

การเปลี่ยนแปลงภาระการทำความเย็นของอาคารสำนักงานที่มีผลมาจากชนิดของวัสดุ
และอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร กรณีศึกษา: จังหวัดขอนแก่น
A Change of Building's Cooling Load due to Envelope Materials and Window
to Wall Area Ratio; Case Study of Office Building in Khon Kaen Province
ชูพงษ์ ทองคำสมุทร
Choopong Thongkamsamut

ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ภาควิชาเทคโนโลยีอาคาร
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
E-mail: choopong_t@hotmail.
com

บทคัดย่อ

พลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศมีสัดส่วนค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับพลังงานที่ต้องใช้ในส่วนอื่นๆ ทั้งนี้เกิดจากภาระการทำความเย็นของอาคารทั้งจากภายนอกและภายในอาคาร ภาระการทำความเย็นจากภายนอกอาคารจะได้รับอิทธิพลโดยตรงจากชนิดของวัสดุอาคาร อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร และพื้นที่ผนังอาคาร การศึกษานี้จึงต้องการชี้ให้เห็นถึงอิทธิพลของปัจจัยทั้งหมดนี้ เพื่อที่จะนำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบก่อสร้างอาคารเพื่อลดภาระการทำความเย็นให้ต่ำที่สุด โดยผลการศึกษาพบว่าอิทธิพลของอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคารมีค่ามากที่สุดหากไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดด ทั้งนี้หากมีการออกแบบอาคารให้มีพื้นที่ช่องเปิดมาก ถึงแม้จะมีการเลือกใช้วัสดุสมัยใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนจากภายนอกได้ดี แต่ทว่าภาระการทำความเย็นก็ยังคงสูงกว่ากรณีที่ใช้วัสดุแบบดั้งเดิมแต่มีพื้นที่ช่องเปิดที่น้อยกว่า

ABSTRACT

Cooling demand in building is the major part of the whole building energy consumption. It is resulted from cooling load caused by external and internal factors. The external cooling load is influenced by type of envelope materials and window to wall area ratio (WWR). The aim of this study is to demonstrate the influence of these three factors in order to develop the guidelines for the lowest cooling load in design and construction. The results show that window to wall area ratio (WWR) is the most powerful factor than the other in case of no shading device. If the building has more window area, although high efficiency materials are used, the cooling load of the design is higher than that of the conventional design having less window area.

คำสำคัญ: การอนุรักษ์พลังงาน, ประสิทธิภาพพลังงาน, วัสดุอาคาร, อัตราส่วนพื้นที่ผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ผนังอาคาร

Keywords: Energy conservation, Energy efficient, Building materials, Window to wall area ratio

บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นแถบศูนย์สูตร มีอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในระดับสูงเกือบตลอดทั้งปี¹ ส่งผลให้ความร้อนและความชื้นมีการถ่ายเทเข้าสู่อาคารผ่านทาง กรอบอาคารทั้งในส่วนของพื้น ผนังและหลังคา ในกรณีที่อาคาร ไม่ใช้เครื่องปรับอากาศ ความร้อนและความชื้นนี้จะส่งผลกระทบต่อ ผู้ใช้อาคารทางด้านสภาวะสบายทางด้านอุณหภูมิ² แต่ หากมีการใช้เครื่องปรับอากาศก็จะส่งผลกระทบต่อภาระการทำความเย็น ของเครื่องปรับอากาศ (Cooling Load) ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่าย ในส่วนของพลังงานงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอาคารที่มีการใช้ งานในเวลากลางวันเป็นหลัก

จากการศึกษาในเบื้องต้น พบว่าชนิดของวัสดุอาคารทั้ง วัสดุทึบ วัสดุโปร่งแสง และอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดอาคารต่อพื้นที่ ผนังอาคาร (Window to Wall Area Ratio: WWR) มีอิทธิพลต่อ ภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศในระดับค่อนข้างสูง (สุนทร บุญญาธิการ, 2545) และหากอาคารนั้นไม่มีอุปกรณ์บัง แดดหรือไม่ได้รับการบังเงาจากอาคารข้างเคียง อิทธิพลของวัสดุ และอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคารนี้จะยิ่งสูงขึ้น จึงเป็นที่มาของ การศึกษาเพื่อให้ผู้ออกแบบและผู้ที่มีส่วนในการกำหนดวัสดุอาคาร ได้ทราบถึงอิทธิพลของปัจจัยดังกล่าวต่อภาระการทำความเย็นของ อาคารซึ่งเจ้าของอาคารต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ต้อง ใช้ในการดำเนินโครงการ โดยพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้ในส่วน ของระบบปรับอากาศกรณีที่มีการใช้งานในตอนกลางวันเป็นส่วนใหญ่ จะมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 50-65 ของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ ใช้ในอาคาร (วีรดา ธีราษฎ์วิเศษ, 2556 และสถาบันอาคารเขียว ไทย, 2555)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยของวัสดุอาคารที่มีผลต่อ ภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ และเพื่อศึกษาเพื่อ ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยด้านอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ช่องเปิดต่อ พื้นที่ผนังอาคารที่มีผลต่อภาระการทำความเย็นของระบบปรับ อากาศ

ระเบียบวิธีการศึกษาวิจัย

การวิจัยนี้ใช้การจำลองค่าภาระการทำความเย็นของ ระบบปรับอากาศจากโปรแกรม Ener-Win ที่ถูกพัฒนาโดย Degelman Engineering Group (2007) ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นโปรแกรมคำนวณการใช้พลังงานของอาคารซึ่งแสดงข้อมูลใน ลักษณะโปรแกรมเคลื่อนไหว (Dynamic Program) ตามข้อมูลที่ กำหนด ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลสภาพภูมิอากาศ (Weather Data) อุณหภูมิ (Temperature Data) วัสดุอาคาร (Building Materials Data) พื้นที่ใช้สอยของอาคาร (Building Area Data) ช่วงเวลา การใช้อาคาร (Occupied Days) อุปกรณ์ประกอบอาคารที่ต้องใช้ พลังงาน (HVAC Data) และอื่นๆ โดยโปรแกรมจะนำข้อมูลทั้งหมด มาคิดคำนวณประมวลผล แล้วแสดงผลเป็นข้อมูลในลักษณะการ บริโภคพลังงานรายปี โดยแยกตามหมวดของการใช้พลังงานในด้าน ต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์และอภิปรายผลการศึกษา โดย การศึกษาครั้งนี้จะใช้ข้อมูลสภาพอากาศของจังหวัดขอนแก่นเฉลี่ย ย้อนหลัง 5 ปี สำหรับการป้อนค่าให้กับโปรแกรม

ตัวแปรต้นที่จะนำมาศึกษาได้แก่ ชนิดของวัสดุผนังทึบ แสง (Opaque Materials) และวัสดุโปร่งแสง (Transparent Materials) ได้แก่

- ระบบผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบสองด้านความ หนาแน่น 10.0 เซนติเมตร เป็นตัวแทนของวัสดุก่อสร้างในระบบ ของผนังแบบดั้งเดิม (Conventional Wall System)
- ระบบผนังก่อวัสดุมวลเบาฉาบเรียบสองด้าน ความ หนาแน่น 10.0 เซนติเมตร เป็นตัวแทนของวัสดุผนังที่กำลังได้รับความนิยม ในการก่อสร้างเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน (อิริฐท์ กัลยา, 2556)
- ระบบผนังโฟมโครงคร่าวโลหะฉาบปูนด้วยวัสดุชนิด พิเศษ (Exterior Insulation and Finished System: EIFS) เป็น ตัวแทนวัสดุก่อสร้างในระบบผนังทางเลือก
- กระฉกใสความหนา 6 มิลลิเมตร เป็นตัวแทนของ กระฉกแบบดั้งเดิมและใช้เป็นกระฉกอ้างอิง
- กระฉกสีเขียวความหนา 6 มิลลิเมตร เป็นตัวแทน ของกระฉกที่ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากมี

