เกณฑ์ประเมินอาคารที่ยั่งยืน: ความเหมือน ความต่าง และค่าความสำคัญที่ให้ต่อสิ่งแวดล้อม ทรัพยากร และพลังงาน

A Comparative Study of Green Building Evaluation Standards: Identifying Major/Minor Emphasis on Environment, Resource and Energy Issues

จักรกฤษณ์ เหลืองเจริญรัตน์[1] และ สิงห์ อินทรชูโต[2]

Chakkrit Luangcharoenrat[1] and Singh Intrachooto[2]

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900

Faculty of Architecture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

E-mail: cluang@gmail.com[1]

บทคัดย่อ

หลายประเทศได้พัฒนาเกณฑ์ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของอาคารที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นมาตรฐานในการพัฒนาอาคารที่ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการให้ความสำคัญของเกณฑ์ประเมินอาคารที่ยั่งยืนในด้านต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นในประเทศไทย และนานาประเทศ โดยเฉพาะในกลุ่มประชาคมอาเซียนที่เป็นสมาชิกของ World Green Building Council ว่ามีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร มีการให้น้ำหนักในประเด็นต่าง ๆ มากน้อยอย่างไร เพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการปรับปรุงเกณฑ์การประเมินอาคารที่ยั่งยืนต่อไป จากการศึกษาพบว่า เกณฑ์ประเมินอาคารที่ยั่งยืนที่ถูกพัฒนาขึ้นนั้น ให้ความสำคัญในช่วงการออกแบบ เน้นการแก้ปัญหาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมในเชิงรุก (proactive measures) แต่การแก้ปัญหาด้านการใช้วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้างนั้นเป็นไปในเชิงรับ (reactive measure) และให้ความสำคัญน้อย

Abstract

Many countries have developed environmental assessment rating standards for environmentally responsible buildings. This paper aims to compare the relative importance of issues included in these assessment standards, especially the rating standards developed by Thailand and members of the World Green Building Council. The study found that most building rating systems focuses mainly on the design phase and gives higher emphasis to energy and environmental mitigation issues with “proactive” measures. On the contrary, emphasis on construction materials and resource management is minimal; and all of which are “reactive” measures.

คำสำคัญ (Keywords)

เกณฑ์ประเมินอาคาร (Building Rating System)
วงจรชีวิตอาคาร (Building Life Cycle)
แผนปฏิบัติการ 21 (Agenda 21)
อาคารเขียว (Green Building)
สถาปัตยกรรมยั่งยืน (Sustainable Architecture)

1. บทนำ

ปัจจุบันธรรมชาติและสภาพแวดล้อมส่งผลกระทบกับการดำรงชีวิตของมนุษย์มากขึ้น ดังจะเห็นได้จากภาวะโลกร้อนที่เกิดจากปรากฏการณ์เรือนกระจก ภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นในประเทศต่าง ๆ ของโลก เช่น แผ่นดินไหวในประเทศญี่ปุ่นในปี ค.ศ. 2011 ประเทศนิวซีแลนด์ในปี ค.ศ. 2011 และประเทศเฮติในปี ค.ศ. 2010 รวมถึงน้ำท่วมในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทยปลายปี ค.ศ. 2011 และน้ำท่วมใหญ่ในกรุงมะนิลาประเทศฟิลิปปินส์กลางปี ค.ศ. 2012 ที่ผ่านมา สิ่งที่เกิดขึ้นนี้ไกลเกินกว่าที่เทคโนโลยีอันทันสมัยในปัจจุบันจะทำนายเพื่อหาทางป้องกันได้ เราไม่สามารถปฏิเสธได้ว่าสิ่งที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและการทำลายสภาพแวดล้อม

กิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดจากมนุษย์ล้วนส่งผลกระทบต่อธรรมชาติและสภาพแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม อุตสาหกรรมการก่อสร้างมีบทบาทอย่างมากในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม นอกจากนี้ ยังมีบทบาทสำคัญในการตอบสนองความต้องการพื้นฐานทางกายภาพ เช่น ที่อยู่อาศัย โรงเรียน สถานพยาบาล รวมถึงสาธารณูปการทั้งในเมืองและชนบท (Moavenzadeh, 1978) อุตสาหกรรมก่อสร้างใช้วัตถุดิบจากธรรมชาติเป็นจำนวนมากเมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรมอาหารและพลังงานในระบบเศรษฐกิจ จากการสำรวจของหน่วยงานทางธรณีวิทยาของประเทศสหรัฐอเมริกาเปิดเผยว่าอุตสาหกรรมก่อสร้างใช้วัตถุดิบที่ได้มาจากธรรมชาติถึงร้อยละ 60 (United States Environmental Protection Agency, 2008) และใช้พลังงานจำนวนมากในการผลิตเพื่อให้ได้มาซึ่งวัสดุก่อสร้าง มากกว่านั้นยังก่อให้เกิดแก๊สเรือนกระจกในบรรยากาศรวมถึงฝนกรดถึงร้อยละ 40–50 (California Integrated Waste Management Board, 2000) เป็นอุตสาหกรรมที่มีการจ้างงานร้อยละ 7 ของการจ้างงานโดยรวมและร้อยละ 28 ของการจ้างงานในภาคอุตสาหกรรม เป็นอุตสาหกรรมที่มีอัตราการใช้พลังงานและสร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูง รวมทั้งมีการใช้ทรัพยากรอย่างมาก (Natural Building Technologies) ภาคธุรกิจและที่อยู่อาศัยในประเทศสหรัฐอเมริกาใช้พลังงานมากถึงร้อยละ 40 โดยพลังงานส่วนใหญ่ใช้ไปกับอาคาร ในประเทศไทยการใช้พลังงานในภาคที่อยู่อาศัยและธุรกิจอยู่ที่ร้อยละ 46 (Varodompun, 2009)

จากผลกระทบของอุตสาหกรรมก่อสร้างที่มีต่อสิ่งแวดล้อม (environment) ทรัพยากรธรรมชาติ (resource) และพลังงาน (energy) ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น นักวิจัยในหลายประเทศได้พัฒนาเกณฑ์ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของอาคารที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีความตั้งใจในการสร้างสิ่งแวดล้อมสรรค์สร้างที่ยั่งยืน (sustainable built environment) (Sebake, n.d.) เพื่อเป็นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการออกแบบ การก่อสร้าง และการใช้งานของอาคาร

ในหลายประเทศมีการพัฒนาแบบประเมิน เช่น แบบประเมินของประเทศอังกฤษ เรียกว่า BREEAM (Building Research Establishment Energy and Environmental Assessment Method) ซึ่งเป็นประเทศแรกที่มีแบบประเมินอาคารที่ยั่งยืน (Smith, Fischlein, Su & Huelman, 2006) แบบประเมินของประเทศสหรัฐอเมริกา เรียกว่า LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ซึ่งเป็นแบบประเมินที่มีชื่อเสียงมากที่สุด (Varodompun, 2009) แบบประเมินของประเทศไทย เรียกว่า TREES (Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability) นอกจากนี้ ยังมีแบบประเมินอาคารของประเทศญี่ปุ่นที่เป็นที่รู้จักในนาม CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency) ซึ่งเป็นประเทศที่สองในเอเชียหลังจากเขตบริหารพิเศษฮ่องกงที่มีแบบประเมินอาคารที่ยั่งยืน และแบบประเมินอาคารของประเทศในกลุ่มอาเซียน (ASEAN) ที่เป็นสมาชิกของ World Green Building Council อันได้แก่ ประเทศมาเลเซีย ประเทศอินโดนีเซีย และประเทศสิงคโปร์

การเปรียบเทียบแบบประเมินประสิทธิภาพการทำงานของอาคารในประเทศต่าง ๆ ทำให้ทราบถึงสัดส่วนของการให้ความสำคัญแก่การลดผลกระทบของอาคารที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ทรัพยากร และพลังงาน และผลจากการเปรียบเทียบที่ได้ สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาข้อกำหนดในแบบประเมินเพื่อให้เกิดความสมดุลเหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมอย่างแท้จริง ทั้งนี้ไม่นำแบบประเมินของฮ่องกงมาเปรียบเทียบเนื่องจากเป็นแบบประเมินที่ถูกพัฒนามาจาก BREEAM

2. การพัฒนาแบบประเมินประสิทธิภาพการทำงานของอาคาร

เกณฑ์ประเมินส่วนใหญ่ถูกพัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของแผนปฏิบัติการ 21 เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (Agenda 21) อันเป็นเอกสารที่สำคัญฉบับหนึ่งของสหประชาชาติ ซึ่งได้

