แนวทางการออกแบบอาคารโฮมมาร์ทสีเขียวให้สอดคล้องกับเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานของ LEED

นางสาวอุราวัลย์ รุกขไชยศิริกุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DESIGN GUIDELINE FOR GREEN HOME MART IN COMPLIANCE WITH LEED'S ENERGY EFFICIENCY

Miss Urawan Rukachaisirikul

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการออกแบบอาคารโฮมมาร์ทสีเขียวให้สอดคล้องกับเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานของ LEED
โดย	นางสาวอุราวัลย์ รุกขไชยศิริกุล
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต จุลาสัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตรจารย์ ดร.ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.ณรงค์วิทย์ อารีมิตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อุราวัลย์ รุกขไชยศิริกุล : แนวทางการออกแบบอาคารโฮมมาร์ทสีเขียวให้สอดคล้องกับเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานของ LEED (DESIGN GUIDELINE FOR GREEN HOME MART IN COMPLIANCE WITH LEED'S ENERGY EFFICIENCY) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร, 160 หน้า.

โครงการงานวิจัยนี้ศึกษาสมรรถนะด้านพลังงานของอาคารค้าวัสดุก่อสร้าง ร้าน SCG HOME MART สังกัดธุรกิจ SCG DISTRIBUTION เครือ SCG ประเด็นปัญหาคืออาคารร้าน SCG HOME MART ที่มีอยู่ ณ ปัจจุบัน ถูกออกแบบโดยไม่ได้คำนึงถึงเรื่องสมรรถนะด้านพลังงาน ไม่มีการคำนวณค่า OTTV, RTTV มีการใช้งานช่วงเวลากลางวันมากกว่าช่วงเวลากลางคืน ต้องปรับสภาวะน่าสบายอยู่เสมอเพื่อรองรับลักษณะของพฤติกรรมการใช้อาคาร สิ่งแวดล้อมโดยรอบของอาคารประกอบด้วยปัจจัยที่นำความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารเช่น กองวัสดุสินค้า รถบรรทุก, รถขนของ, เครน, แท่นวางสินค้า, อุปกรณ์สำนักงาน เป็นต้น อีกทั้งการบริหารจัดการของผู้ใช้อาคารที่ไม่คำนึงถึงการใช้สอยที่ประหยัดพลังงาน จึงส่งผลให้มีปริมาณพลังงานของอาคารเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

วัตถุประสงค์เพื่อสร้างแนวทางการออกแบบร้าน SCG HOME MART ต้นแบบที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงานงานและความคุ้มค่าที่มีความสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวระดับนานาชาติด้านประสิทธิภาพพลังงานอย่างเช่น LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) โดยสภาอาคารเขียวแห่งสหรัฐอเมริกา (US Green Building Council) โดยได้ดำเนินการและวางแผนเป็นขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2. สำรวจและเก็บข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษาร้าน SCG HOME MART เพื่อจำลองการใช้พลังงานโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual Doe4.1 เป็นฐานข้อมูลSCG Base line

3. จำลองการใช้พลังงานของอาคารเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007 ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual Doe4.1 เป็นฐานข้อมูล (ASHRAE Baseline) ใช้เปรียบเทียบและปรับปรุงการออกแบบ SCG HOME MART ที่สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 12% จากเกณฑ์ของ ASHRAE 90.1 2007

4. วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สรุปผลการทดลอง เพื่อนำเสนอข้อเสนอแนะรวมถึงแนวทางการนำไปประยุกต์กับอาคารประเภทเดียวกันต่อไป

ผลการวิเคราะห์เชิงเทคนิคแสดงให้เห็นว่า อาคารร้าน SCG HOME MART ตามนโยบายของ SCG ที่ต้องการให้สอดคล้องกับเกณฑ์ของ LEED จึงทำให้ค่าการลงทุนในการปรับปรุงอาคารเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการเลือกปรับวัสดุประกอบอาคาร ที่สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ ถึง 12.7% อยู่ที่ 153,888 บาท /ปี มีค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น 1,498,011.75 บาท คืนทุนภายใน 10.45 ปี และการปรับระบบไฟฟ้าแสงสว่างเพิ่มอีกทางหนึ่ง ซึ่งเป็นการลงทุนที่ไม่สูงมากนัก สามารถช่วยในการประหยัดพลังงานได้ถึง 31.04 % อยู่ที่ 375,084 บาท คืนทุนภายใน 6.93 ปี

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์.....ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....สถาปัตยกรรม.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....

ปีการศึกษา.....2553.....

5274310325 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS: DESIGN GUIDELINE/ LEED'S/ENERGY EFFICIENCY

URAWAN RUKACHAISIRIKUL. DESIGN GUIDELINE FOR GREEN HOME MART IN COMPLIANCE WITH LEED'S ENERGY EFFICIENCY. ADVISOR: ASSISTANT PROFESSOR ATCH SRESHTHAPUTRA, Ph.D., 160pp.

The purpose of this research was to study the energy performance of SCG HOME MART store buildings, a retail outlet for construction materials owned by SCG DISTRIBUTION under SCG Groups. The problem is that the SCG HOME MART stores are designed without due consideration for energy efficiency, and without OTTV/RTTV calculation. The stores are operational during daytime more than nighttime and constantly need to adjust the environment to support the buildings various usage behaviors. The surrounding environment of the building includes thermal conductivity factors into the building such as material product pile, truck, fork lift, crane, pallet, office equipments etc. In addition, the management of the building's occupants has not been considered in terms of energy efficiency. As a result, energy consumption is clearly increasing.

The aim of the research was to create design guidelines for a SCG HOME MART prototype store which takes into consideration energy efficiency and values that are consistent with international green building energy efficiency standards such as LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) by the US Green Building Council. The research stages proceeded as follows:

1. Related literature review.
2. Survey and collect information on energy consumption of SCG HOME MART stores. Simulating energy using Visual Doe4.1, a database for SCG Base line.
3. Simulation of building energy use based on ASHRAE standard 90.1 2007 using Visual Doe4.1 and compare and improve the design of SCG HOME MART in order to reduce the energy consumption by 12% from the Baseline of ASHRAE 90.1 2007.
4. Economic analysis, Summary of results. To present recommendations, including guidelines for the building in the same category.

Technical analysis shows that the SCG HOME MART stores have met energy-saving criteria of green buildings in Thailand already. However, due to the fact that SCG intend to accord with the stricter criteria of LEED, they have invested more in building improvement, especially the selection of good quality envelope materials that can reduce power consumption by up to 12.7% at 153,888 baht per year. Construction costs increased 1,498,011.75 baht and a payback period is 10.45 years. Additional cost to adjust the lighting system can save energy up to 31.04% at 375,084 baht, with a payback period of 6.93 years.

Department : Architecture Student's Signature Urawan Rukachaisirikul

Field of Study : Architecture Advisor's Signature

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์เป็นอย่างยิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้สั่งสอนให้วิชาความรู้ตั้งแต่เริ่มต้นเข้าศึกษาจนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ รวมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอบพระคุณประธานกรรมการวิทยานิพนธ์ รองศาสตรจารย์ ดร.ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ กรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน กรรมการอาจารย์ ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ และ กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย ดร.ณรงค์วิทย์ อารีมิตร ที่ให้คำแนะนำวิธีดำเนินการวิจัยที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอบพระคุณผู้บริหารคุณจิตรสุภา ร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮม โปรดักส์ จังหวัดนนทบุรี ที่อนุเคราะห์ข้อมูล และสละเวลาในการให้สัมภาษณ์ และเตรียมข้อมูลต่าง ๆ ให้ ของขั้นตอนการสำรวจข้อมูลอาคารกรณีศึกษา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณบิดา มารดา คุณสุชาติ พี่น้อง ญาติ ผู้บังคับบัญชาและเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และเพื่อนๆพี่ๆ ที่ให้กำลังใจและคำแนะนำต่างๆที่ดีเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา และขอขอบคุณบุคคลรอบข้างทุกท่าน ที่มิได้เอ่ยนามที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฑ

สารบัญแผนภูมิ..... ต

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 3

1.3 สมมติฐานการวิจัย..... 3

1.4 ขอบเขตของการวิจัย..... 4

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย..... 4

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4

1.7 วิธีดำเนินการวิจัย..... 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ศึกษาทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง..... 6

2.1.1 การศึกษากฎหมายควบคุมอาคาร..... 6

2.1.2 ศึกษาทฤษฎีต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ..... 28

2.1.3 ทฤษฎี, เกณฑ์, มาตรฐานและข้อกำหนดในการออกแบบระบบแสงสว่าง..... 47

2.1.4 ศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น..... 65

2.2 ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลอาคาร..... 70

2.3 ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการพิจารณา..... 72

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษางานวิจัยอื่นๆและข้อกำหนดต่างๆที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานของการอนุรักษ์พลังงาน..... 83

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.2 สำรวจเก็บข้อมูลอาคารและข้อมูลการใช้พลังงานภายในอาคารกรณีศึกษาร้าน SCG HOME MART..... 83
3.3 จำลองการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษา SCG Baseline ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์Visual DOE 4.1..... 93
3.4 จำลองการใช้พลังงานของอาคารเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007 Baseline ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1..... 94
3.5 วิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารโดยศึกษาเปรียบเทียบกับทางเลือกการออกแบบต่าง ๆที่เป็นไปได้ 96
3.6 จำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 1 เพื่อเปรียบเทียบผลการออกแบบเทียบกับ ASHRAE Baseline ตามมาตรฐานของ LEED (ASHRAE 90.1 2007) 96
3.7 จำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 2 เพื่อเปรียบเทียบผลการออกแบบเทียบกับ ASHRAE Baseline ตามมาตรฐานของ LEED (ASHRAE 90.1 2007) 96
3.8 การวิเคราะห์รูปแบบการใช้พลังงาน ตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน การลงทุนและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 96
3.9 สรุปผลและเสนอแนวทางการออกแบบอาคารร้านต้นแบบ (New Green HOME MART)..... 97

บทที่ 4 รายละเอียดของอาคารกรณีศึกษา และผลการวิเคราะห์อาคารทางเลือก
4.1 ข้อมูลเบื้องต้นของอาคารกรณีศึกษาร้าน SCG HOME MART..... 99
4.1.1 ลักษณะทางกายภาพของอาคาร..... 105
4.1.2 ลักษณะพฤติกรรมการใช้งานภายในอาคาร..... 106
4.2 ข้อมูลการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์..... 107
4.2.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร..... 107
4.2.2 ระบบปรับอากาศภายในอาคาร..... 109
4.2.3 ระบบแสงสว่างภายในอาคาร..... 111

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.3 จำลองการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ (SCG Baseline) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1..... 115

4.4 จำลองการใช้พลังงานของอาคารเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007 Baseline ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1..... 117

4.5 วิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารโดยศึกษาเปรียบเทียบกับทางเลือกการออกแบบต่าง ๆที่เป็นไปได้..... 122

4.5.1 วัสดุประกอบอาคาร การปรับระบบเปลือกอาคาร..... 122

4.5.2 แนวความคิดของการปรับระบบเปลือกอาคาร..... 123

4.6 จำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 1 เพื่อเปรียบเทียบผลการออกแบบเทียบกับ ASHRAE Baseline ตามมาตรฐานของ LEED (ASHRAE 90.1 2007)..... 141

4.7 จำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 2 เพื่อเปรียบเทียบผลการออกแบบเทียบกับ ASHRAE Baseline ตามมาตรฐานของ LEED (ASHRAE 90.1 2007)..... 144

4.8 การวิเคราะห์รูปแบบการใช้พลังงาน ตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน การลงทุนและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สรุปผลและเสนอแนวทางการออกแบบอาคารร้านต้นแบบ (New Green HOME MART)..... 144

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย/อภิปรายผลการศึกษา/ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 156

5.2 อภิปรายผลการศึกษา..... 157

รายการอ้างอิง..... 161

ภาคผนวก..... 164

ภาคผนวก ก – การใช้งานโปรแกรม OTTVEE Version 1.0a..... 165

ประวัติผู้เขียน..... 169

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงค่ามาตรฐานดัชนีประสิทธิภาพพลังงานของอาคารประเภทต่างๆ ตามกฎกระทรวง……	7
2.2	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับผนังอาคาร.....	9
2.3	ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ภายในผนังอาคาร……	9
2.4	ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ระหว่างแผ่นกระจกหรือผนังโปร่งแสง.....	10
2.5	ค่ามาตรฐานพลังงานของกระจกเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.....	11
2.6	การเทียบคะแนนการประหยัดพลังงานโดยใช้ทางเลือกต่างๆ.....	14
2.7	แสดงหัวข้อกำหนดที่ต้องดำเนินการตามมาตรฐานด้านพลังงานของ LEED: NC 2009……..	16
2.8	แสดงเปอร์เซ็นต์ไทน์การลดการใช้พลังงานตั้งแต่ต่ำสุดสำหรับจุดแต่ละจุดของอาคาร……	22
2.9	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (ρ) และค่าความร้อนจำเพาะ (Cp) ของวัสดุชนิดต่าง ๆ……..	37
2.10	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำความเย็นเครื่องปรับอากาศกับค่า EER…….	44
2.11	แสดงค่ามาตรฐานการปรับอากาศในอาคารชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ……..	45
2.12	แสดงตัวอย่างการเลือกปัจจัยถ่วงสำหรับการอ่านลายมือที่เขียนจากดินสอในสมุดการบ้านของนักเรียน……..	48
2.13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการแสดงการออกแบบที่ยึดอัตวิสัยส่วนตัวของผู้ออกแบบและความต้องการแสงเพื่อการมองเห็นงานของผู้ใช้งานที่ควรคำนึงถึง……	49
2.14	แสดงค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA……..	50
2.15	แสดงปัจจัยถ่วงสำหรับค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA (สำหรับประเภท A–C).	51
2.16	แสดงปัจจัยถ่วงสำหรับค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA (สำหรับประเภท D–I)..	51
2.17	แสดงค่าความสะท้อนแสง (Reflectance) ที่เหมาะสม.....	51
2.18	ตารางเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES (USA) และมาตรฐานการกำหนดค่า Day Light Factor ตามประเภทการใช้งาน(บางส่วน)……..	53
2.19	แสดงความยาวของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12, T8, T5……	61
2.20	แสดงประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และ T12 ขนาด 4 ฟุต.....	62
2.21	แสดงประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ชนิดธรรมดาและชนิดความเข้มสูง..	62

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	แสดงรายละเอียดวัสดุประกอบอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์.	103
4.2	แสดงค่าวัสดุที่เลือกใช้วัสดุประกอบอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์.....	104
4.3	แสดงพื้นที่ต่าง ๆ ของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์.....	105
4.4	แสดงจำนวนพื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศ ของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์.....	105
4.5	สรุปการบันทึกจำนวนลูกค้าที่มาใช้บริการอาคารของพื้นที่ชั้นล่าง (ส่วนขาย และสำนักงาน) ตั้งแต่เดือนตุลาคม–เดือนกุมภาพันธ์ ปี 2553.....	106
4.6	แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮม โปรดักส์ตั้งแต่ เดือนมกราคม–ธันวาคม พ.ศ. 2553.....	108
4.7	แสดงรายละเอียดชนิดและรุ่นของเครื่องปรับอากาศที่อาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ ใช้งาน.....	110
4.8	แสดงพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่ผนังกระจกของอาคารกรณีศึกษาร้าน SCG HOME MART.....	114
4.9	แสดงอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์.....	114
4.10	แสดงค่าวัสดุที่เลือกใช้วัสดุประกอบอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ (SCG Baseline).....	115
4.11	แสดงสรุปรายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ ที่ผ่านสภาพจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1.	116
4.12	แสดงรายละเอียดค่าวัสดุประกอบอาคารเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007 ตามมาตรฐาน LEED สำหรับโซนภูมิอากาศของประเทศไทย (Climate Zone 1:Hot-Humid).....	118
4.13	แสดงค่าวัสดุที่เลือกใช้วัสดุประกอบอาคารตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007 (ASHRAE Baseline).....	120
4.14	แสดงสรุปรายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในของอาคารเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007ที่ผ่านสภาพจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1.....	120
4.15	แสดงผลสรุปปริมาณการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษา SCG HOME MART เทียบเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007.....	121

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.16	แสดงค่าวัสดุที่เลือกใช้วัสดุประกอบอาคารตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007.....	123
4.17	แสดงค่า U-Value (w/m^{2}°C) และความหนาของวัสดุประกอบผนังประเภทอิฐมอญกับวัสดุชนิดต่าง ๆ.....	123
4.18	แสดงค่า U-Value (w/m^{2}°C) และความหนาของวัสดุประกอบผนังประเภทคอนกรีตบล๊อกกับวัสดุชนิดต่าง ๆ.....	125
4.19	แสดงค่า U-Value (w/m^{2}°C) และความหนาของวัสดุประกอบผนังประเภทคอนกรีตมวลเบากับวัสดุชนิดต่าง ๆ.....	126
4.20	แสดงค่า U-Value (w/m^{2}°C) และความหนาของวัสดุประกอบผนังประเภทสมาร์ทบอร์ดกับวัสดุชนิดต่าง.....	127
4.21	แสดงค่า U-Value (w/m^{2}°C) และความหนาของวัสดุประกอบผนังประเภทอิฐมวลเบา Q-CONกับวัสดุชนิดต่าง.....	129
4.22	แสดงก่ออิฐบล๊อคขนาด 10 ซม.ฉาบปูน ปิดผิดด้วยยิปซั่มบอร์ด 6” สามารถให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผนังโดยมีค่า U-Value.....	134
4.23	แสดงแนวทางการปรับเปลี่ยนผนังใหม่และการเสริมฉนวน EPS.....	136
4.24	แสดงแนวทางการปรับเปลี่ยนผนังใหม่และการเสริมฉนวนโฟมโพลิยูรีเทน (Polyurethane).....	138
4.25	แสดงกระจกที่พิจารณาของอาคารทางเลือก.....	139
4.26	แสดงค่าวัสดุหลังคา Metal Sheet และฉนวนกันความร้อนตามท้องตลาดสามารถทำให้ปริมาณการใช้พลังงานลดลง 12 % เทียบเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007.....	141
4.27	แสดงค่าวัสดุที่เลือกใช้วัสดุประกอบอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 1.....	141
4.28	แสดงค่าการใช้พลังงานที่ผ่านการจำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 1 โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1.....	142
4.29	แสดงค่าวัสดุที่เลือกใช้วัสดุประกอบอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 2.....	143
4.30	แสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของวัสดุที่เลือกใช้วัสดุประกอบอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 2 ที่ผ่านการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1.....	144

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.31	แสดงปริมาณการใช้พลังงานค่าไฟฟ้าที่ลดลง (บาท/ปี) เมื่อมีการเลือกใช้ค่าวัสดุประกอบอาคารทางเลือกทั้ง 3 กรณี เทียบกับอาคาร SCG Baseline.....	145
4.32	แสดงค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นของอาคารทางเลือกในกรณีต่าง ๆ.....	146
4.33	แสดงค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นของอาคารทางเลือกในกรณีต่าง ๆ ที่คิดราคาเฉพาะเปลือกอาคาร.....	147
4.34	แสดงรายละเอียดเปลือกอาคาร SCG Baseline.....	148
4.35	แสดงรายละเอียดเปลือกอาคาร ASHRAE 90.1 2007 Baseline.....	148
4.36	แสดงรายละเอียดเปลือกอาคาร NEW SCG Proposed Design 1.....	149
4.37	แสดงรายละเอียดเปลือกอาคาร NEW SCG Proposed Design 2.....	149
4.38	สรุปรายละเอียดค่าเฉพาะของวัสดุประกอบเปลือกอาคารของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ และอาคารทางเลือกทั้ง 3 กรณี.....	152
5.1	แสดงผลการศึกษาของ National Research Council of Canada (G.R. Newsham, S. Mancini,and B.J. Birt. 2009).....	157

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	แสดงโครงสร้างคะแนน LEED.....	15
2.2	แสดงองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบ ที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติของการใช้งานอาคาร.....	17
2.3	ตัวอย่างการทำ M&V เพื่อเปรียบเทียบ Pre-retrofit baseline use และ Post-retrofit use ด้วยวิธี Changepoint regression โดยอาศัยข้อมูลการใช้พลังงานที่ได้จากการวัดจริงที่อาคาร.....	20
2.4	แสดงการป้องกันและลดความร้อนเข้าสู่อาคาร.....	29
2.5	แสดงพฤติกรรมของคุณสมบัติของหลักการถ่ายเทความร้อน.....	30
2.6	แสดงความร้อนที่เข้าสู่อาคาร.....	30
2.7	แสดงปัจจัยภายนอกที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงาน.....	41
2.8	แสดงสเปคตรัมของแสง.....	55
2.9	แสดงการดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง.....	56
2.10	แสดงการสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงา.....	57
2.11	แสดงการสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงาบางส่วนหรือแบบมีทิศทางบางส่วน.....	57
2.12	แสดงการสะท้อนแสงแบบกระจายแสงสมบูรณ์.....	58
2.13	แสดงการสะท้อนแสงแบบกระจัดกระจาย.....	58
2.14	แสดงการเปรียบเทียบหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12, T8, T5.....	61
2.15	แสดงค่าฟลักซ์การส่องสว่างและอุณหภูมิแวดล้อมของ T5 และ T8.....	64
2.16	แสดงอัตราการคงแสงสว่างไว้ตลอดอายุการใช้งานของ T5, T8 และ T12.....	64
2.17	แสดงวัสดุผนังที่เป็นมวลสาร ผนังโครงเคร่า และผนังประกอบ ตามลำดับ.....	72
2.18	แสดงวัสดุมุงหลังคา และฉนวนกันความร้อนบริเวณหลังคา.....	73
2.19	แสดงวัสดุผนังที่เป็นมวลสาร ผนังโครงเคร่า และผนังประกอบ ตามลำดับ.....	73
2.20	ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องว่างตรงกลาง และมีที่ระบายอากาศภายในผนังด้านนอก.....	74
2.21	แสดงลักษณะคอนกรีตบล็อกและการใช้งาน.....	74
2.22	ผนังคอนกรีตมวลเบาหรืออิฐมวลเบาทำเป็นผนัง.....	75
2.23	แสดงกระจกโฟลตใส (Clear Float Glass) ที่ความหนาต่างกัน.....	76
2.24	ลักษณะการแตกของกระจกนิรภัยเทมเปอร์ (Temper Safety Glass).....	77
2.25	ลักษณะการแตกของกระจกนิรภัย (Heat Strengthened Glass).....	77

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.26	แสดงลักษณะของแผ่นไฟเบอร์บอร์ด……	79
2.27	แสดงบริเวณผิวหลังคาที่มีการใช้เซรามิคโค้ทติ้ง.....	79
2.28	แสดงลักษณะโครงสร้างของใยแก้วและฉนวนใยแก้วชนิดปิดผิวด้วยอลูมินั่มฟอยล์…	80
2.29	แสดงลักษณะของฉนวนโฟม.....	80
2.30	แสดงลักษณะของฉนวนโพลีสไตรีนโฟม (Polystyrene, PS – Foam)……	81
3.1	แสดงรูปแบบของร้าน SCG HOME MART……..	83
3.2	แสดงรายชื่อร้าน HOME MART ของภาคกลาง……	84
3.3	แสดงรายชื่อร้าน HOME MART ภาคตะวันออก.....	85
3.4	แสดงรายชื่อร้าน HOME MART ภาคตะวันตก.....	86
3.5	แสดงรายชื่อร้าน HOME MART ภาคเหนือ……..	87
3.6	แสดงรายชื่อร้าน HOME MART ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	88
3.7	แสดงรายชื่อร้าน HOME MART ภาคใต้.....	89
3.8	แสดงรายชื่อร้าน HOME MART ที่มีศักยภาพทางด้านยอดขายและจำนวนลูกค้ามาก……	90
3.9	แสดงลักษณะรูปทรงและลักษณะรูปร่างอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์……	91
3.10	แสดงสภาพแวดล้อมและที่ตั้งโดยรอบอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ทสมาร์ทโฮมโปรดักส์.....	91
3.11	แสดงสภาพแวดล้อมและที่ตั้งโดยรอบอาคารกรณีศึกษา ร้านโฮมมาร์ทสมาร์ทโฮมโปรดักส์……....	93
4.1	แสดงผังบริเวณโดยรอบที่ดิน และลักษณะการวางอาคารของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์……..	99
4.2	แสดงผังพื้นชั้น 1, 2 ของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์……	100
4.3	แสดงผังหลังคาของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์.....	100
4.4	แสดงรูปด้านหน้าของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ ติดกับถนนราชพฤกษ์ทิศตะวันตกเฉียงใต้……...	101
4.5	แสดงรูปด้านข้างขวาของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ติดกับอาคารเก็บสินค้าสูง 8.00 ม.....	102
4.6	แสดงรูปด้านหลังของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ติดกับลานโล่งภายในโครงการ.....	102

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
4.7	แสดงรูปด้านข้างซ้ายของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ทสมาร์ทโฮมโปรดักส์ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ติดกับอาคารพาณิชย์ขนาดใหญ่ 2 ชั้น.....	102
4.8	แสดงรูปภาพของโครงสร้างหลังคาของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ทสมาร์ทโฮมโปรดักส์.....	103
4.9	แสดงรูปภาพของโครงสร้างผนังของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ทสมาร์ทโฮมโปรดักส์.....	103
4.10	แสดงรูปภาพลักษณะการแบ่งพื้นที่ใช้สอยของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ทสมาร์ทโฮมโปรดักส์.....	106
4.11	แสดงผังตำแหน่งระบบปรับอากาศของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ทสมาร์ทโฮมโปรดักส์.....	111
4.12	แสดงผังตำแหน่งระบบไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ทสมาร์ทโฮมโปรดักส์	112
4.13	แสดงลักษณะการติดตั้งระบบไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ทสมาร์ทโฮมโปรดักส์.....	113
4.14	แสดงลักษณะการติดตั้งตำแหน่งระบบไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ทสมาร์ทโฮมโปรดักส์.....	114
4.15	แสดงการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 เพื่อจำลองการใช้พลังงานตามมาตรฐาน LEED ของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ทสมาร์ทโฮมโปรดักส์ (SCG Baseline).....	116
4.16	แสดงการผสมวัสดุประกอบผนังอาคาร เพื่อทำการจำลองการใช้พลังงานตามมาตรฐาน LEED โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1.....	135
4.17	แสดงการก่อผนังอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์.....	135
4.18	แสดงการผสมวัสดุประกอบผนังอาคาร เพื่อทำการจำลองการใช้พลังงานตามมาตรฐาน LEED โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1.....	137
4.19	แสดงวัสดุประกอบผนังอาคารประเภทฉนวนโฟมโพลิยูรีเทน (Polyurethane) เพื่อทำการจำลองการใช้พลังงานตามมาตรฐาน LEED โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1.....	139
4.20	แสดงการใช้พลังงานทดแทนจากการใช้ Solar Cell.....	153
4.21	แสดงการใช้พลังงานทดแทนจากการใช้ Wind Turbine.....	153

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
5.1	ผลการศึกษาวิเคราะห์ค่า Energy Utilization Index (EUI) ของอาคาร LEED โดยสถาบัน NBI และนำมา Benchmark กับข้อมูลสำรวจสถานภาพของกว่า 5 พันอาคารในอเมริกา (CBECS).....	156
5.2	ผลการวัดการใช้พลังงานของอาคารที่ได้รับรอง LEED ในอเมริกา พบว่าอาคารจำนวนมากมีการใช้พลังงานมากกว่าที่ได้ประเมินไว้ก่อนการก่อสร้าง (ที่มา: New Buildings Institute, 2008).....	156

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
4.1	แสดงจำนวนลูกค้ามาใช้บริการอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ ในส่วนชั้นล่าง (พื้นที่ขาย).....	107
4.2	แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษาตั้งแต่ เดือน มกราคม–ธันวาคม พ.ศ. 2553……..	108
4.3	แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ (ปี 2553)……	109
4.4	แสดงการใช้พลังงานรวมของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ (SCG Baseline) ที่ผ่านการจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1.....	117
4.5	แสดงการใช้พลังงานรวมของอาคารอาคารเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007ที่ผ่านสภาพจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1……..	121
4.6	แสดงค่าวัสดุผนังเดิมอิฐบล๊อคกับการเสริมฉนวนชนิดต่าง ๆ……	135
4.7	แสดงแนวทางการปรับเปลี่ยนผนังใหม่และการเสริมฉนวน EPS……...	137
4.8	แสดงแนวทางการปรับเปลี่ยนผนังใหม่และการเสริมฉนวนโฟมโพลิยูรีเทน (Polyurethane)……...	138
4.9	แสดงผลของการใช้พลังงานที่ผ่านการจำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 1 โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1……..	142
4.10	แสดงผลของการใช้พลังงานที่ผ่านการจำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 2 โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1……..	143
4.11	แสดงปริมาณการใช้พลังงานที่ลดลง (Kwh/ปี) ของการเปรียบเทียบอาคารทางเลือก 3 กรณี กับอาคาร SCG Baseline……..	144
4.12	แสดงปริมาณการใช้พลังงานค่าไฟฟ้าที่ลดลง (บาท/ปี) ของการเปรียบเทียบอาคารทางเลือก 3 กรณี กับอาคาร SCG Baseline……..	145
4.13	แสดงสรุปเรื่องค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น (บาท %) ของการเปรียบเทียบอาคารทางเลือก 3 กรณี กับอาคาร SCG Baseline.....	146
4.14	แสดงรายละเอียดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นของเปลือกอาคารแต่ละอาคารทางเลือก ของอาคารทางเลือก 3 กรณี เมื่อเทียบกับอาคาร SCG Baseline……	147
4.15	แสดงการคำนวณ Life Cycle Cost และ Discounted Payback Period ของเปลือกอาคารแต่ละอาคารทางเลือก 3 กรณี กับอาคาร SCG Baseline……	151

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การดำเนินธุรกิจตามหลักบรรษัทภิบาลและแนวทางการพัฒนาอย่างยั่งยืน(Sustainable Development) ขององค์กรขนาดใหญ่ระดับประเทศอย่างเครือซิเมนต์ไทย (SCG) มีแนวความคิดที่มุ่งสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ๆ ทั้งด้านสินค้า บริการ กระบวนการ และรูปแบบธุรกิจ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งยังมุ่งมั่นพัฒนาตนเองอย่างไม่หยุดยั้ง เพื่อรักษาความเป็นผู้นำของประเทศ มุ่งสู่ความเป็นผู้นำในระดับอาเซียน และเตรียมพร้อมสำหรับการแข่งขันในระดับโลกอีกด้วย ดังนั้นสิ่งที่ดำเนินควบคู่กับการดำเนินธุรกิจของเครือซิเมนต์ไทย(SCG) อีกประการหนึ่งที่สำคัญคือการแสดงความรับผิดชอบต่อสังคมโดยเฉพาะทางด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม การมีการบริหารการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบในทุกกระบวนการการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ชี้ชัดสู่ทิศทางที่ SCG กำลังมุ่งสู่การเป็นอาคารเขียวระดับนานาชาติอย่าง LEED เช่น อาคาร Green Elephant Building อาคารสำนักงาน SCT อาคารอนุรักษ์พลังงาน คว้า Thailand Energy Awards 2010 วันที่ : 31 สิงหาคม 2553 จัดโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน[1] ,ในปัจจุบันอาคารสำนักงานใหญ่บางซื่อของSCG ได้ดำเนินการปรับปรุง และขอรับพิจารณาตามหลักเกณฑ์ของ LEED EB: OM ว่าด้วย Existing Buildings: Operations & Maintenance เพื่อแสดงให้เห็นถึงความมุ่งมั่นในการดูแลเอาใจใส่ต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมไทย[2] และบริษัท เอสซีจี เน็ตเวิร์ค แมเนจเม้นท์ จำกัด เป็นบริษัทที่อยู่ในเครือซิเมนต์ไทย(SCG) โดยอยู่ในธุรกิจจัดจำหน่าย(SCG Distribution) เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการตลาดและการจัดจำหน่ายวัสดุก่อสร้างและเคหะภัณฑ์ในประเทศ ซึ่งมีการจัดจำหน่ายสินค้าของเครือซิเมนต์ไทยทั้งหมดโดยผ่านช่องทางผู้แทนจำหน่ายทั่วประเทศในรูปแบบ 3 รูปแบบดังนี้ 1)ร้าน SCG HOME MART 93 แห่ง 2)ร้าน SCG Authorized Dealer 600 กว่าร้าน และ 3) ร้านค้าวัสดุก่อสร้าง 3,000 ร้าน เพื่อให้สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้อย่างทั่วถึงทุกกลุ่ม ดังนั้นในส่วนของกลุ่มธุรกิจจัดจำหน่าย(SCG Distribution) ที่มุ่งเน้นการสร้างอาคารเพื่อเป็นพื้นที่รองรับการจำหน่ายสินค้าให้กับผู้บริโภค จึงทำให้เกิดการวิจัยครั้งนี้ขึ้นโดยมุ่งประเด็นศึกษาเฉพาะอาคารร้าน SCG HOME MART ที่มีทั้งหมด 93 แห่ง เนื่องจากการขยายตัวในอนาคตของร้าน SCG HOME MART ในรูปแบบนี้ต่อเนื่องทั้งในประเทศและต่างประเทศ อีกทั้งในปี 2559 จะขยายตลาดสู่กลุ่มประเทศอาเซียน โดยมีนโยบายที่เน้นการค้าปลีกให้กับผู้บริโภคประเภทเจ้าของบ้านเป็นหลัก อาคารจึงต้องมีการปรับรูปแบบภายนอกอาคารให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลาและมีการสร้างบรรยากาศภายในอาคารให้อยู่ในสภาวะน่าสบายอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการทำวิจัยครั้งนี้เพื่อสร้างแนวทางการออกแบบร้าน SCG HOME MART ต้นแบบที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงานและเป็นอาคารเขียวอย่างเต็มรูปแบบ ที่สำคัญต้องสอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวระดับนานาชาติอย่างเช่น LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) โดยสภาอาคารเขียวแห่งสหรัฐอเมริกา (US Green Building Council) คำนึงถึงสุขภาพของผู้ใช้อาคารไปพร้อมๆ

กับสุขภาพของสิ่งแวดล้อมโลก และต้องการสร้างแบรนด์ทางด้านการประหยัดพลังงานของอาคารร้าน SCG HOME MART บริษัทเอสซีจี เน็ตเวิร์ค แมเนจเม้นท์ จำกัด [1]

แนวความคิดการประหยัดทรัพยากรที่เกิดขึ้นของอาคารร้าน SCG HOME MART ที่มีอยู่ ณ ปัจจุบัน ถูกออกแบบโดยไม่ได้คำนึงถึงเรื่องสมรรถนะด้านพลังงานโดยไม่ได้คำนวณค่า OTTV RTTV มีการใช้งานช่วงเวลากลางวันมากกว่าช่วงเวลากลางคืน ต้องปรับบรรยากาศภายในอาคารให้อยู่ในสภาวะน่าสบายอยู่เสมอ เพื่อรองรับธรรมชาติของพฤติกรรมการใช้อาคาร สิ่งแวดล้อมโดยรอบของอาคารประกอบด้วยปัจจัยที่นำความร้อนเข้าสู่ตัวอาคารเช่น กองวัสดุสินค้า เครื่องยนต์ Truck Fork Lift Crane Pallet Office Equipments เป็นต้น อีกทั้งการบริหารจัดการของผู้ใช้อาคารที่ไม่คำนึงถึงการประหยัดพลังงานจึงส่งผลให้มีปริมาณการใช้พลังงานของอาคารเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

ปริมาณการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นในอาคารร้าน SCG HOME MART ส่วนมากนั้นมีอยู่ 3 ระบบหลัก คือ ระบบแสงสว่างประดิษฐ์, ระบบอุปกรณ์ไฟฟ้า และ ระบบปรับอากาศ งานวิจัยนี้ได้สำรวจอาคาร SCG HOME MART ทั้ง 93 ร้าน พบว่าข้อมูลการสำรวจ เช่น ลักษณะการออกแบบอาคาร ขนาดอาคาร ลักษณะพื้นที่ใช้สอย ช่วงเวลาการใช้งานของอาคาร สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (WWR) วัสดุประกอบอาคาร เป็นต้น สามารถนำมาใช้อ้างอิงเป็นอาคารกรณีศึกษาได้ทั้งหมด 6 ร้านค้า และทำการเก็บข้อมูลทางด้านอาคารอย่างละเอียดเพื่อใช้เป็นอาคารกรณีศึกษา 1 ร้าน (SCG Baseline) สำหรับการจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 ผลการจำลองอาคารกรณีศึกษา (SCG Baseline) ได้ถูกนำมากำหนดเป็นข้อมูลพื้นฐานการใช้พลังงานเฉลี่ยของอาคาร ณ ปัจจุบัน (SCG Baseline) เพื่อที่จะปรับปรุงการออกแบบอาคารร้านต้นแบบ (New Green HOME MART Proposed Building) ต่อไป ที่สามารถลดการใช้พลังงานลงได้อย่างน้อย 12% อิงเกณฑ์ ASHRAE Baseline โดยเน้นการลงทุนที่มีความคุ้มค่าของการลงทุนที่เพิ่มขึ้น ทำการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) และมูลค่าตลอดอายุการใช้งาน 20 ปี (Life – cycle Cost Analysis)

ผลการวิจัยนี้ได้นำมากำหนดเป็นแนวทางการออกแบบร้าน SCG GREEN HOME MART ต้นแบบ โดยค่าที่ได้จากการจำลองผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นเป็นเกณฑ์ขั้นต่ำ ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ OTTV (The Overall Thermal Transfer Value) ค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังทึบแต่ละด้าน RTTV (The Roof Thermal Transfer Value) ค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคา, ค่าความต้านทานความร้อนของเปลือกอาคาร(R – Value) ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U–Value) และค่า WWR

---

[1] กรีนเน็ตเวิร์ค นิตยสารสำหรับคนรักษ์โลก: Green Building by SCG Elephant Building by SCG อาคารอนุรักษ์พลังงานดีเด่น“ฉลากทอง”, เอกสารเผยแพร่ออนไลน์. http://www.greennetworkthailand.com/system/?p=90, วันที่ 9 มกราคม 2554.

[2] Green Building การประเมินในระบบ LEED, เอกสารเผยแพร่ออนไลน์. http://www.scgexperience.co.th/en/blog/detail.aspx?id=5&post=134, วันที่ 5 เมษายน 2554.

การวิเคราะห์เกณฑ์ขั้นต่ำของค่าดังกล่าวเพื่อที่จะปรับปรุงการออกแบบอาคารร้านต้นแบบ (New Green HOME MART Proposed Building)ให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้อย่างน้อย 12% อิงเกณฑ์ }ASHRAE 90.1 2007 Baseline นั้น ถือเป็นส่วนสำคัญที่สถาปนิกผู้ออกแบบต้องมีความรู้ในการคำนวณค่าตัวแปรและสมการต่างๆมากมาย เพื่อช่วยให้สถาปนิกผู้ออกแบบสามารถนำมาเลือกใช้กับอาคารได้อย่างถูกต้องและสามารถลดระยะเวลาการทำงานของสถาปนิกในขั้นตอนการวิเคราะห์รูปทรงอาคาร วัสดุเปลือกอาคาร และออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานให้สอดคล้องกับเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานของ LEED ดังนั้นในการศึกษาแนวทางการออกแบบอาคารโฮมมาร์ทสีเขียวในงานวิจัยนี้ จึงมีความมุ่งหวังที่จะนำเสนอข้อมูลการเปรียบเทียบการใช้พลังงานระหว่างอาคารกรณีศึกษา SCG HOME MART ที่ไม่มีการเก็บบันทึกหรือออกแบบมาเพื่อประหยัดพลังงาน กับข้อมูลการใช้พลังงานของอาคาร ASHRAE 90.1 2007 Baseline ที่ใช้พลังงานลงจากอาคารกรณีศึกษา SCG HOME MART ได้อย่างน้อย 12% ว่าสามารถควบคุมการลงทุนที่มีความคุ้มค่าของการลงทุนที่เพิ่มขึ้น และวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) และมูลค่าตลอดอายุการใช้งาน 20 ปี (Life – cycle Cost Analysis) ได้อย่างถูกต้อง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1. สร้างแนวทางการออกแบบร้าน SCG HOME MART ต้นแบบที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงานและความคุ้มค่าของการลงทุน และต้องสอดคล้องกับเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานของ LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) จาก US Green Building Council ประเทศสหรัฐอเมริกา (เกณฑ์ LEED New Construction Version 3.0 (2009))

1.2.2. ศึกษาปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานของร้าน SCG HOME MART เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงการออกแบบ

1.2.3. ศึกษาเกณฑ์การประเมินสมรรถนะอาคารอนุรักษ์พลังงานของ LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

1.2.4. ศึกษาประสิทธิภาพการลดพลังงานการใช้พลังงานด้วยการเลือกใช้วัสดุประกอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบปรับอากาศจากการเทียบเกณฑ์มาตรฐานของ ASHRAE90.1 2007

1.2.5. ศึกษาการลงทุนที่มีความเป็นไปได้ของการเลือกใช้วัสดุประกอบอาคาร โดยทำการวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) ในเชิงเศรษฐศาสตร์เมื่อเปรียบเทียบกับอาคารร้าน SCG HOME MART เดิม

1.3 สมมติฐานการวิจัย

ใช้วัสดุประกอบอาคารของเครือ SCG สามารถทำให้ปริมาณการใช้พลังงานลดลง 12 % เทียบเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1.ศึกษาเฉพาะเกี่ยวกับเทคโนโลยีอาคารของร้าน SCG HOME MART เป็นอาคารหลังเดียวในเขตจังหวัดนนทบุรีเท่านั้น โดยไม่ศึกษาเรื่องการตลาด

1.4.2. ศึกษาอาคารร้าน SCG HOME MART ระดับกลาง พื้นที่ตั้งแต่ 1,200-3,000 ตรม.

1.4.3. ศึกษาเฉพาะ Energy & Atmosphere ของเกณฑ์ LEED: NC 2009 ด้วยการจำลองการใช้พลังงานแล้วเปรียบเทียบผลกับผลการวัดจริง ทำการคิดคำนวณการใช้พลังงานของอาคารทั้ง 3 ระบบ คือระบบเปลือกอาคาร, ระบบแสงสว่างประดิษฐ์และระบบอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.4.4.ศึกษาและอิงเกณฑ์ LEED: NC 2009 และ ASHRAE90.1 2007 เท่านั้น

1.5 ข้อจำกัดของการวิจัย

1.5.1.งานวิจัยนี้ทำการจำลองค่าการใช้พลังงานต่างๆด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDoe4.1

1.5.2.ไม่ได้ศึกษาเรื่องการวางทิศทางอาคาร และรูปทรงอาคาร ในการวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารเปรียบเทียบกับทางเลือกการออกแบบต่าง ๆที่เป็นไปได้ เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโครงการ เนื่องจากไม่มีผลต่อเกณฑ์ LEED

1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1. ได้ผลการวิจัยที่นำไปสู่การตัดสินใจของผู้บริหารในอนาคตว่าจะไปหรือไม่ไปตาม LEED

1.6.2. ได้แนวทางการออกแบบอาคารร้าน SCG GREEN HOME MART ที่สอดคล้องกับเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานของ LEED: NC 2009

1.6.3. ได้ประชาสัมพันธ์การรับผิดชอบต่อสังคมถึงการประหยัดพลังงาน (Corporate Social Responsibility: (CSR) ของอาคารร้าน SCG GREEN HOME MART ต้นแบบ

1.6.4. ได้ทราบถึงปัจจัยที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานในอาคารวัสดุก่อสร้าง SCG HOME MART

1.6.5. ได้ทราบถึงการลงทุนที่มีความคุ้มค่าของการลงทุนเพิ่มของการเลือกใช้วัสดุประกอบอาคาร และความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์เมื่อเปรียบเทียบกับ อาคารร้าน SCG HOME MART เดิม

1.6.6. ได้ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานตามนโยบายขององค์กร ผลการวิจัยนำไปสู่แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของ อาคารประเภทเดียวกันอื่น ๆ ต่อไปในอนาคต

1.7 วิธีดำเนินการวิจัย

1.7.1. ศึกษางานวิจัยอื่นๆ และข้อกำหนดต่างๆที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานของการอนุรักษ์พลังงาน

1.7.2. สำรวจเก็บข้อมูลอาคารและข้อมูลการใช้พลังงานภายในอาคารกรณีศึกษาร้าน SCG HOME MART

1.7.3. จำลองการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษา SCG Baseline ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 ผลกำหนดเป็นข้อมูลการใช้พลังงานเฉลี่ยของอาคาร ณ ปัจจุบัน (SCG Baseline)

1.7.4. จำลองการใช้พลังงานของอาคารเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007 Baseline ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1

1.7.5. วิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารโดยศึกษาเปรียบเทียบกับทางเลือกการออกแบบต่าง ๆที่เป็นไปได้ เช่นการเลือกใช้วัสดุประกอบอาคาร, การเลือกใช้ระบบไฟฟ้า, ระบบปรับอากาศ และพื้นที่กระจก เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโครงการ

1.7.6. จำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก NEW SCG 1 เพื่อเปรียบเทียบผลการออกแบบเทียบกับ Base case ตามมาตรฐานของ LEED (ASHRAE 90.1 2007)

1.7.7. จำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก NEW SCG 2 เพื่อเปรียบเทียบผลการออกแบบเทียบกับ Base case ตามมาตรฐานของ LEED (ASHRAE 90.1 2007)

1.7.8. การวิเคราะห์รูปแบบการใช้พลังงาน ตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน การลงทุน และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

1.7.9. สรุปผลและเสนอแนวทางการออกแบบอาคารร้านต้นแบบ (New Green HOME MART)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทำการวิจัยครั้งนี้เพื่อต้องการหาแนวทางการออกแบบในการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารร้านโฮมมาร์ท (SCG HOME MART) ให้สอดคล้องกับเกณฑ์ของ LEED: NC 2009 จึงจำเป็นต้องศึกษาทฤษฎี ข้อมูล ผลงานวิจัย และแนวคิดจากเอกสาร บทความวิชาการต่าง ๆ ซึ่งในบทนี้สามารถจะแยกออกได้เป็น 3 ส่วนของการศึกษาดังนี้

2.1 ศึกษาทฤษฎีต่าง ๆ งานวิจัยอื่นๆ และเอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.2 ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลของอาคารกรณีศึกษาร้าน SCG HOME MART

2.3 ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการพิจารณา

2.1 ศึกษาทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การศึกษากฎหมายควบคุมอาคาร

2.1.1.1 กฎหมายพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานพ.ศ.2552

หมวด 2 การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร เล่ม 126 ตอนที่ 12 ก หน้า 9 – 15 ออกเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2552 ในราชกิจจานุเบกษากฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2552

หมวด 1 ประเภทและขนาดของอาคาร

ข้อ 2 การก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารดังต่อไปนี้ หากมีขนาดพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ต้องมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามกฎกระทรวงนี้

หมวด 2 มาตรฐานและเกณฑ์ในการออกแบบอาคาร

ส่วนที่ 1 ระบบกรอบอาคาร ข้อ 3 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอก และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาในส่วนที่มีการปรับอากาศ

ส่วนที่ 2 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ข้อ 4 การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างภายในอาคาร โดยไม่รวมพื้นที่จอดรถ ต้องให้ได้ระดับความส่องสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทอย่างเพียงพอ และเป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการควบคุมอาคารหรือกฎหมายเฉพาะว่าด้วยการนั้นกำหนด อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับใช้ส่องสว่างภายในอาคารต้องใช้กำลังไฟฟ้าในแต่ละประเภทของอาคารตามค่าที่กฎหมายกำหนด

ส่วนที่ 3 ระบบปรับอากาศ ข้อ 5 ระบบปรับอากาศ ประเภทและขนาดต่าง ๆ ของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งภายในอาคาร ต้องมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น และค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น เป็นไปตามที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

ส่วนที่ 5 การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร ข้อ 7 การขออนุญาตก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคารตามข้อ 2 ที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ในหมวด 2 ส่วนที่ 1 ส่วนที่ 2 หรือส่วนที่ 3 ให้พิจารณาตามเกณฑ์การพิจารณาการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเกณฑ์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารตามวรรคหนึ่ง ต้องมีค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารดังกล่าวต่ำกว่าค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอ้างอิงที่มีพื้นที่การใช้งาน ทิศทาง และพื้นที่ของกรอบอาคารแต่ละด้านเป็นเช่นเดียวกับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง และมีค่าของระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ เป็นไปตามข้อกำหนดของแต่ละระบบ

ส่วนที่ 6 การใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร ข้อ 8 เมื่อมีการใช้พลังงานหมุนเวียนภายในอาคาร ให้ยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้าบางส่วนในอาคารในกรณีที่ระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่มีการออกแบบเพื่อใช้แสงธรรมชาติเพื่อการส่องสว่างภายในอาคารในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคาร ให้ถือว่าไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคารนั้น โดยการออกแบบดังกล่าวต้องเป็นไปตามเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. ต้องแสดงอย่างชัดเจนว่า มีการออกแบบสวิตซ์ที่สามารถเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้กับพื้นที่ตามแนวกรอบอาคาร โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง ต้องมีระยะห่างจากกรอบอาคารไม่เกิน 1.5 เท่าของความสูงของหน้าต่างในพื้นที่นั้น

2. กระจกหน้าต่างตามแนวกรอบอาคารตาม 1) ต้องมีค่าประสิทธิผลของสัมประสิทธิ์การบังแดด (Effective shading coefficient) ไม่น้อยกว่า 0.3 และอัตราส่วนการส่งผ่านแสงต่อความร้อน (Light to solar gain) มากกว่า 1.0 และพื้นที่กระจกหน้าต่างตามแนวกรอบอาคารตาม (1) ต้องไม่น้อยกว่าพื้นที่ผนังทึบ

หมวด 3 หลักเกณฑ์ และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคาร ข้อ 10 หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารตามหมวด 2 ให้เป็นไปตามที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงค่ามาตรฐานดัชนีประสิทธิภาพพลังงานของอาคารประเภทต่างๆ ตามกฎกระทรวง

ดัชนีประสิทธิภาพพลังงานของอาคารประเภทต่างๆ		
ดัชนี	ประเภทอาคาร	ค่ามาตรฐาน
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง วัตต์/ตร.ม. = OTTV (W/m^2)	สำนักงานและสถานศึกษา	50
	โรงแรม โรงพยาบาล และอาคารชุด	30
	ห้างสรรพสินค้าทั้งสองประเภทและอาคารอื่นๆ	40
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา, วัตต์/ตร.ม. = RTTV (W/m^2)	สำนักงานและสถานศึกษา	15
	โรงแรม โรงพยาบาล และอาคารชุด	10
	ห้างสรรพสินค้าทั้งสองประเภทและอาคารอื่นๆ	12
ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ส่องสว่าง, วัตต์/ตร.ม. (W/m^2)	สำนักงานและสถานศึกษา	14
	โรงแรม โรงพยาบาล และอาคารชุด	12
	ห้างสรรพสินค้าทั้งสองประเภทและอาคารอื่นๆ	18
ค่าประสิทธิภาพระบบปรับอากาศขนาดเล็ก	สัดส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)	9.6
ค่าประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นขนาดใหญ่	กำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/RFT)	0.63
ค่าประสิทธิภาพของระบบอื่นๆ ของระบบปรับอากาศขนาดใหญ่	กำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (kW/RFT)	0.5

2.1.1.2 พ.ร.บ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

ประกาศกระทรวงพลังงาน

เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ

การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนระบบต่าง ๆของอาคาร พ.ศ.2552 อาศัยอำนาจตามความในข้อ 10 แห่งกฎกระทรวงกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคารและมาตรฐานหลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 อันเป็นกฎหมายที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิ และเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 33 มาตรา 41 และมาตรา 43 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยใช้อำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงาน จึงออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ในประกาศนี้

“อาคาร” หมายความว่า อาคารตามข้อ 2 ของกฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ซึ่งออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมและการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

“อาคารอ้างอิง“หมายความว่า อาคารที่มีการออกแบบให้มีพื้นที่การใช้งาน ที่ตั้ง ทิศทาง พื้นที่กรอบอาคารแต่ละด้าน และลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกับอาคารที่จะก่อสร้างหรือดัดแปลง โดยอาคารดังกล่าวนั้นเองมีค่าของระบบกรอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศเป็นไปตามข้อกำหนดของแต่ละระบบ

หมวด 1 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของระบบกรอบอาคาร

ส่วนที่ 1 การคำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร

ข้อ 2 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร ให้คำนวณตามหลักเกณฑ์และวิธีการที่กำหนดดังต่อไปนี้

การกำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคาร

มาตรการหนึ่งในกฎกระทรวงที่กำหนดขึ้นเพื่อส่งเสริมให้มีการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร โดยอาศัยคุณสมบัติของการถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคาร คือการกำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารและค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร ในการกำหนดค่าต่าง ๆ ดังกล่าวของอาคาร (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2535) ด้มีการศึกษาค้นคว้าถึงความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้กับอาคารในประเทศไทยซึ่งได้สรุปค่าการถ่ายเทความร้อนของอาคารไว้ในกฎกระทรวงดังนี้

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) การกำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านอกอาคารหรืออีกนัยหนึ่งก็ คือค่า OTTV (Overall Thermal Transfer Value) ในกฎกระทรวงฉบับนี้ได้กำหนดขึ้น โดยจำแนกตามความเก่าใหม่ของอาคาร คำนิยามของอาคารเก่า หมายถึง

อาคารที่ได้ก่อสร้างแล้วเสร็จหรือกำลังก่อสร้างหรือได้ยื่นขออนุญาตก่อสร้างไว้ก่อนวันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม พ.ศ. 2538 จะมีผลบังคับใช้ อาคารใหม่ หมายถึงอาคารที่ยื่นขออนุญาตก่อสร้างหลังวันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดให้อาคารนั้นเป็นอาคารควบคุม ดังนั้นค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารหรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศที่ปรากฏในกฎกระทรวงจึงมี 2 ค่าดังนี้

1) อาคารใหม่ ต้องมีค่าไม่เกิน 45 วัตต์ต่อตารางเมตรของผนังด้านนอก

2) อาคารเก่า ต้องมีค่าไม่เกิน 55 วัตต์ต่อตารางเมตรของผนังด้านนอก

ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศและช่องว่างอากาศ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศบนพื้นผิวของผนังอาคารขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนไหวของอากาศที่บริเวณโดยรอบพื้นผิวของผนังอาคารและค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (Thermal emittance) ของผนังอาคารตามค่าที่กำหนดในดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2. 2 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับผนังอาคาร

ชนิดของผิววัสดุที่ใช้ทำผนัง	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ((m2.oC)/W)	
	ที่ผิวผนังด้านใน (Ri)	ที่ผิวผนังด้านนอก (Ro)
กรณีที่พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.12	0.044
กรณีที่พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.299	

กรณีที่พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง ใช้สำหรับพื้นผิวผนังทั่วไปซึ่งถือว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูงกรณีที่พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ให้ใช้เฉพาะกรณีที่พื้นผิวของผนังอาคารเป็นผิวสะท้อนรังสี เช่น ผนังที่มีการติดแผ่นฟอยล์สะท้อนรังสี เป็นต้น

ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ภายในผนังอาคารขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อนของพื้นผิวของผนังด้านที่ติดอยู่ช่องว่างอากาศตามค่าที่กำหนดในดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ภายในผนังอาคาร

ชนิดของผิววัสดุที่ใช้ทำผนังด้านในช่องว่างอากาศ	ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศตามความหนาของช่องว่างอากาศ ((m2.oC)/W)		
	5 มิลลิเมตร	20 มิลลิเมตร	100 มิลลิเมตร
กรณีที่พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.11	0.148	0.16
กรณีที่พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.25	0.578	0.606

ค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำใช้กับกรณีที่ผิวด้านใดด้านหนึ่ง หรือทั้งสองด้านในช่องว่างอากาศเป็นผิวสะท้อนแสง เช่น กรณีที่มีการติดแผ่นอลูมิเนียมในช่องว่างอากาศเป็นต้น สำหรับในกรณีทั่วไปให้ถือว่าพื้นที่ผิวผนังด้านในช่องว่างอากาศมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง

สำหรับกรณีที่ช่องว่างอากาศภายในผนังมีความหนาระหว่าง 5 มิลลิเมตร ถึง 20 มิลลิเมตรหรือระหว่าง 20 ถึง 100 มิลลิเมตร ให้ใช้วิธีประมาณค่าในช่วงที่ต้องการด้วยวิธีเชิงเส้นตรง (Linear interpolation) เพื่อหาค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่ต้องการ ในกรณีที่ช่องว่างอากาศมีความหนาเกินกว่า 100 มิลลิเมตร ให้ใช้ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่มีความหนา 100 มิลลิเมตร

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) สำหรับการกำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารหรืออีกนัยหนึ่งก็ คือค่า RTTV (Roof Thermal Transfer Value) ในกฎกระทรวงนี้กำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร ทั้งอาคารใหม่และอาคารเก่า ให้มีค่าดังนี้

1) อาคารใหม่ ต้องมีค่าไม่เกิน 25 วัตต์ต่อตารางเมตรของหลังคา

2) อาคารเก่า ต้องมีค่าไม่เกิน 25 วัตต์ต่อตารางเมตรของหลังคา

ตารางที่ 2.4 ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศที่อยู่ระหว่างแผ่นกระจกหรือผนังโปร่งแสง

ความหนาของช่องว่างอากาศ(mm)	ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ((m^2.C)/W)	
	พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	พื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ
13	0.119	0.345
10	0.11	0.278
7	0.097	0.208
6	0.091	0.196
5	0.084	0.167

2.1.1.3 กฎกระทรวงกำหนดกระจกเพื่อการอนุรักษ์พลังงานพ.ศ. 2552

อาศัยอำนาจตามความในมาตร 6 วรรคสอง และมาตรา 23 วรรคหนึ่ง (3) และวรรคสาม แห่งพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 อันเป็นกฎหมายที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 33 มาตรา 41 และมาตรา 43 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงพลังงานโดยคำแนะนำของคณะกรรมการยโนบายพลังงานแห่งชาติออกกฎกระทรวงไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ในกฎกระทรวงนี้

“กระจก” หมายความว่า กระจกที่ใช้เป็นส่วนประกอบของผนังด้านนอกของอาคารที่ช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน โดยการลดความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านกระจก และส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากการนำแสงธรรมชาติเพื่อการส่องสว่างภายในอาคาร

“ค่ามาตรฐานพลังงาน” หมายความว่า ค่าประสิทธิภาพของกระจกโดยกำหนดค่าในรูปของค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์

“ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์” หมายความว่า ค่าตัวประกอบการคูณปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบกระจก ซึ่งใช้บ่งบอกความสามารถในการยอมให้ปริมาณความร้อนเนื่องจากรังสีอาทิตย์ส่งผ่านเนื้อกระจกที่รวมถึงรังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านโดยตรงและความร้อนที่ถ่ายเทจากเนื้อกระจกโดยการนำ การพา และการแผ่รังสีความร้อน

“ค่าการส่องผ่านของแสงธรรมชาติต่อค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์” หมายความว่า ค่าสัดส่วนที่แสงในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นสามารถส่องผ่านกระจก

ข้อ 2 กระจกเพื่อการอนุรักษ์พลังงานจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ไม่มากกว่า และมีค่าการส่องผ่านของแสงธรรมชาติต่อค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ไม่น้อยกว่าค่ามาตรฐานพลังงานที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด ทั้งนี้ โดยคำนึงถึงสภาพเศรษฐกิจ นโยบายด้านพลังงานของรัฐบาล ความพร้อมของการผลิตและจำหน่ายกระจก ตลอดจนการส่งเสริมและช่วยเหลือผู้ผลิตและผู้จำหน่ายกระจก ค่ามาตรฐานพลังงาน ให้กำหนดดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ค่ามาตรฐานพลังงานของกระจกเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์	0.55-0.30
ค่าการส่งผ่านของแสงธรรมชาติต่อค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์	1.20-0.60

ข้อ 3 การทดสอบหาค่ามาตรฐานพลังงานกระจก ต้องกระทำโดยหน่วยงานที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

ข้อ 4 การคำนวณ มาตรฐาน และวิธีการทดสอบหาค่ามาตรฐานพลังงานของกระจกให้ใช้ตามมาตรฐาน ISO 9050 และ ISO 10292

2.1.1.4 **หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว (ฉบับร่าง- มิถุนายน 2552) เฉพาะหมวด EA**

หมวดที่ 4 การใช้พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere)

EA P1 การประกันคุณภาพอาคาร: มีแผนการตรวจสอบและปรับแต่ง (บังคับ) ระบบอย่างต่อเนื่องโดยบุคคลที่สาม

วัตถุประสงค์ เพื่อยืนยันว่าระบบที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานของอาคารได้รับการติดตั้งอย่างถูกต้องตามแบบและข้อกำหนดประกอบแบบ

สิ่งที่ต้องดำเนินการ ต้องมีการดำเนินการหลัก ใน 6 เรื่องดังต่อไปนี้

1. แต่งตั้งผู้ทดสอบและปรับแต่งระบบที่เป็นบุคคลที่สาม เพื่อทำหน้าที่จัดการทบทวนและควบคุมการทดสอบและปรับแต่งระบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1. ผู้ทดสอบและปรับแต่งระบบ ต้องมีหลักฐานแสดงประสบการณ์ทำงานที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบและปรับแต่งระบบประกอบอาคารไม่น้อยกว่า 2 อาคาร

1.2. ผู้ทดสอบและปรับแต่งระบบ ต้องมีการทำงานที่เป็นอิสระจากผู้ออกแบบและผู้ควบคุมงานก่อสร้าง

1.3.ผู้ทดสอบและปรับแต่งระบบ ต้องรายงานผลการตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะโดยตรงกับเจ้าของโครงการ

2. เจ้าของโครงการต้องมีเอกสารเป็นลายลักษณ์อักษร แสดงความต้องการของเจ้าของโครงการ และผู้ออกแบบต้องจัดให้มีเอกสาร แสดงแนวคิดและเจตนารมณ์ในการออกแบบ ทั้งนี้ผู้ทดสอบและปรับแต่งระบบต้องศึกษาเอกสารดังกล่าวให้เข้าใจอย่างชัดเจน โดยเจ้าของโครงการและผู้ออกแบบต้องปรับแก้ไขเอกสารทั้งสองให้มีข้อมูลที่ทันสมัยตลอดเวลา

3. รวบรวมความต้องการในการทดสอบและปรับแต่งระบบ และแสดงรายละเอียดต่าง ๆ ไว้ในเอกสารงานก่อสร้าง

4. จัดทำและทำตามแผนการตรวจสภาพอาคารที่เป็นระบบ

5. รับรองการติดตั้งและสมรรถนะของระบบที่ทำการทดสอบและปรับแต่ง

6. จัดเตรียมรายงานผลการทดสอบและปรับแต่งระบบฉบับสมบูรณ์

การทดสอบและปรับแต่งระบบที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในอาคาร อย่างน้อยต้องครอบคลุมระบบดังต่อไปนี้

1. ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว (ฉบับร่าง – มิถุนายน 2552) หน้า 29 / 67

2. ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

3. ระบบทำน้ำร้อนของอาคาร (สำหรับโครงการประเภทโรงแรมและโรงพยาบาล)

4. ระบบผลิตพลังงานจากพลังงานทดแทน (หากมี)

<u>แนวทางการดำเนินการ</u> เจ้าของโครงการต้องจัดหาผู้ทดสอบและปรับแต่งระบบที่มีประสบการณ์และความชำนาญในลักษณะงานดังต่อไปนี้

1. งานออกแบบ ติดตั้ง และใช้งานระบบที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน

2. งานบริหารจัดการควบคุมการทดสอบและปรับแต่งระบบที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน

ควรให้ผู้ทดสอบมีส่วนร่วมกับกระบวนการออกแบบให้เร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อให้ผู้ทดสอบมีส่วนในการวางแผน และร่าง ความต้องการของเจ้าของโครงการ ตลอดจนช่วยตรวจสอบ เอกสารแสดงแนวคิดและเจตนารมณ์ในการออกแบบ เพื่อให้มีความสอดคล้องกันตั้งแต่เริ่มแรก

หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว (ฉบับร่าง – มิถุนายน 2552) หน้า 30 / 67

<u>EA1</u> การตรวจสอบและพิสูจน์ผลเพื่อยืนยันการประหยัดพลังงาน: มีแผนการตรวจสอบและพิสูจน์ผล (1 คะแนน)

<u>วัตถุประสงค์</u> จัดให้มีแผนเพื่อการตรวจสอบและพิสูจน์ผลการใช้พลังงานของอาคารเพื่อให้อาคารมีการประหยัดพลังงานจริงตามที่ได้คำนวนและจำลองสภาพไว้

สิ่งที่ต้องดำเนินการ

1. จัดให้มีแผนการตรวจสอบและประเมินผลการใช้พลังงานที่สอดคล้องกับ International Performance Measurement & Verification Protocol (IPMVP) Volume III : Concepts and Options for Determining Energy Saving in New Construction : Option D: Calibrated Simulation (Saving Estimation Method 2) หรือ Option B : Energy Conservation Measure Isolation.