¹ อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 28 - 29 องศาเซลเซียส (82 - 84 องศาฟาเรนไฮต์) เฉพาะในช่วงเวลากลางวันมีอุณหภูมิประมาณ 30 - 31 องศาเซลเซียส (86 - 88 องศาฟาเรนไฮต์) กลางคืนมีอากาศเย็นกว่าเล็กน้อย นอกจากนี้ยังมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิไม่มากนัก ไม่ว่าจะเป็นความแตกต่างระหว่าง อุณหภูมิในแต่ละวัน หรือใน 1 ปี ในฤดูร้อนจะมีอุณหภูมิที่แตกต่างประมาณ 6 องศาเซลเซียส (11 องศาฟาเรนไฮต์) และฤดูหนาวประมาณ 13 องศาเซลเซียส (22 องศาฟาเรนไฮต์) (พรรณชลัท สุริโยธิน, คมกฤษ ชูเกียรติมัน และอุษณีย์ มิ่งวิมล, 2541 อ้างถึงใน ชญาณิน, 2551)

² อยู่ระหว่างอุณหภูมิ 21.1-27.8 องศาเซลเซียส (70-82 องศาฟาเรนไฮต์) ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 20-75 เปอร์เซ็นต์ (Fanger, 1972)

อัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงที่ตามองเห็นต่อค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาของกระจก (Light Transmission/Shading Coefficient) ที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับกระจกใสความหนา 6 มิลลิเมตร กระจกสีชา และกระจกสะท้อนความร้อนชนิดอื่นที่มีความหนาเท่ากัน (ชูพงษ์ ทองคำสมุทร, 2555)

● กระจกสองชั้นตรงกลางมีก๊าซเฉื่อย เคลือบสารที่มีค่าการแผ่รังสีต่ำ (Double Glazing with Low-E Coating) เป็นตัวแทนของกระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (U-Value) และ Solar Heat Gain Coefficient: SHGC ต่ำที่สุดเมื่อเปรียบ

เทียบกับกระจกชนิดอื่นทั้งหมด (สถาบันอาคารเขียวไทย, 2555) เป็นตัวแทนของวัสดุกระจกระบบใหม่

โดยที่วัสดุทั้งหมดเมื่อนำมาประกอบกันเป็นผนังอาคาร จะได้รูปแบบการประกอบระหว่างวัสดุผนังกับวัสดุผนังโปร่งแสงทั้งหมด 9 รูปแบบ (Material Combinations) ด้วยกัน ทั้งนี้เพื่อที่จะนำไปทำการทดสอบในโปรแกรมจำลองพลังงาน โดยที่คุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุที่จะนำมาทดสอบนี้สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1 และ 2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ค่าคุณสมบัติของวัสดุผนังอาคารส่วนวัสดุผนังทึบ

ผนังทึบ (Walls)	ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน หรือ K (W/m.K)	ค่าความต้านทานความร้อน หรือ R (m^2K/W)	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน หรือ U ($W/m^2.K$)	ค่าการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ หรือ Solar absorptivity	ค่าการหน่วงเหนี่ยวความร้อน หรือ Time lag (ชั่วโมง)
ผนังก่ออิฐฉาบปูน สีขาว (Brick) หนา 0.10 เมตร	0.81*	0.19*	2.58*	0.3**	2***
คอนกรีตมวลเบา หนา 0.10 เมตร (Lightweight Concrete)	0.35**	0.46*	1.5*	0.3**	4***
ระบบผนังโพนโครคร่าว โลหะฉาบด้วยวัสดุชนิดพิเศษ (EIFS)	0.04*	2.82*	0.32*	0.3**	2***

ที่มา: * ชูพงษ์ ทองคำสมุทร (2555)

** กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2552)

*** รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ (2543)

ตารางที่ 2 แสดงค่าคุณสมบัติของวัสดุอาคารส่วนวัสดุโปร่งแสงหรือช่องเปิด

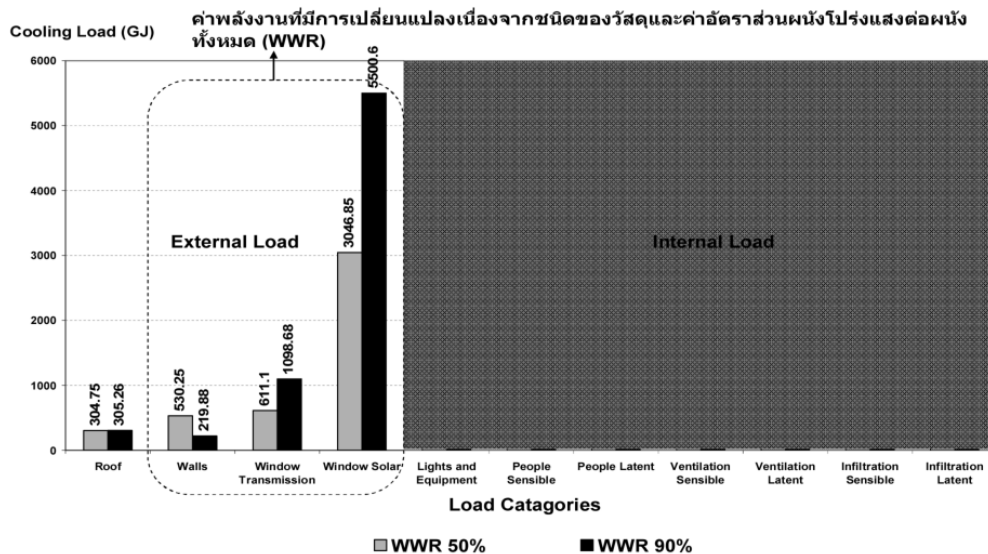
วัสดุช่องเปิด(Fenestrations)	ค่าสัมประสิทธิ์การ ถ่ายเทความร้อน หรือ U (W/m ² .K)	ค่าสัมประสิทธิ์การ บังเงา หรือSC	ค่าสัมประสิทธิ์การ ถ่ายเทความร้อน จากรังสีอาทิตย์ หรือSHGC	ค่าสภาพเปล่งรังสี หรือEmissivity	ค่าส่องผ่าน รังสีอาทิตย์ หรือDaylight transmission (%)
กระจกใส (Float glass) หนา 6 มิลลิเมตร	5.60*	0.84*	0.73*	0.85***	80***
กระจกเขียวตัดแสง หนา 6 มิลลิเมตร (Ocean green glass)	5.88**	0.67***	0.58**	0.85***	49****
กระจกใส 2 ชั้น เคลือบสารที่ มีค่าการแผ่รังสีต่ำ (Double low-e glass)	1.45*	0.35****	0.30*	0.30***	51***

ที่มา: * กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (2542)
 ** กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2552)
 *** กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2553)
 **** ขุพงษ์ ทองคำสมุทร (2555)

การประกอบกันของผนังนั้นจะต้องมีการพิจารณาค่าสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดต่อผนังทั้งหมด สำหรับการศึกษาในครั้งนี้จะพิจารณาอัตราส่วนนี้ที่ 10% ในกรณีพื้นที่ช่องเปิดน้อย 50% ในกรณีพื้นที่ช่องเปิดปานกลาง และ 90% ในกรณีพื้นที่ช่องเปิดมาก โดยรูปแบบอาคารที่พิจารณาจะใช้อาคารที่มีผังอาคารเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (เพื่อที่จะควบคุมตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับทิศทางของอาคาร) ขนาด 48x48 ตารางเมตร มีจำนวน 4 ชั้น ความสูง

อาคารรวม 16 เมตร หลังคาของอาคารเป็นหลังคาคอนกรีตความหนา 10 เซนติเมตร ไม่มีการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน ซึ่งในส่วนท้ายของการศึกษาจะได้ทำการเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศกับกรณีที่มีการเปลี่ยนรูปทรงอาคารเป็นอาคารชั้นเดียวที่มีพื้นที่ใช้งานและปริมาตรอาคารเท่ากับกรณีศึกษาหลัก ส่วนการใช้งานอาคารนั้นได้ทำการจำลองลักษณะการใช้งานรูปแบบอาคารสำนักงานที่มีการใช้งานในเวลากลางวันเป็นหลัก

