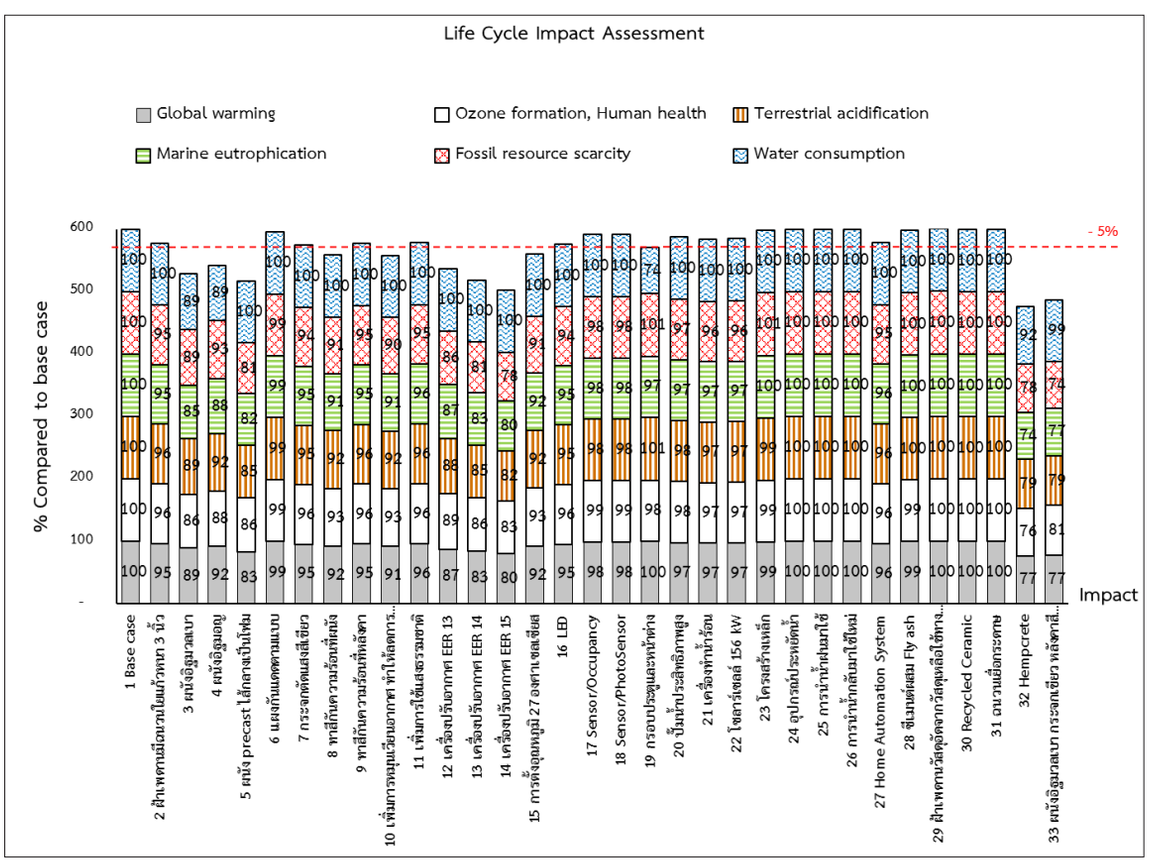
รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของบ้านเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกในการออกแบบ
(Comparative life cycle costing analysis of each design option for a detached house case study.)



รูปที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของคอนโดมิเนียมเปรียบเทียบระหว่างทางเลือกในการออกแบบ
(Comparative life cycle costing analysis of each design option for a condominium case study.)



รูปที่ 11 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของบ้านทุกมาตรการ
(Life cycle analysis of all measures applied to a detached house case study.)



รูปที่ 12 ผลการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของคอนโดมิเนียม ทุกมาตรการ
(Life cycle analysis of all measures applied to a condominium case study.)