2. แผนที่จะทำการตรวจสอบและประเมินผลต้องดำเนินการตลอดระยะเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี ภายหลังการก่อสร้างแล้วเสร็จ

แนวทางการดำเนินการ อาคารต้องจัดให้มีแผนการตรวจสอบและประเมินผลการใช้พลังงาน พร้อมกับติดตั้งเครื่องวัดการใช้พลังงานจริงอย่างเพียงพอที่จะใช้ในการตรวจสอบการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นจริงตามหลักการตรวจสอบและประเมินผลการใช้พลังงานที่สอดคล้องกับ IPMVP ซึ่งใน Option D ได้กำหนดวิธีการประเมินผลการใช้พลังงานจริงโดยใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์(ควรเป็นแบบจำลองเดียวกับ EA 2) เพื่อเปรียบเทียบกับผลการใช้พลังงานจริงทำการปรับแต่งแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ให้ค่าพลังงานมีความสอดคล้องกันกับค่าที่ได้จากการวัดจริงทั้งนี้เพื่อให้สามารถนำแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ไปใช้ในการวิเคราะห์ทางเลือกในการประหยัดพลังงานของอาคาร ในกรณีอาคารเป็นอาคารเล็กหรือมีความซับซ้อนน้อย IPMVP: OptionB กำหนดว่าสามารถเลือกการตรวจสอบเป็นระบบต่างๆ แล้วใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์หรือแบบจำลองอื่นๆของแต่ละระบบในการเปรียบเทียบ จากนั้นทำการปรับค่าในแบบจำลองให้สอดคล้องกับค่าพลังงานของระบบต่างๆ

หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว (ฉบับร่าง – มิถุนายน 2552) หน้า 31 / 67

EA 2 ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (16 คะแนน)

วัตถุประสงค์ พัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารให้ได้ดีกว่าอาคารมาตรฐาน ASHRAE 90.1-2004 หรือ กฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2552 ภายใต้ พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 หรือ การเทียบค่าจากการประเมินอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อมหรืออาคารติดฉลาก (TEEAM) เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดมาจากการใช้พลังงาน

สิ่งที่ต้องดำเนินการ

ทางเลือกที่ 1 ใช้ whole building simulation โดยใช้ กฎกระทรวงกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2552 เป็นเกณฑ์ โดยเทียบคะแนนได้จาก ตารางที่ 2.6

ทางเลือกที่ 2 ใช้ proposed และ baseline energy simulation จาก ASHRAE 90.1-2004 Appendix G เป็นเกณฑ์ซึ่งใช้ได้กับภูมิอากาศของประเทศไทย โดยเทียบคะแนนได้จาก ตารางที่ 2.6

ทางเลือกที่ 3 ใช้การเทียบค่าจากอาคารที่ผ่านการประเมินอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อมหรืออาคารติดฉลาก (TEEAM) เป็นเกณฑ์ โดยเทียบคะแนนได้จาก ตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 การเทียบคะแนนการประหยัดพลังงานโดยใช้ทางเลือกต่างๆ

คะแนน	กฎกระทรวงพ.ศ. 2552 (ค่าพลังงาน)	ASHRAE 90.1-2004 Appendix G (ค่าใช้จ่ายพลังงาน)	คะแนนการประเมินอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานและเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อมหรืออาคารติดฉลาก (TEEAM)
2	5	5	45
4	6-10	6-10	46-50
6	11-15	11-15	56-55
8	16-20	16-20	61-65
10	21-25	21-25	66-70
12	26-30	26-30	71-75
14	31-35	31-35	-
16	36-40	36-40	-

หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว (ฉบับร่าง – มิถุนายน 2552) หน้า 32 / 67

แนวทางการดำเนินการ ผู้ออกแบบอาคารต้องคำนึงถึงการออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพทางด้านพลังงานสูง โดยมีการออกแบบและเลือกใช้ระบบเปลือกอาคาร ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงาน ที่เหมาะสมกับภูมิอากาศและมีประสิทธิภาพสูงกว่ามาตรฐานทั่วไป เพื่อให้อาคารมีการใช้พลังงานรวมต่ำกว่าอาคารอ้างอิงตามข้อกำหนดการใช้พลังงานตามกฎหมายสำหรับอาคารสร้างใหม่ตามทางเลือกที่กำหนดไว้

หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว (ฉบับร่าง – มิถุนายน 2552) หน้า 33 / 67

EA 3 สารทำความเย็นในระบบปรับอากาศที่ไม่ทำลายชั้นบรรยากาศ (1 คะแนน)

วัตถุประสงค์ ลดการใช้สารทำความเย็นที่ทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ

สิ่งที่ต้องดำเนินการ ไม่ใช้สาร CFC ในเครื่องปรับอากาศทุกเครื่องที่ใช้สารความเย็นมากกว่า 0.3 กิโลกรัม ขึ้นไป เครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็นที่น้อยกว่า 0.3 กิโลกรัม ให้ถือเป็นข้อยกเว้นในกรณีที่อาคารใหม่มีการต่อเติมเข้ากับอาคารเก่า (ที่มีการประเมินอาคารเก่าร่วมด้วย) อาคารเก่าต้องเปลี่ยนสารทำความเย็นด้วยให้เป็นแบบไม่ใช้สาร CFC

แนวทางการดำเนินการ ระบบปรับอากาศในอาคารต้องไม่ใช้สารทำความเย็นประเภท CFC ที่ทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ

หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว (ฉบับร่าง – มิถุนายน 2552) หน้า 34 / 67

EA 4 การใช้พลังงานทดแทน ไม่น้อยกว่า ร้อยละ0.5 ของปริมาณค่าใช้จ่ายพลังงานในอาคาร (1 คะแนน) ใช้พลังงานทดแทน ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 1 ของปริมาณค่าใช้จ่ายพลังงานในอาคาร (1 คะแนน)

วัตถุประสงค์ ให้ความสำคัญกับการใช้พลังงานหมุนเวียน เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสังคมที่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล

สิ่งที่ต้องดำเนินการ ใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อผลิตพลังงานใช้ในโครงการ เช่น เซล แสงอาทิตย์ เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานชีวมวล เป็นต้น ให้ได้ร้อยละ 0.5-1 ต่อปี ของค่าใช้จ่ายพลังงานในอาคาร ที่อาจคำนวณได้จาก แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์จากข้อ EA 2

แนวทางการดำเนินการ อาคารควรมีการติดตั้งระบบผลิตพลังงานหมุนเวียน เช่น เซลล์ แสงอาทิตย์ ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลมเพื่อผลิตไฟฟ้า เครื่องทำน้ำร้อน พลังงานชีวมวล เป็นต้น กับอาคาร หรือในบริเวณโครงการ ให้ได้ตามปริมาณที่กำหนด ซึ่งอาจสามารถขายกลับสู่ระบบสายส่ง/จำหน่ายของการไฟฟ้าฯ

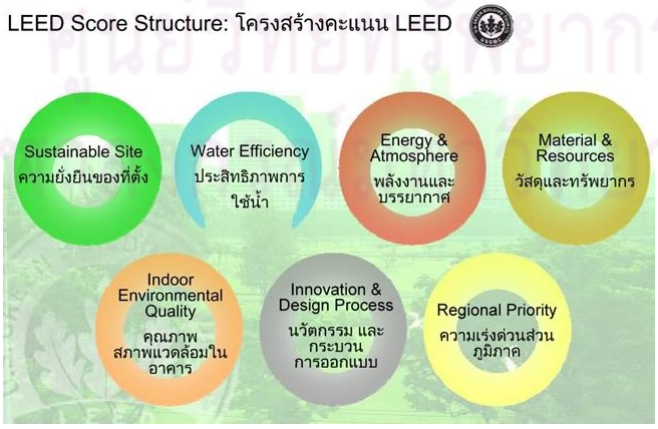
2.1.1.5 **ศึกษาเกณฑ์** Green Building Standards **ของ** LEED (**เกณฑ์** LEED New Construction Version 3.0 (2009)) **และศึกษาเกณฑ์** Green Building Standards **ของ** ASHRAE 90.1 2007: www.ashrae.org

เกณฑ์การประเมินอาคารเขียวระดับนานาชาติ LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) โดยสภาอาคารเขียวแห่งสหรัฐอเมริกา(US Green Building Council)

LEED 2009 for Retail: New Construction and Major Renovations Project Checklist

วัตถุประสงค์ของการจัดทำ LEED เพื่อให้มีหลักเกณฑ์ที่สามารถชี้วัดสถานะความเป็นอาคารเขียวของอาคารต่าง ๆ องค์ประกอบที่ถูกพัฒนามาจากกรอบนิยามอาคารเขียวโดยได้แบ่งหมวดหมู่คะแนนเป็น 6 ด้านอันได้แก่

1. ความยั่งยืนของที่ตั้ง (Sustainable Site)
2. ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Efficency)
3.พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere)
4. ทรัพยากรและวัสดุ (Material and Resources)
5. สภาพแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environmental Quality)
6. นวัตกรรมและกระบวนการออกแบบ (Innovation and Design Process)



รูปภาพที่ 2.1: แสดงโครงสร้างคะแนน LEED

ที่มา: http://s1018.photobucket.com/albums/af308/akitnak/Leed/?action=view&164;t=Leed_intro_b55f_chatuwat-6.pjg., 29 มกราคม 2554

ในแต่ละองค์ประกอบจะมีหัวข้อคะแนนต่าง ๆ ที่มีความเป็นรูปธรรมในการกำหนดคุณลักษณะของอาคารเขียว หัวข้อคะแนนแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่หัวข้อคะแนนภาคบังคับ และหัวข้อคะแนนปกติในการผ่านเกณฑ์การประเมินต้องผ่านเกณฑ์การประเมินต้องผ่านเกณฑ์คะแนนภาคบังคับทั้งหมด และผ่านเกณฑ์คะแนนปกติจนมีคะแนนผ่านระดับการรับรอง ซึ่งเป็นระดับต่ำสุด (Certifiled) หากอาคารสามารถทำคะแนนเพิ่มขึ้นได้ถึงระดับที่กำหนด ได้รับรองในระดับเงิน (Silver) ทอง (Gold) และ เพลตตินั่ม (Platinum) ตามลำดับ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเฉพาะ ข้อที่ 3 คือพลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere)

ตารางที่ 2.7 แสดงหัวข้อกำหนดที่ต้องดำเนินการตามมาตรฐานด้านพลังงานของ LEED: NC 2009

			Energy and Atmosphere	Possible Points:	35
Y			Prereq 1	Fundamental Commissioning of Building Energy Systems	
Y			Prereq 2	Minimum Energy Performance	
Y			Prereq 3	Fundamental Refrigerant Management	
			Credit 1	Optimize Energy Performance	1 to 19
			Credit 2	On-Site Renewable Energy	1 to 7
			Credit 3	Enhanced Commissioning	2
			Credit 4	Enhanced Refrigerant Management	2
			Credit 5	Measurement and Verification	3
			Credit 6	Green Power	2

ความตื่นตัวในด้านอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมเกิดขึ้นทั่วโลก LEED: (Leadership in Energy and Environmental Design) หรือความเป็นผู้นำในการออกแบบทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมจากอาคารเขียวสู่การประเมิน LEED สถาปนิกไทยคุ้นเคยกับการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานและสิ่งแวดล้อมมาเป็นเวลานานในลักษณะของอาคารเขียว ซึ่งเกิดขึ้นจากองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ทรัพยากร มลภาวะ และสภาพแวดล้อมภายในอาคาร ทั้งสามองค์ประกอบนี้เกิดขึ้นจากธรรมชาติของการใช้งานอาคาร [1]

[1] LEED : http://s1018.photobucket.com/albums/af308/akitnak/Leed/?action=view&164;t=Leed_intro_b55f_chatuwat-6.pjg. (29 มกราคม 2554 - 21:40:00)

รูปภาพที่ 2.2: แสดงองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบ ที่เกิดขึ้นจากธรรมชาติของการใช้งานอาคาร

ที่มา: http://s1018.photobucket.com/albums/af308/akitnak/Leed/?action=view&164;t=Leed_intro_b55f_chatuwat-6.pjg., 29 มกราคม 2554

สำหรับผู้ที่ทำการประเมินด้านพลังงานสำหรับอาคาร LEED จะพบว่าความคาดหวังของคนในสังคมต่ออาคารที่ได้ LEED ว่าจะประหยัดพลังงานได้จริงจะเป็นไปไม่ได้ 100% เพราะ LEED คือวิธีการรับรองอาคารที่ได้ถูกออกแบบก่อสร้างมาโดยการตั้งสมมติฐานการใช้อาคารหนึ่ง ๆ ซึ่งเมื่ออาคารเปิดใช้จริง รูปแบบการใช้สอยหลังอาคารเปิดใช้อาจจะไม่เป็นไปตามนั้นเลย ซึ่งหากจะใช้วิธีนำผลการวัดการใช้พลังงานจริงของอาคารมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานจะเกิดปัญหาตามมาอีกเพราะกว่าได้ตรา LEED มาติดอาคารมันอาจจะช้าเกินไปที่จะดึงดูดความสนใจของลูกค้าเข้ามาเช่าอาคาร หรือซื้ออาคาร[2] นั่นคือที่มาของความพยายามประเมินประสิทธิผลทางด้านการประหยัดพลังงานของอาคารที่ได้รับรอง LEED ในประเทศสหรัฐอเมริกาโดยสถาบัน New Buildings Institute (NBI) ที่ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้พลังงานจริงของอาคารที่ได้ LEED โดยความร่วมมือจากสภาอาคารเขียวของสหรัฐอเมริกา (US Green Building Council) NBI ได้นำข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารที่ได้รับรอง LEED จำนวน 121 อาคาร ในทุกระดับ ตั้งแต่ Certified Silver Gold และ Platinum ค่าการใช้พลังงานจริงของอาคารถูกเก็บในรูปแบบ EUI หรือ Energy Utilization Index (kWh/m^2.Yr) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานรวมของอาคารตลอดทั้งปี โดยนำมาเปรียบเทียบกับผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารในเอกสารเมื่อครั้นอาคารนั้น ๆ ยื่นขอ LEED แล้วนอกจากนี้ ยังนำค่าที่ได้เปรียบเทียบ (Benchmark) กับฐานข้อมูลอาคารมากกว่า 5 พันอาคารที่ได้สำรวจในอเมริกา หรือเรียกว่า CBECS (Commercial Building Energy Consumption Surveys) สำรวจในปี 2003

---

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร กรรมการบริหารสถาบันอาคารเขียวไทย, ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเขียว LEED (MainC tohveemr estor, ภูมิปัญญาวิศวกรไทย ร่วมใจเพื่อสังคม: ปีที่ 63 ฉบับที่ 3 พฤษภาคม-มิถุนายน 2553)

ก่อนที่จะไปวิเคราะห์หาเหตุผลว่าทำไมอาคาร LEED จำนวนมากจึงไม่ประหยัดพลังงานตามที่คาดการณ์ไว้เมื่อตอนยื่นขอรับประเมินช่วงออกแบบอาคาร และหลายอาคารกลับใช้พลังงานมากกว่าที่คาดการณ์ไว้ถึง 2-3 เท่า คงต้องทำความเข้าใจก่อนว่า เกณฑ์ของ LEED ทางด้านประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
พลังงานเป็นอย่างไร ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนดังนี้

1. ประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากการออกแบบและใช้จริง (Performance Rating)
2. การประกันประสิทธิภาพงานระบบอาคาร (Commissioning)
3. การตรวจวัดผลการประหยัดพลังงาน (Measurement & Verification)

ในลำดับแรก Performance Rating การประเมินประสิทธิภาพทางด้านพลังงานของ LEED แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ขึ้นอยู่ว่าจะเป็นอาคารใหม่ (New Buildings) หรืออาคารเดิม (Existing Buildings) ถ้าเป็นอาคารใหม่ จะกำหนดให้ทำการจำลองการใช้พลังงาน (Energy Simulation) ของอาคารที่กำลังออกแบบ (Proposed design) และนำผลมาเปรียบเทียบกับผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง (Baseline design) โดยอาคารอ้างอิงนี้จะมีลักษณะที่เหมือนกันกับอาคารที่กำลังออกแบบ แต่มีเปลือกอาคาร ระบบแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 (Energy Standards for Buildings except Low-rise Residential Buildings) ทั้งนี้จะบังคับให้ทั้งสองกรณีมีค่าการใช้พลังงานจากอุปกรณ์ไฟฟ้าไม่ต่ำกว่า 25% ของการใช้พลังงานรวมทั้งอาคาร ซึ่งหากอาคารที่กำลังออกแบบมีผลการจำลองการใช้พลังงานออกมาดีกว่า หรือประหยัดกว่าอาคารอ้างอิงที่ออกแบบตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 นี้ เป็นปริมาณอย่างน้อย 12% ก็จะได้คะแนนผ่านขั้นต่ำ และจะได้คะแนนมากขึ้นไปเรื่อย ๆ ตามปริมาณผลประหยัดที่ทำได้ ทั้งหมดนี้จะต้องทำการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถจำลองการใช้พลังงานรายชั่วโมงตลอดทั้งปี โดยอาศัยไฟล์ข้อมูลอากาศมาตรฐานจากกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งโปรแกรมเหล่านั้นได้แก่ DOE-2 หรือ EnergyPlus ซึ่งตัวอย่าง Baseline ของการออกแบบเปลือกอาคารตาม ASHRAE 90.1 2007 สำหรับโซนภูมิอากาศของประเทศไทย (Climate zone 1: hot-humid) จะเป็นดังนี้

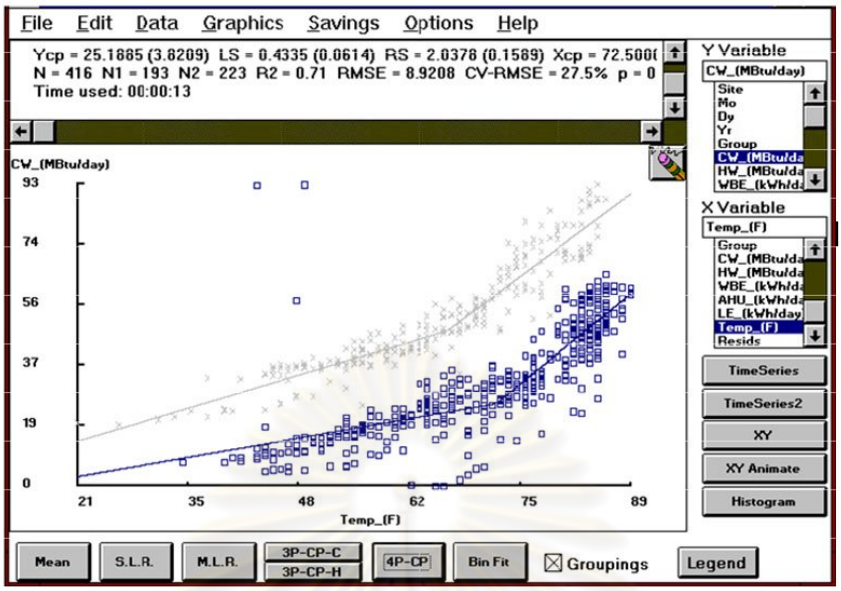
- Opaque roof: ค่า U ของวัสดุหลังคาไม่เกิน 0.36 Watt/m2.C (เทียบเท่าฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว)
- Skylight: พื้นที่ไม่เกิน 5% ของหลังคา. ค่า U ของผนังไม่เกิน 10.76 Watt/m2.C. ค่า SHGC ของกระจก Skylight อยู่ระหว่าง 0.19 – 0.36
- Vertical wall: มีอัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนัง หรือ WWR ไม่เกิน 40%
- Opaque wall: ค่า U ของผนังเบาไม่เกิน 0.642 Watt/m2.C (เทียบเท่าฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว) ถ้าเป็นผนัง Mass ให้มีค่าไม่เกิน 3.29 Watt/m2.C (เทียบเท่าผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน)
- Vertical glazing: ค่า Uของกระจก ไม่เกิน 6.81 Watt/m2.C. (เทียบเท่ากระจก 6 มม) ค่าSHGC ของกระจก ไม่เกิน 0.25 (เทียบเท่ากระจก Low-e หรือ Reflective)

สำหรับอาคารเก่า (Existing Building) LEED ไม่กำหนดให้ต้องทำการจำลองการใช้พลังงานใด ๆ จึงไม่ได้อ้างอิงมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 แต่ให้แสดงหลักฐานข้อมูลว่าอาคารมีการใช้พลังงานจากการวัดจริงดีกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศ ซึ่งต้องสูงกว่า Median ไม่น้อยกว่า 21th percentile (หรือหากตีความง่าย ๆ ก็คือปริมาณการใช้พลังงานต้องอยู่อันดับเปอร์เซนไทล์ที่ 71 ขึ้นไป และจะได้คะแนนสูงสุด 18 คะแนน หากได้ถึง

95th เปอร์เซนไทล์) โดยข้อมูลจะต้องเป็นข้อมูลวัดจริงเป็นเวลาอย่างน้อย 12 เดือนย้อนหลัง ซึ่งสำหรับประเทศไทย จะพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นเนื่องจากฐานข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารในประเทศไทยยังไม่มีการสำรวจเก็บข้อมูลอย่างจริงจัง เท่าที่มีก็จะเป็นการจัดทำ Specific Energy Consumption (SEC) ที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้เคยทำไว้ เพื่อหา Baseline EUI ในหน่วย kWh/m^2.yr เท่านั้น ซึ่งยังต้องทำการศึกษากันต่อไป เพราะหากจะต้องทำการจัด Percentile Rank จะต้องมีจำนวนข้อมูลกลุ่มตัวอย่างมากกว่านี้

ในลำดับสอง การประกันประสิทธิภาพงานระบบอาคาร (Commissioning) LEED กำหนดให้มีการทำ Commissioning หรืออาจจะเรียกว่า การประกันประสิทธิภาพด้านพลังงานของระบบอาคาร โดยความหมายของ Commissioning นี้ก็คือ “The process of verifying and documenting that the facility and all of its systems and assemblies are planned, designed, installed, tested, operated, and maintained to meet Owner’s Project Requirements” หรือความหมายสั้น ๆ ก็คือหากอาคารได้รับการออกแบบให้ประหยัดพลังงานตามที่ตั้งเป้าไว้แล้ว จะต้องมีกระบวนการที่จะประกันว่าการติดตั้ง การทดสอบระบบ รวมทั้งการดูแลรักษา ว่าเป็นไปตามที่ตั้งเป้าไว้เพื่อให้การประหยัดพลังงานจะสามารถเกิดขึ้นได้จริง มิใช่แค่อยู่ในแบบหรือรายการคำนวณเท่านั้น ซึ่งในกรณีของประเทศไทย จะเกิดปัญหาในรายละเอียดของการดำเนินการตั้งแต่เรื่องจำนวนของบริษัท Commissioning ที่มีอยู่จำกัด และที่สำคัญอย่างยิ่งคือในกระบวนการออกแบบอาคาร จะมีการจัดจ้าง Commissioning เข้ามาร่วมในช่วงการออกแบบน้อยมาก

ในลำดับสาม การตรวจวัดผลการประหยัดพลังงาน (Measurement & Verification) LEED กำหนดเกี่ยวกับการประเมินผลการประหยัดพลังงาน หลังจากอาคารได้รับการออกแบบ ก่อสร้าง ติดตั้ง ทดสอบ และดูแลบำรุงรักษาแล้ว ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงานอย่างยั่งยืนก็คือ Measurement & Verification (M&V) ซึ่ง LEED กำหนดให้ใช้มาตรฐานของ IPMVP (International Performance Measurement & Verification Protocol) เพื่อให้อาคารจัดทำแผนการตรวจวัดการใช้พลังงาน เพื่อนำผลการวัดไปจัดทำ Baseline การใช้พลังงานจริงหลังจากอาคารเปิดใช้งาน ทั้งนี้เพราะเมื่ออาคารมี Baseline การใช้พลังงานจริงของอาคารเองแล้ว (ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามที่ออกแบบไว้แต่ต้น) จะเป็นประโยชน์อย่างมากในอนาคตเมื่ออาคารต้องทำการปรับปรุง อัพเกรด หรือปรับเปลี่ยนการใช้สอย แล้วจะสามารถ Verify ผลการประหยัดพลังงานได้โดยการเปรียบเทียบ Pre-retrofit และ Post-retrofit energy consumption โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากการทำการปรับปรุงอาคารเป็นการว่าจ้างบริษัท ESCO (Energy Service Contractor) โดยใช้รูปแบบ Performance Contract ที่จ่ายค่าที่ปรึกษาเป็นสัดส่วนกับค่าการประหยัดที่ทำได้ ทั้งนี้ LEED กำหนดว่าแผนการทำ M&V จะต้องทำภายใน 1 ปี หลังก่อสร้างอาคารแล้วเสร็จ แต่กลับไม่มีการตรวจสอบว่าอาคารได้ทำจริงกันสักแค่ไหน เพราะ 1 ปีแรกหลังสร้างเสร็จ อาคารหลายหลังยังอยู่ช่วง Tune up



รูปภาพที่2.3: ตัวอย่างการทำ M&V เพื่อเปรียบเทียบ Pre-retrofit baseline use และ Post-retrofit use ด้วยวิธี Changepoint regression โดยอาศัยข้อมูลการใช้พลังงานที่ได้จากการวัดจริงที่อาคาร

ที่มา: A. Sreshthaputra, J. Haberl, and D. Claridge (2001)

EA ตอนที่ 1 พื้นฐานการว่าจ้างของอาคารในส่วนของระบบพลังงานที่ต้องการกระบวนการสำหรับระบบพลังงานที่เกี่ยวข้องมีดังต่อไปนี้

- ระบบเครื่องปรับอากาศ, เครื่องทำความเย็น (HVAC& R), เครื่องทำความร้อน ,ระบบ (เครื่องจักรกลและพาสซีฟ) และการควบคุมที่เกี่ยวข้อง
- ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและแสงธรรมชาติ
- ระบบน้ำร้อน
- ระบบพลังงานทดแทน (เช่นลม, แสงอาทิตย์)

คู่มืออ้างอิงสำหรับการออกแบบอาคารสีเขียว LEED, 2009 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ความต้องการของเจ้าของโครงการ
- เกณฑ์ในการออกแบบ
- การมอบหมายให้ทำแผน
- ข้อกำหนดการให้เปอร์เซ็นต์
- เอกสารประกอบการตรวจสอบการปฏิบัติงาน
- การมอบหมายให้ทำรายงาน

EA ข้อกำหนดส่วนที่ 2 ประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ

จัดเป็นระดับต่ำสุดของประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับอาคารที่เสนอและระบบเพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานที่มากเกินไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์

OPTION 1 ทำการจำลองการใช้พลังงานของอาคาร แสดงให้เห็นถึงการลดการใช้พลังงานลง 10% ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการให้คะแนนของอาคารสำหรับอาคารที่เสนอใหม่ หรือ 5% ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร การให้คะแนนที่นำเสนอสำหรับการปรับปรุง เพื่อเป็นข้อมูลการใช้พลังงานพื้นฐานในการคำนวณการให้คะแนนการปฏิบัติงานตามวิธีการสร้างประสิทธิภาพการให้คะแนนในภาคผนวก G ของ ANSI / ASHRAE / IESNA Standard 90.1-2,007 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสภาพการใช้พลังงานของโครงการทั้งหมด

ภาคผนวก G ของมาตรฐาน 90.1-2,007 ต้องใช้พลังงานที่กระทำการวิเคราะห์ประสิทธิภาพสำหรับการสร้างวิธีการให้คะแนน รวมค่าใช้จ่ายพลังงานทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับโครงการอาคาร เพื่อให้บรรลุถึงจุดโดยใช้เกณฑ์นี้ในการออกแบบที่ต้องนำเสนอคุณสมบัติตามเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- ปฏิบัติตามข้อบัญญัติบังคับ (มาตรา 5.4, 6.4, 7.4, 8.4, 9.4 และ 10.4) ในมาตรฐาน 90.1-2007
- การใช้พลังงานที่เกี่ยวข้องกับโครงการอาคาร
- การเปรียบเทียบกับการสร้างพื้นฐานที่สอดคล้องกับภาคผนวก G ของมาตรฐาน 90.1-2007 เริ่มต้นการประหยัดพลังงานเป็น 25% ของค่าใช้จ่ายพลังงานทั้งหมดในการสร้างพื้นฐาน ถ้าต้นทุนพลังงานของอาคารขั้นตอนน้อยกว่า 25% ของฐานอาคารประหยัดพลังงาน, LEED ต้องมีเอกสาร substantiating ที่ปัจจัยการผลิตพลังงานกระบวนการที่มีความเหมาะสม
- เพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์พลังงาน มีการพิจารณารวมอุปกรณ์สำนักงานเบ็ดเตล็ดทั่วไป, คอมพิวเตอร์ ลิฟท์และบันไดเลื่อน, การทำอาหารในครัวและเครื่องทำความเย็น ซักอบรีดซักผ้าและอบแห้ง, เรื่องของแสงธรรมชาติได้รับการยกเว้น (เช่นแสงรวมถึงอุปกรณ์ทางการแพทย์) และอื่น ๆ (เช่นเครื่องสูบน้ำตก)
- พลังงานที่มีการควบคุมรวมถึงแสง การทำความร้อนระบายอากาศและเครื่องปรับอากาศ (HVAC) เมื่อนำระบบ HVAC ที่มีอยู่มาใช้ดำเนินการสินค้าคงคลังในการระบุอุปกรณ์ที่ใช้สารทำความเย็นที่ใช้สาร CFC และจัดให้มีการเปลี่ยนกำหนดการสำหรับสารทำความเย็นเหล่านี้ สำหรับอาคารใหม่ๆให้ระบุอุปกรณ์ HVACชนิดใหม่เป็นพื้นฐานที่ใช้สารทำความเย็นที่ไม่มีสาร CFC ทีมงานของโครงการอาจทำตามวิธีการคำนวณพิเศษ (ANSI / ASHRAE / IESNA Standard 90.1-2,007 G2.5)

EA เกณฑ์ที่ส่วน 1 ประสิทธิภาพพลังงานเพิ่มประสิทธิภาพ 1-19 คะแนน

วัตถุประสงค์ เพื่อให้เพิ่มระดับของประสิทธิภาพพลังงานเกินกว่ามาตรฐานที่จำเป็นเพื่อลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานที่มากเกินไป

ข้อกำหนด เลือก 1 จาก 3 ทางเลือกแนวทางการปฏิบัติตามที่อธิบายไว้ด้านล่าง ทีมงานของโครงการการบันทึกข้อมูลผลสัมฤทธิ์โดยใช้ทางเลือกหนึ่งในนั้นจะถือว่าเป็นไปตามเงื่อนไขของ

EA เกณฑ์ส่วนที่ 2 ประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ

ทางเลือกที่ 1 จำลองการใช้พลังงานทั้งอาคาร (1-19 คะแนน)

แสดงเปอร์เซ็นต์การปรับปรุงในอัตราส่วนประสิทธิภาพอาคารที่นำเสนอเปรียบเทียบกับอัตราส่วนประสิทธิภาพของอาคารต้นแบบ. คำนวณประสิทธิภาพอาคารต้นแบบตาม ภาคผนวก G ของ ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007 โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองแบบจำลองสำหรับโครงการทั้งอาคาร เปอร์เซ็นต์การลดการใช้พลังงานต่ำสุดสำหรับแต่ละจุดของเกณฑ์ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 แสดงเปอร์เซ็นต์ไทน์การลดการใช้พลังงานตั้งแต่ต่ำสุดสำหรับจุดแต่ละจุดของอาคาร

อาคารใหม่	อาคารเก่า	คะแนนการปรับปรุง
12%	8%	1
14%	10%	2
16%	12%	3
18%	14%	4
20%	16%	5
22%	18%	6
24%	20%	7
26%	22%	8
28%	24%	9
30%	26%	10
32%	28%	11
34%	30%	12
36%	32%	13
38%	34%	14
40%	36%	15
42%	38%	16
44%	40%	17
46%	42%	18
48%	44%	19

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก G ของมาตรฐาน 90.1-2007 กำหนดให้การวิเคราะห์พลังงานดำเนินการเพื่อสร้างวิธีการให้คะแนนประสิทธิภาพของอาคาร รวมถึงค่าใช้จ่ายพลังงานทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับโครงการอาคาร เพื่อให้บรรลุคะแนนตามเครดิตนี้การออกแบบที่นำเสนอต้องมีคุณสมบัติตามเกณฑ์ดังต่อไปนี้

ทางเลือกที่ 1หรือ ทางเลือกที่ 2 กำหนดให้ใช้เกณฑ์ของ ASHRAE 90.1 2007 ในการออกแบบประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำ (1 คะแนน)

เกณฑ์มาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 ในการออกแบบประสิทธิภาพทางด้านพลังงาน กำหนดให้ปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ของภูมิอากาศต้องสอดคล้องกับที่ตั้งของโครงการ

แนวทางที่ 1. เกณฑ์การออกแบบพลังงาน ASHRAE สำหรับอาคารสำนักงานขนาดเล็ก ปี คศ. 2004 อาคารต้องมีคุณสมบัติตามข้อกำหนด ดังนี้

- มีพื้นที่น้อยกว่า 20,000 ตร.ฟุต
- ใช้เพื่อเป็นสำนักงาน

แนวทางที่ 2. เกณฑ์การออกแบบพลังงาน ASHRAE สำหรับอาคารค้าปลีกขนาดเล็ก ปี คศ. 2006 อาคารต้องมีคุณสมบัติตามข้อกำหนด ดังนี้

- มีพื้นที่น้อยกว่า 20,000 ตร.ฟุต
- ใช้เพื่อการค้าปลีก

แนวทางที่ 3. เกณฑ์การออกแบบพลังงาน ASHRAE สำหรับอาคารคลังสินค้าขนาดเล็กปี คศ. 2008 อาคารต้องมีคุณสมบัติตามข้อกำหนด ดังนี้

- มีพื้นที่น้อยกว่า 50,000 ตร.ฟุต
- ใช้เพื่อเป็นคลังสินค้า หรือเก็บของ

ทางเลือกที่ 3. แนวทางที่กำหนดให้ Advanced Buildings™ Core Performance™ Guide (1-3 คะแนน) กำหนดโดยพัฒนาสถาบันอาคารแนวใหม่ (The New Buildings Institute) อาคารต้องมีคุณสมบัติตามข้อกำหนด ดังนี้

- มีพื้นที่น้อยกว่า 100,000 ตร.ฟุต
- ปฏิบัติตามมาตราที่ 1: กลยุทธ์กระบวนการออกแบบ และมาตราที่ 2: เจาะจงประสิทธิภาพข้อกำหนด
- สถานดูแลสุขภาพ, คลังสินค้า หรือโครงการห้องปฏิบัติการไม่เข้าข่ายนี้คะแนนที่จะได้รับภายใต้เกณฑ์ทางเลือกที่ 3 (1 คะแนน)

1 คะแนน ให้สำหรับทุกโครงการ (อาคารสำนักงาน โรงเรียน สถานที่ชุมนุมสาธารณะ และอาคารค้าปลีก) ที่มีพื้นที่น้อยกว่า 100,000 ตร.ฟุต ที่เป็นไปตามมาตรา 1 และ 2 ของเกณฑ์ประสิทธิภาพแกนกลาง (the Core Performance Guide)

2 คะแนน ให้สำหรับโครงการที่ใช้กลยุทธ์ประสิทธิภาพตามที่ระบุไว้ในมาตรา 3 เพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน สำหรับทุก 3 กลยุทธ์ที่ได้ดำเนินการในส่วนนี้จะได้รับ 1 คะแนน กลยุทธ์ต่อไปนี้ได้ถูกกำหนดโดยด้านอื่นของ LEED และไม่มีสิทธิ์รับแต้มเพิ่มเติมภายใต้ EA Credit 1

- ระบบหลังคาเย็น
- ระบบการระบายอากาศกลางคืน
- การว่าจ้างเพิ่มเติม

เทคโนโลยี่ และกลยุทธ์ที่มีศักยภาพ

การออกแบบระบบเปลือกอาคาร และระบบอาคารเพื่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นสูงสุด. ใช้แบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อประเมินประสิทธิภาพพลังงาน และระบุมาตรการที่ประหยัดค่าใช้จ่ายที่สุดที่ให้พลังงานอย่างพอเพียง. ประสิทธิภาพพลังงานเชิงปริมาณเมื่อเทียบกับอาคารพื้นฐาน หากมีข้อบังคับท้องถิ่นได้แสดงให้เห็นในเชิงปริมาณ และลายลักษณ์อักษรเทียบเท่าดังนี้ ในเกณฑ์น้อยที่สุดตามมาตรฐานกรมพลังงานของสหรัฐอเมริกา(The US.Department of Energy (DOE)) ดำเนินการสำหรับการกำหนดข้อบังคับพลังงานเชิงพาณิชย์ ผลของการวิเคราะห์นั้นอาจจะถูกใช้เชื่อมโยงข้อบังคับท้องถิ่นปฏิบัติการด้วย ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007รายละเอียดของกระบวนการ DOEสำหรับการกำหนดหลักเกณฑ์พลังงานเชิงพาณิชย์สามารถค้นหาได้ที่ http://www.energycodes.gov/implement/determinations_ com.stm

EA Credit 2: พลังงานทดแทนบริเวณที่ตั้ง 1-7 คะแนน

วัตถุประสงค์ เพื่อสนับสนุนและตระหนักถึงระดับที่เพิ่มขึ้นของพลังงานหมุนเวียนบริเวณที่ตั้ง อุปทานตัวเองเพื่อลดสิ่งแวดล้อมและผลกระทบทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากซากพืชและสัตว์

ข้อกำหนด ใช้ระบบพลังงานหมุนเวียนเพื่อชดเชยค่าใช้จ่ายพลังงานอาคาร. คำนวณประสิทธิภาพโครงการโดยการแสดงพลังงานที่ผลิตโดยระบบหมุนเวียนเป็นร้อยละของค่าใช้จ่ายด้านพลังงานประจำปีของอาคาร และใช้ตารางด้านล่างเพื่อตรวจสอบจำนวนคะแนนที่ประสบความสำเร็จ.

ใช้ค่าการใช้พลังงานในอาคารประจำปีคำนวณ

EA Credit 1: เพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินการพลังงาน หรือฐานข้อมูลการสำรวจการใช้พลังงานอาคารพาณิชย์ของกระทรวงพลังงานสหรัฐอเมริกา เพื่อตรวจสอบประมาณการใช้ไฟฟ้า ร้อยละพลังงานหมุนเวียนขั้นต่ำสำหรับเกณฑ์แต่ละจุดมีดังนี้

ร้อยละพลังงานทดแทน	คะแนน
1%	1
3%	2
5%	3
7%	4
9%	5
11%	6
13%	7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีและกลยุทธ์ที่มีศักยภาพ

ประเมินโครงการสำหรับไม่ก่อเกิดมลพิษและศักยภาพพลังงานหมุนเวียนรวมถึง พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานใต้พื้นดิน พลังน้ำผลกระทบต่ำ พลังงานชีวมวล และพลังงานก๊าซชีวภาพ. เมื่อประยุกต์ใช้กลยุทธ์เหล่านี้เพื่อใช้ประโยชน์จากการวัดแสงสุทธิกับสิ่งอำนวยความสะดวกของท้องถิ่น

EA Credit 2: พลังงานทดแทนบริเวณที่ตั้ง 2 คะแนน

วัตถุประสงค์ ในการเริ่มต้นกระบวนการการมอบหมายในช่วงต้นของกระบวนการออกแบบ และปฏิบัติกิจกรรมเพิ่มเติมภายหลังการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบเสร็จสมบูรณ์

ข้อกำหนด ทำให้เป็นผลหรือมีการทำสัญญาในสถานที่ที่จะใช้ดังต่อไปนี้เพิ่มเติมการมอบหมายให้ทำกิจกรรมกระบวนการนอกเหนือไป จากความต้องการของ EA ภาคบังคับที่ 1 พื้นฐานการว่าจ้างของระบบพลังงานอาคารและตามคู่มืออ้างอิงของ LEED สำหรับการออกแบบและก่อสร้างอาคารเขียวพิมพ์ปีค ศ.2009 ก่อนที่จะเริ่มระยะการจัดทำเอกสารระบุผู้มีอำนาจที่มอบหมายอิสระ เพื่อนำทาง ตรวจสอบและกำกับดูแลการเสร็จสิ้นของกิจกรรมกระบวนการว่าจ้างทั้งหมด

เทคโนโลยีและกลยุทธ์ที่มีศักยภาพ

แม้ว่าจะเป็นที่พึงประสงค์ที่ CxA ได้รับสัญญาจากเจ้าของสำหรับเครดิตการมอบหมายให้ทำเพิ่ม CxA อาจจะได้รับสัญญาผ่านทางบริษัทออกแบบหรือบริษัทบริหารการก่อสร้างที่ไม่ได้ถือสัญญาการก่อสร้าง.คู่มืออ้างอิงของ LEED สำหรับการออกแบบและการก่อสร้างอาคารเขียว พิมพ์ปีคศ.2009 (The LEED Reference Guide for Green Building Design and Construction, 2009 Edition) ได้ให้คำแนะนำรายละเอียดเกี่ยวกับความคาดหวังที่ยากลำบากของกิจกรรมที่ดำเนินการดังต่อไปนี้

- การว่าจ้างตรวจสอบการออกแบบ
- การว่าจ้างตรวจสอบการยื่นขออนุมัติ
- เกณฑ์ของระบบ

EA เกณฑ์ที่ 3 ประสิทธิภาพพลังงานเพิ่มประสิทธิภาพ 2 คะแนน

วัตถุประสงค์ เพื่อลดความสูญเสียโอโซนและการสนับสนุนการปฏิบัติเบื้องต้นกับ Montreal Protocol ในขณะที่ลดการมีส่วนร่วมโดยตรงในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ข้อกำหนด

ทางเลือกที่ 1ไม่ใช้สารทำความเย็น หรือ ทางเลือกที่ 2 คัดเลือกสารทำความเย็นและทำความร้อน การระบายอากาศ การปรับอากาศ และการทำความเย็น (HVAC &R) เครื่องมือที่ลดหรือยกเลิกการปล่อยสารที่ช่วยในการพร่องโอโซนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อาคารพื้นฐาน HVAC &R เครื่องมือต้องปฏิบัติตามสูตรต่อไปนี้.ซึ่งได้ตั้งเกณฑ์สูงสุดสำหรับการช่วยเหลือรวมถึงการลดลงของโอโซนและภาวะโลกร้อนที่อาจเกิดขึ้น

LCGWP + LCODP x 105 ≤ 100

คำจำกัดความการคำนวณสำหรับ LCGWP + LCODP x 105 ≤ 100

LCODP = [ODPr x (Lr x Life +Mr) x Rc]/Life

LCGWP = [GWPr x (Lr x Life +Mr) x Rc]/Life

LCODP วงจรชีวิตของศักยภาพการลดลงของโอโซน (lb CFC 11/Ton-Year)

LCGWP วงจรชีวิตของศักยภาพสภาวะโลกร้อนโดยตรง (lb CO2/Ton-Year)

GWPr : ศักยภาพสภาวะโลกร้อนของน้ำยาทำความเย็น (0 to 12,000 lb CO2/lbr)

ODPr : ศักยภาพการพร่องโอโซนของสารทำความเย็น (0 to 0.2 lb CFC 11/lbr)

Lr : อัตราการรั่วไหลของสารทำความเย็น (0.5% ถึง 2.0% เริ่มต้นจาก 2% ยกเว้นกรณีที่แสดงให้เห็นเป็นอย่างอื่น)

Mr : การสูญเสียจากการหมดอายุของสารทำความเย็น (2% ถึง 10% เริ่มต้นจาก10% ยกเว้นกรณีที่แสดงให้เห็นเป็นอย่างอื่น)

Rc : รายจ่ายของสารทำความเย็น (0.5 to 5.0 lbs of refrigerant per ton of Gross ARI rated cooling capacity)

Life : อายุของเครื่องมือ (10 ปี: ขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์นอกจากแสดงให้เห็นเป็นอย่างอื่น) สำหรับความหลากหลายของอุปกรณ์, ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของอาคารพื้นฐานอุปกรณ์ HVAC&R ต้องถูกนำมาคำนวณโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\frac{(LCGWP + LCODP \times 105) \times Qunit}{Qtotal \leq 100}$$

คำจำกัดความการคำนวณสำหรับ [(LCGWP + LCODP x 105) x Qunit] / Qtotal ≤100

Qunit = อัตราส่วน ARI สุทธิของสมรรถนะการทำความเย็นของ HVACเฉพาะรายหรือหน่วยการทำความเย็น (ตัน)

Qtotal = ผลรวมสุทธิ ARI จัดลำดับสมรรถนะการทำความเย็นของ HVACทั้งหมดหรือการทำความเย็นหน่วย HVAC ขนาดเล็ก (ที่บรรจุสารทำความเย็นน้อยกว่า 0.5 ปอนด์) และอุปกรณ์อื่นๆ ตัวอย่างเช่น เครื่องทำความเย็นมาตรฐาน เครื่องทำความเย็นน้ำขนาดเล็กและอุปกรณ์ทำความเย็นอื่นๆที่บรรจุสารทำความเย็นน้อยกว่า 0.5 ปอนด์ นั้นไม่ถือเป็นส่วนของระบบอาคารพื้นฐานและจะไม่อยู่ภายใต้ข้อกำหนดของเครดิตนี้ ห้ามใช้งานหรือติดตั้งระบบดับเพลิงที่บรรจุสารทำลายโอโซน ตัวอย่างเช่น ไฮโดรคลอโรฟลูโรคาร์บอน (HCFC) หรือฮาลอน

เทคโนโลยีและกลยุทธ์ที่มีศักยภาพ

การออกแบบและการใช้งานสิ่งอำนวยความสะดวกโดยไม่ต้องระบายความร้อนเชิงกลและอุปกรณ์การทำความเย็น สถานที่ที่ใช้การทำความเย็นเชิงกล ใช้ให้เป็นประโยชน์กับพื้นฐานอาคารระบบ HVAC&R สำหรับวงจรการทำความเย็นที่ลดผลกระทบโดยตรงกับลดการทำลายโอโซนและเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของโลก

เลือกอุปกรณ์ HVAC&Rกับค่าใช้จ่ายสารทำความเย็นลดลงและยืดอายุของอุปกรณ์ การรักษาอุปกรณ์เพื่อป้องกันการรั่วไหลของสารทำความเย็นสู่ชั้นบรรยากาศ การใช้ระบบดับเพลิงที่ไม่ได้บรรจุ HCFC และฮาลอน

EA เครดิตที่ 4: ประสิทธิภาพพลังงานเพิ่มประสิทธิภาพ 3 คะแนน

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ความรับผิดชอบอย่างต่อเนื่องของการใช้พลังงานอาคารในช่วงนอกเวลาทำงาน.

ข้อกำหนด

ทางเลือกที่ 1 พัฒนาและดำเนินการวัดและและการตรวจสอบ (M & V) แผนสอดคล้องกับตัวเลือก D การตรวจวัดการจำลอง (การประมาณค่าการออม วิธีที่ 2) ตามที่ได้ระบุใน the International Performance Measurement & Verification Protocol (IPMVP) Volume III: แนวความคิดและทางเลือกสำหรับ Determining Energy Savings in New Construction, April 2003. ช่วงเวลาของ M&V ต้องครอบคลุมอย่างน้อย 1ปีของการเข้าใช้หลังการก่อสร้าง เตรียมกระบวนการสำหรับดำเนินการแก้ไขถ้าผลของแผน M&V บ่งชี้ว่าการประหยัดพลังงานไม่ประสบผลสำเร็จ

เทคโนโลยีและกลยุทธ์ที่มีศักยภาพ

การพัฒนาแผน M & V การประเมินอาคาร และ/ หรือประสิทธิภาพของระบบพลังงานอธิบายลักษณะของอาคาร และ/ หรือระบบพลังงานผ่านการจำลองพลังงานหรือการวิเคราะห์เชิงวิศวกรรม ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดที่จำเป็นเพื่อวัดพลังงานที่ใช้ ติดตามประสิทธิภาพโดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่คาดหวังกับประสิทธิภาพจริงแยกตามส่วนประกอบหรือระบบตามความเหมาะสม.ประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่แท้จริงกับประสิทธิภาพการทำงานพื้นฐาน. ขณะที่ IPMVP อธิบายถึงการดำเนินการที่เฉพาะเจาะจงเพื่อตรวจสอบการประหยัดที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบค่าการอนุรักษ์พลังงาน (ECMs) และกลยุทธ์ ค่าเครดิตนี้ของ LEED ขยายไปถึงวัตถุประสงค์IPMVP M & Vตามแบบฉบับ การตรวจวัดและกิจกรรมการตรวจสอบจะไม่จำเป็นต้อง จำกัด อยู่กับระบบพลังงานที่ ECMs หรือกลยุทธ์การอนุรักษ์พลังงานได้ถูกนำไปใช้ IPMVP ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับกลยุทธ์ของ M & V และการประยุกต์ใช้ที่เหมาะสมสำหรับสถานการณ์ที่แตกต่างกัน กลยุทธ์เหล่านี้ควรจะใช้ร่วมกับการตรวจสอบและแนวโน้มการเข้าสู่ระบบของระบบพลังงานที่สำคัญเพื่อให้การรับผิดชอบอย่างต่อเนื่องของการสร้างประสิทธิภาพพลังงานอาคาร

สำหรับขั้นตอนการดำเนินการแก้ไขให้พิจารณาวินิจฉัยการติดตั้งภายในระบบการควบคุมเพื่อแจ้งเตือนเจ้าหน้าที่เมื่ออุปกรณ์ไม่ได้ถูกดำเนินการได้อย่างดีที่สุด. เงื่อนไขที่อาจรับประกันสัญญาณเตือนเพื่อแจ้งเตือนเจ้าหน้าที่อาจรวมถึง

- การรั่วของวาล์วในขดลวดทำความเย็นและทำความร้อนภายในหน่วยควบคุมอากาศ (air handling units)
- โอกาสความผิดพลาดของตัวประหยัดเชื้อเพลิง (เช่น ความผิดพลาดจากการควบคุมแผงกั้นของตัวประหยัดเชื้อเพลิง)

- ซอฟท์แวร์และการควบคุมด้วยมือยินยอมให้อุปกรณ์สามารถดำเนินการ 24ชั่วโมงต่อวัน/ 7วันต่อสัปดาห์

- การใช้งานอุปกรณ์ระหว่างสถานการณ์ไม่ปกติ (เช่น ขณะใช้หม้อต้มน้ำเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกสูงกว่า 65 °F)

นอกจากการวินิจฉัยการควบคุมพิจารณาการว่าจ้างการบริการว่าจ้างย้อนหลังหรือเจ้าหน้าที่ที่อุทิศตัวเพื่อสอบสวนการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น (อย่างเช่นเจ้าหน้าที่ที่โดยปกติจะเป็นผู้จัดการการอนุรักษ์ทรัพยากร) ดูรายละเอียดเพิ่มเติมที่ http://www.energy.state.or.us/rcm/rcmhm.htm)

EA เกณฑ์ที่ 5 ประสิทธิภาพพลังงานเพิ่มประสิทธิภาพ 2 คะแนน

วัตถุประสงค์ เพื่อสนับสนุนการพัฒนาและการใช้งานแหล่งที่มาของตาราง เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนตามเกณฑ์มลพิษสุทธิเป็นศูนย์

ข้อกำหนด มีส่วนร่วมในการทำสัญญาพลังงานหมุนเวียนอย่างน้อย 2 ปีเพื่อจัดหาอย่างน้อย 35% ของกระแสไฟฟ้าของอาคารมาจากแหล่งที่มาทดแทน. ตรงกับข้อกำหนดเพื่อรับรองผลิตภัณฑ์ที่กำหนดไว้โดย The Center for Resource Solutions' Green-e Energy การจับจ่ายทั้งหมดของพลังงานเขียวควรจะอยู่บนพื้นฐานคุณภาพของการบริโภคพลังงานไม่ใช้ค่าใช้จ่าย

ทางเลือกที่ 1ตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าเกณฑ์พื้นฐานใช้การบริโภคกระแสไฟฟ้าประจำปีจากผลลัพธ์ของ

EA Credit 1: ประสิทธิภาพพลังงานที่เหมาะสม หรือ ทางเลือกที่ 2 ประมาณการการใช้กระแสไฟฟ้าเกณฑ์พื้นฐานใช้ข้อมูลพื้นฐานของ the U.S. Department of Energy's Commercial Buildings Energy Consumption Surveyเพื่อเพื่อตรวจสอบประมาณการการใช้ไฟฟ้า

เทคโนโลยีและกลยุทธ์ที่มีศักยภาพ

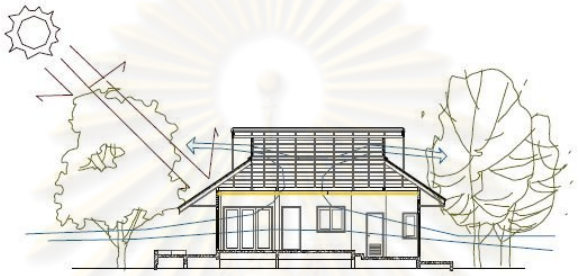
กำหนดความต้องการพลังงานของอาคารตรวจสอบโอกาสที่จะเกี่ยวข้อวกับการทำสัญญาพลังงานเขียว พลังงานเขียวได้มาจาก พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม พลังงานใต้พื้นดิน พลังงานชีวมวล หรือพลังน้ำผลกระทบต่ำ พลังงานชีวมวล แวะชม http://www.green-e. org /energy สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรม Green-e Energy. ผลิตภัณฑ์พลังงานเขียวถูกจับจ่ายเพื่อให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของเครดิตไม่ใช่ความต้องการอยู่ในการรับรองของ Green-e Energy แหล่งที่มาอื่นๆของพลังงานเขียวจะน่าเลือกถ้าพวกเขาพึงพอใจข้อกำหนดทางเทคนิคของโปรแกรม Green-e Energy ใบรับรองพลังงานทดแทน (RECs) ใบรับรองการหมุนเวียนการแลกเปลี่ยน (TRCs) ฉลากเขียว และรูปแบบอื่นๆของพลังงานสีเขียวที่สอดคล้องกับข้อกำหนดทางเทคนิคของโปรแกรม Green-e Energy อาจจะมีการใช้เอกสารการยินยอมกับเครดิตนี้

2.1.2 ศึกษาทฤษฎีต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ

จากการศึกษาถึงสัดส่วนความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารที่พักอาศัยของการไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จะพบว่าพลังงานที่ใช้ไปกับระบบปรับอากาศมีสัดส่วนที่สูงที่สุด โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล จึงเป็นเหตุให้จำเป็นต้องศึกษาว่าทำอย่างไรถึงจะทำให้ช่วย

ลดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปกับระบบปรับอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด เนื่องจากเมืองไทยเป็นประเทศที่อยู่ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น แนวทางหนึ่งที่จะช่วยลดค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบปรับอากาศก็คือการป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร สำหรับบ้านพักอาศัยนั้น ก็มีหลายแนวทาง อาทิ

- การสร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อม
- การป้องกันความร้อนให้กับเปลือกอาคาร
- การเลือกใช้การระบายอากาศภายในอาคารอย่างเหมาะสม



รูปภาพที่ 2.4 แสดงการป้องกันและลดความร้อนเข้าสู่อาคาร

ที่มา : เอกสารเผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงานของอาคารซึ่งในที่นี้หมายถึงพลังงานไฟฟ้า “การเลือกใช้วัสดุประกอบอาคาร” นั้น มีทฤษฎีที่ใช้ในการคำนวณดังนี้ ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละพื้นที่ และมีขั้นตอนการใช้งานอย่างถูกวิธี ดังนี้

การถ่ายเทความร้อนสู่อาคาร

ความร้อนที่อยู่ภายในอาคารมาจากแหล่งกำเนิดความร้อน 2 ส่วน หลักๆ คือ ความร้อนจากภายนอก และความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารเอง โดยทั่วไปส่วนมากแล้ว ความร้อนรวมในอาคารจะมาจากภายนอกมากกว่าและเป็นความร้อนที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ โดยการส่งผ่านความร้อนจะมาจากตัวกลางหลายชนิดมาสู่อาคาร และความร้อนเหล่านั้นก็จะส่งผ่านทางเปลือกอาคารสู่ภายในอีกขั้นหนึ่ง ซึ่งในเรื่องของการถ่ายเทความร้อนสู่อาคาร จะมีการกล่าวถึงประเด็นหัวข้อที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- ที่มาของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร
- อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์
- คุณสมบัติความเป็นฉนวน
- การถ่ายเทความร้อน
- การเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงาน
- ภาระความร้อนและระบบปรับอากาศ

ที่มาของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร ประกอบด้วย

1) ความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายในอาคาร (Internal Heat Gain: Qi) เป็นความร้อนที่อาจเกิดได้ทั้งจากคน หรือมาจากอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ภายในอาคาร เช่น ความร้อนจากหลอดไฟฟ้า ตู้เย็น เป็นต้น

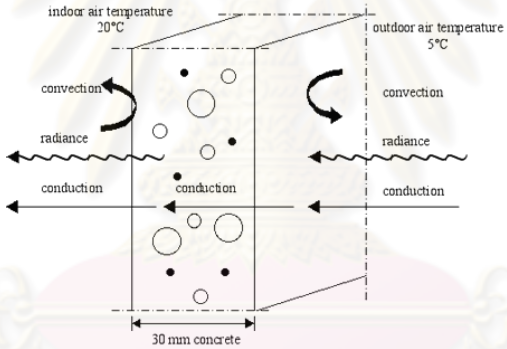
2) ความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายนอกอาคาร (External Heat Gain) เป็นความร้อนที่จะเกิดจากอิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์ ดังนี้

2.1) Conduction Heat Gain / Loss (Qc): การนำความร้อน ซึ่งอาจเกิดได้ทั้งการนำความร้อนเข้ามาภายในอาคารหรือการสูญเสียความร้อนสู่ภายนอกโดยตัวนำความร้อน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับ ของอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร โดยความร้อนจะถ่ายเทจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าเสมอ

2.2) Solar Radiation (Qs) : การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ในกรณีของประเทศไทยที่ตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรจะได้รับผลกระทบจากรังสีดวงอาทิตย์เป็นอย่างมาก

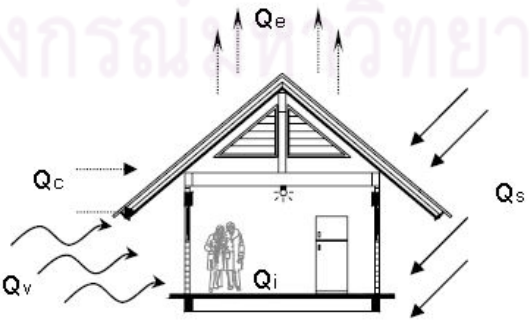
2.3) Ventilation Heat Gain / Loss (Qv) : ความร้อนที่มาจากการระบายอากาศ จะมีลักษณะคล้ายกับการนำความร้อนแต่จะมีตัวกลางในการพาความร้อนมาโดยอากาศ ซึ่งจะมีความเกี่ยวข้องกับทิศทางและความเร็วของกระแสลมด้วย

2.4) Evaporative Heat Loss (Qe) : การระเหยหรือความร้อนที่กลายเป็นไอ และในขณะที่เกิดการระเหยจำเป็นจะต้องใช้พลังงาน (ความร้อน) ในการเปลี่ยนสถานะ ทำให้สามารถช่วยลดความร้อนในบริเวณนั้นได้



รูปภาพที่ 2.5 แสดงพฤติกรรมของคุณสมบัติของหลักการถ่ายเทความร้อน

ที่มา : เอกสารเผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน



รูปภาพที่ 2.6 แสดงความร้อนที่เข้าสู่อาคาร

ที่มา : เอกสารเผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

คุณสมบัติของวัสดุที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนและความเป็นฉนวน

1) ความสามารถในการต้านทานความร้อน (Resistivity) ค่าการต้านทานความร้อน หรือ ค่า R-Value จะเป็นค่าที่บอกถึงอัตราส่วนระหว่างความหนาของวัสดุตามแนวที่ความร้อนไหลผ่านกับความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุ กรณีที่วัตถุซ้อนกันหลายชั้น ค่าความต้านทานความร้อนรวมจะเท่ากับผลบวกของค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุที่กำหนดแต่ละชั้นรวมกัน และค่าการต้านทานความร้อนจะมีความสัมพันธ์กับค่าการนำความร้อนแบบเป็นส่วนกลับกัน กล่าวคือ ถ้าค่าการต้านทานความร้อนสูง วัสดุนั้นก็จะมีค่านำความร้อนต่ำค่าการต้านทานความร้อน หรือ ค่า “R-Value” สามารถหาคำนวณได้จาก

$$R = 1 / C = \Delta X / K$$

เมื่อ R = ค่าการต้านทานความร้อน (Resistivity - m^2K / Watt)

C = ค่าความจุความร้อน (Thermal Capacity - W / m^2K or J / kg.K)

ΔX = ความหนาของชิ้นวัสดุที่นำมาพิจารณา

K = ค่าการนำความร้อน (Conductivity - W / mK)

K_g คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุกระจกและผนังโปร่งแสง มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อเมตร – องศาเซลเซียส (W/(m.$^{\circ}$C))

2) การนำความร้อน (Conductivity) การนำความร้อน หรือ ค่า K–Value สามารถบอกถึงความสามารถในการนำความร้อนของวัสดุเพียงชนิดเดียว โดยวัดค่าในรูปของอัตราปริมาณความร้อนไหลต่อหน่วยเวลาจากจุดระยะทางหนึ่งถึงอีกจุดหนึ่งที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันต่อหน่วยพื้นที่หน้าตัดที่ไหลผ่านและหน่วยวัดอุณหภูมิวัดเป็น Wm/m^2 K = W/m.K (หรือ W/m^0 C) โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ในการนำความร้อน (K – Value) ของวัสดุแต่ละชนิดจะแตกต่างกันมาก เช่น ฉนวนใยแก้วมีค่า 0.03 W/m.K ของทองแดงมีค่า 384 W/m.K

การศึกษาการถ่ายเทความร้อนของเปลือกอาคารจริงการคิดค่าการนำความร้อนของเปลือกอาคารย่อมแตกต่างกันไปตามความหนา และกลุ่มวัสดุที่ประกอบเข้ามาเป็นผนังแต่ละชั้นรวมถึงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฟิล์มอากาศทั้งภายนอกและภายในอาคารด้วยในการศึกษาค่าการนำความร้อนรวมของวัสดุเปลือกอาคารจึงจำเป็นต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนรวม หรือ ค่า U เข้ามาใช้ในการคำนวณ

3) ค่าสัมประสิทธิการถ่ายเทความร้อน (coefficient of heat transmission, U) ค่า U-Value ของผิวอาคาร แต่ละชนิดสามารถคำนวณจากการหาค่า R แต่ละชนิดของวัสดุ ชั้นฟิล์มอากาศและช่องอากาศภายใน จากนั้นก็รวมค่า R และหาส่วนกลับ

$U = 1 / \Sigma R$ หน่วยเป็น $W / m^2. K$

ความจุความร้อน (Heat Capacity)

ค่าความจุความร้อน คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้วัสดุหนึ่งหน่วยปริมาตร หรือพื้นที่ผิวหนึ่งหน่วยพื้นที่ มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศา มีหน่วยเป็น Kcal/m^3 $^{\circ}$C สำหรับกรณีที่คิดค่าความจุความร้อนของวัสดุในหน่วยปริมาตร (C_V) และมีหน่วยเป็น Kcal/m^2 $^{\circ}$C สำหรับการคิดค่าความจุความร้อนของผนัง (C_W) ค่าความจุความร้อนของวัสดุสามารถหาได้จากสมการ

$C = \rho S$ ..... (Givoni, 1969)

C หมายถึง ค่าความจุความร้อนของวัสดุหรือของผนัง (Kcal/m^3 °C หรือ Kcal/m^2 °C)

ρ หมายถึง ความหนาแน่นของวัสดุหรือของผนัง (kg/m^3 หรือ kg/m^2)

S หมายถึง ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ (Specific Heat) มีหน่วยเป็น kcal/kg°C

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (Thermal Transfer)

เป็นค่าที่ใช้แสดงความร้อนทั้งหมดที่ผ่านเข้ามาภายในอาคาร ซึ่งอาจเรียกอีกอย่าง ว่าค่า"Q" สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่าง สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน พื้นที่ทั้งหมดที่มีการรับแสงแดด และ ค่าความต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร

$$Q = U.A.\ \Delta T$$

เมื่อ Q = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (W / m^2 .°C)

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

A = พื้นที่ทั้งหมดที่มีการรับแสงแดด (m^2)

ΔT = ค่าความต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคาร (°C)

การคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร สามารถแบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ส่วน เพื่อให้สะดวกต่อการกำหนดค่า คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) และเมื่อนำทั้งสองส่วนมารวมกันก็จะได้เป็นค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารทั้งหมด

การคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (Overall Thermal Transfer Value, OTTV) หมายถึง ดัชนีในการแสดงปริมาณความร้อนเฉลี่ยที่เข้าสู่ที่มีการปรับอากาศ เพื่อใช้ประเมินสมรรถนะของกรอบอาคารต่อการถ่ายเทความร้อนในการคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร จะเริ่มต้นโดยการคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน ($OTTV_i$) ก่อน จากนั้นจึงนำค่าที่ได้ของผนังแต่ละด้านมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักตามขนาดพื้นที่ของผนังด้านนอกแต่ละด้านรวมกันเพื่อให้ได้ค่า OTTV ตามที่กำหนดโดยมีขั้นตอนและสมการที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน (OTTVi) ที่หันสู่ทิศทางต่างกันคำนวณจากสมการ (1)

$$OTTV_i = (U_w)(1\text{-}WWR)(TD_{eq}) + (SC)(WWR)(SF) + (U_f)(WWR)(\Delta T) \quad \text{..... (1)}$$

โดยที่

$OTTV_i$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา (วัตต์ / ตร.ม.)

U_w = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ (วัตต์ / ตร.ม.°C)

WWR = อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างหรือผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านนั้น

TD_{eq} = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการ

ดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ (°C)

U_f = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือผนังโปร่งแสง (วัตต์ / ตร.ม.°C)

ΔT = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร สำหรับประเทศไทยกำหนดให้ใช้ค่าเท่ากับ 5 องศาเซลเซียส

SC = สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง

SF = ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (วัตต์ / ตร.ม.)

สูตรค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงแล้วของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน (OTTVi) สามารถคำนวณได้จากสมการ (2)

$$OTTV = \frac{(A_{01})(OTTV_1) + (A_{02})(OTTV_2) + ... + (A_{0i})(OTTV_i)}{A_{01} + A_{02} + ... + A_{0i}} \quad ..... (2)$$

โดยที่

A_{0i} = พื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณาซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่าง (ตร.ม.)

$OTTV_i$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) คือ ส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อนรวม ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$U = \frac{1}{Rt}$$

เมื่อ Rt คือ ค่าความต้านทานร้อนรวม (Total thermal resistance) มีหน่วยเป็นตารางเมตร- องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ($(m^2.°C)/W$)

ค่าความต้านทานความร้อน R ของวัสดุใดๆ ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$R = \frac{\Delta X}{K}$$

เมื่อ R คือ ค่าความต้านทานความร้อน มีหน่วยเป็นตารางเมตร – องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ($(m^2.°C)/W$)

ΔX คือ ความหนาของวัสดุ มีหน่วยเป็นเมตร (m)

K คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร –องศาเซลเซียส ($W/(m.°C)$)

ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคารการคำนวณค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคารขึ้นอยู่กับชนิดของผนังอาคาร ในกรณีต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) กรณีผนังอาคารประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด

ค่าความต้านทานร้อนรวม (Rt) ของส่วนใดๆของผนังอาคาร ซึ่งประกอบด้วยวัสดุ N ชนิดที่แตกต่างกัน ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$Rt = R_0 + \frac{\Delta X_1}{K_1} + \frac{\Delta X_2}{K_2} + \ldots\ldots + \frac{\Delta X_n}{K_n} + Ri$$

เมื่อ Rt คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคาร มีหน่วยเป็นตารางเมตร–องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ($(m^2.^oC)/W$)

R_0 คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็นตารางเมตร – องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ($(m^2.^oC)/W$)

Ri คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายในอาคาร มีหน่วยเป็นตารางเมตร – องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ($(m^2.^oC)/W$)

$\Delta X_1, \Delta X_2, .. \Delta X_n$ คือ ความหนาของวัสดุแต่ละชนิดที่ประกอบเป็นผนังอาคาร มีหน่วยเป็นเมตร (m)

$K_1, K_2, \ldots K_n$ คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุแต่ละชนิดที่ประกอบเป็นผนังอาคาร มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร – องศาเซลเซียส ($W/(m.^oC)$)

กรณีผนังอาคารมีช่องว่างอากาศอยู่ภายในค่าความต้านทานความร้อนรวม (Rt) ของส่วนใด ๆ ของผนังอาคาร ซึ่ง ประกอบด้วยวัสดุ n ชนิดที่แตกต่างกัน และมีช่องว่างอากาศภายใน ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$Rt = R_0 + \frac{\Delta X_1}{K_1} + \frac{\Delta X_2}{K_2} + \ldots + R_a + \ldots + \frac{\Delta X_n}{K_n} + Ri$$

เมื่อ R_a คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวมของช่องว่างอากาศภายในผนังอาคาร มีหน่วยเป็นตารางเมตร – องศาเซลเซียสต่อวัตต์($(m^2.^oC)/W$)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV)

การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคาอาคาร (Roof Thermal Transfer Value,RTTV) หมายถึง ดัชนีในการแสดงปริมาณความร้อนเฉลี่ยที่เข้าสู่ที่มีการปรับอากาศ เพื่อใช้ประเมินสมรรถนะของหลังคาอาคารต่อการถ่ายเทความร้อนสำหรับการกำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร เริ่มต้นด้วยการคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วน ($RTTV_i$) ก่อน จากนั้นจึงนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเพื่อให้ได้ค่า RTTV ตามที่กำหนด ดังสมการ (3)

$$RTTV_i = (U_r)(1\text{-}SRR)(TD_{eq}) + (SC)(SRR)(SF) + (U_s)(SRR)(\Delta T) \quad ..... (3)$$

โดยที่

RTTVi = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาส่วนที่พิจารณา (วัตต์ / ตร.ม.)

Ur = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาส่วนทึบ (วัตต์ / ตร.ม.$^\circ$C)

SRR = อัตราส่วนพื้นที่ของช่องรับแสงธรรมชาติต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนนั้น (Skylight to Roof Ratio)

TDeq = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่าระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึง ผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ ($^\circ$C)

Us = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของส่วนโปร่งแสงที่ช่องรับแสง (วัตต์ / ตร.ม.$^\circ$C)

ΔT = ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร สำหรับประเทศไทยกำหนดให้ใช้ค่าเท่ากับ 5 องศาเซลเซียส

SC = สัมประสิทธิ์การบังแดดของช่องรับแสง

SF = ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ (วัตต์ / ตร.ม.)

สูตรค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงแล้วของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาแต่ละส่วน ($RTTV_i$) ดังสมการ (4)

$$RTTV = \frac{(A_{01})(RTTV_1) + (A_{02})(RTTV_2) + ... + (A_{0i})(RTTV_i)}{A_{01} + A_{02} + ... + A_{0i}} \quad ..... (4)$$

โดยที่

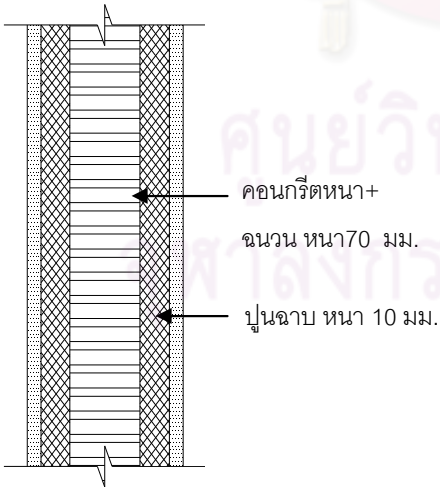
A_{0i} = พื้นที่หลังคาส่วนมาพิจารณา (ตร.ม.)

$RTTV_i$ = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาส่วนที่พิจารณา (วัตต์ / ตร.ม.)

ตัวอย่างการคำนวณ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV) สามารถแสดงได้ดังตัวอย่างที่ 1 และ 2 ตามลำดับกรณี บ้านเดี่ยว

1. <u>การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (Uw) และค่าผลต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า (TDeq) ของผนังทึบลักษณะต่างๆ</u>

<u>ตัวอย่างที่ 1</u> ผนังคอนกรีตบล็อกเย็น (Cool Block) หนา 7 ซม.+ ฉาบปูน 2 ด้าน

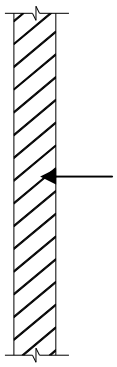


R1 ฟิล์มอากาศด้านนอก		= 0.044
R2 ฉาบปูนเรียบ 10 มม.	= 0.015/0.533	= 0.028
R3 ผนังคอนกรีตเย็น 75 มม.	= 0.070/0.024	= 2.916
R4 ฉาบปูนเรียบ 10 มม.	= 0.015/0.533	= 0.028
R5 ฟิล์มอากาศด้านใน		= 0.12
	Rt	= 3.136
	Uw = 1 / Rt = 1/3.136	= 0.319

และผนังภายนอกทาสีอ่อน จะได้ว่า TDeq = 10 °ซ

2. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (Uf) และค่าผลต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคารของผนังทึบที่เป็นกระจก

ตัวอย่างที่ 2 ผนังกระจกใสหนา 6 มม.



R1 ฟิล์มอากาศด้านนอก = 0.044

R2 กระจกใส 6 มม. = 0.006/1.062 = 0.0057

R3 ฟิล์มอากาศด้านใน = 0.120

Rt = 0.170

Uw = 1 / Rt = 1/0.170 = 5.882

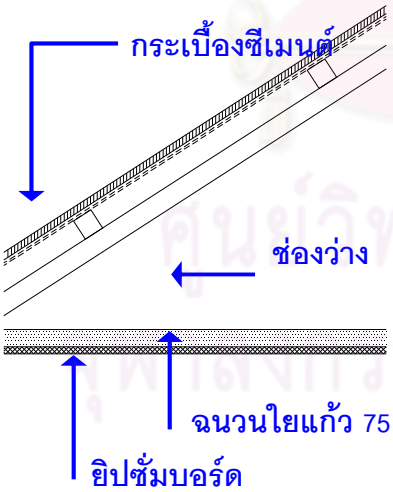
กำหนดให้ ΔT = 5 °ซ

3. ผลการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (OTTV)

ตัวอย่างที่ 3 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา (RTTV) กรณี บ้านเดี่ยว

1. ค่าความต้านทานความร้อนรวมของหลังคา

หลังคากระเบื้องลอนคู่+อลูมิเนียมฟอยล์+ฉนวนใยแก้ว 75 มม.+ ยิปซั่มบอร์ดหนา 12 มม.