ผลการวิจัยและอภิปรายผล



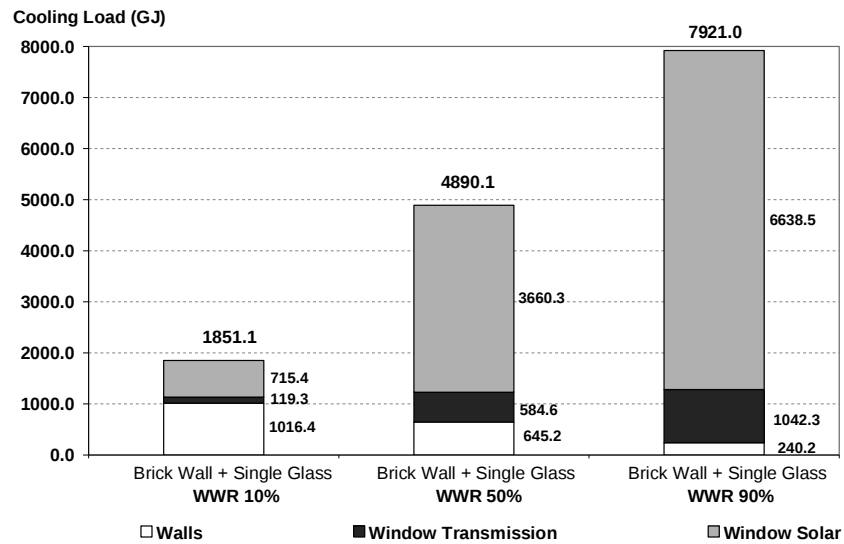
แผนภูมิที่ 1 แสดงค่าพลังงานส่วนภาระการทำความเย็นระบบปรับอากาศ แยกตามหมวดต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 50% กับ 90% โดยวัสดุผนังเป็นวัสดุเดียวกัน

ส่วนที่ 1 แสดงค่าของภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงชนิดของวัสดุอาคาร และอัตราส่วนของพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคาร ดังแผนภูมิต่อไปนี้

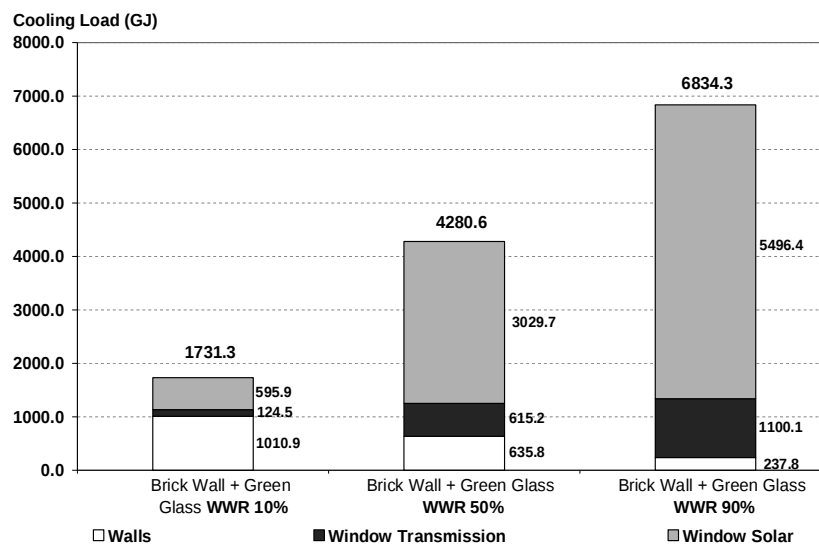
จากแผนภูมิที่ 1 ในการศึกษาจะเป็นเปรียบเทียบให้เห็นถึงอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงวัสดุและอัตราส่วนของพื้นที่วัสดุช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง ที่จะมีผลต่อภาระการทำความเย็นที่เกิดจากการนำความร้อนผ่านผนังทึบ (Wall Conduction/Walls) การนำความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง (Window Conduction/Transmission) และการแผ่รังสีความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง (Window Solar) ซึ่งเป็นส่วนภาระการทำความเย็นที่เกิดจากปัจจัยภายนอกอาคาร (External Load) ส่วนภาระการทำความเย็นที่เกิดจากหลังคา จะยังไม่นำมาพิจารณาเนื่องจากทุกกรณีในส่วนที่ 1 ของการวิเคราะห์มีภาระการทำความเย็นในส่วนนี้เท่ากัน

ทั้งหมด (เนื่องจากพื้นที่หลังคาเท่ากัน) นอกจากนี้ในส่วนของภาระการทำความเย็นที่เกิดจากปัจจัยภายในได้แก่ ความร้อนที่เกิดจากระบบแสงสว่างและอุปกรณ์ (Light and Equipment) ความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงที่เกิดจากผู้ใช้อาคาร (People Sensible and Latent Load) จากการนำเอาอากาศบริสุทธิ์เข้า (Ventilation Sensible and Latent Load) และจากการรั่วซึมของอากาศ (Infiltration Sensible and Latent Load) ก็จะไม่นำมาพิจารณาเนื่องจากมีค่าเท่ากันในทุกกรณีที่น่ามาเปรียบเทียบ โดยส่วนนี้ในการจำลองจะใช้ค่ามาตรฐานของโปรแกรมในการจำลองผลเป็นหลัก

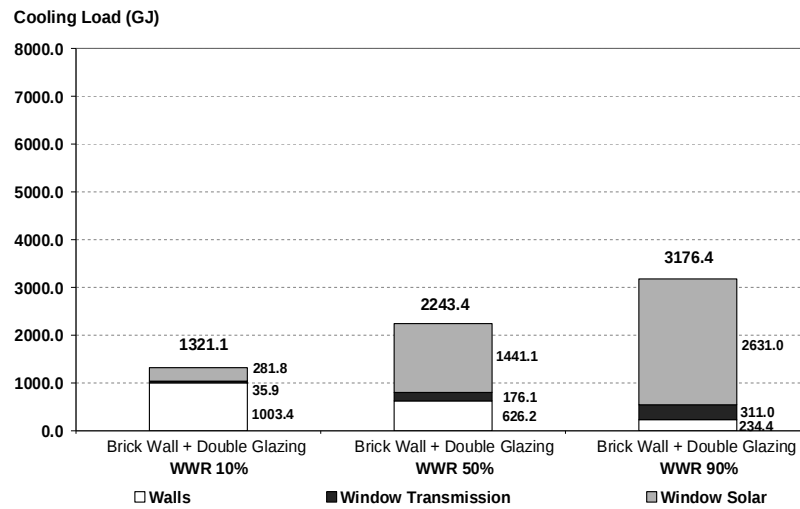
ส่วนที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศที่มีอิทธิพลเนื่องจากอัตราส่วนของพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทั้งหมด ของแต่ละการประกอบกันของวัสดุ ดังแผนภูมิที่ 2 ถึงแผนภูมิที่ 10 ต่อไปนี้



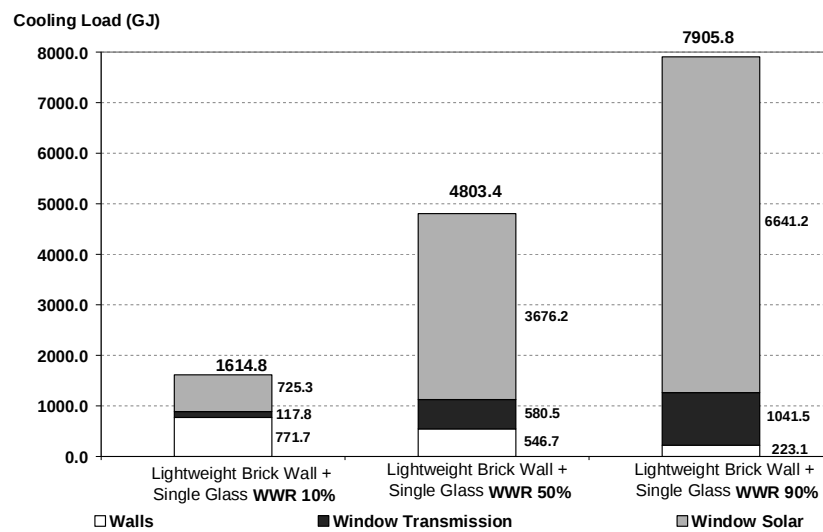
แผนภูมิที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากผนังอาคารกรณีใช้วัสดุอาคารเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนกับกระจกใส โดยที่ WWR มีค่า 10%, 50% และ 90% ตามลำดับ