ในส่วนของผลการประเมินวัฏจักรชีวิตนั้น (รูปที่ 11–12) สำหรับบ้าน มาตรการที่ลงทุนไม่มากแต่ให้ผลประหยัดพลังงานมากและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมควรส่งเสริม (คะแนนมาก) ได้แก่

1. ติดฉนวนใยแก้วที่ฝ้าเพดาน (2) ติดฉนวนเยื่อกระดาษที่ฝ้าเพดาน (37)
2. เพิ่มแผงกันแดดไม้พลาสติกรีไซเคิล (39)
3. ใช้กระจกเขียว (10)
4. ทาสีกันความร้อนผนังที่หรือหลังคา (11,13)
5. เพิ่มการใช้ลมในอาคาร (14) หรือ passive design
6. ใช้เครื่องปรับอากาศ EER 15 ขึ้นไป (18)

มาตรการที่ลงทุนมากแต่ให้ผลประหยัดพลังงานมากและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมควรส่งเสริม (ให้คะแนนเพื่อจูงใจหรือให้เป็น innovation) ได้แก่

1. ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (26)
2. ใช้ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (27)
3. Home Automation System (33)
4. ใช้วัสดุทางเลือก เช่น Hempcrete (41)

สำหรับอาคารพักอาศัยรวม มาตรการที่ลงทุนไม่มากแต่ให้ผลประหยัดพลังงานมากและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมควรส่งเสริม (คะแนนมาก) ได้แก่

1. ผนังอิฐมวลเบา (3) และอิฐมอญ (4)
2. ทาสีกันความร้อนที่ผนัง (8)
3. เพิ่มการใช้ลมในอาคาร (10) หรือ passive design
4. ใช้เครื่องปรับอากาศ EER 15 ขึ้นไป (14)
5. การตั้งอุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส (15)

มาตรการที่ลงทุนมากแต่ให้ผลประหยัดพลังงานมากและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมควรส่งเสริม (ให้คะแนนเพื่อจูงใจหรือให้เป็น innovation) ได้แก่

1. ใช้วัสดุทางเลือก เช่น Hempcrete (21)
2. ใช้ผนัง precast ไส้กลางเป็นโฟม (5)

4.2 การประเมินแบบอาคารตัวอย่าง

ได้มีการทดลองประเมินแบบบ้านและคอนโดมิเนียมตัวอย่างเบื้องต้นพบว่า หลายหัวข้อเป็นการเพิ่มเติมเอกสารดังนั้นจึงต้องปรับเปลี่ยนเป็นการทำตัวอย่างเอกสาร โดยอาศัยข้อมูลแบบเดิมแต่สมมุติว่าอาคารมีคุณลักษณะเพิ่มเติมที่เข้าเกณฑ์ประเมิน พร้อมยกตัวอย่างการจัดทำเอกสารเพื่อตอบรับการประเมินต่อไป โดยได้ทำตัวอย่างของการขอรับการประเมินอาคาร 2 ฉบับ ได้แก่ การประเมินบ้านเดี่ยวและการประเมินคอนโดมิเนียม เพื่อเป็นต้นแบบ ทั้งนี้ทำให้ทราบว่าแบบอาคารที่จะขอรับการประเมินนั้นจะต้องมีการปรับแบบ หรือตั้งใจออกแบบเพื่อให้ผ่านเกณฑ์ตั้งแต่แรก เนื่องจากหากนำแบบก่อสร้างอาคาร มาประเมินเลยโดยไม่ปรับ จะมีบางข้อที่เป็นข้อบังคับ ไม่มีในแบบอาคารทั่วไป ทำให้ไม่ผ่านการประเมิน อาคารตัวอย่างทั้งสองอาคารเมื่อปรับแบบเบื้องต้นแล้วสามารถผ่านเกณฑ์ประเมินได้ในระดับ Gold