รับการรับรองจากการประชุม Earth Summit ที่นครริโอ เดอจาเนโร ประเทศบราซิล ในปี ค.ศ. 1992 โดยสาระสำคัญอยู่ในส่วนของการบริหารจัดการของการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ (Bunz, Henze & Tiller, 2006) ได้แก่

2.1 การใช้วัสดุท้องถิ่น

2.2 สร้างแรงจูงใจเพื่อส่งเสริมความต่อเนื่องของเทคนิคการก่อสร้างแบบดั้งเดิมโดยใช้ทรัพยากรในระดับภูมิภาคและกลยุทธ์ในการช่วยเหลือตนเอง

2.3 การรับรู้ผลของภัยพิบัติทางธรรมชาติอันเนื่องมาจากการก่อสร้างไม่ถูกต้องตามกฎหมายและการใช้งานวัสดุที่ไม่ได้มาตรฐาน รวมถึงต้องมีการปรับปรุงทั้งการใช้งาน การผลิตวัสดุและเทคนิคในการก่อสร้าง

2.4 หลักการออกแบบการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

2.5 มาตรการเพื่อกีดกันการก่อสร้างในบริเวณที่ส่งผลต่อระบบนิเวศน์

2.6 เพิ่มการใช้แรงงานในการก่อสร้างให้มากกว่าการใช้เครื่องจักรที่สิ้นเปลืองพลังงาน

2.7 การปรับโครงสร้างของสถาบันสินเชื่อเพื่อให้คนยากจนซื้อวัสดุก่อสร้างและการให้บริการได้

2.8 การแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างประเทศในกลุ่มสถาปนิกและผู้รับเหมาในทุกด้านของการก่อสร้างที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับทรัพยากรไม่หมุนเวียน (Non-renewable)

2.9 ส่งเสริมการรีไซเคิลและนำวัสดุก่อสร้างมาใช้ใหม่โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุที่ต้องใช้พลังงานในการผลิตสูง

2.10 กีดกันการใช้วัสดุที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2.11 ส่งเสริมบริษัทขนาดเล็ก

2.12 ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสะอาด

3. กรอบในการเปรียบเทียบแบบประเมินอาคาร

วงจรชีวิตของอาคาร (building life cycle) ถูกนำมาใช้เป็นกรอบในการเปรียบเทียบเกณฑ์ประเมินอาคารที่ยั่งยืน (sustainable building) โดยประยุกต์จากกรอบของ Bunz และคณะ (Bunz, Henze & Tiller, 2006) โดยแบ่งการเปรียบเทียบออกเป็นขั้นตอนตามวงจรชีวิตของอาคาร ดังนี้

3.1 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมของโครงการ (programming phase) สำหรับการพัฒนาอาคารที่ยั่งยืน เป็นขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการประชุมเบื้องต้นก่อนการออกแบบกับเจ้าของโครงการเพื่อวิเคราะห์โครงการที่คล้ายกัน การวางเป้าหมายและลักษณะของอาคารที่ยั่งยืนให้เหมาะสมกับโครงการ การตัดสินใจในช่วงเริ่มต้นของการเขียนโปรแกรมสามารถส่งผลกระทบต่อขั้นตอนการออกแบบทั้งหมด รวมถึงการก่อสร้างอาคารของโครงการ ดังนั้นการให้ความสำคัญของขั้นตอนนี้จึงมีอยู่ในแบบการประเมินของทุกประเทศที่ทำการเปรียบเทียบ

3.2 ขั้นตอนการออกแบบ (designing phase) เป็นขั้นตอนที่มีข้อกำหนดมากในการประเมินอาคารที่ยั่งยืน โดยในขั้นตอนของการออกแบบนี้จะเปรียบเทียบในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานและน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ สภาวะน่าสบายในอาคาร สถานที่ตั้งของอาคาร การใช้วัสดุและการพิจารณาถึงสภาพแวดล้อม

3.3 ขั้นตอนการก่อสร้าง (construction phase) อาคารที่ยั่งยืนครอบคลุมกระบวนการก่อสร้างที่เกิดขึ้นจริงของอาคาร การก่อสร้างอาคารจะถูกประเมินและเปรียบเทียบในเรื่องของการจัดการกับขยะ การขนส่งวัสดุก่อสร้างของอาคารและผลกระทบของการก่อสร้างที่มีต่อพื้นที่และบริเวณโดยรอบ

3.4 ขั้นตอนการใช้งานอาคาร (building operation phase) เป็นขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานของอาคาร การดำเนินการบำรุงรักษา การควบคุมและดูแลระบบต่าง ๆ ของอาคารเพื่อจะรักษาความเป็นอาคารที่ยั่งยืนให้เหมาะสมกับจุดประสงค์ของการออกแบบไว้

3.5 ขั้นตอนรื้อถอน (demolition phase) ขั้นตอนสุดท้ายของวงจรชีวิตของอาคารที่ยั่งยืน คือการรื้อถอน การออกแบบอย่างยั่งยืนมุ่งเน้นไปที่การรีไซเคิลและการบริหารจัดการกับขยะระหว่างการรื้อถอน

ข้อกำหนดต่าง ๆ ในแบบประเมินอาคารที่ยั่งยืนของแต่ละประเทศจะมีการเปรียบเทียบถึงความแตกต่างและคล้ายคลึงกัน รวมถึงการให้น้ำหนักต่อความสำคัญของผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ทรัพยากร และพลังงานตามลำดับแต่ละขั้นตอนของวงจรชีวิตของอาคาร (building life cycle) ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1 การป้องกันและลดการสูญเสียเกิดขึ้นได้หากมีเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ แบบประเมินอาคารที่ยั่งยืนเป็นอีกหนึ่งเครื่องมือที่สามารถช่วยลดผลกระทบที่เกิดขึ้นนี้ได้

ตารางที่ 1 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการดำเนินการก่อสร้าง (Attmann, 2010)

Activity	Environmental Impacts
Mining/Drilling/Extracting	- Deforestation
	- Destruction of plant and animal habitat
	- Existing settlements
	- Land erosion
	- Water pollution
Manufacturing/Assembly	- Energy consumption (impacts of producing energy)
	- Waste generation
Transportation/Distribution	- Energy consumption
	- CO_2 emission
	- Resource use (packaging)
Building	- CO_2 emission
	- Pollution and radiation from the materials and technologies (exposed to chemical and climatic activities)
	- Waste Discharge
Maintenance/Life cycle	- Energy consumption
	- CO_2 emission
	- Resource use and replacement
	- Wear and tear
	- Chemical contamination
	- Water pollution
Demolition	- Chemical contamination
	- Toxicity
	- Environmental poisons
Recycle/waste	- Landfill decomposition
	- Groundwater contamination
	- Methane gas production

4. รายละเอียดของแบบประเมินอาคารที่ยั่งยืนที่นำมาเปรียบเทียบ

แบบประเมินอาคารที่ยั่งยืนในต่างประเทศที่นำมาศึกษาเปรียบเทียบทั้งหมดเป็นของสมาชิก World Green Building Council [World GBC] และมีแบบประเมินอาคารที่ใช้อย่างเป็นทางการแล้วทั้งสิ้น ยกเว้นประเทศไทยซึ่งมิได้เป็นสมาชิกของ World GBC แบบประเมินที่ทำนำมาเปรียบเทียบในบทความนี้จะเป็นแบบประเมินสำหรับอาคารที่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่ (new construction) และการเปรียบเทียบจะอยู่บนพื้นฐานของวงจรชีวิตอาคาร (building life cycle) แบบประเมินที่มีรายชื่ออยู่ในตารางที่ 2 อาจมีความเหมือนของข้อกำหนดในหลายด้าน เพราะถูกพัฒนาขึ้นหรือได้รับความช่วยเหลือจากประเทศที่มีการใช้แบบประเมินมาก่อนหน้านี้ แต่ก็มีความแตกต่างในบางประเด็นเพราะสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่แตกต่างกันจึงต้องมีการปรับให้เหมาะสม

แบบประเมินของประเทศอังกฤษ BREEAM (Building Research Establishment Energy and Environmental Assessment Method) เป็นแบบประเมินที่ได้รับการพัฒนาโดย Building Research Establishment [BRE] (BRE Global, 2011) ในปี ค.ศ. 1990 และเป็นแบบประเมินอาคาร

