การศึกษาความคุ้มค่าของการก่อสร้างอาคารสำนักงานให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียวไทย

Feasibility Study of Constructing an Office Building to Conform to Thai Green Building Standard

นันทวรรณ หิรัญญการ[1], ลดาวัลย์ ตั้งวิชัย[1], จันทกานต์ ประคองใจ[1], นพดล กิตติวรรณโชติ[1], ทสพล เขตเจนการ[1*]

[1] ห้องวิจัยระบบพลังงานในอาคาร ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
6 ถนนราชมรรคาใน ตำบลพระปฐมเจดีย์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000
* ติดต่อ: E-mail: thosaponk@hotmail.com, โทรศัพท์: 034-259-025, โทรสาร: 034-219-367

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินผลความคุ้มค่าของการก่อสร้างอาคารให้เป็นไปตามมาตรฐานอาคารเขียวไทย โดยเลือกอาคารตัวอย่าง 1 อาคาร เรียกว่าอาคารกรณีฐาน ซึ่งเป็นอาคารสำนักงาน 4 ชั้น มีพื้นที่ใช้งานภายในอาคารทั้งหมด 1,295.91 ตารางเมตร แบ่งเป็นพื้นที่ปรับอากาศ 741.69 ตารางเมตร และพื้นที่ไม่ปรับอากาศ 554.22 ตารางเมตร ระบบปรับอากาศเป็นแบบรวมศูนย์ที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ งานนี้ได้ทำการประเมินระดับอาคารกรณีฐานตามเกณฑ์ของมาตรฐานอาคารเขียวไทย และใช้โปรแกรม EnergyPlus ตรวจสอบการใช้พลังงานของอาคาร จากนั้น ทำคะแนนอาคารตามลำดับความสำคัญของมาตรการในหมวดต่างๆ ของมาตรฐานอาคารเขียวไทย (ประกอบด้วย การบริหารจัดการอาคาร ผังบริเวณและภูมิทัศน์ การประหยัดน้ำ พลังงานและบรรยากาศ วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และนวัตกรรมในการออกแบบ) ที่ได้จัดลำดับไว้ โดยเลือกทำกลุ่มมาตรการที่ไม่ต้องใช้เงินลงทุนหรือใช้เงินลงทุนเพียงเล็กน้อยก่อน ตามด้วยกลุ่มมาตรการที่ต้องใช้เงินลงทุนและมีผลประโยชน์ตอบแทนในรูปของผลประหยัด (เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา) และกลุ่มมาตรการที่ต้องใช้เงินลงทุนแต่ไม่มีผลประหยัดตอบแทนกลับมา ตามลำดับ เพื่อให้อาคารได้ฉลากแต่ละระดับ คือ ผ่านการรับรอง (Certified) ฉลากเงิน (Silver) ฉลากทอง (Gold) และฉลากแพลตทินั่ม (Platinum) จากนั้นทำการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยพิจารณาระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน จากการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่า ควรปรับปรุงอาคารให้ผ่านการรับรองระดับฉลากทอง เนื่องจากเป็นจุดที่คุ้มค่าที่สุดในการลงทุน คือ สามารถลดการใช้พลังงานได้ 30.20% ลดการใช้น้ำประปาได้ 66.70% โดยต้องลงทุนเพิ่ม 4.18% ซึ่งจะทำให้มีระยะเวลาคืนทุน 4.16 ปี ซึ่งเป็นเป็นค่าที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับฉลากระดับอื่น และทำให้มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ 938,662.28 บาท มีอัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน 24.00% และมีอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนเท่ากับ 2.006 ซึ่งค่าทั้งสามเป็นค่าที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับฉลากระดับอื่น

คำหลัก: อาคารเขียว, มาตรฐานอาคารเขียวไทย (TREES-NC), ความคุ้มค่าในการลงทุน, โปรแกรม EnergyPlus

Abstract

This work is a feasibility study of constructing a building to conform to the Thai green building standard. A sample office building was selected and treated as the baseline building. The total area of the building is 1,295.91 m^2 consisting of 741.69-m^2 conditioned area and 554.22-m^2 unconditioned area. The designed air conditioning system is a central system using an air-cooled water chiller. Thailand's green building standard (TREES-NC) was applied to assess the 'green level' and EnergyPlus software was used to estimate the energy consumption of the baseline building. After that, points to achieve higher green levels were obtained by implementing measures according to 8 topics in TREES-NC. The measures that do not need or need a little investment were implemented first followed by the ones that need investment and provide benefits (e.g., energy saving, water saving) and the ones that need investment but do not provide any benefits. Financial feasibility of achieving each green label (i.e., certified, silver, gold, and platinum) was then evaluated in terms of payback period, net present value (NPV), internal rate of return (IRR), and benefit-to-cost ratio (BCR). The results show that the sample building should try to achieve the 'gold label' which is the optimum level in terms of financial return. At this point, energy saving was found to be 30.20% and water saving was 66.70% while the investment would be 4.18% higher than the baseline. The payback period was found to be 4.16 years which is the shortest one whereas the NPV, IRR, and BCR were found to be 938,662.28 Baht, 24.00%, and 2.006, respectively, which are the highest values compared with the other green labels.

Keywords*:* Green building, Thai green building standard (TREES-NC), Financial feasibility, EnergyPlus

1. บทนำ

ภายใต้วิกฤตการณ์ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน อาคารและสิ่งก่อสร้างต่างๆ ถือว่าเป็นสิ่งสำคัญที่สร้างผลกระทบอย่างมากต่อสภาพแวดล้อม สุขภาพของผู้คน และเศรษฐกิจ เนื่องจากพบว่าภาคอาคารมีการใช้พลังงานมากถึง 39% (เฉพาะพลังงานไฟฟ้าใช้มากถึง 68%) และใช้น้ำทั้งหมด 12% ของปริมาณการใช้ทั้งหมดของโลก อีกทั้งยังปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมถึง 38% [1] อาคารเขียวจึงถูกผลักดันให้เป็นอาคารทางเลือกใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นนวัตกรรมที่มีบทบาทสูงในการอนุรักษ์พลังงาน และส่งเสริมการใช้ทรัพยากรต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ การใช้พลังงาน น้ำ และการเลือกใช้วัสดุต่างๆ ช่วยลดผลกระทบต่อผู้ใช้งานอาคารทางด้านสุขอนามัยและส่งเสริมประสิทธิภาพในการทำงาน ช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่อาคาร อีกทั้งยังช่วยลดขยะจากการก่อสร้างและมลภาวะต่างๆ ที่เกิดจากอาคารด้วย [2-4] ดังนั้น อาคารเขียวจึงเป็นภาพลักษณ์ของอาคารที่มีความรับผิดชอบในการรักษาสิ่งแวดล้อมและใช้ทรัพยากรต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพตลอดวงจรอายุอาคาร คือ ตั้งแต่ขั้นตอนการเลือกที่ตั้งอาคาร การออกแบบ การก่อสร้างการใช้งาน การบำรุงรักษา การปรับปรุง และการทำลายเมื่อเลิกใช้อาคารแล้ว [5]