4.3 เกณฑ์ประเมินแบบบ้านประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

เมื่อปรับเกณฑ์ประเมินตามผลการวิจัยทั้งหมดแล้ว คณะผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิจัยและเกณฑ์ที่ปรับแล้วต่อผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอีก 3 ครั้ง หลังจากรวบรวมข้อคิดเห็นและผลการวิจัยทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว คณะผู้วิจัยได้สรุปเกณฑ์ประเมินแบบบ้านประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเกณฑ์ประเมินมีคะแนนเต็ม 100 คะแนน แบ่งประเภทอาคารในการประเมินออกเป็นอาคาร 1) บ้านและทาวน์เฮาส์ และ 2) อพาร์ตเม้นและอาคารชุด (คอนโดมิเนียม) ตามลักษณะของอาคาร และแบ่งหมวดการประเมินออกเป็น 5 หมวด (ตารางที่ 2) โดยหมวดประเมินและการแบ่งคะแนนมาจากการตรวจเอกสาร ได้แก่

1) น้ำ ขยะ และของเสีย	10 คะแนน	70 คะแนน
2) วัสดุก่อสร้าง	20 คะแนน	
3) พลังงาน	40 คะแนน	
4) สภาพแวดล้อมภายในอาคาร	20 คะแนน	30 คะแนน
5) นวัตกรรม	10 คะแนน	

หัวข้อในการประเมินมีทั้งหมด 30 หัวข้อ แบ่งเป็น “ข้อบังคับ” ที่อาคารที่เป็นอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจะต้องมีจำนวน 13 ข้อ ได้แก่

1. การใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำที่ได้ มอก.
2. มีถังดักไขมันสำหรับน้ำทิ้งจากครัวก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย
3. เตรียมพื้นที่คัดแยกขยะ ได้แก่ ขยะเปียกและขยะแห้ง
4. ใช้วัสดุก่อสร้างและอุปกรณ์ประกอบอาคารขึ้นทะเบียนฉลากสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย ไม่น้อยกว่า 5 รายการ
5. ใช้ลมธรรมชาติในห้องนั่งเล่น ห้องทำงาน และห้องนอน
6. ผ่านประสิทธิภาพของกรอบอาคารขั้นต่ำ คือติดตั้งฉนวนที่หลังคาหนาไม่น้อยกว่า 1 นิ้วและมีค่า OTTV ไม่เกิน 40 W/m^2

7. ใช้เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 ขึ้นไป

8. ห้องนั่งเล่น ห้องทำงาน ห้องนอน มีพื้นที่หน้าต่างตามที่กำหนดหรือ มีค่า Daylight factor เฉลี่ยแต่ละห้องไม่น้อยกว่า 1.5%

9. ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD) ไม่เกิน 8 วัตต์ต่อตารางเมตร

10. ใช้หลอดไฟฟ้าได้รับการรับรองฉลากเบอร์ 5

11. มีการต่อน้ำใช้ภายนอกอาคารไม่ผ่านปั๊มน้ำ (ไม่บังคับกับอพาร์ตเม้นและอาคารชุด)

12. มีปริมาณการระบายอากาศเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดและมีการเพิ่มอากาศบริสุทธิ์ รวมทั้ง มีการระบายอากาศที่ห้องน้ำ และมีอุปกรณ์ดูดควันที่บริเวณทำอาหาร

13. มีการคำนวณสภาวะน่าสบายของพื้นที่ห้องต่าง ๆ เมื่อมีการปรับอากาศ

อาคารที่ผ่านเกณฑ์ในข้อบังคับทั้ง 13 ข้อ จะได้รับการรับรองแบบระดับ Certified แบบอาคารที่ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับและทำคะแนนได้ 30 คะแนนขึ้นไป จะได้รับการรับรองระดับ Silver หากได้ 50 คะแนนขึ้นไป จะได้รับการรับรองระดับ Gold และหากได้ 80 คะแนนขึ้นไป จะได้รับการรับรองระดับ Platinum

ได้มีการจัดหัวข้อนวัตกรรมด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อม และคุณภาพชีวิต และคะแนนซึ่งมาจากการประเมินวัฏจักรชีวิตของทางเลือกในการออกแบบ หรือเป็นหัวข้อที่ควรส่งเสริมให้ทำจากการขอความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญและผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ดังนี้