แบบแรกที่เกิดขึ้น (Smith, Fischlein, Su & Huelman, 2006) ในปี ค.ศ. 2009 มีอาคารที่ถูกรับรองมากกว่า 115,000 อาคาร ซึ่งอาคารจำนวน 1,300 อาคารนั้นตั้งอยู่นอกประเทศอังกฤษ และอีก 700,000 อาคาร ได้ลงทะเบียนสำหรับการรับรองให้แบบประเมิน BREEAM เป็นโปรแกรมการประเมินอาคารบนพื้นฐานของการบริหารจัดการ การใช้พลังงาน คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร มลพิษ การขนส่ง การใช้ที่ดิน ระบบนิเวศวิทยา วัสดุ และน้ำ

แบบประเมินของประเทศสหรัฐอเมริกา LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) เป็นแบบประเมินซึ่งได้รับการพัฒนาโดย United States Green Building Council [USGBC] (2011) แบบประเมินนี้ถูกพัฒนาขึ้นภายหลัง แต่ได้รับความนิยมมากกว่า BREEAM ในประเทศไทยเองมีโครงการที่ผ่านการรับรองจาก LEED ไม่น้อยกว่า 23 โครงการ (Katharangsiporn, 2011) โดยการประเมินนี้ใช้แบบประเมินชุดเดียวกับในประเทศสหรัฐอเมริกา อาคารจะถูกประเมินจาก 6 ส่วน ได้แก่ สถานที่ตั้ง ประสิทธิภาพของการใช้น้ำ พลังงานและบรรยากาศ คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร วัสดุและทรัพยากร และความสร้างสรรค์ในการออกแบบ

แบบประเมินของประเทศญี่ปุ่น CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency) เป็นแบบประเมินที่ได้รับการพัฒนาจากหน่วยงาน Japan Sustainable Building Consortium [JSBC] (Institute for Building Environment and Energy Conservation [IBEC], 2008) แบบประเมินนี้เป็นที่นิยมในกลุ่มประเทศเอเชีย ประเทศจีนได้มีการประยุกต์ใช้ระบบประเมินนี้กับโครงการก่อสร้าง Green Olympic 2008 และประเทศสิงคโปร์ได้ประยุกต์ระบบดังกล่าวไปใช้ในการควบคุมการก่อสร้างอาคารซึ่งส่งผลให้การบริหารจัดการขยะจากการก่อสร้างมีประสิทธิภาพ (Thirakomen, 2004) แบบประเมินแบ่งหลักการประเมินเป็น 2 ภาค คือ ภาคคุณภาพ (Q - Quality) และภาคภาระ (L – Environmental Loading) (Thirakomen, 2004)

อาคารที่มีคุณภาพสูงคือ อาคารที่มีการใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อนุรักษ์พลังงาน ปลอดภัย คงทน มีคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดี มีประสิทธิภาพในการใช้งาน ก็จะคำนวณภาคคุณภาพได้ค่า Q สูง ส่วนภาคภาระควรได้ค่า L ต่ำ ซึ่งจะคำนวณมาจากการจัดการขยะของเสีย การนำเศษวัสดุกลับมาใช้ได้ การออกแบบที่เป็นมิตรกับสภาพแวดล้อมโดยรอบ ความกลมกลืนกับวัฒนธรรมท้องถิ่น การเอื้อประโยชน์กับชุมชน จากนั้นค่าตัวเลขที่ได้จะนำไปกำหนดลงบน Chart เพื่อระบุระดับมาตรฐานอาคาร

แบบประเมินของประเทศมาเลเซีย GBI (Green Building Index) (GREENBUILDINGINDEX SDN BHD, 2011) เป็นแบบประเมินที่ได้รับการพัฒนาจากสองหน่วยงานคือ Pertubuhan Akitek Malaysia [PAM] and the Association of Consulting Engineers Malaysia [ACEM] (Mun, 2009) อาคารจะได้รับการรับรองเมื่อผ่าน 6 เกณฑ์ที่สำคัญคือ ประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร การวางผังอย่างยั่งยืนและการจัดการพื้นที่ การใช้วัสดุและทรัพยากร ประสิทธิภาพในการบริหารจัดการน้ำ และนวัตกรรม

แบบประเมินของประเทศอินโดนีเซีย GREENSHIP เป็นแบบประเมินได้รับการพัฒนาจาก Green Building Council Indonesia (2011) หลักการประเมินคำนึงถึงมรดกทางวัฒนธรรมท้องถิ่นที่บูรณาการให้เข้ากับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสมัยใหม่ (Adiwoso, Prasetyoadi & Perdana, n.d.) อาคารจะถูกประเมินจาก 6 ส่วน ได้แก่ สถานที่ตั้ง การใช้และอนุรักษ์พลังงาน การอนุรักษ์น้ำ วัสดุและทรัพยากร คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร การจัดการกับสภาพแวดล้อม

แบบประเมินของประเทศสิงคโปร์ GREENMARK ได้รับการพัฒนาโดย Singapore Building Construction Authority (2010) ซึ่งเป็นที่รู้จักครั้งแรกในปี ค.ศ. 2005 และในเดือนเมษายน ในปี ค.ศ. 2008 แบบประเมินนี้ถูกบังคับใช้สำหรับอาคารใหม่ทั้งหมดและอาคารเดิมที่มีพื้นที่เกิน 2,000 ตารางเมตร เกณฑ์การประเมินครอบคลุมองค์ประกอบที่สำคัญ คือ การใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า การใช้น้ำที่มีประสิทธิภาพ การคุ้มครองสิ่งแวดล้อม คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร และองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เหมาะสม และนวัตกรรม

แบบประเมินของประเทศไทย TREES (Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability) เป็นแบบประเมินที่ได้รับการพัฒนาโดยสถาบันอาคารเขียวไทยถูกจัดตั้งขึ้นจากการร่วมมือกันระหว่างสมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์ และสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (Thai Green Building Institute [TGBI], 2010) มีเกณฑ์ในการประเมินอาคารอยู่ 8 หมวดด้วยกัน คือ การบริหารจัดการอาคาร ผังบริเวณและภูมิทัศน์ การอนุรักษ์น้ำ การใช้พลังงานและบรรยากาศ วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และนวัตกรรม

5. การเปรียบเทียบแบบประเมิน

ตารางที่ 2 แสดงข้อกำหนดต่าง ๆ ในการประเมินอาคารที่ยั่งยืนของแต่ละประเทศที่นำมาเปรียบเทียบ โดยแยกตามขั้นตอนในวงจรชีวิตอาคาร (building life cycle) ที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้น คือ ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมของโครงการ (programming phase) ขั้นตอนการออกแบบ (designing phase) ขั้นตอนการก่อสร้าง (construction phase) ขั้นตอนการใช้งานอาคาร (building operation phase) และขั้นตอนรื้อถอน (demolition phase) โดยการเปรียบเทียบนี้จะสามารถสังเกตรายละเอียดของข้อกำหนดการประเมินอาคารที่มีความเหมือนและความแตกต่าง

รายละเอียดในการให้คะแนนหรือการให้น้ำหนักความสำคัญในบางประเด็นของแต่ละประเทศก็มีความใกล้เคียงกันและบางประเด็นก็ต่างกันอย่างชัดเจน ดังจะเห็นได้จากตารางที่ 3 ที่แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนคะแนนของเกณฑ์ประเมินอาคารที่ยั่งยืน และแผนภูมิที่ 1 ถึง 7 แสดงสัดส่วนของการให้ความสำคัญแก่การลดผลกระทบของอาคารที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ทรัพยากร และพลังงานของแบบประเมินอาคารที่ยั่งยืนของประเทศต่าง ๆ

5.1 ขั้นตอนการเขียนโปรแกรมของโครงการ (programming phase) มีการกล่าวถึงในรายละเอียดน้อยมาก เกณฑ์ประเมินส่วนใหญ่แนะนำให้มีทีมงานออกแบบที่ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์เรื่องข้อกำหนดของอาคารที่ยั่งยืน ส่วนของประเทศอังกฤษไม่ได้มีการกำหนดอย่างชัดเจนเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมของผู้ชำนาญการ เกณฑ์ประเมินของประเทศญี่ปุ่น CASBEE อยู่ในขั้นตอนของการพัฒนารายละเอียดเพื่อเป็นแบบประเมินแยกออกจากแบบประเมินอาคารหลัก ในส่วนของประเทศไทยกำหนดให้เป็นข้อบังคับเรื่องของการเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียวหรืออาคารที่ยั่งยืน คือต้องมีคณะผู้ออกแบบหรือที่ปรึกษาที่มีความรู้ความสามารถเข้ามาวางแนวทางในการพัฒนาโครงการให้เป็นไปตามข้อกำหนด