เกณฑ์การประเมินอาคารเขียวได้ถูกพัฒนาขึ้นในหลายประเทศทั่วโลก เช่น BREEAM ของสหราชอาณาจักร [6, 7] HK-BEAM ของฮ่องกง [8-10] เป็นต้น แต่ที่ได้รับความนิยมสูงสุด คือ LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) [11, 12] ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย United States Green Building Council (USGBC) สาเหตุสำคัญที่ LEED ประสบความสำเร็จอย่างมากนั้นมาจากความเรียบง่ายในการแบ่งหมวด อันประกอบไปด้วย ด้านความยั่งยืนของที่ตั้งโครงการ ประสิทธิภาพ

การใช้น้ำ พลังงานและบรรยากาศ วัสดุและทรัพยากร คุณภาพสภาพแวดล้อมในอาคาร และนวัตกรรมในการออกแบบ จึงเป็นที่นิยมในกลุ่มผู้ออกแบบอาคาร เนื่องจากความยืดหยุ่นในการเลือกรูปแบบการประเมินและทางเลือกในการทำคะแนน ทำให้เกณฑ์นี้ได้ใช้ประเมินอาคารต่างๆ ทั้งในสหรัฐอเมริกาและประเทศต่างๆ เกือบทั่วโลกมานานนับสิบปี

ประเทศไทยได้พัฒนาเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวขึ้นมาเช่นเดียวกันเรียกว่า “เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทยสำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่” (Thai’s Rating of Energy and Environmental Sustainability For New Construction and Major Renovation, TREES–NC) [13] จัดทำโดยคณะอนุกรรมการจัดทำหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว สถาบันอาคารเขียวไทย เป็นจุดเริ่มต้นที่มุ่งเน้นการประเมินโครงการอาคารสาธารณะที่จะสร้างขึ้นใหม่หรือมีการปรับปรุงครั้งใหญ่ และในอนาคตอันใกล้ สถาบันอาคารเขียวยังมุ่งหวังที่จะออกหลักเกณฑ์สำหรับบ้านพักอาศัย การตกแต่งภายใน อาคารใช้แล้ว ฯลฯ เพื่อให้อาคารทุกประเภทมีโอกาสที่จะเป็นอาคารเขียวซึ่งจะมีส่วนช่วยในการพัฒนาประเทศที่ยั่งยืนต่อไป

ถึงแม้ว่าอาคารเขียวจะมีประโยชน์มากมายดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น แต่ก็ยังไม่สามารถหาข้อสรุปได้ว่าการก่อสร้างอาคารเขียวนั้นจะต้องลงทุนในการก่อสร้างเพิ่มขึ้นเท่าไร จะคืนทุนภายในระยะเวลากี่ปี และการทำอาคารเขียวให้ได้ระดับใดจึงจะเหมาะสมที่สุดในแง่ของความคุ้มค่าในการลงทุน ซึ่งจากการศึกษาของ Kats and Capital E โดยการใช้เกณฑ์การประเมิน LEED 2.0 กับอาคารสำนักงานและสถานศึกษาในรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า ระดับที่คุ้มค่าที่สุด คือ ฉลากทอง (Gold) โดยสามารถลดการใช้พลังงานได้ 25-30% และใช้เงินลงทุนเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1.82% [2] การสำรวจโดย World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) จากผู้ตอบรับทั่วโลกประมาณว่าอาคารเขียวจะทำให้ค่าก่อสร้างสูงขึ้นจากอาคารปกติ 17% [14] ส่วนในประเทศไทย เกชา ธีระโกเมน ได้กล่าวไว้ว่า การรับรองระดับอาคารเขียวโดยเกณฑ์การประเมิน LEED ฉลากทองจะเป็นระดับที่คุ้มค่าที่สุด โดยจะทำให้ค่าก่อสร้างสูงขึ้น 15% และมีระยะเวลาคืนทุน 7 ปี [14] และจตุวัฒน์ วโรดมพันธ์ ได้กล่าวว่า อาคารเขียวที่ผ่านการประเมินตามเกณฑ์ LEED จะใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารปกติ 40-50% และใช้น้ำน้อยกว่า 20-30% โดยจะทำให้ค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น 5-8% และคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 3-5 ปี [15] ซึ่งจากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่า ในด้านการใช้พลังงานที่ลดลง ระยะเวลาคืนทุน และเงินลงทุนที่เพิ่มนั้น มีทั้งที่สอดคล้องกันและแตกต่างกัน รวมทั้งยังไม่พบงานวิจัยที่ศึกษาโดยใช้มาตรฐานอาคารเขียวของไทยในลักษณะเดียวกับงานวิจัยต่างๆ ที่ได้กล่าวไว้ พบแต่เพียงงานวิจัยที่กล่าวถึงแนวทางการศึกษามาตรการเพื่อให้เป็นอาคารเขียวเท่านั้น [16, 17] ดังนั้น จึงเกิดแนวความคิดในการศึกษาวิจัยว่า เงินลงทุนที่เพิ่มขึ้นและผลประโยชน์ที่ได้รับจากการทำให้อาคารเป็นอาคารเขียวในระดับต่างๆ จะเป็นเท่าใด และการก่อสร้างอาคารเขียวในระดับใดจะคุ้มค่าที่สุด โดยในงานนี้จะใช้อาคารสำนักงานตัวอย่าง 1 อาคาร และใช้มาตรฐานอาคารเขียวไทยเป็นเกณฑ์การประเมินในการวิจัย

2. เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES-NC)

เมื่อต้นปี พ.ศ. 2552 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ร่วมกับ สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้จัดตั้งสถาบันอาคารเขียวไทยขึ้นเพื่อเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาและดำเนินกิจกรรมต่างๆ เพื่อสร้างแนวคิดเรื่องอาคารเขียวในประเทศไทย และจัดทำหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของไทยขึ้นซึ่งมีชื่อว่า “เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทยสำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่” หรือ TREES–NC ถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการเดินหน้าเรื่องอาคารเขียวในประเทศไทยอย่างเต็มรูปแบบเป็นครั้งแรก

การรับรองอาคารที่เข้าร่วมประเมินนั้นจะแบ่งออกเป็น 4 ระดับตามคะแนนที่ได้ คือ (1) ฉลากแพลตทินั่ม (Platinum) 61 คะแนนขึ้นไป (2) ฉลากทอง (Gold) 46-60 คะแนน (2) ฉลากเงิน (Silver) 38-45 คะแนน และ (4) ผ่านการรับรอง (Certified) 30-37 คะแนน