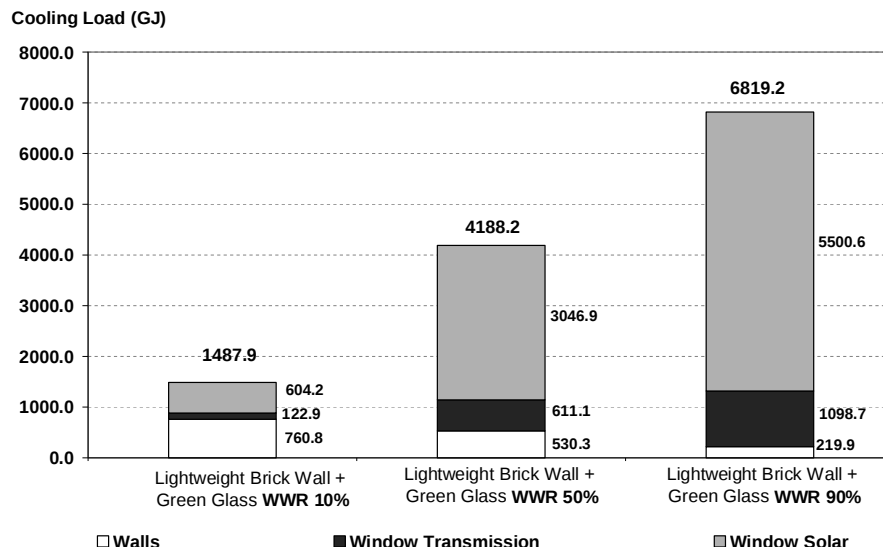
แผนภูมิที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากผนังอาคารกรณีใช้วัสดุอาคารเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนกับกระจกสีเขียว โดยที่ WWR มีค่า 10%, 50% และ 90% ตามลำดับ



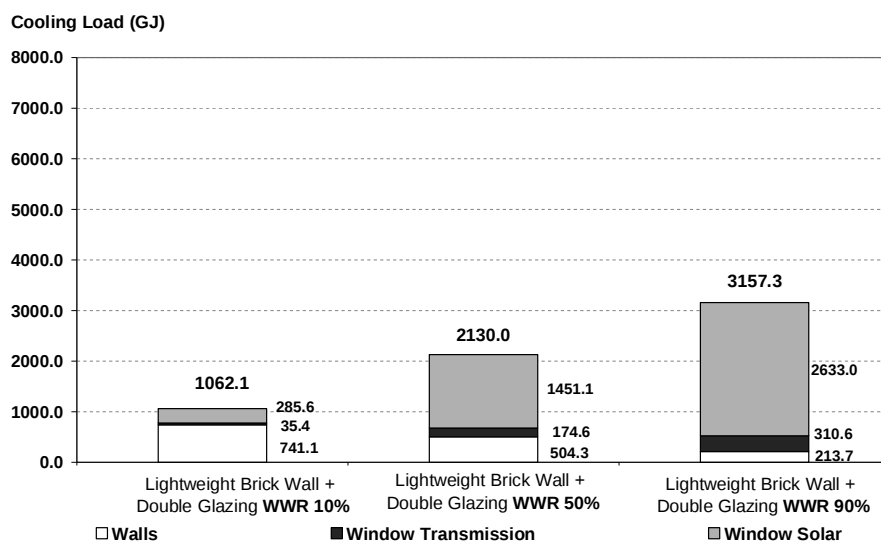
แผนภูมิที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากผนังอาคารกรณีใช้วัสดุอาคารเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนกับกระจกสองชั้น โดยที่ WWR มีค่า 10%, 50% และ 90% ตามลำดับ



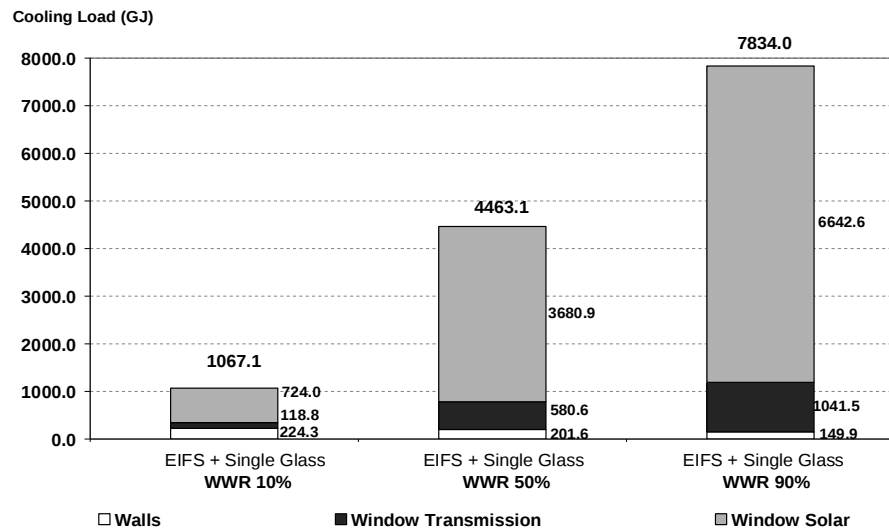
แผนภูมิที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากผนังอาคารกรณีใช้วัสดุอาคารเป็นผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูนกับกระจกใส โดยที่ WWR มีค่า 10%, 50% และ 90% ตามลำดับ



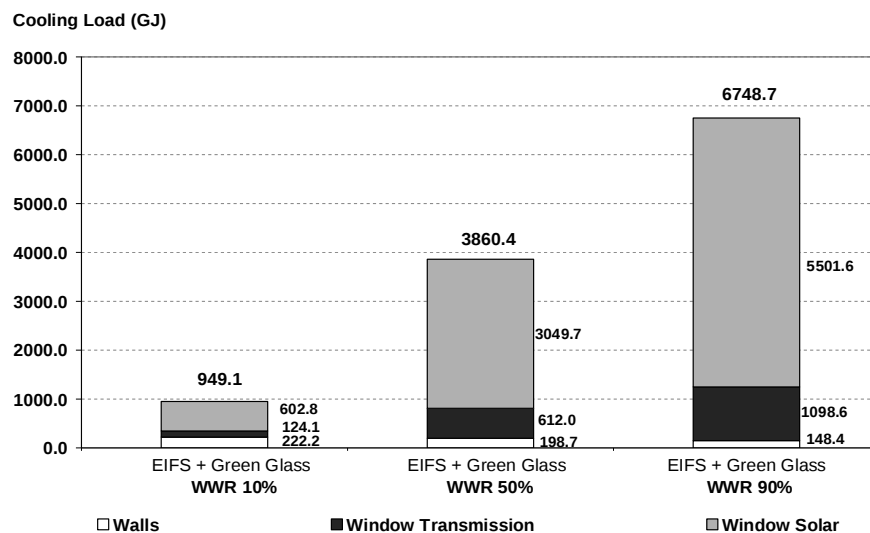
แผนภูมิที่ 6 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากผนังอาคารกรณีใช้วัสดุอาคารเป็นผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูนกับกระจกสีเขียว โดยที่ WWR มีค่า 10%, 50% และ 90% ตามลำดับ