5.2 ขั้นตอนการออกแบบ (designing phase) เป็นขั้นที่ทุกแบบประเมินมีรายละเอียดมากมายเพื่อเปรียบเทียบข้อกำหนดต่าง ๆ อย่างชัดเจน ขั้นตอนการออกแบบจะแบ่งออกเป็นหัวข้อตามข้อกำหนด ดังนี้ ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (site and landscape) การใช้พลังงานและบรรยากาศ (energy and atmosphere) การอนุรักษ์น้ำ (water conservation) วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (materials and resources) คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (indoor environmental quality)

5.2.1 ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (site and landscape) เป็นหัวใจหลักของการพัฒนาโครงการและเกณฑ์การประเมินของทุกประเทศให้ความสำคัญเกี่ยวกับการเลือกสถานที่ตั้ง โดยส่วนใหญ่เน้นการเลือกที่ตั้งที่ไม่กระทบต่อสภาพแวดล้อม การพิจารณาเกี่ยวกับการพัฒนาบนพื้นที่ปนเปื้อน (brownfield) การดำเนินการหรือส่งเสริมให้ใช้ระบบการขนส่งมวลชน การเข้าถึงอาคาร การบริหารจัดการน้ำ การลดผลกระทบจากการถ่ายเทความร้อนของอาคารออกสู่สภาพแวดล้อมโดยรอบ การออกแบบเพื่อลดภาวะโลกร้อน ส่วนใหญ่มีความคล้ายคลึงกันมาก ในส่วนของข้อกำหนดที่แตกต่างก็คือ ข้อกำหนดของประเทศญี่ปุ่นที่ให้ความสำคัญกับการออกแบบที่คำนึงถึงลักษณะท้องถิ่นและวัฒนธรรม

5.2.2 การใช้พลังงานและบรรยากาศ (energy and atmosphere) ทุกข้อกำหนดเน้นการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้พลังงานทดแทน การเลือกใช้อุปกรณ์ที่ช่วยในการประหยัดพลังงาน เช่น การใช้ระบบขนส่งแนวตั้ง หรือระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพ เป็นต้น

5.2.3 การอนุรักษ์น้ำ (water conservation) การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ การออกแบบเพื่อการอนุรักษ์น้ำเป็นข้อกำหนดหลักของการประเมินของทุกประเทศ การลดการใช้น้ำเพื่อการดูแลสวน การลดการสูญเสียน้ำโดยการใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ การกักเก็บน้ำฝน และการใช้น้ำหมุนเวียน (gray water) โดยรวมแล้วในเรื่องการอนุรักษ์น้ำไม่มีความแตกต่างกันมากในข้อกำหนดของแต่ละประเทศ

5.2.4 วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (materials and resources) ซึ่งข้อกำหนดส่วนใหญ่กล่าวถึงการใช้วัสดุรีไซเคิล การนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงการออกแบบโดยเก็บโครงสร้างอาคารเดิมไว้ การใช้ไม้จากป่าที่มีการบริหารจัดการ แบบประเมิน GREENSHIP ของประเทศอินโดนีเซียกล่าวถึงการก่อสร้างแบบ Modular เพื่อลดขยะจากการก่อสร้าง

5.2.5 คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (indoor environmental quality) ทุกประเทศให้ความสำคัญของข้อกำหนดนี้มากดังแสดงในตารางที่ 2 โดยส่วนใหญ่จะเน้นการระบายอากาศที่เพียงพอ สภาวะน่าสบาย การใช้แสงธรรมชาติ การเลือกใช้วัสดุที่ไม่ก่อมลพิษ การควบคุมเสียง การวัดและควบคุมระดับคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนในแบบประเมิน LEED และ GBI มีข้อกำหนดของการควบคุมการสูบบุหรี่

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบแบบประเมินอาคารที่ยั่งยืน (ดัดแปลงจาก Bunz, Henze & Tiller, 2006)

ขั้นตอน Phase	ประเทศอังกฤษ **BREEAM** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; BRE Global, 2011)	ประเทศสหรัฐอเมริกา **LEED** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; USGBC, 2011)	ประเทศญี่ปุ่น **CASBEE** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; IBEC, 2008; Thirakomen, 2004)	ประเทศมาเลเซีย **GIB** (GREEN BUILDING INDEX SDN BHD, 2011)	ประเทศอินโดนีเซีย **GREENSHIP** (Green Building Council Indonesia, 2011)	ประเทศสิงคโปร์ **GREEN MARK** (Building and Construction Authority, 2010)	ประเทศไทย **TREES** (Thai Green Building Institute [TGBI], 2010)
Programming Phase	◎ Stakeholder participation ◎ Service life planning and costing	◎ LEED Accredited Professional	Pre-design assessment (Underdevelopment)	◎ Green Building Index Accredited Facilitator	◎ GP as a Member of The Project Team	◎ Project team comprises Certified Green Mark ◎ Manager (GMM), Green Mark Facilities Manager ◎ (GMFM) and Green Mark Professional (GMP).	◎ การเตรียมความพร้อมความเป็นอาคารเขียว
Design Phase	**Land use and ecology**	**Sustainable Sites**	**สภาพแวดล้อมรอบอาคาร (Outdoor Environment on Site)**	**Sustainable Site Planing & Management**	**Appropriate Site Development**		**ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and Landscape)**
	◆ Site selection	◆ Construction Activity Pollution Prevention Required	◆ การดูแลรักษาและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Maintenance and Creation of Ecosystem)	◆ Site Selection	◆ Basic Green Area		◆ การหลีกเลี่ยงที่ตั้งที่ไม่เหมาะกับการสร้างอาคาร
	◆ Ecological value of site / protection of ecological features	◆ Site Selection	◆ ภูมิสถาปัตยกรรม (Townscape and Landscape)	◆ Brownfield Redevelopment	◆ Site Selection		◆ การลดผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีความสมบูรณ์ทางธรรมชาติ
	◆ Mitigating ecological impact	◆ Development Density and Community Connectivity	◆ ลักษณะท้องถิ่นและวัฒนธรรม (Local Characteristics and Culture)	◆ Development Density & Community Connectivity	◆ Community Accessibility		● การพัฒนาโครงการบนพื้นที่ที่เคยมีการใช้งานมาแล้ว
	◆ Enhancing site ecology	◆ Brownfield Redevelopment		◆ Environment Management	◆ Public Transportation		◆ การลดการใช้รถยนต์ส่วนตัว ระยะห่างจากระบบขนส่งมวลชนไม่เกิน 500 เมตร
	◆ Long term impact on biodiversity	◆ Alternative Transportation		◆ Earthworks - Construction Activity Pollution Control	◆ Bicycle		◆ การพัฒนาผังพื้นที่โครงการที่ยั่งยืน
	Transport	◆ Site Development		◆ QLASSIC	◆ Site Landscaping		◆ การซึมน้ำและลดปัญหาน้ำท่วม : มีพื้นที่น้ำซึมผ่านลงดินไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของพื้นที่โครงการ
	◆ Public transport accessibility	◆ Stormwater Design		◆ Workers' Site Amenities	◆ Micro Climate		◆ การลดปัญหาโลกร้อนจากการพัฒนาโครงการ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบแบบประเมินอาคารที่ยั่งยืน (ดัดแปลงจาก Bunz, Henze & Tiller, 2006) (ต่อ)

ขั้นตอน Phase	ประเทศอังกฤษ **BREEAM** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; BRE Global, 2011)	ประเทศสหรัฐอเมริกา **LEED** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; USGBC, 2011)	ประเทศญี่ปุ่น **CASBEE** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; IBEC, 2008; Thirakomen, 2004)	ประเทศมาเลเซีย **GIB** (GREEN BUILDING INDEX SDN BHD, 2011)	ประเทศอินโดนีเซีย **GREENSHIP** (Green Building Council Indonesia, 2011)	ประเทศสิงคโปร์ **GREEN MARK** (Building and Construction Authority, 2010)	ประเทศไทย **TREES** (Thai Green Building Institute [TGBI], 2010)
Design Phase	◆ Cyclist amenities	◆ Heat Island Effect		◆ Public Transportation Access	◆ Storm Water Management		
	◆ Maximum car parking capacity	◆ Light Pollution Reduction		◆ Green Vehicle Priority			
	◆ Travel plan			◆ Parking Capacity			
				◆ Stormwater Design – Quantity & Quality Control			
				◆ Greenery & Roof			
				Building User Manual			
	Energy	**Energy and Atmosphere**	**พลังงาน (Energy)**	**Energy Efficiency**	**Energy Efficiency and Conservation**	**Energy Efficiency**	**การใช้พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere)**
	▶ Reduction of CO2 emissions	▶ Fundamental Commissioning of Building Energy Systems	▶ ภาระการทำความเย็น (Building Thermal Load)	▶ Lighting Zoning	▶ Electrical Sub Metering	▶ Thermal Performance of Building Envelope - ETTV	▶ การประกันคุณภาพอาคาร: มีแผนการตรวจสอบและปรับแต่งระบบอย่างต่อเนื่องโดยบุคคลที่ 3
	▶ Energy monitoring	▶ Minimum Energy Performance	▶ การใช้พลังงานจากธรรมชาติ (Natural Energy Utilization)	▶ Electrical Sub-metering	▶ OTTV Calculation	▶ Air-Conditioning System	▶ การตรวจสอบเพื่อยืนยันการประหยัดพลังงาน: มีแผนการตรวจสอบและทดสอบ
	▶ Energy efficient external lighting	▶ Fundamental Refrigerant Management	▶ ประสิทธิภาพของระบบวิศวกรรม (Efficiency in Building Systems)	▶ Renewable Energy	▶ Energy Efficiency Measure	▶ Building Envelope – Design/Thermal Parameter	▶ ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
	▶ Low or zero carbon technologies	▶ Optimize Energy Performance	▶ ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Efficient Operation)	▶ Advanced EE Performance	▶ Natural Lighting	▶ Natural Ventilation / Mechanical Ventilation	▶ สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ
	▶ Energy efficient cold storage	▶ On-site Renewable Energy		▶ Enhanced Commissioning	▶ Ventilation	▶ Daylighting	▶ การใช้พลังงานทดแทน