TREES-NC Version 1.0 ได้แบ่งเกณฑ์การประเมินออกเป็น 8 หมวด คะแนนรวม 85 คะแนน ประกอบด้วย หมวดที่ 1 การบริหารจัดการอาคาร (BM 3 คะแนน) หมวดที่ 2 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (SL 16 คะแนน) หมวดที่ 3 การประหยัดน้ำ (WC 6 คะแนน) หมวดที่ 4 พลังงานและบรรยากาศ (EA 20 คะแนน) หมวดที่ 5 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (MR 13 คะแนน) หมวดที่ 6 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (IE 17 คะแนน) หมวดที่ 7 การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (EP 5 คะแนน) และหมวดที่ 8 นวัตกรรม (GI 5 คะแนน)

3. ขั้นตอนการศึกษา

ในการวิจัยเรื่องการศึกษาความคุ้มค่าในการก่อสร้างอาคารเขียวนี้ ทางคณะผู้จัดทำได้เลือกใช้อาคารตัวอย่าง 1 อาคาร เรียกว่า อาคารกรณีฐาน ซึ่งเป็นอาคารสำนักงาน 4 ชั้น มีพื้นที่ใช้งานทั้งหมด 1,295.91 ตารางเมตร และมีผู้ใช้งานอาคาร 102 คน โดยกำหนดให้ที่ตั้งอาคารอยู่ที่ อ.เมือง จ.นครปฐม รายละเอียดของอาคารแสดงไว้ในตารางที่ 1

จากเกณฑ์การประเมินตามมาตรฐานอาคารเขียวไทยที่ได้แบ่งหมวดการประเมินออกเป็น 8 หมวด งานวิจัยนี้ได้จัดลำดับการทำคะแนนของอาคารโดยเลือกทำกลุ่มมาตรการที่ไม่ต้องใช้เงินลงทุนหรือใช้เงินลงทุนเพียงเล็กน้อยก่อน ตามด้วยกลุ่มมาตรการที่ต้องใช้เงินลงทุนและมีผลประโยชน์ตอบแทนในรูปของผลประหยัด (เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา) และกลุ่มมาตรการที่ต้องใช้เงินลงทุนแต่ไม่มีผลประหยัดตอบแทนกลับมา ตามลำดับ

ในการประมาณค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับอาคารได้มีการแบ่งค่าใช้จ่ายออกเป็น 3 ส่วน คือ ค่าใช้จ่ายด้านวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้าง ค่าแรงในการก่อสร้าง และค่าใช้จ่ายรายปีในการใช้งานอาคาร เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา ค่าบำรุงรักษา เป็นต้น โดยค่าวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการก่อสร้าง และค่าแรงในการก่อสร้างอาคาร หาได้จากการถอดแบบอาคารตัวอย่างและพิจารณางานแยกเป็นหมวดต่างๆ ได้แก่ งานดิน งานคอนกรีต งานเหล็กเสริมคอนกรีต งานแบบหล่อเสาโครงสร้างรับแบบ งานไม้ งานก่ออิฐฉาบปูน งานพื้นผิวกระเบื้อง และงานกระเบื้องมุงหลังคา เป็นต้น โดยข้อมูลราคาที่ใช้นั้นเป็นราคาในช่วงเดือนตุลาคม 2555 ถึงเดือนมกราคม 2556

ตารางที่ 1 รายละเอียดของอาคารกรณีฐาน

ประเภทอาคาร	อาคารสำนักงาน
สถานที่ตั้ง	อ.เมือง จ.นครปฐม 13.82°N 100.05°E
จำนวนชั้น	4 ชั้น
พื้นที่ - ปรับอากาศ	741.69 ตารางเมตร
- ไม่ปรับอากาศ	554.22 ตารางเมตร
- รวม	1,295.91 ตารางเมตร
วัสดุ - ประเภท	อิฐ ปูนฉาบ คอนกรีต กระจก ฯลฯ
- จำนวน	16 ชนิด
โครงสร้าง - ประเภท	ผนัง พื้น เพดาน หลังคา / หน้าต่าง ประตู
- จำนวน	362 / 153 ชิ้น
โซน - จำนวน	32 โซน
- เวลาใช้งาน	8:00-17:00 น. จันทร์-เสาร์ 2,808 ช.ม./ปี
จำนวนคน	102 คน
แสงสว่าง - หลอด	- หลอดตะเกียบ 18 วัตต์
	- หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์
- โคม	- 1 หลอด/โคม ดาวน์ไลท์ 274 โคม
	- 2 หลอด/โคม ฝาครอบอะคริลิก 29 โคม
- กำลังรวม	6.75 กิโลวัตต์
อุปกรณ์ - ประเภท	อุปกรณ์สำนักงาน
- กำลังรวม	7.75 กิโลวัตต์
ระบบปรับอากาศ	
- ประเภท	รวมศูนย์ / เครื่องทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ
- ขนาด	51 ตันความเย็น
- กำลังรวม	182.2 กิโลวัตต์
ประเภทพลังงาน	พลังงานไฟฟ้า
การใช้น้ำ - อัตรา	3,818.88 ลูกบาศก์เมตร/ปี
- ค่าใช้จ่าย	115,879.44 บาท/ปี

สำหรับค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้มาจากการประมาณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีจากโปรแกรม EnergyPlus Version 7.0.0.036 และคำนวณค่าไฟฟ้าโดยใช้อัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค อัตราปกติ สำหรับกิจการขนาดกลาง [18] ส่วนค่าน้ำประปาคิดโดยเริ่มจากการประมาณปริมาณการใช้น้ำ [19-21] และคิดค่าน้ำประปาโดยใช้อัตราค่าน้ำประปาของการประปาส่วนภูมิภาค สำหรับธุรกิจขนาดใหญ่ [22] ในส่วนของการคิดค่าบำรุงรักษาอาคารและระบบต่างๆ ภายในอาคารจะใช้ค่าประมาณ 5% ของเงินลงทุนต่อปี [23] นอกจากนั้นแล้ว ในงานนี้ยังได้มีการคิดผลตอบแทนจากการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการที่สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าและประหยัดการใช้น้ำประปาได้ เนื่องจากจะช่วยให้โครงการมีความน่าสนใจในแง่ความคุ้มค่าทางการเงินเพิ่มขึ้น [24] โดยคิดว่าการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและน้ำประปาช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 11,997.61 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง และ 65.92 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ จากนั้นแปลงเป็นมูลค่าเงินโดยคิดที่อัตรา 113.21 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งอ้างอิงจากมูลค่าเฉลี่ยในรอบปี 2555 จากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) [25]