5 คะแนน

- ใช้นวัตกรรมคุณภาพชีวิต (เช่น การปลูกต้นไม้ในอาคาร การทำสวนแนวตั้ง การเพิ่มพื้นที่สีเขียวได้มากกว่าค่าที่กำหนดตามกฎหมายอาคารสูง การออกแบบเพื่อทุกคน)
- มีระบบทำปุ๋ยจากขยะเปียกในบ้าน
- ติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

3 คะแนน

- ใช้ระบบ smart house
- ใช้แบบจำลองสารสนเทศอาคาร (BIM) ในการทำแบบอาคาร
- ใช้วัสดุก่อสร้างเพื่อสิ่งแวดล้อมเฟอร์นิเจอร์ติดฉลากสิ่งแวดล้อม หรือ นวัตกรรมวัสดุก่อสร้าง เช่น วัสดุดูดซึมน้ำหรือให้น้ำไหลผ่านได้

1 คะแนน

- ใช้หลอด LED ประสิทธิภาพสูง
- ใช้เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5 ที่มี 1–3 ดาว
- มีระบบหมุนอากาศเวลาไม่อยู่บ้าน

โดยสามารถนำเสนอหัวข้อเพิ่มเติมเพิ่มเติมเพื่อให้กรรมการประเมินพิจารณาเป็นรายกรณีได้

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

การจัดทำเกณฑ์การประเมินอาคารพักอาศัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เป็นข้อมูลแก่ผู้ซื้ออาคารที่ต้องการอาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมด้วยการนำการประเมินวัฏจักรชีวิตอาคารเข้ามาช่วยตัดสินแนวทางการออกแบบที่สามารถจับต้องได้ ประกอบกับเกณฑ์ด้านคุณภาพ อื่น ๆ ของอาคารพักอาศัย ทำให้เกิดเป็นเกณฑ์ที่ง่าย มีหัวข้อในการประเมินการออกแบบ 30 หัวข้อ ผู้วิจัยพยายามรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ รวมทั้งข้อคิดเห็นของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้เกณฑ์ประเมินที่มีคุณลักษณะคือ 1) มีการกำหนดการออกแบบ ระบบประกอบอาคาร วัสดุ และวิธีการก่อสร้างให้สอดคล้องกับบริบทของประเทศไทย 2) มีจำนวนข้อไม่เยอะจนเกินไป มีการประเมินไม่ยากจนเกินไป 3) กำหนดเกณฑ์ค่าที่เป็นคุณลักษณะของวัสดุแทนที่จะเป็นค่าทางเทคนิคที่ต้องการผู้เชี่ยวชาญในการคำนวณ เช่น ความหนาของฉนวนกันความร้อน ประเภทของวัสดุอาคารที่มีค่า STC ต่าง ๆ อย่างไรก็ตามยังคงต้องมีการคำนวณอยู่บ้าง เช่น การหาค่า OTTV/RTTV, ค่า DF, ปริมาณการเติมอากาศ, ค่าความส่องสว่างของระบบแสงสว่างประดิษฐ์ เป็นต้น 4) ส่งเสริมวัสดุที่ช่วยประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย 5) นำเกณฑ์หรือการรับรองที่มีอยู่แล้วมาอ้างอิง อาคารที่ผ่านการประเมิน จะต้องสามารถพิสูจน์ได้จริงว่าเป็นอาคารประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จึงได้มีการคำนวณมูลค่าการลงทุน ค่าการประหยัดพลังงาน และปริมาณการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวงจรชีวิต ดังนี้

1. อาคารที่ผ่านการประเมินระดับ Certified คือ ผ่านข้อบังคับทั้งหมด จะเพิ่มการลงทุน 3–5% ลดการใช้พลังงานลงมากกว่า 10% ลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากกว่า 10% เมื่อเทียบกับอาคารทั่วไป

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินอาคารพักอาศัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม (Energy and environment rating system for residential buildings.)