R1 ฟิล์มอากาศด้านนอก = 0.055

R2 กระเบื้องซีเมนต์ = 0.02/0.836 = 0.024

R3 ช่องว่างอากาศ = 0.133

R4 ฉนวนใยแก้ว 75 มม. = 0.075/0.027 = 2.78

R3 ช่องว่างอากาศ = 0.595

R4 ยิปซั่มบอร์ด 12 มม. = 0.012/0.191 = 0.063

R5 ฟิล์มอากาศด้านใน = 0.162

Rt = 3.812

Ur = 1 / Rt = 1 / 3.812 = 0.262

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และคุณสมบัติอื่น ๆ ของวัสดุ

สำหรับวัสดุที่ใช้ในงานก่อสร้างทั่ว ๆ ไป ให้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ (Thermal conductivity, k) ซึ่งมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อเมตร – องศาเซลเซียส (W/(m.°C)) ความหนาแน่นของวัสดุ

(Density, ρ)ซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3 หรือ kg/m^2) และค่าความร้อนจำเพาะ (Specific heat ,Cp) ซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลจูลต่อกิโลกรัม – องศาเซลเซียส (KJ/(kg.$^\circ$C)) ตามที่กำหนดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.9 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ความหนาแน่น (ρ) และค่าความร้อนจำเพาะ (Cp) ของวัสดุชนิดต่าง ๆ

อันดับ	ประเภทของวัสดุ	K (W/(m.c)ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	P (kg/g3)ความหนาแน่น	Cp (Kj/(kg.C) ค่าความร้อนจำเพาะ
1	ผนังอิฐ/คอนกรีต			
	- อิฐมอญไม่ฉาบ	0.473	1600	0.79
	- อิฐมอญฉาบปูน 2 ด้าน	1.102	1700	0.79
	- อิฐฉาบปูนหรือปิดด้วยแผ่นโมเสดหรือกระเบื้องหน้าเดียว	0.807	1760	0.84
2	ฉนวนใยหินแบบม้วน (blanket) และแบบแผ่น (rigid board) ความหนาแน่น 6.4 -32	0.039	6.4-32	0.8
	ฉนวนชนิดโฟมโพลีสไตรีน แบบขยายตัว			
	-ความหนาแน่น 9 กก.2 ลบ.ม.	0.047	9	1.21
	-ความหนาแน่น 16 กก.2ลบ.ม.	0.037	16	1.21
	-ความหนาแน่น 20 กก.2ลบ.ม.	0.036	20	1.21
	-ความหนาแน่น 24-32 กก.2ลบ.ม.	0.035	24-32	1.21
3	โฟมโพลีเอทีลีน	0.029	45	1.21
4	โฟมโพลียูรีเทน	0.023-0.026	24-40	1.59
5	แผ่นกระจก			
	-กระจกใส	0.96	2500	0.88
	-กระจกสีชา	0.913	2500	0.88
	-กระจกสะท้อนแสง	0.931	2500	0.88
	-กระจกเงา	0.853	2500	0.88
6	โลหะ			
	-โลหะผสมของอลูมิเนียม แบบธรรมดา	211	2672	0.896
	-ทองแดง	388	8784	0.39
	-เหล็กกล้า	43.6	7840	0.5
7	คอนกรีตสแลบ	1.442	2400	0.92

ตารางที่ 2.9 ต่อ

อันดับ	ประเภทของวัสดุ	K (W/(m.c)ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน	P (kg/g3)ความหนาแน่น	Cp (Kj/(kg.C) ค่าความร้อนจำเพาะ
	-ปูนฉาบ (ซีเมนต์ผสมทราย)	0.72	1860	0.84
8	คอนกรีตมวลเบา ความหนาแน่นต่าง ๆ ดังนี้			
	1. 620 กก./ลบ.ม.	0.18	620	0.84
	2. 700 กก./ลบ.ม.	0.21	700	0.84
	3. 960 กก./ลบ.ม.	0.303	960	0.84
	4. 1120 กก./ลบ.ม.	0.346	1120	0.84
	5. 1280 กก./ลบ.ม.	0.476	1280	0.84
9	ปูนฉาบสำหรับคอนกรีตมวลเบา	0.326	1200	0.84
10	วัสดุทำฝ้าเพดาน/ผนัง			
	-แผ่นยิปซั่ม	0.282	800	1.09
	- กระเบื้องซีเมนต์ใยหินแผ่นเรียบ	0.397	1700	1
	-ไม้อัด	0.213	900	1.21
	-แผ่นไฟเบอร์ (Fiber board)	0.052	264	1.3
	-เซลโลกรีตชนิดธรรมดา	0.106	500	1.3
	-เซลโลกรีตชนิดโฟม	0.068	300	1.3
	-แผ่นไฟเบอร์ ชานอ้อย	0.052	250	1.26
	-แผ่นไม้ก็อก	0.042	144	2.01
	-พลาสเตอร์ฉาบยิปซั่ม	0.23	720	1.09
11	ฉนวนใยแก้ว (ไฟเบอร์กลาส) แบบม้วน (blanket), แบบแผ่น (rigid board), และแบบท่อสำเร็จ (rigid pipe section)			
	-ความหนาแน่น 10 กก./ลบ.ม.	0.046	10	0.96
	-ความหนาแน่น 12 กก./ลบ.ม.	0.042	12	0.96
	-ความหนาแน่น 16 กก./ลบ.ม.	0.038	16	0.96
	-ความหนาแน่น 24 กก./ลบ.ม.	0.035	24	0.96
	-ความหนาแน่น 32-48กก./ลบ.ม.	0.033	32-48	0.96

กรณีที่ใช้วัสดุผนังแตกต่างไปจากวัสดุที่กำหนดในตารางที่ ให้ใช้ผลจากการทดสอบหรือค่าที่ได้รับการรับรองจากหน่วยงานที่เชื่อถือได้ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent temperature difference,

TDeq) ของผนังทึบค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร รวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ มวลของวัสดุผนัง ทิศทางและมุมเอียงของผนัง

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือผนังโปร่งแสง (Uf) ให้ใช้วิธีการคำนวณตามสมการดังต่อไปนี้

$$U_f = \frac{1}{R_f}$$

$$R_f = R_0 + \frac{\Delta X + R_i}{K_g}$$

เมื่อ R_f คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวมของกระจกหรือผนังโปร่งแสง มีหน่วยเป็นตารางเมตร – องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ($(m^2.^oC)/W$)

R_i และ R_o คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายในและภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็นตารางเมตร – องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ($(m^2.^oC)/W$))

คุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุ

วัสดุที่สามารถกักเก็บความร้อนเอาไว้ได้มากจะมีคุณสมบัติดังนี้ คือ มีค่าความหนาแน่นมาก (ρ), มีค่าความจุความร้อนมาก (C) และมีค่าการนำความร้อนสูง (λ) ส่วนค่าของ thermal diffusivity ซึ่งมีค่าเท่ากับ λ / C (หรือ λ / ρS เมื่อ S คือค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุ) จะเป็นตัวแปรหนึ่งที่ควบคุมการถ่ายเทความร้อนภายในเนื้อวัสดุ โดยที่วัสดุที่มีค่า Thermal diffusivity สูง จะมีประสิทธิภาพในการกักเก็บความร้อนตามวัฏจักรของช่วงเวลา (Cycle) ได้ดีกว่าวัสดุที่มีค่า thermal diffusivity น้อย

การเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงาน

ในการออกแบบหรือเลือกใช้วัสดุเพื่อการประหยัดพลังงาน ในส่วนที่เป็นเปลือกอาคารต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งานภายในอาคาร ซึ่งมีผลกระทบต่อการพิจารณาเลือกใช้วัสดุในส่วนนั้นๆด้วย เพราะการควบคุมสภาวะภายในอาคารไม่ว่าจะโดยการใช้เครื่องปรับอากาศ หรือใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่ผู้ออกแบบจำเป็นต้องนำมาพิจารณา ซึ่งระบบควบคุมสภาวะภายในอาคารอาจจำแนกได้เป็น 2 รูปแบบหลัก คือ

1) ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ

2) มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ

อาคารที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศ หมายถึง อาคารที่ใช้ระบบระบายอากาศโดยธรรมชาติ ไม่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในอาคารจะมีความสัมพันธ์กับสภาวะภายนอกมาก จึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจถึงพฤติกรรมที่เกิดขึ้นกับอาคารในช่วงเวลาต่างๆเมื่อเลือกใช้วัสดุต่าง

ชนิดกัน เพราะวัสดุผนังที่มีมวลสารแตกต่างกัน จะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในอาคารในแต่ละช่วงเวลา ถ้าเป็นวัสดุที่มีมวลสารมาก เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูนหรือผนังคอนกรีต จะทำให้อุณหภูมิภายในมีการเปลี่ยนแปลงไม่รุนแรง เมื่อเปรียบเทียบกับผนังที่มีมวลสารน้อยเพราะมวลสารของผนังจะทำหน้าที่สะสมความร้อนไว้ในช่วงเวลาหนึ่ง ก่อนจะกระจายสู่ภายในอาคาร เกิดการหน่วงเหนี่ยวความร้อน (Time Lag) ทำให้ในเวลากลางวันที่ภายนอกมีอากาศร้อนจัด แต่อุณหภูมิภายในจะไม่สูงมากนัก ซึ่งเป็นเหตุผลเดียวกับการที่อุณหภูมิภายใน “โบสถ์ไทยโบราณ” เย็นสบายในเวลากลางวัน ดังนั้นลักษณะของผนังหรือเปลือกอาคารที่มีความเหมาะสม กับการใช้งานในอาคาร ที่ไม่มีการติดตั้งระบบปรับอากาศภายในอาคาร คือ

- มีความหนาหรือมีมวลสารมาก
- สามารถป้องกันความร้อนได้ดี (มีค่าการต้านทานความร้อน R-Valueสูง)
- มีช่วงการหน่วงเวลาในการส่งผ่านความร้อนกว้าง
- ไม่ดูดซับความร้อนและความชื้น
- มีความจุความร้อน (Thermal Capacity) ต่ำ

เนื่องจากภูมิอากาศของกรุงเทพมหานครมีอุณหภูมิสูงเกือบตลอดทั้งปี ทำให้เกิดปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งในการออกแบบ คือ มีความร้อนปริมาณมากเข้ามาภายในอาคารซึ่งจากการศึกษาพบว่า การที่จะนำเอาความเย็นในช่วงเวลากลางคืนมาใช้ในช่วงเวลากลางวันโดยอาศัยการหน่วงเวลาของวัสดุนั้นทำได้ยากมาก เพราะความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนมีไม่มากพอ ฉะนั้นการลดปริมาณความร้อนให้เข้ามาภายในอาคารให้น้อยที่สุด จะเป็นการช่วยในการปรับสภาวะภายในอาคารได้ดีที่สุด

ภาระความร้อน (Heat Load) และระบบปรับอากาศ

ภาระความร้อนมักจะแบ่งเป็นประเภทตามสถานที่ที่ได้รับความร้อน คือ ภาระความร้อนห้อง (Room Heat Load) และภาระความร้อนอุปกรณ์ (Apparatus HeatLoad) ภาระความร้อนห้อง เช่น ความร้อนสัมผัส (HS) และความร้อนแฝง (HL) เป็นปริมาณความร้อนที่อากาศจากเครื่องทำความเย็นได้รับเพื่อที่จะให้ได้อุณหภูมิภายในห้องตามที่ต้องการ ประกอบด้วย

- ความร้อนที่เข้ามาภายในห้องจากภายนอก
- ความร้อนที่ผลิตขึ้นภายในห้อง

ภาระความร้อนอุปกรณ์ คือ ปริมาณความร้อนที่เครื่องปรับอากาศได้รับเพื่อที่จะให้อากาศที่เป่าออกไปจากเครื่องมีอุณหภูมิและความชื้นตามที่กำหนด

- ภาระความร้อนห้อง
- ภาระความร้อนจากอากาศใหม่
- ภาระความร้อนจากกำลังที่ใช้ขับพัดลมและอื่นๆ
- ภาระความร้อนที่รั่วไหลเข้ามาทางท่อลมและอื่นๆ

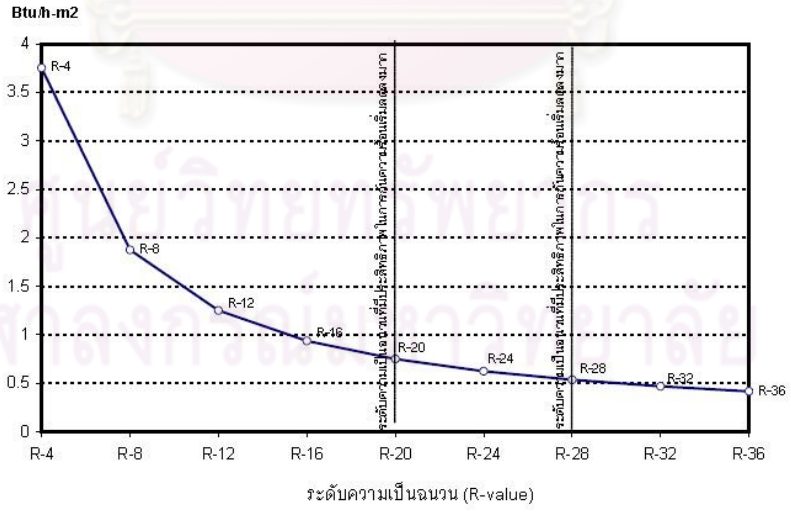
ภาระความร้อนห้อง และภาระความร้อนอุปกรณ์ มักจะแบ่งแยกออกเป็นความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง ความร้อนแฝงเป็นความร้อนของการระเหยของน้ำ มีค่าเท่ากับปริมาณน้ำที่ระเหย (kg/h) x 597.3 (kcal/kg)

การป้องกันความร้อนให้กับเปลือกอาคาร

การป้องกันความร้อนทางหลังคา

หลังคาเป็นพื้นที่ที่มีระดับใกล้เคียงแนวนอนจึงมีผลให้มีปริมาณการดูดซับรังสีดวงอาทิตย์สูงกว่าพื้นที่ในแนวระนาบตั้ง เช่น ผนังอาคาร นอกจากนี้หลังคายังเป็นส่วนบนสุดของอาคารซึ่งทำหน้าที่ป้องกันแสงอาทิตย์ให้กับอาคารทั้งหลัง หลังคาจึงเป็นส่วนที่มีความร้อนสูงที่สุดในองค์ประกอบทั้งหมดของอาคาร หลังคาที่มีสีเข้ม เช่น สีน้ำตาลแดงหรือสีน้ำเงินเข้ม อาจมีอุณหภูมิผิวภายนอกสูงถึง 60 องศาเซลเซียสในช่วงที่มีแดดจัดการป้องกันความร้อนจากหลังคาจึงเป็นจุดวิกฤตในการป้องกันความร้อนที่จะแพร่ผ่านเข้าสู่ภายในอาคารเนื่องจากสภาพแวดล้อมภายนอก การป้องกันความร้อนจากหลังคาที่เหมาะสมอาจทำได้โดย

การตัดแบ่งพื้นที่ใต้หลังคาและส่วนภายในอาคารด้วยฉนวนกันความร้อนการตัดแบ่งพื้นที่ระหว่างพื้นที่ใต้หลังคาที่มีความร้อนสูง และส่วนภายในอาคารที่ต้องการให้มีความร้อนแพร่ผ่านเข้ามาให้น้อยที่สุด จำเป็นจะต้องใช้วัสดุฉนวนที่มีความสามารถในการกันความร้อนสูงมากสำหรับประเทศไทย และต้องมีการเลือกใช้ระบบฝ้าเพดานที่มีรอยรั่วน้อยที่สุด เพื่อป้องกันการรั่วซึมจากอากาศร้อนในส่วนพื้นที่ใต้หลังคาที่อาจรั่วซึมเข้ามาภายในอาคาร ฉนวนจะทำหน้าที่ลดความร้อนจากพื้นที่ใต้หลังคาให้แพร่เข้าสู่ภายในอาคารน้อยที่สุด ถ้าประมาณว่าขอบเขตสูงสุดของเขตสบายอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 27องศาเซลเซียสตามแผนภูมิไบโอไคลเมติก ส่วนอุณหภูมิของพื้นที่ใต้ฝ้าเพดานอาจอยู่ที่ประมาณ 40-45 องศาเซลเซียสในช่วงที่มีความร้อนสูง (ค่าอุณหภูมิใต้ฝ้านี้เป็นค่าประมาณกับหลังคาประเภทมวลสาร เช่น หลังคากระเบื้องต่างๆ ค่านี้อาจสูงมากขึ้นถ้าเป็นหลังคาที่มีมวลสารน้อยและบาง เช่น หลังคาเหล็ก หลังคาสังกะสี ฯลฯ) จะพบว่าค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายในที่ต้องการและค่าอุณหภูมิใต้ฝ้าเพดานมีความแตกต่างประมาณ 13-18 องศาเซลเซียส เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับฉนวนที่มีค่า R-value แตกต่างกันจะมีการถ่ายเทความร้อนดังนี้



รูปภาพที่ 2.7 แสดงปัจจัยภายนอกที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงาน

ที่มา : เอกสารเผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

จากการศึกษาจะพบว่าความมีประสิทธิภาพจะตกลงอย่างมากตั้งแต่ช่วง R-20ถึง R-28 และหลังจากนี้จะเป็นส่วนที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนไม่คุ้มค่ากับระดับการเพิ่มฉนวน ดังนั้นการใช้ฉนวนสำหรับหลังคาตามสมมุติฐานนี้อาจใช้ได้ตั้งแต่ระดับความเป็นฉนวนที่ R-20 ไปจนถึง R-28 สำหรับการตัดแบ่งพื้นที่ใต้หลังคาออกจากพื้นที่ภายในอาคาร

การป้องกันความร้อนให้กับผนังอาคาร

การใช้ความเย็นจากดินกับส่วนพื้นของอาคาร พื้นอาคารที่สร้างจากวัสดุที่นำความร้อนได้ดี เช่น พื้นคอนกรีตในบ้านพักอาศัยทั่วไป ถ้าสามารถทำให้ผิวด้านล่างสัมผัสกับพื้นดินโดยมีการกันความชื้นแทรกซึมอย่างถูกต้อง จะพบว่าห้องภายในจะสามารถใช้ประโยชน์จากระดับอุณหภูมิที่ต่ำและมีความคงที่สูงจากดินข้างใต้อาคารได้ เหตุที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากดินเป็นวัสดุที่มีมวลสารมากจึงมีค่าความจุความร้อนสูง ดินที่ระดับความลึกมากพอสมควรจึงไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตลอดวันมากนัก นอกจากนี้ดินข้างใต้อาคารเป็นส่วนที่จะไม่ได้รับพลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์และสภาพแวดล้อมภายนอกตลอดวัน ดินข้างใต้อาคารจึงมักมีอุณหภูมิต่ำกว่าสภาพแวดล้อมภายนอก อาคารที่ได้รับการออกแบบให้มีส่วนพื้นสัมผัสกับพื้นดินข้างใต้จะสามารถใช้ประโยชน์ในการสร้างพื้นที่มีอุณหภูมิผิวต่ำตลอดวันได้อย่างไรก็ตามการออกแบบให้ส่วนพื้นสัมผัสกับดินอาจไม่เหมาะกับอาคารปรับอากาศนัก เพราะจะเป็นการเพิ่มมวลสารที่เครื่องปรับอากาศต้องขจัดความร้อนออกจากวัสดุเพิ่มขึ้น

ระบบเครื่องปรับอากาศ

ในอาคารขนาดเล็ก เช่น บ้านเดี่ยว อพาร์เมนท์ สำนักงานขนาดเล็ก จะมีบทบาทมากในการออกแบบเพื่ออนุรักษ์พลังงาน และสามารถช่วยลดภาระระบบ (System Loads) ได้มาก ดังนั้นวิธีการออกแบบการอนุรักษ์พลังงานในอาคารยังขึ้นกับขนาด (Scale) ของอาคารและความสลับซับซ้อนของอาคารด้วย

ผลกระทบของภูมิอากาศต่อภาระระบบ

สภาพอากาศนั้นแปรเปลี่ยนทุก ๆ 24 ชั่วโมงและแปรเปลี่ยนตลอดทั้งปี ปัจจัยของสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลง ได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้น รังสีแสงอาทิตย์ และลม ผลกระทบของภูมิอากาศต่อภาระระบบ (System loads) แปรเปลี่ยนไปเนื่องจากระดับฉนวนที่เปลือกอาคาร ปริมาณการระบายอากาศ (Ventilation) ที่ต้องการ และตำแหน่งของพื้นที่ใช้งานภายในอาคาร ถ้าที่เปลือกอาคารมีระดับของความเป็นฉนวนมากผลกระทบหรืออิทธิพลจากสภาพอากาศภายนอกก็ลดน้อยลง พื้นที่ที่อยู่ทางทิศเหนือได้รับความร้อนและแสงธรรมชาติต่างจากพื้นที่ที่อยู่ทางทิศใต้หรือทิศตะวันออกหรือทิศตะวันตกเช่นกัน ดังนั้น ในการแบ่งพื้นที่ของระบบปรับอากาศก็เพื่อตอบสนองรับภูมิอากาศและการใช้งานอาคาร

1) ภาระการทำความเย็นรายปี Annual load คือ ภาระการใช้พลังงานรายปี วัตถุประสงค์หลักของออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน ก็คือ การลดภาระการใช้พลังงานของระบบรายปี ในการลดภาระการใช้พลังงานต้องระวังไม่ให้ภาระสูงสุด (Peak Load) ขึ้นสูงในระบบและหลีกเลี่ยงการขึ้น-ลง ของภาระการใช้พลังงานของระบบ ถ้ามีการแปรเปลี่ยนของภาระ (Load) มาก ๆ จะไม่เป็นผลดีต่อสภาวะน่าสบาย (Comfort) ภายในอาคารและความประหยัด (Economy)

2) ภาระการทำความเย็นสูงสุดของระบบ Peak Load หมายถึง ภาระสูงสุดของระบบ เป้าหมายหนึ่งในการออกแบบอาคารเพื่ออนุรักษ์พลังงานก็คือ การลดภาระสูงสุดของระบบ ถ้าสามารถ

ลดภาระสูงสุดของระบบลงมาได้ ผลประโยชน์ที่ได้ตามมาคือการลดขนาด (Size) และลดจำนวน (Quantity) ขององค์ประกอบในระบบปรับอากาศ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนหรืองบประมาณของระบบปรับอากาศลดน้อยลง ดังนั้นในการลงทุนออกแบบส่วนต่าง ๆ ของอาคารเพื่อลดภาระสูงสุดของระบบแล้ว ผลตอบแทนนอกจากค่าใช้จ่ายพลังงานรายปีที่ลดลงแล้ว งบประมาณในการลงทุนเบื้องต้นในระบบปรับอากาศก็ลดลงมาด้วย เนื่องจากขนาดและจำนวนองค์ประกอบของระบบปรับอากาศเล็กและลดน้อยลง

ชนิดของเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด เรียกชื่อต่างกันไปตามลักษณะของผลิตภัณฑ์และการใช้งาน (สุทัศน์ เยี่ยมวัฒนา, 2545: 12-13) ได้สรุปชนิดของเครื่องปรับอากาศไว้ดังนี้

1) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) เป็นเครื่องที่แตกออกมาจากเครื่องแบบหน้าต่างโดยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่นอกห้องเรียกว่า Outdoor unit หรือ Condensing unit ส่วนที่อยู่ภายในห้องเรียกว่า Indoor Unit หรือ Evaporative unit หรือในเชิงพาณิชย์เรียกว่า Fan Coil Unit (FCU) หรือในบางครั้งที่มีลักษณะเป็นตู้ขนาดใหญ่ก็จะเรียกว่า Air Handing Unit (AHU) เครื่องปรับอากาศเหล่านี้จะอาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศ มักจะเป็นเครื่องที่มีขนาดเล็กถึงขนาดกลาง (0.75 – 30 ตัน)

2) เครื่องปรับอากาศแบบสำเร็จครบชุดในตัว (Packaged Unit) เครื่องแบบนี้มีโครงสร้างเหมือนกับเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง แต่มีขนาดใหญ่กว่ามีทั้งชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศเรียกว่า Packaged Water – Cooled การที่ใช้น้ำในการระบายความร้อน จะทำให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพสูงขึ้นและมีระบายความร้อนที่ดีกว่าการระบายความร้อนด้วยอากาศ

3) ระบบปรับอากาศที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) เครื่องทำน้ำเย็นนี้มีหน้าที่ทำน้ำเย็นให้เย็นก่อนแล้วจึงใช้น้ำเย็นนี้เป็นตัวกลางในการส่งผ่านความเย็นต่อไปให้กับ FCU หรือ AHU อีกทอดหนึ่งโครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็นนี้เหมือนกับเครื่องปรับอากาศทุกชนิด คือมีวงจรทำความเย็นเหมือนเดิมเพียงแต่แทนที่อีวาโปเรเตอร์ จะทำความเย็นให้อากาศโดยตรง ก็กลับไปทำความเย็นให้กับน้ำก่อนเมื่อน้ำเย็นแล้วจึงใช้น้ำเป็นตัวกลางถ่ายทอดความเย็นต่อไป แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

Air Cooled Water Chiller คือ เครื่องทำน้ำเย็นที่อาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศลักษณะของงานที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบนี้ จะเป็นลักษณะของงานที่มีความต้องการความเย็นไม่มากนัก (มักจะไม่เกิน 500 ตันความเย็น) ซึ่งต้องการความสะดวกในการติดตั้ง และต้องการลดภาระการดูแลรักษาหรือจะใช้ในโครงการที่ขาดน้ำ การทำงานของระบบนี้ คือ น้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็นจะถูกเครื่องสูบน้ำเย็น (Chiller Water Pump) จ่ายสู่ระบบไปยัง FCU และ AHU โดยอุณหภูมิของน้ำเย็นนี้จะอยู่ที่ประมาณ 7 °C เมื่อใช้งานผ่าน FCU และ AHU แล้วจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นประมาณ 12 °C ก็จะถูกส่งกลับมายังเครื่องทำน้ำเย็นอีกครั้งหนึ่ง ระบบส่งน้ำเย็นนี้อาศัยท่อน้ำเย็น (Chiller Water Pipe) มีทั้งท่อส่งน้ำเย็นและท่อน้ำเย็นกลับ ซึ่งจะต้องหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันน้ำเกาะท่อ (Condensation) เนื่องจากความเย็นของท่อจะทำให้ความชื้นที่อยู่ในอากาศมาเกาะเป็นหยดน้ำที่ท่อ คอมเพรสเซอร์ที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นคอมเพรสเซอร์ชนิดลูกสูบหากมีขนาดใหญ่หน่อยก็อาจจะมีชนิดที่สกรูส่วนชนิดที่เป็นหอยโข่งจะมีใช้เฉพาะเครื่องขนาดใหญ่จริง ๆ เท่านั้น

Water Cooled Water Chiller คือเครื่องทำน้ำเย็นที่อาศัยการระบายความร้อนด้วยน้ำลักษณะโครงสร้างของเครื่องคล้ายกับเครื่องแบบ Air Cooled ต่างกันแค่ระบายความร้อนด้วยน้ำแทนอากาศ

การวัดการใช้พลังงานของเครื่องทำความเย็น (COP, EIR และ EER)

เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศจะต่างจากเครื่องยนต์ชนิดอื่นคือ แทนที่จะผลิตกำลังแต่กลับใช้กำลังงาน ดังนั้นประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศจึงเป็นการเปรียบเทียบระหว่างความสามารถในการทำความเย็นที่ใช้ประโยชน์ได้ กับกำลังงานที่ป้อนเข้าไปในเครื่อง (ชูชัย ต.ศิริวัฒนา, 2546: 4-5) สามารถพิจารณาได้ 3 แบบ คือ Coefficient of Performance (COP), Energy Input Ratio (EIR) และ Energy Efficiency Ratio (EER) มีรายละเอียดดังนี้

1) ค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศหรือ Coefficient of Performance (COP) เป็นอัตราส่วนระหว่างความร้อนที่เครื่องปรับอากาศสามารถดึงออกไปได้ต่อปริมาณพลังงานที่ใช้เพื่อการดึงความร้อนดังกล่าวโดยมีหน่วยของพลังงานเป็นหน่วยเดียวกัน

COP = พลังงานความร้อนที่สามารถดึงออก (watt) 5
พลังงานที่ต้องการเพื่อการดึงความร้อนออก (watt)

2) Energy Input Ratio (EIR) เป็นส่วนกลับของ COP

EIR = พลังงานที่ต้องการเพื่อการดึงความร้อนออก (watt) 6
พลังงานความร้อนที่สามารถดึงออก (watt)

3) Energy Efficiency Ratio (EER) คืออัตราส่วนระหว่างความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศต่อปริมาณพลังงานที่ใช้เพื่อการทำความเย็นโดยมีหน่วยในการเปรียบเทียบที่ต่างกัน

EER = ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/h) 7
พลังงานที่ใช้ (watt)

ตารางที่ 2.10 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำความเย็นเครื่องปรับอากาศกับค่า EER

ระดับ (เบอร์)	ระดับประสิทธิภาพ	ค่า EER (Btu/h/W)	ค่ากิโลวัตต์/ตัน
1	ต่ำ	> 6.6	< 1.82
2	พอใช้	> 7.6	< 1.58
3	ปานกลาง	> 8.6	< 1.40
4	ดี	> 9.6	< 1.25
5	ดีมาก	> 10.6	< 1.13

ตารางที่ 2.11 แสดงค่ามาตรฐานการปรับอากาศในอาคารชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่	อาคารเก่า
	(กิโลวัตต์ / ตันความเย็น)	
1. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง centrifugal chiller		
- ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	1.4	1.61
- ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็นถึง 500 ตันความเย็น	1.2	1.38
2. ส่วนทำความเย็นแบบลูกสูบ reciprocating chiller		
- ขนาดไม่เกิน 50 ตันความเย็น	1.3	1.5
- ขนาดเกินกว่า 50 ตันความเย็น	1.25	1.44
3. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด	1.37	1.58
	(EER = 8.76)	(EER = 7.59)
4. เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง / แยกส่วน	1.4	1.61
	(EER = 8.57)	(EER = 7.45)

ภาระการทำงานจริงของเครื่องปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคารจะต้องมีค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็น ที่ภาระเต็มพิกัดหรือที่ภาระใช้งานจริงไม่เกินกว่าที่กฎหมายอนุรักษ์พลังงานกำหนด โดยแยกตามชนิดเครื่องทำความเย็น 4 ประเภทดังนี้

การคำนวณภาระปรับอากาศ

การคำนวณภาระปรับอากาศที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันวิธีหนึ่งคือ การคำนวณด้วยวิธี Cooling Load Temperature Difference, Solar Cooling Load, Cooling Load Factor (CLTD, SCL, CLF) จากหนังสือ ASHRAE Fundamental Hand Book 2007 ได้แบ่งการคำนวณภาระปรับอากาศด้วยวิธีนี้ออกเป็นรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

External Cooling Load

1) การคำนวณภาระปรับอากาศที่เกิดจากการนำความร้อนผ่านเข้ามาทางเปลือกอาคาร (ผนัง หลังคา และ กระจกช่องแสง)

สูตรคำนวณ Q = (U) (A) (CLTD) 8

Q = ภาระการปรับอากาศ (W)

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (W / m2 - k)

A = พื้นที่ที่พิจารณา ตั้งฉากกับทิศทางที่ความร้อนเดินเข้ามา (m2)

CLTD = Cooling Load Temperature Difference (°C)

ค่า CLTD นี้จะแปรตามละติจูดและช่วงเวลาในการใช้งานในอาคารซึ่งในกรณีของประเทศ

ไทยได้มีการพิจารณาปรับใช้ค่าตามหนังสือคู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคารซึ่งจะใช้ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคาร (TDeq) แทน

2) การคำนวณภาระปรับอากาศที่เกิดจากการนำความร้อนเนื่องจากรังสีแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านกระจกช่องแสงเข้ามาในอาคาร

สูตรคำนวณ Q = (A) (SC) (SF) 9

Q = ภาระการปรับอากาศ (W)

A = พื้นที่ที่พิจารณา ตั้งฉากกับทิศทางที่ความร้อนเดินเข้ามา (m2)

SC = shading coefficient ของวัสดุตัวกลาง

SF = Olar Heat Gain Factor

3) การคำนวณภาระปรับอากาศที่เกิดจากการนำความร้อนเนื่องจากความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างฉากกั้นห้อง ฝ้าเพดาน และพื้นห้อง

สูตรคำนวณ Q = (U) (A) (T1 – T2) 10

Q = ภาระการปรับอากาศ (W)

U = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (W / m2 - k)

A = พื้นที่ที่พิจารณา ตั้งฉากกับทิศทางที่ความร้อนเดินเข้ามา (m2)

T1 = อุณหภูมิในส่วนที่ต่อเนื่องกับพื้นที่ปรับอากาศ (°C)

T2 = อุณหภูมิในส่วนพื้นที่ปรับอากาศ (°C)

Internal cooling load

1) การคำนวณภาระปรับอากาศที่เกิดจากผู้ใช้อาคาร

สูตรคำนวณ Qsensible = (N) (250) (CLF) 11

Qlatent = (N) (200) (CLF)

Q = ภาระการปรับอากาศ (W)

N = จำนวนผู้ใช้งานในอาคาร

CLF = Cooling Load Factor มีค่าเท่ากับ 1

2) การคำนวณภาระปรับอากาศที่เกิดจากระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคาร

สูตรคำนวณ Q = (W) (Ff) (Fs) (CLF) 12

Q = ภาระการปรับอากาศ (W)

W = Watt Input ของอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือ ของระบบแสงสว่าง

Ff = Lighting Use Factor ของระบบแสงสว่าง

Fs = Special Allowence Factor ของอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือของระบบแสงสว่าง

CLF = Cooling Load Factor มีค่าเท่ากับ 1

Ventilation and infiltration

การคำนวณภาระปรับอากาศจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

สูตรคำนวณ Qsensible = 1.08 (V) ΔT 13

Qlatent = 4840 (V) ΔW

Qtotal = 4.5 (V) ΔH

Q = ภาระการปรับอากาศ (W)

V = ปริมาณอัตราการถ่ายเทอากาศภายนอกที่นำเข้ามาในห้อง (CFM)

ΔT = ความต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศภายนอกและภายใน (°C)

ΔW = ค่าความแตกต่างของความชื้นระหว่างภายนอกและภายในkg (water)/kg (dry air)

ΔH = ค่าความแตกต่างของ enthalpy ระหว่างภายในและภายนอก kj/kg (dry air)

2.1.3 ทฤษฎี, เกณฑ์, มาตรฐานและข้อกำหนดในการออกแบบระบบแสงสว่าง

หน่วยงานที่รับผิดชอบด้านเกณฑ์, มาตรฐานและข้อกำหนด

หน่วยงานที่มีส่วนรับผิดชอบมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้าแสงสว่างนั้นมีอยู่หลายหน่วยงานทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศ อาทิเช่น International Standard Organization (ISO), International Commission on Illumination (CIE), British Standard Institution (BSI), Deutshes Institut for Normung (DIN), Illuminating Engineering Society of North America (IESNA), Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE), Thai Industrial Standards Institute (TIEA), Lawrence Berkeley Laboratory (LBL), Illuminating Engineering Society (IES), South African National Standards (SANS), New Zealand Standard (NZS), Australian Standard (AS) เป็นต้น โดยหน่วยงานเหล่านี้ได้มีการจัดทำเกณฑ์, มาตรฐาน และข้อกำหนดในการออกแบบระบบแสงสว่าง โดยอาจแบ่งค่าการส่องสว่าง (Illuminance) ซึ่งวัดได้ในหน่วย ลักซ์ (Lux) หรือ ฟุตแคนเดิล (Footcandle) ออกตามลักษณะพื้นที่การใช้งานและประเภทกิจกรรม ทั้งค่าการส่องสว่างโดยเฉลี่ย (Average Illuminance) ซึ่งใช้เพียงค่าเดียว ยกตัวอย่างเช่น ค่าการส่องสว่าง 200 ลักซ์ สำหรับทางเดิน และค่าการส่องสว่างแบบช่วง (Range Illuminance) ซึ่งต้องอาศัยปัจจัยถ่วง (Weighting Factor) ในการพิจารณาเพิ่มเติม เช่น เพศ, วัย เป็นต้น ยกตัวอย่างเช่น ค่าการส่องสว่าง 200 – 300 – 500 ลักซ์ สำหรับพื้นที่สาธารณะที่มีสภาพแวดล้อมโดยรอบที่มืดกว่า

วิธีการเลือกใช้ค่าการส่องสว่างโดย IESNA

ตารางระดับค่าการส่องสว่าง[3] ที่แนะนำโดย Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) ได้แสดงค่าการส่องสว่าง (Illuminance) ที่บนพื้นผิวในแนวนอน (Horizontal Surface) ในหน่วย ฟุตแคนเดิล (Footcandle, fc) หรือ ลักซ์ (Lux) ซึ่งค่าการส่องสว่าง 1 ฟุตแคนเดิล มีค่า

[3] M. David Egan and Victor W. Olgyay, **Architectural lighting, 2nd ed.** (Boston: McGraw-Hill, 2002), p. 32.

เท่ากับ10 ลักซ์ โดยในการเลือกใช้ค่าการส่องสว่างจะต้องพิจารณาปัจจัยถ่วง (Weighting Factor) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะเหล่านี้ร่วมด้วย ได้แก่ อายุของผู้ใช้งานและผู้อยู่อาศัย, ความเร็วในการทำงาน และค่าการสะท้อนแสงฉากหลังของงาน ยกตัวอย่างเช่น การจะกำหนดระดับค่าการส่องสว่างที่แนะนำสำหรับการทำงานที่เกี่ยวเนื่องกับการมองเห็นความเปรียบต่างปานกลาง (Medium Contrast) เช่น การอ่านลายมือที่เขียนจากดินสอในสมุดการบ้านของนักเรียน ในขั้นแรกจะต้องพิจารณาว่างานชนิดนี้จัดอยู่ในประเภทใดในตารางที่ 2.12 ซึ่ง IESNA ได้แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของความเปรียบต่างและขนาดของรายละเอียดการสภาพการมองเห็นของงาน โดยตัวอย่างที่กล่าวเบื้องต้นนี้ถูกจัดอยู่ในประเภท E ซึ่งมีค่าการส่องสว่าง 50 – 75 – 100 ฟุตแคนเดิล (500 – 750 – 1000 ลักซ์) ในขั้นต่อมาจึงพิจารณาร่วมกับปัจจัยถ่วง (Weighting Factor) ในตารางที่ 2.12 และตารางที่ 2.13 ซึ่งกำหนดว่างานที่ถูกจัดอยู่ในประเภท E นี้ควรเลือกค่าการส่องสว่างใดในช่วง ต่ำ – ปานกลาง – สูง โดยส่วนประกอบของปัจจัยถ่วงที่เลือกสำหรับการอ่านลายมือที่เขียนจากดินสอในสมุดการบ้านของนักเรียนนั้นมีส่วนประกอบดังแสดงในตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 แสดงตัวอย่างการเลือกปัจจัยถ่วงสำหรับการอ่านลายมือที่เขียนจากดินสอในสมุดการบ้านของนักเรียน

ลักษณะงานและผู้ใช้งาน	ปัจจัยถ่วง
1. อายุของผู้ใช้งานและผู้อยู่อาศัย (นักเรียนอายุต่ำกว่า 40 ปี)	-1
2. ความเร็วในการทำงาน (ไม่จำเป็น, ความผิดพลาดไม่ได้มีผลต่อความปลอดภัย)	-1
3. ค่าการสะท้อนแสงฉากหลังของงาน (กระดาษ 70%)	0
ผลรวมของปัจจัยถ่วง	-2

เนื่องจากผลรวมของปัจจัยถ่วงมีค่า -2 ดังนั้นการเลือกใช้ค่าการส่องสว่างที่แนะนำสำหรับการทำงานประเภทนี้อยู่ที่ค่าการส่องสว่างในช่วงต่ำ คือ 50 ฟุตแคนเดิล (500 ลักซ์) โดยค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) นี้เป็นเพียงค่าการส่องสว่างที่ใช้เป็นค่ากลาง ซึ่งในการออกแบบและเลือกใช้จริงนั้นขึ้นอยู่กับประสบการณ์และการตัดสินใจของผู้ออกแบบเอง

ประเภทของค่าการส่องสว่างและค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA

การที่ผู้ออกแบบเพิ่มความตระหนักถึงงานที่ต้องใช้สายตานั้น ช่วยลดการคาดเดาค่าการส่องสว่างสำหรับพื้นที่ว่างนั้น โดยในตารางที่ 2.13 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการแสดงการออกแบบที่ยึดอัตวิสัยส่วนตัวของผู้ออกแบบและความต้องการแสงเพื่อการมองเห็นงานของผู้ใช้งานที่ควรคำนึงถึง

ตารางที่ 2.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการแสดงการออกแบบที่ยึดอัตวิสัยส่วนตัวของผู้ออกแบบและความต้องการแสงเพื่อการมองเห็นงานของผู้ใช้งานที่ควรคำนึงถึง

การเพิ่มขึ้นของความต้องการแสงเพื่อการมองเห็นงานของผู้ใช้งานที่ควรคำนึงถึง ↓↓↓	ประเภทของค่าการส่องสว่าง	ประเภทของงานและกิจกรรม	การเพิ่มขึ้นของการแสดงการออกแบบที่ยึดอัตวิสัยส่วนตัวของผู้ออกแบบ ↑↑↑
	A	ทางเดินเชื่อม (ในเวลากลางคืน) พื้นที่สำหรับรอ (เช่น พื้นที่รอรับการตรวจร่างกาย)	
	B	โถงสำหรับเต้นรำ โถงรับประทานอาคาร พื้นที่อยู่อาศัย (สำหรับการสนทนา, การพักผ่อน และความบันเทิง) พื้นที่ภายในสนามบิน	
	C	ทางเดินเชื่อม, โถงกลาง, พื้นที่รอ โบสถ์ (สำหรับพื้นที่ในการพิธีหลัก)	
	D	โรงแรม (ห้องพัก, พื้นที่โถงกลางสำหรับอ่านหนังสือได้) พื้นที่อยู่อาศัย (ครัว, ส่วนซักล้าง และห้องเย็บผ้า)	
	E	ธนาคาร (พื้นที่ทำงานพนักงาน) โบสถ์ (แท่นพิธี) ห้องเรียน (ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์) สำนักงาน (สำหรับงานธุรการ)	
	F	พื้นที่เขียนแบบ (ความเปรียบต่างต่ำ, การพิมพ์น้อยสี)	
	G	โรงพยาบาล (เตียงชันสูตรศพ)	
	H	โรงพยาบาล (เตียงผ่าตัด)	
	I	โรงงานอุตสาหกรรม (การตรวจสอบความเรียบร้อยเสื้อผ้า)[4]	

[4] ภคพร เรืองศรี, การพัฒนาโคมไฟประหยัดพลังงานซึ่งใช้เทคนิคการให้แสงเฉพาะที่เพื่อเสริมการให้แสงในบริเวณทั่วไป สำหรับอาคารสำนักงาน(คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : 2553)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.14 แสดงค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA

ประเภทค่าการส่องสว่าง	ช่วงค่าการส่องสว่าง, ลักซ์(ฟุตแคนเดิล)	ประเภทของกิจกรรม
ค่าการส่องสว่างทั่วไปตลอดทั่วทั้งห้อง :		
A	20–30–50 (2–3–5)	พื้นที่สาธารณะที่สภาพแวดล้อมโดยรอบมีสภาพมืด
B	50–75–100 (5–7.5–10)	พื้นที่ปรับเปลี่ยนสำหรับการเข้าถึงในระยะชั่วคราว
C	100–150–200 (10–15–20)	พื้นที่ทำงานซึ่งต้องใช้สายตาบางครั้งคราว
ค่าการส่องสว่างบนงาน :		
D	200–300–500 (20–30–50)	การทำงานที่มีความเปรียบต่างสูง/ตัวหนังสือมีขนาดใหญ่ เช่น การอ่านสิ่งพิมพ์, ต้นฉบับ, ลายมือที่เขียนจากหมึก, งานที่ถ่ายเอกสารคุณภาพดี, การทำงานกับเครื่องจักร/ตรวจสอบ/เชื่อมต่อที่ต้องใช้สายตาน้อย
E	500–750–1000 (50–75–100)	การทำงานที่มีความเปรียบต่างปานกลาง/ตัวหนังสือมีขนาดเล็ก เช่น การอ่านลายมือขนาดปานกลางที่เขียนด้วยดินสอ, สิ่งพิมพ์คุณภาพด้อย/ข้อความที่มีการทำซ้ำอีกครั้ง, การทำงานกับเครื่องจักร/ตรวจสอบ/เชื่อมต่อที่ต้องใช้สายตาปานกลาง
F	1000–1500–2000 (100–150–200)	การทำงานที่มีความเปรียบต่างต่ำ/ตัวหนังสือมีขนาดเล็กมาก เช่น การอ่านลายมือหวัดบนกระดาษที่มีคุณภาพต่ำ/ข้อความที่มีการทำซ้ำอีกครั้งที่มีคุณภาพต่ำ, การตรวจสอบที่ต้องใช้สายตามาก
ค่าการส่องสว่างบนงานที่ได้รับการให้แสงสว่างแบบทั่วไปผสมผสานกับการให้แสงสว่างเฉพาะจุด :		
G	2000–3000–5000 (200–300–500)	การทำงานที่มีความเปรียบต่างต่ำ/ตัวหนังสือมีขนาดเล็กมากตลอดชั่วระยะเวลาหนึ่ง เช่น การทำงานกับเครื่องจักร/ตรวจสอบ/เชื่อมต่ออย่างละเอียด
H	5000–7500–10000 (500–750–1000)	การทำงานที่ใช้ระยะเวลายาวนาน/งานที่ต้องใช้สายตาสูง เช่น การทำงานกับเครื่องจักร / ตรวจสอบ / เชื่อมต่อที่ต้องใช้สายตาสูง
I	10000–15000-20000 (1000–1500–2000)	การทำงานที่มีความเปรียบต่างต่ำมาก/ต้องใช้สายตาสูงมากและตัวหนังสือมีขนาดเล็กมาก เช่น การผ่าผัด

ตารางที่ 2.15 แสดงปัจจัยถ่วงสำหรับค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA (สำหรับประเภท A – C)

ลักษณะของห้องและผู้อยู่อาศัย	ปัจจัยถ่วง		
	-1	0	+1
อายุของผู้อยู่อาศัย	<40	40 – 55	>50
ค่าการสะท้อนแสงของห้อง	>70%	30 – 70%	<30%

ตารางที่ 2.16 แสดงปัจจัยถ่วงสำหรับค่าการส่องสว่างที่แนะนำโดย IESNA (สำหรับประเภท D – I)

ลักษณะของชนิดงานและผู้ใช้งาน	ปัจจัยถ่วง		
	-1	0	+1
อายุของผู้ใช้งาน	<40	40 – 55	>55
ความเร็วในการทำงาน	ไม่สำคัญ	สำคัญ	สำคัญมาก
ค่าการสะท้อนแสงฉากหลังของงาน	>70%	30 to 70%	<30%

นอกเหนือจากการพิจารณาเกณฑ์, มาตรฐานและข้อกำหนดในการออกแบบระบบแสงสว่างสำหรับอาคารสำนักงานแล้ว ในบางครั้งแม้ว่าจะมีค่าการส่องสว่างที่เหมาะสม หากแต่พนักงานซึ่งเป็นผู้ใช้งานหลัก ยังมีความรู้สึกไม่สบายตา ซึ่งมีสาเหตุมาจากความจ้าของแสงอันเกิดจากชิ้นงาน หรือสิ่งแวดล้อมที่อยู่ใกล้เคียงกันไม่มีความกลมกลืนกัน ดังนั้นเราอาจใช้การพิจารณาในการควบคุมระดับความจ้าของแสง[5] โดยกำหนดชนิดและสีของวัสดุที่ใช้ทำเพดาน ผนัง พื้น ตลอดจนเฟอร์นิเจอร์ที่อยู่ภายในห้องให้มีความสามารถในการสะท้อนแสง (Reflectance) ที่เหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 2.17

ตารางที่ 2.17 แสดงค่าความสะท้อนแสง (Reflectance) ที่เหมาะสม

พื้นผิววัสดุ	ค่าการสะท้อนแสง (%)
เพดาน	70 – 90
ผนัง	40 – 60
พื้น	20 – 40
ส่วนบนของเฟอร์นิเจอร์	25 – 45
อุปกรณ์สำนักงาน	25 – 45

มาตรฐานการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคารแต่ละประเภท

ในอาคารควบคุมการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างไม่รวมพื้นที่จอดรถ ตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

[5] พิบูลย์ ดิษฐอุดม, **การออกแบบระบบแสงสว่าง**, (กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2521), หน้า 101.

การคำนวณการส่องสว่างไฟฟ้า

การคำนวณการส่องสว่างที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมีอยู่ 2 แบบ คือ การคำนวณแบบลูเมน (lumenmethod) และแบบจุดต่อจุด (point by point) ส่วนการคำนวณแบบวัตต์ต่อตารางเมตรนั้นมีการใช้มากขึ้นเพราะใช้เวลาสั้นและเหมาะกับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก เช่น การส่องสว่างภายในกับพื้นที่ไม่สำคัญ แต่ถ้าใช้กับพื้นที่ใหญ่มากก็อาจเกิดความผิดพลาดได้มาก การคำนวณแบบลูเมนใช้สำหรับกรณีที่ต้องการให้แสงสว่างสม่ำเสมอ โดยใช้คุณสมบัติการสะท้อนแสงของวัสดุทั้งผนัง พื้น และเพดาน มาประกอบการพิจารณาด้วยเช่น การคำนวณการส่องสว่างในส่วนสำนักงาน ห้องเรียนในโรงเรียน เป็นต้น สำหรับการคำนวณแบบจุดต่อจุดใช้สำหรับการส่องสว่างแบบเน้นเป็นจุด หรือกรณีที่ต้องการคำนวณอย่างละเอียด (พรรณชลัท, 2547: 58) เช่นการให้แสงกับรูปภาพ การส่องสว่างของไฟถนน และการส่องสว่างของไฟสนามกีฬา เป็นต้น ส่วนการคำนวณแบบวัตต์ต่อตารางเมตร เป็นการนำตัวเลขที่คำนวณมาจากวิธีลูเมนมาประยุกต์ใช้เพื่อไม่ให้เสียเวลาในการคำนวณมาก

การคำนวณโดยวิธีลูเมนและวัตต์ต่อตารางเมตร

การคำนวณการส่องสว่างโดยวิธีลูเมนมีสมการการคำนวณดังนี้

$$E = \frac{F \times n \times N \times MF \times UF}{A} \quad \text{.....14}$$

เมื่อ E = ความส่องสว่าง (ลักซ์)

F = ปริมาณแสง (ลูเมน/หลอด)

n = จำนวนหลอด/โคม

N = จำนวนดวงโคม

MF = แฟคเตอร์การบำรุงรักษา

UF = สัมประสิทธิ์การใช้งาน

A = พื้นที่ (ตารางเมตร)

ความส่องสว่าง (Illuminance, E) หาได้จากมาตรฐานต่าง ๆ เช่น IES, CIE ที่กำหนดความส่องสว่างของพื้นที่ใช้งานในแต่และกิจกรรมดังแสดงในตารางที่ 2.8ความส่องสว่างที่กำหนดคิดจากระดับการทำงาน เช่น บนโต๊ะทำงานที่สูง 0.75 เมตร ในสำนักงานและห้องประชุมควรมีความส่องสว่าง 200 - 500 ลักซ์ เป็นต้นนอกเหนือจากการกำหนดระดับการส่องสว่างเป็นลักซ์ หรือ ฟุตแคนเดิล แล้วการกำหนดระดับการส่องสว่างยังสามารถกำหนดมาตรฐานเป็น DayLight Factor โดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

ตารางที่ 2.18 ตารางเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES (USA) และมาตรฐานการกำหนดค่า Day Light Factor ตามประเภทการใช้งาน(บางส่วน) แหล่งที่มา: (ก) ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2541:1-6

(ข) IES. Illuminating Engneering Socety: Reference Volume, 1983

(ค) BSI Draft for Development, 1986 : 73

พื้นที่ใช้งาน	**ค่าการส่องสว่าง (lx) ตามมาตรฐาน CIE (ก)**	**ค่าการส่องสว่าง (lx) ตามมาตรฐาน IES (ข)**	**ค่า DayLight Factor (%), (ค)**		
อาคารทั่วไป			**เฉลี่ย**	**ต่ำ**	**จุดที่วัด**
ทางเดิน	50 – 100 -150	50 – 75 -100	2	0.6	พื้น
บันได – บันไดเลื่อน	100 – 150 – 200	100 – 150 – 200	2	0.6	ลูกนอน
ที่เก็บของ, ห้องเก็บของ	100 – 150 – 200	100 – 150 – 200	1.5	0.5	Work plane
ห้องน้ำ	100 – 150 – 200	100 – 150 – 200	1.5	0.5	Work plane
สำนักงาน					
พื้นที่ทั่วไป พิมพ์ดีด คอมพิวเตอร์	300 – 500 – 750	500 – 750 – 1000	5	2.5	Work plane
เขียนแบบ	500 – 750 – 1000	500 – 750 – 1000	5	2.5	Work plane
ห้องประชุม	300 – 500 - 750	200 – 300 -500			
โถงทางเข้า		100 – 150 - 200	2	0.6	Work plane
ห้องสมุด					
หิ้งหนังสือ	150 – 200 - 300	200 - 300 – 500	5	1.5	Vertical
โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 500 – 750	200 - 300 – 500	5	1.5	Work plane
เคาน์เตอร์	200 - 300 - 500	200 - 300 – 500	5	2	Work plane
ห้องประชุม					
เอนกประสงค์	150 – 200 - 300	200 - 300 – 500	5	2.5	Work plane

ตารางที่ 2.18 ต่อ

พื้นที่ใช้งาน (ก)	CIE (lx)	IES (lx)	พื้นที่ใช้งาน (ข)
ทางเดิน, พื้นที่ทำงานภายนอก	20 – 30 - 50	20 – 30 – 50	Public spaces with dark Surrounding
ทางเดินภายในและการแวะผ่านระยะสั้น	50 – 75 - 100	50 – 75 – 100	Simple orientation for shot temporary visits
ห้องที่ไม่ได้ใช้งานแบบต่อเนื่องเป็นเวลานาน	100 – 150 - 200	100 – 150 - 200	Working space where visual tasks are only occasionally performed
งานที่ใช้สายตาไม่มาก เช่น โรงงาน งานชิ้นใหญ่	20 – 300 - 500	20 – 300 - 500	Performance of visual tasks of high contrast or large size
งานที่ใช้สายตาปานกลาง เช่น สำนักงาน	300 – 500 - 750		
งานที่ใช้สายตามาก เช่น การเขียนแบบงานที่ใช้สายตามาก ๆ เช่น การประกอบชิ้นส่วน	500 – 750 -1000 750 – 1000 - 1500	500 – 750 – 1000	Performance of visual tasks of medium contrast or small size
งานที่ใช้สายตามากเป็นพิเศษ	1000 – 1500 -2000	1000 – 1500 –2000	Performance of visual tasks of low contrast or small size

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

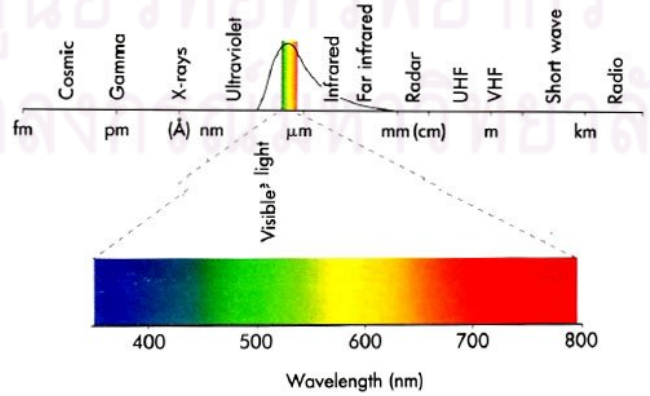
ตารางที่ 2.18 (ต่อ)

พื้นที่ใช้งาน (ก)	CIE (lx)	IES (lx)	พื้นที่ใช้งาน (ข)
งานที่ใช้สายตาพิถีพิถัน เช่น การผ่าตัด	มากกว่า 2000	2000 – 3000 –5000	Performance of visual tasks of low contrast and very small size, prolonged period
		5000 – 7500 –10000	Performance of very prolonged and exacting visual tasks
		10000 up	Performance of very special visual tasks of extremely low contrast and small size

คุณสมบัติของแสง, พฤติกรรมของแสง และแหล่งกำเนิดแสง

คุณสมบัติของแสง

แสงเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่เคลื่อนที่ได้ การเคลื่อนที่ของแสงอยู่ในรูปของแม่เหล็กไฟฟ้า พลังงานที่เคลื่อนที่ได้เหล่านี้ถูกกำหนดโดยความถี่ (Frequency) ในหน่วย เฮิรตซ์ (Hz) และความยาวคลื่น (Wavelength) ในหน่วย นาโนมิเตอร์ (Nanometer) ซึ่งการเคลื่อนที่ในรูปของคลื่นนี้ทำให้มีความยาวคลื่นที่เฉพาะตัวแตกต่างกันออกไป กล่าวคือ ความถี่หรือความยาวคลื่นจะเป็นตัวกำหนดพลังงาน เมื่อนำเอาพลังงานที่เคลื่อนที่ได้ทั้งหมดมาเรียงกันจากพลังงานที่มีความยาวคลื่นต่ำสุดจนถึงพลังงานที่มีความยาวคลื่นสูงสุด จะเห็นว่าแสงช่วงที่ตามองเห็น (Visible Light) เป็นเพียงแถบพลังงานเล็กๆ แถบหนึ่งที่มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.38 – 0.78 ไมครอน (Micron) หรือ 380 – 780 นาโนเมตร ประกอบด้วยสเปคตรัม (Spectrum) ของแสงหลาย ๆ สีอันเกิดจากความถี่และความยาวคลื่นของการแผ่รังสีที่แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 2.7



รูปภาพที่ 2.8 แสดงสเปคตรัมของแสง

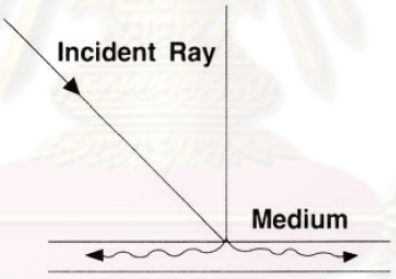
ที่มา : Gordon, G. **Interior Lighting for Designers**. (USA: John Wiley & Sons, 1995)

พฤติกรรมของแสง

แสงเดินทางออกจากแหล่งกำเนิดเป็นเส้นตรงในสูญญากาศ ด้วยความเร็วสูง 3 x 10^8 เมตร / วินาที ใช้เวลาเดินทางประมาณ 8.3 วินาที จากดวงอาทิตย์มายังโลก และประมาณ 1.3 วินาที จากดวงจันทร์มายังโลก เมื่อแสงเดินทางมากระทบตัวกลาง (Medium) ต่างๆ เช่น อากาศ ของเหลว วัตถุโปร่งแสงและวัตถุทึบแสง ฯลฯ ทางเดินของแสงจะเปลี่ยนไป ความเร็วของแสงจะลดลง เนื่องจากค่าดัชนีการหักเห (Refractive Index) ของตัวกลางนั้น ๆ และแสงจะแสดงพฤติกรรมหลัก 3 ประการ คือ การดูดกลืน (Absorption) การสะท้อน (Reflection) และการส่องผ่าน (Transmission) การเกิดพฤติกรรมใดมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและพื้นผิวของวัสดุแต่ละชนิด ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของแสงนี้ จึงเป็นเรื่องที่ควรศึกษาและคำนึงถึง เมื่อจะต้องเลือกใช้ดวงโคมตลอดการออกแบบการให้แสงสว่าง

การดูดกลืน (Absorption)

การดูดกลืนเป็นปรากฏการณ์ที่แสงถูกดูดกลืนหายเข้าไปในตัวกลางและเกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงาน เช่น การฉายแสงขาวลงบนผนังสีแดง แสงสีอื่นๆ จะถูกดูดกลืน หายเข้าไปในกำแพงยกเว้นแสงสีแดงเท่านั้นที่สะท้อนออกมาสู่ดวงตา เราจึงเห็นผนังสีแดง และเมื่อมีการดูดกลืนพลังงานแสงเข้าไปในวัตถุใดๆ จะเกิดการเปลี่ยนรูปพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อน ดังแสดงในภาพที่ 2.8



รูปภาพที่ 2.9 แสดงการดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง

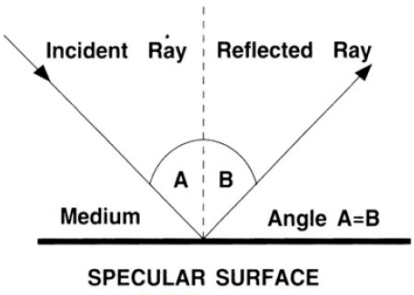
ที่มา: พรรณชลัท สุริโยธิน. วัสดุและการก่อสร้างหลอดไฟฟ้า. (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547), หน้า 4.

การสะท้อน (Reflection)

การสะท้อนเป็นพฤติกรรมของแสงที่ตกกระทบบนตัวกลางแล้วสะท้อนกลับออกมาโดยที่ความถี่ของคลื่นแสงนั้นไม่เปลี่ยนไป ลักษณะของการสะท้อนอาจแบ่งได้เป็น

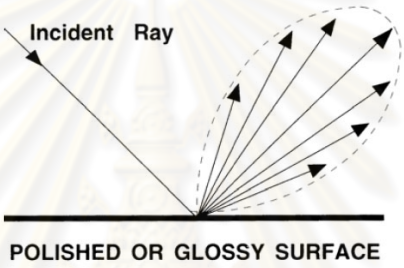
การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา (Specular Reflection)

การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงาเกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางที่เป็นวัสดุทึบแสง (Opaque Material) มีลักษณะเป็นผิวเรียบมันวาว (Polished Surface) การสะท้อนจะมีมุมของแสงที่ตกกระทบ (Angle of Incident) เท่ากับมุมของแสงที่สะท้อน (Angle of Reflection) ดังแสดงในภาพที่ 2.9 และภาพที่ 2.10



รูปภาพที่ 2.10 แสดงการสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงา

ที่มา: พรรณชลัท สุริโยธิน. วัสดุและการก่อสร้างหลอดไฟฟ้า.(กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547), หน้า 6.

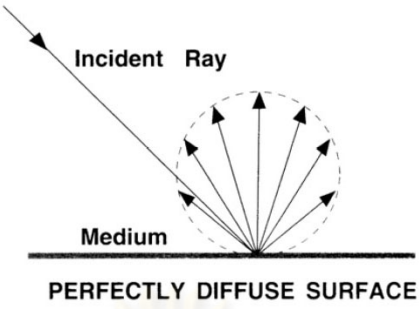


รูปภาพที่ 2.11 แสดงการสะท้อนแสงแบบเสมือนกระจกเงาบางส่วนหรือแบบมีทิศทางบางส่วน

ที่มา: พรรณชลัท สุริโยธิน. วัสดุและการก่อสร้างหลอดไฟฟ้า.(กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547), หน้า 6.

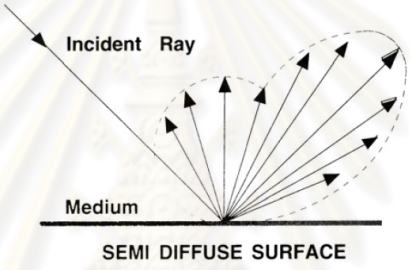
การสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection)

การสะท้อนแบบกระจายเกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบบนตัวกลางที่มีผิวหยาบ แสงจะสะท้อนออกไปในหลายๆทิศทาง ซึ่งส่วนมากมุมของแสงสะท้อนที่กระจายออกไปนั้นจะไม่เท่ากับมุมของแสงที่ตกกระทบ หากผิววัสดุมีลักษณะหยาบอย่างสมบูรณ์คือ หยาบทั่วกันทั้งผิว (Perfectly Diffuse Surface) แสงสะท้อนที่ได้จะมีลักษณะเป็นการกระจายแสงสมบูรณ์ (Perfectly Diffuse Reflection) เป็นการสะท้อนแสงที่ให้ความสว่างเท่าๆกันในทุกมุมสะท้อน แต่ถ้าหากผิววัตถุไม่เรียบอย่างสม่ำเสมอ (Semi Diffuse Surface) แสงสะท้อนที่ได้ก็จะมีลักษณะเป็นการสะท้อนแบบกระจัดกระจาย (Semi Diffuse Reflection) โดยทั่วไปแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุ มักจะมีลักษณะผสมผสานกันระหว่างการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา และการสะท้อนแบบกระจาย ดังแสดงในรูปภาพที่ 2.12 และรูปภาพที่ 2.13



รูปภาพที่ 2.12 แสดงการสะท้อนแสงแบบกระจายแสงสมบูรณ์

ที่มา: พรรณชลัท สุริโยธิน. วัสดุและการก่อสร้างหลอดไฟฟ้า. (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547), หน้า 6.



รูปภาพที่ 2.13 แสดงการสะท้อนแสงแบบกระจัดกระจาย

ที่มา: พรรณชลัท สุริโยธิน. **วัสดุและการก่อสร้างหลอดไฟฟ้า**. (กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547), หน้า 6.

การส่องผ่าน (Transmission)

การส่องผ่านเป็นเกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบด้านหนึ่งของตัวกลาง แล้วทะลุผ่านไปยังอีกด้านหนึ่ง หากไม่พิจารณาคุณสมบัติหรือลักษณะของตัวกลางที่แสงผ่านแล้ว มุมของแสงที่ตกกระทบจะเท่ากับมุมของแสงที่ทะลุผ่าน และแสงที่ผ่านออกมานั้นจะยังมีปริมาณคงเดิม การส่องผ่านของแสงสามารถจำแนกได้ตามลักษณะของตัวกลางดังนี้

ตัวกลางโปร่งใส (Transparent Medium)

การส่องผ่านลักษณะนี้แสงจะเกิดการหักเห (Refraction) หรือเปลี่ยนทิศทาง (Bent) ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวกลาง และทะลุผ่านในลักษณะเดิมของลำแสงที่ตกกระทบ โดยยังสามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงที่อีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน เช่น กระจกใส เป็นต้น

ตัวกลางโปร่งแสง (Translucent Medium)

การส่องผ่านของแสงลักษณะนี้แสงที่ส่องผ่านจะเกิดการกระจาย (Diffuse Transmission) โดยไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงที่อีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน เช่น กระจกฝ้า เป็นต้น

เมื่อแสงตกกระทบตัวกลางที่แสงส่องผ่านได้ แสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน ส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับและส่วนที่เหลือจะทะลุผ่านตัวกลาง หมายความว่า ปริมาณของแสงที่ตกกระทบจะเท่ากับ ปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนและปริมาณแสงที่สะท้อนกลับ รวมกับปริมาณแสงที่ทะลุผ่านเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

Absorptance + Reflectance + Transmittance = 1

แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสงมีความสำคัญในการศึกษาเรื่องแสงเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อการให้แสง รูปแบบและคุณสมบัติของแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิด ทิศทางของแหล่งกำเนิด ปริมาณและความเข้มของแสง มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของแสงที่จะนำมาใช้งาน ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดของแสง จากคุณสมบัติของแสงดังที่กล่าวมาข้างต้น ปริมาณและคุณภาพแสงจะขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดแสงเป็นหลัง แต่ขณะเดียวกัน แสงก็สามารถก่อให้เกิดแหล่งกำเนิดแสงได้ด้วย จึงทำให้สามารถจำแนกแหล่งกำเนิดของแสงใน 2 กรณี คือ แหล่งกำเนิดแสงทางตรง (Direct Light Source) ซึ่งมีพลังงานสูงจนสามารถเปล่งแสงออกมาจากตัวของมันเองได้โดยตรง และแหล่งกำเนิดแสงทางอ้อม (Indirect Light Source) ซึ่งเป็นแสงที่เกิดจากการสะท้อน หรือส่องผ่านวัตถุ ทำให้วัตถุนั้นมีคุณสมบัติเสมือนแหล่งกำเนิดแสง (Secondary Source) ซึ่งแสงจะมีลักษณะแตกต่างกันตามคุณสมบัติในการสะท้อนแสงและการยอมให้แสงส่องผ่าน ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของวัตถุด้วย

แหล่งกำเนิดแสง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แหล่งกำเนิดของแสงธรรมชาติ และแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงเพียง แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์

แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์

หลอดไฟฟ้า (Lamps) เป็นแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ที่มีหลากหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทก็มีจุดเด่น – จุดด้อยแตกต่างกันออกไป การนำไปใช้งานและลักษณะกิจกรรมจะเป็นตัวกำหนดชนิดของหลอดไฟ เนื่องจากหลอดไฟมีสีของแสงเป็นสีเฉพาะตัว มีความถูกต้องของสีไม่เท่ากับแสงธรรมชาติ ให้ปริมาณและประสิทธิภาพแสงในขอบเขตที่กำหนดขึ้นการแบ่งประเภทของหลอดไฟ หลอดไฟฟ้าแบ่งเป็นประเภทใหญ่ คือ หลอดอินแคนเดสเซนต์ หรือ หลอดมีไส้ และหลอดดิสชาร์จ

หลอดฟลูออเรสเซนต์

หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดดิสชาร์จความดันต่ำซึ่งแสงที่ออกมา กำเนิดมาจากผงฟลูออเรสเซนต์ที่ถูกพลังงานอัลตราไวโอเลตซึ่งกำเนิดมาจากอาร์กของปรอท โครงสร้างของหลอด ประกอบด้วยหลอดแก้วยาวซึ่งมีขั้วไฟฟ้าที่ปลาย และบรรจุไอปรอทที่ความดันต่ำและมีก๊าซเฉื่อยเล็กน้อยเพื่อการเริ่มต้นจุดไส้หลอด ภายในแก้วเคลือบด้วยผงฟลูออเรสเซนต์ที่เรียกว่า ฟอสเฟอร์ เมื่อป้อนศักดาไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าทำให้เกิดดิสชาร์จไหลผ่านไอปรอทกำเนิดแสงที่มองเห็นและรังสีที่มองไม่เห็นส่วนใหญ่ที่เรียกว่า อัลตราไวโอเลต และรังสีอัลตราไวโอเลตนี้ทำให้สารฟอสเฟอร์เรืองแสงออกมา

หลอดฟลูออเรสเซนต์ถือเป็นหลอดที่ยอดนิยมมีการใช้งานกันมาก เพราะประหยัดไฟ ราคาถูกและหาซื้อง่าย ใช้กันมากในสำนักงาน และ โรงงานอุตสาหกรรมที่มีเพดานไม่สูงกว่า 7 เมตร หลอดฟลูออเรสเซนต์มีประสิทธิผลประมาณ 50 – 80 ลูเมน/วัตต์ ซึ่งถือว่ามีค่าสูงพอสมควรและประหยัดไฟฟ้าประมาณ 5 – 8

เท่า เมื่อเทียบกับหลอดอินเคนเดสเซนต์ซึ่งมีค่าประมาณ 10 – 15 ลูเมน/วัตต์ และขนาดวัตต์ที่มีใช้กันมากได้แก่ หลอดขนาด 18 และ 36 วัตต์ หลอด 18 วัตต์ ยาวประมาณ 60 ซม. ถ้าเป็นหลอด 36 วัตต์ ยาวประมาณ 120 เซนติเมตร

สีของหลอดฟลูออเรสเซนต์

สีของหลอดฟลูออเรสเซนต์มีด้วยกันหลายชนิดแต่ที่ใช้กันมากมี 3 ชนิด คือ หลอดเดไลท์ (Daylight) หลอดคูลไวท์ (Cool White) และ หลอดวอร์มไวท์ (Warm White) หลอดเดไลท์ เป็นหลอดที่มีอุณหภูมิสีสูงถึง 5500 – 6000 เคลวิน มีสีออกขาวปนฟ้าหลอดคูลไวท์ เป็นหลอดที่มีอุณหภูมิสีประมาณ 4000 – 4500 เคลวิน มีสีขาวเย็น หลอดวอร์มไวท์เป็นหลอดที่มีอุณหภูมิสีประมาณ 3000 – 3500 เคลวิน มีสีขาวออกแดง

ระบบและวงจรไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ระบบของหลอดฟลูออเรสเซนต์มีด้วยกันหลายแบบขึ้นอยู่กับชนิดของหลอดที่ใช้ หลอดแบบอุ่นไส้หลอด หลอดแบบจุดติดทันที และหลอดแบบจุดติดเร็ว แต่ละแบบมีวิธีการทำงานต่างกันและมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าต่างกันด้วย ดังนี้

หลอดแบบอุ่นไส้หลอด (Preheat Start Lamp)

หลอดแบบอุ่นไส้หลอดเป็นแบบมีขั้วร้อน (Hot Cathode) โดยใช้สตาร์ทเตอร์เป็นตัวจุดไส้หลอดให้ร้อน วงจรของหลอดประเภทนี้ประกอบด้วยบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ และเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำประมาณ 0.45-0.5 หลอดประเภทนี้สังเกตได้ง่ายเพราะก่อนติดจะกระพริบก่อน

หลอดแบบจุดติดทันที (Instant Start Lamp)

หลอดแบบจุดติดทันทีเป็นแบบมีขั้วเย็น (Cold Cathode) ไม่ต้องมีสตาร์เตอร์เป็นตัวทำให้ไส้หลอดร้อนก่อนจุดติดเพราะบัลลาสต์ เป็นชนิดที่ทำให้เกิดแรงดันคร่อมหลอดสูงทำให้หลอดติดได้ง่าย และเนื่องจากหลอดประเภทนี้ไม่ต้องอาศัยสตาร์ทเตอร์เป็นตัวช่วยจุดไส้หลอด ดังนั้นขั้วหลอดจึงเป็นแบบขั้วเดียว (Single Pin) และหลอดติดเร็วกว่าชนิดอุ่นไส้หลอด และไม่มีอาการกระพริบก่อนจุดไส้หลอดติด

หลอดแบบจุดติดเร็ว (Rapid Start Lamp)

หลอดแบบจุดติดเร็วเป็นแบบมีขั้วร้อน (Hot Cathode) และได้รวมเอาข้อดีของทั้งหลอดแบบอุ่นไส้หลอดและแบบจุดติดทันทีเข้าด้วยกัน วงจรไฟฟ้าของหลอดแบบนี้ไม่ต้องอาศัยสตาร์เตอร์เช่นกัน เพราะบัลลาสต์เป็นชนิดมีขดลวดอุ่นไส้หลอดอยู่ในตัวเพื่อช่วยให้หลอดติดได้ง่าย และมักมีคาปาซิเตอร์ในตัวทำให้เพาเวอร์แฟคเตอร์มีค่าสูง และข้อสำคัญก็คือหลอดและวงจรแบบนี้มีอายุการใช้งานของหลอดนานถึง 20000 ชั่วโมง ซึ่งมีอายุมากกว่าหลอดแบบอุ่นไส้หลอดถึงสองเท่า จึงเหมาะสำหรับการใช้งานในพื้นที่ที่ต้องการอายุหลอดนานเช่น เพดานสูงมาก เป็นต้น

คุณสมบัติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5

ความยาวหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5

หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5[6] คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 หุน (5/8") มีขนาดเล็กกว่าหลอดผอม (หรือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8) ประมาณ 40% และเล็กกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา (หรือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ T12) เกือบ 60% และลักษณะขั้วหลอดของ T5 นั้นจะแตกต่างจากขั้วของ T8 และ T12 ดังแสดงในภาพที่ 2.16 ในส่วนความยาวของหลอดนั้น ดังแสดงในตารางที่ 2.10 หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 จะมีความยาวที่ก็สั้นกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ไม่มาก แต่สามารถใช้ทดแทนกันได้ เนื่องจากในโคมไฟบางรุ่นสามารถดัดแปลงเบ้ากับบัลลาสต์ให้ใช้ได้ทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8

ตารางที่ 2.19 แสดงความยาวของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12, T8, T5

ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์	ขนาดที่เรียกโดยทั่วไป (ฟุต)	ขนาดที่วัดจริง (มิลลิเมตร)
T12 และ T8	2	590
T12 และ T8	3	895
T12 และ T8	4	1199
T5	2	549
T5	3	849
T5	4	1149

รูปภาพที่ 2.14 แสดงการเปรียบเทียบหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12, T8, T5

จากรูปภาพที่ 2.14 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12, T8, T5 นั้น จากความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางไฟฟ้าทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ไม่สามารถเปลี่ยนใส่แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 (หลอดผอม) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 (หลอดฟลูออเรสเซนต์

[6] ฝ่ายบริหารและแผนงานด้านการใช้ไฟฟ้า กฟผ, ข้อมูลหลอดผอมใหม่ เบอร์ 5. เครือข่ายร่วมลดภาวะโลกร้อนใช้หลอด T5, เอกสารเผยแพร่ออนไลน์. http://dsm.egat.co.th/t5/index.php, วันที่ 18 กรกฎาคม 2552.