การประเมินความคุ้มค่าทางการเงินในการทำอาคารให้เป็นอาคารเขียวในระดับต่างๆ จะอาศัยเครื่องมือในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 4 ประเภท ได้แก่ ระยะเวลาในการคืนทุน (Payback period) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net present value, NPV) อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน (Internal rate of return, IRR) และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-to-cost ratio, BCR) ซึ่งเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ ระยะเวลาคืนทุนจะต้องไม่เกินอายุอาคาร มูลค่าปัจจุบันสุทธิจะต้องมากกว่า 0 อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุนจะต้องมากกว่าอัตราคิดลด และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนจะต้องมากกว่า 1.0 โดยในการวิเคราะห์จะกำหนดให้อาคารมีอายุการใช้งาน 25 ปี [23] และใช้อัตราคิดลด (Discount rate, r) ที่ 8% ซึ่งอ้างอิงจากอัตราคิดลดของธนาคารแห่งประเทศไทย [26]

4. ผลการศึกษา

ในส่วนของผลการศึกษาจะเป็นการแสดงผลการทำคะแนนอาคารให้ได้ระดับความเป็นอาคารเขียวระดับต่างๆ ตาม TREES-NC และผลการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการทำคะแนนอาคารระดับต่างๆ ตาม TREES-NC

การประเมินระดับคะแนนของอาคารตาม TREES-NC แบ่งออกเป็น 2 กรณี คือ ข้อบังคับ และข้อที่มีคะแนน ซึ่งในการผ่านการประเมินทุกระดับนั้นมีข้อกำหนดว่า อาคารที่เข้ารับการประเมินอาคารเขียวจะต้องผ่านการทำคะแนนข้อบังคับทั้ง 9 ข้อ (เช่น การเตรียมพร้อมความเป็นอาคารเขียว การหลีกเลี่ยงที่ตั้งที่ไม่เหมาะกับการสร้างอาคาร ประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ ฯลฯ) หากไม่สามารถทำคะแนนข้อบังคับข้อใดข้อหนึ่ง ทางสถาบันอาคารเขียวไทยจะถือว่าไม่สามารถเข้าร่วมการประเมินได้ การประเมินอาคารตามข้อบังคับขั้นต่ำแสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งในงานนี้ตั้งสมมติฐานให้สามารถทำคะแนนผ่านได้ทุกข้อ เนื่องจากเป็นข้อที่ปฏิบัติได้เองโดยไม่ต้องลงทุนหรือลงทุนเพียงเล็กน้อย [27] สำหรับการทำคะแนนข้อที่มีคะแนนนั้นจะทำคะแนนตามมาตรการที่ได้จัดลำดับไว้ โดยเริ่มทำคะแนนตั้งแต่อาคารกรณีฐาน และทำคะแนนเพิ่มขึ้นจนผ่านการรับรองระดับผ่านการรับรองฉลากเงิน ฉลากทอง และฉลากแพลตตินั่ม ตามลำดับ รายละเอียดการทำคะแนนแสดงในตารางที่ 3

สำหรับหมวดพลังงานและบรรยากาศซึ่งเป็นหมวดที่มีคะแนนสูงที่สุด คณะผู้จัดทำได้เลือกทำมาตรการอนุรักษ์พลังงาน 5 มาตรการ ได้แก่ (1) การเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นจากชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศเป็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (2) การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบที่ปั๊มน้ำ (3) การติดฉนวนความหนา 4 นิ้วที่ผนัง (4) การลดพื้นที่กระจกเหลือ 25% ของพื้นที่ผนัง และ (5) การเปลี่ยน

หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์จาก 36 วัตต์ เป็น 25 วัตต์ ซึ่งเป็นมาตรการที่ทำกันอยู่แล้วโดยทั่วไป เนื่องจากมาตรการประเภทนี้ก็เพียงพอที่จะลดพลังงานได้ถึง 20-40% แล้วโดยไม่จำเป็นต้องใช้มาตรการที่ซับซ้อนหรือเป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยที่สุด [24]

4.2 ผลการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน

ในส่วนของผลการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรก คือ การประเมินเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายของอาคารกรณีฐาน ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่า อาคารกรณีฐานมีมูลค่าการก่อสร้าง 14,543,185.59 บาท มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 96,658.33 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นเงิน 405,316.44 บาทต่อปี และใช้น้ำประปา 3,818.88 ลูกบาศก์เมตรต่อปี คิดเป็นเงิน 115,879.44 บาทต่อปี ส่วนที่ 2 คือ การประเมินเงินลงทุน ค่าใช้จ่าย และผลตอบแทนจากการทำคะแนนให้ได้ระดับความเป็นอาคารเขียวระดับต่างๆ โดยผลตอบแทนจะพิจารณาจากค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา และค่าคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงได้ดังแสดงในตารางที่ 4 ผลการประเมินที่ถือว่าดีจะอยู่ในช่วงระดับผ่านการรับรอง ฉลากเงิน และฉลากทอง โดยพิจารณาจากระยะเวลาคืนทุนที่ไม่เกินอายุอาคาร มูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่า 0 อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุนมากกว่าอัตราคิดลด และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนมากกว่า 1.0 ส่วนระดับฉลากแพลตทินั่มนั้นไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน เนื่องจากเมื่อคิดสุทธิแล้ว ค่าใช้จ่ายมีมูลค่าสูงกว่าผลตอบแทนที่ได้รับ

5. การวิเคราะห์ผลการศึกษา

จากผลการศึกษาในหัวข้อที่แล้ว พบว่า การที่จะปรับปรุงอาคารให้เป็นอาคารตามมาตรฐานอาคารเขียวไทยควรที่จะทำในระดับผ่านการรับรอง ระดับฉลากเงิน และระดับฉลากทอง เนื่องจากมีการลงทุนที่ไม่สูงมาก และมีผลตอบแทนที่ได้จากการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและน้ำประปา รวมทั้งลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นผลต่อเนื่อง ส่วนในระดับแพลตทินั่มนั้นไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน เพราะในขณะที่มีการลงทุนเพิ่มสูงขึ้น ผลตอบแทนที่ได้รับนั้นยังคงมีมูลค่าเท่าเดิม

จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่า การปรับปรุงอาคารในระดับฉลากทองมีความคุ้มค่าในการลงทุนมากที่สุด เพราะผลตอบแทนที่ได้รับกลับคืนมานั้นมีทั้งค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ ค่าน้ำประปาที่ประหยัดได้ และค่าคาร์บอนไดออกไซด์ที่สามารถลดลงได้ ซึ่งเมื่อเทียบกับระดับฉลากเงินจะพบว่า ระดับฉลากเงินจะประหยัดได้เพียงค่าไฟฟ้าเท่านั้น การปรับปรุงอาคารให้ได้ระดับฉลากทองสามารถที่จะลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 30.20% ลดการใช้น้ำประปาได้ 66.70% แต่ต้องลงทุนเพิ่ม 4.18% ซึ่งระดับฉลากทองถือว่าเป็นระดับที่มีระยะเวลาคืนทุนน้อยที่สุด คือ 4.16 ปี มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการสูงที่สุด คือ 938,662.28 บาท มีอัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุนสูงที่สุด คือ 24.00% และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนสูงที่สุด คือ 2.006 ซึ่งผลการศึกษาที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา [2, 14, 15] ที่กล่าวว่าการลงทุนที่ระดับฉลากทองจะคุ้มค่ามากที่สุด อย่างไรก็ตาม ยังจำเป็นจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป เนื่องจากงานวิจัยที่กล่าวถึงอ้างอิงมาตรฐานอาคารเขียว LEED ของสหรัฐอเมริกา แต่งานวิจัยนี้อ้างอิงมาตรฐานอาคารเขียวของไทย