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบแบบประเมินอาคารที่ยั่งยืน (ดัดแปลงจาก Bunz, Henze & Tiller, 2006) (ต่อ)

ขั้นตอน Phase	ประเทศอังกฤษ **BREEAM** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; BRE Global, 2011)	ประเทศสหรัฐอเมริกา **LEED** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; USGBC, 2011)	ประเทศญี่ปุ่น **CASBEE** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; IBEC, 2008; Thirakomen, 2004)	ประเทศมาเลเซีย **GIB** (GREEN BUILDING INDEX SDN BHD, 2011)	ประเทศอินโดนีเซีย **GREENSHIP** (Green Building Council Indonesia, 2011)	ประเทศสิงคโปร์ **GREEN MARK** (Building and Construction Authority, 2010)	ประเทศไทย **TREES** (Thai Green Building Institute [TGBI], 2010)
Design Phase	▶ Energy efficient transportation systems ▶ Energy efficient laboratory systems ▶ Energy efficient equipment (process) ▶ Drying space	▶ Enhanced Commissioning ▶ Enhanced Refrigerant Management ▶ Measurement and Verification ▶ Green Power		▶ Post Occupancy Commissioning ▶ EE Verification ▶ Sustainable Maintenance	▶ Climate Change Impact ▶ On Site Renewable Energy	▶ Artificial Lighting ▶ Ventilation in Carparks ▶ Ventilation in Common Areas ▶ Lifts and Escalators ▶ Energy Efficient Practices & Features ▶ Renewable Energy	
	Water	**Water Efficiency**	**ทรัพยากรและวัสดุ (Resources and Materials)**	**Water Efficiency**	**Water Conservation**	**Water Efficiency**	**การอนุรักษ์น้ำ (Water Conservation)**
	● Water consumption ● Water monitoring ● Water leak detection and prevention ● Water efficient equipment (process)	● Water Use Reduction ● Water Efficient Landscaping ● Innovative Wastewater Technologies ● Water Use Reduction	● การประหยัดน้ำ (Water Saving) ◈ การพิจารณานำน้ำฝนและน้ำทิ้งมาใช้ให้เป็นประโยชน์ (Utilization of Rain Water and Gray Water)	● Rainwater Harvesting ● Water Recycling ● Water Efficient - Irrigation/Landscaping ● Water Efficient Fittings ● Metering & Leak Detection System	● Water Metering ● Water Use Reduction ● Water Fixtures ● Water Recycling ● Alternative Water Resource ● Rainwater Harvesting ● Water Efficiency Landscaping	● Water Efficient Fittings ● Water Usage and Leak Detection ● Irrigation System and Landscaping ● Water Consumption of Cooling Towers	● การประหยัดน้ำและการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบแบบประเมินอาคารที่ยั่งยืน (ดัดแปลงจาก Bunz, Henze & Tiller, 2006) (ต่อ)

ขั้นตอน Phase	ประเทศอังกฤษ **BREEAM** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; BRE Global, 2011)	ประเทศสหรัฐอเมริกา **LEED** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; USGBC, 2011)	ประเทศญี่ปุ่น **CASBEE** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; IBEC, 2008; Thirakomen, 2004)	ประเทศมาเลเซีย **GIB** (GREEN BUILDING INDEX SDN BHD, 2011)	ประเทศอินโดนีเซีย **GREENSHIP** (Green Building Council Indonesia, 2011)	ประเทศสิงคโปร์ **GREEN MARK** (Building and Construction Authority, 2010)	ประเทศไทย **TREES** (Thai Green Building Institute [TGBI], 2010)
Design Phase	**Materials**	**Materials and Resources**	**ทรัพยากรและวัสดุ (Resources and Materials)**	**Materials & Resources**	**Material Resource and Cycle**		**วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (Materials and Resources)**
	◆ Hard landscaping and boundary protection	● Building Reuse	◆ การหลีกเลี่ยงการใช้สาร CFCs และ Halons (Avoidance of CFCs and Halons)	◆ Refrigerants & Clean Agents	◆ Fundamental Refrigerant		◆ วัสดุที่ผลิตหรือมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ
	● Responsible sourcing of materials	● Materials Reuse	● การนำเศษวัสดุกลับมาใช้ (Use of Recycled Material)	● Materials Reuse and Selection	◆ Non ODS Usage		● การเลือกใช้วัสดุใช้แล้ว
	◆ Insulation	● Recycled Content	● การใช้ไม้เป็นวัสดุธรรมชาติ (Use of Wood as Natural Materials)	● Sustainable Timber	● Building and Material Reuse		● การเลือกใช้วัสดุรีไซเคิล
	● Designing for robustness	● Rapidly Renewable Materials	◆ การควบคุมการใช้วัสดุอันตราย (Use of Hazardous Materials)		◆ Environmentally Friendly Processed Product		
		● Certified Wood	● การใช้โครงสร้างอาคารเดิม (Reuse of Existing Skeleton)		● Certified Wood		
					● Modular Design		
	Health and wellbeing	**Indoor Environmental Quality**	**สภาพแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environment)**	**Indor Environmental Quality**	**Indoor Health and Comfort**	**Indoor Environmental Quality**	**คุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environmental Quality)**
	◆ Visual comfort	◆ Minimum Indoor Air Quality Performance	◆ การควบคุมเสียงดัง (Noise and Acoustic)	◆ Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control	◆ Outdoor Air Introduction	◆ Thermal Comfort	▶ ความส่องสว่างภายในอาคาร
	◆ Indoor air quality	◆ Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control	◆ ภาวะอากาศน่าสบาย (Thermal Comfort)	◆ Carbon Dioxide Monitoring and Control	◆ CO2 Monitoring	◆ Noise Level	▶ ปริมาณการระบายอากาศภายในอาคาร

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบแบบประเมินอาคารที่ยั่งยืน (ดัดแปลงจาก Bunz, Henze & Tiller, 2006) (ต่อ)