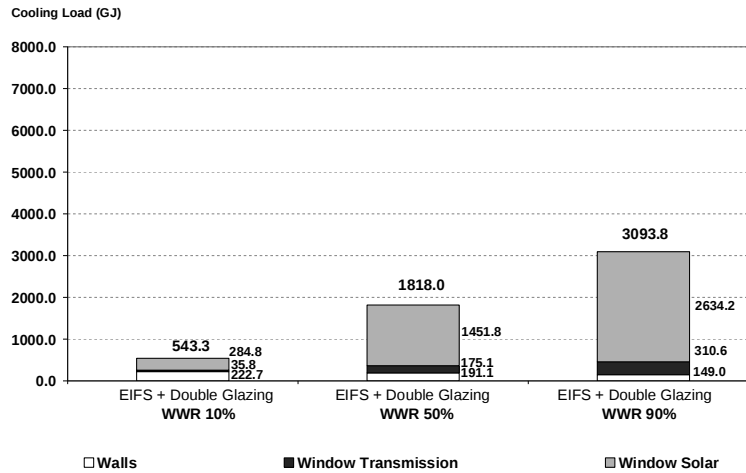
แผนภูมิที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากผนังอาคารกรณีใช้วัสดุอาคารเป็นผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูนกับกระจกสองชั้น โดยที่ WWR มีค่า 10%, 50% และ 90% ตามลำดับ



แผนภูมิที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากผนังอาคารกรณีใช้วัสดุอาคารเป็นผนัง EIFS กับกระจกใส โดยที่ WWR มีค่า 10%, 50% และ 90% ตามลำดับ



แผนภูมิที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากผนังอาคารกรณีใช้วัสดุอาคารเป็นผนัง EIFS กับกระจกสีเขียว โดยที่ WWR มีค่า 10%, 50% และ 90% ตามลำดับ



แผนภูมิที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากผนังอาคารกรณีใช้วัสดุอาคารเป็นผนัง EIFS กับกระจกสองชั้น โดยที่ WWR มีค่า 10%, 50% และ 90% ตามลำดับ

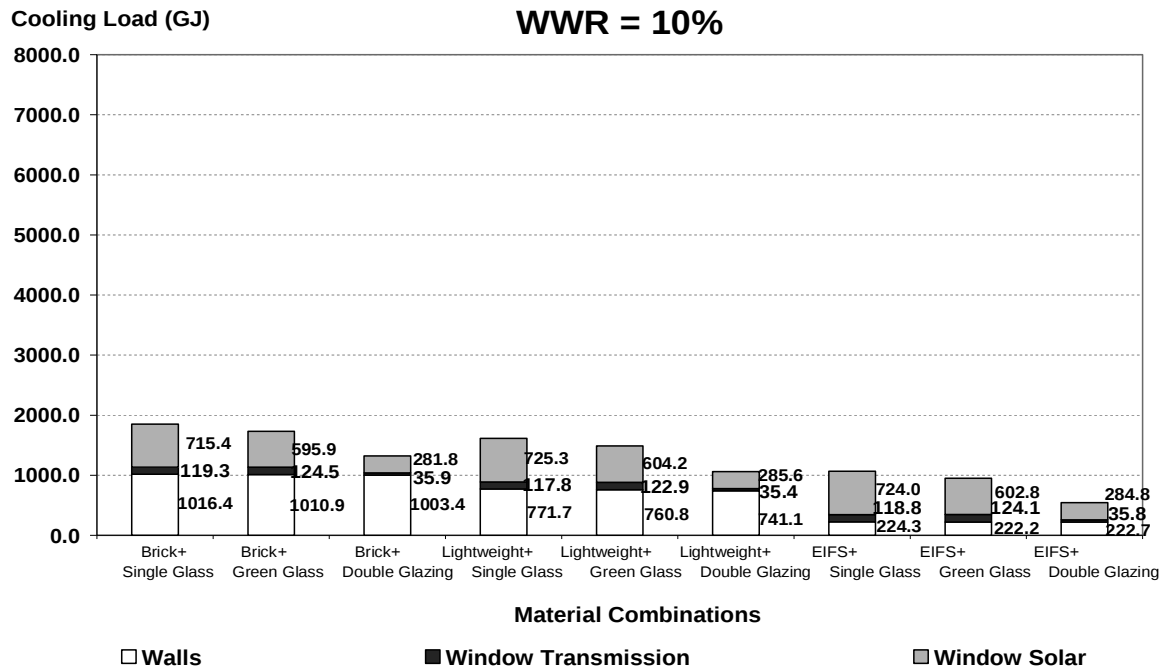
ในทุกระบบผนังอาคารที่มีการผสมผสานกันระหว่างวัสดุทึบแสงและวัสดุโปร่งแสง จะมีค่าภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศต่ำที่สุดเมื่อค่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังโดยรวมมีค่าน้อย แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าอัตราส่วนนี้มีอิทธิพลสูงต่อการเลือกใช้วัสดุที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนทั้งในส่วนของวัสดุทึบและวัสดุโปร่งแสง

ภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศที่เกิดจากแสงอาทิตย์ผ่านวัสดุโปร่งแสงของช่องเปิด (Window Solar) มีค่าเพิ่มมากขึ้นในอัตราที่สูงกว่าการนำความร้อนผ่านผนังทึบ (Walls) และการนำความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง (Window Transmission) ในกรณีที่อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคารมีค่าสูงขึ้น อีกทั้งภาระการทำความเย็นในส่วนนี้มีสัดส่วนมากที่สุดของภาระการทำความเย็นผ่านส่วนของผนังอาคาร กรณีที่อาคารมีค่าอัตราส่วนของช่องเปิดต่อผนังอาคารร้อยละ 50 สัดส่วนของภาระการทำความเย็นในส่วนนี้มีค่าประมาณร้อยละ 60-75 และเมื่อค่าอัตราส่วนของช่องเปิดต่อผนังอาคารเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 90 สัดส่วนของภาระการทำความเย็นในส่วนนี้จะมามีค่าถึงประมาณร้อยละ 75-90

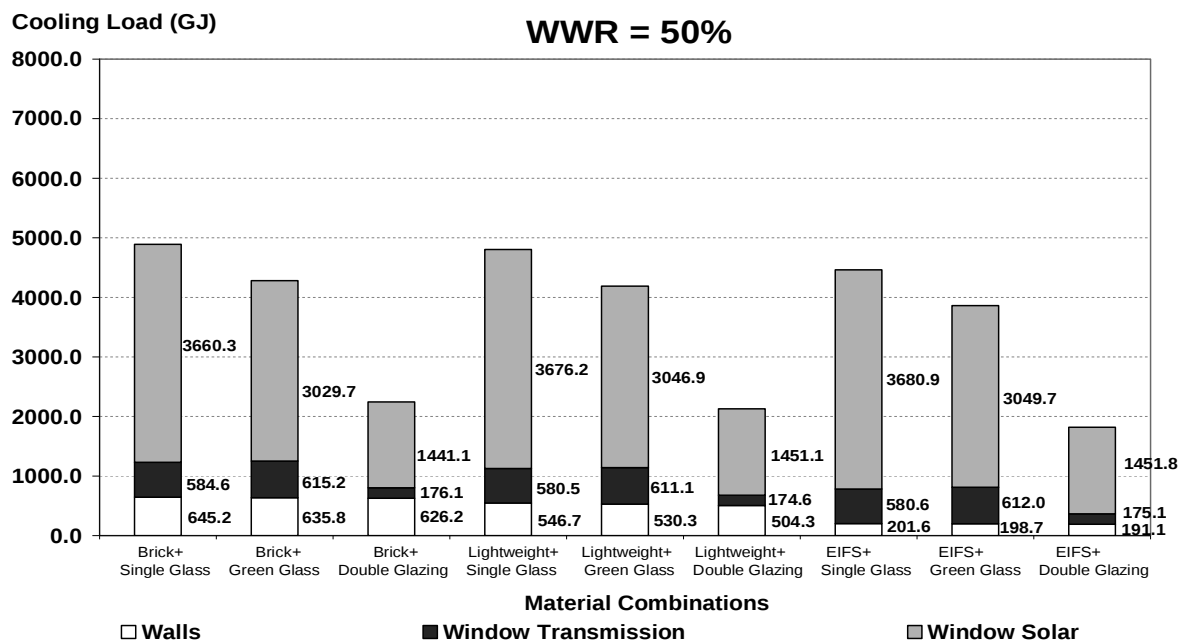
การเปลี่ยนระบบผนังจากระบบดั้งเดิม เป็นระบบผนังที่ประกอบกันขึ้นด้วยวัสดุแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคาร กรณีที่อัตราส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังโดยรวมมีค่าน้อย (10%) จะลดภาระการทำความเย็นในส่วน of ผนังอาคารลงได้ประมาณร้อยละ 70 และในกรณีที่อัตราส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังโดยรวมมีค่ามาก (90%) จะลดภาระการทำความเย็นลงได้ถึงประมาณร้อยละ 60