ถ้าพิจารณาในด้านของพลังงาน พบว่า ผลของงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kats and Capital E ที่รายงานว่าอาคารเขียวสามารถลดการใช้พลังงานได้ 20-30% [2] แต่น้อยกว่าที่ จตุวัฒน์ วโรดมพันธ์ กล่าวไว้ว่า อาคารเขียวจะใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารปกติ 40-50% [15] ซึ่งอาจเป็นเพราะว่ามาตรการประหยัดพลังงานที่ใช้ในการปรับปรุงอาคารแตกต่างกัน ทำให้ลดการใช้พลังงานได้ไม่เท่ากัน ถ้าพิจารณาการใช้น้ำประปา พบว่า ผลของงานวิจัยนี้ประหยัดน้ำได้มากกว่าที่ จตุวัฒน์ วโรดมพันธ์ ได้กล่าวไว้ว่า อาคารเขียวจะใช้น้ำน้อยกว่าอาคารปกติ 20-30% [15] ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำที่ใช้นั้นมีประสิทธิภาพแตกต่างกัน รวมทั้งจำนวนคนที่ใช้งานอาคารไม่เท่ากัน ถ้าพิจารณาในเรื่องของ

เงินลงทุน พบว่า งานวิจัยนี้ลงทุนเพิ่มน้อยกว่าที่ เกชา ธีระโกเมน [14] และจตุวัฒน์ วโรดมพันธ์ [15] ได้กล่าวไว้ว่า การก่อสร้างอาคารเขียวจะต้องลงทุนเพิ่ม 15% และ 5-8% ตามลำดับ แต่จะมากกว่างานวิจัยของ Kats and Capital E ที่รายงานว่าต้องลงทุนเพิ่ม 1.82% [2] และถ้าพิจารณาระยะเวลาคืนทุน พบว่า ผลของงานนี้สอดคล้องกับที่ จตุวัฒน์ วโรดมพันธ์ กล่าวไว้ว่า การก่อสร้างอาคารเขียวจะคืนทุนได้ในระยะเวลา 3-5 ปี [15] แต่จะเร็วกว่าที่ เกชา ธีระโกเมน กล่าวไว้ว่า จะคืนทุนในเวลา 7 ปี [14]

ข้อสังเกตประการหนึ่งจากงานวิจัย คือ เมื่อคิดมูลค่าคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงได้จากการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและน้ำประปารวมเข้าไปในผลตอบแทนโครงการด้วยนั้นจะไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ความคุ้มค่ามากนัก เพราะมูลค่าคาร์บอนไดออกไซด์คิดเป็นผลประโยชน์ที่เพิ่มขึ้นเพียง 0.70% ของมูลค่าผลตอบแทนรวมทั้งหมด

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้เป็นการพิจารณาตัวอย่างอาคารเพียง 1 แห่ง และเป็นการพิจารณาในขั้นตอนการออกแบบเท่านั้น ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาวิจัยต่อไปโดยใช้อาคารตัวอย่างจำนวนมากขึ้น หลากหลายประเภทขึ้น และควรพิจารณามาตรฐานอาคารเขียวของหลายประเทศ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกัน รวมทั้งควรมีการศึกษาผลจากการดำเนินการตามมาตรฐานอาคารเขียวหลังจากที่อาคารได้ถูกใช้งานจริงแล้ว (Post-occupancy evaluation) เนื่องจากผลประหยัดจริงมักต่ำกว่าที่ประเมินไว้ในขั้นออกแบบ และงานวิจัยในลักษณะดังกล่าวยังมีการเผยแพร่น้อย [28]

6. สรุปผลการศึกษา

จากการพิจารณาอาคารตัวอย่าง 1 แห่ง ซึ่งเป็นอาคารสำนักงาน 4 ชั้น ขนาดพื้นที่ 1,295.91 ตารางเมตร และทำการประเมินความคุ้มค่าในการปฏิบัติตามมาตรฐานอาคารเขียวไทย โดยทำคะแนนให้ได้ระดับต่างๆ ตามลำดับความสำคัญของมาตรการในหมวดต่างๆ โดยเลือกทำกลุ่มมาตรการที่ไม่ต้องใช้เงินลงทุนหรือใช้เงินลงทุนเพียงเล็กน้อยก่อน ตามด้วยกลุ่มมาตรการที่ต้องใช้เงินลงทุนและมีผลประโยชน์ตอบแทนในรูปของผลประหยัด และกลุ่มมาตรการที่ต้องใช้เงินลงทุนแต่ไม่มีผลประหยัดตอบแทนกลับมาตามลำดับ ผลการวิเคราะห์พบว่า ควรทำอาคารให้เป็นอาคารเขียวในระดับผ่านการรับรอง ฉลากเงินและฉลากทอง แต่ไม่ควรทำฉลากแพลตทินั่ม เพราะไม่คุ้มค่าในการลงทุน โดยฉลากทองนั้นมีความคุ้มค่ามากที่สุด โดยสามารถลดการใช้พลังงานได้ 30.20% ลดการใช้น้ำประปาได้ 66.70% แต่ต้องลงทุนเพิ่ม 4.18% ซึ่งจะทำให้มีระยะเวลาคืนทุน 4.16 ปี มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ 938,662.28 บาท มีอัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุน 24.00% และอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนเท่ากับ 2.006 ซึ่งถือว่าเป็นระดับที่มีระยะเวลาคืนทุนน้อยที่สุด มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนภายในจากการลงทุนและอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนสูงที่สุด ทั้งนี้ ควรมีการศึกษาวิจัยต่อไปโดยใช้อาคารตัวอย่างจำนวนมากขึ้น หลากหลายประเภทขึ้น และควรพิจารณามาตรฐานอาคารเขียวของหลายประเทศ รวมทั้งควรมีการศึกษาผลจากการดำเนินการตามมาตรฐานอาคารเขียวหลังจากที่อาคารได้ถูกใช้งานจริงแล้วด้วย เพื่อนำผลมาเปรียบเทียบกัน

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ได้เอื้อเฟื้อทุน เอกสาร และสิ่งอำนวยความสะดวกอันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการจัดทำงานวิจัยฉบับนี้ จึงทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ตารางที่ 2 การทำคะแนนในข้อที่เป็นข้อบังคับของ TREES-NC