ธรรมดา) ได้ เนื่องจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 จะมีขนาดสั้นกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 อีกทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ใช้เบ้าขาคู่ขนาดเล็ก ส่วนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 ใช้เบ้าขาคู่ขนาดกลาง อีกทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ต้องใช้บัลลาสต์แบบพิเศษในการทำงาน

ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5

ชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5[7] นั้น มีทั้งชนิดธรรมดา (Standard Output) ซึ่งมีจำนวนวัตต์ คือ 14, 21, 28 และ 35 วัตต์ และชนิดความเข้มสูง (High Output) ซึ่งมีจำนวนวัตต์ คือ 24, 39, 54 และ 80 วัตต์ (แบบความเข้มสูงยี่ห้อ GE มีแบบ 49 วัตต์ด้วย) โดยลักษณะเฉพาะของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ทั้ง 2 ชนิดนั้น ซึ่งโดยขนาด 4 ฟุต ชนิดความเข้มสูงนั้น ได้รับความนิยมอย่างสูงในประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากให้ปริมาณแสงสว่างที่สูงมาก ทำให้สามารถลดจำนวนโคมไฟที่จะติดตั้ง โดยโคมที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ชนิดความเข้มสูงนั้น แม้ว่าจะใช้จำนวนน้อยกว่าโคมที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ชนิดธรรมดา แต่ก็ให้ปริมาณแสงสว่างที่เท่ากัน

หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ทั้งชนิดธรรมดา (Standard Output) และชนิดความเข้มสูง (High Output) นั้นมีอายุการใช้งานเฉลี่ย 20000 ชั่วโมง เท่ากับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 มาตรฐาน ในขณะที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 ใหม่ แบบอายุการใช้งานนานจะมีอายุการใช้งานยาวกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 4000 ถึง 10000 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 2.20

ตารางที่ 2.20 แสดงประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และ T12 ขนาด 4 ฟุต

ประเภทหลอด	ความยาว (นิ้ว)	อุณหภูมิแสง (K)	ปริมาณแสง (ลูเมน)		ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (ลูเมน/วัตต์)
			เริ่มต้น	เฉลี่ย	
T12 40W	48	3000 – 6500	3150	2775 – 2950	81
T12 34W	48	3000 – 6500	2725	2430 – 2520	82
T8 32W	48	3000 – 6500	2775	2550 – 2710	89

ตารางที่ 2.21 แสดงประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ชนิดธรรมดาและชนิดความเข้มสูง

ประเภทหลอด	ความยาว (นิ้ว)	อุณหภูมิแสง (K)	ปริมาณแสง (ลูเมน)		ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (ลูเมน/วัตต์)
			เริ่มต้น	เฉลี่ย	
T5 14W	22	3000 – 6500	1350	1269 – 1275	96
T5 21W	34	3000 – 6500	2100	1974 – 2000	100
T5 28W	46	3000 – 6500	2900	2726 – 2750	104

[7] ฝ่ายบริหารและแผนงานด้านการใช้ไฟฟ้า กฟผ, ข้อมูลหลอดผอมใหม่ เบอร์ 5. เครือข่ายร่วมลดภาวะโลกร้อนใช้หลอด T5, เอกสารเผยแพร่ออนไลน์. http://dsm.egat.co.th/t5/index.php, วันที่ 18 กรกฎาคม 2552.

ตารางที่ 2.41(ต่อ)

ประเภทหลอด	ความยาว (นิ้ว)	อุณหภูมิแสง (K)	ปริมาณแสง (ลูเมน)		ประสิทธิภาพ การส่องสว่าง (ลูเมน/วัตต์)
			เริ่มต้น	เฉลี่ย	
T5 35W	58	3000 – 6500	3650	3431 – 3450	104
T5 HO 24W	22	3000 – 6500	2000	1880 – 1895	83
T5HO 39W	34	3000 – 6500	3500	3290 – 3320	90
T5 HO 54W	46	3000 – 6500	5000	4700 – 4740	93
T5 HO 80W	58	3000 – 6500	7000	6580 – 6650	88

บัลลาสต์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5

หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5[8] นั้นต้องใช้บัลลาสต์เฉพาะของตัวหลอดเอง ซึ่งไม่สามารถใช้บัลลาสต์ชนิดเดียวกับที่ใช้สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 โดยหลอดฟลูออเรสเซนต์T5 ทำงานที่ความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮริตซ์

บัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 นั้นมีทั้งแบบเริ่มต้นทันที (Instant Start), เริ่มต้นอย่างรวดเร็ว (Rapid Start) และเริ่มต้นแบบตั้งเวลา (Programmed Start) โดยทั่วไปบัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 มีขนาดเล็กกว่าบัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ซึ่งทำให้สามารถใช้กับโคมไฟแบบบางได้ โดยผู้ผลิตบัลลาสต์ส่วนใหญ่อ้างว่าบัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 มีความเพี้ยนสุทธิ (Total Harmonic Distortion) ต่ำกว่า 15% และตัวประกอบกำลังสูงกว่า 0.95 ซึ่งจะช่วยยืดอายุการใช้งานของสายไฟฟ้า หม้อแปลง และอุปกรณ์อื่นๆ

หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 นั้นมีขนาดเล็ก จึงทำให้มีอุณหภูมิสูง ซึ่งนำไปสู่การแตกร้าวของตัวหลอด บัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 จึงมีวงจรตัดไฟ เมื่อหลอดหมดอายุการใช้งานหรือทำงานผิดปกติด้วย ซึ่งหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 นั้นสามารถปรับหรี่ได้ โดยผู้ผลิต OSRAM SYLVANIA Inc. และ Energy Savings ได้ผลิตบัลลาสต์หรี่ไฟแบบอนาลอก (Analog Dimming Ballast) สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 HO ซึ่งใช้สัญญาณควบคุมกระแสตรง 0 – 10 โวลต์ และผู้ผลิต TRIDONIC Inc. ได้ผลิตบัลลาสต์หรี่ไฟแบบดิจิตอล (Digital Dimming Ballast) สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 HO ซึ่งสามารถหรี่ไฟได้ตั้งแต่ 100%-1%

ความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5

หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5[9] เมื่อเปรียบเทียบความยาวที่เท่ากันกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 แล้วจะมีความสว่างที่เกือบเท่ากัน แต่ถ้าเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 HO จะมีความสว่างที่มากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 หรือ ณ อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 30 °C นั้นหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 จะให้ความเข้มแสงที่สูงกว่า

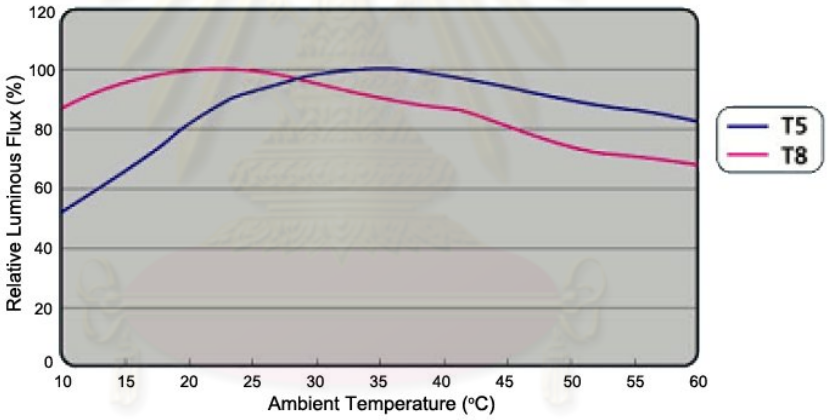
---

[8] ฝ่ายบริหารและแผนงานด้านการใช้ไฟฟ้า กฟผ, ข้อมูลหลอดผอมใหม่ เบอร์ 5. เครือข่ายร่วมลดภาวะโลกร้อนใช้หลอด T5, เอกสารเผยแพร่ออนไลน์. http://dsm.egat.co.th/t5/index.php, วันที่ 18 กรกฎาคม 2552.

[9] เรื่องเดียวกัน

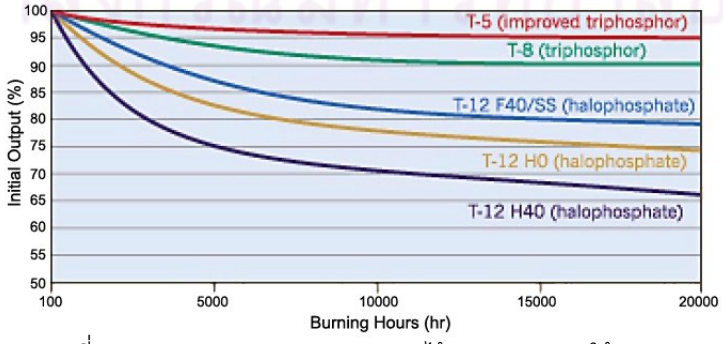
หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ชนิดมาตรฐาน แต่ ณ อุณหภูมิที่สูงกว่า 30°C หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 จะให้ความเข้มแสงที่สูงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ดังแสดงในภาพที่ 2.14 แต่อย่างไรก็ตามที่ความสว่างเท่ากันนั้น หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 นั้นใช้พลังงานมากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5.

ในส่วนอายุการใช้งานของหลอดนั้น ทางผู้ผลิต Philips Lighting, OSRAM SYLVANIA และ GE Lighting ได้ให้ข้อมูลว่า หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 และฟลูออเรสเซนต์ T5 HO มีอายุการใช้งานเฉลี่ยประมาณ 20000 ชั่วโมง ส่วนฟลูออเรสเซนต์ T5 แบบที่มีอายุยืนพิเศษ มีอายุการใช้งานยาวกว่าปกติ 4000–10000 ชั่วโมง แต่ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพการเปิด–ปิด หรือการใช้บัลลาสต์ผิดประเภทก็จะทำให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลง จากการเปรียบเทียบอัตราการคงแสงสว่างไว้ตลอดอายุการใช้งานของหลอดไฟ (Lumen maintenance) ดังแสดงในภาพที่ 2.15 พบว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 มีค่า Lumen maintenance ประมาณ 95% เมื่อใช้งานไป 8000 ชั่วโมง สูงกว่าทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 เนื่องจากใช้สารเรืองแสงแบบ Tri–phosphors ในขณะที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 และหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12 ซึ่งมีพื้นที่ผิวหลอดมากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ทำให้ต้องลดต้นทุนด้วยการใช้สาร Halo-phosphors ผสมกับ Tri-phosphors



รูปภาพที่ 2.15 แสดงค่าฟลักซ์การส่องสว่างและอุณหภูมิแวดล้อมของ T5 และ T8

ที่มา : ฝ่ายบริหารและแผนงานด้านการใช้ไฟฟ้า กฟผ, ข้อมูลหลอดผอมใหม่ เบอร์ 5. เครือข่ายร่วมลดภาวะโลกร้อนใช้หลอด T5[ออนไลน์] (แหล่งที่มา: http://dsm.egat.co.th/t5/index.php)[2552, กรกฎาคม 18]



รูปภาพที่ 2.16 แสดงอัตราการคงแสงสว่างไว้ตลอดอายุการใช้งานของ T5, T8 และ T12

ที่มา : ฝ่ายบริหารและแผนงานด้านการใช้ไฟฟ้า กฟผ. ข้อมูลหลอดผอมใหม่ เบอร์ 5. เครือข่ายร่วมลดภาวะโลกร้อนใช้หลอด T5 [ออนไลน์] (แหล่งที่มา:http://dsm.egat.co.th/t5/index.php)[2552, กรกฎาคม 18]

การประสานการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์

เราสามารถควบคุมแสงสว่างจากธรรมชาติที่ผ่านช่องแสงหรือหน้าต่างอาคารเพื่อช่วยลดการใช้แสงไฟฟ้าได้ ด้วยการเตรียมการประสานแสงธรรมชาติในช่วงเวลากลางวัน ที่แปรเปลี่ยนไปตลอดทั้งวัน ภายนอกอาคาร เพื่อนำมาใช้ช่วยในการสร้างความรู้สึกกระตุ้นทางสายตา และสร้างสภาพแวดล้อมให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกกระตือรือร้นในการทำงาน (productive environment) การออกแบบแสงธรรมชาติที่เหมาะสมมีสิ่งที่เกี่ยวข้องหรือตัวแปร มากกว่าเพียงแค่การใช้หน้าต่างหรือช่องแสงด้านบน (skylight) เพิ่มขึ้น ในพื้นที่ใช้สอยคือจะต้องรวมถึงเรื่องของการสร้างสมดุลของปริมาณความร้อนที่รับเพิ่มขึ้น (heat gain) หรือที่สูญเสียไป (heat loss) การควบคุมแสงระคายตา (glare) และการแปรเปลี่ยนของแสงธรรมชาติตลอดทั้งวันอีกด้วยตัวอย่างของการออกแบบแสงธรรมชาติที่ประสบความสำเร็จนั้นจะต้องให้ความสำคัญกับการใช้อุปกรณ์การกันแดดเพื่อช่วยลดแสงระคายตา (glare) และความเปรียบต่าง (contrast) ที่สูงจนเกินในพื้นที่ใช้งานนั้น ๆ นอกจากนี้ขนาดหน้าต่างระยะห่างการเลือกชนิดกระจก ค่าการสะท้อนแสงของผิววัสดุตกแต่ง ภายในอาคาร และการจัดวางตำแหน่งของผนังกั้นห้องก็ควรจะนำมาพิจารณาด้วย การประสานความงามและประโยชน์ใช้สอยของแสงธรรมชาติ ไม่ใช่เพียงแต่ให้แสงสว่างที่พอเพียงแก่ผู้ใช้อาคารเท่านั้น แต่สิ่งสำคัญก็คือการออกแบบที่สามารถลดปัญหาอันอาจจะเกิดจากแสงธรรมชาติให้ได้ด้วย โดยอาศัยพื้นฐานเกี่ยวกับแสงสว่างและการมองเห็น

ประสิทธิภาพแสงและการประหยัดในการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง

หลอดประสิทธิภาพสูง คือ หลอดที่ให้แสงมากแต่กินไฟน้อย เป็นหลอดที่ผอมกว่าหลอดธรรมดา ซึ่งสามารถทราบกำลังส่องสว่าง ขนาดวัตต์และวัตต์รวมบัลลาสต์ได้จากค่าที่ระบุไว้บนกล่องหรือจากคู่มือบริษัทและนำมาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพตามสูตรดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพแสง (ลูเมน/วัตต์)} = \frac{\text{กำลังส่องสว่างของหลอด}}{\text{วัตต์รวมบัลลาสต์}} \quad \text{.....15}$$

จากสูตรนี้นำไปหาค่าประสิทธิภาพแสง (Luminous efficiency) ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

2.1.4 ศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับต้นทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Weighted Average Cost of Capital หรือ WACC)ยูจีน และฮุสตัน กล่าวถึงเหตุผลในการใช้ต้นทุนเฉลี่ยของเงินทุน (WACC) ว่าในกรณีที่บริษัทสามารถจัดหาเงินทุนจากส่วนของเจ้าของ (Equity) เพียงอย่างเดียวต้นทุนของเงินทุน (Cost of Capital) ที่จะใช้ในการวิเคราะห์งบลงทุนควรเป็นอัตราผลตอบแทนที่ต้องการในส่วนของเจ้าของ (Required Rate of Return on Equity) อย่างไรก็ตาม บริษัทส่วนใหญ่มักจัดหาเงินทุนจากหลายแหล่ง เช่น เงินกู้ และหุ้นสามัญ เป็นต้น โดยที่ต้นทุนของเงินทุนแต่ละแหล่งนั้นจะมีต้นทุนที่ไม่เท่ากัน ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการเฉลี่ยต้นทุนของเงินทุนทั้งจำนวนด้วยการคำนวณหาต้นทุนเฉลี่ยของเงินทุน (Weighted Average Cost of Capital-WACC) ที่ไม่ใช่ต้นทุนเฉพาะในส่วนของเจ้าของ (Cost of Equity) เพียงอย่างเดียว

หากบริษัทระดมเงินทุนเพื่อการลงทุนในสินทรัพย์ และต้องการรักษาโครงสร้างเงินทุน (Capital Structure) เหมือนเดิม นั่นคือ การรักษาอัตราส่วนของหนี้สิน และส่วนของเจ้าของให้คงเดิม บริษัทจะต้องระดมทุนเพิ่มด้วยส่วนผสมของหนี้สิน และส่วนของเจ้าของ ซึ่งส่วนที่เป็นของเจ้าของ อาจมาจากกำไรสะสมหรือการจำหน่ายหุ้นสามัญก็ได้

ในการคำนวณต้นทุนของเงินทุนทุกประเภท จะใช้ต้นทุนหลังภาษีเสมอ โดยต้นทุนของหนี้ระยะยาว (หลังภาษี) จะเท่ากับอัตราดอกเบี้ยหักด้วยภาษีที่ประหยัดได้ ตามสูตรการคำนวณ ดังนี้

ต้นทุนของหนี้ระยะยาว (หลังภาษี) = อัตราดอกเบี้ย – ภาษีที่ประหยัดได้

$= K_d - k_d T$

$= k_d (1-T)$

โดยสาเหตุที่ต้องคิดต้นทุนหลังภาษีเนื่องจากโดยปกติแล้วดอกเบี้ยสามารถนำไปเป็นค่าใช้จ่ายก่อนเสียภาษีได้ แต่ละบริษัทจะมีโครงสร้างเงินทุนที่เหมาะสม (Optimal Capital Structure) ซึ่งก็คือส่วนผสมของหนี้สิน และส่วนของเจ้าของ ที่ทำให้ราของหุ้นสามัญสูงสุด ดังนั้น บริษัทที่ต้องการจะทำให้มูลค่าของบริษัทสูงสุด จะกำหนดโครงสร้างเงินทุนที่เหมาะสมและใช้เป็นเป้าหมาย (Target) หลังจากนั้น จะมีการระดมทุนโดยพยายามให้เป็นไปตามเป้าหมายนั้นตลอดเวลา ทั้งนี้ ส่วนผสมของหนี้สินและส่วนของเจ้าของตามเป้าหมาย รวมทั้งต้นทุนของแต่ละองค์ประกอบนั้น จะใช้ในการคำนวณหาต้นทุนเฉลี่ยของเงินทุน (WACC) ตามสูตรการคำนวณ ดังนี้

$WACC = W_d k_d (1-T) + W_p k_p + W_c k_s$

โดยที่

Wd = สัดส่วนของหนี้สิน

Wp = สัดส่วนของหุ้นบุริมสิทธิ์

Wc = สัดส่วนของส่วนของเจ้าของ

kd = ต้นทุนของหนี้สินก่อนภาษี

kp = ต้นทุนของหุ้นบุริมสิทธิ์

ks = ต้นทุนในส่วนของเจ้าของ

ในบางครั้งจะเรียกหุ้นบุริมสิทธิ์และส่วนของเจ้าของรวมกันว่า เงินทุนของเจ้าของ (Cost of Equity หรือ k_e) และมีสัดส่วนของเงินทุนของเจ้าของ (W_e)

การถ่วงน้ำหนัก (Weight) จะยึดตามมูลค่าตามบัญชีที่แสดงไว้ในงบดุล (Book Values) หรือตามราคาตลาดของหลักทรัพย์แต่ละประเภท ในทางทฤษฎีแล้ว การถ่วงน้ำหนักตามสัดส่วนนั้นควรจะยึดตามราคาตลาด (Market Values) แต่ถ้าการถ่วงน้ำหนักตามมูลค่าตามบัญชีใกล้เคียงกับการถ่วงน้ำหนักตามราคาตลาด ก็อาจจะใช้แทนกันได้ ด้วยเหตุนี้ ต้นทุนเฉลี่ยของเงินทุน (WACC) จึงแสดงถึงต้นทุนของเงินทุนส่วนเพิ่ม (Marginal Cost of Capital-MCC) เพราะเป็นต้นทุนของการระดมทุนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละบาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อย่างไรก็ตาม ต้นทุนเฉลี่ยของเงินทุนได้รับผลกระทบจากปัจจัยต่างๆ มากมาย บางปัจจัยบริษัทไม่สามารถควบคุมได้ ในขณะที่บางปัจจัยได้รับผลกระทบจากนโยบายในการจัดหาเงินทุนและนโยบายในการลงทุนของบริษัทเอง

1) ปัจจัยที่บริษัทไม่สามารถควบคุมได้ ประกอบด้วย

1.1) อัตราดอกเบี้ย (Interest Rates) หากอัตราดอกเบี้ยสูงขึ้น ต้นทุน (อัตราดอกเบี้ย) จากหนี้สินจะสูงขึ้น เพราะบริษัทต้องจ่ายดอกเบี้ยให้สถบันการเงินหรือผู้ถือพันธบัตรสูงขึ้น นอกจากนั้น หากอัตราดอกเบี้ยสูงขึ้น ต้นทุนในส่วนของเจ้าของสูงขึ้นด้วย เนื่องจากอัตราผลตอบแทนที่ไม่มีความเสี่ยง (k_{RF}) จะสูงขึ้น

1.2) อัตราภาษี (Tax Rates) อัตราภาษีมีผลต่อต้นทุนของเงินทุนด้วยเช่นกัน เนื่องจากอัตราภาษีใช้ในการคำนวณหาต้นทุนของหนี้สิน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ WACC แต่ผลกระทบของอัตราภาษีต่อต้นทุนของเงินทุนอาจจะเห็นได้ไม่ชัดเจนนัก

2) ปัจจัยที่บริษัทสามารถควบคุมได้ ประกอบด้วย

2.1) นโยบายของโครงสร้างเงินทุน (Capital Structure Policy) โดยปกติบริษัทสามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเงินทุนได้ ซึ่งจะกระทบต้นทุนของเงินทุน ต้นทุนหลังภาษีของหนี้สินมักจะต่ำกว่าต้นทุนในส่วนของเจ้าของ ดังนั้น ถ้าบริษัท ตัดสินใจใช้แหล่งเงินทุนจากหนี้สินเพิ่มขึ้นและลดสัดส่วนในส่วนของเจ้าของลง จะมีผลทำให้ WACC ต่ำลง อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการใช้หนี้สินเพิ่มขึ้นก็จะทำให้ความเสี่ยงทั้งในส่วนของเจ้าหนี้และเจ้าของเพิ่มขึ้นตามไปด้วย และในที่สุดจะส่งผลให้ต้นทุนของทั้งของหนี้สินและส่วนของเจ้าของเพิ่มขึ้น และก็จะกระทบกับ WACC เช่นเดียวกัน

2.2) นโยบายการลงทุน (Investment Policy) จากในตอนต้นที่กล่าวมา เราสมมติว่าในการที่บริษัทจะระดมทุนเพิ่ม เพื่อจะนำเงินลงทุนได้มากนั้นไปลงทุนในธุรกิจเดิม คามเสี่ยงทางธุรกิจไม่เปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตาม ถ้าบริษัทมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะของธุรกิจ เช่น เปลี่ยนจากธุรกิจการเกษตรเป็นธุรกิจอสังหาริมทรัพย์ ก็จะมีผลต่อต้นทุนของเงินทุนเป็นอย่างมาก เนื่องจากความเสี่ยงทางธุรกิจเปลี่ยนแปลงไป

อย่างไรก็ตาม แม้จะมีข้อจำกัดบางประการ กระบวนการในการประเมินหาต้นทุนเฉลี่ยของเงินทุน (Cost of Capital) นั้น มีประโยชน์ในการใช้เป็นเกณฑ์การตัดสินว่า โครงการใดควรจะลงทุนหรือไม่ โดยเปรียบเทียบอัตราผลตอบแทนจากโครงการกับต้นทุนของเงินทุนที่จะนำมาลงทุนในโครงการนั้นๆ

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดลดกระแสเงินสด (Discounted Cash Flow)

การคิดลดกระแสเงินสด เป็นเครื่องมือการประเมินโครงการลงทุน (Capital Budgeting) โดยพิจารณาถึงมูลค่าของเงินตามกาลเวลา (Time Value of Money) เพื่อคำนวณหาค่าที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการจะตัดสินใจลงทุนในโครงการต่างๆ ดังนี้

มูลค่าผลตอบแทนการลงทุนปัจจุบัน (Net Present Value: NPV)

มูลค่าผลตอบแทนการลงทุนปัจจุบัน (NPV) คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลการประหยัดต้นทุนพลังงานไฟฟ้าในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปีตลอดอายุของโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินที่จ่ายออกไปภายใต้โครงการที่กำลังพิจารณา ณ อัตราลดค่า (Discount Rate) หรือค่าของทุน (Cost of Capital) ที่กำหนด จากคำนิยามดังกล่าวข้างต้น การคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ จึงจำเป็นต้องทราบข้อมูลต่างๆ ดังนี้

คือ (1) กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ (2) กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ (3) ระยะเวลาของโครงการ และ (4) อัตราลดค่าหรือค่าของทุนของธุรกิจ และการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิสามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$NPV = \sum_{t-1}^{n} \frac{ES_t}{(1+i)^t} - l_o$$

ในที่นี้

n = อายุของโครงการ (ปี)

ESt = ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (Energy Cost Savings) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n

lo = เงินจ่าลงทุนตอนเริ่มโครงการ (Total Investment)

i = อัตราลดค่า (Discount Rate)

1) ค่าของทุนที่ใช้เป็นอัตราลดค่า (Discount Rate) จะมีค่าเดียวกันตลอดอายุโครงการและขึ้นอยู่กับอัตราดอกเบี้ยของตลาดที่ผู้ลงทุนเผชิญอยู่ ซึ่งอย่างน้อยควรมีค่าของทุนเท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำที่ผู้ลงทุนได้รับ

ในการเลือกโครงการ ค่า NPV จะแสดงให้เห็นว่าโครงการที่กำลังพิจารณามีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุนเป็นมูลค่าเท่าหร่เมื่อสิ้นสุดโครงการ ถ้าค่า NPV มีค่าเป็นบวกแสดงว่าผลประโยชน์ในอนาคตเมื่อนำมาคิดมูลค่าปัจจุบันแล้วมีค่ามากกว่าเงินลงทุน นั่นคือการลงทุนในโครงการนั้นได้รับผลตอบแทนคุ้มกับการลงทุน โครงการดังกล่าวจึงเป็นโครงการที่สมควรจะลงทุน ดังนั้นจึงควรเลือกโครงการที่ให้ค่า NPV เป็นบวกมากที่สุด แต่การใช้ NPV เพียงอย่างเดียว อาจทำให้มีข้อจำกัดในการตัดสินใจในการเลือกโครงการได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่โครงการมีขนาดต่างกัน แต่ให้ค่า NPV ที่เป็นบวกเท่ากัน ดังนั้นการตัดสินใจให้การสนับสนุน ควรจะต้องนำเครื่องมืออื่นมาประกอบการพิจารณาควบคู่ไปกับการใช้ค่า NPV

2) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนการลงทุน หมายถึง อัตราผลตอบแทนที่ได้รับจากโครงการหนึ่งๆ ซึ่งเป็นอัตราลดค่า (Discount Rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะต้องจ่ายในการลงทุน (Total Investment) เท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการประหยัดพลังงานตลอดอายุโครงการ จากคำนิยามข้างต้น การคำนวณหาอัตราผลตอบแทนลดค่า จะต้องทราบข้อมูลดังนี้ คื อ (1) กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ (2) กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ และ (3) ระยะเวลาของโครงการ ซึ่งการคำนวณหาอัตราผลตอบแทนภายใน จะตั้งอยู่บนสมมติฐานว่า ไม่มีมูลค่าซากและเงินลงทุนสุทธิเท่ากับต้นทุนทางบัญชี โดยมีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$-l_o + \sum_{t-1}^{n} \frac{ES_t}{(1+IRR)^t} = 0$$

ในที่นี้

n = อายุของโครงการ (ปี)

ESt = ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (Energy Cost Savings) รายปี ตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n

Io = เงินจ่าลงทุนตอนเริ่มโครงการ (Total Investment)

IRR = อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return)

การคำนวณหาค่า IRR ก็คือการหาค่า Discount Rate ที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์ (NPV = 0) นั่นเอง ถ้าค่า IRR มากกว่าหรือเท่ากับอัตราผลตอบแทนที่ผู้ลงทุนเลือกใช้เป็นจุดตัดสินใจก็ถือได้ว่าโครงการดังกล่าว เป็นโครงการที่น่าลงทุนโดยทั่วแล้ว ทั้งวีในการประเมินโครงการจากค่า IRR และ NPV จะให้ผลการตัดสินใจรับโครงการหรือปฏิเสธโครงการเป็นไปในทำนองเดียวกัน แต่ในบางกรณีที่ใช้ข้อสมมติ เช่น การนำเงินที่ได้ในแต่ละปีไปลงทุนใหม่ (Reinvestment) หรือการใช้วิธีหักค่าเสื่อมราคา แบบ Double-Declining Balance Method แทนแบบเส้นตรง (Straight Line Method) ก็อาจทำให้คำตอบที่ได้จากทั้ง 2 วีขัดแย้งกันได้ ดังนั้น การพิจารณาประเมินโครงการลงทุนจากทั้ง 2 วิธี จึงต้องคำนึงถึงสมมติฐานที่ใช้ในการคำนวณ

3) ระยะเวลาคืนทุนที่คำนึงถึงมูลค่าปัจจุบัน (Discounted Payback Period: DPB)

ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลา (เป็นจำนวนปี เดือน หรือวัน) ที่กระแสเงินสดที่คารดว่าจะได้รับจากโครงการในอนาคต สามารถชดเชยกระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการพอดี เนื่องจากโครงการที่ขอรับการสนับสนุนจะมีลักษณะการลงทุนเพียงครั้งเดียวในปีแรกและให้ผลตอบแทนในแต่ละปี การหาระยะเวลาคืนทุน สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

3.1) การหาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period-PB) จะใช้วิธี Static คำนวณได้จากสูตร

งวดเวลาคืนทุน = เงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ (Total Investment)

ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ ต่อปี (Annual Energy Cost Saving)

3.2) การหาระยะเวลาคืนทุนที่คำนึงถึงมูลค่าปัจจุบัน (Discounted Payback Period-DPB) จะใช้วิธี Dynamic สามารถคำนวณได้จากสูตร

งวดเวลาคืนทุน = จำนวนปีที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับหรือมากกว่าศูนย์

ระยะเวลาคืนทุนที่ได้จากทั้ง 2 วิธี จะมีความแตกต่างกัน โดยค่าจาก Static Method จะให้งวดเวลาคืนทุนเร็วกว่า Dynamic Method เนื่องจาก Dynamic Method จะใช้การคำนวณค่าแบบสะสมจากมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนและพลังงานที่ประหยัดได้ซึ่งคิดอัตราลดค่า (Disount Rate) ในการเลือกโครงการะยะเวลาคืนทุนจะแสดงให้เห็นว่าต้องใช้เวลานานเพียงใดในการได้ทุนคืน เกณฑ์ในการตัดสินใจ คือ ถ้าต้องเลือกโครงการใดโครงการหนึ่งเพียงโครงการเพียว จะเลือกโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นกว่า แต่ถ้าสามารถเลือกได้ทุกโครงการจะเลือกโครงการที่ระยะวเลาคืนทุนน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อย่างไรก็ตาม การพิจารณาแต่เพียงระยะเวลาคืนทุนนั้นมีข้อเสียในการเลือกโครงการ คือ วิธีนี้จะไม่ให้ความสนใจต่อเงินเข้าสุทธิในส่วนที่ได้หลังจากช่วงเวลาคืนทุนแล้ว ซึ่งอาจจะมีผลตอบแทนภายหลังมากกว่าโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนเร็วก็ได้

4) การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity/Scenatio Analysis)

ยูจีน และฮุสตัน (2544: 354-358) กล่าวว่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเป็นเทคนิคในการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการลงทุนที่แสดงให้เห็นว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิจะเปลี่ยนแปลงไปเท่าใด โดยกำหนดให้ตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงโดยที่ปัจจัยอื่นๆ มีค่าคงที่ หรือเปลี่ยนแปลงตัวแปรหลายๆ ตัวในเวลาเดียวกันเพื่อศึกษาผลกระทบของ NPV เมื่อสถานการณ์เปลี่ยนแปลงไป

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจะเริ่มจากสภาวะปกติที่น่าจะเป็น (Most Likely Case Scenario) โดยการใช้มูลค่าที่คาดการณ์ไว้ (Expected Value) ของตัวแปรแต่ละตัวหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่ามูลค่าที่คาดว่าน่าจะใกล้เคียงความจริงมากที่สุดมาทำการวิเคราะห์กรณีที่น่าจะเป็นมากที่สุด (Most Likely Case Scenerio) หลังจากนั้น จึงวิเคราะห์กรณีที่ดีที่สุด (Best Case Scenario) และกรณีที่แย่ที่สุด (Worst Case Scenario) โดยการเปลี่ยนตัวแปรแต่ละตัวให้สูงกว่าหรือต่ำกว่ามูลค่าที่คาดการณ์ไว้แต่แรกและเปรียบเทียบค่า NPV จากการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรซึ่งโดยปกติแล้วโอกาสในการเกิดกรณีที่ดีที่สุดและกรณีที่แย่ที่สุดจะอยู่ที่ร้อยละ 25 ในขณะที่กรณีที่น่าจะเป็นมากที่สุดมีโอกาสในการเกิดร้อยละ 50 (ยูจีน และฮุสตัน, 2544: 256)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการประเมินความเสี่ยงของโครงการ อย่างไรก็ตาม การประเมินด้วยแนวทางนี้ยังมีข้อจำกัดอยู่บ้างเนื่องจากมีการกำหนดทางเลือกให้ไม่กี่ทางเลือกเท่านั้น

การคำนวณ Life cycle cost และ discounted payback period

การคำนวณ Life Cycle Cost (ต่อปี) = ค่าใช้จ่ายในการลงทุน + ค่าบำรุงรักษา +ค่าไฟฟ้า + ดอกเบี้ย +ค่าเงินจากอัตราเงินเฟ้อ +อื่นๆ

การคำนวณประเมินระยะเวลาคืนทุน (Simple payback period)

Simple payback period เป็นวิธีการคำนวณประเมินระยะเวลาคืนทุนหรือจุดคุ้มทุน (ปี) อย่างง่ายเพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจในการเลือกแนวทางของการออกแบบว่าเหมาะสมที่จะลงทุนหรือไม่ วิธีการคำนวณทำได้ดังนี้ (William T, 1983: 80)

$$\text{Simple payback period} = \frac{\text{เงินลงทุนเบื้องต้น (C)}}{\text{ค่าใช้จ่ายที่ลดลงรายปี (A)}}$$

การคำนวณอัตราส่วนผลตอบแทน (Internal rate of return)

Internal rate of return (IRR) เป็นอัตราส่วนผลตอบแทนที่ทำให้ผลตอบแทนที่ได้รับจากการประหยัดตลอดอายุการใช้งาน (lifetime saving) เท่ากับเงินลงทุนทั้งหมด (Lifetime Cost) ซึ่งในที่นี้จะเป็นราคาต้นทุนวัสดุเบื้องต้น (First cost)

Lifetime saving = lifetime cost

[A ⟶ P] = ราคาต้นทุนวัสดุเบื้องต้น (P)
ค่าใช้จ่ายที่ลดลงรายปี (A)

2.2 ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลอาคาร

สำรวจและเก็บข้อมูลของอาคารกรณีศึกษาร้าน SCG HOME MART เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นไปประเมินหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขปัญหาของอาคาร (ปิติรัตน์ ยศวัฒน, 2545: 62-63) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.2.1 เกณฑ์ในการคัดเลือกร้านเพื่อศึกษาและสำรวจเก็บข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของอาคารกรณีศึกษา

2.2.2 ข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของอาคาร

แนวทางในการสำรวจอาคารเพื่อพิจารณาประสิทธิภาพการใช้พลังงานประกอบด้วยข้อมูลทางสถาปัตยกรรม ดังนี้

2.2.2.1. การสำรวจลักษณะทางกายภาพภายนอกอาคารกรณีศึกษาเกี่ยวกับประเภทของโครงสร้างและขนาดของอาคาร, เปลือกอาคาร, ตำแหน่งที่ตั้งอาคาร, ทิศทางการวางอาคาร, รูปแบบการวางผัง, ระยะโดยรอบอาคาร, การเข้าถึงอาคาร, วัสดุก่อสร้างของอาคารสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร (window-to-wall ratio – WWR), และสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร

2.2.2.2 การสำรวจเก็บข้อมูลลักษณะการแบ่งพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร, ขนาดและพื้นที่ช่องแสงในอาคาร, ช่วงเวลาการใช้งานภายในอาคาร, การใช้วัสดุประกอบอาคาร และการตกแต่งภายใน

2.2.2.3 การสำรวจเก็บข้อมูลระบบประกอบอาคารประกอบด้วยระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

2.2.2.4 การสำรวจเก็บข้อมูลลักษณะการใช้งานของผู้ใช้อาคาร พฤติกรรมการใช้อาคาร ประกอบด้วยดังนี้

พฤติกรรมผู้ใช้อาคาร การทำงานของผู้ใช้อาคาร พิจารณาจำนวนผู้ใช้อาคารในแต่ละช่วงเวลา

- มาตรการการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

2.2.3 ข้อมูลด้านการใช้พลังงานของอาคาร

การสำรวจเก็บข้อมูลการใช้พลังงานในอาคารห้าง SCG HOME MART ที่ต้องการศึกษา เพื่อศึกษาเบื้องต้นถึงการใช้พลังงานที่จำแนกตามระบบและประเภทของการใช้พลังงานในอาคารเป็นการยืนยันว่าอาคารนั้นๆ มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด และหาแนวทางในการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ประกอบด้วย 2 แนวทางการศึกษาดังนี้

2.2.3.1 ศึกษารูปแบบลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าเก็บข้อมูลการใช้พลังงานในอาคารแยกแต่ละกิจกรรม

2.2.3.2 ศึกษาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

- ขนาด จำนวนและตำแหน่ง ของเครื่องปรับอากาศวิธีการปรับอากาศในแต่ละช่วงของปี
- เก็บข้อมูลอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร
- เก็บข้อมูล Utility ได้แก่ ข้อมูลการใช้พลังงานที่ผ่านมาทั้งปริมาณ ค่าใช้จ่าย และความต้องการใช้พลังงานในอาคาร ข้อมูลประเภทของพลังงานที่มีการใช้งานในอาคาร (สำหรับประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นพลังงานไฟฟ้า) เก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ผ่านมาจากใบเสร็จค่าไฟฟ้า

2.2.4 ศึกษาทดสอบการใช้พลังงานในอาคาร ด้วยการจำลองสภาพในโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation Program)

จากหนังสือ Retrofitting of Building for Energy Conservation สามารถสรุปข้อจำกัดได้ดังนี้ (Retrofitting of Building For Energy Conservation, 1984: p 158-160)

1.การพิจารณาผลกระทบในระยะยาวของ การปรับปรุงตัวอาคารหรือวิธีการจัดการที่ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงมาก ค่าที่ได้จากการประเมินอาจไม่ตรงตามค่าที่เกิดขึ้นจริง

2.ข้อมูลที่นำมาใส่ในโปรแกรมอาจจะได้มาจากข้อมูลที่ไม่ตรงตามความเป็นจริง ทั้งข้อมูลตัวอาคารเช่นการใช้ข้อมูลที่ได้จากคู่มือวัสดุอาจมีค่าที่สูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริงเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ ข้อมูลอุณหภูมิ และข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมของอาคาร โดยทั่วไปมักจะเกิดความคลาดเคลื่อนจากอาคารจริงประมาณ 10-15 % สำหรับการใช้โปรแกรม DOE, BLAST, TRACE

3.การพิจารณาวิธีการที่ใช้ในการปรับปรุงอาคารหลายวิธีร่วมกันอาจไม่ได้รับผลได้อย่างเต็มที่ เช่น หากผู้ออกแบบเลือกวิธีการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร 2 วิธีที่ประเมินเบื้องต้นว่า แต่ละวิธีสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้วิธีละ 10 % แต่เมื่อนำมาใช้ร่วมกันอาจเพิ่มประสิทธิภาพได้ไม่ถึง 20 % ก็ได้ ซึ่งเป็นสิ่งที่ประเมินได้ยาก

2.3 ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการพิจารณา

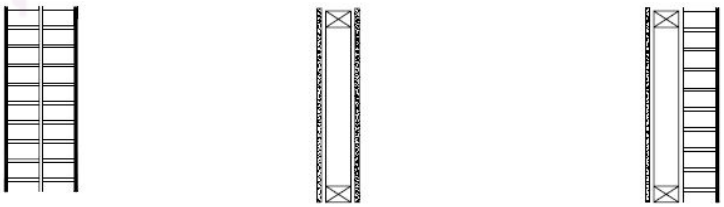
ระบบของวัสดุกรอบอาคาร ระบบของวัสดุกรอบอาคารที่ใช้กันอยู่ทั่วไป แบ่งตามวัสดุผนังและหลังคา ดังนี้

2.3.1 วัสดุผนัง แบ่งออกได้ดังนี้

ผนังที่เป็นมวลสาร (Mass Wall) หมายถึง ผนังที่มีมวลสารยึดติดกันทั่วทั้งผนังโดยการก่อหรือการหล่อเข้าด้วยกัน เช่น ผนังก่ออิฐมอญ ผนังก่อคอนกรีตบล็อก ผนังก่อคอนกรีตมวลเบา และผนังคอนกรีตสำเร็จรูป เป็นต้น

ผนังที่เป็นโครงคร่าว (Framing Wall) หมายถึง ผนังที่มีโครงเคร่าเป็นโครงสร้างของผนัง และบุแผ่นวัสดุปิดผิวด้านนอกและด้านใน วัสดุที่ใช้เป็นโครงเคร่า เช่น เหล็กเหล็กชุบสังกะสีอลูมิเนียมและไม้ เป็นต้น ส่วนวัสดุปิดผิวที่ใช้กันทั่วไปตามความเหมาะสมในการใช้งาน ได้แก่ แผ่นไม้สังเคราะห์ แผ่นยิปซั่มบอร์ด แผ่นกระเบื้องใยหิน และแผ่นไฟเบอร์บอร์ด

ผนังประกอบ (Composite Wall) หมายถึง ผนังที่ประกอบด้วยผนังมวลสารและผนังโครงเคร่าเข้าด้วยกัน อาจจะรวมถึงการบุด้วยฉนวนกันความร้อนชนิดต่างๆระหว่างโครงเคร่าด้วย



ผนังมวลสาร (Mass Wall) ผนังโครงเคร่า (Framing Wall) ผนังประกอบ (Composite Wall)

รูปภาพที่ 2.17 แสดงวัสดุผนังที่เป็นมวลสาร ผนังโครงเคร่า และผนังประกอบ ตามลำดับ

2.3.2 ระบบวัสดุ หลังคา

วัสดุหลังคาที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน ได้แก่

วัสดุมุงหลังคา (Roofing) เป็นส่วนที่รองรับการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง ประเภทวัสดุมุงหลังคาที่ใช้กันอยู่ทั่วไปได้แก่ กระเบื้องซีเมนต์ใยหิน กระเบื้องคอนกรีต กระเบื้องเซรามิค กระเบื้องดินเผาแผ่นหลังคาแอสฟัลท์และหลังคาแผ่นโลหะ - ฉนวนกันความร้อน (Insulation) ฉนวนกันความร้อนที่ใช้กันอยู่ทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ฉนวนแบบมีมวลและฉนวนแบบสะท้อนความร้อน

รูปภาพที่ 2.18 แสดงวัสดุมุงหลังคา และฉนวนกันความร้อนบริเวณหลังคา

ที่มา : เอกสารเผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

2.3.3 ลักษณะและคุณสมบัติของวัสดุประกอบอาคาร

นำเสนอเฉพาะวัสดุที่มีการใช้งานแพร่หลายในประเทศ หรือวัสดุที่มีความเกี่ยวข้องกับการลดการใช้พลังงานซึ่งมีความเหมาะสมกับการใช้งานทั่วไป และเป็นประโยชน์กับคนส่วนใหญ่ที่จะสามารถนำไปเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกใช้ได้อย่างถูกต้อง และมีความเหมาะสมยิ่งขึ้น โดยจะแยกเป็น 2 กลุ่มหลักตามคุณสมบัติของวัสดุ ดังนี้

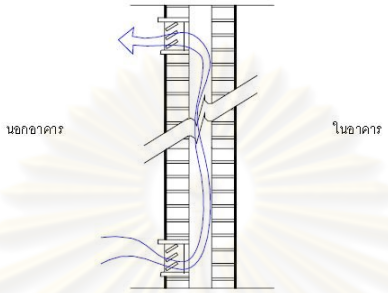
2.3.3.1 กลุ่มวัสดุประกอบโครงสร้าง

อิฐมอญ (Brick) โดยการนำดินเหนียวมาเผาใช้ไม้ฟืนและแกลบในการเผา เพื่อให้ได้วัสดุที่คงรูปและมีความแข็งแรง คงทนคุณสมบัติที่ยอมให้ความร้อนถ่ายเทเข้า-ออกได้ง่าย ดูดเก็บความร้อนไว้ในตัวเองเป็นเวลานานกว่าจะเย็นตัวลง อิฐมอญมีความจุความร้อนสูงทำให้สามารถกักเก็บความร้อนไว้ในเนื้อวัสดุได้มากก่อนที่จะค่อยๆถ่ายเทสู่ภายนอก จึงเหมาะกับการใช้กับบริเวณที่ใช้งานเฉพาะช่วงกลางวัน คุณสมบัติเฉพาะของอิฐมอญดัง

รูปภาพที่ 2.19 แสดงวัสดุผนังที่เป็นมวลสาร ผนังโครงเคร่า และผนังประกอบ ตามลำดับ

ที่มา : เอกสารเผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

การใช้งานที่ง่ายและสามารถป้องกันความร้อนได้ดีของวัสดุประเภทอิฐมอญ สำหรับอาคารพักอาศัยทั่วไป คือการทำผนัง 2 ชั้นโดยเว้นช่องตรงกลาง และจะดียิ่งขึ้นถ้ามีการระบายอากาศที่ผนังให้สามารถถ่ายเทความร้อนกลับสู่ภายนอกก่อนที่จะผ่านผนังชั้นในเข้ามา แต่มีข้อควรระวังคือ ช่องที่ระบายอากาศจะต้องทำเป็นตะแกรงหรือออกแบบให้สามารถป้องกันพวกสัตว์เล็กเข้าไปอาศัยอยู่ได้ และระวังเรื่องของน้ำฝนที่อาจสาดเข้าไปภายใน



รูปภาพที่ 2.20 ผนังก่ออิฐมอญ 2 ชั้นเว้นช่องว่างตรงกลาง และมีที่ระบายอากาศภายในผนังด้านนอก
ที่มา : เอกสารเผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

1) ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่น ก่อผนังอิฐแบบก้อนเดียวเรียงต่อกันไปตามความยาวของผนัง (1 ตร.ม. ใช้ อิฐสามัญ138 ก้อน)

2) ผนังก่ออิฐเต็มแผ่น ก่อผนังอิฐแบบหนาสองก้อนเรียงสลับกัน (1 ตร.ม. ใช้ อิฐสามัญ 276 ก้อน)

คอนกรีตบล็อก (Concrete Masonry Unit) มีทั้งชนิดรับน้ำหนักและไม่รับน้ำหนัก ส่วนใหญ่จะมีลักษณะกลวง (Hollow Concrete Block) และเป็นที่นิยมใช้มากเนื่องจากมีราคาถูก เป็นฉนวนในการกันความร้อนที่ดี แต่ข้อเสียคือจะเปราะและแตกง่าย

รูปภาพที่ 2.21 แสดงลักษณะคอนกรีตบล็อกและการใช้งาน
ที่มา : libwww.syr.edu/.../collections/ c/Ceraldi/images ,http: // www.pongjadesada.com

คอนกรีตมวลเบาหรืออิฐมวลเบา อิฐมวลเบาผลิตมาจากการนำ ทราย ซีเมนต์ ปูนขาว ยิปซั่ม และผงอลูมิเนียม มีฟองอากาศมากประมาณ 75% ทำให้เบา (ลอยน้ำได้) ฟองอากาศเป็น closed cell ไม่ดูดซึมน้ำ (ดูดซึมน้ำน้อยกว่าอิฐมอญ 4 เท่า) ความเบาก็จะทำให้ประหยัดโครงสร้าง เป็นฉนวนความร้อน ค่าการต้านทานความร้อนดีกว่าคอนกรีตบล็อก 4 เท่า ดีกว่าอิฐมอญ 6-8 เท่า ไม่สะสมความร้อน ไม่ติดไฟ ทนไฟ 1,100 องศาได้นาน 4 ชม. กันเสียงได้ดี เมื่อฉาบจะแตกร้าวน้อยกว่าก่ออิฐฉาบปูนเนื่องจากตัวบล็อกกับปูนฉาบมีส่วนผสมที่

ใกล้เคียงกัน จึงไม่เป็นอันตรายต่อผู้อยู่อาศัย ลักษณะของอิฐมวลเบามีทั้งชนิดเสริมเหล็ก คือพวกแผ่นผนัง/พื้น/หลังคา และแบบไม่เสริมเหล็ก

รูปภาพที่ 2.22 ผนังคอนกรีตมวลเบาหรืออิฐมวลเบาทำเป็นผนัง

ที่มา : เอกสารเผยแพร่ แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

ยิปซั่มบอร์ด ชนิดกันความร้อน (Gypsum Board) เป็นวัสดุแผ่นเรียบที่ผลิตขึ้นจากแร่ยิปซั่มซึ่งเผาไฟไม่ติด มาประกอบเป็นแกนกลางของแผ่น ยึดประกบด้วยกระดาษเหนียวชนิดพิเศษทั้ง 2 ด้าน ทำให้มีผิวหน้าเรียบสม่ำเสมอ มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนและเสียง โดยชนิดที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนได้ดี เช่น ชนิดอลูมินั่มฟอยล์ ซึ่งเป็นการนำแผ่นยิปซั่มมาบุด้วยอลูมินั่มฟอยล์ด้านหลังของแผ่น สามารถสะท้อนรังสีความร้อนได้ถึง 95% การนำความร้อนก็จะต่ำกว่าชนิดอื่น เหมาะสำหรับการทำฝ้าเพดานและผนังบริเวณที่ต้องการป้องกันความร้อนเป็นพิเศษ และชนิดกันความร้อนพิเศษ จะประกอบด้วยแผ่นยิปซั่มติดแผ่นโฟมโพลีสไตรีน (Polystyrene) ชนิดไม่ลามไฟ (F-Grade) ความหนาแน่น 1 ปอนด์/ลบ.ฟุต และแผ่นอลูมินั่มฟอยล์ เพิ่มประสิทธิภาพการสะท้อนความร้อนได้ดีเป็นพิเศษ โดยตัวแผ่นโฟมโพลีสไตรีนทำหน้าที่เป็นฉนวนกันความร้อนจากภายนอกอีกชั้นหนึ่ง และช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในห้องให้คงที่เหมาะสำหรับห้องที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่สม่ำเสมอ หรือเพื่อลดขนาดการใช้เครื่องปรับอากาศ

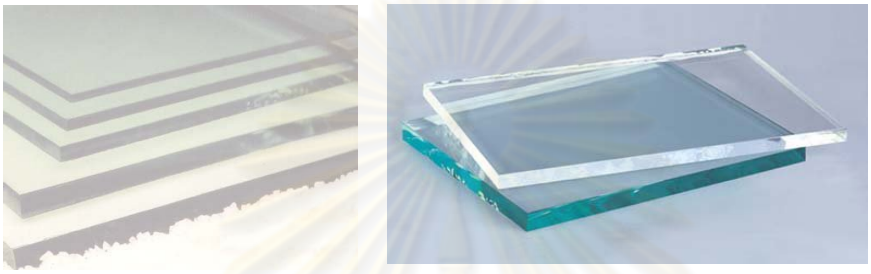
กระจก เป็นวัสดุที่มีอัตราส่วนผสมระหว่าง ทรายแก้ว,หินปูน, หินฟันม้า, หินโดโลไมต์ และเศษกระจกประมาณ 98.8%และโซดาแอช 1.2% และนำมาเข้าเตาหลอม ด้วยความร้อนประมาณ1,500 - 1,600 องศาเซลเซียส จนส่วนผสมหลอมละลายเป็น “น้ำแก้ว” และไปผ่านกรรมวิธีเพื่อให้ได้คุณสมบัติที่มีความเหมาะสมในการขึ้นรูป จนเป็นกระจกแผ่นที่สามารถใช้งานได้ หรือจะนำไปผ่านกระบวนการเพิ่มเติมเพื่อให้ได้กระจกชนิดพิเศษที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานต่อไปเป็นวัสดุสำเร็จรูป ที่ติดตั้งง่ายและรวดเร็ว จึงนิยมใช้กระจกในการทำผนังภายนอกของอาคารแทนผนังทึบ ซึ่งมีความยุ่งยากในการก่อสร้างมากกว่า และยังก่อให้เกิดความโปร่งโล่งทั้งในแง่ของทัศนียภาพและแสงสว่างต่อผู้ใช้อาคาร ในทางกลับกันกระจกที่เป็นวัสดุโปร่งใสนอกจากจะให้แสงสว่างจากธรรมชาติภายนอกเข้ามาภายในอาคารแล้วยังนำความร้อนจากแสงแดดเข้ามาอีกด้วย ดังนั้น การเลือกใช้กระจกแต่ละประเภทให้ถูกต้องกับการใช้งานทั้งในแง่ของคุณสมบัติ การประหยัดพลังงาน และความสวยงามไปพร้อม ๆ กันประเภทกระจก สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ตามลักษณะการผลิตได้ ได้ 6 กลุ่ม

กระจกแผ่น (Sheet Glass) คือ เกิดจากการหลอมกระจกผ่านรางรีด ผิวกระจกไม่เรียบมีลักษณะเป็นคลื่นและให้ภาพสะท้อนมีลักษณะบิดเบี้ยว ความแข็งแรงต่ำ ผิวกระจกเป็นรอยขูดขีดได้ง่าย มีราคา

ถูก แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ กระจกใส กระจกสี และกระจกฝ้า การนำไปใช้งาน เช่น งานหน้าต่างบ้านอยู่อาศัย เครื่องเรือน กรอบรูป ผนังกระจก

กระจกโฟลต (Float Glass) คือ การผลิตเกิดจากการหล่อโดยให้น้ำกระจกไหลลอยบนผิวดีบุก จึงทำให้การผลิตและการควบคุมคุณภาพค่อนข้างยาก แต่กระจกที่ได้มีความโปร่งแสงสูง ฟองอากาศน้อยกว่า ทนทานต่อรอยขีดขูด และพื้นผิวเรียบสนิททำให้ได้ภาพสะท้อนที่สมบูรณ์ ประกอบไปด้วยกระจก 2 ชนิด

กระจกโฟลตใส (Clear Float Glass)



รูปภาพที่ 2.23 แสดงกระจกโฟลตใส (Clear Float Glass) ที่ความหนาต่างกัน

กระจกโฟลตสีตัดแสง (Tinted Float Glass) มีการสะสมความร้อนภายในกระจกได้มาก ลดแสงแดดที่จะส่องผ่านเข้ามาภายในอาคารโดยตรง ช่วยให้เกิดความสบายตาต่อผู้ใช้อาคารการนำไปใช้งาน- เหมาะสำหรับการใช้งานภายนอก ส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานต่อระบบปรับอากาศ

กระจกอบความร้อน (Heat Treated Glass) คือ นำเอากระจก Clear Float Glass มาผ่านกรรมวิธีการอบและทำให้เย็นอีกครั้งเพื่อให้เกิดคุณสมบัติในการรับแรงและความแข็งแรงของผิวกระจกมากขึ้น ประกอบไปด้วยกระจก 2 ชนิด ดังต่อไปนี้

กระจกนิรภัยเทมเปอร์ (Tempered SafetyGlass) สามารถรับแรงได้มากกว่ากระจก Clear Float Glass ที่ความหนาเท่ากันได้ 5-10 เท่า และสามารถรับแรงดึงและดัดงอได้มากกว่ากระจก Clear Float Glass ประมาณ 3 เท่า แต่ทนแรงกระทำแบบ Point Load ได้น้อย จึงไม่สามารถทำการตัดหรือเจาะได้ เมื่อแตกจะเป็นเม็ดเล็กไม่คม (ลักษณะคล้ายเมล็ดข้าวโพด) การนำไปใช้งาน-เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความแข็งแรงมาก เช่น Skylight ประตูกระจกหรือผนังที่ไม่ต้องการกรอบกระจก ผนังกั้นอาบน้ำ (Shower Box) ผนังภายนอกอาคารที่มีความสูงมาก ๆ เนื่องจากสามารถรับแรงอัดของลมได้ดี แต่เนื่องจากกระจกชนิดนี้เมื่อแตกจะแตกลักษณะเป็นเมล็ดขาวโพด และร่วงหล่นทั้งบานจึงนิยมติดฟิลม์นิรภัย หรือนำไปเป็นส่วนประกอบของการทำกระจกนิรภัยหลายชั้น (Laminated SafetyGlass) เพื่อให้แผ่นฟิลม์ยึดกระจกที่แตกไว้

กระจกกึ่งนิรภัย (Heat Strengthened Glass) สามารถรับแรงได้มากกว่ากระจก Clear Float Glass ถึง 2-3 เท่า ในกระจกที่มีความหนาที่เท่ากัน ผิวของกระจกจะแข็งขึ้นประมาณ 10% ส่งผลให้ เมื่อแตกจะมีลักษณะเป็นปากฉลามยึดติดอยู่กับกรอบ ไม่ร่วงหล่นเหมือนกระจกนิรภัยเทมเปอร์ (Tempered Safety Glass) การนำไปใช้งาน- ใช้ในการทำผนังภายนอก โดยเฉพาะในผนังกระจกระบบแขวน (Glass Curtain Wall)

รูปภาพที่ 2.24 ลักษณะการแตกของกระจกนิรภัยเทมเปอร์ (Temper Safety Glass)

รูปภาพที่ 2.25 ลักษณะการแตกของกระจกนิรภัย (Heat Strengthened Glass)

กระจกเคลือบผิวหรือกระจกสะท้อนแสง (Surface coated glass) คือ กระจกประเภทนี้จะมีความเงามันวาว ซึ่งสามารถแบ่งการเคลือบผิวออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. Hard coat
2. Soft coat มักใช้กระจกประเภทนี้ในงานที่เน้นการประหยัดพลังงานเป็นหลัก ในการติดตั้งจะต้องมีการพิจารณาการติดตั้งด้านให้ถูกต้อง โดยการหันด้านที่มีการเคลือบเข้าภายในอาคาร

เนื่องจากการเคลือบผิวด้วยออกไซด์ของโลหะ ส่งผลให้กระจกด้านที่เคลือบมีการเก็บความร้อนสูง ดังนั้นในการออกแบบจึงควรพิจารณาถึงการสะสมความร้อน การระบายความร้อน และหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว เพราะอาจทำให้กระจกเกิดการแตกร้าวได้ โดยกระจกในกลุ่มนี้จะประกอบไปด้วยกระจก 2 ชนิด ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กระจกสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ (SolarReflective Glass) คือ กระจกที่นำเอากระจกธรรมดามาเคลือบผิวด้วยโลหะออกไซด์ที่มีค่าการสะท้อนแสงค่อนข้างสูง ส่งผลให้ความโปร่งแสงค่อนข้างน้อย ซึ่งทำให้คนภายนอกอาคารมองเข้ามาภายในอาคารได้ลำบาก ในขณะที่คนที่อยู่ภายในอาคารสามารถมองออกไปภายนอกได้ดีกว่า ซึ่งจะสามารถสะท้อนแสงจากดวงอาทิตย์ที่จะผ่านเข้าสู่อาคารได้ประมาณ 30% และสามารถลดแสงที่เข้ามาสู่อาคารให้นุ่มนวลลง ก่อให้เกิดความสบายตาแก่ผู้ใช้อาคาร อีกทั้งยังช่วยลดความร้อนจากแสงแดดได้บางส่วนซึ่งเป็นการลดภาระของระบบปรับอากาศ การนำไปใช้งาน-มีคุณสมบัติเด่นในการสะท้อนแสงดวงอาทิตย์ได้ดี อักทั้งมีสีสันที่สวยงาม และสามารถสร้างความเป็นส่วนตัวให้กับผู้ใช้งานภายในอาคารได้ จึงนิยมใช้กับผนังภายนอกอาคาร โดยเฉพาะอาคารสูงที่มีการออกแบบที่คำนึงถึงการประหยัดพลังงาน แต่ในการใช้ควรหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีอุณภูมิภายนอกกับภายในที่แตกต่างกันมากจนเกินไปเพราะจะทำให้กระจกแตกร้าวได้

กระจกแผ่รังสีต่ำ (Low-E Glass) คือ กระจกที่มีกระบวนการผลิตคล้ายกระจกสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ แต่จะแตกต่างที่โลหะที่ใช้เคลือบจะมีโลหะเงินบริสุทธิ์เป็นส่วนประกอบสำคัญ จะช่วยให้สามารถถ่ายเทความร้อนได้ดี สามารถลดปัญหาเรื่องกระจกแตกร้าว ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของกระจกสะท้อนรังสี

จากดวงอาทิตย์ และยอมให้แสงผ่านมากกว่ากระจกสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ ในทางกลับกันกระจกแผ่รังสีต่ำจึงลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้น้อยกว่ากระจกสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์การนำไปใช้งาน-กระจกแผ่รังสีต่ำลักษณะการใช้งานคล้ายกับกระจกสะท้อนรังสีจากดวงอาทิตย์ แต่ทนทานต่อการแตกร้าวในพื้นที่ที่มีความแตกต่างของอุณภูมิภายนอกและภายในได้ดีกว่า ในขณะเดียวกันกระจกแผ่รังสีต่ำจะสะท้อนแสงอาทิตย์ได้น้อยกว่า จึงประหยัดพลังงานได้น้อยกว่า

กระจกดัดแปลง (Processed Glass) คือ กลุ่มของกระจกที่นำเอากระจกชนิดต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นมาประกอบกัน โดยนำเอากระจกตั้งแต่ 2 แผ่นขึ้นไปนำมาประกอบกันเพื่อให้เกิดคุณสมบัติที่ผู้ใช้งานต้องการ ซึ่งเป็นการรวมเอาข้อดีของกระจกแต่ละชนิดเข้าไว้ด้วยกัน ในทางกลับกันอาจเป็นการลดข้อเสียของกระจกบางประเภทได้อีกด้วย โดยกระจกในกลุ่มนี้จะประกอบไปด้วยกระจก 2 ชนิด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กระจกฉนวน (Insulation Glass) คือกระจกที่ประกอบด้วยกระจกตั้งแต่ 2 แผ่นขึ้นไปมาประกบกัน โดยมีอลูมิเนียมสเปเซอร์ (Aluminium Spacer) ซึ่งบรรจุสารดูดความชื้น (Desiccant)แล้วใส่ฉนวน เช่น อากาศแห้ง (Dried Air) หรือ กาซเฉื่อย ไว้ภายในเพื่อให้มีคุณสมบัติในการเก็บรักษาอุณภูมิภายในได้ดีมาก (สามารถสะท้อนความร้อนไดประมาณ 95%-98%) ซึ่งแผ่นกระจก ที่จะนำมาซ้อนกันได้สามารถเลือกชนิดของกระจกเพื่อให้เกิดคุณสมบัติที่ต้องการ ดังนั้นในการติดตั้งจึงควรพิจารณาการติดตั้งให้ถูกด้านตามชนิดของกระจกที่ได้ออกแบบไว้เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพการกันความร้อนสูงสุด และจากคุณสมบัติที่กล่าวข้างต้นแล้วว่ากระจกชนิดนี้มีจุดเด่นที่การบรรจุอากาศแห้ง หรือก๊าซเฉื่อยไว้ภายใน ดังนั้นกระจกประเภทนี้จึงไม่สามารถปรับแต่งรูปทรงกระจกในภายหลังได้

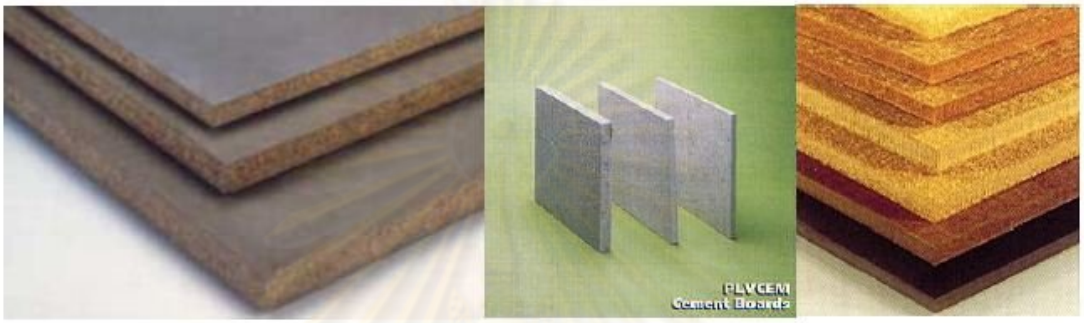
กระจกนิรภัยหลายชั้น (Laminated Safety Glass) คือ กระจกที่ประกอบด้วยกระจกตั้งแต่ 2 แผ่นขึ้นไป มาประกบหรือติดด้วย PVB (Poly Vinyl Butyral) กระจกประเภทนี้เมื่อแตก กระจกจะติดกับ PVB ไม่ร่วงหล่นจากกรอบ การนำไปใช้งาน – เหมาะกับงานที่ต้องการความปลอดภัยเป็นพิเศษ เช่น ผนังภายนอกอาคารที่เป็นอาคารสูง ราวกันตก ตู้ปลาขนาดใหญ่ เป็นต้น เนื่องจากเมื่อกระจกแตกจะไม่ร่วงหล่นอันอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้อาคารที่อยู่ด้านล่าง อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้งานในการออกแบบเชิงประหยัดพลังงานได้ดีอีกด้วย เนื่องจากผู้ออกแบบสามารถเลือกชนิดของกระจกที่จะนำมาประกอบกันเพื่อให้ได้คุณสมบัติในการลดความร้อนจากภายนอกอาคารที่จะเข้าสู่ภายในอาคารได้ตามต้องการนอกจากนี้ฟิล์มโพลีไวนิวบิวทีรัลบางชนิดยังมีคุณสมบัติเป็นฉนวนช่วยลดความร้อนได้อีกทางหนึ่งด้วย

กระจกเพื่อการใช้งานเฉพาะทาง (Applicationglass) คือ กระจกที่ดัดแปลงเพื่อให้ได้คุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งานเฉพาะอย่าง เช่น กระจกทนไฟ กระจกเสริมลวด (Wired Glass) หรือกระจกลาย (Pattern Glass) เป็นต้น

มีเอกสารจากผู้ผลิตที่ระบุ ค่าสัมประสิทธิ์การแรเงา (SC) มูลค่า สำหรับหน้าต่างที่คุณสามารถที่ระบุไว้ข้างต้น Easilier แปลงเป็นค่า SHGC โดยคูณด้วย 0.87

2.3.3.2 **กลุ่มวัสดุประกอบฉนวน ประกอบด้วย**

ไฟเบอร์บอร์ด (Fiber Board) วัสดุหลักได้มาจากเส้นใยไม้ที่ผ่านการย่อยสลายเป็นเส้นใยเซลลูโลส นำมาอัดติดกันเป็นแผ่นด้วยกาวชนิดพิเศษ สามารถใช้เป็นวัสดุป้องกันความร้อนได้ระดับหนึ่ง แต่เนื่องจากขาดความแข็งแรงทนทานจึงมักนิยมใช้เป็นฝ้าเพดาน หรือผนังภายในเท่านั้น แต่ในปัจจุบันมีผู้นำเส้นใยเซลลูโลสเหล่านี้มาผสมกับปูนซีเมนต์ โดยใช้สารเคมีบางชนิดเป็นตัวประสาน ซึ่งเมื่อนำมาอัดแรงขึ้นเป็นแผ่นแล้วนอกจากจะมีคุณสมบัติใน การป้องกันความร้อนแล้ว ยังเพิ่มความแข็งแรงทนทานให้กับวัสดุมากขึ้น สามารถนำไปใช้กับภายนอกโดยการทำเป็นผนังอาคารได้



รูปภาพที่ 2.26 แสดงลักษณะของแผ่นไฟเบอร์บอร์ด

ที่มา :http://www.viva.co.th/www.architecturalproducts.com/ images/3BOARDS.JPG www.unitherm.com/.../Assets/ images/3RDPG1.jpg