กรณีที่วัสดุอาคารเป็นวัสดุก่อสร้างแบบดั้งเดิม เมื่อค่าอัตราส่วนของช่องเปิดต่อผนังอาคารเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 10 เป็นร้อยละ 90 ภาระการทำความเย็นในส่วนผนังอาคารทั้งหมดเพิ่มขึ้นประมาณ 4.3 เท่า (แผนภูมิที่ 2) เมื่อเปลี่ยนเป็นวัสดุแบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนทั้งในส่วน of วัสดุทึบแสงและวัสดุโปร่งแสงจะพบว่าภาระการทำความเย็นในส่วนผนังอาคารทั้งหมดเพิ่มขึ้นประมาณ 5.6 เท่า (แผนภูมิที่ 10)

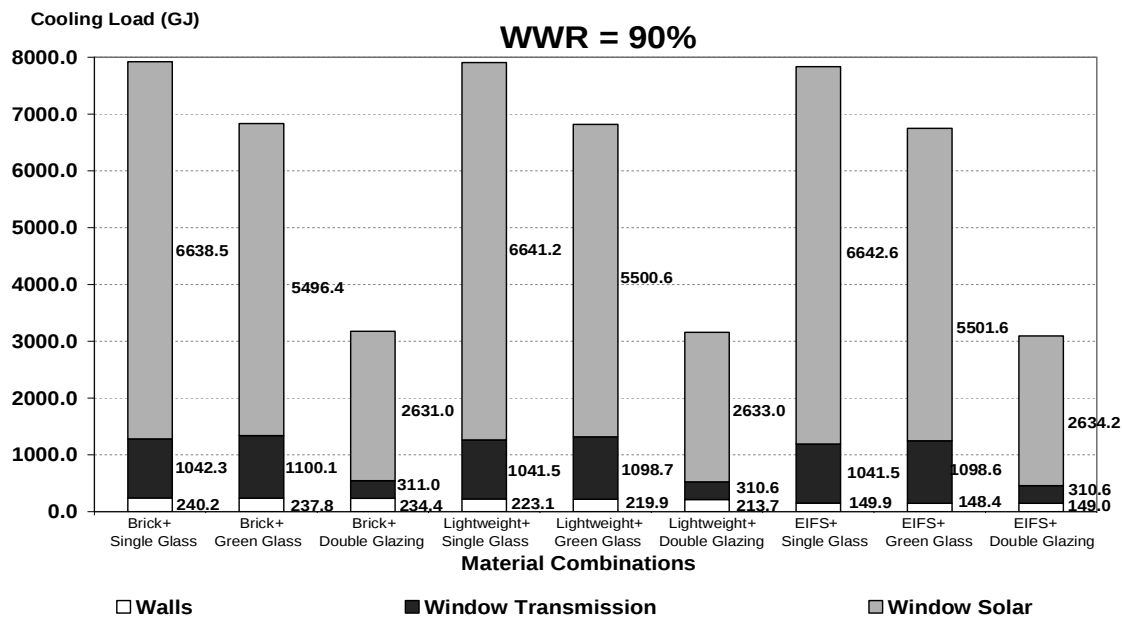
ส่วนที่ 3 เป็นผลของการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นส่วนผนังอาคารเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละระบบผนัง (Material Combinations) ที่อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังอาคารร้อยละ 10, 50 และ 90 ดังต่อไปนี้



แผนภูมิที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากผนังประกอบอาคารทั้ง 9 รูปแบบเมื่อค่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคารมีค่าร้อยละ 10



แผนภูมิที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากผนังประกอบอาคารทั้ง 9 รูปแบบเมื่อค่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคารมีค่าร้อยละ 50



แผนภูมิที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นที่เกิดจากผนังประกอบอาคารทั้ง 9 รูปแบบเมื่อค่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคารมีค่าร้อยละ 90

กรณีค่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคารมีค่าร้อยละ 10 การเปลี่ยนแปลงวัสดุทึบแสงจากวัสดุตั้งเดิมได้แก่การก่ออิฐฉาบปูน มาเป็นผนังก่อมวลเบาจะช่วยลดภาระการทำความเย็นลงได้ประมาณร้อยละ 23 หรือถ้าเปลี่ยนเป็นระบบผนังโฟมโครงคร่าวโลหะฉาบปูนด้วยวัสดุชนิดพิเศษ (Exterior Insulation and Finished System: EIFS) จะช่วยลดภาระการทำความเย็นลงได้ประมาณร้อยละ 78

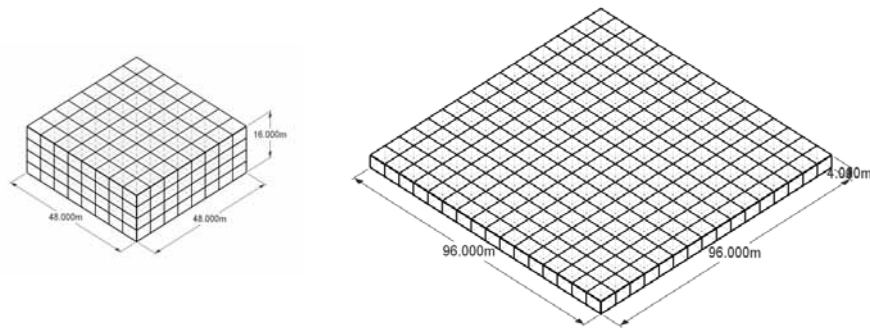
กรณีค่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคารมีค่าร้อยละ 50 การเปลี่ยนแปลงวัสดุทึบแสงจากวัสดุตั้งเดิมได้แก่การก่ออิฐฉาบปูน มาเป็นผนังก่อมวลเบาจะช่วยลดภาระการทำความเย็นลงได้ประมาณร้อยละ 13 หรือถ้าเปลี่ยนเป็นระบบผนังโฟมโครงคร่าวโลหะฉาบปูนด้วยวัสดุชนิดพิเศษ (Exterior Insulation and Finished System: EIFS) จะช่วยลดภาระการทำความเย็นลงได้ประมาณร้อยละ 70

กรณีค่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคารมีค่าร้อยละ 90 การเปลี่ยนแปลงวัสดุทึบแสงจากวัสดุตั้งเดิมได้แก่การก่ออิฐฉาบปูน มาเป็นผนังก่อมวลเบาจะช่วยลดภาระการทำความเย็นลงได้ประมาณร้อยละ 8 หรือถ้าเปลี่ยนเป็นระบบผนังโฟมโครงคร่าวโลหะฉาบปูนด้วยวัสดุชนิดพิเศษ (Exterior Insulation and Finished System: EIFS) จะช่วยลดภาระการทำความเย็นลงได้ประมาณร้อยละ 38

ทุกอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคาร การเปลี่ยนแปลงวัสดุโปร่งแสงจากวัสดุตั้งเดิมได้แก่กระจกใส มาเป็นกระจกสีเขียว จะช่วยลดภาระการทำความเย็นลงได้ประมาณร้อยละ 15 หรือถ้าเปลี่ยนเป็นกระจกสองชั้นที่มีก๊าซเฉื่อยตรงกลางและมีการเคลือบสารที่มีค่าการแผ่รังสีต่ำ จะช่วยลดภาระการทำความเย็นลงได้ประมาณร้อยละ 60