หมวดที่	ข้อที่	การดำเนินการ	ประเมิน
1	BM P1	จัดทำแผนการดำเนินงานโครงการประกอบด้วย 1. รายชื่อคณะทำงานและหัวหน้าโครงการ เช่น สถาปนิก วิศวกร เจ้าของ อาคาร ผู้ตรวจสภาพอาคาร ผู้บริหารอาคาร หรือที่ปรึกษา เป็นต้น 2. ระบุผู้รับผิดชอบในแต่ละกิจกรรมที่ตรงกับหัวข้อคะแนนต่างๆ 3. รายละเอียดของกิจกรรมต่างๆ รวมถึงเทคนิคและวิธีการที่นำมาใช้โดยย่อ 4. ตารางเวลาของกิจกรรมต่างๆ ว่าดำเนินการในช่วงใด นานเท่าไร	ผ่าน
2	SL P1	พื้นที่ตั้งโครงการอยู่บนพื้นที่ที่มีการพัฒนาแล้ว อยู่ใกล้กับเขตชุมชน ห่างจากพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่ที่มีคุณค่าทางระบบนิเวศสูงเป็นระยะทางพอสมควร ตรงตามที่กำหนดไว้ในกฎหมายผังเมือง	ผ่าน
2	SL P2	เป็นโครงการที่ก่อสร้างบนพื้นที่ที่พัฒนาแล้ว และมีการกำหนดพื้นที่สีเขียวในตำแหน่งที่เหมาะสมที่ไม่มีผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ	ผ่าน
4	EA P1	1. มีการแต่งตั้งบุคคลที่สามเป็นผู้ทดสอบและปรับแต่งระบบ ทำหน้าที่จัดการ ทบทวน และควบคุมการทดสอบและปรับแต่งระบบ 2. เจ้าของโครงการต้องมีเอกสารเป็นลายลักษณ์อักษรแสดงความต้องการของเจ้าของโครงการ และผู้ออกแบบต้องจัดให้มีเอกสารแสดงแนวคิดและเจตนารมณ์ในการออกแบบ 3. รวบรวมความต้องการในการทดสอบและปรับแต่งระบบ และแสดงรายละเอียดต่างๆ ไว้ในเอกสารงานก่อสร้าง 4. จัดทำแผนการทดสอบและปรับแต่งระบบ และดำเนินการตามแผนอย่างเป็นระบบ 5. รับรองการติดตั้งและสมรรถนะของระบบที่ทำการทดสอบและปรับแต่ง 6. จัดเตรียมรายงานผลการทดสอบและปรับแต่งระบบฉบับสมบูรณ์	ผ่าน
4	EA P2	ได้คะแนนในข้อ EA1 ขั้นต่ำอย่างน้อย 4 คะแนน (อาคารทำคะแนนได้ทั้งหมด 16 คะแนน ซึ่งมากกว่าคะแนนขั้นต่ำ)	ผ่าน
6	IE P1	อัตราการระบายอากาศในพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐาน ASHRAE 62.1-2007	ผ่าน
6	IE P2	ความส่องสว่างผ่านตามเกณฑ์ของกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัยอาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง	ผ่าน
7	EP P1	มีแผนและดำเนินการป้องกันมลพิษและการรบกวนจากการก่อสร้าง - มลภาวะทางอากาศ เช่น ฝุ่น เป็นต้น - มลภาวะทางเสียง - ขยะจากการก่อสร้างและจากคนงานก่อสร้าง - มลภาวะทางน้ำ - อุบัติเหตุ เช่น ไฟไหม้ การพังถล่ม เป็นต้น - ปัญหาการจราจร	ผ่าน
7	EP P2	1. มีห้องคัดแยกขยะและเก็บเศษวัสดุที่มีความมิดชิด เข้าถึงได้ง่าย 2. มีจุดทิ้งขยะที่ระบุไว้อย่างชัดเจนในแต่ละชั้นของอาคาร ได้แก่ ขยะเปียก ขยะแห้ง ขยะอันตราย	ผ่าน

ตารางที่ 3 การทำคะแนนในข้อที่มีคะแนนของ TREES-NC ตามมาตรการที่ได้จัดลำดับไว้

หมวดที่	ข้อที่	การดำเนินการ	คะแนน	เงินลงทุน	ผลตอบแทน
2	SL1	การพัฒนาโครงการบนพื้นที่ที่มีการพัฒนาแล้ว มีสิ่งอำนวยความสะดวกครบ 10 ประเภท ในรัศมี 500 เมตร	1		
2	SL2	มีสถานีขนส่งหรือรถตู้ในระยะ 500 เมตร มากกว่า 2 สาย	1		
2	SL3.1	พื้นที่โครงการประมาณ 1,295.91 ตารางเมตร 20% ของพื้นที่โครงการ = 258.38 ตารางเมตร กำหนดให้มีพื้นที่เปิดโล่งเชิงนิเวศน์ 280 ตารางเมตร ซึ่งมากกว่า 20% ของพื้นที่โครงการ	1		
2	SL3.2	พื้นที่เปิดโล่งของโครงการมี 710 ตารางเมตร กำหนดให้พื้นที่โครงการมีไม้ยืนต้น 10 ต้น คือ ลีลาวดี พญาสัตบรรณ และราชพฤกษ์ โดยเป็นต้นไม้ที่มีอยู่ในพื้นที่โครงการอยู่แล้ว	1		
2	SL3.3	กำหนดให้มีการใช้พืชพรรณในงานภูมิสถาปัตยกรรม เช่น พิกุล โมก ลีลาวดี หางนกยูง ดอกแก้ว เป็นต้น	1		