โครงการ

ประเภทอาคาร ☐ บ้าน ทาวน์เฮ้าส์ ☐ อพาร์ตเม้น อาคารชุด วันที่

Y	?	N	หัวข้อ	คะแนนเต็ม
0	0	0	**น้ำ ขยะ และของเสีย**	10
Y			**การใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำ** ก๊อกน้ำ และ ฝักบัวอาบน้ำ ได้รับการรับรองมาตรฐาน มอก	บังคับ
Y			**การดักไขมันสำหรับน้ำทิ้งจากครัว**	บังคับ
Y			**การคัดแยกขยะ** เตรียมพื้นที่คัดแยกขยะ ได้แก่ ขยะเปียกและขยะแห้ง	บังคับ
			การใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำ ใช้ก๊อกล้างมือ ก๊อกล้างจาน ฝักบัว โถปัสสาวะ ชักโครก สายชำระ ที่มีอัตราการไหลของน้ำเท่ากับฉลากเขียว , น้อยกว่า 5%, น้อยกว่า 10%	3
			การคัดแยกขยะ เตรียมพื้นที่แยกขยะ อย่างน้อย 2 ประเภท หรือ 4 ประเภท	4
			การออกแบบและวิธีการก่อสร้างที่ลดการเกิดขยะ รวมทั้งมาตรการจัดการขยะจากการก่อสร้าง	3
0	0	0	**วัสดุก่อสร้าง**	20
Y			**วัสดุก่อสร้างที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม** ใช้วัสดุก่อสร้างและอุปกรณ์ประกอบอาคารขึ้นทะเบียนฉลากสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย ไม่น้อยกว่า 5 รายการ จากรายการที่กำหนด	บังคับ
			วัสดุก่อสร้างที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ใช้วัสดุก่อสร้างที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิตได้มาก ปานกลาง และน้อย จากรายการที่กำหนด และวัสดุก่อสร้างที่ได้รับการรับรองฉลากสิ่งแวดล้อม	20
0	0	0	**พลังงาน**	40
Y			**การใช้ลมธรรมชาติในอาคาร** มีช่องเปิดและความลึกของห้องนั่งเล่น ห้องทานและห้องนอนตามที่กำหนด	บังคับ
Y			**ประสิทธิภาพของกรอบอาคารขั้นต่ำ** ติดตั้งฉนวนที่หลังคาหนาไม่น้อยกว่า 1 นิ้วและมีค่า OTTV ไม่เกิน 40 W/m^2	บังคับ
Y			**การใช้เครื่องปรับอากาศประหยัดพลังงาน**ใช้เครื่องปรับอากาศเบอร์ 5	บังคับ
			การใช้กระจกประหยัดพลังงาน ใช้กระจกที่ได้ฉลากประหยัดไฟประสิทธิภาพสูง	5
			ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร(OTTV) มีค่า OTTV ดีกว่าค่าที่กำหนดตามกฎหมาย	10
			ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาอาคาร(RTTV) มีค่า RTTV ดีกว่าค่าที่กำหนดตามกฎหมาย	6
Y			**การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร** ห้องนั่งเล่น ห้องทำงาน ห้องนอน มีพื้นที่หน้าต่างตามที่กำหนดหรือ มีค่า DFเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 1.5%	บังคับ
Y			**ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด(LPD)** ค่า LPD ไม่เกิน 8 วัตต์ต่อตารางเมตร	บังคับ
Y			**การใช้หลอดไฟฟ้าประหยัดพลังงาน** ใช้หลอดไฟฟ้าได้รับการรับรองฉลากเบอร์ 5	บังคับ

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินอาคารพักอาศัยด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม (ต่อ) (Energy and environment rating system for residential buildings.) (continue)

Y	?	N	หัวข้อ	คะแนนเต็ม
			การใช้หลอดไฟฟ้าที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ใช้หลอดไฟฟ้าได้รับการรับรองฉลากเขียว	3
			ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (LPD) ค่า LPD ไม่เกิน 6, 5, 4 วัตต์ต่อตารางเมตร	6
			การใช้เซ็นเซอร์ควบคุมแสงสว่าง (lighting sensor) กับโหลดแสงสว่างไม่น้อยกว่า 30%	4 , 2
Y			**การลดพลังงานจากปั๊มน้ำ** มีการต่อน้ำใช้ภายนอกอาคารไม่ผ่านปั๊มน้ำ	บังคับ
			การใช้ระบบผลิตน้ำร้อนจากพลังงานทดแทน มีระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ หรือระบบผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือใช้ในอาคาร	3
			การใช้พลังงานหมุนเวียน มีการเตรียมการเพื่อการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนในอนาคต	3
			มีระเบียงสำหรับอพาร์ตเม้นและอาคารชุด มีระเบียงอย่างน้อย 80% ของจำนวนยูนิต	- , 2