ขั้นตอน Phase	ประเทศอังกฤษ **BREEAM** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; BRE Global, 2011)	ประเทศสหรัฐอเมริกา **LEED** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; USGBC, 2011)	ประเทศญี่ปุ่น **CASBEE** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; IBEC, 2008; Thirakomen, 2004)	ประเทศมาเลเซีย **GIB** (GREEN BUILDING INDEX SDN BHD, 2011)	ประเทศอินโดนีเซีย **GREENSHIP** (Green Building Council Indonesia, 2011)	ประเทศสิงคโปร์ **GREEN MARK** (Building and Construction Authority, 2010)	ประเทศไทย **TREES** (Thai Green Building Institute [TGBI], 2010)
Design Phase	◆ Thermal comfort	◆ Outdoor Air Delivery Monitoring	▶ การให้แสงสว่าง (Lighting and Illumination)	◆ Indoor Air Pollutants	◆ Environmental Tobacco Smoke Control	◆ Indoor Air Pollutants	▶ สภาวะน่าสบาย
	◆ Water quality	◆ Increased Ventilation	◆ คุณภาพอากาศ (Air Quality)	◆ Mould Prevention	◆ Chemical Pollutants	◆ Indoor Air Quality (IAQ) Management	◆ การลดผลกระทบมลภาวะ
	◆ Acoustic performance	◆ Construction Indoor Air Quality Management Plan		◆ Thermal Comfort: Design & Controllability of Systems	◆ Outside View	◆ High Frequency Ballasts	◆ การเลือกใช้วัสดุที่ไม่ก่อมลพิษ
	◆ Safety and security	◆ Low-Emitting Materials		◆ Air Change Effectiveness	◆ Visual Comfort		▶ การควบคุมแสงสว่างภายในอาคาร
		◆ Indoor Chemical and Pollutant Source Control		▶ Daylighting	◆ Thermal Comfort		
		◆ Light and Thermal Controllability of Systems		▶ Daylight Glare Control	◆ Acoustic Level		
		◆ Thermal Comfort		▶ Electric Lighting Levels			
		◆ Daylight and Views		▶ High Frequency Ballasts			
				◆ External Views			
				◆ Internal Noise Levels			
	Management		**คุณภาพการให้บริการ (Quality of Services)**		**Building Environmental Management**	**Environmental Protection**	**การบริหารจัดการอาคาร (Building Management)**
	◎ Sustainable procurement		● ความสามารถในการบริการ (Service Ability)		▶ Proper Commissioning	◆ Greenery Provision	◆ การประชาสัมพันธ์สู่สังคม
	◎ Responsible construction practices		● ความคงทน (Durability)			◆ Environmental Management Practice	▶ คู่มือและการฝึกอบรมแนะนำการใช้งานและบำรุงรักษาอาคาร
			● ความยืดหยุ่นและการปรับการใช้ (Flexibility and Adaptability)			◆ Green Transport	
						▶ Refrigerants	
						◆ Stormwater Management	

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบแบบประเมินอาคารที่ยั่งยืน (ดัดแปลงจาก Bunz, Henze & Tiller, 2006) (ต่อ)

ขั้นตอน Phase	ประเทศอังกฤษ **BREEAM** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; BRE Global, 2011)	ประเทศสหรัฐอเมริกา **LEED** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; USGBC, 2011)	ประเทศญี่ปุ่น **CASBEE** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; IBEC, 2008; Thirakomen, 2004)	ประเทศมาเลเซีย **GIB** (GREEN BUILDING INDEX SDN BHD, 2011)	ประเทศอินโดนีเซีย **GREENSHIP** (Green Building Council Indonesia, 2011)	ประเทศสิงคโปร์ **GREEN MARK** (Building and Construction Authority, 2010)	ประเทศไทย **TREES** (Thai Green Building Institute [TGBI], 2010)
Design Phase	**Pollution** ◆ Impact of refrigerants ◆ NOx emissions from heating/cooling source ◆ Surface water run-off ◆ Reduction of night time light pollution ◆ Noise attenuation	**Innovation in Design** ◎ Innovation in Design & Environmental Design Initiatives	**สภาพแวดล้อมภายนอกโครงการ (Off-Site Environment)** ◆ มลภาวะทางอากาศ น้ำ และดิน (Air, Water & Soil Pollution) ◆ เสียงและกลิ่นรบกวน (Noise and Offensive Odors) ◆ ลม (Wind Damage) ◆ แสงสว่าง (Light Damage) ◆ การสะสมความร้อน (Heat Island Effect)	**Innovation** ◎ Innovation in Design & Environmental Design Initiatives			**การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection)** ◆ การบริหารจัดการขยะ: การเตรียมพื้นที่แยกขยะ ◆ ใช้สารทำความเย็นที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยในระบบดับเพลิง ◆ มีระบบกำจัดกลิ่น ควันจากครัว หรือห้องปฏิบัติการ ◆ วางตำแหน่งเครื่องระบายความร้อนที่ไม่สร้างความเดือดร้อนรำคาญต่อสภาพแวดล้อมใกล้เคียงอาคาร ▶ ใช้กระจกภายนอกอาคาร ที่สะท้อนรังสีไม่เกินร้อยละ 10 ◆ การควบคุมโรคที่เกี่ยวข้องกับอาคาร ◆ ติดตั้งมาตรวัดไฟที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสีย **นวัตกรรม (Green Innovation)**
Construction Phase	**Materials** ● Life cycle impacts	**Materials and Resources** ◆ Storage and Collection of Recyclables ◆ Construction Waste ● Regional Materials	**ทรัพยากรและวัสดุ (Resources and Materials)** ◆ การควบคุมขยะ (Waste Disposal)	**Materials & Resources** ● Recycled Content Materials ● Regional Materials ● Storage & Collection of ◆ Construction Waste Management	**Material Resource and Cycle** ● Regional Material	**Environmental Protection** ● Sustainable Construction ● Sustainable Products	**วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (Materials and Resources)** ● การใช้วัสดุที่ผลิตในประเทศ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบแบบประเมินอาคารที่ยั่งยืน (ดัดแปลงจาก Bunz, Henze & Tiller, 2006) (ต่อ)

ขั้นตอน Phase	ประเทศอังกฤษ **BREEAM** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; BRE Global, 2011)	ประเทศสหรัฐอเมริกา **LEED** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; USGBC, 2011)	ประเทศญี่ปุ่น **CASBEE** (Bunz, Henze & Tiller, 2006; IBEC, 2008; Thirakomen, 2004)	ประเทศมาเลเซีย **GIB** (GREEN BUILDING INDEX SDN BHD, 2011)	ประเทศอินโดนีเซีย **GREENSHIP** (Green Building Council Indonesia, 2011)	ประเทศสิงคโปร์ **GREEN MARK** (Building and Construction Authority, 2010)	ประเทศไทย **TREES** (Thai Green Building Institute [TGBI], 2010)
Construction Phase	**Transport** ● Proximity to amenities **Waste** ◆ Construction waste ◆ Recycled aggregate ◆ Operational waste ● Speculative floor and ceiling finishes **Management** ● Construction site impacts				**Building Environmental Management** ◆ Basic Waste Management ◆ Pollution of Construction ◆ Advance Waste		**การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection)** ◆ การลดมลพิษจากการก่อสร้าง
Building operation phase				**Indor Environmental Quality** ◆ IAQ Before & During Occupancy ◆ Post Occupancy Comfort	**Building Environmental Management** ◆ Submission Implementation Green Building Data for Database ● Fit Out Guide ◎ Occupant Survey		**การบริหารจัดการอาคาร (Building Management)** ◎ การติดตามประเมินผลขณะออกแบบ ก่อสร้างและเมื่ออาคารแล้วเสร็จ
Demolition phase							

สัญลักษณ์
◎ ข้อกำหนดทั่วไป
● ข้อกำหนดที่มีผลต่อการใช้ทรัพยากร
◆ ข้อกำหนดที่มีผลต่อการรักษาสภาพแวดล้อม
▶ ข้อกำหนดที่มีผลต่อการใช้พลังงาน

5.3 ขั้นตอนการก่อสร้าง (construction phase) ในแบบประเมินอาคารส่วนใหญ่กล่าวถึงการบริหารจัดการกับขยะที่เกิดขึ้นในสถานที่ก่อสร้าง การคัดแยกขยะ การขนส่งวัสดุก่อสร้าง และการป้องกันผลกระทบของการก่อสร้างที่มีต่อสภาพแวดล้อม

5.4 ขั้นตอนการใช้งานอาคาร (building operation phase) จากคู่มือในการประเมินอาคารที่ยั่งยืนของประเทศต่าง ๆ ที่นำมาเปรียบเทียบมีเพียงสามประเทศ ได้แก่ ประเทศมาเลเซีย ประเทศอินโดนีเซีย และประเทศไทยที่มีการกล่าวถึงการติดตามผลของอาคารที่สร้างเสร็จ

5.5 ขั้นตอนการรื้อถอน (demolition phase) ไม่มีแบบประเมินใดเลยที่กล่าวถึงขั้นตอนของการรื้อถอนอาคาร

ตารางที่ 3 และแผนภูมิที่ 1 ถึง 7 แสดงให้เห็นว่าการให้ค่าความสำคัญในแต่ละข้อกำหนดของแต่ละประเทศมีความแตกต่างกันถึงแม้ว่าจะกล่าวถึงความต้องการในเรื่องเดียวกันก็ตาม