หมวดที่	ข้อที่	การดำเนินการ	คะแนน	เงินลงทุน	ผลตอบแทน
4	EA1	การใช้พลังงานในของอาคารฐานเมื่อเทียบกับอาคารอ้างอิงแล้วสามารถลดได้ 17.84% เทียบคะแนนจากตารางได้ 8 คะแนน	8		
4	EA4	ระบบปรับอากาศในอาคารไม่ใช้สารทำความเย็นประเภท CFC และ HCFC-22	1		
5	MR5	ใช้วัสดุก่อสร้างหรือสินค้าที่ผลิตในประเทศไทย โดยมีมูลค่ามากกว่า 20% ของมูลค่าวัสดุโครงการ	2		
6	IE2.1	ใช้วัสดุประสานวัสดุยาแนวและรองพื้นที่มีค่า VOC ต่ำภายในอาคารอ้างอิงตามมาตรฐาน SCAQMD Rule #1168	1		
6	IE2.2	สีวัสดุเคลือบผิวและรองพื้นที่ใช้กับผนังและฝ้าเพดานมี VOC ตามเกณฑ์ที่กำหนดใน Green Seal Standard GS-11, Paints, First Edition, May 20, 1993	1		
6	IE2.3	กาวที่ยึดพรมทั้งหมดอยู่ภายใต้ข้อกำหนดของข้อ IE 2.1 และพรมผ่านการทดสอบจาก Carpet and Rug Institute's Green Label Plus program	1		
6	IE3	มีระบบควบคุมแสงสว่างให้แก่ผู้ใช้งานในอาคารโดยวงจรควบคุม 1 วงจร ต่อพื้นที่น้อยกว่า 250 ตารางเมตร และมีการแยกวงจรในแต่ละห้องที่มีพื้นที่น้อยกว่า 250 ตารางเมตร	1		
7	EP1	ไม่มีการใช้สารฮาลอน (Halon) หรือ CFC หรือ HCFC ในระบบดับเพลิง	1		
7	EP2	มีการวางตำแหน่งเครื่องระบายความร้อนอยู่บนชั้นหลังคา ไม่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อสภาพแวดล้อมใกล้เคียงอาคาร	1		
7	EP3	กระจกที่ใช้ในอาคารเป็นกระจกใสเขียวมีค่าการสะท้อนแสงน้อยกว่า 15%	1		
ผลการประเมิน		ไม่ผ่านการรับรอง (อาคารกรณีฐาน)	23	14,543,185.59	-
1	BM3	จัดตั้งคณะทำงานอาคารเขียวติดตามประเมินกิจกรรมต่างๆ ในช่วงออกแบบก่อสร้างและเมื่ออาคารเสร็จ	1		
2	SL4	ออกแบบให้มีพื้นที่ดินที่สามารถให้น้ำซึมผ่านได้มากที่สุดโดยเลือกใช้บล็อกหญ้าปูพื้นที่น้ำสามารถซึมผ่านได้ คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การไหลบนผิวดิน (Runoff coefficients) เฉลี่ยของโครงการ ได้ C = 0.43	4		
2	SL5.3	ปลูกต้นไม้ยืนต้นทั้ง 3 ทิศให้ทรงพุ่มห่างกันไม่เกิน 1 เมตร โดยทรงพุ่มไม่ก่อความเสียหายกับตัวอาคาร	1		
4	EA3	จัดให้มีแผนการตรวจสอบและประเมินผลการใช้พลังงานที่สอดคล้องกับ IPMVP และดำเนินการตรวจสอบและประเมินผลภายใน 1 ปี หลังการก่อสร้างแล้วเสร็จ	1		
ผลการประเมิน		ผ่านการรับรอง (Certified)	30	0	0
5	MR2	มีแผนการเปลี่ยนจากการการนำขยะจากการก่อสร้างไปถมที่หรือเผาทำลาย มาเป็นวิธีการคัดแยกและรวบรวมวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้นำไปขายหรือบริจาค เพื่อนำไปใช้ใหม่หรือรีไซเคิลต่อไป และระบุผู้รับเหมาในการบริหารจัดการขยะจากการก่อสร้างอย่างเป็นระบบ	2		
5	MR6.1	ใช้วัสดุที่ได้รับฉลากเขียวหรือฉลากคาร์บอนไทยมากกว่า 10% ของมูลค่ารวมของวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมด เช่น โคโค่บอร์ด สุขภัณฑ์ประหยัดน้ำ หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ฉนวนกันความร้อน สี อิฐมวลเบา และพรม เป็นต้น	1		
6	IE5	พื้นที่ใช้งานประจำผ่านมาตรฐานภาวะสบาย 100% ซึ่งมีอุณหภูมิ 26-27°C ความชื้น 20-90%RH PPD<10 -0.5<PMV<0.5 ตามมาตรฐาน ASHRAE 55-2004	3		
4	EA1	ใช้มาตรการประหยัดพลังงานปรับปรุงอาคารฐาน ทำให้มีการใช้พลังงานลดลงอีก 24.82% รวมเป็น 42.66% จากอาคารอ้างอิงเทียบคะแนนจากตารางได้ 16 คะแนน หมายถึง ได้คะแนนเพิ่มจากคะแนน	8		

หมวดที่	ข้อที่	การดำเนินการ	คะแนน	เงินลงทุน	ผลตอบแทน
		อาคารฐานอีก 8 คะแนน			
ผลการประเมิน		ฉลากเงิน (Silver)	44	518,185.51	96,600.32
3	WC1.1	ใช้โถสุขภัณฑ์ประหยัดน้ำทั้งโครงการ	2		
3	WC1.2	ใช้ก๊อกน้ำประหยัดน้ำทั้งโครงการ	2		
3	WC1.3	- ติดตั้งมาตรวัดการใช้น้ำในท่อเมนย่อยต่างๆ ของโครงการ - ติดตั้งถังกักเก็บน้ำฝนไว้ใช้ในโครงการ โดยมีขนาดถังอย่างน้อย 5% ของปริมาณน้ำฝน 1 ปี ต่อพื้นที่โครงการ	2		
ผลการประเมิน		ฉลากทอง (Gold)	50	608,138.13	175,309.28
1	BM1	- ติดป้ายประชาสัมพันธ์หน้าพื้นที่ก่อสร้างระบุถึงเจตนารมณ์ในการเข้าร่วมการประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมทั้งป้ายภาษาไทยและอังกฤษ - จัดทำข้อมูลนำเสนอเกี่ยวกับอาคารโดยนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของเว็บไซต์ ติดป้ายประชาสัมพันธ์ตามจุดต่างๆ ภายในอาคารเพื่อให้ความรู้กับผู้ใช้หรือผู้เยี่ยมชมอาคาร	1		
1	BM2	จัดทำคู่มือและจัดการอบรมแนะนำการใช้งานและบำรุงรักษาระบบต่างๆ คือ - ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ - ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง - ระบบสุขาภิบาล - ระบบอำนวยความสะดวก	1		
6	IE1.2	ทำให้ห้องถ่ายเอกสารที่ชั้น 1 มีความดันเป็นลบ	1		
6	IE1.3	บริเวณพื้นของทางเข้าอาคารหลักจัดให้มีพรมสำหรับป้องกันฝุ่นซึ่งมีสัญญาจ้างบริษัททำความสะอาดพรมสัปดาห์ละครั้งเป็นเวลา 1 ปี	1		
6	IE1.4	มีมาตรการห้ามสูบบุหรี่ภายในอาคารโดยเด็ดขาด และจัดให้มีพื้นที่สำหรับสูบบุหรี่โดยเฉพาะห่างจากประตูหลักและช่องนำเข้าอากาศ 15 เมตร	1		
6	IE2.4	เลือกใช้ผลิตภัณฑ์โคโค่บอร์ดที่เป็นวัสดุทดแทนไม้ที่ไม่มีการผสมของยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน	1		
2	SL2	- จัดให้มีระบบรถรับส่งไปยังสถานีขนส่งสาธารณะ สามารถบริการรับส่งได้ 5% ของผู้ใช้อาคารต่อวัน ซึ่งเป็นรถประหยัดพลังงาน - จัดที่จอดรถจักรยาน และห้องอาบน้ำ - จัดที่จอดรถของอาคารให้เป็นที่จอดรถประหยัดพลังงานหรือที่จอดรถที่ใช้ร่วมกัน (Carpool)	3		
2	SL5.2	ปูพื้นส่วนที่เป็นพื้นที่ดาดแข็งด้วยบล็อกหญ้า จะช่วยลดผลกระทบจากการรับรังสีอาทิตย์ของพื้นที่ดาดแข็งได้	1		
7	EP4	จัดทำแผนการบำรุงรักษาหอระบายความร้อนตามประกาศของกรมอนามัยเรื่องข้อปฏิบัติการควบคุมเชื้อลีจิโอเนลลาในหอระบายความร้อนของอาคารในประเทศไทย	1		
ผลการประเมิน		ฉลากแพลตตินั่ม (Platinum)	61	2,513,228.79	175,309.28