0	0	0	**สภาพแวดล้อมภายในอาคาร**	20
Y			**ปริมาณการระบายอากาศ** มีปริมาณการระบายอากาศเป็นไปตามที่กฎหมายกำหนดและมีการเพิ่มอากาศบริสุทธิ์ มีการระบายอากาศที่ห้องน้ำ แลครัวออกไปภายนอก	บังคับ
Y			**สภาวะน่าสบาย** มีการคำนวณสภาวะน่าสบายของพื้นที่ห้องต่าง ๆ เมื่อมีการปรับอากาศ	บังคับ
			คุณภาพแสงสว่างในอาคาร มีความส่องสว่างไม่ต่ำกว่า ที่กำหนด และ ใช้ผนังและฝ้าเพดานสีอ่อน	6 , 5
			การใช้วัสดุที่มีสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่ำใช้สี กาว ไม้ประกอบ ที่มีปริมาณสารอินทรีย์ระเหยง่ายต่ำ	6 , 6
			การกรองอากาศ มีระบบกรองอากาศเพื่อป้องกันฝุ่นขนาดใหญ่และเล็ก	6 , 5
			คุณสมบัติการกันเสียงของผนังและพื้นอาคาร ใช้ผนังและพื้นมีค่า STC ไม่ต่ำกว่าที่กำหนด	2 , 4

0	0	0	**นวัตกรรม**	10

Y	?	N	
0	0	0	รวมคะแนนทั้งหมด

<u>ระดับคะแนน</u> ผ่านข้อบังคับทั้งหมด ระดับ Certified , 30 คะแนนขึ้นไป ระดับ Silver ,
50 คะแนนขึ้นไป ระดับ Gold , 80 คะแนนขึ้นไป ระดับ Platinum

2. อาคารที่ผ่านการประเมินระดับ Silver คือได้คะแนน 30 คะแนนขึ้นไป จะเพิ่มการลงทุน 5–8% ลดการใช้พลังงานลงมากกว่า 15% ลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากกว่า 15% เมื่อเทียบกับอาคารทั่วไป

3. อาคารที่ผ่านการประเมินระดับ Gold คือได้คะแนน 50 คะแนนขึ้นไป จะเพิ่มการลงทุน 8–10% ลดการใช้พลังงานลงมากกว่า 20% ลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากกว่า 20% เมื่อเทียบกับอาคารทั่วไป

4. อาคารที่ผ่านการประเมินระดับ Platinum คือ ได้คะแนน 80 คะแนนขึ้นไป จะเพิ่มการลงทุน 10–15% ลดการใช้พลังงานลงมากกว่า 25% ลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมมากกว่า 25% เมื่อเทียบกับอาคารทั่วไป

ในด้านการนำเกณฑ์ไปใช้งานนั้น สถาบันอาคารเขียวไทย ได้ทำการตั้งอนุกรรมการพิจารณาเกณฑ์ เพื่อนำไปใช้ โดยในรายละเอียด อาจมีการปรับปรุงบางส่วน เช่นขอบเขตในการประเมินใช้เฉพาะกับอาคารพักอาศัยที่ไม่ใช่อาคารขนาดใหญ่พิเศษหรืออาคารสูง ซึ่งอาคารขนาดดังกล่าว ปัจจุบันใช้เกณฑ์ประเมินอาคารทั่วไปได้ผลดีอยู่แล้ว และอาจขยายผลการประเมินไปช่วงก่อสร้าง หรือพิจารณาปรับชื่อเกณฑ์ให้ชัดเจนว่าประเมินเฉพาะช่วงออกแบบ