การใช้ประโยชน์ที่ดินในเกณฑ์ของประเทศสหรัฐอเมริกาจะให้ความสำคัญสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ของประเทศอังกฤษ ประเทศในกลุ่มอาเซียนให้ความสำคัญในเรื่องนี้ใกล้เคียงกันยกเว้นประเทศสิงคโปร์ ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่าข้อกำหนดในส่วนนี้อยู่ภายใต้กฎหมายควบคุมอาคารหรือกฎหมายผังเมืองที่ถูกบังคับใช้อยู่แล้ว ส่วนประเทศญี่ปุ่นไม่ได้ให้ความสำคัญในเรื่องการใช้ประโยชน์ที่ดินเลยแต่กลับเน้นในเรื่องของผลกระทบของอาคารที่มีต่อสภาพแวดล้อม การให้ค่าความสำคัญของสภาวะอยู่สบายภายในอาคารของประเทศมาเลเซียและประเทศญี่ปุ่นให้สูงกว่าประเทศอื่น ๆ ในทางกลับกันประเทศสิงคโปร์ให้ความสำคัญน้อยมากแต่กลับให้ความสำคัญของการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงมากเมื่อเทียบกับข้อกำหนดอื่น ๆ ประเทศอินโดนีเซียให้ความสำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำสูงกว่าประเทศอื่น การให้ค่าความสำคัญของการเลือกใช้วัสดุและทรัพยากร ในประเทศส่วนใหญ่ใกล้เคียงกันยกเว้นประเทศสิงคโปร์ ส่วนประเทศอังกฤษเป็นเพียงประเทศเดียวที่แยกหัวข้อเรื่องขยะหรือของเสียจากการก่อสร้างออกมาอย่างชัดเจน ประเทศเดียวที่ให้ค่าความสำคัญต่อการออกแบบเพื่อรองรับการบำรุงรักษาและการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้งานของอาคารในอนาคตคือประเทศญี่ปุ่น

6. สรุป

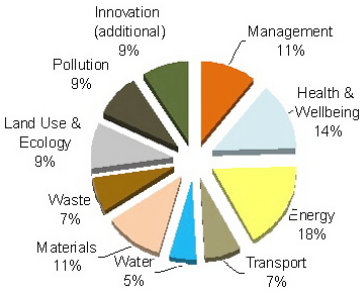
อาคารที่ยั่งยืนเป็นผลของการออกแบบที่มุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ทรัพยากร เช่น พลังงาน น้ำ และวัสดุ และลดผลกระทบของอาคารต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมตลอดจนวงจรชีวิตของอาคาร (building life cycle) (การวางแผน การออกแบบ การก่อสร้าง การดำเนินงาน การบำรุงรักษา และการรื้อ) เกณฑ์ประเมินอาคารจึงเสมือนแผนที่ (road map) ที่จะทำให้บรรลุวัตถุประสงค์ของอาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม จากการเปรียบเทียบเกณฑ์ประเมินอาคารที่ยั่งยืนในแต่ละประเทศ (ตารางที่ 2) แสดงถึงผลที่คาดว่าจะได้รับหลังจากการทำตามข้อกำหนดดังกล่าว การได้มาซึ่งผลนี้ได้พิจารณาถึงเนื้อหาและวัตถุ-ประสงค์ของข้อกำหนดที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าน้ำหนักหรือคะแนนที่ระบุ สามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มด้วยกันคือ

1. การทำตามข้อกำหนดที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (environment)
2. การทำตามข้อกำหนดที่มีผลกระทบต่อการใช้ทรัพยากร (natural resource)
3. การทำตามข้อกำหนดที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงาน (energy)

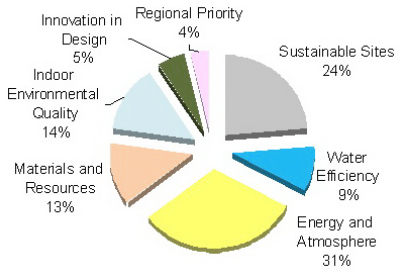
กลุ่มข้อกำหนดที่มีค่าคะแนนรวมสูงสุดคือ กลุ่มที่เมื่อปฏิบัติแล้วมีผลต่อการใช้พลังงานในช่วงการใช้งานอาคาร รองลงมาคือ กลุ่มที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมไม่ว่าจะเป็นทางตรงหรือทางอ้อม และกลุ่มที่มีค่าคะแนนรวมต่ำสุดคือกลุ่มที่เมื่อปฏิบัติแล้วมีผลกระทบต่อทรัพยากรหรือวัสดุที่มาใช้ในการก่อสร้าง ซึ่งมูลค่าของวัสดุก่อสร้าง คิดเป็นร้อยละ 50–60 ของมูลค่าโครงการ (Ibn-Homaid, 2002) และมากกว่าร้อยละ 50 ของวัสดุในงานก่อสร้างมาจากธรรมชาติ (European commission) แต่แบบประเมินอาคารที่ยั่งยืนให้ความสำคัญต่อการป้องกันและลดความสูญเสียของทรัพยากรน้อยที่สุด เมื่อพิจารณาถึงข้อกำหนดในเกณฑ์ประเมินของประเทศต่าง ๆ รวมถึงประเทศไทยจะเห็นได้ว่าข้อกำหนดที่มีผลกระทบหรือเกี่ยวเนื่องกับสิ่งแวดล้อมและพลังงานเป็นไปในเชิงป้องกันไม่ให้เกิดขึ้น (proactive measure) เช่น การป้องกันการคายความร้อน

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบสัดส่วนคะแนนของเกณฑ์ประเมินอาคารที่ยั่งยืน

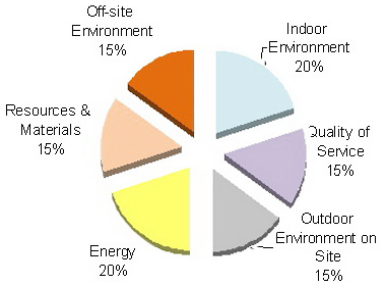
ประเทศอังกฤษ **BREEAM** (BRE Global, 2011)	ประเทศสหรัฐอเมริกา **LEED** (USGBC, 2011)	ประเทศญี่ปุ่น **CASBEE** (IBEC, 2008)	ประเทศมาเลเซีย **GIB** (GREEN BUILDING INDEX SDN BHD, 2011)	ประเทศอินโดนีเซีย **GREENSHIP** (Green Building Council Indonesia, 2011)	ประเทศสิงคโปร์ **GREEN MARK** (Building and Construction Authority, 2010)	ประเทศไทย **TREES** (Thai Green Building Institute [TGBI], 2010)
น้ำหนักสัดส่วน	น้ำหนักสัดส่วน	น้ำหนักสัดส่วน	น้ำหนักสัดส่วน	น้ำหนักสัดส่วน	น้ำหนักสัดส่วน	น้ำหนักสัดส่วน
%	%	%	%	%	%	%
11% Management	24% Sustainable Sites	20% Indoor Environment	35% Energy Efficiency	17% Appropriate Site Development	61% Energy Efficiency	5% Building Management
14% Health & Wellbeing	9% Water Efficiency	15% Quality of Service	21% Indoor Environmental Quality	26% Energy Efficiency and Conservation	9% Water Efficiency	16% Site and Landscape
17% Energy	32% Energy and Atmosphere	15% Outdoor Environment on Site	16% Sustainable Site Planning & Management	21% Water Conservation	22% Environmental Protection	10% Water Conservation
7% Transport	13% Materials and Resources	20% Energy	11% Materials & Resources	14% Material Resource and Cycle	4% Indoor Environmental Quality	32% Energy and Atmosphere
5% Water	14% Indoor Environmental Quality	15% Resources & Materials	10% Water Effenciency	10% Indoor Health and Comfort	4% Green Features & Innovations	11% Materials and Resources
11% Materials	5% Innovation in Design	15% Off-site Environment	7% Innovation	13% Building Environmental Management		11% Indoor Environmental Quality
7% Waste	4% Regional Priority					10% Environmental Protection
9% Land Use & Ecology						5% Green Innovation
9% Pollution						
9% Innovation (additional)						
100% **Total**	100% **Total**	100% **Total**	100% **Total**	100% **Total**	100% **Total**	100% **Total**



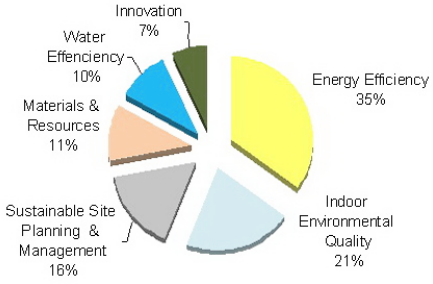
แผนภูมิที่ 1 BREEAM (BRE Global, 2011)



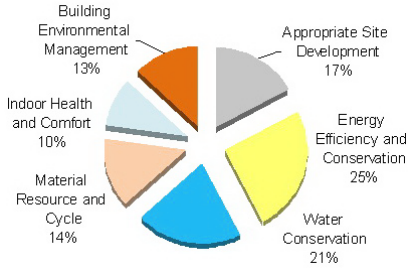
แผนภูมิที่ 2 LEED (USGBC, 2011)