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน

ระดับ	เงินลงทุนเพิ่ม (บาท)	ค่าบำรุงรักษาที่เพิ่มขึ้น (บาท/ปี)	ผลประหยัด (บาท/ปี)			เครื่องมือวิเคราะห์			
			ค่าไฟฟ้า	ค่าน้ำ	มูลค่าคาร์บอน	ระยะคืนทุน (ปี)	NPV (บาท)	IRR (%)	BCR
Certified	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Silver	518,185.51	25,909.28	96,600.32	-	1,358.23	7.19	236,425.57	13.00	1.297
Gold	608,138.13	30,406.91	96,600.32	78,708.96	1,365.69	4.16	938,662.28	24.00	2.006
Platinum	2,513,228.79	125,661.44	96,600.32	78,708.96	1,365.69	49.27	-1,983,249.20	-	0.485

8. เอกสารอ้างอิง

[1] CM Thailand (2010). *Green Building*, URL: http://www.pangcivil.blogspot.com, access on 24/07/2012.

[2] Kats, G. and Capital E (2003). *The Costs and Financial Benefits of Green Buildings; A Report to California's Sustainable Building Task Force*, Sustainable Building Task Force, California, USA.

[3] Paumgartten, P. (2003). The business case for high performance green buildings: Sustainability and its financial impact, *Journal of Facilities Management*, vol. 2(1), February 2003, pp. 26-34.

[4] พิมพิดา จรรยารักษ์สกุล (2553). *คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคารเขียว*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://teamgroup.co.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 15/08/2555.

[5] พันธุดา พุฒิไพโรจน์ (2553). *แนวทางการออกแบบอาคารเขียวตามเกณฑ์การประเมินของ LEED*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.coa.co.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 15/08/2555.

[6] Lee, W.L. (2012). Benchmarking energy use of building environmental assessment schemes, *Energy and Buildings*, vol. 45, February 2012, pp. 326-334.

[7] UK Green Building Council (2011). *BREEAM New Construction*, United Kingdom Green Building Council, UK.

[8] HK BEAM Society (2004). *HK-BEAM 4/04 "New Buildings"*, Hong Kong Green Building Council, Hong Kong.

[9] Lee, W.L. and Chen, H. (2008). Benchmarking Hong Kong and China energy codes for residential buildings, *Energy and Buildings*, vol. 40(9), September 2008, pp. 1628-1636.

[10] Ma, Z. and Wang, S. (2009). Building energy research in Hong Kong: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 13(8), October 2009, pp. 1870-1883.

[11] USGBC (2008). *LEED 2009 for New Construction and Major Renovations*, United States Green Building Council, Washington DC, USA.

[12] Varodompun, J. (2009). Review article: Energy & environmental rating systems for measuring green building performances, *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, vol. 6(1), 2009, pp. 123-152.

[13] คณะกรรมการสถาบันอาคารเขียวไทย (2555). *คู่มือสำหรับเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย*, สถาบันอาคารเขียวไทย, กรุงเทพฯ.

[14] เกชา ธีระโกเมน (2553). *How much a green building cost?*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.eec-academy.com, เข้าดูเมื่อวันที่ 15/08/2555.

[15] จตุวัฒน์ วโรดมพันธ์ (2554). *อาคารเขียวและเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวไทยกับสากล*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.eec-academy.com, เข้าดูเมื่อวันที่ 6/08/2555.

[16] เอกเทวัญ มะโนวงศ์ และ พรพรรณ วีระปรียากูร (2555). ความเหมาะสมของการใช้เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES) กับอาคารสานักงานของกองทัพอากาศ, *การประชุมเครือข่ายวิชาการบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 1,* มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี.

[17] กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2555). *โครงการจัดทำระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมของภาครัฐ (อาคารเขียว)*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://greenbuilding.pcd.go.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 10/03/2556.

[18] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (2543). *อัตราค่าไฟฟ้า*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.eppo.go.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 10/01/2556.

[19] จิรพัฒน์ อุ้มมนุษย์ชาติ (2553). *การจัดพื้นที่และการจัดการสภาพแวดล้อมในสำนักงาน*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.polsci-law.buu.ac.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 1/03/2556.

[20] วีระสิงห์ เมืองมั่น (2544). *การแก้อาการปัสสาวะบ่อย*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.vichaiyut.co.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 1/03/2556.

[21] ศิริชัย ธนทิตย์ (2555). *สถาปัตยกรรมภายใน (Interior Architecture)*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.arc.cmu.ac.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 1/03/2556.

[22] การประปาส่วนภูมิภาค (2556). *ตารางอัตราค่าน้ำประปา*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.pwa.co.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 10/01/2556.

[23] กรมบัญชีกลาง กระทรวงการคลัง (2542). *ประเภททรัพย์สินที่ต้องตีราคา อายุการใช้งานและอัตราค่าเสื่อมราคาทรัพย์สิน*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.kumpawahealth.com, เข้าดูเมื่อวันที่ 6/08/2555.

[24] Kneifel, J. (2010). Life-cycle carbon and cost analysis of energy efficiency measures in new commercial buildings, *Energy and Buildings*, vol. 42(3), March 2010, pp. 333-340.

[25] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2556). *ตลาดคาร์บอน*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://carbonmarket.tgo.or.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 10/01/2556.

[26] ธนาคารแห่งประเทศไทย (2556). *อัตราดอกเบี้ย*, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา http://www.bot.or.th, เข้าดูเมื่อวันที่ 10/01/2556.

[27] Langdon, D. (2004). *Examining the Cost of Green*, Davis Langdon, California, USA.

[28] Newsham, G.R., Mancini, S. and Birt, B.J. (2009). Do LEED-certified buildings save energy? Yes, but..., *Energy and Buildings*, vol. 41(8), August 2009, pp. 897-905.