ในด้านการพัฒนาปรับปรุงเกณฑ์ให้ดียิ่งขึ้นนั้นสามารถทำได้ดังนี้

1. ข้อมูลในการทำการประเมินวัฏจักรชีวิตของประเทศไทยนั้นยังไม่สมบูรณ์ ในงานวิจัยนี้ บางค่ามาจากการตรวจเอกสาร และบางค่ามาจากต่างประเทศ เมื่อข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตของวัสดุและกระบวนการในการก่อสร้างสมบูรณ์มากขึ้นในอนาคตอาจทำการประเมินใหม่เป็นช่วง ๆ

2. การพัฒนาอาคารอยู่อาศัยและอาคารอยู่อาศัยรวมเพื่ออนาคตอาจทำให้เกิดระบบหรือวัสดุใหม่ จึงควรมีการประเมินเกณฑ์เป็นระยะ ๆ

3. ควรมีการติดตามผลการนำแบบก่อสร้างที่ผ่านการประเมินและถูกนำไปก่อสร้างจริง เพื่อที่จะได้นำผลและข้อคิดเห็นจากผู้ใช้งานอาคารมาปรับปรุงเกณฑ์ให้เหมาะสมกับการพฤติกรรมการใช้อาคารยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ในการสนับสนุนทุนอุดหนุนในการทำวิจัย “โครงการระบบรับรองแบบและให้ฉลากบ้านเบอร์ 5 สำหรับแบบบ้านประหยัดพลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม” รหัสโครงการ P-16-51126 จากทุนอุดหนุนโครงการวิจัยและพัฒนาวิศวกรรม และขอขอบคุณคณะกรรมการกำกับดูแล คณะกรรมการเทคนิค และผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย จากหน่วยงานรัฐเอกชน และองค์กรไม่แสวงหาผลกำไร ที่มีส่วนร่วมและให้ความเห็นอันเป็นประโยชน์ในการจัดทำงานวิจัยนี้

References

Agency For Real Estate Affairs Co., Ltd. (2018). Bangkok Metropolitan Area Housing Market Report 2017.

Chanikarn Yimphayoon. (2008). *Comparative life cycle assessment between steel structure residential buildings and concrete structures in Thailand*. 4th Energy Network of Thailand Conference, Rose Garden Riverside Hotel Suan Sampran, Nakhon Pathom.

Citherlet, S., & Defaux, T. (2007). Energy and environmental comparison of three variants of a family house during its whole life span. *Building and Environment, 42*(2), 591-598. doi:https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.09.025

Cuéllar-Franca, R. M., & Azapagic, A. (2012). Environmental impacts of the UK residential sector: Life cycle assessment of houses. *Building and Environment, 54*, 86-99. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.02.005

Dahlstrøm, O., Sørnes, K., Eriksen, S. T., & Hertwich, E. G. (2012). Life cycle assessment of a single-family residence built to either conventional- or passive house standard. *Energy and Buildings, 54*, 470-479. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.07.029

Department of Alternative Energy Development and Efficiency. (2017). Study projects to set energy efficiency benchmarks for residential homes. Bangkok: Department of Alternative Energy Development and Efficiency.

Energy Policy and Planning Office. (2017). *Energy overview.* Retrieved from http://www.eppo.go.th/index.php/en/

International Standard Organization. (2006). ISO 14040 Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework.

National Statistics Office. (2018). *Key statistics*. Retrieved from http://statbbi.nso.go.th/staticreport/page/sector/th/index.aspx

Thai Appraisal and Estate Agents Foundation. (2018). *Building Appraisal Price B.E. 2017*. Retrieved from http://www.thaiappraisal.org/thai/value/value.php

Thai Green Building Institute. *Project - Thai Green Building Institute.* Retrieved from https://tgbi.or.th/directory/project/

USGBC. (2019). *Projects I U.S. Green Building Council*. Retrieved from https://www.usgbc.org/projects

World Green Building Council. (2019). *Green building & the Sustainable Development Goals*. Retrieved from https://www.worldgbc.org/green-building-sustainable-development-goals.