เซรามิคโค้ตติ้ง (Ceramic Coating) มีสารประกอบหลักมาจากอนุภาคเซรามิค ซึ่งมีคุณสมบัติในการสะท้อนความร้อนได้สูงแต่ดูดซับความร้อนต่ำ สามารถกระจายความร้อนได้เร็ว มีความยืดหยุ่นในตัวเองสูง ยึดเกาะกับพื้นผิวได้ดี จึงสามารถใช้ฉนวนเซรามิคโค้ตติ้งเคลือบภายนอกในส่วนที่ต้องการป้องกันความร้อนโดยตรงจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ เช่น ผิวนอกของหลังคา (ดังรูปที่ 2.30) ดาดฟ้า หรือผนังอาคาร โดยทำหน้าที่สะท้อนความร้อนจากแสงอาทิตย์ออกไปก่อนที่จะกระทบผิวอาคาร เป็นการช่วยลดความร้อนให้กับอาคารและความร้อนที่จะสะสมในเนื้อวัสดุเปลือกอาคารและยังช่วยลดความเสียหายของโครงสร้างที่เกิดจากการยืดหดตัวเนื่องจากความร้อน จึงช่วยยืดอายุการใช้งานของหลังคาอีกด้วย อีกทั้งยังมีความสะดวกและปลอดภัยเนื่องจากเป็นฉนวนที่ใช้ภายนอกอาคาร การบำรุงรักษาจึงทำได้ง่าย

รูปภาพที่ 2.27 แสดงบริเวณผิวหลังคาที่มีการใช้เซรามิคโค้ทติ้ง

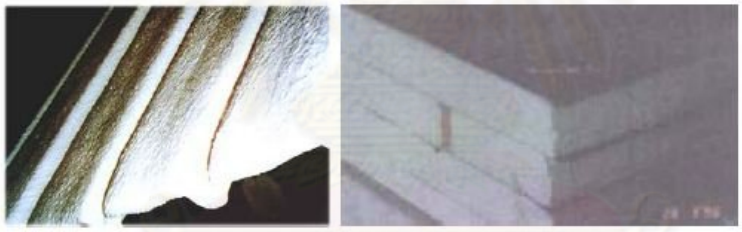
ที่มา : http://www.thaibuild.com/miraclework/insulation.htm

ใยแก้ว (Fiber Glass) เป็นฉนวนที่ผลิตจากการหลอมแก้วแล้วปั่นออกมาเป็นเส้นใยสีขาว จัดอยู่ในกลุ่มฉนวนเซลปิด ดังรูปที่ 2.32 ใยแก้วมีความหนาแน่นต่างกันตั้งแต่ 10 kg/m3 ไปถึงมากกว่า 64 kg/m3 อาจผลิตในรูปแผ่นแข็ง แบบม้วน หรือขึ้นเป็นรูปทรงต่างๆกัน ตัวเส้นใยจะถูกเคลือบไว้ด้วยตัวประสาน

(Binder) เช่น ฟีโนสิกเรซิน ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมระหว่างเส้นใย ที่พบมากจะเป็นฟีนอลฟอร์มอัลดีไฮน์ ซึ่งจะให้สีเหลืองหลังการผลิต

รูปภาพที่ 2.28 แสดงลักษณะโครงสร้างของใยแก้วและฉนวนใยแก้วชนิดปิดผิวด้วยอลูมินั่มฟอยล์
ที่มา : www.miccell.co.th/cgisect/ cellstructure.htm

ฉนวนโฟม (Foam) มีด้วยกันหลายชนิด ขึ้นอยู่กับสารประกอบทางเคมีที่นำมาใช้ รูปแบบที่นำมาใช้มีทั้งแบบพ่น และแบบสำเร็จรูปใช้ได้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร น้ำหนักเบาไม่ก่อให้เกิดปัญหากับโครงสร้าง และไม่เป็นมลภาวะหรือเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม สามารถป้องกันความร้อนได้ดี มีความยืดหยุ่นในการใช้งานสูง โดยเฉพาะแบบฉีดพ่นเพราะจะใช้กับส่วนใดของอาคารก็ได้ และประหยัดเวลาในการติดตั้ง โดยชนิดของฉนวนโฟมที่นิยมใช้กันมากมีดังนี้



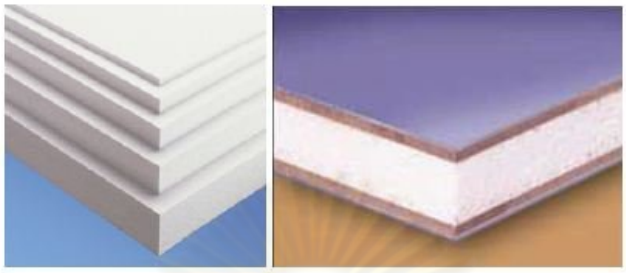
รูปภาพที่ 2.29 แสดงลักษณะของฉนวนโฟม
ที่มา : www.spec2u.com/product/foam

ฉนวนโพลีสไตรีนโฟม (Polystyrene, PS – Foam) จัดอยู่ในกลุ่มฉนวนแบบกึ่งเซลล์ปิด มี 2 ลักษณะ คือ

1.ฉนวนโพลีสไตรีนแบบอัดรีด (Extruded Polystyrene) ผลิตโดยขบวนการอัดรีดทำให้มีเซลล์ที่ละเอียดซึ่งมีอากาศผสมกับก๊าซฟลูออโรคาร์บอน (ปัจจุบันมีการใช้ก๊าซประเภทอื่นเพื่อหลีกเลี่ยงปรากฏการณ์เรือนกระจก) อยู่ภายใน ทำให้มีสภาพในการนำความร้อนที่ต่ำกว่าโพลีสไตรีนแบบหล่อ มีโครงสร้างและรูปร่างที่แข็งแรงคงที่มากกว่า ทำให้สามารถทนต่อแรงกดทับและต้านทานไอน้ำได้ดี แต่ข้อเสียคือติดไฟได้ และหากสัมผัสกับรังสีอุลตร้าไวโอเลต (UV) ในบรรยากาศจะมีการเสื่อมสภาพได้ จึงควรมีวัสดุปิดผิวในการใช้งาน ปัจจุบันยังคงต้องนำเข้าจากต่างประเทศจึงมีราคาค่อนข้างสูง

2. ฉนวนโพลีสไตรีนแบบหล่อหรือขยายตัว (Molded or Expanded Polystyrene) เป็นสไตรีนโพลีเมอร์เช่นกัน แต่ผลิตโดยขบวนการหล่อหรือขยายตัว ผลก็คือเซลล์จะหยาบกว่า และมีอากาศบรรจุอยู่ภายใน เมื่อเทียบกับแบบอัดรีดแล้วจะมีสภาพการนำความร้อนสูงกว่า ความหนาแน่นต่ำกว่า ต้านทานไอน้ำได้พอใช้ ติดไฟและก่อให้เกิดคาร์บอนมอนนอกไซด์(CO) แต่มีราคาถูกกว่า มีการเสื่อมสภาพจากการสัมผัส

รังสียูวีในบรรยากาศได้เช่นกัน จึงควรเลือกใช้ในโครงเคร่าปิดหรือมีแผ่นปิดผิว โดยมีการขึ้นรูปประกอบเป็นผนังมีแผ่นปิด 2 ด้านเพื่อป้องกันรังสียูวีและใช้งานได้สะดวก ปัจจุบันมีการผลิตจำหน่ายในประเทศไทยแล้ว



รูปภาพที่ 2.30 แสดงลักษณะของฉนวนโพลีสไตรีนโฟม (Polystyrene, PS – Foam)
ที่มา : www.falconfoam.com/images/ polystyrene_blue.jpg
www.omegaglazing.com/images/ omega_foam_ply.jpg

ฉนวนโพลียูเรเธนโฟม (Polyurethane, PU – Foam) เป็นพลาสติกโพลิเมอร์ประเภทหนึ่ง พ่นให้เกิดเป็นโฟมมีลักษณะแข็ง อาทิ การพ่นเพื่อป้องกันความร้อนใต้หลังคา จัดอยู่ในกลุ่มฉนวนแบบกึ่งเซลล์ปิด เซลล์ภายในจะบรรจุด้วยก๊าซฟลูออโรคาร์บอน ซึ่งเป็นก๊าซที่มีค่าการนำความร้อน (k) ต่ำกว่าอากาศ ทำให้ฉนวนประเภทนี้มีสภาพการนำความร้อนต่ำ อย่างไรก็ตามการนำความร้อนของฉนวนประเภทนี้จะเพิ่มขึ้นหรือค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) จะลดลงตามอายุการใช้งาน เนื่องมาจากการแพร่กระจายของอากาศเข้าไปในเซลล์ โดยเฉพาะกรณีที่สัมผัสกับรังสียูวี จะทำให้สีของฉนวนเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและเสื่อมสภาพลง โดยเฉพาะโฟมที่ไม่ได้ปิดผิว การดูดซับน้ำจะมีบ้าง เนื่องจากไม่ใช้เซลล์ปิดทั้งหมด และในกรณีเกิดเพลิงไหม้แม้ว่าจะมีการผสมสารป้องกันการติดไฟแล้ว แต่ก็ยังก่อให้เกิดก๊าซที่มีองค์ประกอบของไซยาไนด์ซึ่งเป็นอันตราย เนื้อฉนวนมีการขยายและหดตัวจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ หากใช้โครงเคร่าปิด เช่น ผนังห้องเย็น หรือ มีวัสดุปิดผิวที่แข็งแรงพอก็จะเป็นฉนวนที่ดีมาก

ฉนวนโพลีเอทเธลีนโฟม (Polyethelene, PE – Foam) เป็นเอทเธลีนโพลิเมอร์รีดขึ้นรูปเป็นแผ่นมีฟองละเอียดของก๊าซอยู่ด้านใน จัดอยู่ในกลุ่มของฉนวนแบบเซลล์ปิด มีลักษณะอ่อนนุ่ม จึงไม่ควรใช้กับงานที่มีการกดทับ การต้านทานไอน้ำอยู่ในเกณฑ์สูง มีการเสื่อมสภาพได้จากรังสียูวี จึงควรมีแผ่นปิดผิวขณะใช้งาน หรือไม่สัมผัสกับรังสียูวีโดยตรง การเลือกใช้งานป้องกันความร้อนในระบบหลังคาในประเทศไทย ต้องพิจารณาความหนาของฉนวน ให้มีค่าการต้านทานความร้อน (R-Value) ที่เพียงพอ คือมีความหนาไม่น้อยกว่า 40 มม.ในการใช้ติดใต้แผ่นหลังคา ซึ่งความหนาดังกล่าวจะต้านทานการไหลผ่านของพลังงานความร้อนได้น้อย และเนื่องจากเป็นโพลีเมอร์พลาสติกประเภทหนึ่งจึงก่อให้เกิดควันปริมาณมากและก๊าซคาร์บอนมอนน็อกไซด์ที่เป็นอันตรายเมื่อเกิดเพลิงไหม้ คุณสมบัติของฉนวนโฟมแต่ละประเภท

อลูมินั่มฟอยล์ (Aluminium Foil) เป็นฟอยล์ชนิดหนึ่งของฉนวนประเภทสะท้อนความร้อนและเป็นที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน โดยทั่วไปเป็นแผ่นอลูมินั่มฟอยล์ทากาวประกบกับแผ่นกระดาษคราฟมีเส้นใยเสริมแรงบางชนิดอาจมีชั้นของบิทูเมน (Bitumen) อยู่ด้วย ซึ่งถ้ามีควรพิจารณาคุณสมบัติการติดไฟด้วยการใช้งานทั่วไปจะติดตั้งใต้แผ่นหลังคา อาศัยความหนาของช่องอากาศระหว่างแผ่นหลังคาและแผ่นอลูมินั่มฟอยล์เป็น

ตัวลดสภาพการนำความร้อน และความมันวาวของอลูมินั่มฟอยล์เป็นตัวลดการแผ่รังสี ทำให้ความร้อนผ่านเข้าสู่อาคารได้น้อยลง ปัญหาที่พบคือฝุ่นที่มาเกาะบนผิวทำให้คุณสมบัติการต้านทานการแผ่รังสีความร้อนลดลงด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีระเบียบวิธีการวิจัยที่สามารถแยกออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ โดยละเอียดดังนี้

3.1 ศึกษางานวิจัยอื่น ๆ และข้อกำหนดต่าง ๆที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานของการอนุรักษ์พลังงาน สามารถแบ่งออกได้ 3 ส่วนคือ

1) ศึกษาทฤษฎีที่จำเป็นต้องใช้ในการทดลองหรือการคำนวณหาค่าปริมาณความร้อนที่ ถ่ายเทผ่านระบบเปลือกอาคาร และศึกษาเกณฑ์ข้อกำหนดของ ASHRAE 90.1 2007

2) ศึกษาการเลือกใช้วัสดุประกอบอาคารที่ประหยัดพลังงาน

3) ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ทราบถึงปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นในการวิจัย

3.2 สำรวจเก็บข้อมูลอาคารและข้อมูลการใช้พลังงานภายในอาคารกรณีศึกษาร้าน SCG HOME MART โดยแบ่งการสำรวจออกเป็นด้านต่างๆ ดังนี้

3.2.1 เกณฑ์การเลือกร้านเพื่อเป็นอาคารกรณีศึกษา ดังนี้

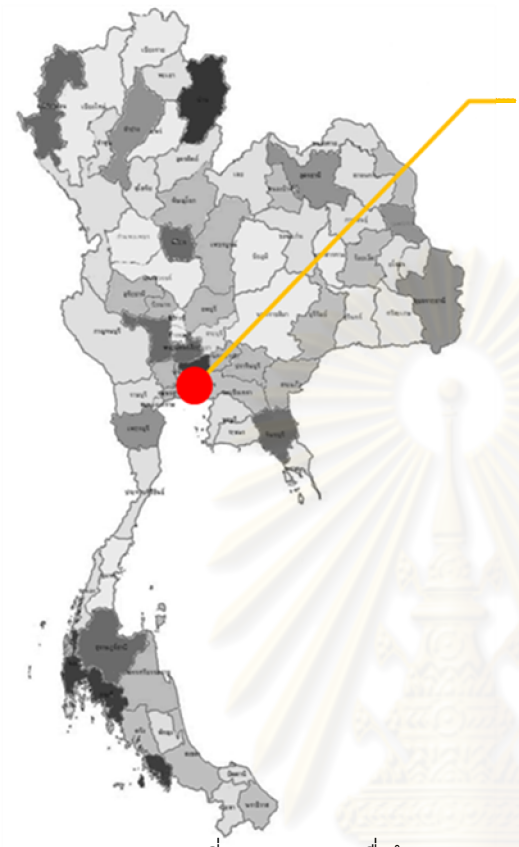
3.2.1.1 พื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1,200 – 3,000 ตร.ม.

บริษัท เอสซีจี เน็ตเวิร์ค แมเนจเม้นท์ จำกัด เป็นบริษัทที่อยู่ในเครือซิเมนต์ไทย (SCG) โดยอยู่ในธุรกิจจัดจำหน่าย (SCG Distribution) มีร้านจัดจำหน่ายสินค้าของเครือซิเมนต์ไทยทั้งหมดโดยผ่านช่องทางผู้แทนจำหน่ายทั่วประเทศในรูปแบบ 3 รูปแบบดังนี้ 1).ร้าน SCG HOME MART 93 แห่ง 2).ร้าน SCG Authorized Dealer 600 กว่าร้าน และ 3) ร้านค้าวัสดุก่อสร้าง 3,000 ร้าน ซึ่งในงานวิจัยนี้มุ่งศึกษาเฉพาะร้าน SCG HOME MART ที่มีทั้งหมด 93 ร้านทั่วประเทศเท่านั้น มีรูปแบบดังต่อไปนี้

รูปภาพที่ 3.1 แสดงรูปแบบของร้าน SCG HOME MART

สามารถแบ่งตามภูมิภาคและที่เข้ากับเกณฑ์การคัดเลือกมีดังนี้

- HOME MART ภาคกลาง

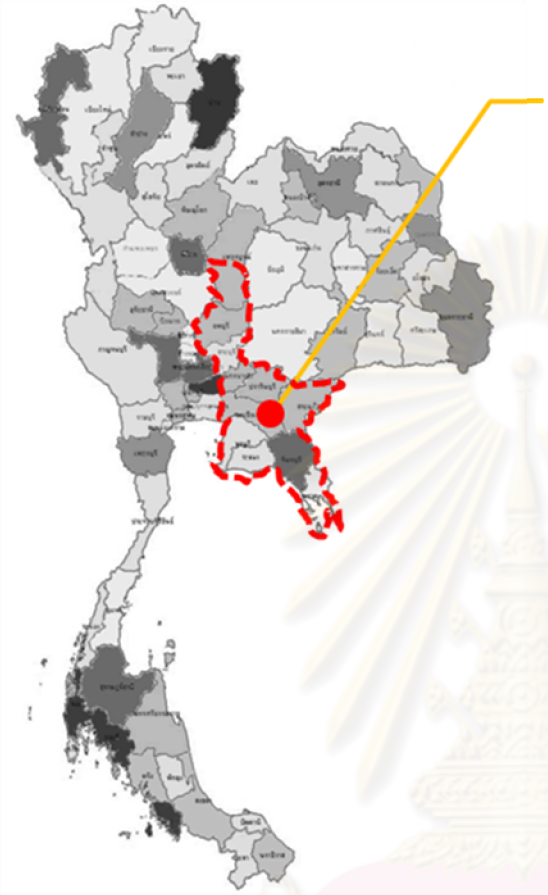


1	997	สหสินไทยค้าวัตถุก่อสร้าง	ปทุมธานี
2	820	ส.เจริญพงษ์ค้าวัสดุก่อสร้าง	สมุทรปราการ
3	1,002	สหสินไทยค้าวัตถุก่อสร้าง	นนทบุรี
4	1,442	.สถาพรวัฒนาค้าวัสดุก่อสร้าง	ปทุมธานี
5	1,200	บุญชัยค้าวัตถุก่อสร้าง	กทม.
6	3,000	ซี เอช สตาร์	กทม.
7	2,150	แสงทองโฮมมาร์ท(	กทม.
8	388	บจก.เครื่องก่อสร้าง (1983)	กทม.
9	1,260	ไทยร่วมเจริญค้าวัสดุก่อสร้าง	กทม.
10	1,600	โฮมมาร์ท สมาร์ทโฮม	นนทบุรี
11	440	บจก.เซ็นเตอร์รุ่งเรือง	ปทุมธานี

รูปภาพที่ 3.2 แสดงรายชื่อร้าน HOME MART ของภาคกลาง

จากรูปภาพที่ 3.2 รายชื่อร้าน HOME MART ที่เข้าเกณฑ์การคัดเลือกเรื่องพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1,200–3,000 ตร.ม. อยู่ 6 ร้านคือ 1) ร้านโฮมมาร์ท สถาพรวัฒนาค้าวัสดุก่อสร้าง จังหวัดปทุมธานี มีพื้นที่ใช้สอย 1,442 ตร.ม. 2) ร้านโฮมมาร์ท บุญชัยค้าวัตถุก่อสร้าง จังหวัดกรุงเทพมหานคร มีพื้นที่ใช้สอย 1,200 ตร.ม. 3) ร้านโฮมมาร์ท ซี เอช สตาร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร มีพื้นที่ใช้สอย 3,000 ตร.ม. 4) ร้านโฮมมาร์ท แสงทอง จังหวัดกรุงเทพมหานคร มีพื้นที่ใช้สอย 2,150 ตร.ม. 5) ร้านโฮมมาร์ท ไทยร่วมเจริญค้าวัสดุก่อสร้าง จังหวัดกรุงเทพมหานคร มีพื้นที่ใช้สอย 1,260 ตร.ม. และ 6) ร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮม จังหวัดนนทบุรี มีพื้นที่ใช้สอย 1,600 ตร.ม.

- HOME MART **ภาคตะวันออก**

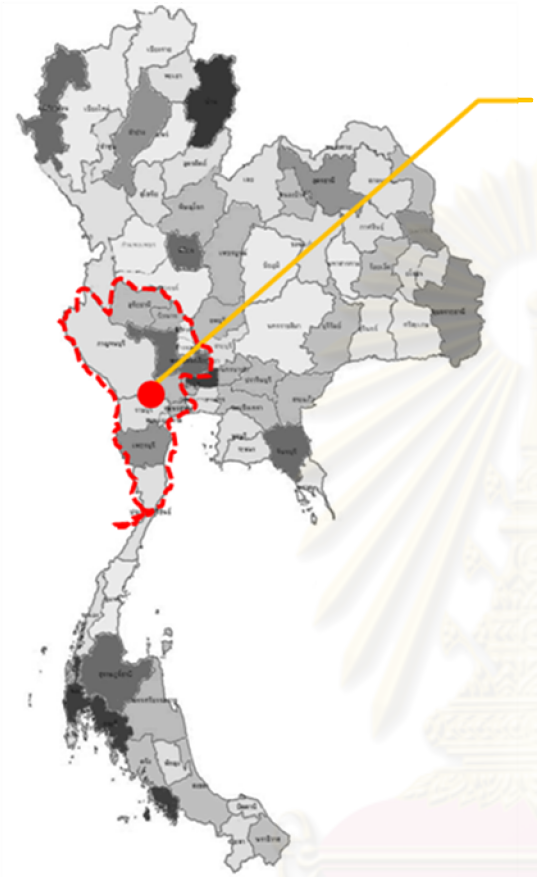


1	4,700	โฮมมาร์ท เซ็นเตอร์	ชลบุรี
2	2,100	บ้านอำเภอเทรดดิ้ง	ชลบุรี
3	3,000	ชลบุรีอิ้งย่งล้ง	ชลบุรี
4	2,000	ดันติวัฒน์วัสดุภัณฑ์	ชลบุรี
5	2,260	ท่าช้างทอง	จันทบุรี
6	2,400	ระยองเคหะภัณฑ์ กรุ๊ป	ระยอง
7	2,300	เจริญเคหะโฮมมาร์ท	จันทบุรี
8	2,100	ระยองภาคินทร์	ระยอง
9	890	บจก.เอกภัณฑ์ซีเมนต์	สระแก้ว
10	680	หจก.สุทธิพงศ์ค้าวัสดุก่อสร้าง	ฉะเชิงเทรา
11	900	หจก. บุญธรรมการค้าโฮมมาร์ท	ลพบุรี
12	475	หจก.สหะชัยลำนารายณ์	ลพบุรี

รูปภาพที่ 3.3 แสดงรายชื่อร้าน HOME MART ภาคตะวันออก

จากรูปภาพที่ 3.3 รายชื่อร้าน HOME MART ที่เข้าเกณฑ์การคัดเลือกเรื่องพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1,200–3,000 ตร.ม. อยู่ 8 ร้านคือ 1) ร้านโฮมมาร์ท เซ็นเตอร์ จังหวัดชลบุรี มีพื้นที่ใช้สอย 4,700 ตร.ม. 2) ร้านโฮมมาร์ท บ้านอำเภอเทรดดิ้ง จังหวัดชลบุรี มีพื้นที่ใช้สอย 2,100 ตร.ม. 3) ร้านโฮมมาร์ท ชลบุรีอิ้งย่งล้ง จังหวัดชลบุรี มีพื้นที่ใช้สอย 3,000 ตร.ม. 4) ร้านโฮมมาร์ท ตันติวัฒน์วัสดุภัณฑ์ จังหวัดชลบุรี มีพื้นที่ใช้สอย 2,000 ตร.ม. 5) ร้านโฮมมาร์ท ท่าช้างทอง จังหวัดจันทบุรี มีพื้นที่ใช้สอย 2,260 ตร.ม. 6) ร้านโฮมมาร์ท ระยองเคหะภัณฑ์ กรุ๊ป จังหวัดระยอง มีพื้นที่ใช้สอย 2,400 ตร.ม. 7) ร้านโฮมมาร์ท เจริญเคหะ จังหวัดจันทบุรี มีพื้นที่ใช้สอย 2,300 ตร.ม. 8) ร้านโฮมมาร์ท ระยองภาคินทร์ จังหวัดระยอง มีพื้นที่ใช้สอย 2,100 ตร.ม.

- HOME MART **ภาคตะวันตก**

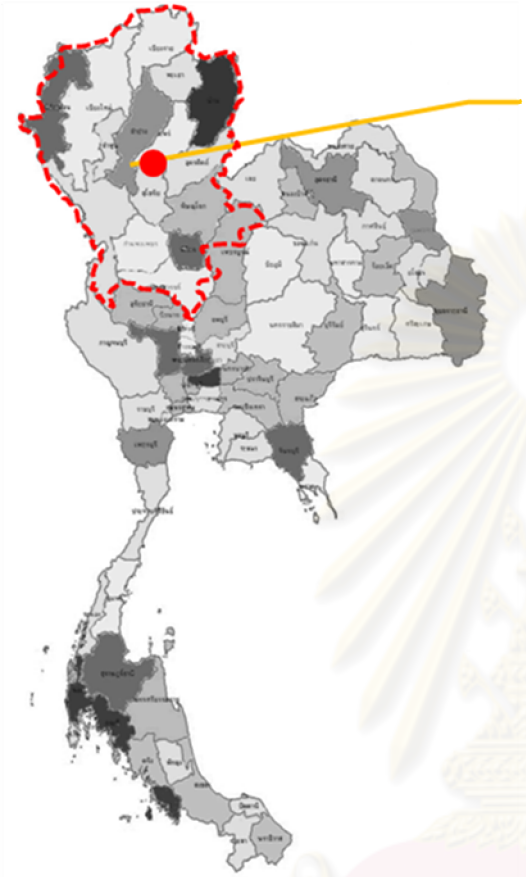


1	1,284	บจก.อนุสรณ์ค้าวัสดุก่อสร้าง	สมุทรสาคร
2	892	บจก.คอมพลีทเฮ้าส์	กทม.
3	807	บจก.สินชัยโฮมซัพพลายส์	เพชรบุรี
4	2,928	บจก.จำหน่ายวัสดุก่อสร้าง	นครปฐม
5	619	บจก.ย้อมใหญ่ค้าไม้ (2002)	นครปฐม
6	1,374	หจก.เจริญภัณฑ์สามชุก (1995)	สุพรรณบุรี
7	1,389	บจก.เค.วี.พี เซ็นเตอร์ (1988)	นครปฐม
8	1,111	บจก.ต.แสงชิเมนต์โฮมมาร์ท	สุพรรณบุรี
9	1,640	บจก.ไทยนิยมเทรดดิ้ง	เพชรบุรี
10	1,845	บจก.กิติไพศาลค้าวัสดุก่อสร้าง 2535	สิงห์บุรี
11	815	บจก.พงษ์ศักดิ์ไทยวัสดุภัณฑ์(1994)	พระนครศรีอยุธยา
12	1,280	หจก.โชควิชัยค้าวัสดุ	เพชรบุรี
13	970	หจก.วรวิทย์วัสดุก่อสร้าง	อยุธยา
14	1,630	บ.เอเชียค้าไม้และวัสดุก่อสร้าง จก.	สมุทรสาคร
15	1,910	บจก.จำหน่ายวัสดุก่อสร้าง สาขา 3	นครปฐม

รูปภาพที่ 3.4 แสดงรายชื่อร้าน HOME MART ภาคตะวันตก

จากรูปภาพที่ 3.4 รายชื่อร้าน HOME MART ที่เข้าเกณฑ์การคัดเลือกเรื่องพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1,200–3,000 ตร.ม. อยู่ 9 ร้านคือ 1) ร้านโฮมมาร์ท อนุสรณ์ค้าวัสดุก่อสร้าง จังหวัดสมุทรสาคร มีพื้นที่ใช้สอย 1,284 ตร.ม. 2) ร้านโฮมมาร์ท จำหน่ายวัตถุก่อสร้าง จังหวัดนครปฐม มีพื้นที่ใช้สอย 2,928 ตร.ม. 3) ร้านโฮมมาร์ท เจริญภัณฑ์สามชุก (1995) จังหวัดสุพรรณบุรี มีพื้นที่ใช้สอย 1,374 ตร.ม. 4) ร้านโฮมมาร์ท เค.วี.พี เซ็นเตอร์ (1988) จังหวัดนครปฐม มีพื้นที่ใช้สอย 1,389 ตร.ม. 5) ร้านโฮมมาร์ท ไทยนิยมเทรดดิ้ง จังหวัดเพชรบุรี มีพื้นที่ใช้สอย 1,640 ตร.ม. 6) ร้านโฮมมาร์ท กิติไพศาลค้าวัสดุก่อสร้าง 2535 จังหวัดสิงห์บุรี มีพื้นที่ใช้สอย 1,845 ตร.ม. 7) ร้านโฮมมาร์ท โชควิชัยค้าวัสดุ จังหวัดเพชรบุรี มีพื้นที่ใช้สอย 1,280 ตร.ม. 8) ร้านโฮมมาร์ท เอเชียค้าไม้และวัตถุก่อสร้าง จก. จังหวัดสมุทรสาคร มีพื้นที่ใช้สอย 1,630 ตร.ม. 9) ร้านโฮมมาร์ท จำหน่ายวัตถุก่อสร้าง สาขา 3 จังหวัดนครปฐม มีพื้นที่ใช้สอย 1,910 ตร.ม.

- HOME MART **ภาคเหนือ**

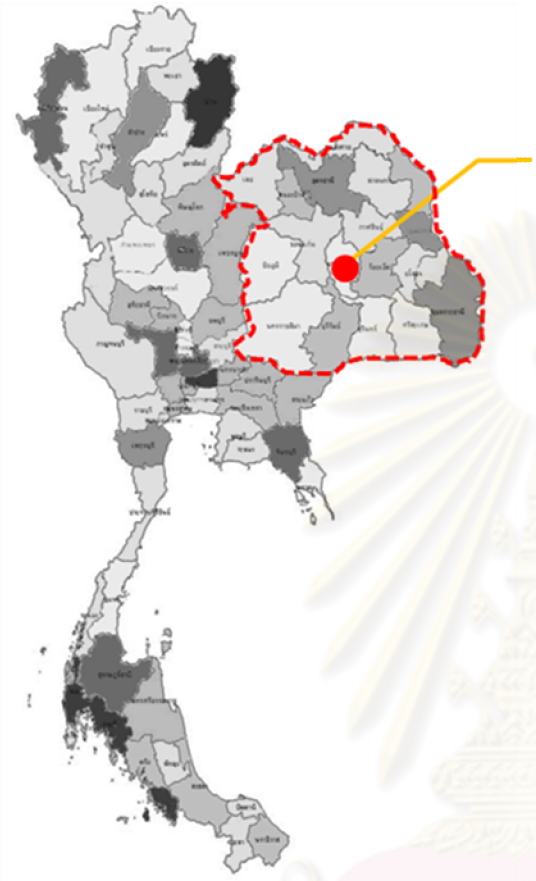


1	1,716	หจก.แสงไพบูลย์เชียงราย	เชียงราย
2	711	บจก.ชุณหทัยพิษณุโลก	พิษณุโลก
3	1,650	หสน.ทวีพาณิชย์ลำพูน	ลำพูน
4	816	หจก.สุโขทัยซีเมนต์	สุโขทัย
5	849	หจก.สุโขทัยแสงอุปกรณ์	สุโขทัย
6	3,200	บจก.นพดลพานิช	เชียงใหม่
7	2,500	บจก.โฮมแกรนด์เซ็นเตอร์	พิษณุโลก
8	1,150	หจก.ลำปางเตียวเชียงล้ง	ลำปาง
9	3,200	เจริญภัณฑ์โฮมแอนด์ลิฟวิ่งเซ็นเตอร์	นครสวรรค์
10	800	บ.ตั้งหง่วงเซ้ง ไทย โฮมมาร์ท จก.	เชียงใหม่
11	1,100	บจก.ตึกน้ำเงิน (1993)	นครสวรรค์
12	1,000	หจก.ฮกเชียงล้งพาณิชย์	เชียงใหม่
13	1,600	หจก.เวียงพานทวีภัณฑ์	เชียงราย

รูปภาพที่ 3.5 แสดงรายชื่อร้าน HOME MART ภาคเหนือ

จากรูปภาพที่ 3.5 รายชื่อร้าน HOME MART ที่เข้าเกณฑ์การคัดเลือกเรื่องพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1,200–3,000 ตร.ม. อยู่ 6 ร้านคือ 1) ร้านโฮมมาร์ท แสงไพบูลย์เชียงราย จังหวัดเชียงราย มีพื้นที่ใช้สอย 1,716 ตร.ม. 2) ร้านโฮมมาร์ท ทวีพาณิชย์ลำพูน จังหวัดลำพูน มีพื้นที่ใช้สอย 1,650 ตร.ม. 3) ร้านโฮมมาร์ท นพดลพานิช จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ใช้สอย 3,200 ตร.ม. 4) ร้านโฮมมาร์ท โฮมแกรนด์เซ็นเตอร์ จังหวัดพิษณุโลก มีพื้นที่ใช้สอย 2,500 ตร.ม. 5) ร้านโฮมมาร์ท เจริญภัณฑ์โฮมแอนด์ลิฟวิ่งเซ็นเตอร์ จังหวัดนครสวรรค์ มีพื้นที่ใช้สอย 3,200 ตร.ม. และ 6) ร้านโฮมมาร์ท เวียงพานทวีภัณฑ์ จังหวัดเชียงราย มีพื้นที่ใช้สอย 1,600 ตร.ม.

- HOME MART **ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**

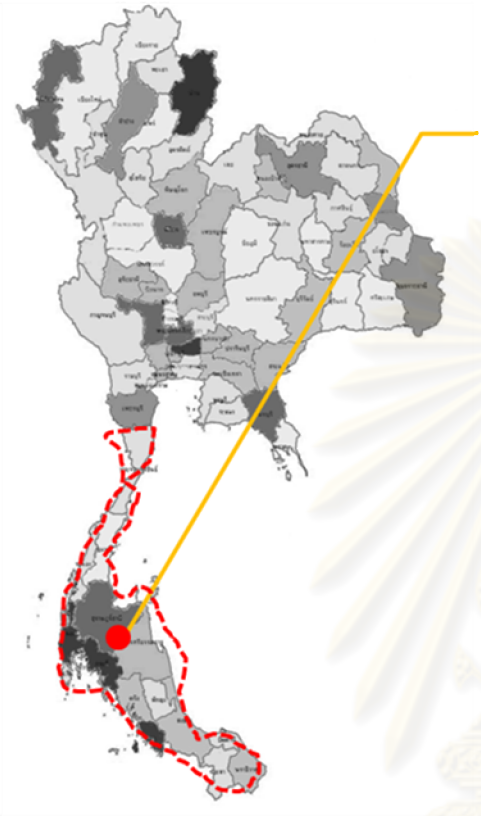


1	900	บจก.หนองคายวิศิษฎ์	หนองคาย
2	693	หจก.น้ำพองพัฒน์	ขอนแก่น
3	4,815	บจก.อุดรนำธงชัย	อุดรธานี
4	1,242	บจก.คูย่งฮวด	สุรินทร์
5	2,000	สารคามพัฒนาการก่อสร้าง	มหาสารคาม
6	2,389	บจก.โชคพูลผลคอนกรีต	สกลนคร
7	859	หจก.ส.ทวีสินกาฬสินธุ์	กาฬสินธุ์
8	3,550	บจก.ศิริมหาชัยโฮมเซ็นเตอร์	อุบลราชธานี
9	1,112	บจก.ชีระภาดาโฮมมาร์ทแม็กซ์	ร้อยเอ็ด
10	1,200	บจก.ชลรุ่งเรืองโฮมมาร์ท แม็กซ์	นครราชสีมา
11	1,485	หจก.ซุ่ยเฮงเส็ง	บุรีรัมย์
12	1,730	บจก.ร้อยเอ็ดรุ่งเรือง	ร้อยเอ็ด
13	1,424	บจก.ปิยกรณ์วัสดุก่อสร้าง	ยโสธร
14	5,512	บจก.เซ็นทรัลโฮมแม็กซ์	นครราชสีมา
15	1,600	หจก.สินค้าซิเมนต์ไทยสาขา 2	อุบลราชธานี
16	1,500	หจก.บางรองเคหะภัณฑ์	บุรีรัมย์
17	2,300	บจก.นพเก้าโฮมมาร์ท	สุรินทร์
18	1,800	บจก.เอ แอนด์ บี รุ่งเรือง	ขอนแก่น

รูปภาพที่ 3.6 แสดงรายชื่อร้าน HOME MART ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จากรูปภาพที่ 3.6 รายชื่อร้าน HOME MART ที่เข้าเกณฑ์การคัดเลือกเรื่องพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1,200–3,000 ตร.ม. อยู่ 14 ร้านคือ 1) ร้านโฮมมาร์ท อุดรนำธงชัย จังหวัดอุดรธานี มีพื้นที่ใช้สอย 4,815 ตร.ม. 2) ร้านโฮมมาร์ท คูย่งฮวด จังหวัดสุรินทร์ มีพื้นที่ใช้สอย 1,242 ตร.ม. 3) ร้านโฮมมาร์ท สารคามพัฒนาการก่อสร้าง จังหวัดมหาสารคาม มีพื้นที่ใช้สอย 2,000 ตร.ม. 4) ร้านโฮมมาร์ท โชคพูลผลคอนกรีต จังหวัดสกลนคร มีพื้นที่ใช้สอย 2,389 ตร.ม. 5) ร้านโฮมมาร์ท ศิริมหาชัยโฮมเซ็นเตอร์ จังหวัดอุบลราชธานี มีพื้นที่ใช้สอย 3,550 ตร.ม. 6) ร้านโฮมมาร์ท ชลรุ่งเรืองโฮมมาร์ท แม็กซ์ จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ใช้สอย 1,200 ตร.ม. 7) ร้านโฮมมาร์ท ซุ่ยเฮงเส็ง จังหวัดบุรีรัมย์ มีพื้นที่ใช้สอย 1,485 ตร.ม. 8) ร้านโฮมมาร์ท ร้อยเอ็ดรุ่งเรือง จังหวัดร้อยเอ็ด มีพื้นที่ใช้สอย 1,730 ตร.ม. 9) ร้านโฮมมาร์ท ปิยกรณ์วัสดุก่อสร้าง จังหวัดยโสธร มีพื้นที่ใช้สอย 1,424ตร.ม. 10) ร้านโฮมมาร์ท เซ็นทรัลโฮมแม็กซ์ จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ใช้สอย 5,512 ตร.ม. 11) ร้านโฮมมาร์ท สินค้าซิเมนต์ไทยสาขา 2 จังหวัดอุบลราชธานี มีพื้นที่ใช้สอย 1,600 ตร.ม. 12) ร้านโฮมมาร์ท นางรองเคหะภัณฑ์ จังหวัดบุรีรัมย์ มีพื้นที่ใช้สอย 1,500 ตร.ม. 13) ร้านโฮมมาร์ท นพเก้าโฮมมาร์ท จังหวัดสุรินทร์ มีพื้นที่ใช้สอย 2,300 ตร.ม. 14) ร้านโฮมมาร์ท เอ แอนด์ บี รุ่งเรือง จังหวัดขอนแก่น มีพื้นที่ใช้สอย 1,800 ตร.ม.

- HOME MART **ภาคใต้**

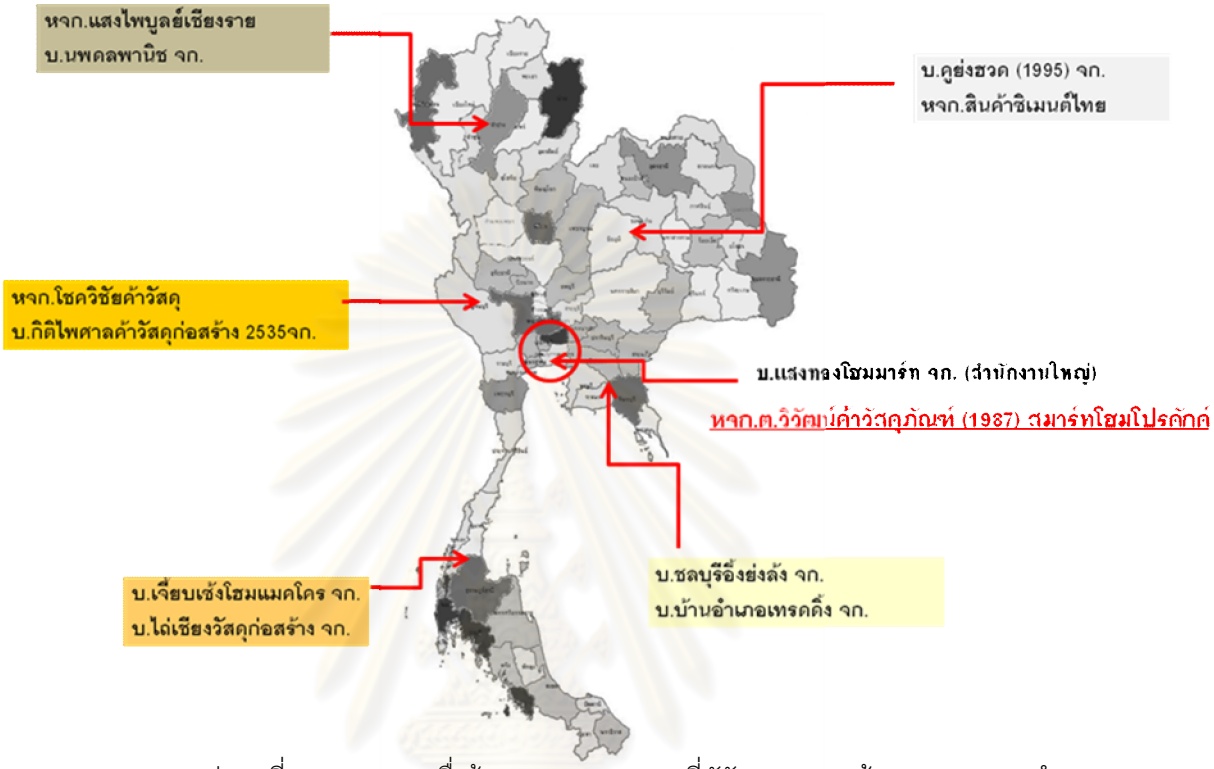


1	580	หจก.ช.โลหะกิจ	กระบี่
2	1,142	บจก.พงษ์สินค้าวัสดุ	สงขลา
3	900	บจก.บุญดีวัสดุภัณฑ์	สุราษฎร์ธานี
4	915	หจก.ไทยอุดมค้าไม้และก่อสร้าง	ระนอง
5	2,000	บจก.ไก่เชียงโฮมแม็กซ์	ชุมพร
6	2,320	หจก.ฟ้าทวีพร	สุราษฎร์ธานี
7	800	หจก.สยามภัณฑ์ค้าวัสดุก่อสร้างตรัง	ตรัง
8	740	หจก.สหมิตรค้าวัสดุ	นครศรีธรรมราช
9	1,230	หจก.มังกรทองพัทลุง	พัทลุง
10	2,850	บจก. เขาหลักโกลเด้นฮิลล์	พังงา
11	2,350	บจก. จอมทองเคหะภัณฑ์	ภูเก็ต
12	1,200	บจก.ชัยสมพรค้าวัตถุ	สุราษฎร์ธานี
13	1,275	หจก.ว.อรุณพันธ์	นครศรีธรรมราช
14	1,200	บจก.โฮมมาร์ทหลังสวน	ชุมพร
15	5,000	บจก.เจี๊ยบเซ้งโฮมแมคโคร	นครศรีธรรมราช
16	2,470	บจก.วัฒนาโฮมมาร์ทเซ็นเตอร์	สงขลา
17	1,910	หจก.ไทยสงวนโฮมมาร์ท	สุราษฎร์ธานี
18	615	บจก.ไก่เชียงวัสดุก่อสร้าง	ชุมพร
19	1,200	หจก.ศิริภัณฑ์ซิเมนต์	นครศรีธรรมราช
20	910	หจก.เจริญพันธ์-พงศ์พันธ์	กระบี่
21	1,640	หจก.ลิ้มปิพงษ์โฮมมาร์ท	สุราษฎร์ธานี
22	675	หจก.ธริยพาณิชย์	กระบี่
23	2,700	บจก.แสงชัยแมคโคร	ภูเก็ต
24	2,300	บจก.ศรีเจริญโฮมเซ็นเตอร์	กระบี่

รูปภาพที่ 3.7 แสดงรายชื่อร้าน HOME MART ภาคใต้

จากรูปภาพที่ 3.7 รายชื่อร้าน HOME MART ที่เข้าเกณฑ์การคัดเลือกเรื่องพื้นที่ใช้สอยของอาคาร 1,200–3,000 ตร.ม. อยู่ 15 ร้านคือ 1) ร้านโฮมมาร์ท ไก่เชียงโฮมแม็กซ์ จังหวัดชุมพร มีพื้นที่ใช้สอย 2,000 ตร.ม. 2) ร้านโฮมมาร์ท ฟ้าทวีพร จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีพื้นที่ใช้สอย 2,320 ตร.ม. 3) ร้านโฮมมาร์ท มังกรทองพัทลุง จังหวัดพัทลุง มีพื้นที่ใช้สอย 1,230 ตร.ม. 4) ร้านโฮมมาร์ท เขาหลักโกลเด้นฮิลล์ จังหวัดพังงา มีพื้นที่ใช้สอย 2,850 ตร.ม. 5) ร้านโฮมมาร์ท จอมทองเคหะภัณฑ์ จังหวัดภูเก็ต มีพื้นที่ใช้สอย 2,350 ตร.ม. 6) ร้านโฮมมาร์ท ชัยสมพรค้าวัตถุ จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีพื้นที่ใช้สอย 1,200 ตร.ม. 7) ร้านโฮมมาร์ท ว.อรุณพันธ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช มีพื้นที่ใช้สอย 1,275 ตร.ม. 8) ร้านโฮมมาร์ท โฮมมาร์ทหลังสวน จังหวัดชุมพร มีพื้นที่ใช้สอย 1,200 ตร.ม. 9) ร้านโฮมมาร์ท เจี๊ยบเซ้งโฮมแมคโคร จังหวัดนครศรีธรรมราช มีพื้นที่ใช้สอย 5,000 ตร.ม. 10) ร้านโฮมมาร์ท วัฒนาโฮมมาร์ทเซ็นเตอร์ จังหวัดสงขลา มีพื้นที่ใช้สอย 2,470 ตร.ม. 11) ร้านโฮมมาร์ท ไทยสงวนโฮมมาร์ท จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีพื้นที่ใช้สอย 1,910 ตร.ม. 12) ร้านโฮมมาร์ท ศิริภัณฑ์ซิเมนต์ จังหวัดนครศรีธรรมราช มีพื้นที่ใช้สอย 1,200 ตร.ม. 13) ร้านโฮมมาร์ท ลิ้มปิพงษ์โฮมมาร์ท จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีพื้นที่ใช้สอย 1,640 ตร.ม. 14) ร้านโฮมมาร์ท แสงชัยแมคโคร จังหวัดภูเก็ต มีพื้นที่ใช้สอย 2,700 ตร.ม. 15) ร้านโฮมมาร์ท ศรีเจริญโฮมเซ็นเตอร์ จังหวัดกระบี่ มีพื้นที่ใช้สอย 2,300 ตร.ม.

3.2.1.2 ยอดขายด้านค้าปลีกและจำนวน Traffic ของลูกค้ามาก



รูปภาพที่ 3.8 แสดงรายชื่อร้าน HOME MART ที่มีศักยภาพทางด้านยอดขายและจำนวนลูกค้ามาก

ที่มา : Ranking final ประจำเดือนมกราคม – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2553

จากรูปภาพที่ 3.8 แสดงรายชื่อร้าน HOME MART ที่มีศักยภาพทางด้านยอดขายและจำนวนลูกค้ามากมี 12 ร้านคือ 1) ร้านโฮมมาร์ท แสงไพบูลย์เชียงราย จังหวัดเชียงราย 2) ร้านโฮมมาร์ท นพดลพานิช จก. จังหวัดเชียงใหม่ 3) ร้านโฮมมาร์ท โชควิชัยค้าวัสดุ จังหวัดเพชรบุรี 4) ร้านโฮมมาร์ท กิติไพศาลค้าวัสดุก่อสร้าง 2535จก. จังหวัดสิงห์บุรี 5) ร้านโฮมมาร์ท เจี๊ยบเซ้งโฮมแมคโคร จก. จังหวัดนครศรีธรรมราช 6) ร้านโฮมมาร์ท ไล่เชียงวัสดุก่อสร้าง จก. จังหวัดชุมพร 7) ร้านโฮมมาร์ท คูย่งฮวด (1995) จก. จังหวัดสุรินทร์ 8) ร้านโฮมมาร์ท สินค้าซิเมนต์ไทย จังหวัดอุบลราชธานี 9) ร้านโฮมมาร์ท แสงทองโฮมมาร์ท จก. (สำนักงานใหญ่) จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10) ร้านโฮมมาร์ท หจก.ต.วิวัฒน์ค้าวัสดุภัณฑ์ (1987) สมาร์ทโฮมโปรดักส์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร 11) ร้านโฮมมาร์ท บ.ชลบุรีอิ๊งย่งล้ง จก. จังหวัดชลบุรี 12) ร้านโฮมมาร์ท บ้านอำเภอเทรดดิ้ง จก. จังหวัดชลบุรี

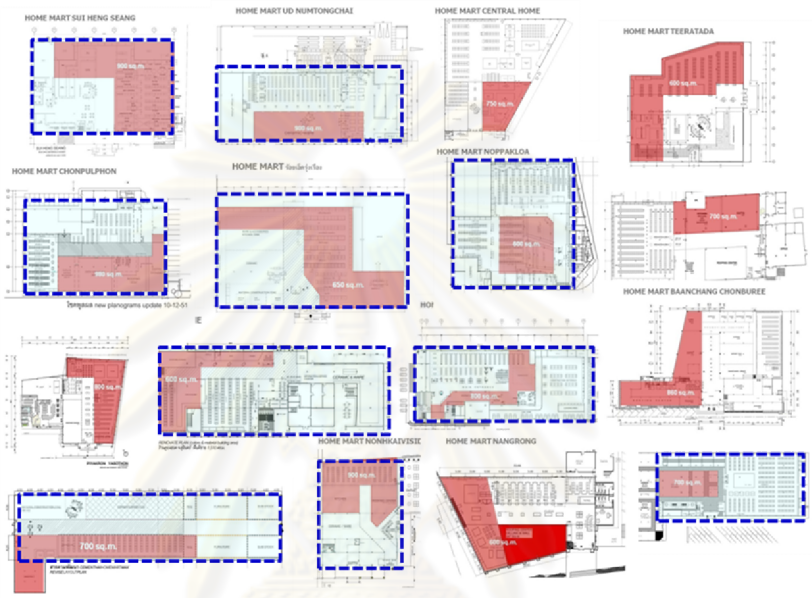
3.2.1.3 ความสะดวกในการเก็บข้อมูล

ร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

จากเกณฑ์การคัดเลือกของอาคารกรณีศึกษาทั้ง 3 ข้อ ได้แก่ ขนาดพื้นที่ใช้สอย 1,200–3,000 ตร.ม. ยอดขายหรือจำนวนลูกค้า และความสะดวกในการสำรวจข้อมูล นั้นสามารถเลือกร้าน SCG HOME MART ได้คือร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ จังหวัดนนทบุรี มีขนาดพื้นที่ใช้สอย 1,600 ตร.ม.

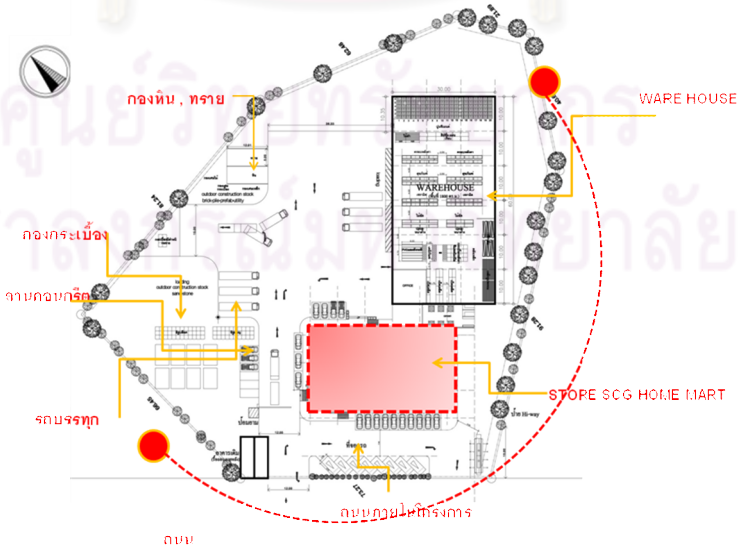
3.2.2 สภาพแวดล้อมและที่ตั้งโดยรอบอาคารกรณีศึกษา ดังนี้

ศึกษาลักษณะรูปทรงที่ดิน (Landform) สำรวจลักษณะรูปร่างที่ตั้งรอบ ๆ อาคาร



รูปภาพที่ 3.9 แสดงลักษณะรูปทรงและลักษณะรูปร่างอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์

ศึกษาสิ่งก่อสร้างข้างเคียง (Built forms) สำรวจ ขนาด ตำแหน่ง และความสูงของอาคารและสิ่งก่อสร้างที่ตั้งอยู่ใกล้เคียง ว่ามีผลกระทบกับอาคารกรณีศึกษามากน้อยเพียงใด



รูปภาพที่ 3.10 แสดงสภาพแวดล้อมและที่ตั้งโดยรอบอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์

3.2.3 **ข้อมูลลักษณะทางกายภาพ**

ประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร ประเมินค่าการถ่ายเทความร้อน

รวมของผนังอาคาร (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) โดยการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนทั้ง 2 ค่า จากการสำรวจและเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดตามกฎหมาย

ศึกษาลักษณะทิศทางแนวแกนอาคาร (Orientation) เพื่อสำรวจทิศทางที่แน่นอนของแนวอาคาร

สำรวจเก็บข้อมูลลักษณะการใช้งานอาคารและการจัดแบ่งพื้นที่ใช้สอยอาคาร (Zoning)

สำรวจลักษณะวัสดุที่ใช้ก่อสร้างเพื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ (U–Value)

ศึกษาสัดส่วนของช่องเปิดแต่ละทิศทางของอาคารต่อผนังทึบ (Window to wall ratio)

3.2.4 **เก็บข้อมูลสภาพอากาศเพื่อจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์** Visual DOE 4.1

3.2.5 **การสำรวจและเก็บข้อมูลการใช้พลังงานในอาคาร**

ประเมินอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ ซึ่งตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็น (Cooling load) ของระบบปรับอากาศแบ่งออกเป็น 7 ตัวแปรได้แก่

การนำความร้อนผ่านเปลือกอาคาร (Conduction heat gain) เป็นความร้อนที่เกิดขึ้นจากการนำความร้อนภายนอกผ่านเข้ามาทางเปลือกอาคาร

การแผ่รังสีความร้อนผ่านผนังกระจก (Radiation heat gain) เป็นความร้อนที่เกิดขึ้นจากการแผ่รังสีความร้อนจากภายนอกผ่านผนังกระจก เข้ามาภายในอาคาร

การรั่วไหลของอากาศภายในและภายนอก (Infiltration heat gain) เป็นความร้อนที่เกิดจากการรั่วไหลของอากาศผ่านการรั่วซึมจากรอยต่อของผนังหรือประตูหน้าต่าง

การระบายอากาศ (Ventilation heat gain) เป็นความร้อนที่เกิดการระบายอากาศจากพัดลมดูดอากาศ

ความร้อนจากระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ (Lighting heat gain) เป็นภาระความร้อนที่เกิดจากผลทางอ้อมของดวงไฟที่นอกจากจะให้แสงสว่างแล้ว ยังให้ความร้อนออกมาอีกด้วย

ความร้อนจากผู้ใช้อาคาร (Occupant heat gain) เป็นความร้อนที่เกิดจากร่างกายคนที่ใช้อาคารจะผลิตความร้อนออกมา 2 ชนิดคือ ความร้อนที่รู้สึกได้ (Sensible heat gain) และความร้อนแฝง (Latent heat gain)

ความร้อนจากระบบอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า (Equipment heat gain) เป็นความร้อนที่เกิดจากเครื่องไฟฟ้าบางชนิดที่จะผลิตความร้อนออกมาด้วยในขณะที่ทำงานเพื่อประกอบการวิเคราะห์และประเมินการใช้ไฟฟ้าในอาคาร และใช้ในการป้อนค่าให้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการศึกษา มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1) การเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่ผ่านมาของอาคาร

ปริมาณค่าใช้จ่ายไฟฟ้าจากใบเสร็จค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้า

ช่วงเวลาการใช้พลังงานมากที่สุด

2) เก็บข้อมูลระบบปรับอากาศ

ชนิดและลักษณะของเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

ตารางการใช้งานและอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ

การจัดกลุ่มและแบ่งพื้นที่ใช้สอยของเครื่องปรับอากาศ

3) เก็บข้อมูลระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์

สำรวจ ชนิด ขนาด ปริมาณ วงจรการเปิด – ปิด ของดวงโคมหลอดไฟฟ้าและดวงโคม

สำรวจปริมาณพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้กับระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ ตรวจสอบด้วยการคำนวณ โดยกำหนดระยะเวลาที่ใช้งานจริงของอาคาร

4) สำรวจข้อมูลระบบการให้แสงสว่างภายในอาคาร

ประเมินระดับความส่องสว่างของแสงสว่างของแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์โดยใช้ค่า Daylight factor ที่ได้จากการวัดค่าแสงธรรมชาติ รวมทั้งค่ามาตรฐานการส่องสว่างของ CIE และ IES ว่าภายในห้องที่เป็นห้องตัวแทนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดหรือไม่

การวัดค่าความส่องสว่างโดยการวัดสูงจากพื้น 0.80 เมตร หรือถ้าเป็นสำนักงานให้วัดบนโต๊ะทำงาน โดยการวัดความส่องสว่าง (Lux) กรณีมีแสงสว่างธรรมชาติให้รวมอยู่ด้วย

(1) วัดแสงสว่างธรรมชาติรวมกับแสงจากหลอดไฟ

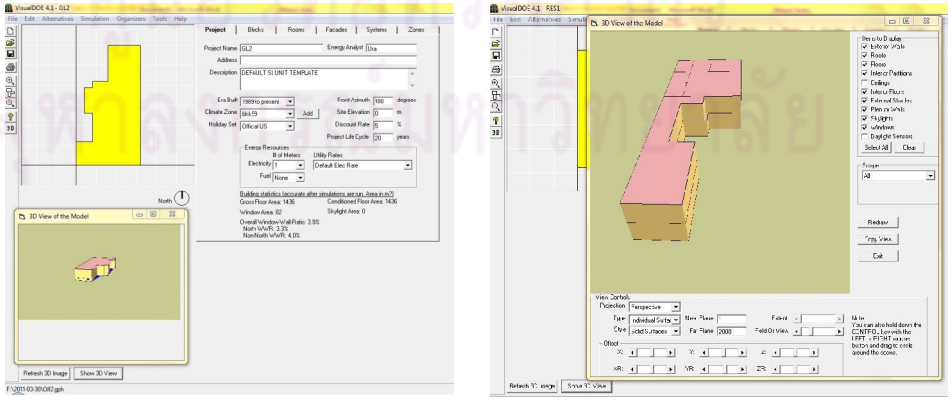
(2) กำหนดการวัดพร้อมกันระหว่างภายในกับภายนอกอาคาร

(3) สำรวจข้อมูลระบบอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในอาคาร

สำรวจ ชนิด ขนาด และปริมาณอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

สำรวจปริมาณพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของอุปกรณ์ไฟฟ้า ตรวจสอบด้วยการคำนวณ โดยกำหนดระยะเวลาที่ใช้งานจริงของอาคาร

3.3 จำลองการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษา SCG Baseline ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 ผลที่ได้กำหนดเป็นข้อมูลการใช้พลังงานเฉลี่ยของอาคาร ณ ปัจจุบัน (SCG Baseline)



รูปภาพที่ 3.11 แสดงสภาพแวดล้อมและที่ตั้งโดยรอบอาคารกรณีศึกษา ร้านโฮมมาร์ทสมาร์ทโฮมโปรดักส์

3.4 จำลองการใช้พลังงานของอาคารเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007 Baseline ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1

วิจัยเชิงจำลองสถานการณ์จริง (Simulation Research) จำลองสภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารที่เป็นทั้งผนังทึบและกระจกและทำการหาค่าการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง (Reference Building) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDoe4.1 และใช้ฐานข้อมูลสภาพอากาศเฉลี่ยรายชั่วโมงจากกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อนำผลที่ได้มาพัฒนาเป็นฐานการใช้พลังงาน รายละเอียดเบื้องต้นโปรแกรม Visual DOE 4.1คือ

1) Visual DOE-2 โปรแกรมดังกล่าวถูกพัฒนาและดูแลโดย UCBerkley ประเทศสหรัฐอเมริกา ด้วยคำร้องขอจากกระทรวงพลังงานของประเทศ ในการพัฒนาระบบโปรแกรมต้นแบบเพื่อใช้ในการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร ระบบโปรแกรมทั้งชุดประกอบได้ด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้ (สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, 2548: 41-43)ใช้ช่วยคำนวณการใช้พลังงานในอาคารเป็นรายชั่วโมงตลอดทั้งปี โดยอาศัยฐานข้อมูลสภาพอากาศรายชั่วโมงที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งนำมาจัดรูปแบบเป็นไฟล์ชนิดต่าง ๆ เช่น TRY TMY2 WYEC หรืออื่น ๆ Visual DOE 4.1E เป็นโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาและทดสอบความแม่นยำโดยนักวิจัยจากทั่วโลกมาตลอดระยะเวลากว่า 20 ปี ตั้งแต่โปรแกรมได้รับการเขียนขึ้นมา ซึ่งยังได้ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยพัฒนามาตรการและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการใช้พลังงานในหลายประเทศทั่วโลกอีกด้วย องค์ประกอบหลักของ VisualDoe4.1 จะมีทั้งสิ้น 4 ส่วน ได้แก่ LOADS SYSTEM PLANT และ ECONOMIC ซึ่งจะทำหน้าที่ตั้งแต่การคำนวณภาระการทำความเย็นจนถึงการใช้พลังงานในส่วนประกอบต่าง ๆ ของอาคารทั้งในส่วนของระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้า

VisualDoe4.1 จะคำนวณภาระการทำความเย็น (Cooling load) จากปัจจัยภายนอกอาคารซึ่งได้แก่ การนำความร้อนจากผนังภายนอก การแผ่รังสีดวงอาทิตย์ผ่านช่องหน้าต่าง และการรั่วซึมของอากาศภายนอก นำมารวมกับภาระการทำความเย็นภายในอาคารซึ่งได้แก่ ความร้อนจากผู้ใช้อาคาร ความร้อนจากหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง และความร้อนจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

2) การป้อนข้อมูลของโปรแกรม

การป้อนข้อมูลเป็นจำนวนมาก ทำให้ผู้ใช้โปรแกรมต้องมีความรู้ในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างดี

ลักษณะการป้อนข้อมูลที่มีความละเอียดสูง เช่น การป้อนข้อมูลวัสดุกรอบอาคาร ต้องทำการสร้างวัสดุขึ้นใหม่เพื่อสร้างเป็นชั้นวัสดุในกรอบอาคาร แล้วจึงนำชั้นวัสดุนั้นไปสร้างกรอบอาคารเพื่อนำมาคำนวณการใช้พลังงาน

3) การแสดงผลของโปรแกรม

โปรแกรมสามารถแสดงการป้อนข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ เพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของผลการคำนวณได้ในทุก ๆ ด้าน

สามารถเลือกระดับความละเอียดในการแสดงผลการคำนวณได้

4) การวิเคราะห์การใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ในการคำนวณการใช้ค่าที่กำหนดไว้เป็นฐานข้อมูลในโปรแกรม เพื่อให้เกิดความสะดวกรวดเร็วในการคำนวณ และมีผลการคำนวณที่ใกล้เคียงความเป็นจริงใน

ระดับหนึ่ง จึงมีการจัดข้อมูลต่าง ๆ เป็นพื้นฐานการคำนวณในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่เป็นค่าที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการคำนวณ โดยแยกประเภทได้ดังนี้

สภาพอากาศภายนอก จะแปรเปลี่ยนไปตามสถานที่ตั้งและสภาพแวดล้อมรอบ ๆ อาคารซึ่งมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ข้อมูลสภาพอากาศตลอดทั้งปีในบริเวณที่ตั้ง อาคารไม่สามารถหาได้โดยสะดวกและมีค่าไม่คงที่ในแต่ละปี ดังนั้นจึงใช้ข้อมูลสภาวะอากาศในท้องถิ่นเป็นตัวแทน ในการประเมินการใช้พลังงานในอาคาร

ข้อมูลกรอบอาคารต้องมีการจัดฐานข้อมูลของกรอบอาคารเป็นชุดๆตามชนิดของกรอบอาคาร เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูนครึ่งแผ่น ผนัง คสล. ผนังแผ่นโลหะหรืออื่น ๆ เพื่อใช้ในการคำนวณเปรียบเทียบระหว่างกรอบอาคารต่างๆ ได้โดยตรงและเพื่อความสะดวกในการสร้างกรอบอาคารใหม่ ซึ่งสามารถกระทำได้โดยการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงข้อมูลกรอบอาคารที่มีอยู่เดิมในฐานข้อมูล เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณต่อไป

การใช้งานอาคาร เช่น ช่วงเวลาการใช้อาคาร จำนวนผู้ใช้อาคารแต่ละพื้นที่ กิจกรรมของผู้ใช้อาคารแต่ละพื้นที่อาคาร ปกติการใช้พลังงานอาคารจะมีความหลากหลายแตกต่างกันไป และเพื่อลดขั้นตอนการป้อนข้อมูลจึงเสนอให้จัดค่าการใช้งานอาคารเป็นข้อมูลที่กำหนดไว้ในฐานข้อมูล

สภาพอากาศภายในอาคาร ขึ้นอยู่กับกิจกรรมของผู้ใช้อาคารในพื้นที่ต่าง ๆ และการจัดสภาพอาคารในอาคารที่แตกต่างกัน (โดยให้อยู่ในสภาวะสบายเหมือนกัน) จะมีการใช้พลังงานในการรักษาสภาพอากาศภายในอาคารนั้น ๆ ไม่เท่ากัน

ระบบต่างๆ ภายในอาคาร การใช้พลังงานของระบบต่างๆ ภายในอาคารขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามอุปกรณ์ที่เลือกใช้ การติดตั้งและข้อมูลอาคารคงที่โดยไม่เปลี่ยนแปลง (ลดลง) ไปตามเวลา

5) Draw BDL เป็นระบบโปรแกรมที่ช่วยในการกำหนดพิกัดกรอบอาคารสำหรับโปรแกรม Visual DOE4.1เนื่องจากการเขียนพิกัดอาคารด้วยตัวอักษรเพียงอย่างเดียวมักเกิดความผิดพลาดที่ไม่สามารถตรวจสอบได้ ระบบโปรแกรมดังกล่าวจึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตรวจสอบให้เกิดความแม่นยำขึ้นอีกทางหนึ่ง

6) ข้อจำกัดในการจำลองสภาพในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในการพิจารณาผลกระทบในระยะยาวของการปรับปรุงตัวอาคารหรือวิธีการจัดการที่ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงมาก ค่าที่ได้จากการประเมินอาจไม่ตรงตามค่าที่เกิดขึ้นจริง

ข้อมูลที่นำมาใส่โปรแกรมอาจจะได้มาจากข้อมูลที่ไม่ตรงตามความเป็นจริง ทั้งข้อมูลตัวอาคาร เช่นการใช้ข้อมูลที่ได้จากคู่มือวัสดุอาจมีค่าที่สูงหรือต่ำกว่าความเป็นจริงเมื่อติดตั้งแล้วเสร็จ ข้อมูลอุณหภูมิอากาศและข้อมูลด้านสภาพแวดล้อมของอาคารโดยทั่วไปมักจะเกิดความคลาดเคลื่อนจากอาคารจริงโดยประมาณ 10-15% สำหรับการใช้โปรแกรม DOE, BLAST และ TRACE

การพิจารณาวิธีการที่ใช้ในการปรับปรุงอาคารหลายวิธีร่วมกัน อาจไม่ได้รับผลได้อย่างเต็มที่ เช่น หากผู้ออกแบบเลือกวิธีการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร 2

วิธีที่ประเมินเบื้องต้นว่าแต่ละวิธีสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้ร้อยละ 10 ในแต่ละวิธี แต่เมื่อนำมาใช้ร่วมกันอาจเพิ่มประสิทธิภาพได้ไม่ถึงร้อยละ 20 ก็ได้ ซึ่งเป็นสิ่งที่ประเมินได้ยาก

3.5 วิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารโดยศึกษาเปรียบเทียบกับทางเลือกการออกแบบต่าง ๆที่เป็นไปได้ เช่นการเลือกใช้วัสดุประกอบอาคาร, การเลือกใช้ระบบไฟฟ้า, ระบบปรับอากาศ และพื้นที่กระจก เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโครงการ

3.6 จำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 1 เพื่อเปรียบเทียบผลการออกแบบเทียบกับ ASHRAE Baseline ตามมาตรฐานของ LEED (ASHRAE 90.1 2007)

3.7 จำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 2 เพื่อเปรียบเทียบผลการออกแบบเทียบกับ ASHRAE Baseline ตาม มาตรฐานของ LEED (ASHRAE 90.1 2007)

จำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือกแบบต่างๆ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ VisualDoe4.1 และนำผลการจำลองที่ได้มาเปรียบเทียบกับฐานการใช้พลังงานของอาคารตัวแทน (ASHRAE Base Case) พร้อมทั้งวิเคราะห์และอภิปรายข้อมูลรวมทั้งทำการคำนวณค่าการประหยัดพลังงานรายปีที่คาดว่าจะได้จากทางเลือกต่างๆ เมื่อเทียบกับฐานการใช้พลังงาน (SCG Baseline) โดยผลจากการจำลองโดยโปรแกรม VisualDoe 4.1 ได้นำมาใช้วิเคราะห์รูปแบบการใช้พลังงานของอาคารแต่ละประเภทจากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบฐานการใช้พลังงาน (Baseline) ผลที่ได้นำมาพัฒนาเป็นรูปแบบการใช้พลังงานของอาคาร (Energy Use Profile) ตามรายละเอียดต่อไปนี้

1. ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดทั้งปี (kWh ต่อ ปี)

2. สัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอย (kWh/sq.m. ต่อปี)

3. สัดส่วนการใช้พลังงานจากกลุ่มการใช้หลัก 3 กลุ่มซึ่งได้แก่การทำความเย็น (Cooling) แสงสว่าง (Lighting) และอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า (Receptacles)

4. สัดส่วนการใช้พลังงานเพื่อการทำความเย็นอันเนื่องมาจากส่วนประกอบสถาปัตยกรรมต่าง ๆ เช่นผนัง พื้น หลังคา ประตู หน้าต่าง หลอดไฟ แหล่งความร้อนภายในอื่นๆ และการรั่วซึมของอากาศจากภายนอก

3.8 การวิเคราะห์รูปแบบการใช้พลังงาน ตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน การลงทุน และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

งานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis) แสดงการคำนวณระยะเวลาคุ้มทุน (Payback period) และผลตอบแทนการลงทุน (Rate of return) และค่าใช้จ่ายตลอดช่วงอายุการใช้งานอาคาร 20 ปี (Life-cycle cost) ด้วยสูตรต่างๆดังนี้

วิธีการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิสามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

ระยะเวลาคืนทุนที่คำนึงถึงมูลค่าปัจจุบัน (Discounted Payback Period:DPB)ระยะเวลาคืนทุน คือ ระยะเวลา (เป็นจำนวนปี เดือน หรือวัน) ที่กระแสเงินสดที่คารดว่าจะได้รับจากโครงการในอนาคตสามารถชดเชยกระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการพอดี เนื่องจากโครงการที่ขอรับการสนับสนุนจะมีลักษณะการลงทุนเพียงครั้งเดียวในปีแรกและให้ผลตอบแทนในแต่ละปี การหาระยะเวลาคืนทุน สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