กรณีที่อัตราส่วนระหว่างช่องเปิดต่อผนังอาคารมีค่ามาก การเปลี่ยนวัสดุโปร่งแสงจากวัสดุตั้งเดิมเป็นวัสดุที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนได้ดีจะช่วยลดภาระการทำความเย็นลงได้มากกว่าการเปลี่ยนวัสดุทึบแสง

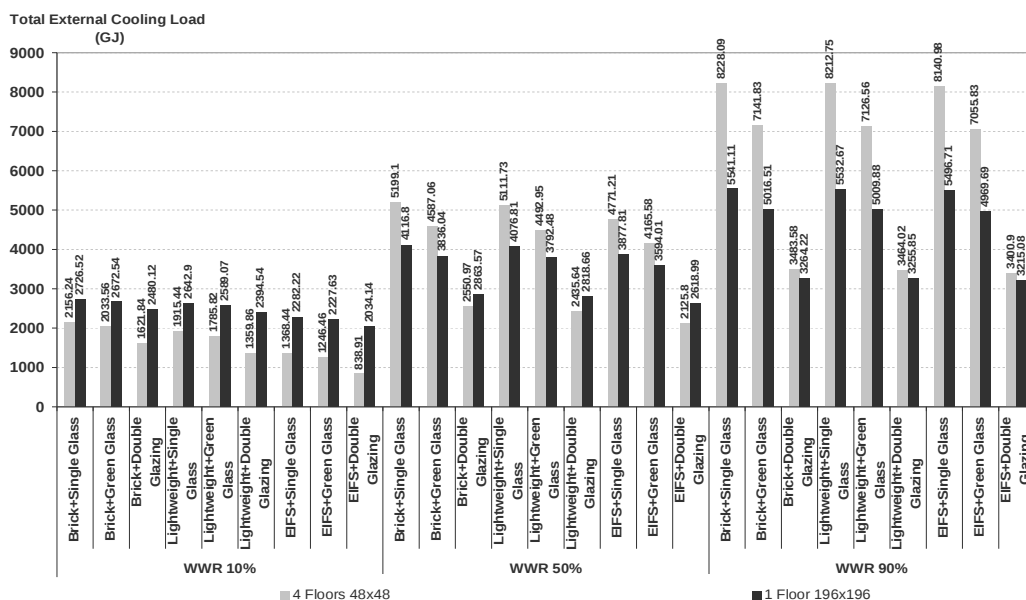
ส่วนที่ 4 เป็นการศึกษาภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศในส่วนที่เกิดจากปัจจัยภายนอกอาคาร (External Load) และค่าหน่วยของพลังงานไฟฟ้าต่อตารางเมตรต่อปี (kWh/m².yr.) ของอาคารที่มีรูปร่างต่างกัน โดยรูปร่างพื้นฐานจากผลการศึกษาที่ผ่านมาได้แก่อาคารที่มีผังอาคารเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 48x48 ตารางเมตร จำนวน 4 ชั้น ความสูง 16 เมตร เปรียบเทียบกับอาคารที่มีพื้นที่ใช้สอยและปริมาตรอาคารเท่ากันที่มีผังอาคารเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 96x96 ตารางเมตร จำนวน 1 ชั้น ความสูง 4 เมตรดังภาพต่อไปนี้



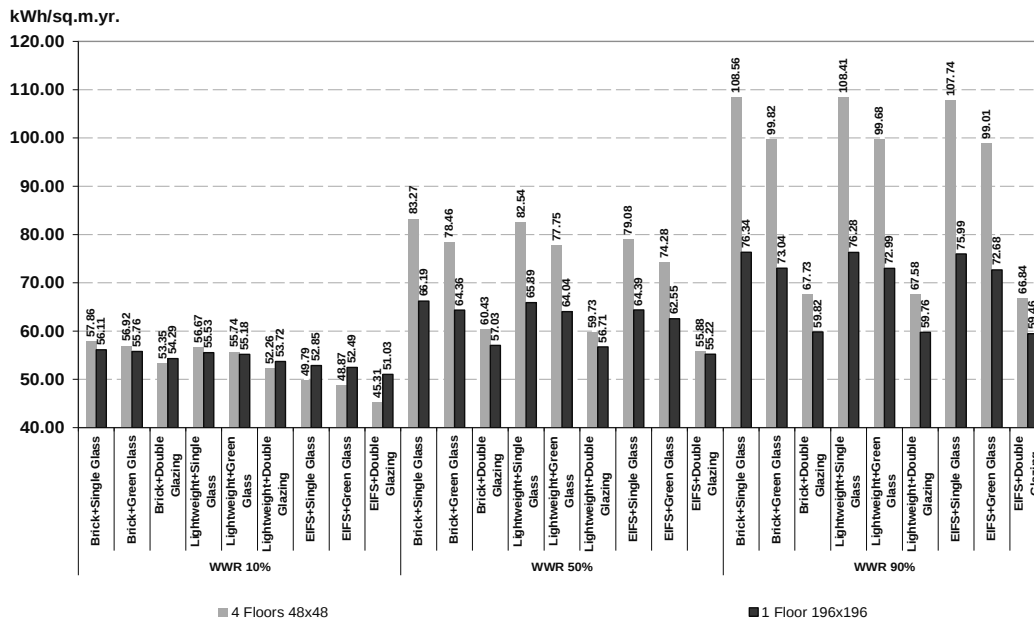
ภาพที่ 1 แสดงรูปทรงอาคารพื้นฐานจำนวน 4 ชั้นเปรียบเทียบกับรูปทรงอาคาร 1 ชั้น ที่มีพื้นที่ใช้สอยและปริมาตรเท่ากัน

จากแผนภูมิที่ 14 แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าภาระการทำความเย็นเนื่องจากปัจจัยภายนอกอาคารกรณีอาคารเป็นอาคารชั้นเดียวจะมีค่าสูงกว่ากรณีที่เป็นอาคาร 4 ชั้น ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนมีการถ่ายเทผ่านพื้นที่หลังคาของอาคารที่ไม่มีการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อน และมีพื้นที่มากกว่าหลังคากรณีอาคาร 4 ชั้นถึง 4 เท่า ในกรณีที่อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคารมีค่าน้อย แต่ในกรณีที่อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคารมีค่ามาก ผลที่ได้กลับเป็นไปในทางทิศตรงข้าม คือภาระการทำความเย็นกรณีที่อาคารชั้นเดียวกลับต่ำกว่ากรณีที่อาคาร 4 ชั้น ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของพื้นที่วัสดุโปร่งแสงที่เพิ่มขึ้น ทั้งอัตราส่วนและ

ปริมาณพื้นที่วัสดุโปร่งแสงในภาพรวม กล่าวคืออาคาร 4 ชั้นจะมีพื้นที่ผนัง 3,072 ตารางเมตร ในขณะที่อาคารชั้นเดียวจะมีพื้นที่ผนังเพียง 1,536 ตารางเมตร ซึ่งสัมพันธ์กับการศึกษาของ สุนทร บุญญธิการ (2545) ที่ได้ทำการศึกษาค้นคว้าความสัมพันธ์ระหว่างภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศกับชนิดรูปทรงของอาคารจำนวนชั้น และความซับซ้อนของรูปทรงอาคาร และเมื่อพิจารณาแผนภูมิที่ 15 ค่าหน่วยไฟฟ้าของพลังงานต่อตารางเมตรต่อปีของแต่ละรูปทรงอาคารก็มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับภาระการทำความเย็นตามแผนภูมิที่ 14



แผนภูมิที่ 14 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นเนื่องจากปัจจัยภายนอก (External Load) ของอาคารที่มีรูปทรงอาคารสองรูปแบบ โดยมีอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังร้อยละ 10 50 และ 90 และการผสมผสานวัสดุอาคารที่แตกต่างกัน 9 รูปแบบ