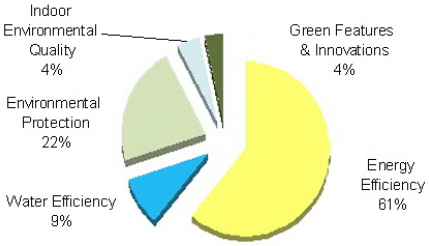
แผนภูมิที่ 3 CASBEE (IBEC, 2008)



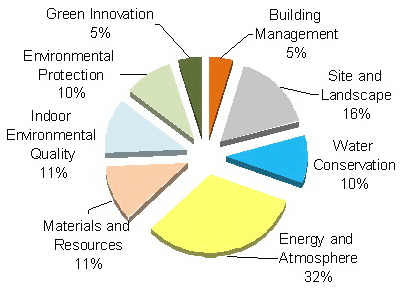
แผนภูมิที่ 4 GBI (GREEN BUILDING INDEX SDN BHD, 2011)



แผนภูมิที่ 5 GREENSHIP (Green Building Council Indonesia, 2011)



แผนภูมิที่ 6 GREENMARK (Building and Construction Authority, 2010)



แผนภูมิที่ 7 TREES (Thai Green Building Institute [TGBI], 2010)

แผนภูมิที่ 1-7 สัดส่วนของการให้ความสำคัญแก่การลดผลกระทบของอาคารที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ทรัพยากร และพลังงานของแบบประเมินอาคารที่ยั่งยืนของประเทศต่าง ๆ

ของอาคารออกสู่สภาพแวดล้อม การใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพเพื่อลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า การใช้ระบบขนส่งแนวตั้งและระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพ แต่ในทางกลับกันข้อกำหนดที่มีผลกระทบกับการใช้ทรัพยากรหรือวัสดุกลับเป็นไปในเชิงตอบสนองกับสิ่งที่เกิดขึ้น (reactive measure) ส่วนที่เห็นได้ชัดคือ ข้อกำหนดที่ให้มีการบริหารจัดการขยะที่เกิดขึ้นในสถานที่ก่อสร้างและการคัดแยกขยะ แต่อันที่จริงแล้วการลดผลกระทบที่มีต่อทรัพยากรสามารถทำได้ในช่วงของการออกแบบ ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบที่คำนึงถึงขนาดของวัสดุที่เลือกใช้หรือลดความหลากหลายของรูปแบบเพื่อป้องกันความสูญเสีย (Kittiwararat & Lertwattanaruk, 2012)

เพราะเหตุใดแบบประเมินถึงให้ค่าความสำคัญของการลดความสูญเสียทรัพยากรในการก่อสร้างน้อย หรือด้วยเหตุว่าไม่มีเครื่องมือหรือขาดแนวคิดที่สามารถวัดค่าการลดความสูญเสียได้ เมื่อพิจารณาถึงวงจรชีวิตของอาคาร (building life cycle) การใช้วัสดุทั้งหมดอยู่ในช่วงของการก่อสร้างซึ่งมีปัจจัยหลายอย่างที่ยากแก่การควบคุมและตรวจสอบได้ เช่น คุณภาพของแรงงาน (workmanship) มาตรฐานของเครื่องมือ (machine and equipment) สภาพดินฟ้าอากาศ (weather) รวมถึงระยะเวลาของการก่อสร้าง ซึ่งเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับขนาดและความยากง่าย เหล่านี้จึงทำให้การกำหนดเกณฑ์ประเมินอาคารที่ยั่งยืนด้านการลดความสูญเสียทรัพยากรและวัสดุในการก่อสร้าง มีค่าความสำคัญน้อยกว่า (ค่าคะแนนรวมต่ำ) การกำหนดกฎเกณฑ์ในด้านอื่น ๆ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์สำหรับทุนสนับสนุนงานวิจัยภายใต้โครงการจัดสรรทุนการศึกษาระดับปริญญาเอก

References

Adiwoso, N. S. A., Prasetyoadi & Perdana, S. (n.d.). *Towards Indonesia sustainable future through sustainable building and construction.* Retrieved September 5, 2011, from http://www.mgbc.org.my/Resources/Day%202/GBC%20Indonesia%20Presentations/Country%20Paper%20-%20GBC%20Indonesia%20Presentation%20Paper.pdf

Attmann, O. (2010). *Green architecture: Advanced technologies and materials.* New York: McGraw-Hill.

BRE Global. (2011). *BREEAM new construction, technical manual SD5073: 2.0.* Retrieved September 25, 2011, from http://www.breeam.org/filelibrary/Technical%20Manuals/SD5073_BREEAM_2011_New_Construction_Technical_Guide_ISSUE_2_0.pdf

Building and Construction Authority. (2010). *BCA green mark for new non-residential buildings, version NRB/4.0.* Retrieved August 10, 2011, from http://bca.gov.sg/GreenMark/green_mark_criteria.html

Bunz, K. R., Henze, G. P. & Tiller, D. K. (2006). Survey of sustainable building design practices in North America, Europe, and Asia. *Journal of Architectural Engineering,* 33-62.

California Integrated Waste Management Board. (2000). *Designing with vision: A technical manual for material choices in sustainable construction.* California Environmental Protection Agency, California, CA, USA.

European Commission. (n.d.). *Industrial innovation sustainable construction.* Retrieved August 20, 2011, from http://ec.europa.eu/enterprise/policies/innovation/policy/lead-market-initiative/sustainable-construction/

GREEN BUILDING INDEX SDN BHD. (2011). *Green building index: Non-Residential New Construction (NRNC) design reference guide and submission format version 1.05.* Retrieved September 25, 2011, from http://www.greenbuildingindex.org/Resources/GBI%20Tools/GBI%20Design%20Reference%20Guide%20-%20Non-Residential%20New%20Construction%20(NRNC)%20V1.05.pdf

Green Building Council Indonesia. (2011). *Greenship rating tools for new building, version 1.0.* Retrieved September 25, 2011, from http://www.gbcindonesia.org

Ibn-Homaid, N. T. (2002). A comparative evaluation of construction and manufacturing materials management. *International Journal of Project Management,* 20, 263-270.

Institute for Building Environment and Energy Conservation [IBEC]. (2008). *CASBEE for new construction.* Retrieved September 25, 2011, from http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/download/CASBEE-NCe_2008manual.pdf 22-09-2554

Katharangsiporn, K. (2011, April 28). Painting your building green. *Bangkok Post.* Retrieved from http://www.asa.or.th/?q=node/108612

Kittiwararat, S. & Lertwattanaruk, P. (2012). การจัดการเพื่อลดเศษวัสดุก่อสร้างในงานสถาปัตยกรรมของบ้านพักอาศัยขนาดเล็ก [Strategies for construction waste reduction in small residential buildings]. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies, 9*(2), 84-94.

Moavenzadeh, F. (1978). Construction industry in developing countries. *World Development, 6*(1), 97-116.

Mun, T. L. (2009, April 23). *The Development of GBI Malaysia (GBI).* Retrieved from http://www.greenbuildingindex.org/Resources/GBI%20Documents/20090423%20-%20The%20Development%20of%20GBI%20Malaysia.pdf

Natural Building Technologies [NBT]. (n.d.). *Building environmental impact.* Retrieved September 23, 2011, from http://www.natural-building.co.uk/environmental_impact.html

Smith, T. M., Fischlein, M., Su, S., & Huelman, P. (2006). *Rating systems: A comparison of the LEED and green globes system in the US.* Retrieved September 25, 2011, from http://http://www.thegbi.org/gbi/Green_Building_Rating_UofM.pdf

Thai Green Building Institute [TGBI]. (2010). *เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย: สำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่* [Thai's rating of energy and environmental sustainability for new construction and major renovation]. Bangkok, Thailand: Author.

The U.S. Green Building Council [USGBC]. (2011). LEED 2009 for new construction and major renovations. Retrieved September 25, 2011, from http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=8868

Thirakomen, K. (2004) Sustainable building assessment. *Journal of Architectural Research and Studies,* 2, 3-21. Retrieved September 15, 2011, from http://www.ap.tu.ac.th/jars/download/jars/v2/01_Kecha%20Thirakomen.pdf

TN Sebake. (n.d.). *An overview of green building rating tools.* Retrieved September 25, 2011, from http://researchspace.csir.co.za/dspace/bitstream/10204/3515/1/Sebake_2009.pdf

United States Environmental Protection Agency. (2008). *Lifecycle construction resource guide.* Retrieved September 23, 2011, from http://www.epa.gov/region4/p2

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