การหาระยะเวลาคืนทุน (Payback Period-PB) จะใช้วิธี Static คำนวณได้จากสูตร

$$\text{งวดเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ (Total Investment)}}{\text{ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี (Annual Energy Cost Saving)}}$$

การหาระยะเวลาคืนทุนที่คำนึงถึงมูลค่าปัจจุบัน (Discounted Payback Period-DPB) จะใช้วิธี Dynamic สามารถคำนวณได้จากสูตร

งวดเวลาคืนทุน = จำนวนปีที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มีค่าเท่ากับหรือมากกว่าศูนย์

ระยะเวลาคืนทุนที่ได้จากทั้ง 2 วิธี จะมีความแตกต่างกัน โดยค่าจาก Static Method จะให้งวดเวลาคืนทุนเร็วกว่า Dynamic Method เนื่องจาก Dynamic Method จะใช้การคำนวณค่าแบบสะสมจากมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนและพลังงานที่ประหยัดได้ซึ่งคิดอัตราลดค่า (Disount Rate) ในการเลือกโครงการระยะเวลาคืนทุนจะแสดงให้เห็นว่าต้องใช้เวลานานเพียงใดในการได้ทุนคืน เกณฑ์ในการตัดสินใจ คือ ถ้าต้องเลือกโครงการใดโครงการหนึ่งเพียงโครงการเดียว จะเลือกโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นกว่า แต่ถ้าสามารถเลือกได้ทุกโครงการจะเลือกโครงการที่ระยะวเลาคืนทุนน้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

การคำนวณ Life Cycle cost และ discounted payback period

การคำนวณ Life Cycle cost (ต่อปี) = ค่าใช้จ่ายในการลงทุน+ค่าบำรุงรักษา+ค่าไฟฟ้า+ดอกเบี้ย+ค่าเงินจากอัตราเงินเฟ้อ +อื่นๆ

การคำนวณประเมินระยะเวลาคืนทุน (Simple payback period) simple payback period

เป็นวิธีการคำนวณประเมินระยะเวลาคืนทุนหรือจุดคุ้มทุน (ปี) อย่างง่ายเพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจในการเลือกแนวทางของการออกแบบว่าเหมาะสมที่จะลงทุนหรือไม่ วิธีการ คำนวณทำได้ดังนี้ (William T, 1983: 80)

$$\text{Simple payback period} = \frac{\textbf{เงินลงทุนเบื้องต้น (C)}}{\textbf{ค่าใช้จ่ายที่ลดลงรายปี (A)}}$$

การคำนวณอัตราส่วนผลตอบแทน (Internal rate of return) internal rate of return (IRR)

เป็นอัตราส่วนผลตอบแทนที่ทำให้ผลตอบแทนที่ได้รับจากการประหยัดตลอดอายุการใช้งาน (Lifetime saving) เท่ากับเงินลงทุนทั้งหมด (lifetime cost) ซึ่งในที่นี้จะเป็นราคาต้นทุนวัสดุเบื้องต้น (first cost) lifetime saving = lifetime cost

$$[\ A \longrightarrow P\ ] = \frac{\textbf{ราคาต้นทุนวัสดุเบื้องต้น (P)}}{\textbf{ค่าใช้จ่ายที่ลดลงรายปี (A)}}$$

3.9 **สรุปผลและเสนอแนวทางการออกแบบอาคารร้านต้นแบบ (New Green HOME MART)** โดยกำหนดแนวทางดังนี้

1.แนวทางในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารแนวทางการลดปริมาณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารมาจากผนังทึบ หลังคา และหน้าต่าง โดยอาจเพิ่มฉนวนกันความร้อน หรือการเพิ่มความหนาของผนัง

2.แนวทางการลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเครื่องปรับอากาศมีผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดของอาคารกรณีศึกษาดังนั้น จำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศให้ดีขึ้น

3.แนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบแสงสว่างจากแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในอาคาร แนวทางการปรับปรุงแสงสว่างภายในอาคารมีแนวทางหลายอย่าง เช่น การเลือกใช้โคมที่สะท้อนแสงได้ดี การเลือกใช้หลอดที่มีประสิทธิภาพดี และตำแหน่งของหลอดไฟฟ้าควรจะจัดวางเป็นพื้นที่เดียวกันเพื่อลดการใช้พลังงานที่สูงขึ้น

4.ประเมินแนวทางการปรับปรุงอาคารประเมินแนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น โดยใช้รูปแบบออกเป็น 2 แนวทางหลัก ๆ คือ

4.1 ประเมินผลในเชิงเทคนิคในการพิจารณาผลเชิงเทคนิคโดยการเพิ่มวัสดุที่เปลือกอาคาร การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงและแนวทางต่าง ๆ ที่ลดการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าแล้วนำค่ามาป้อนเข้าโปรแกรมคอมพิวเตอร์

4.2 ประเมินผลในเชิงเศรษฐศาสตร์จาการพิจารณาผลการประเมินในเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยใช้การคำนวณระยะเวลาคืนทุนและมูลค่าสะสมของอาคารที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถลดได้ในแต่ละแนวทาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4
รายละเอียดของอาคารกรณีศึกษา และผลการวิเคราะห์อาคารทางเลือก

จากการสำรวจอาคารกรณีศึกษาร้าน โฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ ถนนราชพฤกษ์ พระราม 5 อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี ที่มีพื้นที่ใช้สอย 1,600 ตร.ม. ซึ่งเป็นร้านที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก 3 ข้อ คือ 1) ต้องมีพื้นที่ 1,200–3,000 ตร.ม. ซึ่งเป็นข้อกำหนดของอาคารโฮมมาร์ทที่จะต้องสร้างในอนาคต 2) ต้องมียอดขายมากที่สุดในแต่ละภูมิภาค 3) ต้องง่ายต่อการสำรวจและการเข้าถึงข้อมูล เพื่อนำข้อมูลต่างๆ ของอาคารมาวิเคราะห์ให้ทราบถึงปัญหาและข้อดี–ข้อเสียของอาคาร เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการหาแนวทางการปรับปรุงอาคารให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้เหมาะสมทั้งทางด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ โดยมีการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

4.1 ข้อมูลเบื้องต้นของอาคารกรณีศึกษาร้าน SCG HOME MART

4.1.1 ลักษณะทางกายภาพของอาคาร

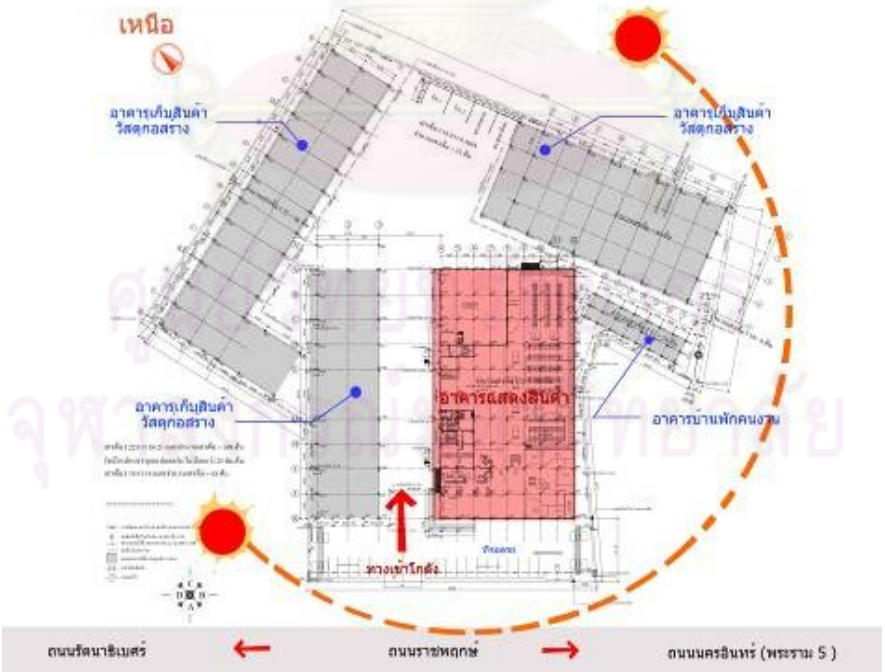
อาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ ตั้งอยู่บน ถนนราชพฤกษ์ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี ตั้งอยู่บนพื้นที่ 7 ไร่ ติดต่อกับสภาพแวดล้อมโดยรอบดังต่อไปนี้

ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นด้านหลังอาคารติดกับลานโล่งภายใน

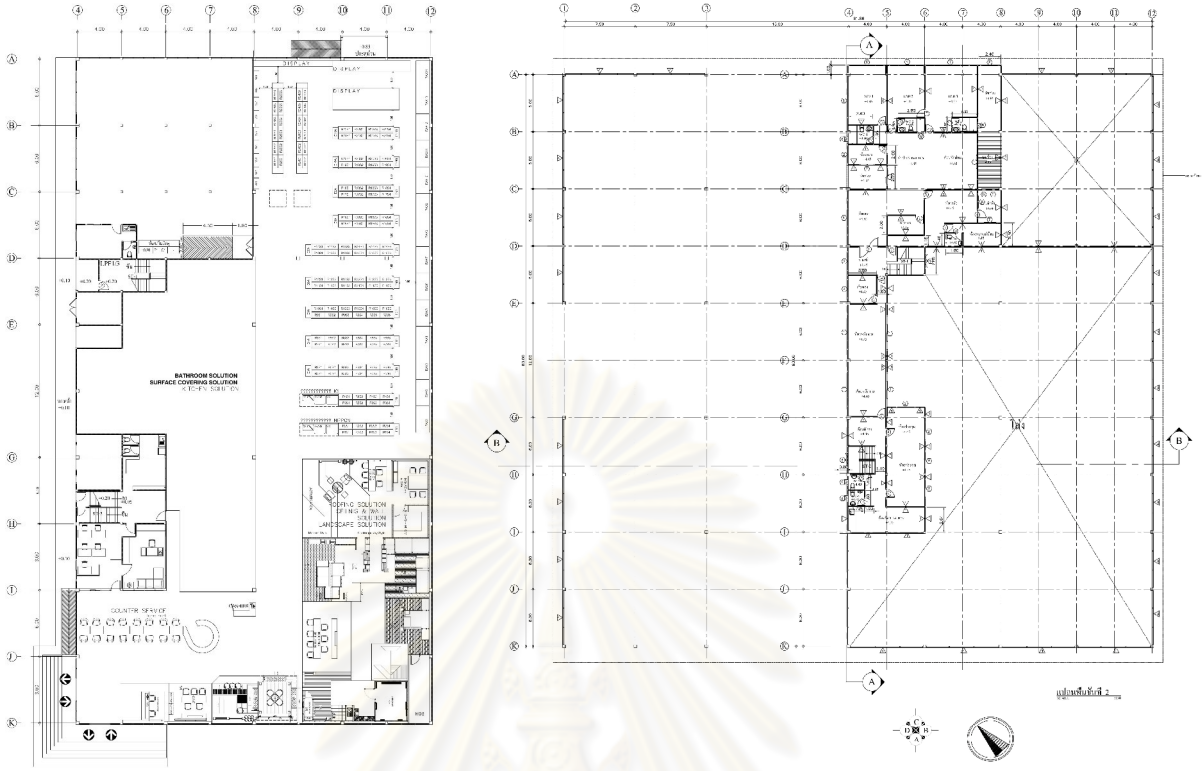
ทิศตะวันตกเฉียงใต้ เป็นด้านหน้าอาคารติดต่อกับถนนราชพฤกษ์

ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ติดต่อกับอาคารพาณิชย์ขนาดใหญ่ 2ชั้น

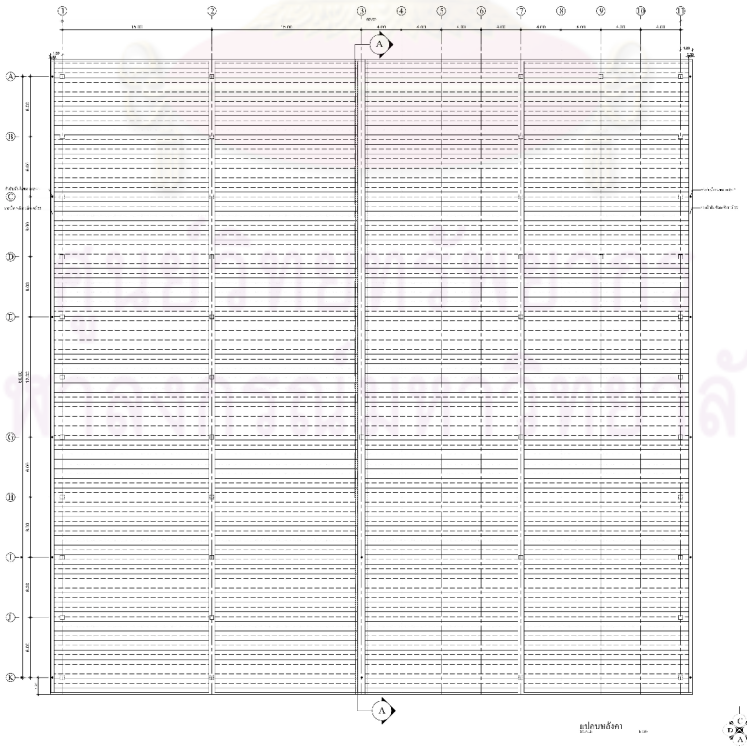
ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ติดต่อกับอาคารเก็บสินค้าสูง 8.00 ม.



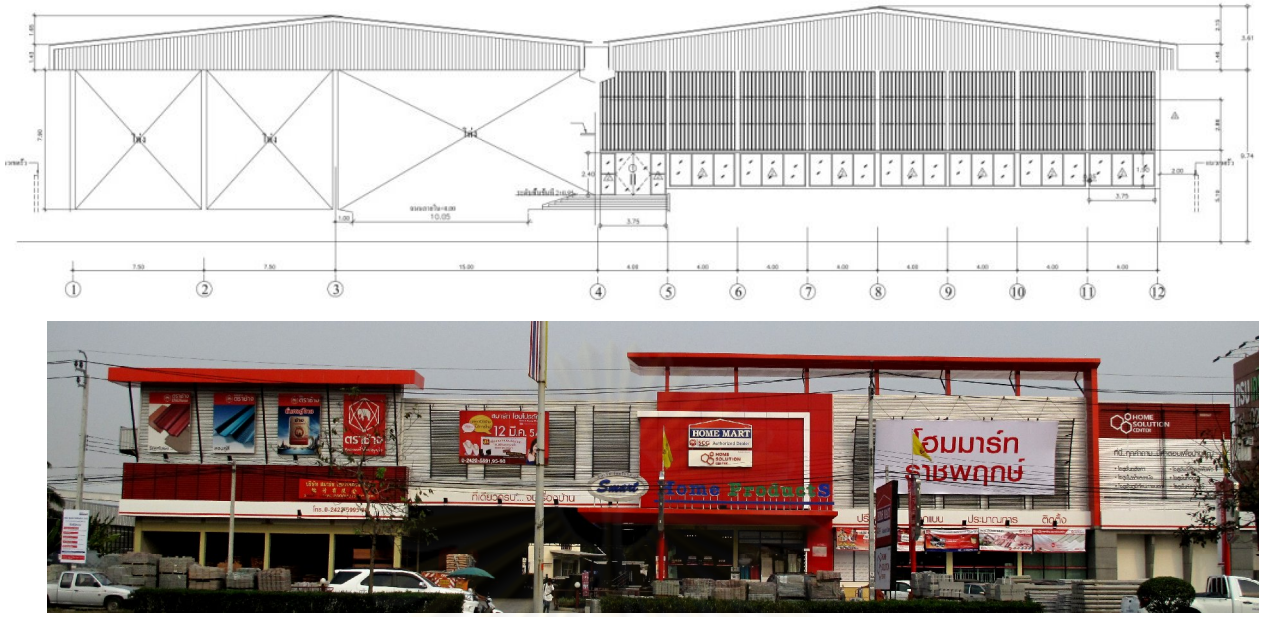
รูปภาพที่ 4.1 แสดงผังบริเวณโดยรอบที่ดิน และลักษณะการวางอาคารของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์



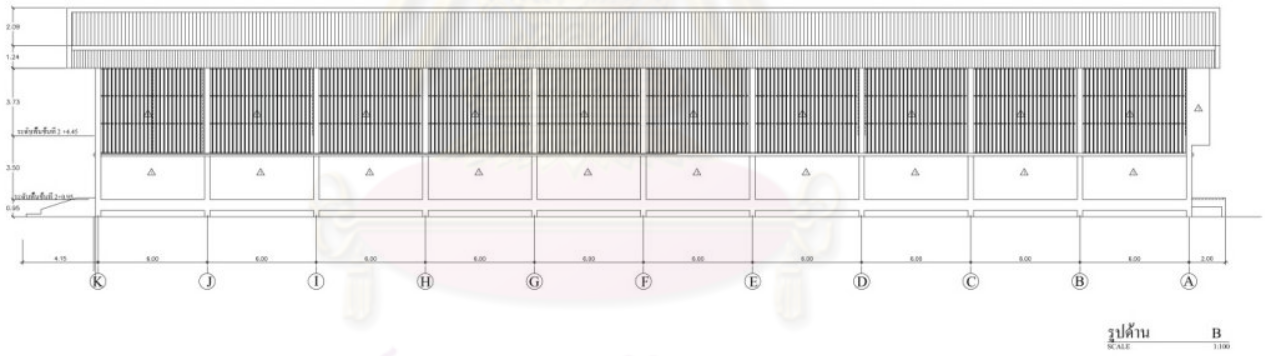
รูปภาพที่ 4.2 แสดงผังพื้นชั้น 1, 2 ของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์



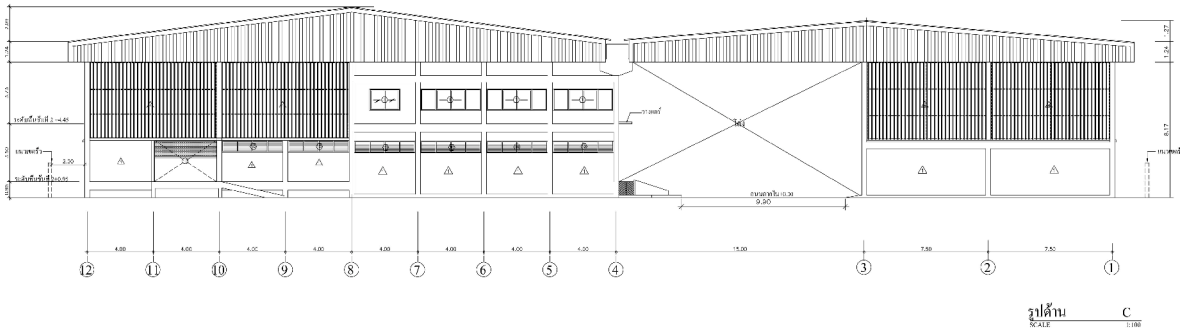
รูปภาพที่ 4.3 แสดงผังหลังคาของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์



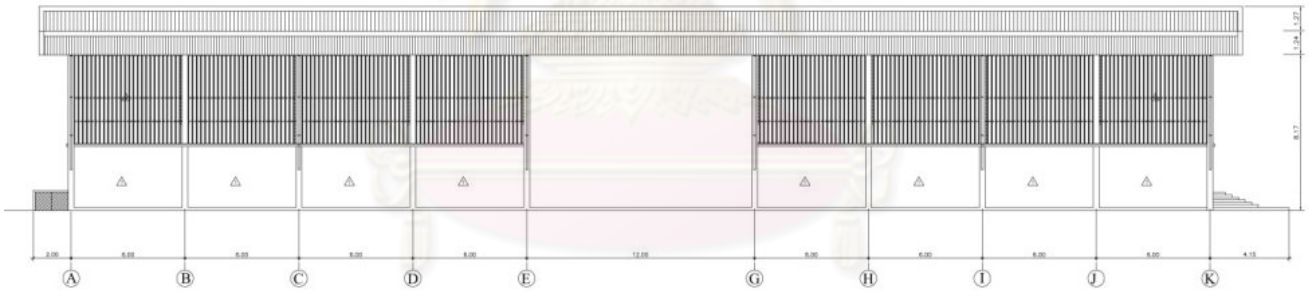
รูปภาพที่ 4.4 แสดงรูปด้านหน้าของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ ติดกับถนนราชพฤกษ์ทิศตะวันตกเฉียงใต้



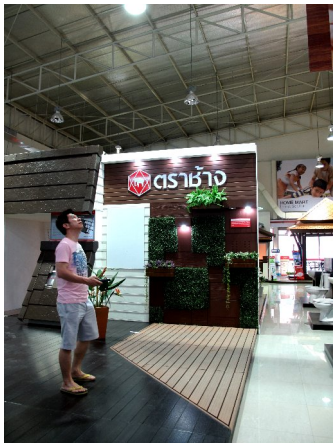
รูปภาพที่ 4.5 แสดงรูปด้านข้างขวาของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ติดกับอาคารเก็บสินค้าสูง 8.00 ม.

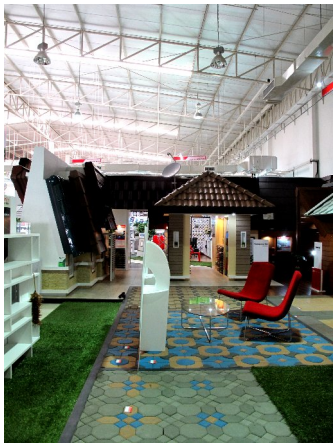


รูปภาพที่ 4.6 แสดงรูปด้านหลังของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ติดกับลานโล่งภายในโครงการ



รูปภาพที่ 4.7 แสดงรูปด้านข้างซ้ายของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ติดกับอาคารพาณิชย์ขนาดใหญ่ 2 ชั้น





รูปภาพที่ 4.8 แสดงรูปภาพของโครงสร้างหลังคาของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์

รูปภาพที่ 4.9 แสดงรูปภาพของโครงสร้างผนังของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดวัสดุประกอบอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์

ประเภท	ตำแหน่ง	รายการวัสดุประกอบอาคาร
พื้น	1. ส่วนขาย + สำนักงาน	คอนกรีตเสริมเหล็กหนา 0.10 มม. ปูด้วยกระเบื้องเซรามิค ขนาด 0.60 x 0.60 ซม. ตัดขอบ สีครีม
	2. ส่วนพักอาศัย	
ผนัง	1. ภายในและภายนอก ส่วนขาย ,สำนักงาน และส่วนพักอาศัย	ก่อคอนกรีตบล็อกขนาด 7x19x39 ซม.ฉาบปูนเรียบ ทาสีขาว
	2. ภายนอกด้านหน้าอาคาร เท่านั้น	ติดตั้งแผ่นอะลูมิเนียมคอมโพสิตสีแดง ขนาดความหนา 4 มม.

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ประเภท	ตำแหน่ง	รายการวัสดุประกอบอาคาร
ฝ้าเพดาน	1. ส่วนขาย	ติดตั้งฉนวน 6" Stay cool premium
	2. ส่วนพักอาศัย+ สำนักงาน	ติดตั้งยิปซั่มบอร์ด ฉาบเรียบ
หลังคา	ทั้งอาคาร	Metal-sheet สีเทา
หน้าต่าง	ทั้งอาคาร	บานเลื่อน วงกบและกรอบบานอะลูมิเนียม ทำสี ลูกฟักกระจกใส
ประตู	1. ส่วนด้านหน้าและข้างอาคาร	บานเปิดและบานเลื่อน วงกบและกรอบบานอะลูมิเนียม ทำสี ลูกฟักกระใส
	2. ส่วนหลังอาคาร	ประตูเหล็กม้วนทึบ

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าวัสดุที่เลือกใช้วัสดุประกอบอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์

Type	**วัสดุ** (w/m^2°C)	U-value	SHGC
หลังคา	Metal-sheet สีเทา ฝ้าเพดานแผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง	0.42	-
ผนัง	ก่ออิฐบล็อคฉาบปูนทั้งภายใน ภายนอก หนา 10 ซม.	2.71	-
หน้าต่าง	บานอลูมิเนียม หนา 1.5 มม. กระจกใส 6 มม.	6	0.80

ลักษณะโดยรวมของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ มีรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อผนังพื้นที่อาคาร (WWR) ประมาณ 13.7 % มีขนาดพื้นที่ใช้สอยรวม 2,339 ตารางเมตร อาคารมีโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็ก มีหลังคาเป็นโครงสร้างเหล็ก Truss มุงด้วย Metal

Sheet ระบบเปลือกอาคารเป็นผนังก่ออิฐบล็อคฉาบปูนและหน้าต่างกระจกใส หลังจากสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลของอาคารแล้ว ได้นำข้อมูลค่าเฉพาะของวัสดุประกอบอาคาร มาจำลองสภาพการณ์การใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 สภาพจำลองการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวนี้นำมาเปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าที่มีการใช้งานจริงต่อปี ซึ่งได้จากใบเสร็จค่าไฟ ค่าที่เปรียบเทียบกันนั้นต้องมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10 % พร้อมทั้งวิเคราะห์สภาพปัญหาและเสนอแนวทางเลือกสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงอาคารร้าน SCG HOME MART พื้นที่ใช้สอยทั้งหมดของอาคารกรณีศึกษามีรายละเอียดดังตาราง 4.3

ตารางที่ 4.3 แสดงพื้นที่ต่าง ๆ ของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์

ส่วนประกอบ	พื้นที่ (ตร.ม.)
ส่วนพื้นที่ขาย	1,435.5
ส่วนสำนักงาน	285.5
ส่วนเก็บสินค้า	299
ส่วนพักอาศัย	319
รวม	2,339

ตารางที่ 4.4 แสดงจำนวนพื้นที่ปรับอากาศและพื้นที่ไม่ปรับอากาศ ของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์

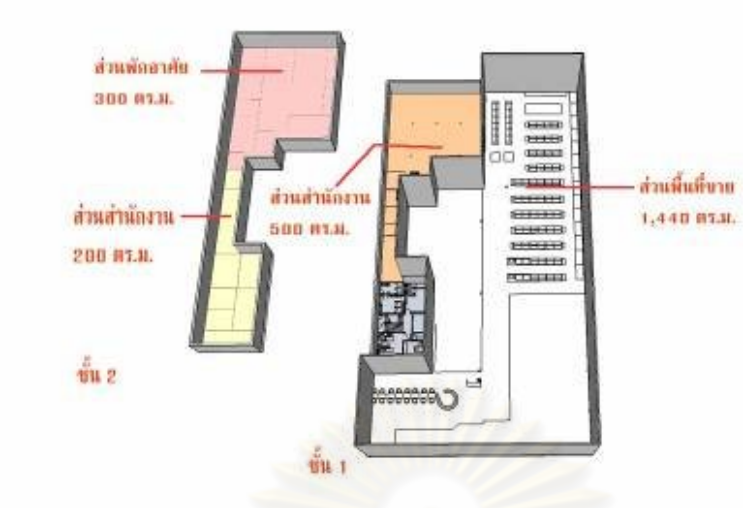
พื้นที่ใช้สอย	พื้นที่ (ตร.ม.)	%
1 พื้นที่ปรับอากาศ	1,721	73.58
2 พื้นที่ไม่ปรับอากาศ	618	26.42
รวม	2,339	100

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2 ลักษณะพฤติกรรมการใช้งานภายในอาคาร

อาคารกรณีศึกษาร้าน โฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ ชั้นล่างเป็นส่วนขายและ สำนักงาน ชั้น 2 เป็นส่วนพักอาศัยและสำนักงาน ผู้ใช้อาคารมีทั้งหมด 3 กลุ่มด้วยกัน ได้แก่

1. เจ้าของร้านและสมาชิกครอบครัว มีทั้งหมด 5 คน
2. เจ้าหน้าที่ประจำร้านทั้งหมด 50 คน
3. ลูกค้าที่มาใช้บริการ



รูปภาพที่ 4.10 แสดงรูปภาพลักษณะการแบ่งพื้นที่ใช้สอยของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์

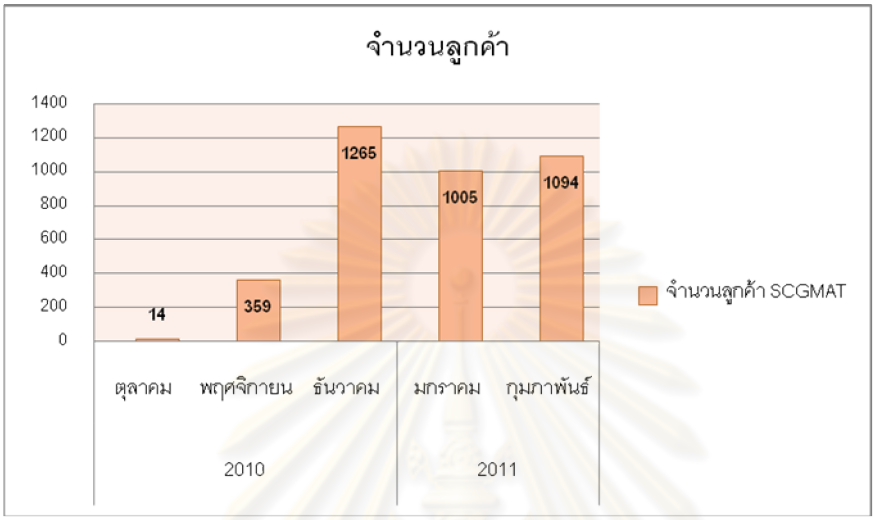
ลักษณะการใช้งานภายในอาคารสามารถแบ่งได้ 3 ประเภท คือ การใช้สอยของพื้นที่, การใช้งานของระบบแสงสว่าง และ การใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่รวมระบบปรับอากาศด้วย ซึ่งในแต่ละประเภทจะมีพฤติกรรมของการใช้งานที่แตกต่างกันของการใช้งาน ตลอดระยะเวลา 5 เดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม ปี 2553 – เดือนกุมภาพันธ์ 2554 ตามข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 4.5 สรุปการบันทึกจำนวนลูกค้าที่มาใช้บริการอาคารของพื้นที่ชั้นล่าง (ส่วนขาย และสำนักงาน) ตั้งแต่เดือนตุลาคม–เดือนกุมภาพันธ์ ปี 2553

จำนวนลูกค้าที่มาใช้บริการร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์					
ปี	**เดือน**	**ร้านค้า**	**จำนวนลูกค้า SCGMAT**	**วันที่เยี่ยมชม**	**ผู้บันทึก/Recorder**
2010	ตุลาคม	บริษัท สมาร์ท โฮมโปรดักส์ จำกัด	14	10/29-31/2010	ชาตรี/ขวัญกมล /อรรณพ/ธีรยุทธ/ยุพิน/ปัณณฑัต/ธุมากร/ธนศักดิ์/สุวิทย์ อดทน/กิตติคุณ
	พฤศจิกายน		359	11/1-30/2010	
	ธันวาคม		1,265	12/1-31/2010	
2011	มกราคม		1,005	1/1-31/2011	
	กุมภาพันธ์		1,094	2/1-29/2011	

สรุปออกมาอยู่ในรูปของแผนภูมิ ซึ่งสามารถเข้าใจโดยง่าย คือ มีจำนวนลูกค้าที่มาใช้บริการมากที่สุดคือตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ เนื่องจากช่วงดังกล่าวได้ทำการปรับปรุงพื้นที่ใช้สอยจากเดิมเปลี่ยนเป็นพื้นที่เพื่อรองรับการขายในลักษณะการเพิ่มการบริการกขึ้น มีบู๊ทบริการปรึกษาทางด้านหลังคากระเบื้อง และสุขภัณฑ์ สามารถแสดงจำนวนของลูกค้าที่มาใช้บริการของอาคารกรณีศึกษาดังแผนภูมิที่ 4.1

แผนภูมิที่ 4.1 แสดงจำนวนลูกค้ามาใช้บริการอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ ในส่วนชั้นล่าง (พื้นที่ขาย)



จากแผนภูมิที่ 4.1 สามารถวิเคราะห์ถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า คือเดือนธันวาคมมีจำนวนลูกค้ามาใช้บริการมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับค่าไฟฟ้าที่มีการใช้ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ไป 121,517.25 บาท พบว่าพื้นที่ชั้นล่างของอาคารในช่วงเวลากลางวันมีการใช้งานบริเวณนี้เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากมีการการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอุปกรณ์ไฟฟ้าและการใช้แสงประดิษฐ์มาก ส่วนในเวลากลางคืนจะไม่มีการใช้งานบริเวณนี้เลย พื้นที่ชั้นสองของอาคาร ในช่วงเวลากลางวัน มีการใช้งานเฉพาะส่วนของสำนักงานเท่านั้น ส่วนพื้นที่พักอาศัยมีการใช้งานในเวลากลางคืนเป็นส่วนใหญ่

4.2 ข้อมูลการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์

4.2.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร

การศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในกิจกรรมต่างๆ ภายในอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮ โปรดักส์ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ ระบบแสงสว่างประดิษฐ์, ระบบอุปกรณ์ไฟฟ้า และ ระบบปรับอากาศ ซึ่งแต่ละส่วนจะมีรายละเอียดของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เวลาทำการเปิด – ปิดของร้านดังนี้

วันจันทร์–วันเสาร์ เปิดทำการตั้งแต่ 08.00–18.00 น.

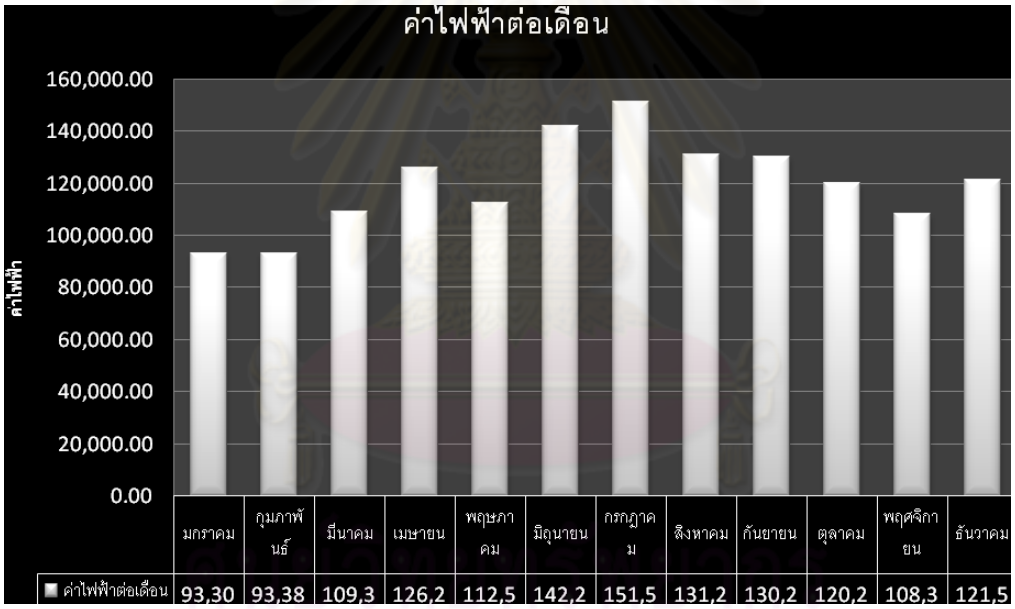
วันอาทิตย์ เปิดทำการตั้งแต่ 08.00–17.00 น.

(หมายเหตุ: อาคารได้เปิดใช้บริการ 1 ปีเท่านั้น) ดังตาราง 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮม โปรดักส์ตั้งแต่ เดือนมกราคม–ธันวาคม พ.ศ. 2553

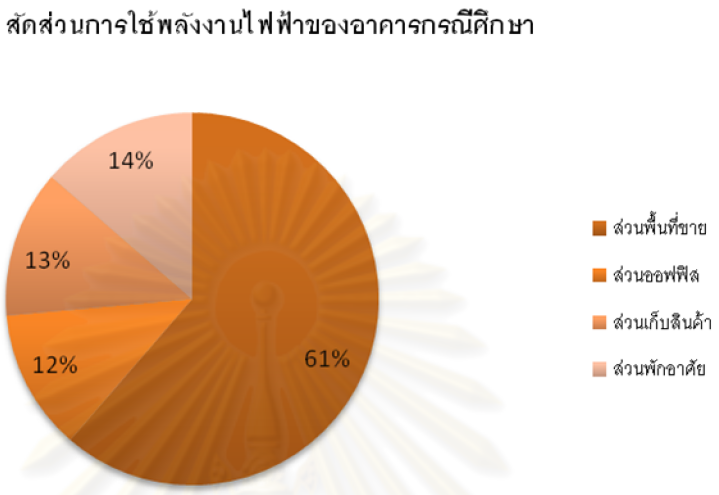
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเดือน												
มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน	ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	รวม
93,307.81	93,384.76	109,379.36	126,282.80	112,507.65	142,242.34	151,541.87	131,294.63	130,212.81	120,220.95	108,315.74	121,517.25	1440207.97
แปลงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเดือนเป็น ยูนิต หาร 3 บาท												
32,436	31,129	36,460	42,095	37,503	47,412	50,514	43,765	43,405	40,074	36,106	40,506	481.405

แผนภูมิที่ 4.2 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษาตั้งแต่ เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2553



จากตารางผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า ตั้งแต่ เดือนมกราคม – ธันวาคม พ.ศ. 2553 มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกเดือน โดยเริ่มเปิดใช้งานอาคารตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ.2553 มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่ำสุดอยู่ที่ 93,307.81 บาท หรือ 32,436 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และเดือนกรกฎาคม พ.ศ.2553 มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่151,541.87 บาทหรือ 50,514 กิโลวัตต์-ชั่วโมง คิดเป็นร้อยละ 35.79 ซึ่งปัจจัยที่ทำให้ค่าไฟฟ้าสูงขึ้นเกิดจากสภาพภูมิอากาศ และการตกแต่งร้านเพิ่มเติมในช่วงเวลา 18:00-24:00น.

แผนภูมิที่ 4.3 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ (ปี 2553)



ผลจากการเก็บข้อมูลจากใบเสร็จค่าไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ทสมาร์ทโฮมโปรดักส์ ในช่วงเดือนกรกฎาคม มีการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ 50,514 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ซึ่งนำมาเปรียบเทียบกับเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคมที่อยู่ในช่วงฤดูฝนเช่นกัน พบว่าในเดือนมิถุนายนมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 47,412กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ลดลงจากเดือนกรกฎาคมคิดเป็นร้อยละ 6.14 เดือนสิงหาคมมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 43,765 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ลดลงจากเดือนกรกฎาคมคิดเป็นร้อยละ 13.36 เดือนกันยายนมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 43,405 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ลดลงจากเดือนกรกฎาคมคิดเป็นร้อยละ 14.07 และเดือนตุลาคมมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 40,074 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี ลดลงจากเดือนกรกฎาคมคิดเป็นร้อยละ 20.66 สรุปได้ว่าการตกแต่งอาคารเพิ่มเติมในเดือนกรกฎาคมมีผลกระทบต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารเฉลี่ยร้อยละ 13.56

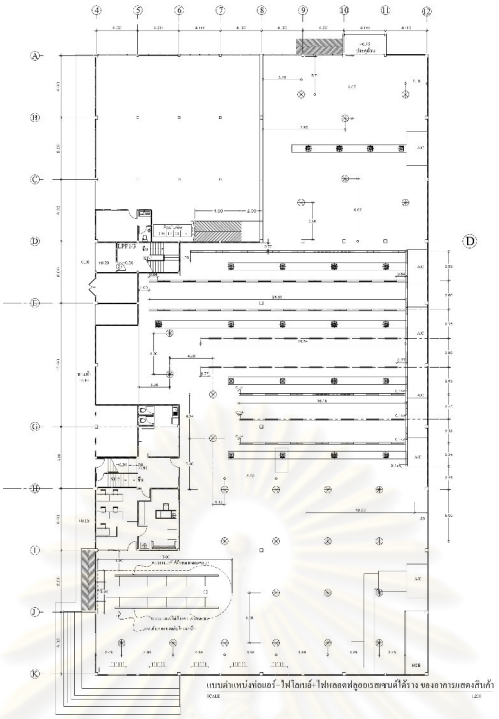
4.2.2 ระบบปรับอากาศภายในอาคาร

การปรับอากาศภายในอาคารจำแนกตามประเภทการใช้สอย ดังนี้ ส่วนพักอาศัยใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) จำนวน 6 เครื่อง โดยแต่ละเครื่องมีภาระการ ทำความเย็นประมาณ 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง หรือ 1 ตัน ใช้พลังงานรวมทั้งหมด 2,220 วัตต์ ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (EER) จะเท่ากับ 10.82 ซึ่งคิดเป็นกิโลวัตต์ต่อตันความเย็นจะเท่ากับ 1.1 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของกฎหมายอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 1.61 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น ส่วนสำนักงานใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) จำนวน 1 เครื่อง โดยเครื่องมีภาระการทำความเย็นประมาณ 403,000 บีทียูต่อชั่วโมง หรือ 400 ตัน ใช้พลังงานรวมทั้งหมด 2,700 วัตต์ ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (EER) จะเท่ากับ 10.82 ซึ่งคิดเป็นกิโลวัตต์ต่อตันความเย็นจะเท่ากับ 1.1 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของกฎหมายอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 1.61 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น ส่วนขายใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

(Split Type) จำนวน 5 เครื่อง โดยแต่ละเครื่องมีภาระการทำความเย็นประมาณ 12,000 บีทียูต่อชั่วโมง หรือ 1 ตัน ใช้พลังงานรวม ทั้งหมด 2,220 วัตต์ ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (EER) จะเท่ากับ 10.82 ซึ่งคิดเป็นกิโลวัตต์ต่อตันความเย็นจะเท่ากับ 1.1 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของกฎหมายอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 1.61 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น รายละเอียดชนิด/รุ่นของเครื่องปรับอากาศที่อาคารกรณีศึกษาใช้ แสดงในตารางที่ 4.7 ผังแสดงการติดตั้งระบบปรับอากาศของอาคารดังรูป

ตารางที่ 4.7 แสดงรายละเอียดชนิดและรุ่นของเครื่องปรับอากาศที่อาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ ใช้งาน

ชนิด / รุ่น	ชุด	บาท
แอร์มิตซูเฮฟวี่ รุ่น SRK / SRC 13CIV	1	14,500
แอร์มิตซูเฮฟวี่ รุ่น SRK / SRC 19 CGS	2	53,600
แอร์มิตซูเฮฟวี่ รุ่น SRK / SRC 25 CGS	3	106,200
แอร์แคเรียร์รุ่น 38 RE 048SC/ 42 CH 016 B	1	45,000.00
ค่าบริการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	1	3,000
YK-IJ / 120/ 234 /43J2 CDU YCD 120-DF FITER DRIER SIGH	1	120,859.67
YK-IH / 120/ 267 J2 FCU EB 120 H CONTROL BOX	1	
YK-IJ / 120/ 234 /43J2 CDU YCD 120-DF FITER DRIER SIGH	1	120,859.67
YK-IH / 120/ 267 J2 FCU EB 120 H CONTROL BOX	1	
YK-IJ / 090/ 234 /43J2 CDU TCD 90-DF FITER DRIER SIGH	1	106,457.75
YK-IH / 090/267J2 FCU EB090H CONTROL BOX	1	
YK-IJ / 090/ 234 /43J2 CDU TCD 90-DF FITER DRIER SIGH	1	106,457.75
YK-IH / 090/267J2 FCU EB090H CONTROL BOX	1	
YK-IJ / 090/ 234 /43J2 CDU TCD 90-DF FITER DRIER SIGH	1	106,457.75
YK-IH / 090/267J2 FCU EB090H CONTROL BOX	1	
YK-IJ /200/ 234 /43J2 CDU YCD200-DF FITER DRIER SIGH	1	207,622.45
YK-IH 180/458J2 FCU EB180V CONTROL BOX	1	
อุปกรณ์และค่าขนส่ง		768,715.04
TOTAL		1,759,730



รูปภาพที่ 4.11 แสดงผังตำแหน่งระบบปรับอากาศของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์

4.2.3 ระบบแสงสว่างภายในอาคาร

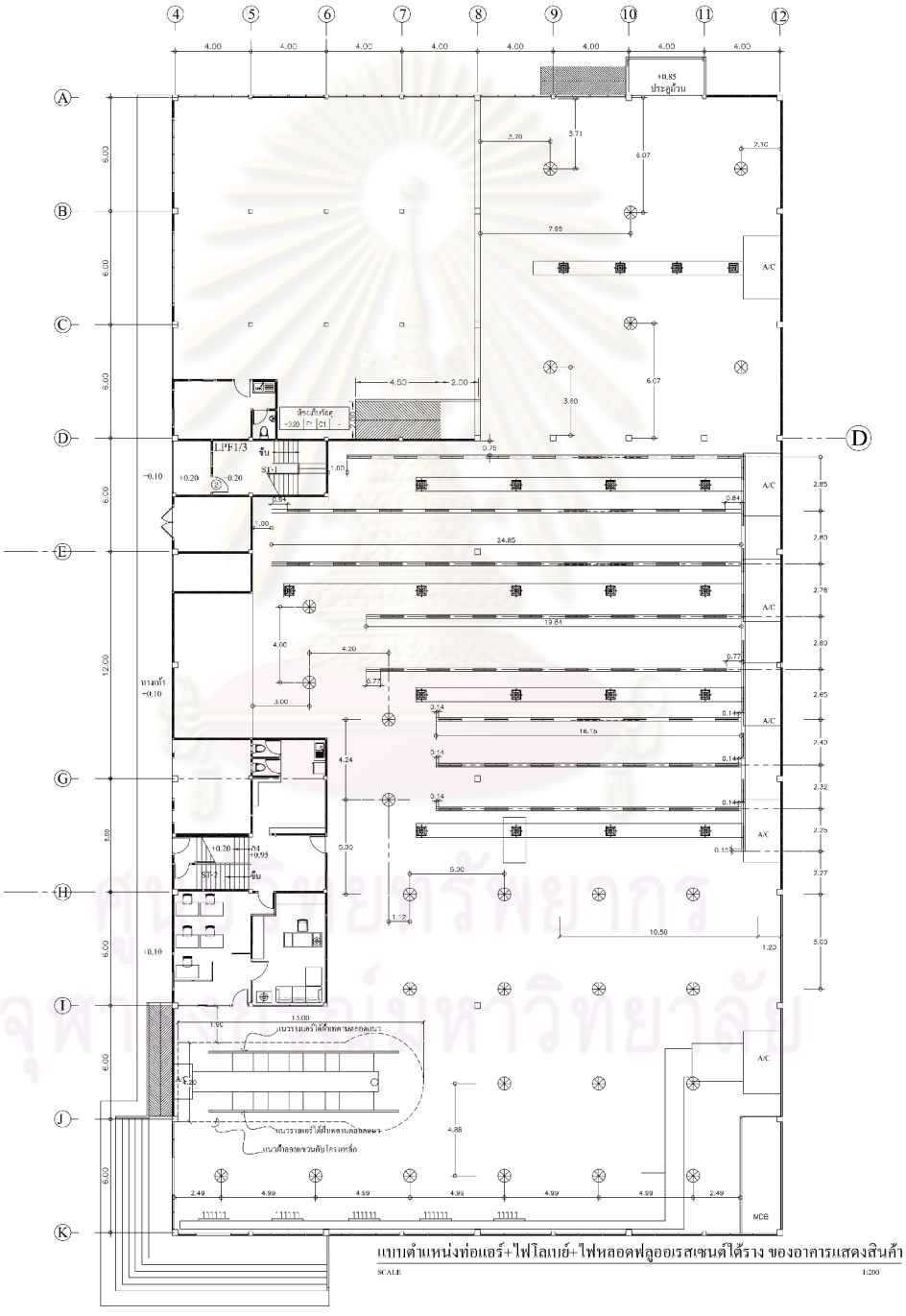
จากการสำรวจและวิเคราะห์ระบบแสงสว่างภายในอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์แสงสว่างที่ทำให้เกิดผลกระทบต่ออาคารมี 2 ทาง คือ แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์จากหลอดไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ระบบแสงประดิษฐ์ภายในอาคารจำแนกตามประเภทการใช้สอย ดังนี้

ส่วนพักอาศัยชั้น 2 และส่วนสำนักงานทั้งชั้น 1 และชั้น 2 ใช้ดวงโคมชนิดหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบแผงฝังในฝ้าเพดาน (T8) ขนาด 1x32 วัตต์ มีจำนวนทั้งหมด 69 ดวง ซึ่งคิดเป็นจำนวนพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในระบบแสงสว่างของส่วนนี้จะเท่ากับ 2,208 วัตต์ คิดเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ส่วนพักอาศัย และส่วนออฟฟิสทั้งหมด (903.5 ตร.ม.) จะเท่ากับ 2.45 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกฎหมายอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 16 วัตต์ต่อตารางเมตร

ส่วนพื้นที่ขายใช้ดวงโคม 2 ชนิดคือ 1. หลอดไฟโลเบย์แบบกลมที่ห้อยติดบนฝ้าเพดานขนาด 1x250 วัตต์ มีจำนวนทั้งหมด 27 ชุด ซึ่งคิดเป็นจำนวนพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในระบบแสงสว่างของส่วนพื้นที่ขาย (1,435.5 ตร.ม)จะเท่ากับ 6,750 วัตต์ คิดเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่อาคารส่วนพื้นที่ขายจะเท่ากับ 4.71 วัตต์ต่อตารางเมตร และดวงโคมชนิดหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบติดบนรางขนาด 1x32 วัตต์ (T8) มีจำนวนทั้งหมด 75 ดวง ซึ่งคิดเป็นจำนวนพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในระบบแสงสว่างของส่วนพื้นที่ขาย (1,435.5 ตร.ม.)จะเท่ากับ 2,400 วัตต์ คิดเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่อาคารส่วนพื้นที่ขายจะเท่ากับ 1.68 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกฎหมายอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 16 วัตต์ต่อตารางเมตร

ส่วนเคาน์เตอร์บริการใช้ดวงโคม Downlight ติดบนฝ้า ขนาด 1 x60 วัตต์ มีจำนวน 10 โคมซึ่งคิดเป็นจำนวนพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในระบบแสงสว่างของส่วนพื้นที่เคาน์เตอร์บริการจะเท่ากับ 600 วัตต์ คิดเฉลี่ยพลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่อาคารส่วนพื้นที่ขายจะเท่ากับ 0.42 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งอยู่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกฎหมายอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดไว้ไม่เกิน 16 วัตต์ต่อตารางเมตร ดังรูปภาพ



รูปภาพที่ 4.12 แสดงผังตำแหน่งระบบไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์

รูปภาพที่ 4.13 แสดงลักษณะการติดตั้งระบบไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์

รูปภาพที่ 4.14 แสดงลักษณะการติดตั้งตำแหน่งระบบไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์

2 แสงธรรมชาติ

เนื่องจากอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ มีการวางผังของอาคารเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดใหญ่ และไม่ได้วางอาคารตามแนวทิศเหนือและทิศใต้ ผนังด้านหน้าของอาคารมีช่องเปิดบางส่วนหันไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ ผนังด้านหลังของอาคารมีช่องเปิดบางส่วนหันไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือติดกับลานเปิดโล่ง ผนังด้านขวาของอาคารไม่มีช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ติดกับอาคารพาณิชย์มีระยะห่าง 5.00 เมตร และผนังด้านซ้ายของอาคารมีช่องเปิดบางส่วนหันไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือติดกับอาคารเก็บสินค้า ดังนั้นผนังทางด้านหน้า,ด้านขวาและด้านหลังที่จะได้รับผลกระทบจากแสงสว่างภายนอก โดยมีพื้นที่ช่องแสงของผนังแต่ละด้านประมาณ 9-17 % ของผนังแต่ละด้าน(ยกเว้นด้านขวาเป็นผนังทึบทั้งหมด) และยังมีช่องแสงด้านบนหลังคา ปัจจัยที่มีผลต่อระดับการส่องสว่างภายในอาคารได้แก่ ลักษณะช่องเปิด ,ค่าการส่องผ่านของกระจก ,แผงกันแดดของอาคาร ,ทิศทางของอาคาร และค่าการสะท้อนแสงของพื้น ,ผนังและฝ้าเพดาน โดยได้แสดงข้อมูลของสัดส่วนพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่ผนังกระจกของอาคารกรณีศึกษาดังตารางที่ 4.8 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.8 แสดงพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่ผนังกระจกของอาคารกรณีศึกษาร้าน SCG HOME MART

ผนังอาคาร	ผนังด้านหน้า	ผนังด้านซ้าย	ผนังด้านหลัง	ผนังด้านขวา	รวม
ผนังทึบ	259	703	278	559	1,799
ผนังกระจก	80	-	61	144	285
ผลรวม	339	703	339	703	2,084

การวิเคราะห์ระดับสว่างของแสงธรรมชาติที่มีผลต่อความส่องสว่าภายในอาคารโดยการใช้เครื่องมือวัดแสงลักซ์มิเตอร์ เพื่อศึกษาการกระจายตัวของแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาในอาคาร และการหาค่าความส่องสว่างภายในโดยใช้ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย และค่า Daylight factor (DF) ในแต่ละจุด โดยทำการแบ่งพื้นที่วัดแสงออกเป็นจุดๆ ให้ครอบคลุมทั้งด้านสั้น และด้านยาวโดยวัดค่าความส่องสว่างของแสงที่ระดับ 0.80 เมตร (ระดับโต๊ะทำงาน) จากพื้นห้องโดยวัดค่าเป็นลักซ์ (Brown, 1985: 66) แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ของ IES (Illuminating Engineer Society) เพื่อประเมินระดับความส่องสว่างภายในอาคารจากแสงธรรมชาติต่อไป ซึ่งทาง IES ได้กำหนดค่า D.F. สำหรับอาคารพาณิชยกรรมไว้ที่ประมาณ 22 % (ค่าแสงที่วัดไม่ได้รวมแสงแดด)

3 ระบบอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคาร

เนื่องจากอาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารสำนักงาน, พาณิชยกรรม และพักอาศัย ดังนั้นจึงมีการใช้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าจำนวนมาก ได้แก่ คอมพิวเตอร์ เครื่องถ่ายเอกสาร โทรสาร โทรทัศน์ ตู้เย็น พัดลม เตารีด ฯลฯ โดยแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.9 ดังนี้

ตารางที่ 4.9 แสดงอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า			
ประเภทอุปกรณ์	จำนวน	พลังงานรวม (วัตต์)	
คอมพิวเตอร์	25	230 x 25	5,750
โทรทัศน์	10	63x10	630
เครื่องเสียง	2	60x2	120
ตู้เย็น	4	65x4	260
พัดลม	10	68x10	680
เตารีด	2	750x2	1,500

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า			
ประเภทอุปกรณ์	จำนวน	พลังงานรวม (วัตต์)	
หม้อหุงข้าว	2	700x2	1,400
กระติกน้ำร้อน	2	600x2	1,200
รวม	57		11,540

4.3 จำลองการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ (SCG Baseline) ด้วยโปรแกรคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 ผลที่ได้กำหนดเป็นข้อมูลการใช้พลังงานเฉลี่ยของอาคาร ณ ปัจจุบัน (SCG Baseline)

สรุปการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์

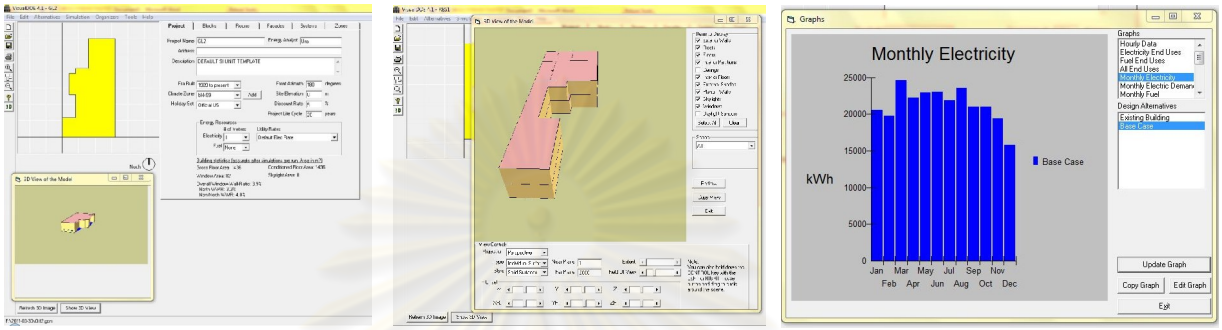
การประเมินประสิทธิภาพทางด้านพลังงานของ LEED (Performance Rating) แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ขึ้นอยู่ว่าจะเป็นอาคารใหม่ (New Buildings) หรืออาคารเดิม (Existing Buildings) ถ้าเป็นอาคารใหม่จะกำหนดให้ทำการจำลองการใช้พลังงาน (Energy Simulation) ของอาคารที่กำลังออกแบบ(Proposed design) และนำผลมาเปรียบเทียบกับผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารอ้างอิง (Baseline design) โดยอาคารอ้างอิงนี้จะมีลักษณะที่เหมือนกันกับอาคารที่กำลังออกแบบ แต่มีเปลือกอาคาร ระบบแสงสว่าง และระบบปรับอากาศ ตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 (Energy Standards for Buildings except Low-rise Residential Buildings) ทั้งนี้จะบังคับให้ทั้งสองกรณีมีค่าการใช้พลังงานจากอุปกรณ์ไฟฟ้าไม่ต่ำกว่า 25% ของการใช้พลังงานรวมทั้งอาคาร ซึ่งหากอาคารที่กำลังออกแบบมีผลการจำลองการใช้พลังงานออกมาดีกว่า หรือประหยัดกว่าอาคารอ้างอิงที่ออกแบบตามมาตรฐาน ASHRAE 90.1 นี้ เป็นปริมาณอย่างน้อย 12% ก็จะได้คะแนนผ่านขั้นต่ำ และจะได้คะแนนมากขึ้นไปเรื่อย ๆ ตามปริมาณผลประหยัดที่ทำได้ ทั้งหมดนี้จะต้องทำการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถจำลองการใช้พลังงานรายชั่วโมงตลอดทั้งปี โดยอาศัยไฟล์ข้อมูลอากาศมาตรฐานจากกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งโปรแกรมเหล่านั้นได้แก่ DOE-2 หรือ EnergyPlus

ดังรายละเอียดทำการจำลองสภาพการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ นำข้อมูลค่าต่าง ๆ ป้อนเข้าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 ซึ่งมีค่า U-Roof 0.42 W/m^2.hr.C , ค่า U-Wall 2.71 W/m^2.hr.C, และ U-กระจก 6 SHGC 0.80 ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าวัสดุที่เลือกใช้วัสดุประกอบอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ (SCG Baseline)

ชนิด	รายละเอียดวัสดุ	U-value(w/m^2°C)	SHGC
หลังคา	Metal-sheet สีเทา ฝ้าเพดานแผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง	0.42	-
ผนัง	ก่ออิฐบล็อคฉาบปูนทั้งภายใน ภายนอก หนา 10 ซม.	2.71	-
หน้าต่าง	บานอลูมิเนียม หนา 1.5 มม. กระจกใส 6 มม.	6	0.80

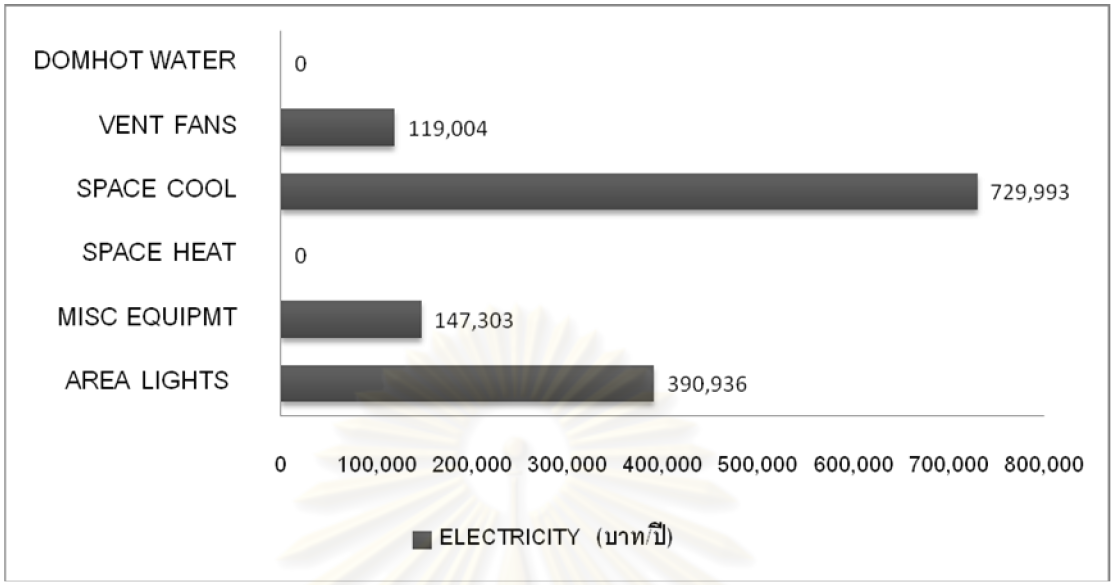
จากผลการจำลองค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 1,387,236 kWh/year โดยที่ค่าเฉลี่ยต่อตารางเมตรเท่ากับ 593.10 บาท/ตร.ม.ต่อปี ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบจากใบเสร็จค่าไฟฟ้าที่ต้องต่างกันไม่เกิน 10 % ถือว่าสามารถใช้ค่าจากการจำลองวิเคราะห์การใช้พลังงานได้ดังตารางที่ 4.11



รูปภาพที่ 4.15 แสดงการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 เพื่อจำลองการใช้พลังงานตามมาตรฐาน LEED ของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ (SCG Baseline)

ตารางที่ 4.11 แสดงสรุปรายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ ที่ผ่านสภาพจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1

ENERGY TYPE	HOME MART	RESIDENT	TOTAL	*3
	ELECTRICITY (KWH)	ELECTRICITY (KWH)	ELECTRICITY (KWH/Year)	ELECTRICITY (บาท/ปี)
AREA LIGHTS	87,480	42,832	130,312	390,936
MISC EQUIPMT	32,789	16,312	49,101	147,303
SPACE HEAT	0	0	0	0
SPACE COOL	204,765	38,566	243,331	729,993
VENT FANS	30,178	9,490	39,668	119,004
DOMHOT WATER	0	0	0	0
TOTAL	**355,212**	**107,200**	**462,412**	**1,387,236**



แผนภูมิที่ 4.4 แสดงการใช้พลังงานรวมของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ (SCG Baseline) ที่ผ่านการจำลองการใช้พลังงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปีจากใบเสร็จค่าไฟฟ้า อยู่ที่ 1,440,207.97 บาท ซึ่งค่าการใช้ไฟฟ้าจากสภาพจำลองอยู่ที่ 1,387,236 บาท มีผลต่างอยู่ที่ 52,971.97 บาท อยู่ที่ 3.68 % สามารถใช้เกณฑ์นี้เป็นตัวแทนของ SCG Baseline ได้ งานวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาเฉพาะระบบวัสดุประกอบอาคารเท่านั้นในขณะที่ปริมาณการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นในอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ ส่วนมากนั้นมีอยู่ 3 ระบบหลัก คือ ระบบแสงสว่างประดิษฐ์, ระบบอุปกรณ์ไฟฟ้า และ ระบบปรับอากาศ เป็นต้น

4.4 จำลองการใช้พลังงานของอาคารเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007 Baseline ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1

ทำการจำลองการใช้พลังงานของอาคาร ASHRAE Baseline ตามมาตรฐานของ LEED ซึ่งรายละเอียดค่าเฉพาะของวัสดุที่ใช้ในการจำลองสภาพการใช้พลังงานตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007 พิจารณาดังตาราง 4.12 ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 แสดงรายละเอียดค่าวัสดุประกอบอาคารเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007 ตามมาตรฐาน LEED สำหรับโซนภูมิอากาศของประเทศไทย (Climate Zone 1:Hot-Humid)

Building Envelope Requirements for Climate Zone 1 (A, B)*				
Opaque Elements	Nonresidential		Residential	
	Assembly Maximum Assembly Maximum	Insulation Min. R-Value	Assembly Maximum Assembly Maximum	Insulation Min. R-Value
1) Roofs				
- Metal Building	U-0.369	R-3.3	U-0.369	R-3.3
- Attic and Other	U-0.192	R-5.3	U-0.153	R-6.7
- Insulation Entirely above Deck	U-0.360	R-2.6 c.i.	U-0.273	R-3.5 c.i.
Opaque Elements	Nonresidential		Residential	
	Assembly Maximum Assembly Maximum	Insulation Min. R-Value	Assembly Maximum Assembly Maximum	Insulation Min. R-Value
2) Walls, Above-Grade				
Steel-Framed	U-0.705	R-2.3	U-0.705	R-2.3
Wood-Framed and Other	U-0.504	R-2.3	U-0.504	R-2.3
Mass	U-3.293	NR	U-0.857a	R-1.0 c.i.a
Metal Building	U-0.642	R-2.3	U-0.642	R-2.3
3) Walls, Below-Grade				
Below-Grade Wal	C-6.473	NR	C-6.473	NR

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

Building Envelope Requirements for Climate Zone 1 (A, B)*				
Opaque Elements	Nonresidential		Residential	
	Assembly Maximum Assembly Maximum	Insulation Min. R-Value	Assembly Maximum Assembly Maximum	Insulation Min. R-Value
4) Floors				
Mass	U-1.825	NR	U-1.825	NR
Steel-Joist	U-1.986	NR	U-1.986	NR
Wood-Framed and Other	U-1.599	NR	U-1.599	NR
Fenestration	Nonresidential		Residential	
	Assembly Max. U	Assembly Max. SHGC	Assembly Max. U	Assembly Max. SHGC
5) Vertical Glazing, 0%–40% of Wall				
5.1 Metal framing (curtainwall/storefront)	U-6.81	SHGC-0.25 all	U-6.81	SHGC-0.25 all
6) Skylight with Curb, Glass, % of Roof				
6.1 0%–2.0%	Uall–11.24	SHGCall–0.36	Uall–11.24	SHGCall–0.19

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าวัสดุที่เลือกใช้วัสดุประกอบอาคารตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007 (ASHRAE Baseline)

ชนิด	วัสดุ	U-value ($w/m^2°C$)	SHGC
หลังคา	Metal-sheet สีเทา Insulation Entirely above Deck	0.36	-
ผนัง	Steel-Framed	0.705	-
หน้าต่าง	Metal framing (curtainwall/storefront)	6.81	0.25

ที่มา : TABLE 5.5-1 Building Envelope Requirements for Climate Zone 1 (A, B)* ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007 (SI Edition)

ซึ่งเป็นตัวอย่าง Baseline ของการออกแบบเปลือกอาคารตาม ASHRAE 90.1 2007 สำหรับโซนภูมิอากาศของประเทศไทย (Climate zone 1: hot-humid) สามารถสรุปดังนี้

1. **Opaque roof:** ค่า U ของวัสดุหลังคาไม่เกิน 0.36 Watt/m^2.C (เทียบเท่าฉนวนใยแก้ว 3 นิ้ว)

2. **Skylight:** พื้นที่ไม่เกิน 5% ของหลังคา. ค่า U ของผนังไม่เกิน 10.76 Watt/m^2.C. ค่า SHGC ของกระจก Skylight อยู่ระหว่าง 0.19 – 0.36

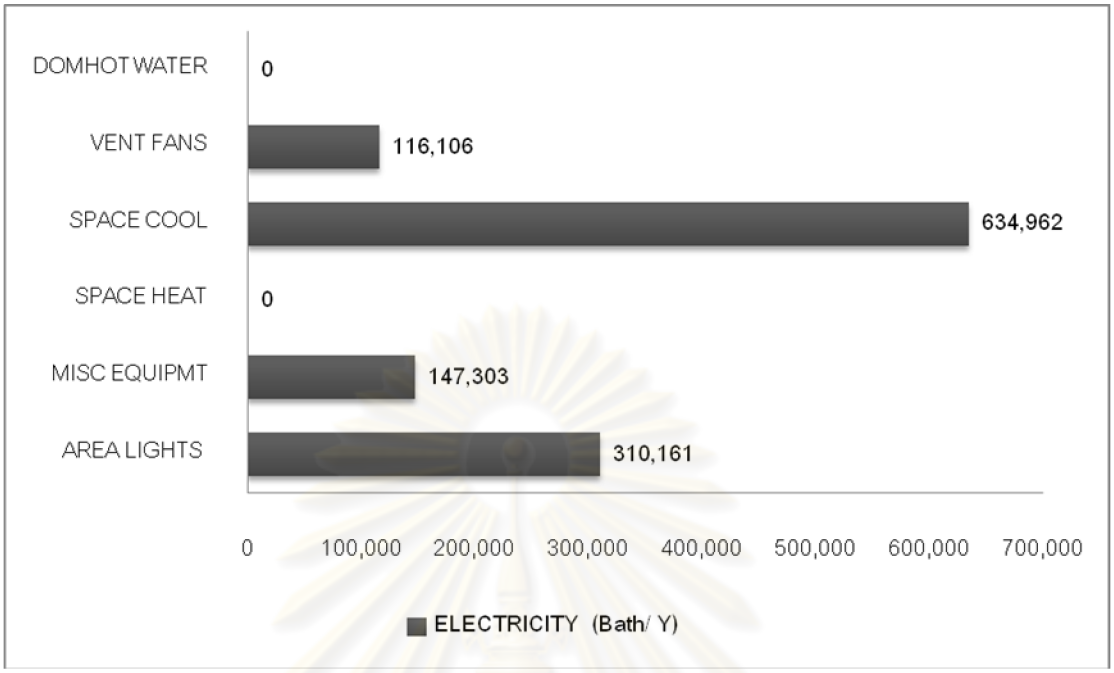
3. **Vertical wall:** มีอัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนัง หรือ WWR ไม่เกิน 40%

4. **Opaque wall:** ค่า U ของผนังเบาไม่เกิน 0.642 Watt/m^2.C (เทียบเท่าฉนวนใยแก้ว 2 นิ้ว) ถ้าเป็นผนัง Mass ให้มีค่าไม่เกิน 3.29 Watt/m^2.C (เทียบเท่าผนังก่ออิฐมอญฉาบปูน)

5. **Vertical glazing:** ค่า Uของกระจก ไม่เกิน 6.81 Watt/m^2.C. (เทียบเท่ากระจก 6 มม) ค่า SHGC ของกระจก ไม่เกิน 0.25 (เทียบเท่ากระจก Low-e หรือ Reflective) จากค่าในตารางนำไปจำลองสภาพการใช้พลังงานในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 ได้ผลดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 แสดงสรุปรายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในของอาคารเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007ที่ผ่านสภาพจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1

ENERGY TYPE	HOME MART	RESIDENT	TOTAL	*3
	ELECTRICITY (KWH/ Y)	ELECTRICITY (KWH/ Y)	ELECTRICITY (KWH/ Y)	ELECTRICITY (Bath/ Y)
AREA LIGHTS	65,010	38,377	103,387	310,161
MISC EQUIPMT	32,789	16,312	49,101	147,303
SPACE HEAT	0	0	0	0
SPACE COOL	165,867	45,787	211,654	634,962
VENT FANS	26,598	12,104	38,702	116,106
DOMHOT WATER	0	0	0	0
TOTAL	**290,264**	**112,580**	**402,844**	**1,208,532**



แผนภูมิที่ 4.5 แสดงการใช้พลังงานรวมของอาคารอาคารเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007ที่ผ่านสภาพจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ **1,208,532 บาท/ ปี** โดยที่ค่าเฉลี่ยต่อตารางเมตรเท่ากับ 516.70 บาท/ ตร.ม.ต่อปี

ตารางที่ 4.15 แสดงผลสรุปปริมาณการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษา SCG HOME MART เทียบเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007