แผนภูมิที่ 15 แสดงการเปรียบเทียบค่าหน่วยของพลังงานไฟฟ้าต่อตารางเมตรต่อปี (kWh/m².yr.) ของอาคารที่มีรูปทรงอาคารสองรูปแบบ โดยมีอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังร้อยละ 10, 50 และ 90 และการผสมผสานวัสดุอาคารที่แตกต่างกัน 9 รูปแบบ

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

กรณีอาคารไม่มีการติดตั้งแผงบังแดด อิทธิพลของอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังจะมากกว่าอิทธิพลของการเลือกใช้วัสดุที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนในภาพรวม ดังนั้นแนวทางในการออกแบบอาคารในเขตร้อนชื้นของประเทศไทย จึงควรเป็นการลดพื้นที่ช่องเปิดให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยที่ยังได้รับแสงธรรมชาติในปริมาณที่มากพอที่จะทำให้การทำงานได้เหมาะสมตามกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในอาคาร ส่วนกรณีที่ต้องมีการออกแบบอาคารให้มีพื้นที่ช่องเปิดมาก โดยเฉพาะช่องเปิดในทิศทางที่มีความร้อนเข้ามามาก เช่นทิศใต้ ทิศตะวันตก และทิศตะวันออก ควรมีการออกแบบแผงบังแดดเพื่อป้องกันรังสีดวงอาทิตย์ที่จะผ่านเข้ามาทางช่องเปิดของอาคาร (Window Solar) ซึ่งเป็นภาระการทำความเย็นที่มีสัดส่วนมากที่สุดเมื่อเทียบกับภาระการทำความเย็นจากส่วนอื่นๆ

การเลือกใช้วัสดุที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนจากภายนอกอาคารนั้น นอกจากจะต้องพิจารณาถึงค่าพลังงานไฟฟ้าที่จะประหยัดได้แล้ว ยังต้องพิจารณาราคาเริ่มต้น (Initial Cost) ค่าบำรุงรักษา (Maintenance Cost) เพื่อประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้วัสดุได้เหมาะสมกับชนิดของโครงการและงบประมาณ ในส่วนของรูปทรงอาคารที่มีผลต่อภาระการทำความเย็น

นั้นจะพบว่า การออกแบบอาคารให้มีความสูงไม่มาก มีพื้นที่สัมผัสกับพื้นดินที่มีอุณหภูมิคงที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศให้มากขึ้น รวมไปถึงการติดตั้งฉนวนป้องกันความร้อนในส่วนหลังคา จะช่วยลดภาระการทำความเย็นและค่าพลังงานไฟฟ้าลงได้ ทั้งนี้ในการจำลองไม่ได้มีการจำลองการบังเงาที่เกิดจากพืชพรรณธรรมชาติ ซึ่งหากมีการจำลองในส่วนนี้จะพบว่าค่าภาระการทำความเย็นของอาคารที่มีความสูงน้อยจะลดลงได้มากกว่ากรณีที่เป็นอาคารสูง เนื่องจากพืชพรรณธรรมชาตินั้นมีความสูงจำกัดอยู่เพียงความสูงที่ไม่เกินสี่ชั้นของอาคารเท่านั้น

สภาพอากาศของจังหวัดขอนแก่นซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยตอนกลาง ในอดีตจะพบว่าช่วงฤดูหนาวยังคงมีช่วงระยะเวลาความยาวนานและอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ แต่ทว่าในปัจจุบันอุณหภูมิอากาศโดยเฉลี่ยมีค่าสูงขึ้นกว่าที่เคยเป็นมาในอดีต มีเพียงบางช่วงเท่านั้นที่อุณหภูมิอากาศมีค่าต่ำกว่าเขตสบาย ดังนั้นการออกแบบอาคารในภูมิภาคนี้จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการคำนึงถึงภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศซึ่งมีสัดส่วนในการใช้พลังงานมากกว่าด้านอื่นๆ

จะเป็นการดียิ่งหากจะได้มีการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเศรษฐศาสตร์ ความคุ้มค่าของการเลือกใช้วัสดุอาคารในกรณีที่มีความแตกต่างกันในอาคารประเภทต่างๆ เช่น

อาคารพักอาศัยรวม โรงแรม หรืออาคารสำนักงาน ที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าค่อนข้างสูง เนื่องจากผลการศึกษาในส่วนนี้จะทำให้ผู้ออกแบบ เจ้าของโครงการ ผู้ก่อสร้างอาคาร มีความเข้าใจและตระหนักถึงความสำคัญและแนวทางในการร่วมกันแก้ปัญหาวิกฤตพลังงานในปัจจุบันได้อย่างเป็นรูปธรรม

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีพุทธศักราช 2557

บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2542. **การใช้กระจก**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คอมพิวเตอร์.
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2552. **หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร**. [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2555]. เข้าถึงได้จาก: [http://www.dede.go.th/dede/images/stories/lawpdf/p01\[1\].pdf](http://www.dede.go.th/dede/images/stories/lawpdf/p01[1].pdf).
- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2553. **คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (อาคาร) พ.ศ. 2553**. [ออนไลน์] [อ้างเมื่อ 18 ธันวาคม 2555]. เข้าถึงได้จาก: http://www2.dede.go.th/bhrd/old/Download/file_handbook.
- ชญาณิน จิตรานูเคราะห์. 2551. **การวิเคราะห์สาระสำคัญของเทคโนโลยีเรือนไทยภาคกลาง**. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชูพงษ์ ทองคำสมุทร. 2551. **แนวทางการออกแบบเชิงวิทยาศาสตร์ของฮวงจุ้ยสำหรับประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชูพงษ์ ทองคำสมุทร. 2555. **เปลือกอาคารสำเร็จรูปประหยัดพลังงานสำหรับอาคารในประเทศไทยต่อยอดองค์ความรู้บ้านประหยัดพลังงาน**. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

- สถาบันอาคารเขียวไทย. 2555. **คู่มือสำหรับเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุนทร บุญญาธิการ. 2545. **การออกแบบประสานระบบมหาวิทยาลัยชินวัตร**. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุนทร บุญญาธิการ. 2542. **เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า**. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุนทร บุญญาธิการ. 2547. **บ้านชีวาพิทย บ้านพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อคุณภาพชีวิตผลิตพลังงาน**. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ. 2543. **อิทธิพลของการท่วงทียาวความร้อนจากการผสมมวลสารและฉนวนเข้าด้วยกัน**. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิธดา ศิราษภู่วิเศษ. 2556. **อิทธิพลของช่องเปิดและวัสดุอาคารต่อการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ**. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อวิรุทธ์ กัลยา. 2556. **อิทธิพลของรูปทรงอาคารและช่องเปิดต่อการทำความเย็นภายในอาคาร**. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Bradshaw, V. 1993. **Building control systems**. 2nd edition. New York: John Wiley & Sons.
- Degelman Engineering Group. 2007. **Ener-Win Energy Simulation Software for Buildings**. [Online] [Cited 23th August 2012]. Retrieved from: <http://pages.suddenlink.net/enerwin/>.
- Fanger, P. O. 1972. **Thermal Comfort**. United States: McGraw-Hill Book Company.
- Egan, D. M. 1972. **Concepts in Architectural Acoustics**. United States: McGraw-Hill Book Company.
- Givoni, B. 1969. **Man Climate and Architecture**. New York: Elsevier Publishing.
- Givoni, B. 1994. **Passive and Low Energy cooling of Buildings**. United States: Van Nostrand Reinhold.

- Olgyay, V. 1962. **Design with Climate**. New Jersey: Princeton Hall.
- Robinette, O. G. 1977. **Landscape Planning for Energy Conservation**. United States of America: Environmental Design Press.
- Santamouris, M. 1996. **Passive Cooling of Buildings**. United Kingdom: Antony Rowle Ltd.
- Stein, B., and Reynolds, J. 1992. **Mechanical and Electrical Equipment for Buildings**. 8th Edition. New York: John Wiley & Sons.