วัสดุโครงสร้าง	ASHRAE 90.1 2007	SCG Baseline
U- ROOFS (w/m^{2}°C)	0.36	0.42
U –WALL (w/m^{2}°C)	0.705	2.75
U –กระจก (w/m^{2}°C)	6.81	6
SHGC -กระจก	0.25	0.8
LIGHTINGS (LPD)	16	16
WWR	9%	9%
พื้นที่ผนังรวม	2084	2084
พื้นที่หน้าต่างรวม	173	173
พื้นที่ใช้สอยรวม(ตร.ม.)	2339	2339
Energy (Kwh)	402,773	462,412
ค่าไฟฟ้า/ปี (บาท)	1,208,319	1,387,236

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ (SCG Baseline) เทียบกับอาคารตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007 (ASHRAE Baseline)

จากผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ (SCG Baseline) ซึ่งใช้เปลือกอาคารเป็นผนังก่ออิฐบล็อคฉาบปูน กระจกใสชั้นเดียวหนา 6 มม. และหลังคา Metal Sheet มีฉนวนฟอย์ลกันความร้อน มีค่า **1,387,236 บาท/ปี** เทียบกับอาคารตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007 (ASHRAE Baseline) ซึ่งใช้เปลือกอาคารเป็นผนังมีโครงเหล็ก กระจกให้มีสัดส่วน Vertical Glazing, 0%–40% of Wall ใช้ Metal framing (curtain wall /storefront) และส่วนหลังคา Metal-sheet สีเทา ใส่ Insulation Entirely above Deck พบว่าค่าการใช้พลังงานเป็น **1,208,532 บาทต่อปี** ลดลงจากการใช้พลังงานของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ (SCG Baseline) **178,917 บาท/ปี** เท่ากับลดลง 12.90 %

งานวิจัยนี้ได้สร้างอาคารทางเลือก (ALTERNATIVE CASE) แบบต่างๆ เพื่อเป็นการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานให้มากขึ้นตามนโยบายขององค์กร ผลการวิจัยนำไปสู่แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารประเภทเดียวกันอื่น ๆ ต่อไปในอนาคต

โดยทำการปรับเปลี่ยนเปลือกอาคารทางเลือกเฉพาะหลังคา , ผนัง, และกระจก ที่มีการปรับอากาศเท่านั้น ด้วยการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visul DOE 4.1 ศึกษาในเรื่องประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเปลือกอาคารชนิดต่างๆ โดยสามารถตอบสมมติฐานได้ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1.อาคารทางเลือกลดการใช้พลังงานลง 12 % เมื่อเทียบกับมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007 คือต้องนำ 0.88 X ค่าการใช้พลังงานของ ASHRAE 90.1 2007 Case (บาท/ปี) จะมีค่าเท่ากับ 1,063,320.72 บาท/ปี

4.5 วิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารโดยศึกษาเปรียบเทียบกับทางเลือกการออกแบบต่าง ๆที่เป็นไปได้ เช่นการเลือกใช้วัสดุประกอบอาคาร, การเลือกใช้ระบบไฟฟ้า, ระบบปรับอากาศ และพื้นที่กระจก เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโครงการ

4.5.1 วัสดุประกอบอาคาร การปรับระบบเปลือกอาคาร

ซึ่งวัสดุประกอบอาคารตามท้องตลาดที่นำมาพิจารณามีดังตารางที่ 4.16

จากคุณสมบัติข้างต้นของวัสดุประกอบอาคาร นำมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสัมธิ์การนำความร้อนของผนังทึบ ผนังกระจก และหลังคา ป้อนค่าในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 ศึกษาในเรื่องประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเปลือกอาคารชนิดต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางอาคารทางเลือก (Alternative Case) ที่ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานลง 12 % หรือ 1,063,320.72 บาท / ปี ซึ่งค่าสัมประสัมธิ์การนำความร้อนของผนังทึบ ผนังกระจก และหลังคา ต้องมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์ของ ASHRAE 90.1 2007 ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าวัสดุที่เลือกใช้วัสดุประกอบอาคารตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007

ชนิดของอาคาร	U-value ($w/m^{2\circ}C$)	SHGC
หลังคา	0.36	-
ผนัง	0.705	-
หน้าต่าง	6.81	0.25

4.5.2 แนวความคิดของการปรับระบบเปลือกอาคาร

4.5.2.1. เพิ่มฉนวนชนิดต่าง ๆ กับผนังเดิมของอาคาร (ก่ออิฐบล๊อคขนาด 10 ซม. ฉาบปูน) สามารถให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผนังโดยที่ต้องมีค่า U-Value ($w/m^{2\circ}C$) ผนังน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.137 ซึ่งค่าเฉพาะนี้ได้ทำการจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 แล้วว่าสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 12 % ตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007 การจำลองสภาพการใช้พลังงานจากการลองผิดลองถูกของการนำเอาวัสดุประกอบอาคารทั้งหมดที่มีศักยภาพการใช้พลังงาน 174 ตัวอย่าง ดังตารางที่ 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.17 แสดงค่า U-Value ($w/m^{2\circ}C$) และความหนาของวัสดุประกอบผนังประเภทอิฐมอญกับวัสดุชนิดต่าง ๆ

วัสดุประกอบโครงสร้าง			
Walls **อิฐมอญ**	**ฉนวน**	**ความหนา**(cm)	Uw ($W / m^2 {}^{\circ}C$)
Walls อิฐมอญ1	ไม่ใส่ฉนวน	7.03	2.7
Walls อิฐมอญ + สมาร์ทบอร์ด 2	ใส่ฉนวนใยแก้ว 2" (Fiber Glass)7.5 ซม.	11	0.54
Walls อิฐมอญ + สมาร์ทบอร์ด 3	ใส่ฉนวนใยแก้ว 4" (Fiber Glass) 10 ซม.	13.523	0.36
Walls อิฐมอญ + สมาร์ทบอร์ด 4	ใส่ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose) 7.5 ซม.	11.023	0.43
Walls อิฐมอญ + สมาร์ทบอร์ด 5	ใส่แผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง 75 มม.	4.783	0.44
Walls อิฐมอญ + สมาร์ทบอร์ด 6	ใส่ยิปซั่มบอร์ด 1.2 ซม.+ฉนวนกันความร้อน STYROFOAM 75 มม	4.783	0.38
Walls อิฐมอญ + สมาร์ทบอร์ด 7	ใส่ยิปซั่มบอร์ด 1.2 ซม.+ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (Polystyrene) 10 มม.	4.728	0.74
Walls อิฐมอญ + อิฐมอญ 8	ใส่ฉนวนใยแก้ว 2" (Fiber Glass) 7.5 ซม.	14.52	0.57
Walls อิฐมอญ + อิฐมอญ 9	ใส่ฉนวนใยแก้ว 4" (Fiber Glass) 10 ซม.	17.02	0.37

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

วัสดุประกอบโครงสร้าง			
Walls อิฐมอญ	ฉนวน	ความหนา(cm)	Uw (W / m^2 °C)
Walls อิฐมอญ + อิฐมอญ 10	ใส่ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose) 7.5 ซม.	14.52	0.45
Walls อิฐมอญ + อิฐมอญ 11	ใส่ยิปซั่มบอร์ด 1.2 ซม.+แผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง 75 มม.	8.295	0.45
Walls อิฐมอญ + อิฐมอญ 12	ใส่ยิปซั่มบอร์ด 1.2 ซม.+ฉนวนกันความร้อน STYROFOAM 75 มม.	8.295	0.39
Walls อิฐมอญ + อิฐมอญ 13	ใส่ยิปซั่มบอร์ด 1.2 ซม.+ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (Polystyrene) 10 มม.	8.23	0.79
Walls อิฐมอญ +คอนกรีตบล็อก 14	ใส่ฉนวนใยแก้ว 2” (Fiber Glass) 7.5 ซม.	18.52	0.54
Walls อิฐมอญ +คอนกรีตบล็อก 15	ใส่ฉนวนใยแก้ว 4” (Fiber Glass) 10 ซม.	21.02	0.36
Walls อิฐมอญ +คอนกรีตบล็อก 16	ใส่ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose) 7.5 ซม.	18.52	0.43
Walls อิฐมอญ +คอนกรีตบล็อก 17	ใส่ยิปซั่มบอร์ด 1.2 ซม.+แผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง 75 มม.	12.295	0.44
Walls อิฐมอญ +คอนกรีตบล็อก 18	ใส่ยิปซั่มบอร์ด 1.2 ซม.+ฉนวนกันความร้อน STYROFOAM 75 มม.	12.295	0.38
Walls อิฐมอญ +คอนกรีตบล็อก 19	ใส่ยิปซั่มบอร์ด 1.2 ซม.+ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (Polystyrene) 10 มม.	12.23	0.75
Walls อิฐมอญ + คอนกรีตมวลเบา 20	ใส่ฉนวนใยแก้ว 2” (Fiber Glass) 7.5 ซม.	19.02	0.44
Walls อิฐมอญ + คอนกรีตมวลเบา 21	ใส่ฉนวนใยแก้ว 4” (Fiber Glass) 10 ซม.	21.52	0.31
Walls อิฐมอญ + คอนกรีตมวลเบา 22	ใส่ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose) 7.5 ซม.	19.02	0.36
Walls อิฐมอญ + คอนกรีตมวลเบา 23	ใส่ยิปซั่มบอร์ด 1.2 ซม.+แผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง 75 มม.	12.795	0.37
Walls อิฐมอญ + คอนกรีตมวลเบา 24	ใส่ยิปซั่มบอร์ด 1.2 ซม.+ฉนวนกันความร้อน STYROFOAM 75 มม.	12.795	0.33

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

วัสดุประกอบโครงสร้าง			
Walls **อิฐมอญ**	**ฉนวน**	**ความหนา(cm)**	Uw (W / m^2 °C)
Walls อิฐมอญ + คอนกรีตมวลเบา 25	ใส่ยิปซั่มบอร์ด 1.2 ซม.+ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (Polystyrene) 10 มม.	12.73	0.57

ตารางที่ 4.18 แสดงค่า U-Value (w/m^2°C) และความหนาของวัสดุประกอบผนังประเภทคอนกรีตบล๊อคกับวัสดุชนิดต่าง ๆ

วัสดุประกอบโครงสร้าง		
Walls **คอนกรีตบล็อค**	**ความหนา(cm)**	Uw (W / m^2 °C)
Walls คอนกรีตบล็อค + คอนกรีตมวลเบา 21	24.52	0.3
Walls คอนกรีตบล็อค + คอนกรีตมวลเบา 24	15.795	0.32
Walls คอนกรีตบล็อค + สมาร์ทบอร์ด 3	17.018	0.35
Walls คอนกรีตบล็อค + คอนกรีตบล็อค 9	24.02	0.35
Walls คอนกรีตบล็อค + คอนกรีตมวลเบา 22	22.02	0.35
Walls คอนกรีตบล็อค + อิฐมอญ 15	20.52	0.36
Walls คอนกรีตบล็อค + คอนกรีตมวลเบา 23	15.795	0.36
Walls คอนกรีตบล็อค + สมาร์ทบอร์ด 6	8.293	0.37
Walls คอนกรีตบล็อค + คอนกรีตบล็อค 12	15.295	0.37
Walls คอนกรีตบล็อค + อิฐมอญ 18	11.795	0.38
Walls คอนกรีตบล็อค + สมาร์ทบอร์ด 4	14.518	0.42
Walls คอนกรีตบล็อค + สมาร์ทบอร์ด 5	8.293	0.42
Walls คอนกรีตบล็อค + คอนกรีตบล็อค 10	21.52	0.42
Walls คอนกรีตบล็อค + คอนกรีตบล็อค 11	15.295	0.43
Walls คอนกรีตบล็อค + อิฐมอญ 16	18.02	0.43
Walls คอนกรีตบล็อค + คอนกรีตมวลเบา 20	22.02	0.43
Walls คอนกรีตบล็อค + อิฐมอญ 17	11.795	0.44

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

วัสดุประกอบโครงสร้าง		
Walls คอนกรีตบล็อค	**ความหนา(cm)**	Uw (W / m^2 °C)
Walls คอนกรีตบล็อค + สมาร์ทบอร์ด 2	14.518	0.52
Walls คอนกรีตบล็อค + คอนกรีตบล็อค 8	21.52	0.52
Walls คอนกรีตบล็อค + อิฐมอญ 14	18.02	0.54
Walls คอนกรีตบล็อค + คอนกรีตมวลเบา 25	15.73	0.54
Walls คอนกรีตบล็อค + สมาร์ทบอร์ด 7	8.228	0.7
Walls คอนกรีตบล็อค + คอนกรีตบล็อค 13	15.23	0.71
Walls คอนกรีตบล็อค + อิฐมอญ 19	11.73	0.75
Walls คอนกรีตบล็อค1	7.02	2.71

ตารางที่ 4.19 แสดงค่า U-Value (w/m^2°C) และความหนาของวัสดุประกอบผนังประเภทคอนกรีตมวลเบากับวัสดุชนิดต่าง ๆ

วัสดุประกอบโครงสร้าง		
Walls คอนกรีตมวลเบา	**ความหนา(cm)**	Uw (W / m^2 °C)
Walls คอนกรีตมวลเบา + คอนกรีตมวลเบา 21	25.02	0.27
Walls คอนกรีตมวลเบา + คอนกรีตมวลเบา 24	16.295	0.28
Walls คอนกรีตมวลเบา + สมาร์ทบอร์ด 3	17.518	0.3
Walls คอนกรีตมวลเบา + คอนกรีตมวลเบา 9	24.52	0.3
Walls คอนกรีตมวลเบา +อิฐมอญ 15	21.02	0.31
Walls คอนกรีตมวลเบา + คอนกรีตมวลเบา 22	22.52	0.31
Walls คอนกรีตมวลเบา + คอนกรีตมวลเบา 23	16.295	0.31
Walls คอนกรีตมวลเบา + สมาร์ทบอร์ด 6	8.793	0.32
Walls คอนกรีตมวลเบา + คอนกรีตมวลเบา 12	15.795	0.32
Walls คอนกรีตมวลเบา +อิฐมอญ 18	12.295	0.33
Walls คอนกรีตมวลเบา + คอนกรีตมวลเบา 11	15.795	0.34

ตารางที่ 4.19 (ต่อ)

วัสดุประกอบโครงสร้าง		
Walls คอนกรีตมวลเบา	**ความหนา(cm)**	**Uw (W / m^2 ^oC)**
Walls คอนกรีตมวลเบา + สมาร์ทบอร์ด 4	15.018	0.35
Walls คอนกรีตมวลเบา + คอนกรีตมวลเบา 10	22.02	0.35
Walls คอนกรีตมวลเบา + สมาร์ทบอร์ด 5	8.793	0.36
Walls คอนกรีตมวลเบา +อิฐมอญ 16	18.52	0.36
Walls คอนกรีตมวลเบา + คอนกรีตมวลเบา 20	22.52	0.36
Walls คอนกรีตมวลเบา +อิฐมอญ 17	12.295	0.37
Walls คอนกรีตมวลเบา + สมาร์ทบอร์ด 2	15.018	0.42
Walls คอนกรีตมวลเบา + คอนกรีตมวลเบา 8	22.02	0.43
Walls คอนกรีตมวลเบา +อิฐมอญ 14	18.52	0.44
Walls คอนกรีตมวลเบา + คอนกรีตมวลเบา 25	16.23	0.44
Walls คอนกรีตมวลเบา + สมาร์ทบอร์ด 7	8.728	0.54
Walls คอนกรีตมวลเบา + คอนกรีตมวลเบา 13	15.73	0.54
Walls คอนกรีตมวลเบา +อิฐมอญ 19	12.23	0.57
Walls คอนกรีตมวลเบา1	7.52	1.25

ตารางที่ 4.20 แสดงค่า U-Value (w/$m^{2\circ}$C) และความหนาของวัสดุประกอบผนังประเภทสมาร์ทบอร์ดกับวัสดุชนิดต่าง

วัสดุประกอบโครงสร้าง		
Walls สมาร์ทบอร์ด	**ความหนา(cm)**	**Uw (W / m^2 ^oC)**
Walls สมาร์ทบอร์ด + คอนกรีตมวลเบา 20	17.518	0.3
Walls สมาร์ทบอร์ด + คอนกรีตมวลเบา 23	8.793	0.32
Walls สมาร์ทบอร์ด + สมาร์ทบอร์ด 2	17.516	0.33
Walls สมาร์ทบอร์ด + สมาร์ทบอร์ด 5	8.791	0.35

ตารางที่ 4.20 (ต่อ)

วัสดุประกอบโครงสร้าง		
Walls สมาร์ทบอร์ด	**ความหนา(cm)**	**Uw (W / m^2 ^oC)**
Walls สมาร์ทบอร์ด + คอนกรีตบล็อค 8	17.018	0.35
Walls สมาร์ทบอร์ด + คอนกรีตมวลเบา 21	15.018	0.35
Walls สมาร์ทบอร์ด + อิฐมอญ 14	13.518	0.36
Walls สมาร์ทบอร์ด + คอนกรีตมวลเบา 22	8.793	0.36
Walls สมาร์ทบอร์ด + คอนกรีตบล็อค 11	8.293	0.37
Walls สมาร์ทบอร์ด + อิฐมอญ 17	4.793	0.38
Walls สมาร์ทบอร์ด + สมาร์ทบอร์ด 3	15.016	0.39
Walls สมาร์ทบอร์ด + สมาร์ทบอร์ด 4	8.791	0.39
Walls สมาร์ทบอร์ด + คอนกรีตบล็อค 9	14.518	0.42
Walls สมาร์ทบอร์ด + คอนกรีตบล็อค 10	8.293	0.42
Walls สมาร์ทบอร์ด +คอนกรีตมวลเบา 19	15.018	0.42
Walls สมาร์ทบอร์ด + อิฐมอญ 15	11.018	0.43
Walls สมาร์ทบอร์ด + อิฐมอญ 16	4.795	0.44
Walls สมาร์ทบอร์ด + สมาร์ทบอร์ด 1	15.016	0.48
Walls สมาร์ทบอร์ด + คอนกรีตบล็อค 7	14.518	0.52
Walls สมาร์ทบอร์ด + อิฐมอญ 13	11.018	0.54
Walls สมาร์ทบอร์ด + คอนกรีตมวลเบา 24	8.728	0.54
Walls สมาร์ทบอร์ด + สมาร์ทบอร์ด 6	18.716	0.63
Walls สมาร์ทบอร์ด + คอนกรีตบล็อค 12	8.228	0.7
Walls สมาร์ทบอร์ด + อิฐมอญ 18	4.728	0.74

ตารางที่ 4.21 แสดงค่า U-Value (w/m^{2}°C) และความหนาของวัสดุประกอบผนังประเภทอิฐมวลเบา Q-CONกับวัสดุชนิดต่าง

วัสดุประกอบโครงสร้าง			
Walls อิฐมวลเบา	**ฉนวน**	**ความหนา(cm)**	**Uw (W / m^2 °C)**
Walls อิฐมวลเบา 1	ไม่ใส่ฉนวน	20.02	1.18
Walls อิฐมวลเบา 2	ไม่ใส่ฉนวน	30.02	0.86
Walls อิฐมวลเบา 3	ไม่ใส่ฉนวน	40.02	0.68
Walls อิฐมวลเบา 4 + สมาร์ทบอร์ด	ฉนวนใยแก้ว 2” (Fiber Glass) 7.5 ซม.	27.518	0.42
Walls อิฐมวลเบา 5 + สมาร์ทบอร์ด	ฉนวนใยแก้ว 2” (Fiber Glass) 7.5 ซม.	32.518	0.37
Walls อิฐมวลเบา 6 + สมาร์ทบอร์ด	ฉนวนใยแก้ว 2” (Fiber Glass) 7.5 ซม.	37.518	0.33
Walls อิฐมวลเบา 7 + สมาร์ทบอร์ด	ฉนวนใยแก้ว 4” (Fiber Glass) 10 ซม.	23.523	0.3
Walls อิฐมวลเบา 8 + สมาร์ทบอร์ด	ฉนวนใยแก้ว 4” (Fiber Glass) 10 ซม.	28.523	0.27
Walls อิฐมวลเบา 9 + สมาร์ทบอร์ด	ฉนวนใยแก้ว 4” (Fiber Glass) 10 ซม.	33.523	0.25
Walls อิฐมวลเบา 10 + สมาร์ทบอร์ด	ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose) 7.5 ซม.	21.023	0.35
Walls อิฐมวลเบา 11 + สมาร์ทบอร์ด	ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose) 7.5 ซม.	26.023	0.31
Walls อิฐมวลเบา 12 + สมาร์ทบอร์ด	ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose) 7.5 ซม.	31.023	0.29
Walls อิฐมวลเบา 13 + สมาร์ทบอร์ด	แผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง 75 มม.	14.783	0.35
Walls อิฐมวลเบา 14 + สมาร์ทบอร์ด	แผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง 75 มม.	19.783	0.32
Walls อิฐมวลเบา 15 + สมาร์ทบอร์ด	แผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง 75 มม	24.783	0.29

ตารางที่ 4.21 (ต่อ)

วัสดุประกอบโครงสร้าง			
Walls อิฐมวลเบา	**ฉนวน**	**ความหนา(cm)**	**Uw (W / m^2 ^oC)**
Walls อิฐมวลเบา 16 + สมาร์ทบอร์ด	ฉนวนกันความร้อน STYROFOAM 75 มม.	14.783	0.31
Walls อิฐมวลเบา 17 + สมาร์ทบอร์ด	ฉนวนกันความร้อน STYROFOAM 75 มม.	19.783	0.29
Walls อิฐมวลเบา 18 + สมาร์ทบอร์ด	ฉนวนกันความร้อน STYROFOAM 75 มม.	24.783	0.26
Walls อิฐมวลเบา 19 + สมาร์ทบอร์ด	ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (Polystyrene) 10 มม.	14.728	0.53
Walls อิฐมวลเบา 20 + สมาร์ทบอร์ด	ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (Polystyrene) 10 มม.	19.728	0.45
Walls อิฐมวลเบา 21 + สมาร์ทบอร์ด	ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (Polystyrene) 10 มม.	24.728	0.4
Walls อิฐมวลเบา 22 + อิฐมอญ	ฉนวนใยแก้ว 2” (Fiber Glass) 7.5 ซม.	24.52	0.34
Walls อิฐมวลเบา 23 + อิฐมอญ	ฉนวนใยแก้ว 2” (Fiber Glass) 7.5 ซม.	29.52	0.38
Walls อิฐมวลเบา 24 + อิฐมอญ	ฉนวนใยแก้ว 2” (Fiber Glass) 7.5 ซม.	34.52	0.43
Walls อิฐมวลเบา 25 + อิฐมอญ	ฉนวนใยแก้ว 4” (Fiber Glass) 10 ซม.	27.02	0.31
Walls อิฐมวลเบา 26 + อิฐมอญ	ฉนวนใยแก้ว 4” (Fiber Glass) 10 ซม.	32.02	0.28
Walls อิฐมวลเบา 27 + อิฐมอญ	ฉนวนใยแก้ว 4” (Fiber Glass) 10 ซม.	37.02	0.26
Walls อิฐมวลเบา 28 + อิฐมอญ	ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose) 7.5 ซม.	24.52	0.36
Walls อิฐมวลเบา 29 + อิฐมอญ	ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose) 7.5 ซม.	29.52	0.32

ตารางที่ 4.21 (ต่อ)

วัสดุประกอบโครงสร้าง			
Walls อิฐมวลเบา	**ฉนวน**	**ความหนา(cm)**	**Uw (W / m^2 ^oC)**
Walls อิฐมวลเบา 30 + อิฐมอญ	ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose) 7.5 ซม.	34.52	0.29
Walls อิฐมวลเบา 31 + อิฐมอญ	แผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง 75 มม.	18.295	0.36
Walls อิฐมวลเบา 32 + อิฐมอญ	แผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง 75 มม.	23.295	0.33
Walls อิฐมวลเบา 33 + อิฐมอญ	แผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง 75 มม.	28.295	0.3
Walls อิฐมวลเบา 34 + อิฐมอญ	ฉนวนกันความร้อน STYROFOAM 75 มม.	18.295	0.32
Walls อิฐมวลเบา 35 + อิฐมอญ	ฉนวนกันความร้อน STYROFOAM 75 มม.	23.295	0.29
Walls อิฐมวลเบา 36 + อิฐมอญ	ฉนวนกันความร้อน STYROFOAM 75 มม.	28.295	0.27
Walls อิฐมวลเบา 37 + อิฐมอญ	ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (Polystyrene) 10 มม.	18.23	0.55
Walls อิฐมวลเบา 38 + อิฐมอญ	ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (Polystyrene) 10 มม.	23.23	0.47
Walls อิฐมวลเบา 39 + อิฐมอญ	ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (Polystyrene) 10 มม.	28.23	0.41
Walls อิฐมวลเบา 40 + คอนกรีตบล็อค 40	ฉนวนใยแก้ว 2” (Fiber Glass) 7.5 ซม.	28.52	0.42
Walls อิฐมวลเบา 41 + คอนกรีตบล็อค 40	ฉนวนใยแก้ว 2” (Fiber Glass) 7.5 ซม.	33.52	0.37
Walls อิฐมวลเบา 42 + คอนกรีตบล็อค 40	ฉนวนใยแก้ว 2” (Fiber Glass) 7.5 ซม.	38.52	0.33
Walls อิฐมวลเบา 43 + คอนกรีตบล็อค 40	ฉนวนใยแก้ว 4” (Fiber Glass) 10 ซม.	31.02	0.3

ตารางที่ 4.21 (ต่อ)

วัสดุประกอบโครงสร้าง			
Walls อิฐมวลเบา	**ฉนวน**	**ความหนา(cm)**	**Uw (W / m^2 ^oC)**
Walls อิฐมวลเบา 44 + คอนกรีตบล็อค 40	ฉนวนใยแก้ว 4” (Fiber Glass) 10 ซม.	36.02	0.27
Walls อิฐมวลเบา 45 + คอนกรีตบล็อค 40	ฉนวนใยแก้ว 4” (Fiber Glass) 10 ซม.	41.02	0.25
Walls อิฐมวลเบา 46 + คอนกรีตบล็อค 40	ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose) 7.5 ซม.	28.52	0.35
Walls อิฐมวลเบา 47 + คอนกรีตบล็อค 40	ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose) 7.5 ซม.	33.52	0.31
Walls อิฐมวลเบา 48 + คอนกรีตบล็อค 40	ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose) 7.5 ซม.	38.52	0.29
Walls อิฐมวลเบา 49 + คอนกรีตบล็อค 40	แผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง 75 มม.	22.295	0.35
Walls อิฐมวลเบา 50 + คอนกรีตบล็อค 40	แผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง 75 มม.	27.295	0.32
Walls อิฐมวลเบา 51 + คอนกรีตบล็อค 40	แผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง 75 มม.	32.295	0.29
Walls อิฐมวลเบา 52 + คอนกรีตบล็อค 40	ฉนวนกันความร้อน STYROFOAM 75 มม.	22.295	0.31
Walls อิฐมวลเบา 53 + คอนกรีตบล็อค 40	ฉนวนกันความร้อน STYROFOAM 75 มม.	27.295	0.29
Walls อิฐมวลเบา 54 + คอนกรีตบล็อค 40	ฉนวนกันความร้อน STYROFOAM 75 มม.	32.295	0.26
Walls อิฐมวลเบา 55 + คอนกรีตบล็อค 40	ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (Polystyrene) 10 มม.	22.23	0.53
Walls อิฐมวลเบา 56 + คอนกรีตบล็อค 40	ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (Polystyrene) 10 มม.	27.23	0.45
Walls อิฐมวลเบา 57 + คอนกรีตบล็อค 40	ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (Polystyrene) 10 มม.	32.23	0.4

ตารางที่ 4.21 (ต่อ)

วัสดุประกอบโครงสร้าง			
Walls อิฐมวลเบา	**ฉนวน**	**ความหนา(cm)**	**Uw (W / m^2 ^oC)**
Walls อิฐมวลเบา 58 + คอนกรีตมวลเบา	ฉนวนใยแก้ว 2” (Fiber Glass) 7.5 ซม.	29.02	0.35
Walls อิฐมวลเบา 59 + คอนกรีตมวลเบา	ฉนวนใยแก้ว 2” (Fiber Glass) 7.5 ซม.	34.02	0.32
Walls อิฐมวลเบา 60 + คอนกรีตมวลเบา	ฉนวนใยแก้ว 2” (Fiber Glass) 7.5 ซม.	39.02	0.29
Walls อิฐมวลเบา 61 + คอนกรีตมวลเบา	ฉนวนใยแก้ว 4” (Fiber Glass) 10 ซม.	31.52	0.27
Walls อิฐมวลเบา 62 + คอนกรีตมวลเบา	ฉนวนใยแก้ว 4” (Fiber Glass) 10 ซม.	36.52	0.25
Walls อิฐมวลเบา 63 + คอนกรีตมวลเบา	ฉนวนใยแก้ว 4” (Fiber Glass) 10 ซม.	41.52	0.23
Walls อิฐมวลเบา 64 + คอนกรีตมวลเบา	ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose) 7.5 ซม.	29.02	0.3
Walls อิฐมวลเบา 65 + คอนกรีตมวลเบา	ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose) 7.5 ซม.	34.02	0.28
Walls อิฐมวลเบา 66 + คอนกรีตมวลเบา	ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose) 7.5 ซม.	39.02	0.35
Walls อิฐมวลเบา 67 + คอนกรีตมวลเบา	แผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง 75 มม.	22.795	0.31
Walls อิฐมวลเบา 68 + คอนกรีตมวลเบา	แผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง 75 มม.	27.795	0.28
Walls อิฐมวลเบา 69 + คอนกรีตมวลเบา	แผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง 75 มม.	32.795	0.26
Walls อิฐมวลเบา 70 + คอนกรีตมวลเบา	ฉนวนกันความร้อน STYROFOAM 75 มม.	22.795	0.28
Walls อิฐมวลเบา 71 + คอนกรีตมวลเบา	ฉนวนกันความร้อน STYROFOAM 75 มม.	27.795	0.26

ตารางที่ 4.21 (ต่อ)

วัสดุประกอบโครงสร้าง			
Walls อิฐมวลเบา	**ฉนวน**	**ความหนา(cm)**	**Uw (W / m^2 °C)**
Walls อิฐมวลเบา 72 + คอนกรีตมวลเบา	ฉนวนกันความร้อน STYROFOAM 75 มม.	32.795	0.24
Walls อิฐมวลเบา 73 + คอนกรีตมวลเบา	ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (Polystyrene) 10 มม	22.73	0.43
Walls อิฐมวลเบา 74 + คอนกรีตมวลเบา	ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (Polystyrene) 10 มม.	27.73	0.38
Walls อิฐมวลเบา 75 + คอนกรีตมวลเบา	ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (Polystyrene) 10 มม.	32.73	0.34

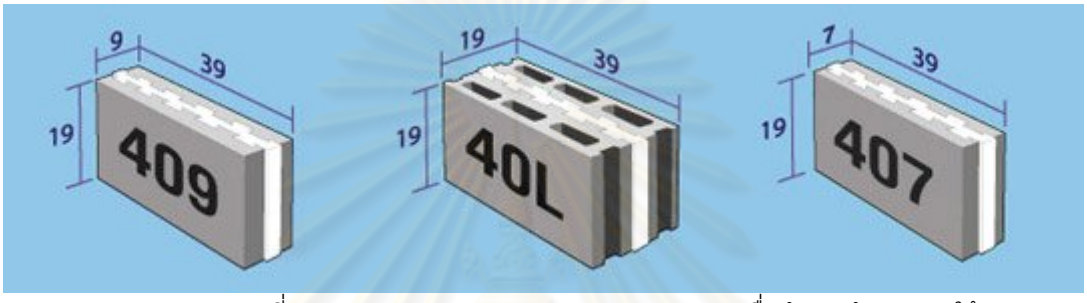
จากตารางที่ 4.17 ,4.18 , 4.19, 4.20 และ 4.21 ที่ผ่านการผสมผสานของวัสดุประกอบอาคารทั้งหมด 5 ชนิด ฉนวน ซึ่งได้ตัวอย่างทั้งหมด 174 ตัวอย่าง ดังนี้ผนังอิฐมอญ 25 ตัวอย่าง ผนังคอนกรีตบล๊อค 25 ตัวอย่าง ผนัง คอนกรีตมวลเบา 25 ตัวอย่าง ผนังสมาร์ทบอร์ด 24 ตัวอย่างและผนังอิฐมวลเบา 75 ตัวอย่าง ยังไม่สามารถทำให้การจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 12 % ตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007 จึงเริ่มการทดลองใหม่ด้วยการเพิ่มฉนวนชนิดต่าง ๆ กับผนังเดิมของอาคาร ดังแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 แสดงก่ออิฐบล๊อคขนาด 10 ซม.ฉาบปูน ปิดผิดด้วยยิปซั่มบอร์ด 6” สามารถให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผนังโดยมีค่า U-Value ดังนี้

วัสดุประกอบโครงสร้าง	R- value (m^2K/W)	U- Value(W / m^2 °C)
1.EPS= Expanded Polystyrene	0.368+0.99+27.78=29.138	0.034
2.ฉนวนใยแก้ว 2 “	0.368+0.99+1.392=2.75	0.36
3.ฉนวนใยแก้ว 4 “	0.99+0.368+2.334=3.692	0.27
4.ฉนวนเยื่อกระดาษ (Cellulose)	0.99+0.368+1.875=3.233	0.31
5.แผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง	0.99+0.368+1.79=3.692	0.27
6. ฉนวนโฟมโพลิยูรีเทน(Polyurethane)	0.99+0.368+9.09=10.448	0.096
7. ฉนวนกันความร้อน (Styrofoam)	0.99+0.368+2.14=3.498	0.26
8. ยิบซั่มบอร์ด + แผ่นสะท้อนความร้อน	0.99+0.368+1.83=3.188	0.31

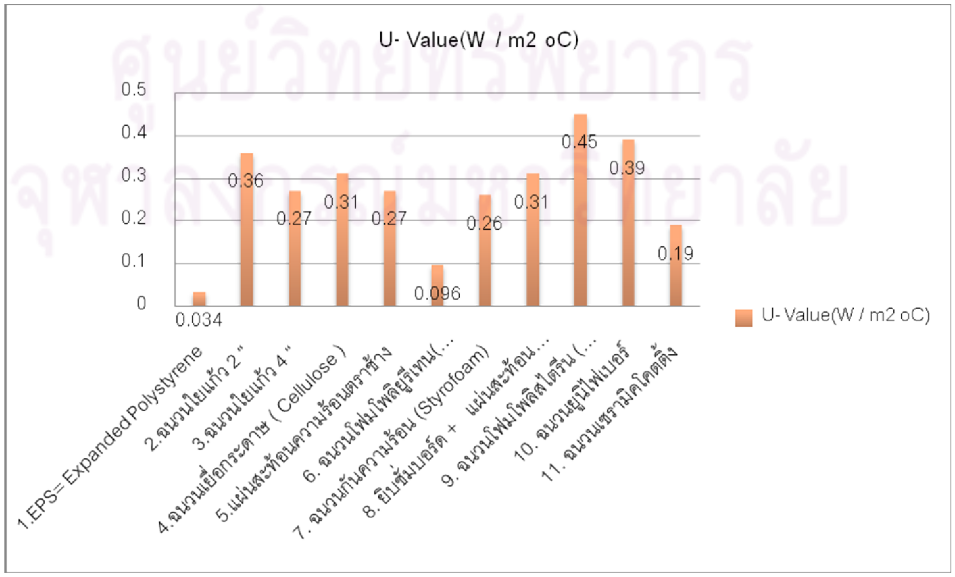
ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

วัสดุประกอบโครงสร้าง	R- value (m^2K/W)	U- Value($W / m^2 °C$)
9. ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน (Polystyrene)	0.99+0.368+0.85=2.208	0.45
10. ฉนวนยูนิไฟเบอร์	0.99+0.368+1.19=2.548	0.39
11. ฉนวนเซรามิคโคตติ้ง	0.99+0.368+3.874=5.232	0.19



รูปภาพที่ 4.16 แสดงการผสมวัสดุประกอบผนังอาคาร เพื่อทำการจำลองการใช้พลังงานตามมาตรฐาน LEED โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1

รูปภาพที่ 4.17 แสดงการก่อผนังอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์



แผนภูมิที่ 4.6 แสดงค่าวัสดุผนังเดิมอิฐบล๊อคกับการเสริมฉนวนชนิดต่าง ๆ

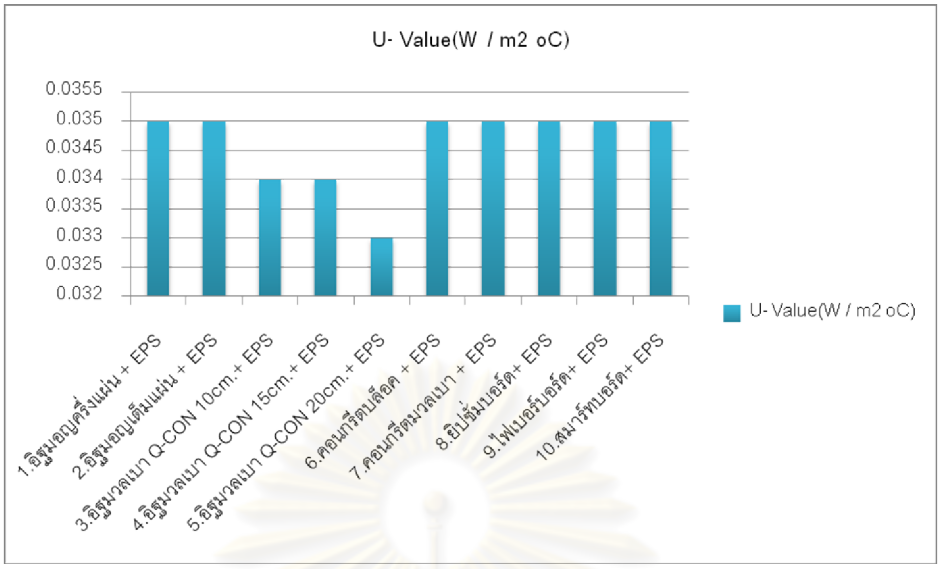
สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบการใช้ผนังอิฐบล็อคเดิมเสริมฉนวนชนิดต่างๆ

จากแผนภูมิที่ 4.6 และตารางที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบการใช้ผนังอิฐบล็อคเดิมเสริมฉนวนชนิดต่างๆกับอาคารทางเลือก จากกราฟแสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ที่สามารถนำมาป้อนค่าในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 ได้มี 2 ชนิด เท่านั้น คือใส่ฉนวน EPS= Expanded Polystyrene มีค่า U-Value = 0.034 W / m^2 ^oC และฉนวนโฟมโพลิยูรีเทน (Polyurethane) มีค่า U-Value = 0.096 W / m^2 ^oC ที่สามารถทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007

4.5.2.2. ปรับเปลี่ยนวัสดุก่อผนังใหม่และการเสริมฉนวน EPS ขนาด 2.5" โดยพิจารณาเฉพาะค่า U-Value (W / m^2 ^oC) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.137 W / m^2 ^oC เท่านั้น ทำการจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในโปรแกรมอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 ดังตารางที่ 4.23 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4.23 แสดงแนวทางการปรับเปลี่ยนผนังใหม่และการเสริมฉนวน EPS

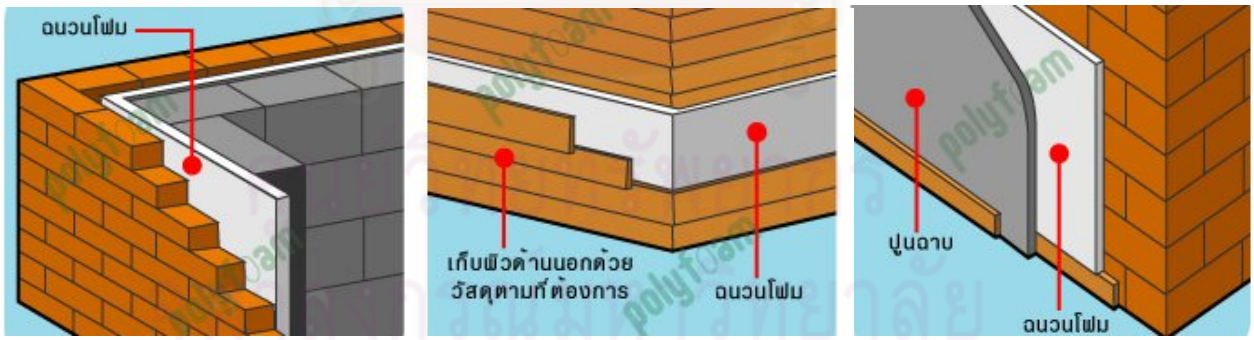
วัสดุประกอบโครงสร้าง	R- value (m^2K/W)	U- Value(W / m^2 ^oC)
1.อิฐมอญครึ่งแผ่น + EPS	0.15+0.368+27.78=28.298	0.035
2.อิฐมอญเต็มแผ่น + EPS	0.34+0.368+27.78=28.488	0.035
3.อิฐมวลเบา Q-CON 10cm.+ EPS	0.99+0.368+27.78=29.138	0.034
4.อิฐมวลเบา Q-CON 15cm.+ EPS	1.38+0.368+27.78=29.528	0.034
5.อิฐมวลเบา Q-CON 20cm.+ EPS	1.76+0.368+27.78=29.908	0.033
6.คอนกรีตบล็อค + EPS	0.149+0.368+27.78=28.297	0.035
7.คอนกรีตมวลเบา + EPS	0.58+0.368+27.78=28.728	0.035
8.ยิปซั่มบอร์ด+ EPS	0.04+0.368+27.78=28.188	0.035
9.ไฟเบอร์บอร์ด+ EPS	0.154+0.368+27.78=28.302	0.035
10.สมาร์ทบอร์ด+ EPS	0.19+0.368+27.78=28.338	0.035



แผนภูมิที่ 4.7 แสดงแนวทางการปรับเปลี่ยนผนังใหม่และการเสริมฉนวน EPS

สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบการใช้ผนังต่างๆ กับเสริมฉนวนชนิด EPS

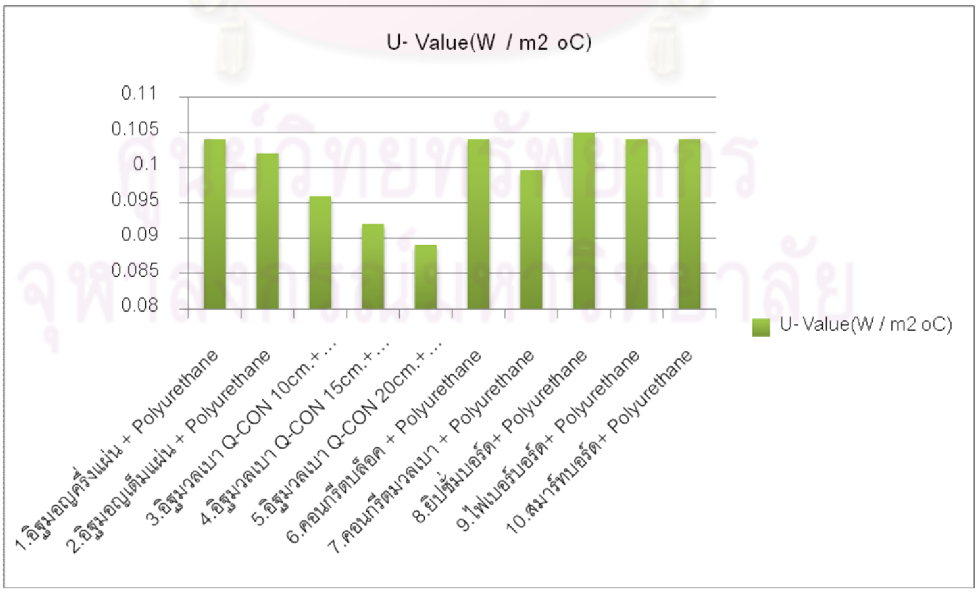
จากแผนภูมิที่ 4.7 และตารางที่ 4.23 แสดงการเปรียบเทียบการใช้ผนังต่างๆ กับการเสริมฉนวน EPS ซึ่ง EPS (Expanded Polystyrene) มีค่าความต้านทานความร้อน R-Value 27.78 m^2K/W กับอาคารทางเลือก จากแผนภูมิแสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ที่สามารถนำมาป้อนค่าในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 สามารถนำผนังที่พิจารณาไปเป็นอาคารทางเลือกได้ทั้งหมด 10 ชนิด มีค่า U-Value (W / m^2 °C) ตั้งแต่ 0.033 – 0.035 W / m^2 °C) สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007



รูปภาพที่ 4.18 แสดงการผสมวัสดุประกอบผนังอาคาร เพื่อทำการจำลองการใช้พลังงานตามมาตรฐาน LEED โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1

ตารางที่ 4.24 แสดงแนวทางการปรับเปลี่ยนผนังใหม่และการเสริมฉนวนโฟมโพลิยูรีเทน (Polyurethane)

วัสดุประกอบโครงสร้าง	R- value (m^2K/W)	U- Value($W / m^2 {}^oC$)
1.อิฐมอญครึ่งแผ่น + Polyurethane	0.15+0.368+9.09=9.608	0.104
2.อิฐมอญเต็มแผ่น + Polyurethane	0.34+0.368+9.09=9.798	0.102
3.อิฐมวลเบา Q-CON 10cm.+ Polyurethane	0.99+0.368+9.09=10.448	0.096
4.อิฐมวลเบา Q-CON 15cm.+ Polyurethane	1.38+0.368+9.09=10.838	0.092
5.อิฐมวลเบา Q-CON 20cm.+ Polyurethane	1.76+0.368+9.09=11.218	0.089
6.คอนกรีตบล็อค + Polyurethane	0.149+0.368+9.09=9.607	0.104
7.คอนกรีตมวลเบา + Polyurethane	0.58+0.368+9.09=10.038	0.0996
8.ยิปซั่มบอร์ด+ Polyurethane	0.04+0.368+9.09=9.498	0.105
9.ไฟเบอร์บอร์ด+ Polyurethane	0.154+0.368+9.09=9.612	0.104
10.สมาร์ทบอร์ด+ Polyurethane	0.19+0.368+9.09=9.648	0.104



แผนภูมิที่ 4.8 แสดงแนวทางการปรับเปลี่ยนผนังใหม่และการเสริมฉนวนโฟมโพลิยูรีเทน (Polyurethane)

สรุปผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบการใช้ผนังชนิดต่าง ๆกับการเสริมฉนวนโฟมโพลิยูรีเทน (Polyurethane)

จากแผนภูมิที่ 4.12 และตารางที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบการใช้ผนังชนิดต่างๆ กับเสริมฉนวนโฟมโพลิยูรีเทน กับอาคารทางเลือก ซึ่งฉนวนโฟมโพลิยูรีเทน (Polyurethane) มีค่าความต้านทานความร้อน R-Value 9.09 m^2K/W จากแผนภูมิแสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ที่สามารถนำมาป้อนค่าในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 สามารถนำผนังที่พิจารณาไปเป็นอาคารทางเลือกได้ทั้งหมด 10 ชนิด มีค่า U-Value ตั้งแต่ 0.089 – 0.105 $W / m^2\ ^oC$ สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007

รูปภาพที่ 4.19 แสดงวัสดุประกอบผนังอาคารประเภทฉนวนโฟมโพลิยูรีเทน (Polyurethane) เพื่อทำการจำลองการใช้พลังงานตามมาตรฐาน LEED โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1

4.5.2.3. พิจารณากระจกของอาคารทางเลือก ที่สามารถให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของผนังกระจกโดยที่ต้องมีค่า U-Value ($W / m^2\ ^oC$) ผนังน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 W/m^2K ซึ่งค่าเฉพาะนี้ได้ทำการจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 แล้วว่าสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 12 % ตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007 ดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 แสดงกระจกที่พิจารณาของอาคารทางเลือก

ลำดับ	วัสดุกระจก	ความหนา (มม.)	U-Value ($W/m^2.\ ^oC$)	SC	ราคา/ ตร.ม.
1	กระจกกันความร้อน (Insulating Glass) CG+LowE- Dry Air- CG	6-12-6	1.93	0.65	233
2	กระจกกันความร้อน (Insulating Glass) 6 มม.Euro Gray+ 0.76 มม.#Clear PVB+6 มม. Clear With LOW-E#4 + A/S 12 มม.+ 6 มม.Clear G	6-0.76-6-12-6	1.91	0.30	5000
3	กระจกกันความร้อน (Insulating Glass) 6 มม.Euro Gray + 0.76 มม.#Clear PVB+ 6 มม. Clear With LOW-E LSN #4 + A/S 12 มม.+ 6 มม.Clear G	6-0.76-6-12-6	1.94	0.25	5500

ตารางที่ 4.25 (ต่อ)

ลำดับ	วัสดุกระจก	ความหนา (มม.)	U-Value ($W/m^2.{}^oC$)	SC	ราคา/ ตร.ม.
4	กระจกกันความร้อน (Insulating Glass) 6มม.Green G + 0.76มม.#Clear PVB+ 6 มม. Clear With LOW-E#4 + A/S 12 มม.+ 6มม.Clear G	6-0.76-6-12-6	1.94	0.30	4000
5	กระจกกันความร้อน (Insulating Glass) 6 มม.Green G + 0.76มม.#Clear PVB+6 มม. Clear With LOW-E LSN #4 + A/S 12มม.+ 6มม.Clear G	6-0.76-6-12-6	1.96	0.25	4000
6	กระจกกันความร้อน (Insulating Glass) 6มม.Clear G + 0.76มม.#Clear PVB+ 6 มม. Clear With LOW-E#4 + A/S 12 มม.+ 6มม.Clear G	6-0.76-6-12-6	1.9	0.46	5500
7	กระจกกันความร้อน (Insulating Glass) 6มม.Clear G + 0.76มม.#Clear PVB+ 6 มม. Clear With LOW-E LSN #4 + A/S 12 มม.+ 6 มม.Clear G	6-0.76-6-12-6	1.92	0.35	5000
8	6 มม.Blue PMC+ 0.76มม.#Clear PVB+ 6 มม. Clear With LOW-E#4 + A/S 12 มม.+ 6 มม.Clear G	6-0.76-6-12-6	1.91	0.32	6000
9	6 มม.Blue PMC + 0.76มม.#Clear PVB+ 6 มม. Clear With LOW-E LSN #4 + A/S 12 มม.+ 6 มม.Clear G	6-0.76-6-12-6	1.94	0.26	5500

สรุปผลการวิเคราะห์ค่าการใช้ผนังกระจก

จากตารางที่ 4.25 แสดงข้อมูลกระจกชนิดต่างๆ ที่พิจารณาเพื่ออาคารทางเลือก จากตารางแสดงให้เห็นว่าค่าสัมประสิทธิ์ที่สามารถนำมาป้อนค่าในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 มีทั้งหมด 9 ชนิด มีค่า U-Value ($W/m^2.{}^oC$) ตั้งแต่ 1.90 – 1.96 $W/m^2.{}^oC$ และมีค่า SC 0.46 และ 0.25 ตามลำดับ ซึ่งได้แก่ กระจกกันความร้อน (Insulating Glass) 6 มม.Clear G + 0.76 มม.#Clear PVB+ 6 มม. Clear With LOW-E#4 + A/S 12 มม.+ 6 มม.Clear G และกระจกกันความร้อน (Insulating Glass) 6 มม.Green G + 0.76 มม.#Clear PVB+6 มม. Clear With LOW-E LSN #4 + A/S 12 มม+ 6 มม.Clear G สามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007

4.5.2.4. พิจารณางานหลังคาที่เสริมฉนวนของอาคารทางเลือก ที่สามารถให้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของหลังคาโดยที่ต้องมีค่า U-Value ($W/m^2.{}^oC$) ของหลังคาน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.10 $W/m^2.{}^oC$ ซึ่งค่าเฉพาะนี้ได้ทำการจำลองสภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 แล้วว่าสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 12 % ตามเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007 ดังตารางที่ 4.26

ตารางที่ 4.26 แสดงค่าวัสดุหลังคา Metal Sheet และฉนวนกันความร้อนตามท้องตลาดสามารถทำให้ปริมาณการใช้พลังงานลดลง 12 % เทียบเกณฑ์ ASHRAE 90.1 2007

No	**หลังคา Metal Sheet**	R-Value.	U-Value ($W/m^2.{}^oC$)
1	EPS	27.78+0.61=28.39	0.035
2	ฉนวนโฟมโพลิยูรีเทน (Polyurethane)	9.09+0.61=9.70	0.10

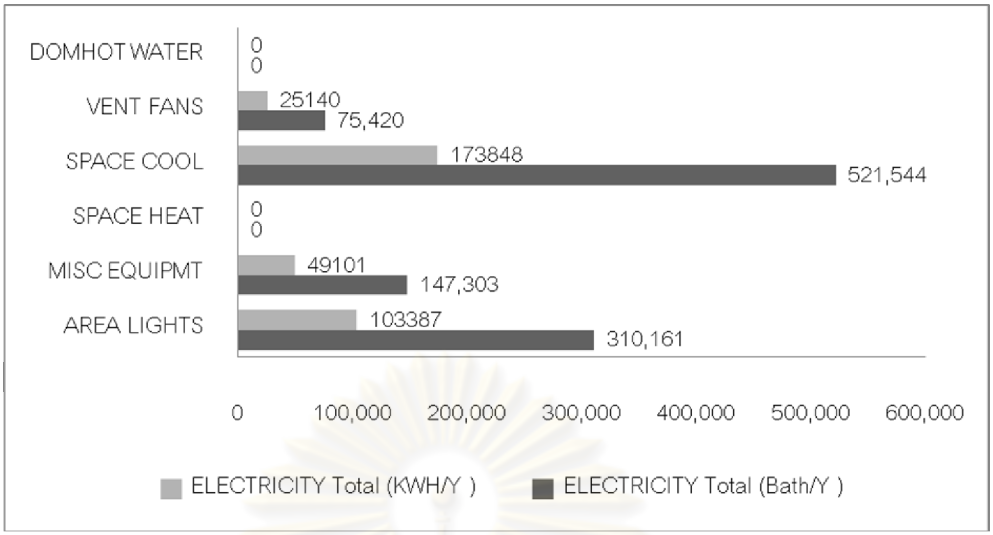
ที่มา: http://www.coloradoenergy.org/procorner/stuff/r-values.htm

4.6 จำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 1 เพื่อเปรียบเทียบผลการออกแบบเทียบกับ ASHRAE Baseline ตามมาตรฐานของ LEED (ASHRAE 90.1 2007)

ทำการจำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก New SCG Proposed Design 1 ที่ใช้ค่า LPD 16 $watt/m^2$ ตามรายละเอียดค่าวัสดุทางเลือกใช้ในการประกอบอาคารดังแสดงในตาราง 4.27

ตารางที่ 4.27 แสดงค่าวัสดุที่เลือกใช้วัสดุประกอบอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 1

ชนิด	รายละเอียดวัสดุ	U-value ($w/m^2.{}^oC$)	SHGC	ราคาค่าก่อสร้าง
หลังคา	Metal-sheet สีเทา + ฉนวน EPS หนา 50มม. 425 บาท / ตร.ม.	0.035	-	890,800
ผนัง	ก่ออิฐบล็อคฉาบปูนทั้งภายใน ภายนอก หนา 10 ซม.+ EPS 50มม.+ Smart Board	0.033	-	995,296.75
หน้าต่าง	บานอลูมิเนียม หนา 1.5 มม. กระจกกันความร้อน (Insulating Glass) 6 มม.Clear G+ 0.76 มม.#Clear PVB+ 6 มม.Clear With LOW-E#4 + A/S 12 มม.+ 6 มม.Clear G 5,500 บาท/ตร.ม.	1.90	0.46	1,592,010
รวม	-	-	-	**3,478,106.75**



แผนภูมิที่ 4.9 แสดงผลของการใช้พลังงานที่ผ่านการจำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 1 โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1

ตารางที่ 4.28 แสดงค่าการใช้พลังงานที่ผ่านการจำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 1 โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.11

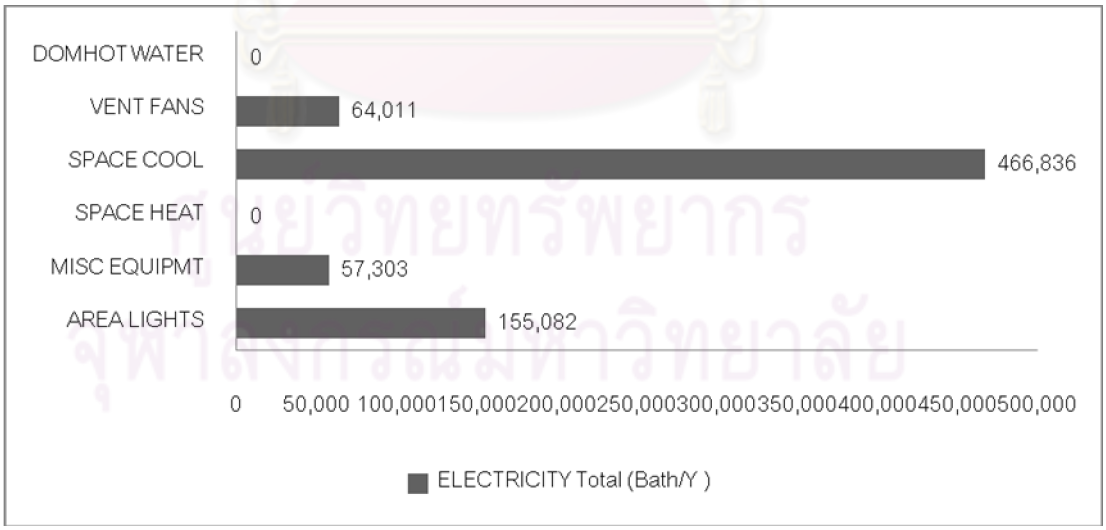
CATEGORY OF USE	ELECTRICITY Total (Bath/Y)	ELECTRICITY Total (KWH/Y)
AREA LIGHTS	310,161	103,387
MISC EQUIPMT	147,303	49,101
SPACE HEAT	0	0
SPACE COOL	521,544	173,848
VENT FANS	75,420	25,140
DOMHOT WATER	0	0
TOTAL	1,054,431	351,477

4.7 จำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 2 เพื่อเปรียบเทียบผลการออกแบบเทียบกับ ASHRAE Baseline ตามมาตรฐานของ LEED (ASHRAE 90.1 2007)

ทำการจำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก New SCG Proposed Design 2 ที่ใช้ค่า LPD 8 watt/m^2 ตามรายละเอียดค่าวัสดุทางเลือกใช้ในการประกอบอาคารดังแสดงในตาราง 4.29

ตารางที่ 4.29 แสดงค่าวัสดุที่เลือกใช้วัสดุประกอบอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 2

ชนิด	รายละเอียดวัสดุ	U-value ($w/m^2.°C$)	SHGC	ราคาค่าก่อสร้าง
หลังคา	Metal-sheet สีเทา + ฉนวน EPS หนา 50มม. 425 บาท / ตร.ม.	0.035	-	890,800
ผนัง	ก่ออิฐบล็อคฉาบปูนทั้งภายใน ภายนอก หนา 10 ซม.+ EPS 50มม.+ Smart Board	0.033	-	995,296.75
หน้าต่าง	บานอลูมิเนียม หนา 1.5 มม. กระจกกันความร้อน (Insulating Glass) 6 มม.Clear G + 0.76 มม.#Clear PVB+ 6 มม.Clear With LOW-E#4 + A/S 12 มม.+ 6 มม.Clear G 5,500 บาท/ตร.ม.	1.90	0.46	1,592,010
เปลี่ยนหลอด	T5 28w 144 ชุด (440/ชุด)	-	-	63,360
รวม	-	-	-	3,541,466.75



แผนภูมิที่ 4.10 แสดงผลของการใช้พลังงานที่ผ่านการจำลองการใช้พลังงานของอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 2 โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1

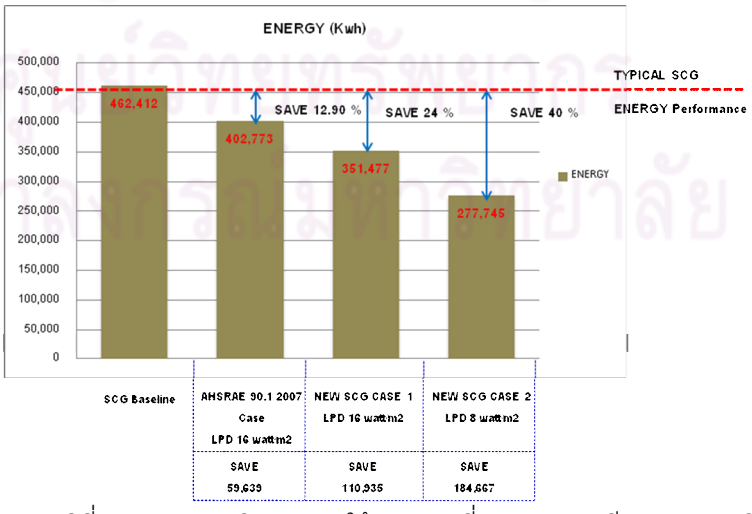
ตารางที่ 4.30 แสดงค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของวัสดุที่เลือกใช้วัสดุประกอบอาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 2 ที่ผ่านการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1

CATEGORY OF USE	ELECTRICITY Total (Bath/Y)	ELECTRICITY Total (KWH/Y)
AREA LIGHTS	155,082	51,694
MISC EQUIPMT	57,303	19,101
SPACE HEAT	0	0
SPACE COOL	466,836	155,612
VENT FANS	64,011	21,337
DOMHOT WATER	0	0
TOTAL	833,235	277,745

4.8 การวิเคราะห์รูปแบบการใช้พลังงาน ตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน การลงทุน และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สรุปผลและเสนอแนวทางการออกแบบอาคารร้านต้นแบบ (New Green HOME MART)

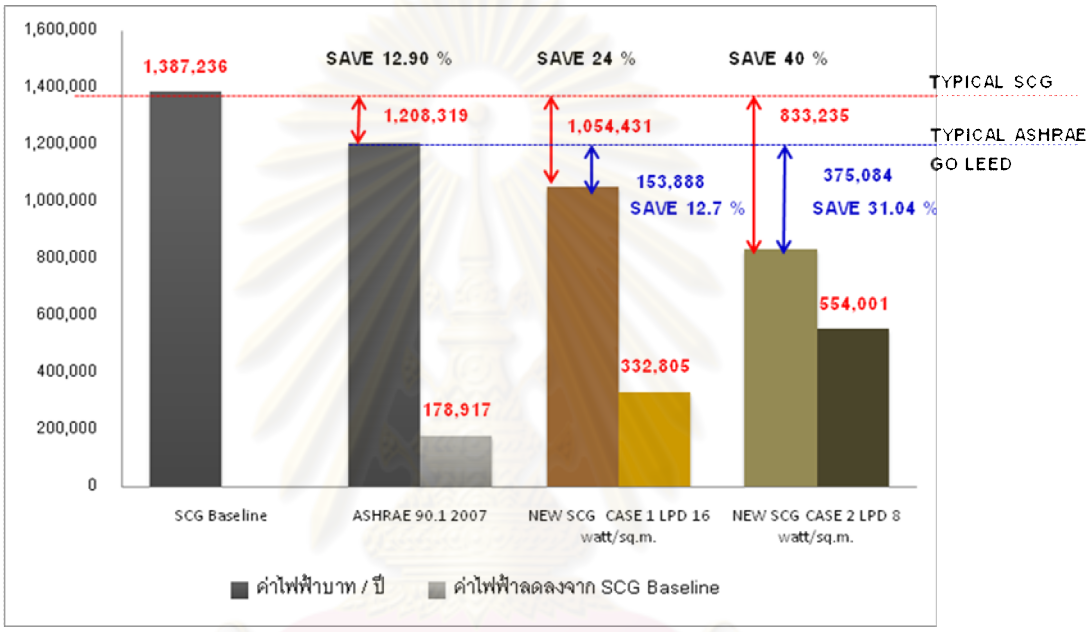
แนวทางในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านเปลือกอาคารแนวทางการลดปริมาณการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารมาจากผนังทึบ หลังคา และหน้าต่าง โดยอาจเพิ่มฉนวนกันความร้อน หรือการเพิ่มความหนาของผนัง

จากการศึกษาและวิเคราะห์อาคารทางเลือกของวัสดุประกอบอาคารคือ ผนัง หลังคา และกระจก ที่พิจารณาทั้งหมดนั้น นำค่าป้อนในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual DOE 4.1 ทำให้ปริมาณการใช้พลังงานลดลงได้ดังวัตถุประสงค์ได้ เปรียบเทียบอาคารทางเลือก 3 กรณี กับอาคาร SCG Baseline ในแต่ละกรณีดังนี้



แผนภูมิที่ 4.11 แสดงปริมาณการใช้พลังงานที่ลดลง (Kwh/ปี) ของการเปรียบเทียบอาคารทางเลือก 3 กรณี กับอาคาร SCG Baseline

จากแผนภูมิที่ 4.11 สามารถสรุปได้ว่าปริมาณการใช้พลังงานของอาคาร AHSRAE Baseline ที่ใช้ LPD 16 watt/sq.m.นั้น มีการใช้พลังงาน 402,773 Kw.h/ ปี ลดการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าจาก SCG Baseline ซึ่งมีการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้า 462,412 Kw.h/ ปี ลงได้ถึง 59.639 Kw.h/ ปี ลดลงได้ 12.90 % อาคาร New SCG Proposed Design 1 มีการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้า 351,477 Kw.h/ ปี ลดลงได้ 24 % และอาคาร New SCG Proposed Design 2 ที่ใช้ LPD 8 watt/sq.m.มีการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้า 277,745 Kw.h/ ปี ลดลงได้ 40 % เมื่อเทียบกับอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ (SCG Baseline)



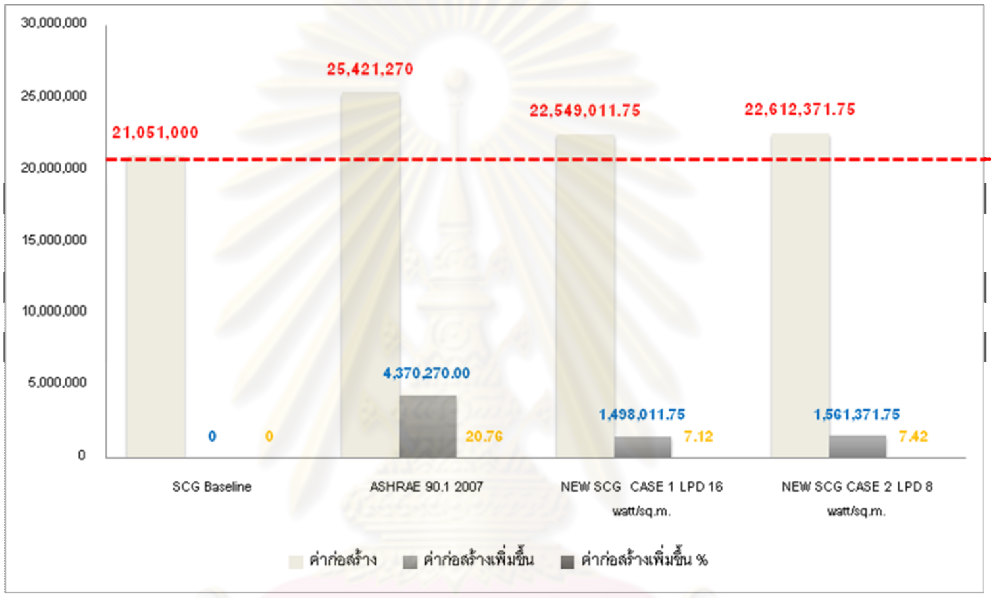
แผนภูมิที่ 4.12 แสดงปริมาณการใช้พลังงานค่าไฟฟ้าที่ลดลง (บาท/ปี) ของการเปรียบเทียบอาคารทางเลือก 3 กรณี กับอาคาร SCG Baseline

ตารางที่ 4.31 แสดงปริมาณการใช้พลังงานค่าไฟฟ้าที่ลดลง (บาท/ปี) เมื่อมีการเลือกใช้ค่าวัสดุประกอบอาคารทางเลือกทั้ง 3 กรณี เทียบกับอาคาร SCG Baseline

รายละเอียด	SCG Baseline	ASHRAE 90.1 2007 Baseline	New SCG Proposed Design 1 LPD 16 watt/sq.m.	New SCG Proposed Design 2 LPD 8 watt/sq.m.
ค่าไฟฟ้าบาท / ปี	1,387,236	1,208,319	1,054,431	833,235
ค่าไฟฟ้าลดลงจาก SCG Baseline	-	178,917	332,805	554,001
ค่าไฟฟ้าลดลงจาก ASHRAE Baseline	-	-	153,888 (12.7%)	375,084 (31.04%)

จากแผนภูมิที่ 4.16 และ ตารางที่ 4.31 แสดงปริมาณการใช้พลังงานค่าไฟฟ้าที่ลดลง (บาท/ปี)เมื่อมีการเลือกใช้ค่าวัสดุประกอบอาคารทางเลือกทั้ง 3 กรณี เทียบกับอาคาร SCG Baseline สามารถสรุปได้

ว่าปริมาณการใช้พลังงานของอาคาร AHSRAE Baseline ที่ใช้ LPD 16 watt/sq.m.นั้น มีปริมาณการใช้พลังงานค่าไฟฟ้า 1,208,319 บาทต่อปี ลดการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าจาก SCG Baseline ซึ่งมีปริมาณการใช้พลังงานค่าไฟฟ้า 1,387,236 บาทต่อปี ลงได้ถึง 178,917บาท/ ปี คิดเป็นเปอร์เซนไทล์ลดลงได้ 12.90 % อาคาร New SCG Proposed Design 1 มีการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้า 1,054,431 บาท/ ปี คิดเป็นเปอร์เซนไทล์ลดลงได้ 24 % และอาคาร New SCG Proposed Design 2 ที่ใช้ LPD 8 watt/sq.m.มีการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้า 833,235 บาท/ ปี คิดเป็นเปอร์เซนไทล์ลดลงได้ 40 % เมื่อเทียบกับอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ (SCG Baseline)



แผนภูมิที่ 4.13 แสดงสรุปเรื่องค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น (บาท,%)ของการเปรียบเทียบอาคารทางเลือก 3 กรณี กับอาคาร SCG Baseline

ตารางที่ 4.32 แสดงค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นของอาคารทางเลือกในกรณีต่าง ๆ

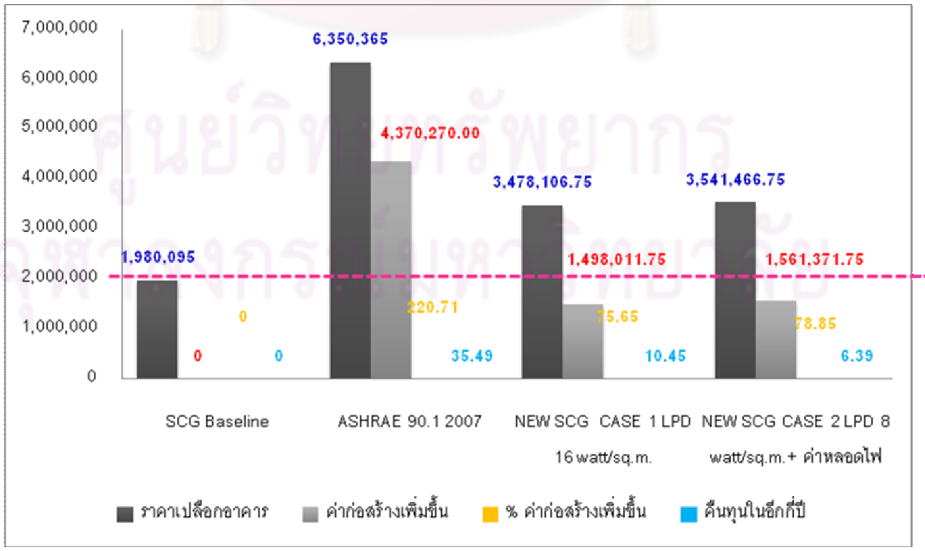
รายละเอียด	SCG Baseline	ASHRAE 90.1 2007 Baseline	NEW SCG Proposed Design 1 LPD 16 watt/sq.m.	NEW SCG Proposed Design 2 LPD 8 watt/sq.m.
ค่าก่อสร้าง	21,051,000	25,421,270	22,549,011.75	22,612,371.75
ค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น	0	4,370,270.00	1,498,011.75	1,561,371.75
ค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น %	0	20.76	7.12	7.42

จากแผนภูมิที่ 4.13 และ ตารางที่ 4.32 ได้สรุปเรื่องค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น(บาท,%) ของอาคารทางเลือก3 กรณี ที่เปรียบเทียบกับอาคาร SCG Baseline สามารถสรุปได้ว่าค่าใช้จ่ายอาคาร AHSRAE Baseline ใช้ LPD 16 watt/sq.m เพิ่มขึ้นจาก SCG Baseline อยู่ที่ 4,370,270.00 บาท คิดเป็นเปอร์เซนไทล์เพิ่มขึ้น 20.76 % อาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 1 LPD 16 watt/sq.m. เพิ่มขึ้นจาก SCG

Baseline 1,498,011.75 บาท คิดเป็นเปอร์เซนไทล์เพิ่มขึ้น 7.12 %และอาคารทางเลือก New SCG Proposed Design 2 ที่ใช้ LPD 8 watt/sq.m.เพิ่มขึ้นจาก SCG Baseline 1,561,371.75 บาท คิดเป็นเปอร์เซนไทล์เพิ่มขึ้น 7.42 % เมื่อเทียบกับอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ (SCG Baseline)

ตารางที่ 4.33 แสดงค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นของอาคารทางเลือกในกรณีต่าง ๆ ที่คิดราคาเฉพาะเปลือกอาคาร

คิดราคาเฉพาะเปลือกอาคาร				
รายละเอียด	SCG Baseline	ASHRAE 90.1 2007 Baseline	NEW SCG Proposed Design 1 LPD 16 watt/sq.m.	NEW SCG Proposed Design 2 LPD 8 watt/sq.m.+ ค่าหลอดไฟ
ราคาเปลือกอาคาร	1,980,095	6,350,365	3,478,106.75	3,541,466.75
ค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น	0	4,370,270.00	1,498,011.75	1,561,371.75
% ค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น	0	220.71	75.65	78.85
คืนทุนในอีกกี่ปี	0	35.49	10.45	6.39



แผนภูมิที่ 4.14 แสดงรายละเอียดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นของเปลือกอาคารแต่ละอาคารทางเลือกของอาคารทางเลือก 3 กรณี เมื่อเทียบกับอาคาร SCG Baseline

จากแผนภูมิที่ 4.14และ ตารางที่ 4.33 ได้สรุปค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นของอาคารทางเลือกในกรณีต่าง ๆ ที่คิดราคาเฉพาะเปลือกอาคาร ของอาคารทางเลือก3 กรณี ที่เปรียบเทียบกับอาคาร SCG Baseline เท่านั้น ซึ่งราคาเปลือกอาคารของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ อยู่ 1,980,095 บาทสามารถสรุปได้ว่าค่าใช้จ่ายอาคาร AHSRAE Baseline ใช้ LPD 16 watt/sq.m เพิ่มขึ้นจาก SCG Baseline อยู่ที่ 4,370,270 บาท คิดเป็นเปอร์เซนไทล์เพิ่มขึ้น 220.71 % อยู่ที่ 6,350,365 บาท อาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 1 LPD 16 watt/sq.m. เพิ่มขึ้นจาก SCG Baseline 1,498,011.75 บาท คิดเป็นเปอร์เซนไทล์เพิ่มขึ้น 10.45 % อยู่ที่ 3,478,106.75 บาท และอาคารทางเลือก New SCG Proposed Design 2 ที่ใช้ LPD 8 watt/sq.m.เพิ่มขึ้นจาก SCG Baseline 1,561,371.75 บาท คิดเป็นเปอร์เซนไทล์เพิ่มขึ้น 6.39 % อยู่ที่ 3,541,466.75 บาท

สรุปรายละเอียดเปลือกอาคารแต่ละอาคารทางเลือก ทั้ง 4 กรณี

1. อาคาร SCG Baseline

ตารางที่ 4.34 แสดงรายละเอียดเปลือกอาคาร SCG Baseline

ชนิด	รายละเอียดวัสดุ	U-value ($w/m^2°C$)	SHGC	ราคาค่าก่อสร้าง
หลังคา	Metal-sheet สีเทา ฝ้าเพดานแผ่นสะท้อนความร้อนตราช้าง Stay Cool SCG 6”	0.42	-	1,152,800
ผนัง	ก่ออิฐบล็อคฉาบปูนทั้งภายใน ภายนอก หนา 10 ซม.	2.71	-	701,610
หน้าต่าง	บานอลูมิเนียม หนา 1.5 มม. กระจกใส 6 มม. 355+86	6	0.80	125,685
รวม	-	-	-	1,980,095

2. อาคาร ASHRAE 90.1 2007 Baseline

ตารางที่ 4.35 แสดงรายละเอียดเปลือกอาคาร ASHRAE 90.1 2007 Baseline

ชนิด	รายละเอียดวัสดุ	U-value ($w/m^2°C$)	SHGC	ราคาค่าก่อสร้าง
หลังคา	Metal-sheet สีเทา + Insulation Entirely above Deck (Polyurethane 2” 325 บ/ตร.ม.+ 480 บ/ตร.ม.	0.36	-	1,687,280
ผนัง	Steel-Framed Aluminium composite cladding 2,500บ/ตร.ม.	0.705	-	4,497,500
หน้าต่าง	Metal framing (curtain wall/storefront) Cool Gray 581 บ/ตร.ม.	6.81	0.25	165,585
รวม	-	-	-	6,350,365

3.อาคาร NEW SCG Proposed Design 1

ตารางที่ 4.36 แสดงรายละเอียดเปลือกอาคาร NEW SCG Proposed Design 1

ชนิด	รายละเอียดวัสดุ	U-value ($w/m^2°C$)	SHGC	ราคาค่าก่อสร้าง
หลังคา	Metal-sheet สีเทา + ฉนวน EPS หนา 50มม. 425 บาท / ตร.ม.	0.035	-	890,800
ผนัง	ก่ออิฐบล็อคฉาบปูนทั้งภายใน ภายนอก หนา 10 ซม.+ EPS 50มม.+ Smart Board	0.033	-	995,296.75
หน้าต่าง	บานอลูมิเนียม หนา 1.5 มม. กระจกกันความร้อน (Insulating Glass) 6 มม.Clear G+ 0.76 มม.#Clear PVB+ 6 มม. Clear With LOW-E#4 + A/S 12 มม+ 6 มม.Clear G 5,500 บาท/ตร.ม.	1.90	0.46	1,592,010
รวม	-	-	-	3,478,106.75

4.อาคาร NEW SCG Proposed Design 2

ตารางที่ 4.37 แสดงรายละเอียดเปลือกอาคาร NEW SCG Proposed Design 2

ชนิด	รายละเอียดวัสดุ	U-value ($w/m^2°C$)	SHGC	ราคาค่าก่อสร้าง
หลังคา	Metal-sheet สีเทา + ฉนวน EPS หนา 50 มม. 425 บาท / ตร.ม.	0.035	-	890,800
ผนัง	ก่ออิฐบล็อคฉาบปูนทั้งภายใน ภายนอก หนา 10 ซม.+ EPS 50มม.+ Smart Board	0.033	-	995,296.75
หน้าต่าง	บานอลูมิเนียม หนา 1.5 มม. กระจกกันความร้อน (Insulating Glass) 6 มม.Clear G+ 0.76 มม.#Clear PVB+ 6 มม. Clear With LOW-E#4 + A/S 12 มม.+ 6 มม.Clear G 5,500 บาท/ตร.ม.	1.90	0.46	1,592,010
เปลี่ยนหลอด	T5 28w 144 ชุด (440/ชุด)	-	-	63,360
รวม	-	-	-	3,541,466.75

การคำนวณ Life Cycle Cost และ discounted payback period

การคำนวณ Life Cycle cost (ต่อปี) = ค่าใช้จ่ายในการลงทุน + ค่าบำรุงรักษา +ค่าไฟฟ้า +ดอกเบี้ย +ค่าเงินจากอัตราเงินเฟ้อ +อื่นๆ

PV คิด Base on = อัตราดอกเบี้ย = 7.42 %, อัตราเงินเฟ้อ = 3.14 %

การคำนวณประเมินระยะเวลาคืนทุน (Simple payback period) การคำนวณประเมินระยะเวลาคืนทุนหรือจุดคุ้มทุน (ปี) อย่างง่ายเพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจในการเลือกแนวทางของการออกแบบว่าเหมาะสมที่จะลงทุนหรือไม่ วิธีการ คำนวณทำได้ดังนี้ (William T, 1983: 80)

$$\text{Simple payback period} = \frac{\textbf{เงินลงทุนเบื้องต้น (C)}}{\textbf{ค่าใช้จ่ายที่ลดลงรายปี (A)}}$$

การคำนวณอัตราส่วนผลตอบแทน (Internal rate of return เป็นอัตราส่วนผลตอบแทนที่ทำให้ผลตอบแทนที่ได้รับจากการประหยัดตลอดอายุการใช้งาน (Lifetime Saving) เท่ากับเงินลงทุนทั้งหมด (Life time cost) ซึ่งในที่นี้จะเป็นราคาต้นทุนวัสดุเบื้องต้น (First cost)

Lifetime Saving = Lifetime Cost

$$[\,A \longrightarrow P\,] = \frac{\textbf{ราคาต้นทุนวัสดุเบื้องต้น (P)}}{\textbf{ค่าใช้จ่ายที่ลดลงรายปี (A)}}$$

โดยที่

LCC = I – RES + E + OM&R

I = ราคาค่าก่อสร้างเริ่มต้น

RES = ค่าเสื่อมสภาพของอาคาร

E = ค่าไฟฟ้าตลอดอายุอาคาร

OM&R = ค่าบำรุงรักษาตลอดอายุอาคาร (5ปี/ครั้ง)

โดยต้องคิดเป็นค่า Present Value ก่อน

$$PV = A \times \frac{\left(\frac{1+e}{1+i}\right) \times \left[\left(\frac{1+e}{1+i}\right)^{n} - 1\right]}{\left(\frac{1+e}{1+i}\right) - 1}$$

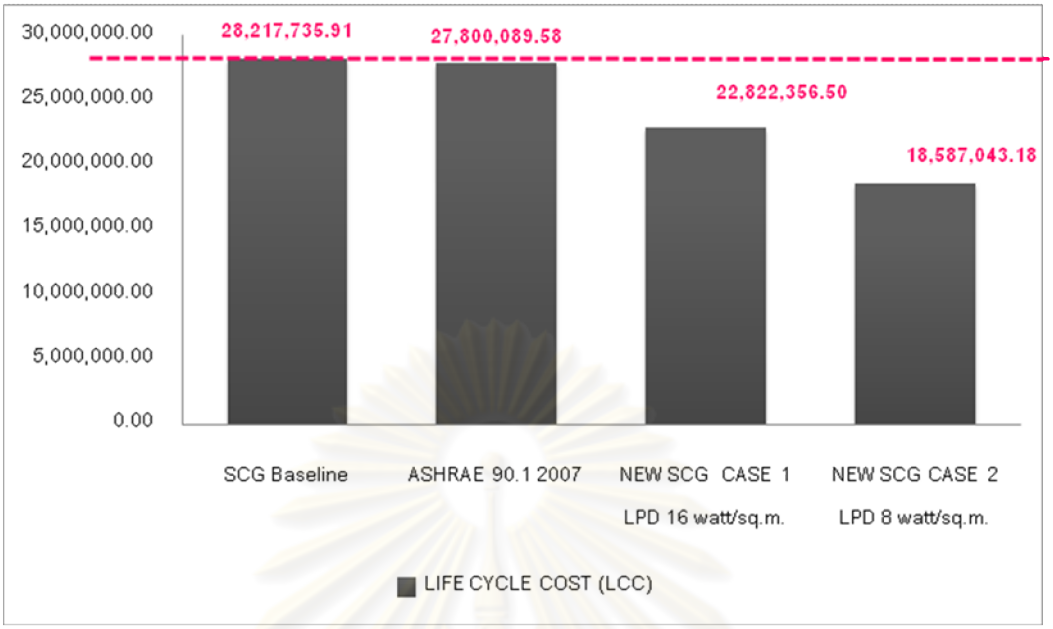
PV = มูลค่าปัจจุบันของค่าไฟฟ้า (บาท)

A = ค่าทุกอย่าง

e = อัตราเงินเฟ้อ (%)

i = อัตราดอกเบี้ย (%)

n = จำนวนอายุการใช้งานของอาคาร (20 ปี)



แผนภูมิที่ 4.15 แสดงการคำนวณ Life Cycle Cost และ Discounted Payback Period ของเปลือกอาคารแต่ละอาคารทางเลือก 3 กรณี กับอาคาร SCG Baseline

จากแผนภูมิที่ 4.15 ได้สรุปค่าการคำนวณ Life Cycle Cost และ Discounted Payback Period ของเปลือกอาคารแต่ละอาคารทางเลือก 3 กรณี กับอาคาร SCG Baseline ในเวลา 20 ปี โดยที่อาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ (SCG Baseline) มีค่า Life Cycle Cost อยู่ที่ 28,217,735.91 บาท อาคาร AHSRAE Baseline ใช้ LPD 16 watt/sq.m มีค่า Life Cycle Cost อยู่ที่ 27,800,089.58 บาท อาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 1 LPD 16 watt/sq.m. มีค่า Life Cycle Cost อยู่ที่ 22,822,356.50 บาท และอาคารทางเลือก New SCG Proposed Design 2 ที่ใช้ LPD 8 watt/sq.m.มีค่า Life Cycle Cost อยู่ที่ 18,587,043.18 บาท ซึ่งถ้ามอง อาคารทางเลือก New SCG Proposed Design 2 มีค่า Life Cycle Cost ที่น้อยที่สุดที่อายุอาคารที่ 20 ปี ถ้ามองถึงความคุ้มค่า ดีที่สุด

1.แนวทางการลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเครื่องปรับอากาศมีผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดของอาคารกรณีศึกษาดังนั้น จำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศให้ดีขึ้น

2.แนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบแสงสว่างจากแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในอาคารแนวทางการปรับปรุงแสงสว่างภายในอาคารมีแนวทางหลายอย่าง เช่น การเลือกใช้โคมที่สะท้อนแสงได้ดี การเลือกใช้หลอดที่มีประสิทธิภาพดี และตำแหน่งของหลอดไฟฟ้าควรจะจัดวางเป็นพื้นที่เดียวกันเพื่อลดการใช้พลังงานที่สูงขึ้น

3.ประเมินแนวทางการปรับปรุงอาคารประเมินแนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาในเชิงเทคนิคและเชิงเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น โดยใช้รูปแบบออกเป็น 2 แนวทางหลัก ๆ คือ

3.1 ประเมินผลในเชิงเทคนิคในการพิจารณาผลเชิงเทคนิคโดยการเพิ่มวัสดุที่เปลือกอาคาร การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงและแนวทางต่าง ๆ ที่ลดการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าแล้วนำค่ามาป้อนเข้าโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.2 ประเมินผลในเชิงเศรษฐศาสตร์จาการพิจารณาผลการประเมินในเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยใช้การคำนวณระยะเวลาคืนทุนและมูลค่าสะสมของอาคารที่ระยะเวลาต่างๆ เปรียบเทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถลดได้ในแต่ละแนวทาง

ตารางที่ 4.38 สรุปรายละเอียดค่าเฉพาะของวัสดุประกอบเปลือกอาคารของอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ และอาคารทางเลือกทั้ง 3 กรณี

วัสดุโครงสร้าง	SCG Baseline	ASHRAE 90.1 Baseline	**อาคารทางเลือก** NEW SCG Proposed Design 1 (12.7 %)	**อาคารทางเลือก** NEW SCG Proposed Design 2 (31 %)
U- ROOFS (W / m^2 °C)	0.42	0.36	0.10	0.10
U –WALL (W / m^2 °C)	2.75	0.705	0.03	0.03
U -กระจก(W / m^2 °C)	6	6.81	1.90	1.90
SHGC -กระจก	0.8	0.25	0.40	0.40
LIGHTINGS (LPD)	16	16	16	8
WWR	13.7%	13.7%	13.7%	13.7%
พื้นที่ผนังรวม	2,084	2,084	2,084	2,084
พื้นที่หน้าต่างรวม	285	285	285	285
พื้นที่ใช้สอยรวม(ตร.ม.)	2,339	2,339	2,339	2,339
Energy (Kwh/Y)	**462,412**	**402,773**	**351,477**	**277,745**
ค่าไฟฟ้า/ปี (บาท)	**1,387,236**	**1,208,319**	**1,054,431**	**833,235**

ถ้าปรับ SCG Baseline ให้ผ่านเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานของ LEED อาคารทางเลือก NEW SCG Proposed Design 1 (12.7 %) ต้องมีค่า U-ROOFS = 0.10 W / m^2 °C, U–WALL=0.03 W / m^2 °C, U–กระจก =1.90, W / m^2 °C, SHGC–กระจก = 0.40 ซึ่งมีค่าการใช้พลังงานเท่ากับ 351,477 (Kwh/Y) คิดเป็นค่าไฟฟ้า/ปี (บาท) = 1,054,431 บาท ต่ำกว่า SAHRAE 90.1 2007 Baseline ถึง 153,888 บาท/ปี สามารถคืนทุนได้ในอีก 5.85 ปี ค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้น 8.45 % อีกทั้งการประหยัดค่าไฟฟ้าลง 1 ร้าน 153,888 บาท/ปี ซึ่งร้าน SCG HOME MART มีทั้งหมด 93 ร้าน สามารถทำให้ช่วยประหยัดค่าไฟฟ้าของประเทศลงได้ถึง **14,311,584 บาท/ปี** อีกด้วย

อีกทั้งจากตารางที่ 4.38 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานของอาคารแต่ละอาคาร ซึ่งอาคารทางเลือก LEED Baseline นั้น เป็นอาคารที่ตั้งสมมติฐานไว้ ส่วนอาคารทางเลือกที่ปรับระบบไฟฟ้าลงจาก LPD 16 watt/m^2 เป็น 8 watt/m^2 ก็สามารถทำให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ถึง 31 % จากอาคารกรณีศึกษาร้านโฮมมาร์ท สมาร์ทโฮมโปรดักส์ (SCG HOME MART) ได้เช่นกัน อีกทั้งยังมีระบบปรับอากาศที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานภายในอาคารอย่างมาก หากมีการปรับเปลี่ยนระบบปรับอากาศก็เป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับประหยัดพลังงานของอาคารค้าวัสดุก่อสร้างได้

การใช้พลังงานทดแทน 1–13% ได้คะแนน 1-7 คะแนน Solar Cell ก็เป็นอีกทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มคะแนนให้กับอาคารที่ต้องการเป็น LEED โดยที่

รูปภาพที่ 4.20 แสดงการใช้พลังงานทดแทนจากการใช้ Solar Cell

10,000,000 x 3 บาท / yr (อาคาร OFFICE = ประมาณ 60,000 m2)

1% = 300,000 บาท Solar Cell = 30,000 kwh/yr

2% = 600,000 บาท Solar Cell = 60,000 kwh/yr

Solar Cell 1 m^2 ผลิตได้ 100 wattx 6 hrs x 365 วัน = 219 kwh/ปี

ดังนั้น ต้องมี Solar Cell ประมาณ 30,000 / 219 = 137 sq.m.

เป็นเงินค่า Solar Cell 137 x 25,000 = 3,400,000 บาท ได้ 1 แต้ม EA

แต่ต้องขายให้การไฟฟ้าที่ 10 บาท/ kwh

และสุดท้ายการใช้พลังงานทดแทนจากการใช้ Wind Turbine เป็นต้น

รูปภาพที่ 4.21 แสดงการใช้พลังงานทดแทนจากการใช้ Wind Turbine

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย / อภิปรายผล / ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยนี้ ประกอบด้วยการศึกษา 3 ส่วนหลัก ส่วนแรกเป็นการศึกษาทฤษฎีเกณฑ์มมาตราฐาน LEED : NC 2009 ในส่วนของ ประสิทธิภาพพลังงานเท่านั้น ส่วนที่สองการสำรวจ ประเมินและวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษาร้าน SCG HOME MART (Base Case) และส่วนสุดท้ายส่วนที่สามเป็นการสร้างอาคารทางเลือกแบบต่างๆ พร้อมทั้งประเมินและวิเคราะห์แนวทางการใช้วัสดุประกอบอาคารในแบบต่างกัน ด้วยการจำลองปริมาณการใช้พลังงานที่ได้มีการปรับตามแนวทางเลือก ตามวัตุประสงค์คือต้องสามารถลดปริมาณการใช้พลังงาน 12 % ตามเกณฑ์ของ ASHRAE 90.1 2007 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความเหมาะสมทั้งในเชิงเทคนิค เศรษฐศาสตร์ จากการศึกษาในบทที่ผ่านมา สามารถสรุปผลการศึกษาวิจัยได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การประเมินและวิเคราะห์อาคารทางเลือกแบบต่าง ๆ

เนื่องจากจุดประสงค์หลักในการกำหนดแนวทางการออกแบบอาคารโฮมมาร์ทสีเขียวให้สอดคล้องกับเกณฑ์ประสิทธิภาพพลังงานมาตรฐาน LEED นั้น เป็นจุดประสงค์ที่จะบรรลุได้แต่ต้องพิจารณาตัวแปรอื่นอีกที่เกี่ยวข้องในเกณฑ์ของ LEED: NC 2009 ซึ่งมีทั้งหมด 6 หัวข้อ

1. ความยั่งยืนของที่ตั้ง (Sustainable Site)
2. ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water Efficiency)
3.พลังงงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere)
4. ทรัพยากรและวัสดุ (Material and Resources)
5. สภาพแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environmental Quality)
6. นวัตกรรมและกระบวนการออกแบบ (Innovation and Design Process)

งานวิจัยนี้มีขอบเขตการศึกษาเฉพาะหัวข้อที่ 3 คือเรื่อง ประสิทธิภาพทางด้านพลังงาน เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานของอาคาร ซึ่งปัจจัยดังกล่าวที่ต้องศึกษาคือ ระบบวัสดุประกอบอาคาร ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และระบบปรับอากาศเป็นหลัก เป็นต้น การลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้านั้น ผู้วิจัยได้มุ่งประเด็นการศึกษาไปที่การปรับ ประเมิน และ วิเคราะห์ วัสดุประกอบอาคารเท่านั้น เนื่องจากว่าต้องทำการศึกษาและค้นหาวัสดุหลากหลายที่สามารถมีคุณสมบัติสอดคล้องตามเกณฑ์และวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ดังนั้นตัวแปรอื่น ๆ ที่อยู่นอกเหนือการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ท่านผู้วิจัยท่านอื่นสามารถพัฒนาต่อทั้งเรื่องของ Sustainable Site, Water Efficiency, Materials & Resources, IEQ และสุดท้าย Innovation in Design เพื่อสามารถทำให้อาคารร้าน SCG HOME MART หรืออาคารเป็นเภทเดียวกันสามารถนำแนวทางดังกล่าวเหล่านี้เพื่อพัฒนาให้อาคารเป็นอาคารประหยัดพลังงานไปพร้อมๆ กัน

การศึกษาผลการสำรวจอาคารข้างต้นได้นำเสนอปัญหาหลัก ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการวางทิศทางอาคาร การออกแบบอุปกรณ์บังแดด การเลือกใช้วัสดุผนัง การเลือกใช้กระจก เป็นต้น แนวทางการออกแบบอาคารโฮมมาร์ทสีเขียวให้สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐาน LEED ที่พบจากการเลือกใช้วัสดุประกอบอาคารดังกล่าวนั้น

สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ ถึง **24 %** อยู่ที่ราคา 332,805 บาท ต่อ ปี ถ้าเทียบกับอาคารกรณีศึกษาร้าน SCG Baseline มีค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้น **1,778,809.5** บาท มีระยะเวลาการคืนทุนของค่าก่อสร้างที่เพิ่มขึ้นภายใน 5.85 ปี ทั้งนี้อาคาร New Green SCG HOME MART นั้นสามารถประหยัดพลังงานการใช้ไฟฟ้าลงได้เป็นไปตามเกณฑ์การประหยัดพลังงานของมาตรฐาน LEED มีการลงทุนเพิ่มที่ไม่สูงและสามารถช่วยในการประหยัดพลังงานอย่างคุ้มค่า นอกจากการเลือกแนวทางการปรับเปลี่ยนวัสดุเปลือกอาคารอย่างเดียวเท่านั้นจากการทดลองครั้งนี้ ซึ่งยังสามารถลดการใช้พลังงานลงได้อีกจากการเปลี่ยนระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ที่มีการใช้พลังงานลดลงจาก T8 เป็น T5 หรือจะเป็นการเปลี่ยนระบบปรับอากาศที่มีการใช้พลังงานลดลงได้อีกทางหนึ่งด้วย

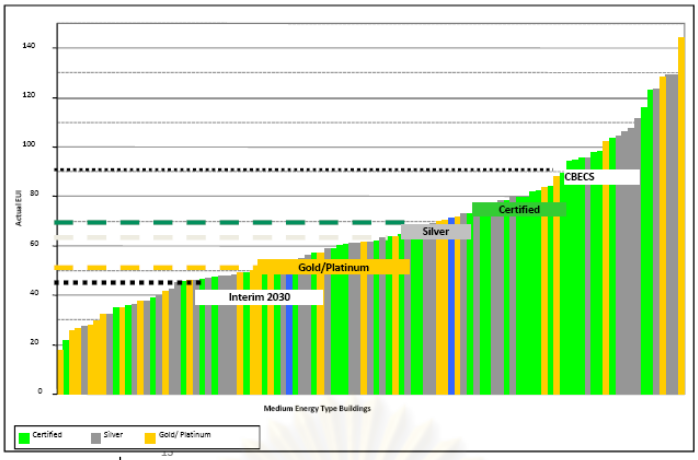
5.2 อภิปรายผล

สำหรับผู้ที่ทำการประเมินด้านพลังงานสำหรับอาคาร LEED จะพบว่าความคาดหวังของคนในสังคมต่ออาคารที่ได้ LEED ว่าจะประหยัดพลังงานได้จริงจะเป็นไปไม่ได้ 100% เพราะ LEED คือวิธีการรับรองอาคารที่ได้ถูกออกแบบก่อสร้างมาโดยการตั้งสมมติฐานการใช้อาคารหนึ่ง ๆ ซึ่งเมื่ออาคารเปิดใช้จริง รูปแบบการใช้สอยหลังอาคารเปิดใช้อาจจะไม่เป็นไปตามนั้นเลย ซึ่งหากจะใช้วิธีนำผลการวัดการใช้พลังงานจริงของอาคารมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานจะเกิดปัญหาตามมาอีกเพราะกว่าได้ตรา LEED มาติดอาคารมันอาจจะช้าเกินไปที่จะดึงดูดความสนใจของลูกค้าเข้ามาเช่าอาคาร หรือซื้ออาคาร[1] นั่นคือที่มาของความพยายามประเมินประสิทธิผลทางด้านการประหยัดพลังงานของอาคารที่ได้รับรอง LEED ในประเทศสหรัฐอเมริกาโดยสถาบัน New Buildings Institute (NBI) (C. Turner and M. Frankel, 2008) ที่ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้พลังงานจริงของอาคารที่ได้ LEED โดยความร่วมมือจากสภาอาคารเขียวของสหรัฐอเมริกา (US Green Building Council) NBI ได้นำข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารที่ได้รับรอง LEED จำนวน 121 อาคาร ในทุกระดับ ตั้งแต่ Certified Silver Gold และ Platinum ค่าการใช้พลังงานจริงของอาคารถูกเก็บในรูปแบบ EUI หรือ Energy Utilization Index (kWh/m^2.Yr) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานรวมของอาคารตลอดทั้งปี โดยนำมาเปรียบเทียบกับผลการจำลองการใช้พลังงานของอาคารในเอกสารเมื่อครั้นอาคารนั้น ๆ ยื่นขอ LEED แล้วนอกจากนี้ ยังนำค่าที่ได้เปรียบเทียบ (Benchmark) กับฐานข้อมูลอาคารมากกว่า 5 พันอาคารที่ได้สำรวจในอเมริกา หรือเรียกว่า CBECS (Commercial Building Energy Consumption Surveys) สำรวจในปี 2003

ผู้วิจัยหวังว่าข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยชิ้น จะเป็นประโยชน์สำหรับสถาปนิกและผู้ออกแบบเพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกใช้แผงกันแดดตามสัดส่วนต่างๆ หรือเลือกกระจกที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับช่องเปิดของอาคาร โดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการเลือกใช้วัสดุชนิดนั้นๆให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดรวมถึงสัดส่วนพื้นที่กระจกต่อผนังอาคารที่มีค่าแตกต่างกันไปตามความเหมาะสม

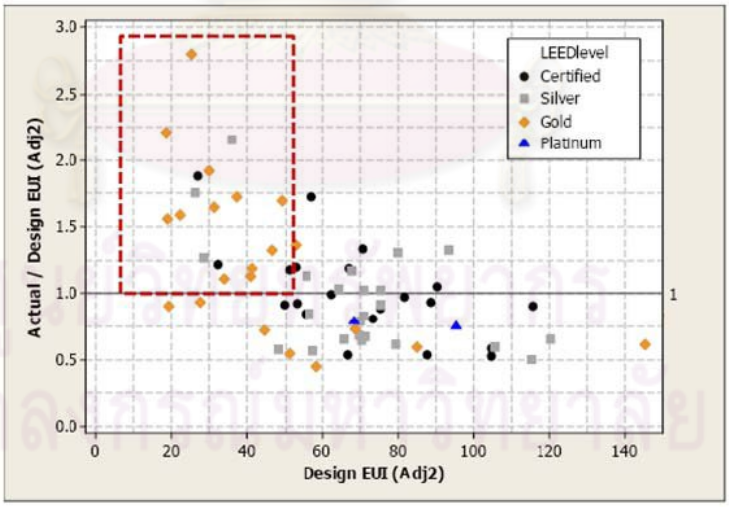
---

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร กรรมการบริหารสถาบันอาคารเขียวไทย, **ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเขียว LEED** (MainC tohveemr estory ,ภูมิปัญญาวิศวกรไทย ร่วมใจเพื่อสังคม: ปีที่ 63 ฉบับที่ 3 พฤษภาคม-มิถุนายน 2553)



รูปภาพที่ 5.1 ผลการศึกษาวิเคราะห์ค่า Energy Utilization Index (EUI) ของอาคาร LEED โดยสถาบัน NBI และนำมา Benchmark กับข้อมูลสำรวจสถานภาพของกว่า 5 พันอาคารในอเมริกา (CBECS) (ที่มา: New Buildings Institute, 2008)

ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานต่อพื้นที่ หรือ EUI ของอาคารที่ได้รับรอง LEED จะต่ำกว่าค่าเฉลี่ย EUI ของอาคารจากฐานข้อมูล CBECS ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อาคาร LEED มีผลการประหยัดพลังงานเกิดขึ้นมากกว่าอาคารทั่วไป และอาคารที่ได้รับรองระดับ Platinum ก็จะมีประสิทธิภาพดีกว่าอาคารระดับ Gold Silver และ Certified ตามขั้นลงมา และเป็นไปตามความคาดหวังของผู้คนทั่วไป แต่อย่างไรก็ดี เมื่อแยกย่อยมาดูในแต่ละอาคาร NBI พบว่า อาคารที่ได้ LEED จำนวนมากกว่า 25 % มีการใช้พลังงานสูงกว่าที่ประเมินเอาไว้ อาคารระดับ Gold หลายหลัง มีการใช้พลังงานสูงกว่าที่ประเมินไว้แต่เดิมถึง 2-3 เท่า แสดงให้เห็นว่าเกิดความผิดพลาดบางอย่างในแบบประเมินของ LEED



รูปภาพที่ 5.2 ผลการวัดการใช้พลังงานของอาคารที่ได้รับรอง LEED ในอเมริกา พบว่าอาคารจำนวนมากมีการใช้พลังงานมากกว่าที่ได้ประเมินไว้ก่อนการก่อสร้าง (ที่มา: New Buildings Institute, 2008)

นั่นคือการวิเคราะห์ตามค่าเฉลี่ยซึ่งยังไม่มีการวิเคราะห์เชิงสถิติที่ลงลึก และเกิดคำถามตามมาเกี่ยวกับความเหมาะสมในการนำอาคารที่ได้ LEED ไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล CBECS เพราะอาคาร CBECS อาจจะมีความแตกต่างทางด้านอายุ ขนาด และรูปแบบการใช้ที่แตกต่างจากอาคาร LEED มากจนเกินกว่าจะนำมาเปรียบเทียบกันได้ ซึ่งอีกปีต่อมา นักวิจัยจาก National Research Council of Canada (G.R. Newsham, S.

Mancini, and B.J. Birt. 2009) จึงได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลอย่างละเอียด โดยทำการเปรียบเทียบผลการใช้พลังงานของอาคาร LEED และ CBECS โดยคัดเลือกเฉพาะกลุ่มอาคารที่เปรียบเทียบกันได้เท่านั้น ทั้งด้านอายุ ขนาด ที่ตั้ง กิจกรรม และทำการศึกษาข้อมูลเชิงสถิติอย่างลงลึกจนพบว่า

- โดยเฉลี่ย อาคารที่ได้รับรอง LEED ใช้พลังงานน้อยกว่าอาคารทั่วไป ประมาณ 18 – 39%
- แต่อย่างไรก็ดี มีอาคารที่ได้ LEED ถึง 35% ที่ใช้พลังงานมากกว่าอาคารทั่วไปที่ไม่ได้ LEED
- ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเมื่อวัดจริงไม่มีความสัมพันธ์กับระดับความเขียวของ LEED ไม่ว่าจะเป็น Certified, Silver, Gold, หรือ Platinum ล้วนไม่มีข้อแตกต่างกันเลย
- ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเมื่อวัดจริงไม่มีความสัมพันธ์กับระดับคะแนนด้านพลังงาน (Optimized Energy Performance credits)
- การทำ Enhanced Commissioning และ Measurement & Verification (M&V) ตามมาตรฐาน LEED ไม่มีความสัมพันธ์ต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเมื่อวัดจริง
- อาคาร LEED ในระดับ Gold และ Platinum เป็นกลุ่มอาคารที่พบว่ามีความคลาดเคลื่อนของการประหยัดพลังงานที่ตั้งเป้าไว้(34%) และการประหยัดพลังงานจากการวัดจริง (20%)สูง

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการศึกษาของ National Research Council of Canada (G.R. Newsham, S. Mancini, and B.J. Birt. 2009)

	Certified	Silver	Gold/Platinum
LEED Energy Credits	2.8	4.9	6.9
Energy Saving ที่คาดการณ์ไว้	21%	26%	34%
Energy Saving ที่วัดได้จริง	22%	25%	20%

กระบวนการเสริมสร้างประสิทธิภาพที่กำหนดไว้ใน LEED จะรัดกุมตั้งแต่การออกแบบตามมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับ การวางแผนการก่อสร้าง ติดตั้งอุปกรณ์ ทดสอบระบบ ดูแลบำรุงรักษาตลอดจนการทำ M&V เพื่อติดตามผลการประหยัดพลังงาน หากอาคารได้รับการปรับปรุง ถ้าหากอาคารได้ทำการทุกอย่างตามนี้ ก็ควรที่จะทำให้การประหยัดพลังงานเกิดขึ้นได้จริง และจากข้อมูลสำรวจของทั้ง NBI และNational Research Council of Canada ก็แสดงให้เห็นแล้วว่าอาคารสำนักงานใหม่ที่ได้ LEED ส่วนใหญ่ จะมีประสิทธิภาพดีกว่าอาคารทั่วไป แต่การที่อาคาร LEED จำนวนมากไม่มีประสิทธิภาพตามที่อ้างไว้นั้นสามารถแยกแยะความเป็นไปได้หลายกรณีดังนี้

1. สำหรับอาคารใหม่ (New Buildings) การใช้วิธี Computer Simulation จะมีข้อจำกัดที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่อาจจะไม่สามารถจำลองอาคารได้อย่างถูกต้องในทุกกรณี ขึ้นอยู่กับข้อจำกัดของตัวโปรแกรม นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับประสบการณ์ของผู้ใช้โปรแกรม รวมทั้งความละเอียดถี่ถ้วนในการสร้างโมเดลอาคารในคอมพิวเตอร์ ถึงแม้ว่าโปรแกรมเช่น DOE-2 จะได้รับการสอบทานความถูกต้องโดยนักวิจัยมาตลอด

50 ปี นับตั้งแต่มีการเขียนโปรแกรมขึ้นมาครั้งแรกในทศวรรษที่ 1960 แต่การใช้โปรแกรมอย่างจริงจัง มักจะจำกัดอยู่ในวงการนักวิชาการและนักวิจัยมากกว่าสถาปนิกวิศวกรทั่วไป ทำให้การพัฒนา User Interface ของโปรแกรมยังล้าหลังและใช้ยาก

2. การตั้งสมมติฐานการจำลอง Baseline ตาม ASHRAE 90.1 อาจจะไม่ได้แสดงออกถึง Baseline ที่แท้จริง เพราะกำหนดให้ Plug load มีเพียง 25% ของการใช้พลังงานทั้งหมด ซึ่งอาคารบางหลังอาจจะมีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าสูงกว่านั้นมาก ซึ่งส่งผลให้การใช้พลังงานที่วัดจริงมีค่าสูงกว่า Baseline นอกจากนี้ ASHRAE 90.1 ยังกำหนดให้ Baseline ของอาคารเกิดขึ้นจากการทำการจำลองอาคารที่หมุน 4 ทิศ และให้ตำแหน่งหน้าต่างกระจกมีการกระจายให้มีสัดส่วนพื้นที่เท่า ๆ กันในทุกทิศ ซึ่งจะเห็นว่าไม่ได้แสดงออกถึงอาคารจริงเลย ส่งผลให้ Baseline ของอาคารบางหลังมีค่าสูงกว่า หรือต่ำกว่าจริง ซึ่งสำหรับเมืองไทยที่เป็นอากาศร้อนชื้น ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มีผลต่อภาระการทำความเย็นอย่างมาก การหมุนอาคารหรือการเปิดช่องหน้าต่างในทิศทางแตกต่างกัน จะส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคารประเภทสำนักงานอย่างมาก

3. การที่ LEED กำหนดให้อาคารสร้างใหม่ (New Construction) ใช้ Baseline ตาม ASHRAE 90.1 แต่อาคารที่ปรับปรุง (Major Renovation) ใช้ลักษณะเดิมก่อนการปรับปรุง (Existing condition) มาเป็น Baseline ทำให้อาคารที่ได้รับรอง LEED ที่เป็นอาคารใหม่และอาคารปรับปรุงมี Baseline การใช้พลังงานแตกต่างกันมาก ขึ้นอยู่กับว่าสภาพอาคารเดิมเป็นอย่างไร ซึ่งถ้าสภาพอาคารเดิมแย่มาก เมื่อปรับปรุงแล้วทำการจำลองก็จะเห็นผลการประหยัดพลังงานอย่างมากมาย ซึ่งนี่ก็คือจุดมุ่งหมายของ LEED ที่สนับสนุนการปรับปรุงอาคารมากกว่าการสร้างอาคารขึ้นใหม่แต่ปัญหาก็คือไม่สามารถสื่อสารกับสังคมได้ว่าทำไมอาคาร LEED ที่เหมือนกัน ใช้พลังงานเท่า ๆกัน แต่หลังหนึ่งได้คะแนนพลังงานมากกว่าอีกหลังหนึ่งอย่างมาก การจะบอกสังคมให้เข้าใจว่าทำไม Baseline ไม่เหมือนกันคงไม่ง่ายเพราะเป็นเหตุผลทางเทคนิค ดังนั้น เมื่ออาคาร LEED แห่งหนึ่ง อ้างว่าประหยัดพลังงาน 30% คงต้องถามต่อไปว่าประหยัดเทียบกับอะไร เทียบกับอาคารเดิม (กรณีเป็นอาคารปรับปรุง Major Renovation) หรือเทียบกับ ASHRAE 90.1 (กรณีเป็นอาคารสร้างใหม่ New Construction) หรือเทียบกับอาคารทั่ว ๆ ไปในประเทศ (กรณีเป็น LEED Existing Building: Operation & Maintenance)

4. ในกรณีที่เป็น LEED EBOM แล้วนำปริมาณการใช้พลังงานไปเทียบเปอร์เซ็นไทล์กับดัชนีการใช้พลังงานของอาคารทั้งประเทศ (หรือ Benchmark) ข้อที่ต้องคำนึงคือความเที่ยงตรงของดัชนีของประเทศ ในงานวิจัยของ NBI เสนอว่าฐานข้อมูลการใช้พลังงานของประเทศอาจจะไม่ทันสมัยทันการเปลี่ยนแปลงในวงการก่อสร้าง หากฐานข้อมูลที่นำเปรียบเทียบไม่ได้มาตรฐาน หรือไม่เป็น Baseline ที่เทียบเคียงหรือเทียบเท่าได้กับอาคารที่กำลังประเมิน ระดับคะแนนพลังงานของ LEED EBOM จะไม่สามาถเชื่อถือได้เลย ในกรณีของประเทศไทย หากฐานข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารทั้งประเทศมาจากอาคารเก่าที่เป็นอาคารไม่ปรับอากาศจำนวนมาก ค่า Baseline EUI ในหน่วย kWh/m^2.ปี จะต่ำมากจนอาคารขนาดใหญ่ที่เข้าประเมิน LEED EBOM ในไทยไม่สามารถผ่านเกณฑ์ได้คะแนนใด ๆ ได้เลย หรือในทางกลับกัน หากฐานข้อมูลของไทยมีค่า EUI สูงมากเพราะอาจจะเอาข้อมูลเฉพาะอาคารขนาดใหญ่ที่เป็น อาคารควบคุมตามกฎกระทรวงมาจัดทำ Baseline อาคารที่เข้าประเมิน LEED EBOM ในไทยที่บังเอิญว่าเป็นอาคารขนาดเล็กที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศน้อยก็อาจจะผ่านได้

คะแนนพลังงานในระดับที่สูงมากในระดับ Platinum โดยไม่ต้องออกแบบพิเศษอะไรเลย สิ่งนี้จะเป็นปัญหาต่อการนำ LEED มาใช้ในประเทศไทย ซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องเช่นกระทรวงพลังงานจะต้องทำวิจัยออกมาเผยแพร่ว่าสถานภาพการใช้พลังงานในอาคารของประเทศไทยเป็นอย่างไรก่อน

5. จากผลการวิจัยของ National Research Council of Canada ที่เสนอว่า การทำ Commissioning และ M&V ตามมาตรฐาน LEED ไม่ได้ช่วยส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานในอาคาร LEED อย่างแท้จริงนั้น มีความน่าจะเป็นสูง ทั้งนี้ แผนการทำ Commissioning และ M&V จะเป็นเพียงแค่แผน ซึ่งหากอาคารไม่ได้ทำตามแผนที่ร่างกันมาอย่างสวยหรู ก็ไม่เกิดอะไรที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงาน โดยเฉพาะการทำ M&V นั้น ไม่ได้มีผลอย่างไรต่อการประหยัดพลังงานของอาคารที่เพิ่งสร้างเสร็จใหม่ ๆ เพราะ M&V นั้นเป็นกระบวนการที่มองไปในอนาคตของการจัดการอาคารหากอาคารทำการปรับปรุง ปรับเปลี่ยนการใช้สอย ซึ่งอาคาร LEED ที่สร้างเสร็จใหม่ ๆ มักจะยังไม่มีการพยายามต้องปรับปรุงหรืออัพเกรดใด ๆ M&V จึงยังคงเป็นแค่แผนที่เขียนในคู่มือดูแลรักษาอาคาร ที่ยังไม่ได้นำไปใช้จริง

ยังมีประเด็นอีกมากมายที่ทำไมอาคารที่ได้รับการรับรอง LEED อาจจะไม่ประหยัดพลังงาน หรืออาจจะไม่ Green หรืออาจจะประหยัดจริง แต่ไม่มีใครรู้เรื่องพอที่จะตอบสังคมได้อย่างชัดเจน ซึ่งประเด็นเรื่องการประหยัดพลังงานเป็นประเด็นที่สังคมให้ความสนใจ ตรวจวัดได้ และมีข้อมูลรับรองชัดเจน ไม่ว่าอาคารจะออกแบบด้วยเทคนิควิธีทางวิศวกรรมชั้นเลิศให้ประหยัดพลังงานอย่างยิ่งยวดแค่ไหน ผนังหลังคาจะใส่ฉนวนหนาเพียงใด มีกระจกมหัศจรรย์มากมายอย่างไรก็ตาม หากเจ้าของอาคารหรือผู้ใช้อาคารไม่ได้ใส่ใจใช้สอยอาคารอย่างประหยัดเพราะนึกว่าอาคารไฮเทคของตนเองจะช่วยดูแลให้อาคารประหยัดพลังงานโดยคนใช้อาคารไม่ต้องทำอะไรเลย ผลที่ได้จากการใช้จริงก็จะไม่ได้ประหยัดเหมือนที่ได้ทำเอกสารยื่นขอ LEED ไว้ตั้งแต่ต้น ในความคิดของผู้เขียนที่เคยเข้าไปเยี่ยมชม สัมผัสกับอาคารประหยัดพลังงานที่ประหยัดจริง ๆ มาเป็นจำนวนมาก พบอย่างเดียวกันในอาคารเหล่านั้นคือ **“แอร์ไม่เย็นมาก ไฟไม่สว่างจ้า”** การประหยัดพลังงานมันจึงจะสามารถเกิดขึ้นจริง หากท่านไปเยี่ยมชมอาคารใหญ่โตหรูหรา แอร์เย็นจัด ไฟสว่างจ้าจนเกินพอดี แล้วอ้างว่าเป็นอาคารเขียวระดับ LEED คงต้องฟังหูไว้หูว่าอาคารนั้นจะเป็นอาคารเขียวสักเพียงใด อาคารเขียวอาจจะไม่ใช่แค่อาคารประหยัดพลังงาน แต่คงไม่มีอาคารเขียวที่ไหนผลาญพลังงานแน่นอนปัญหาของ LEED ตอนนี้ก็คือ การขาดการสื่อสารทำความเข้าใจกับสังคมด้วยการสร้าง LEED AP ที่ไม่มีคุณภาพออกมาสู่สังคมเป็นจำนวนมาก ในขณะที่สังคมที่ไม่มีความรู้เรื่องอาคารเขียวอยู่แล้ว ก็จะคาดหวังในตัว LEED AP ไว้สูงจนเกินไป ในโครงการออกแบบอาคารเขียวโครงการหนึ่งที่ผู้เขียนเคยประสบมา ระหว่างวิศวกรวุฒิปริญญาเอกที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านอาคารประหยัดพลังงาน กับนักบัญชีที่ดูแบบไม่เป็น แต่ไปท่องหนังสือจนสอบเป็น LEED AP มาได้ เจ้าของอาคารที่เป็นนักธุรกิจอสังหาริมทรัพย์กลับเลือกคนที่สองมาเป็นที่ปรึกษาอาคารเขียวให้แก่โครงการ ผลที่เกิดขึ้นก็คือ LEED AP เหล่านั้นไม่สามารถตอบคำถาม หรือชี้แจงประเด็นการออกแบบอาคารที่สังคมต้องการคำตอบได้อย่างรู้จริง นอกจากบอกให้เจ้าของอาคารทำไปตาม Checklist ของ LEED ทำให้เจ้าของอาคารเสียเงินทองมากมายไปกับองค์ประกอบการออกแบบที่ไม่คุ้มค่าปัจจุบันมี LEED AP จำนวนมากที่ดูแบบพิมพ์เขียวก่อสร้างยังไม่เป็นแต่ก็สอบผ่านเป็น LEED AP ได้ง่าย ๆ ซึ่ง US. Green Building Council จึงออกมาแก้ไขโดยการแบ่งประเภทของ LEED AP ว่าจะเป็นชนิดที่ปล่อยออกไปเป็นที่ปรึกษาการออกแบบอาคาร

เขียว (LEED BD/C) หรือเป็นประเภทที่ทำงานประจำอยู่กับผู้ประกอบการหรือผู้ผลิตวัสดุ (LEED Green Associate) สุดท้ายนี้ สำหรับการนำมาตรฐาน LEED มาใช้ในประเทศไทย ยิ่งได้ลองทำโครงการ LEED มากขึ้น ยิ่งเห็นภาพและปัญหามากขึ้นเรื่อย ๆ เป็นลำดับ และก็เห็นว่า LEED พยายามที่จะปรับแก้ให้สอดคล้องกับบริบทของนานาชาติ เพื่อให้เกณฑ์ของ LEED เป็นที่แพร่หลายไปทั่วโลก ซึ่งไม่ว่ามันจะ Green จริง หรือ Green ปลอม ๆ อีกไม่นานเราคงจะเห็นอาคารทั่วโลกติดตรา LEED กันไปหมด เหมือนที่มีคนประชดประชันว่า **"ในกรุงวอชิงตัน ดีซี ให้เราหลับตาแล้วขว้างก้อนหินออกไป ยังไง ๆ ก็โดนอาคารที่ติดตรา** LEED" ถึงแม้ประเทศสหรัฐอเมริกาจะเป็นประเทศที่บริโภคพลังงาน และปล่อยคาร์บอนออกมามากที่สุดในโลก แต่ในอนาคตทุกคนที่อเมริกาก็จะเป็นคนที่อยู่ในอาคารเขียวที่ติดตรา LEED ได้โดยไม่แคร์ใคร เพราะเขาคิดว่านั่นคือการช่วยรักษาโลกเท่าที่เขาทำได้โดยพวกเขาไม่ต้องลำบากจนเกินไป ยังไงก็ตาม LEED ก็ยังเป็นเกณฑ์อาคารเขียวสำหรับคนรวยอยู่ดี สำหรับประเทศจน ๆ อย่างไทย คงต้องรอกันไปก่อน การอยู่บ้านไทยไม่ติดแอร์ นั่งเหงื่อแตกทั้งวัน มันคงไม่ Green ตามความหมายของ LEED เพราะ ASHRAE ซึ่งเป็นสมาคมวิศวกรปรับอากาศของอเมริกา คงจะไม่ค่อยเต็มใจให้อาคารใดเป็น Green ได้โดยการอ้างว่าจะไม่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ[2]

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร กรรมการบริหารสถาบันอาคารเขียวไทย, ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเขียว LEED (MainC tohveemr estor, ภูมิปัญญาวิศวกรไทย ร่วมใจเพื่อสังคม: ปีที่ 63 ฉบับที่ 3 พฤษภาคม-มิถุนายน 2553)

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์. **การออกแบบเชิงชีวภาพ-ภูมิอากาศอาคารเขียวในยุคการเปลี่ยนแปลงทางสภาวะอากาศ** ,BIO-CLIMATIC Design Green Buildings in the Climate Change Era. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์. **การออกแบบโดยวิธีธรรมชาติและแนวความคิดอาคารเขียว**.

พินัส เลิศเลื่อมใส และ บุรพล แจ้งสว่าง. **จุลสาร** ACS.(กรกฎาคม-ธันวาคม)

อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ. **การประเมินสมรรถนะด้านพลังงานของอาคารมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต**The Assessment of Building Energy Performance:Thammasat University, Rangsit Campus. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อรรจน์ เศรษฐบุตร และ ธนิต จินดาวณิค. **การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกันความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารบ้านเดี่ยว**. ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3 23 – 25 พฤษภาคม 2550 โรงแรมใบหยกสกาย กรุงเทพมหานคร .

เอกสารเผยแพร่. **แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน**

ภาษาอังกฤษ

AcuityBrands™ Lighting. **ASHRAE 90.1-2007 Definitions**[Online]. Available from: http://www.acuitybrandslighting.com/sustainability/ASHRAE-Definitions.htm [2009, December 20]

Egan, M. D., and Olgyay, V. W. **Architectural lighting**, 2nd ed. Boston: McGraw-Hill, 2002.

Kaufman, J. E. **IES Lighting Handbook 1981: Reference Volume**. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 1981.

Panero, J., and Zelnik, M. **Human dimension & interior space: a source book of design reference standards**. New York: Whitney Library of Design, 1979.

SUSHI PROJECT .**Environmental Law & Regulations** .[2010,June 17]

The_donn. **Simulation Quality Assurance: Illuminance and Uniformity**[Online]. Available from: http://www.aecsimqa.net/en/node/19 [2009, December 20]

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กรินทร์ ภู่นวล. **การปรับปรุงระบบเปลือกอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน : กรณีศึกษาอาคารสำนักพหลโยธิน ธนาคารกสิกรไทย จำกัด (มหาชน)** " (Building envelope improvement for energy conservation : a case study of Thai Farmers Bangk building, Phaholyothin),จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2540

จิตติมา กลั่นหอม. **แนวทางการสร้างแบบประเมินอาคารปรับอากาศเพื่อประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น** ,คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2546

ตรึงใจ บูรณสมภพ. **การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการ ประหยัดพลังงาน**: Design of Energy-Efficient Buildings. กรุงเทพฯ: อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, 2539

นัฐพล จิรัฐติกาลกิจ. **แนวทางการออกแบบประสานระบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงาน ในอาคารสาธารณะขนาดเล็ก** (An integrated design approach to increase energy efficiency in small public buildings).จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2546

พรรณชลัท สุริโยธิน. **วัสดุและการก่อสร้าง: หลอดไฟฟ้า**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547

พรรณชลัท สุริโยธิน. **วัสดุและการก่อสร้างกระจก**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543

รัฐศักดิ์ พรหมมาศ. **การลดภาระการทำความเย็นของปล่องระบายอากาศแสงอาทิตย์ด้วยวิธีการคำนวณ OTTV**. ประจวบคีรีขันธ์: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาเขตวังไกลกังวล, 2542

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. **คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2538

ศักดา เชี่ยวนันทวงศ์ . **การออกแบบบ้านแถวเพื่อใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ** (Townhouse design with energy efficiency) ,จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2547

สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์. **สร้างสรรค์ อาคารสบาย**. กรุงเทพฯ: สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2547

อรรจน์ เศรษฐบุตร. **เอกสารประกอบการสอนเรื่อง** Transient thermal analysis. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาอังกฤษ

Akashi, Y., and Boyce, P. R. A field Study of Illuminance Reduction. **Energy and Buildings** 38 (2006): 588 – 599.

Chung, T. M., and Burnett, J. Lighting Quality Surveys in Office Premises. **Indoor and Built Environment** 9 (2000): 335 – 341.

Levy, A. W., and Wotton, E. An Appraisal of Task – Ambient Lighting Systems. **Energy and Buildings** 2 (1979): 259 – 270.

Lighting Research Center. **Technical Guide for Effective, Energy – Efficient Lighting**. New York: NYSERDA, (n.d.)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การใช้งานโปรแกรม OTTVEE Version 1.0a

OTTVEE Version. 1.0a เป็นโปรแกรมช่วยในการคำนวณOTTV/RTTVตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 และ ประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

1. ความสามารถของ OTTVEE Version. 1.0a

OTTVEE Version. 1.0a มีความสามารถดังต่อไปนี้

• คำนวณค่า OTTV / RTTV ตาม พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535

• สามารถเพิ่มข้อมูลวัสดุ ตามกลุ่มวัสดุที่โปรแกรมกำหนดไว้

• สามารถสร้างชั้นของผนังทึบและผนังโปร่งแสงจากข้อมูลวัสดุที่ได้ป้อนเตรียมไว้แล้วผนังทึบสามารถป้อนข้อมูลเตรียมไว้ได้ 15 แบบ 10 ชั้น ส่วนผนังโปร่งแสงเตรียมไว้ได้ 10 แบบ 6 ชั้น

• การป้อนข้อมูลกรอบอาคารสามารถป้อนได้ถึง 80 ชิ้น

• แบบของอุปกรณ์บังแดดภายนอกมีถึง 15 แบบ

• ทิศทาง (Orientation) ของกรอบอาคารกำหนดได้ถึง 16 ทิศ

• หาค่า TDeq ได้โดยผู้ใช้ไม่ต้องไปเปิดตาราง

• นำข้อมูลกรอบอาคารจากที่ป้อนไว้เพื่อคำนวณค่า OTTV/RTTV มาใช้ในการประเมินภาระปรับอากาศไปจนถึงประเมินการใช้พลังงาน ได้โดยไม่ต้องป้อนข้อมูลกรอบอาคารใหม่ในอาคารเดียวกัน

• รายงานที่พิมพ์ออกมามีรายละเอียดการคำนวณค่า OTTV ของแต่ละชิ้นของผนังนั้นมาก และ มีสรุปค่า OTTV ไว้ที่แผ่นแรก ซึ่งทำให้ดูผลลัพธ์ได้ง่าย

• ประเมินภาระของระบบปรับอากาศโดยรวมของอาคารด้วยมาตรฐาน ASHRAE 90.1 2007

• ประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

• ประเมินราคากรอบอาคาร และ ราคาของระบบปรับอากาศ

• ประเมินค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนและรวมตลอดทั้งปี

• ได้เตรียมข้อมูลสภาพอากาศไว้เพื่อคำนวณภาระปรับอากาศ เป็นรายชั่วโมงตลอดปี

• มีข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานคร และจังหวัดใหญ่ในแต่ละภูมิภาคได้แก่ เชียงใหม่ , อุบลราชธานี , นครราชสีมา , ชลบุรี , สงขลา , ภูเก็ต , อุดรธานี , ขอนแก่น ,กาญจนบุรี และ ระยอง

• ได้เตรียมข้อมูล USER PATTERN ของอาคารต่างๆไว้ได้แก่ผู้ใช้อาคาร ระบบแสงสว่าง และผู้ใช้สามารถกำหนดขึ้นมาใช้ได้ด้วยตนเอง อย่างง่ายดาย

• การป้อน USER PATTERN สามารถป้อนได้ทั้งแบบกราฟฟิกและตัวเลข

• USER PATTERN กำหนดได้ทุกชั่วโมงทั้งสัปดาห์ คือ กำหนด ได้ทั้ง วันจันทร์ถึง วันอาทิตย์ และ วันหยุด

• ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศที่ใช้ในอาคาร

• ได้รวบรวมข้อมูลภาระบุคคลในกิจกรรมต่างๆเพื่อเลือกใช้ในการคำนวณภาระปรับอากาศ

• ได้รวบรวมข้อมูลการสูญเสียของบัลลาสต์เพื่อเลือกใช้ในการคำนวณภาระปรับอากาศ

• สามารถกำหนดการคิดค่าไฟฟ้าได้ด้วยผู้ใช้เอง

• สามารถแสดงผลเป็นกราฟในแต่ละชั่วโมง

• รายละเอียดการคำนวณสามารถนำไปใช้กับโปรแกรมอื่นที่ RUN บน Windows 95 ได้โดยตรง (ใช้คำสั่ง copy และ paste ได้)

• สามารถพิมพ์กราฟเป็นสีได้

• สุดท้ายสามารถนำผลลัพธ์ประเมินราคากรอบอาคาร , ระบบปรับอากาศและ ค่าไฟฟ้าต่อปี มาวิเคราะห์การลงทุน เมื่อมีการปรับปรุงอาคาร

• เพิ่มข้อมูลวัสดุกว่า 40 ชนิด จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2. การป้อนข้อมูลกรอบอาคาร และคำนวณค่า OTTV/RTTV

2.1 ข้อกำหนดเบื้องต้น

ก่อนการป้อนข้อมูลใดก็ตาม ก่อนอื่นต้องใส่ข้อมูลเฉพาะของโครงการเสียก่อน

1. ชื่อโครงการ
2. ชื่อบริเวณ
3. ชนิดบริเวณ มีให้เลือกรายการได้ดังนี้
4. ที่ตั้งโครงการ คือ จังหวัดที่ตั้งของอาคารที่ต้องการคำนวณ
5. ขนาดพื้นที่ คือ พื้นที่บริเวณปรับอากาศเป็นตารางเมตร
6. ความสูงของบริเวณที่ปรับอากาศ

เมื่อท่านป้อนและเลือกข้อมูลเฉพาะของโครงการแล้ว ท่านจึงจะสามารถเข้าส่วนอื่นในรายการหลักได้ ต่อมาเราจะมาป้อนข้อมูลกรอบอาคารกันต่อไปโดยกดปุ่มตกลง หรือที่รายการหลักเลือก เพื่อเข้าส่วนการป้อนกรอบอาคาร

3. การกำหนดรายการในการป้อนข้อมูลกรอบอาคาร มี 2 ขั้นตอนด้วยกันคือ

ขั้นตอนที่ 1 เลือกทิศและชนิดผนัง

ในขั้นตอนแรกนี้ให้ท่านป้อนทิศและชนิดของรายการผนังก่อน ทิศที่ OTTVEEสามารถกำหนดได้ 16 ทิศ ตามรูปด้านล่างนี้

การกำหนดชนิดผนังสามารถกำหนดได้ 3 ชนิด ได้แก่ ผนังทึบ , ผนังโปร่งแสง ,หลังคาทึบ และ หลังคาโปร่งแสง

ขั้นตอนที่ 2 ป้อนรายละเอียด ท่านสามารถป้อนรายละเอียดของผนังแต่ละรายการได้ตามชนิดของผนังดังนี้

ก. ผนังทึบ

ข้อมูลที่ผนังทึบต้องการคือ ชื่อผนัง , น้ำหนัก , U ของผนัง , ราคา, ภาพ , ความเอียงของผนัง , พื้นที่ และ สีผิววัสดุภายนอกปรับความเอียง ข้อมูลที่สามารถใช้จาก Library ที่ได้เตรียมไว้แล้วได้แก่ น้ำหนัก , U ของผนัง ,ราคา และ ภาพส่วนด้านบนจะเป็นผลการคำนวณค่า Q และ การเลือกค่า TD ของผนังรายการนี้ เมื่อป้อนข้อมูลเสร็จแล้วให้ท่านกดปุ่ม เพื่อให้ OTTVEE รับทราบข้อมูลที่ได้ป้อนไว้แล้ว หรือ ท่านต้องการใช้ข้อมูลเดิมก่อนเข้ามาป้อนรายละเอียดนี้ ให้กดปุ่ม .

ข. ผนังโปร่งแสง

3. การคำนวณค่า OTTV/RTTV

เมื่อป้อนรายละเอียดทั้งหมดของกรอบอาคารของโครงการนี้แล้ว ให้ท่านกดปุ่ม เพื่อเข้าส่วนการคำนวณ , แสดงผล และ รายงานผลการคำนวณ เมื่อเข้ามาในส่วนนี้แล้ว OTTVEE จะทำการคำนวณค่า OTTV / RTTV ทันทีและแสดงผลลัพธ์ไว้คือ ส่วนบนจะแสดงค่า OTTV ของอาคาร และ ค่า RTTV ของอาคาร ถ้าต้องการดูรายละเอียดการคำนวณว่าผนังหรือหลังคาแต่ละรายการมีการคำนวณมาอย่างไร ให้ดูในส่วนล่าง ซึ่งได้เฉลี่ยในแต่ละทิศไว้แล้ว ถ้าท่านต้องการพิมพ์รายงานก็ให้กดปุ่ม

4. การคำนวณการใช้พลังงานในอาคาร

4.1 **ป้อนข้อมูลภายในอาคาร** ในการป้อนข้อมูลการใช้พลังงานของอาคาร ส่วนหนึ่งก็คือภาระของระบบปรับอากาศซึ่ง เป็นส่วนที่ซับซ้อนที่สุด และจากบทที่ 2 การป้อนข้อมูลกรอบอาคาร ก็เป็นส่วนในการที่จะนำไปคิดภาระการปรับอากาศ ในบทนี้เราจะทำการป้อนข้อมูลส่วนที่เหลือเพื่อจะใช้คำนวณการใช้พลังงานของอาคารทั้งหมดในส่วนนี้จะเห็นได้ว่าในส่วนบนจะเป็นข้อมูลเฉพาะของโครงการนั้น ในส่วนภายในซึ่งมีข้อมูลเป็นจำนวนมากที่ต้องการ สามารถเลื่อนเปลี่ยนค่าได้ สามารถอธิบายเป็นไปตามลำดับต่อไปนี้

• ภาวะการออกแบบระบบปรับอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ และ ความชื้นที่ต้องการในการออกแบบ , ข้อมูลภูมิอากาศสามารถเลือกได้หลายภูมิอากาศตามต้องการ

• วันเริ่มต้นของปี คือ การกำหนดว่าวันที่ 1 ม.ค. ของการคำนวณนี้เป็นวันใดในสัปดาห์ เพื่อจะให้ OTTVEE รู้ว่าวันที่ใดเป็นวันหยุดหรือวันใดในสัปดาห์จะได้คำนวณพลังงานอย่างถูกต้อง

• รายการวันหยุดตลอดปี ให้ท่านกำหนด วันที่ ของวันหยุดให้ปี OTTVEE เตรียมรายการวันหยุดนี้ไว้ 20 รายการ

• ชนิดของระบบปรับอากาศ ให้ท่านเลือกชนิดของระบบปรับอากาศที่อาคารนี้ใช้งาน รายการชนิดของระบบปรับอากาศ สามารถแก้ไขและติดตั้งได้

• เวลาการเปิดปิดระบบปรับอากาศ เป็นการกำหนดเวลาการเปิด และ เวลาปิดระบบปรับอากาศ สามารถกำหนดเวลาแตกต่างกันได้ในแต่ละวันในสัปดาห์

• น้ำหนักพื้น และ ชนิดของผนังภายใน มีให้เลือก 4 ขนาด ซึ่งจะมีผลกับการสะสมความร้อนภายในอาคาร

• ชนิดของหลังคา คือ ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการประกอบเป็นหลังคาของอาคาร

• การรั่วไหลของอากาศในบริเวณปรับอากาศ มีให้ป้อนได้ 3 แบบคือ ใช้พื้นที่ผิวอาคาร, ปริมาณการเปลี่ยนแปลงอากาศ และ ปริมาณอากาศลิตรต่อวินาที

• กิจกรรมของผู้ใช้อาคาร คือ ลักษณะของผู้คนที่เข้ามาภายในอาคารมีให้เลือกหลายแบบซึ่งสามารถแก้ไขและติดตั้งได้ที่ ซึ่งติดตั้งค่าทั้งหมดไว้

• ปริมาณผู้ใช้อาคาร สามารถป้อนได้ 2 แบบ คือ ป้อนจำนวนคนที่ใช้อาคารโดยตรง หรือกำหนดเป็นพื้นที่ต่อคน

• การคำนวณปริมาณอากาศบริสุทธิ์ คือ การกำหนดวิธีที่จะใช้คำนวณภาระของอากาศ

บริสุทธิ์ (fresh air) มี 2 วิธีให้เลือกคือ เปลี่ยนแปลงตามจำนวนคน (การเปลี่ยนแปลงจำนวนผู้ใช้อาคารในแต่ละเวลาถูกกำหนดด้วยรูปแบบการเข้าออกของผู้ใช้อาคาร) หรือ ใช้ค่าสูงสุดคงที่

• รูปแบบการเข้าออกของผู้ใช้อาคาร (Occupancy Pattern) คือ ปริมาณการเข้าออกของผู้ใช้อาคารในแต่ละวันแต่ละชั่วโมง

• ปริมาณการระบายอากาศ (Ventilation) สามารถกำหนดปริมาณได้ 2 วิธีคือปริมาณการเปลี่ยนแปลง หรือ ปริมาณอากาศลิตรต่อวินาที

• การใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง มี 2 ส่วนคือ

1. ภายในบริเวณปรับอากาศ สามารถกำหนดได้ 2 วิธีคือ ใช้ปริมาณวัตต์ต่อตารางเมตร หรือ กำหนดปริมาณการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างเป็นกิโลวัตต์ ซึ่งสามารถกำหนดเป็นหลอดไฟฟ้าแบบฟลูออเรสเซนต์ OTTVEE จะคำนวณการสูญเสียของบัลลาสต์ให้ด้วย

2. ภายในบริเวณปรับอากาศ สามารถกำหนดได้วิธีเดียวคือกำหนดปริมาณการใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง ซึ่งสามารถกำหนดเป็นหลอดไฟฟ้าแบบฟลูออเรสเซนต์ OTTVEE จะคำนวณการสูญเสียของบัลลาสต์ให้ด้วยเช่นกัน

• การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า มี 2 ส่วนคือ

1. ภายในบริเวณปรับอากาศ สามารถได้ 2 วิธีคือ ใช้ปริมาณวัตต์ต่อตารางเมตร หรือ กำหนดปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์สามารถกำหนดได้ 10 ชนิดของอุปกรณ์และแต่ละชนิดมีรูปแบบการใช้ที่แตกต่างกันด้วยเพื่อให้ได้ค่าการใช้พลังงานที่ใกล้เคียงขึ้นมาอีกขั้นหนึ่ง

2. ภายนอกบริเวณปรับอากาศ สามารถกำหนดปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ได้วิธีเดียว วิธีป้อนข้อมูลก็มีลักษณะเป็นเช่นเดียวกับการกำหนดภายในบริเวณปรับอากาศ

4.2 การคำนวณพลังงานและแสดงผลการคำนวณ

เมื่อท่านพร้อมที่จะทำการคำนวณให้กดปุ่มคำนวณ OTTVEE จะทำการคำนวณและปรากฏแถบวิ่งจนเต็มแสดงว่า OTTVEE ทำการคำนวณเสร็จเรียบร้อยแล้ว แต่อาจจะมีข้อมูลที่ท่านป้อนผิดพลาดได้ ท่านต้องดูที่ช่องข้อความด้วยว่ามีอะไรผิดพลาดบ้าง

4.3 การแสดงผลการคำนวณพลังงาน

การแสดงผลขั้นต้นจากการคำนวณจะปรากฏทันทีที่คำนวณเสร็จ ได้แก่ ขนาดระบบปรับอากาศ , เฉลี่ยตารางเมตรต่อตัน , ราคากรอบอาคาร , ราคาระบบปรับอากาศ และ ค่าไฟฟ้าทั้งปีของอาคารโครงการนี้

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นส. อุราวัลย์ รุกขไชยศิริกุล

เกิด 25 สิงหาคม พ.ศ.2525

การศึกษา

- ระดับประถมศึกษา โรงเรียนวัดกำแพง เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร
- ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนมัธยมวัดดุสิตาราม กรุงเทพมหานคร
- ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนชิโนรสวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
- ระดับอุดมศึกษา สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปีการศึกษา 2548
- เข้าศึกษาหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552

การทำงาน

- พ.ศ.2548 – 2550 บริษัท KTGY INTER- ASSOCIATES., LTD ตำแหน่ง สถาปนิก
- พ.ศ.2550 – 2551 บริษัท Palmer & Turner (Thailand)., LTD ตำแหน่ง สถาปนิก
- พ.ศ.2551 – ปัจจุบัน บริษัท เอสซีจี เน็ตเวิร์ค แมเนจเม้นท์ จำกัด ส่วน พัฒนาเครือข่ายจัดจำหน่าย ฝ่ายการตลาด ส่วนพัฒนาร้าน ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่พัฒนาร้าน HOME MART (Store Development Consultant)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย