

การศึกษาต้นแบบช่องเปิดสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น



นายวรุฒิ ศิริวิษณุ

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# A STUDY OF FENESTRATION PROTOTYPES FOR HOT-HUMID CLIMATE BUILDING



Mr. Voravut Siriratchata

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 2007

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาต้นแบบช่องเปิดสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น

โดย

นายวรุฒิ ศิริรักษา

สาขาวิชา

สถาปัตยกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา

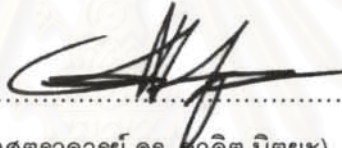
ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต



..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต จุลาสัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



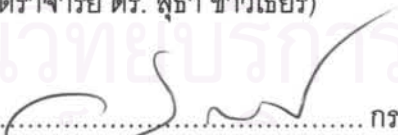
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ขวลิต นิตยะ)



..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์  
(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)



..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุธา ขาวเขียว)



..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรสันต์ บุรณากาญจน์)



..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร)

วรรณิ ศิริวิรัช : การศึกษาต้นแบบช่องเปิดสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น. (A STUDY OF FENESTRATION PROTOTYPES FOR HOT-HUMID CLIMATE BUILDING) อ. ที่ปรึกษา : ศ. ดร. สุนทร บุญญาธิการ, 254 หน้า.

การออกแบบช่องเปิดในปัจจุบันมีปัญหาหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้แสงธรรมชาติ การป้องกันความร้อน-หนาว การติดตั้งล่าช้ายุ่งยาก และการดูแลรักษาลำบาก ทำให้ผู้ออกแบบไม่สามารถใช้ประโยชน์ของช่องเปิดได้อย่างเหมาะสม การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อสรรหาด้านแบบช่องเปิดสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น ที่สามารถลดพลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติมากกว่าใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อนจากช่องเปิด ส่งผลให้ช่องเปิดได้กำไรทางพลังงาน ขั้นตอนการวิจัยเป็นการศึกษาการใช้แสงธรรมชาติด้วยวิธีสร้างแบบจำลองทางกายภาพ และการศึกษาการถ่ายเทความร้อนด้วยวิธีจำลองสภาพแวดล้อม โดยเปรียบเทียบการลดการใช้พลังงานจากแสงธรรมชาติและการใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อนจากช่องเปิด ทำการวิเคราะห์พลังงานสุทธิของช่องเปิดเพื่อสร้างต้นแบบช่องเปิดสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น การวิเคราะห์สัดส่วนร่างกายของคนไทย และขนาดของวัสดุ ทำให้ได้ขนาดช่องเปิดที่เหมาะสมสำหรับการวิจัย คือ ช่องเปิดสี่เหลี่ยมขนาด 0.90x0.60 ม. 0.90x1.20 ม. 0.90x2.00 ม. และช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม. ติดตั้งที่ระดับวงกบบนสูงจากพื้น 1.20 ม. 2.00 ม. และ 2.80 ม. ตามลำดับ

ผลการวิจัยพบว่า ต้นแบบช่องเปิดที่เหมาะสมในเขตร้อนชื้น ที่มีกำไรทางพลังงาน ติดตั้งได้รวดเร็ว และการบำรุงรักษาต่ำ มี 3 รูปแบบ คือ ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม. ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม. และช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 ม. สำหรับใช้เป็นช่องเปิดทั่วไป ช่องเปิดที่ต้องการรูปลักษณ์พิเศษ และช่องเปิดช่องแสงตามลำดับ ผลการเปรียบเทียบพลังงานสุทธิต่อช่องเปิดกรณีพื้นฐาน ซึ่งเป็นช่องเปิดบานกรอบไม้กฤษณะจกไล 6 มม. เป็นดังนี้

ต้นแบบช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม. บานกรอบยูพีวีซีกฤษณะจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. กฤษณะจกไล 2 ชั้น 32 มม. หรือกฤษณะจกไล 2 ชั้น 24 มม. ระดับวงกบบนสูงจากพื้น 2.00 ม. มีผลต่างของพลังงานสุทธิสูงกว่าช่องเปิดกรณีพื้นฐาน ประมาณ 45 วัตต์ต่อบาน 43 วัตต์ต่อบาน และ 42 วัตต์ต่อบานตามลำดับ

ต้นแบบช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม. บานกรอบยูพีวีซีกฤษณะจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. กฤษณะจกไล 2 ชั้น 32 มม. หรือกฤษณะจกไล 2 ชั้น 24 มม. ระดับวงกบบนสูงจากพื้น 2.00 ม. มีผลต่างของพลังงานสุทธิสูงกว่าช่องเปิดกรณีพื้นฐาน ประมาณ 46 วัตต์ต่อบาน 42 วัตต์ต่อบาน และ 41 วัตต์ต่อบานตามลำดับ และ ช่องเปิดระดับวงกบบนสูงจากพื้น 2.80 ม. มีผลต่างของพลังงานสุทธิสูงกว่าช่องเปิดกรณีพื้นฐาน ประมาณ 47 วัตต์ต่อบาน 45 วัตต์ต่อบาน และ 44 วัตต์ต่อบานตามลำดับ

ต้นแบบช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 ม. บานกรอบยูพีวีซีกฤษณะจกลามิเนตเขียว 8 มม. ระดับวงกบบนสูงจากพื้น 2.00 ม. และ 2.80 ม. มีผลต่างของพลังงานสุทธิสูงกว่าช่องเปิดกรณีพื้นฐาน ประมาณ 24 วัตต์ต่อบาน ทั้งสองตำแหน่ง

การประยุกต์ใช้ต้นแบบช่องเปิดทำโดยการทดสอบติดตั้งในอาคารจริงพบว่า ช่องเปิดดังกล่าวมีประสิทธิภาพด้านการพลังงาน ลดขั้นตอนและเวลาในการประกอบและการติดตั้ง และจากการประมาณการติดตั้งในกรณีบ้านพักอาศัยการเลือกใช้ต้นแบบช่องเปิดสามารถติดตั้งได้อย่างรวดเร็ว

ภาควิชา...สถาปัตยกรรมศาสตร์... ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา.....สถาปัตยกรรม..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา .....2550.....

.....วรรณิ ศิริวิรัช.....  
.....  
.....

# # 497 41535 25 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: FENESTRATION / DAYLIGHTING / HEAT GAIN / PROTOTYPE / INFILTRATION

VORAVUT SIRIRATCHATA: A STUDY OF FENESTRATION PROTOTYPES FOR HOT-HUMID CLIMATE BUILDING. THESIS ADVISOR: PROF. Dr. SOONTORN BOONYATIKARN, 254 pp.

The fenestration design problems, that make designer can not utilize a proper benefit, were low utilize daylighting, high heat penetration, long construction period and difficult maintenance. Therefore, designer can not get benefit from normal fenestration. The research objective is to create fenestration prototypes for hot-humid climate. The appropriate fenestration should allow less heat transfer but better utilize the benefits of natural light thus it can get the profit of fenestration. The research methodology was to study daylighting from physical model and heat transfer from simulation which comparing the increment of energy use from heat transfer and the decrement of energy use from daylighting. The fenestration prototypes were created by considering the energy performance. The sizes of fenestration in this study considered by human dimensions and material scales, were 0.90x0.60 m., 0.90x1.20 m., 0.90x2.00 m., and a 1.20 m. diameter round shape. There were 3 installed positions which the upper frame high above floor level at 1.20 m., 2.00 m., and 2.80 m..

This research illustrated that the appropriate fenestration prototypes for hot-humid climate could have energy profit, reduce construction period and be easy maintenance that classify in 3 types of 0.90x1.20 m., a 1.20 m. diameter round shape, and 0.90x0.60 m. for regular, special, and clearstory use. These prototypes were compared with a base case fenestration which was a wood frame with 6 mm. clear floated glass.

The 0.90x1.20 m. fenestration prototype is a uPVC frame that is installed the upper frame level at 2.00 m.. The glazing materials are green double glazing 32 mm, clear double glazing 32 mm, or clear double glazing 24 mm.. This prototype is better than the base case around 45, 43 and 42 Watt/ unit

The 1.20 m. diameter round fenestration prototype is a uPVC frame with that is installed upper frame level at a 2.00 m. and 2.80 m.. The glazing materials are green double glazing 32 mm, clear double glazing 32 mm, or clear double glazing 24 mm.. This prototype is better than the base case around 46, 42 and 41 Watt/ unit for the upper frame level at the 2.00 and 47, 45 and 44 Watt/ unit for the upper frame level at 2.80.

The 0.90x0.60 m. fenestration prototype is a uPVC frame that is installed upper frame level at 2.00 m. and 2.80 m.. The glazing material is green laminated glass 8 mm.. This prototype is better than the base case opening around 24 Watt/ unit both for the upper frame levels at 2.00 and 2.80.

These fenestration prototypes were tested by installed in building. The results showed that they had more energy performance and easily installation that reduced construction time. In case of residential building the installation time may be faster than others.

Department of..... Architecture..... Student's signature .....  
Field of study..... Architecture..... Advisor's signature .....  
Academic year .....2007.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงเป็นไปด้วยดีด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากคณาจารย์ และบุคคลหลาย ๆ ท่าน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวขอบคุณคือ ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่า ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันมีประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัยฉบับนี้ นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจากอาจารย์ท่านอื่น ๆ ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร. วรสันต์ บุรณากาญจน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถจน์ เศรษฐบุตร อาจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ ในการให้คำแนะนำและปูความรู้พื้นฐานที่จำเป็นสำหรับทำวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ชวลิต นิตยะ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. สุธา ขาวเขียว กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่น้องของข้าพเจ้าที่ให้กำลังใจและการสนับสนุนด้านการศึกษามาโดยตลอด รวมถึงพี่ก้อย พี่เป๊าะ พี่ติ่ง พี่เปิด พี่แก่ง พี่บูม ออย เอ้ และสมาชิกในศูนย์เชี่ยวชาญเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อมทุกคน รวมถึงบุคคลอื่น ๆ ที่ช่วยสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ ทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ไม่ได้เอ่ยนามทุกท่าน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฐ
สารบัญรูปภาพ.....	ฒ
สารบัญแผนภูมิ.....	ต
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	8
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	8
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย.....	9
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	11
<b>บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>12</b>
2.1 บทนำ.....	12
2.2 ส่วนประกอบของช่องเปิด.....	13
2.2.1 ส่วนบานกระฉก.....	13
2.2.2 ส่วนบานกรอบ.....	14
บานกรอบไม้.....	14
บานกรอบโลหะ.....	15
บานกรอบโพลีเมอร์.....	16
2.2.3 ส่วนอุปกรณ์บังแดด.....	18
2.3 ประเด็นในการพิจารณาช่องเปิด.....	18
2.3.1 ประเด็นด้านเศรษฐกิจ และสังคม.....	19
2.3.2 ประเด็นด้านมนุษย์.....	19
2.3.1 ประเด็นด้านพลังงาน.....	19
2.3.1 ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม.....	19
2.4 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด.....	20
2.4.1 คุณสมบัติของวัสดุด้านการถ่ายเทความร้อน.....	21

ค่าความส่องผ่านรังสี.....	21
ค่าความสะท้อนรังสี.....	22
ค่าความดูดกลืนรังสี.....	23
ค่าการแผ่รังสีความร้อน.....	24
ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน.....	24
ค่าความนำความร้อน.....	25
ค่าความต้านทานความร้อน.....	25
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน.....	26
ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์.....	27
ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด.....	28
2.4.2 การคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด.....	28
การคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนที่บดแสงของช่องเปิด.....	30
การคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนโปร่งแสงของช่องเปิด.....	31
2.5 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนโดยการรั่วซึมอากาศผ่านช่องเปิด.....	32
2.5.1 การประมาณรอยรั่วอากาศของช่องเปิดโดยวิธีประมาณเส้นรอยรั่ว.....	33
2.5.2 การคำนวณการรั่วซึมอากาศผ่านช่องเปิด.....	36
การประมาณปริมาณความร้อนในส่วนความร้อนสัมผัส.....	36
การประมาณปริมาณความร้อนในส่วนความร้อนแฝง.....	37
การประมาณปริมาณความร้อนรวมของการรั่วซึมอากาศ.....	37
2.6 ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด.....	37
2.7 ทฤษฎีด้านแสงธรรมชาติ.....	38
2.7.1 นิยามคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติ.....	39
ปริมาณแสง.....	39
ความเข้มของการส่องสว่าง.....	39
ความส่องสว่าง.....	39
ความสว่าง.....	40
2.7.2 คุณสมบัติของวัสดุด้านแสงธรรมชาติ.....	40
ค่าความส่องผ่านของแสงที่ตามองเห็น.....	40
ค่าอัตราส่วนแสงต่อสัมประสิทธิ์การบังแดด.....	40
ค่าอัตราส่วนแสงต่อพลังงานอาทิตย์.....	40
2.7.3 แหล่งที่มาของแสงธรรมชาติ.....	41



แสงตรงจากดวงอาทิตย์.....	41
แสงสะท้อนจากท้องฟ้า.....	41
แสงสะท้อนจากผิวดินและพื้นผิวอื่นๆ.....	41
2.7.4 การแผ่รังสีอาทิตย์.....	41
การแผ่รังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก.....	41
การแผ่รังสีอาทิตย์จากพื้นโลก.....	42
2.7.5 ลักษณะสภาพท้องฟ้า.....	42
ท้องฟ้าโปร่ง.....	42
ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน.....	42
ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมาก.....	43
2.7.6 ความสัมพันธ์ระหว่างแสงธรรมชาติกับปริมาณการแผ่รังสีอาทิตย์.....	43
2.7.7 การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร.....	44
2.7.8 การคำนวณแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด.....	45
2.7.9 องค์ประกอบที่มีผลต่อแสงธรรมชาติในอาคาร.....	45
องค์ประกอบจากท้องฟ้า.....	46
องค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายนอกอาคาร.....	46
องค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายในอาคาร.....	46
2.7.10 การคำนวณการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์โดยการใช้ประโยชน์ จากแสงธรรมชาติ.....	47
2.7.11 การเลือกวัสดุช่องเปิด.....	49
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	50
2.7.1 เรื่อง energy transparency for energy efficiency.....	50
<b>บทที่ 3   ระเบียบวิธีวิจัย.....</b>	<b>51</b>
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	51
3.1.1 เครื่องมือวัดระดับความส่องสว่าง.....	51
3.1.2 กล้องทดลอง.....	51
3.2 การทดสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	52
3.3 การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด.....	57
3.3.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง.....	57
3.3.2 การศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด.....	58
การถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนที่บของช่องเปิด.....	59

การถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนโปร่งแสงของช่องเปิด.....	60
3.3.3 การศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด....	62
3.4 การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานที่ได้รับจากการใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดเทียบเท่า กับพลังงานไฟฟ้าที่ลดได้จากแสงประดิษฐ์.....	62
3.4.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง.....	62
3.4.2 การศึกษาการใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด.....	63
3.4.3 การวิเคราะห์การได้รับพลังงานจากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์.....	65
3.5 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าจากภาระการทำความเย็นของช่องเปิดและการ ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงประดิษฐ์จากการใช้ประโยชน์จากแสง ธรรมชาติ.....	67
3.6 การเสนอช่องเปิดต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น.....	67
<b>บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....</b>	<b>68</b>
4.1 การศึกษาเพื่อการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านช่องเปิด.....	68
4.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด.....	68
การถ่ายเทความร้อน ความชื้นและการใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อนช่องเปิด ขนาด 0.90x1.20 เมตร.....	73
การถ่ายเทความร้อน และการใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อนช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร.....	82
การถ่ายเทความร้อน และการใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อนช่องเปิดกลมขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.20 เมตร.....	91
การถ่ายเทความร้อน และการใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อนช่องเปิดกลมช่อง เปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร.....	100
สรุปผลการถ่ายเทความร้อน ความชื้น และการใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อน ของช่องเปิด.....	113
4.1.2 การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานที่ได้รับจากการใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด เทียบเท่ากับพลังงานไฟฟ้าที่ลดได้จากแสงประดิษฐ์.....	114
ระดับความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ และพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าแสง ประดิษฐ์ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร.....	115
ระดับความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ และพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าแสง ประดิษฐ์ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร.....	130

ระดับความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ และพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าแสง	
ประสิทธิภาพของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร.....	145
ระดับความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ และพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าแสง	
ประสิทธิภาพของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร.....	160
สรุประดับความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าแสง	
ประสิทธิภาพของช่องเปิด.....	172
4.1.3 การเปรียบเทียบพลังงานที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดเข้าสู่	
ภายในอาคารและปริมาณพลังงานที่ได้รับจากแสงธรรมชาติผ่านช่อง	
เปิดเทียบเท่าแสงประดิษฐ์.....	173
การเปรียบเทียบพลังงานสุทธิของช่องเปิดขนาดต่าง ๆ.....	173
การเปรียบเทียบพลังงานสุทธิของวัสดุบานกรอบชนิดต่าง ๆ.....	176
การเปรียบเทียบพลังงานสุทธิของวัสดุบานกระจกชนิดต่าง ๆ.....	186
สรุปผลการเปรียบเทียบพลังงานที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด	
เข้าสู่ภายในอาคาร และปริมาณพลังงานที่ได้รับจากแสงธรรมชาติผ่าน	
ช่องเปิดเทียบเท่าแสงประดิษฐ์.....	191
4.1.4 การเสนอช่องเปิดต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น.....	197
ขนาด และรูปร่างช่องเปิดที่เหมาะสม.....	197
วัสดุช่องเปิดที่เหมาะสม.....	199
ตำแหน่งช่องเปิดที่เหมาะสม.....	200
<b>บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัย.....</b>	<b>206</b>
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	206
5.1.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด.....	206
5.1.2 การได้รับพลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติเทียบเท่าการลดการใช้พลังงาน	
ไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์.....	207
5.1.3. การเปรียบเทียบพลังงานที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดเข้าสู่	
ภายในอาคารและปริมาณพลังงานที่ได้รับจากการใช้แสงธรรมชาติผ่าน	
ช่องเปิด เทียบเท่าแสงประดิษฐ์.....	208
5.1.4 การเสนอช่องเปิดต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับอาคารสำนักงานในเขตร้อนชื้น.....	209
5.1.5 การออกแบบช่องเปิดต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาโลกร้อน.....	211
5.1.5 ช่องเปิดต้นแบบและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม.....	213
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	215

	หน้า
รายการอ้างอิง.....	216
ภาคผนวก.....	219
ภาคผนวก ก.....	220
ภาคผนวก ข.....	245
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	254



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2-1	แสดงระดับของช่องเปิด.....	34
ตารางที่ 2-2	แสดงอัตราการรั่วซึม ต่อเมตรของหน้าต่างชนิดต่าง ๆ.....	36
ตารางที่ 2-3	แสดงระดับประสิทธิภาพพระบบปรับอากาศ.....	38
ตารางที่ 2-4	แสดงประสิทธิภาพของหลอดไฟ และแสงธรรมชาติ.....	44
ตารางที่ 2-5	แสดงประสิทธิภาพของหลอดไฟในปัจจุบัน.....	48
ตารางที่ 3-1	ข้อมูลการวัดระดับความส่องสว่างของอุปกรณ์สำหรับสอบเทียบอุปกรณ์.....	53
ตารางที่ 3-2	สมการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์.....	57
ตารางที่ 3-3	คุณสมบัติของวัสดุของบานกรอบ.....	59
ตารางที่ 3-4	คุณสมบัติของวัสดุของบานกระจก.....	61
ตารางที่ 3-5	ประสิทธิภาพหลอดไฟ.....	65
ตารางที่ 4-1	ระดับพลังงานสุทธิของช่องเปิดจากวัสดุกระจกที่แตกต่างกันของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 ม.....	192
ตารางที่ 4-2	ระดับพลังงานสุทธิของช่องเปิดจากวัสดุกระจกที่แตกต่างกันของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม. ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.20 ม. และช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 ม.....	192
ตารางที่ 4-3	พลังงานสุทธิจากพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด และ พลังงานจากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ของช่องเปิดที่ใช้ในการศึกษา.....	193
ตารางที่ 4-4	ระดับคะแนนสำหรับวัดประสิทธิภาพด้านพลังงานของช่องเปิด และช่วงพลังงานสุทธิ	195
ตารางที่ 4-5	จำนวนช่องเปิดในแต่ละระดับประสิทธิภาพด้านพลังงาน.....	195
ตารางที่ 4-6	การเปรียบเทียบพลังงานสุทธิของช่องเปิดรูปร่างสี่เหลี่ยมและวงกลม.....	197
ตารางที่ 4-7	การพิจารณาประสิทธิภาพทางด้านช่องเปิดและมุมมองทางสายตาของช่องเปิด ตำแหน่งกลางชนิดต่าง ๆ.....	201
ตารางที่ 4-8	การพิจารณาประสิทธิภาพทางด้านช่องเปิดและมุมมองทางสายตาของช่องเปิด ตำแหน่งกลางชนิดต่าง ๆ.....	201
ตารางที่ 4-9	การพิจารณาประสิทธิภาพทางด้านช่องเปิดและมุมมองทางสายตาของช่องเปิด ตำแหน่งบนชนิดต่าง ๆ.....	201
ตารางที่ 5-1	ประสิทธิภาพช่องเปิดต้นแบบเทียบกับช่องเปิดกรณีพื้นฐาน.....	210
ตารางที่ 5-2	การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของช่องเปิดต้นแบบ.....	212
ตารางที่ 5-3	ข้อดี และข้อเสียของบานกรอบยूपีวีซี.....	214

ตารางที่ 6-1	คุณหมูกะเปาะแห่งเดือนมกราคม.....	221
ตารางที่ 6-2	คุณหมูกะเปาะแห่งเดือนกุมภาพันธ์.....	222
ตารางที่ 6-3	คุณหมูกะเปาะแห่งเดือนมีนาคม.....	223
ตารางที่ 6-4	คุณหมูกะเปาะแห่งเดือนเมษายน.....	224
ตารางที่ 6-5	คุณหมูกะเปาะแห่งเดือนพฤษภาคม.....	225
ตารางที่ 6-6	คุณหมูกะเปาะแห่งเดือนมิถุนายน.....	226
ตารางที่ 6-7	คุณหมูกะเปาะแห่งเดือนกรกฎาคม.....	227
ตารางที่ 6-8	คุณหมูกะเปาะแห่งเดือนสิงหาคม.....	228
ตารางที่ 6-9	คุณหมูกะเปาะแห่งเดือนกันยายน.....	229
ตารางที่ 6-10	คุณหมูกะเปาะแห่งเดือนตุลาคม.....	230
ตารางที่ 6-11	คุณหมูกะเปาะแห่งเดือนพฤศจิกายน.....	231
ตารางที่ 6-12	คุณหมูกะเปาะแห่งเดือนธันวาคม.....	232
ตารางที่ 6-13	รังสีกระจายอาทิตย์เดือนมกราคม.....	233
ตารางที่ 6-14	รังสีกระจายอาทิตย์เดือนกุมภาพันธ์.....	234
ตารางที่ 6-15	รังสีกระจายอาทิตย์เดือนมีนาคม.....	235
ตารางที่ 6-16	รังสีกระจายอาทิตย์เดือนเมษายน.....	236
ตารางที่ 6-17	รังสีกระจายอาทิตย์เดือนพฤษภาคม.....	237
ตารางที่ 6-18	รังสีกระจายอาทิตย์เดือนมิถุนายน.....	238
ตารางที่ 6-19	รังสีกระจายอาทิตย์เดือนกรกฎาคม.....	239
ตารางที่ 6-20	รังสีกระจายอาทิตย์เดือนสิงหาคม.....	240
ตารางที่ 6-21	รังสีกระจายอาทิตย์เดือนกันยายน.....	241
ตารางที่ 6-22	รังสีกระจายอาทิตย์เดือนตุลาคม.....	242
ตารางที่ 6-23	รังสีกระจายอาทิตย์เดือนพฤศจิกายน.....	243
ตารางที่ 6-24	รังสีกระจายอาทิตย์เดือนธันวาคม.....	244

## สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1-1	การถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด: การนำความร้อน (conduction), การพาความร้อน (convection), และการแผ่รังสีความร้อน (radiation).....	2
ภาพที่ 1-2	ข้อเสนอแนะสำหรับผู้บริโภคสำหรับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และการใช้พลังงานหมุนเวียน กระทรวงพลังงานสหรัฐอเมริกา.....	7
ภาพที่ 1-3	ข้อเสนอแนะการเลือกหน้าต่างของหน่วยงานเอนเนอร์จีสตาร์.....	7
ภาพที่ 2-1	แสดงตัวอย่างช่องเปิดประตู.....	12
ภาพที่ 2-2	แสดงตัวอย่างช่องเปิดหน้าต่าง.....	12
ภาพที่ 2-3	แสดงตัวอย่างของกระจกชนิดต่าง ๆ.....	13
ภาพที่ 2-4	แสดงบานกรอบไม้ที่ขาดการดูแลรักษา.....	15
ภาพที่ 2-5	แสดงปัญหาการรั่วซึมอากาศบริเวณรอยต่อของบานกรอบอลูมิเนียม.....	16
ภาพที่ 2-6	แสดงรอยต่อของบานกรอบยูพีวีซี.....	17
ภาพที่ 2-7	ธรรมชาติของการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ ช่องว่างอากาศ และโครงสร้างประสมวัสดุ.....	21
ภาพที่ 2-8	แสดงตัวอย่างการหาคุณสมบัติของวัสดุด้านการถ่ายเทความร้อน.....	26
ภาพที่ 2-9	แสดงคุณสมบัติของรังสีอาทิตย์ที่กระทำต่อวัสดุ.....	27
ภาพที่ 2-10	คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	39
ภาพที่ 2-11	ลักษณะห้องฟ้า.....	43
ภาพที่ 2-12	องค์ประกอบที่มีผลต่อแสงธรรมชาติภายในอาคาร.....	47
ภาพที่ 3-1	เครื่องมือวัดระดับความส่องสว่าง รุ่น DX-200.....	51
ภาพที่ 3-2	แบบจำลองกล่องทดลองสำหรับการวิจัย.....	52
ภาพที่ 3-3	สัดส่วนร่างกายเฉลี่ยของชายไทยอายุระหว่าง 17-49 ปี.....	58
ภาพที่ 3-4	ขนาดช่องเปิดที่ใช้ในงานวิจัย.....	59
ภาพที่ 3-5	ตำแหน่งติดตั้งช่องเปิดสำหรับวัดระดับความส่องสว่าง.....	64
ภาพที่ 3-6	ตำแหน่งวัดระดับความส่องสว่าง.....	64
ภาพที่ 3-7	ระดับพลังงานสำหรับไฟฟ้าแสงสว่างระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์อ้างอิง.....	66
ภาพที่ 4-1	ช่องเปิดที่เลือกใช้เป็นกรณีศึกษา.....	68
ภาพที่ 4-2	เครื่องมือที่ใช้ทดสอบแสงธรรมชาติ.....	114
ภาพที่ 4-3	ตำแหน่งติดตั้งสำหรับทดสอบช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร.....	115
ภาพที่ 4-4	การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิด 0.90x1.20 เมตร ที่ตำแหน่งล่าง.....	115

ภาพที่ 4-5	การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิด 0.90x1.20 เมตร ที่ตำแหน่งกลาง.....	116
ภาพที่ 4-6	การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิด 0.90x1.20 เมตร ที่ตำแหน่งบน.....	116
ภาพที่ 4-7	ตำแหน่งติดตั้งสำหรับทดสอบช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร.....	130
ภาพที่ 4-8	การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิด 0.90x1.20 เมตร ที่ตำแหน่งล่าง.....	130
ภาพที่ 4-9	การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิด 0.90x1.20 เมตร ที่ตำแหน่งกลาง.....	131
ภาพที่ 4-10	การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิด 0.90x1.20 เมตร ที่ตำแหน่งบน.....	131
ภาพที่ 4-11	ตำแหน่งติดตั้งสำหรับทดสอบช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร.....	145
ภาพที่ 4-12	การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ที่ตำแหน่งล่าง.....	145
ภาพที่ 4-13	การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ที่ตำแหน่งกลาง.....	146
ภาพที่ 4-14	การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ที่ตำแหน่งบน.....	146
ภาพที่ 4-15	ตำแหน่งติดตั้งสำหรับทดสอบช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร.....	160
ภาพที่ 4-16	การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิด 0.90x2.00 เมตร ที่ตำแหน่งกลาง.....	160
ภาพที่ 4-17	ระดับการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของช่องเปิด.....	194
ภาพที่ 4-18	ช่องเปิดต้นแบบมาตรฐานทั่วไป ตำแหน่งกลาง.....	202
ภาพที่ 4-19	ช่องเปิดต้นแบบรูปแบบพิเศษ ตำแหน่งกลาง.....	203
ภาพที่ 4-20	ช่องเปิดต้นแบบรูปแบบพิเศษ ตำแหน่งบน.....	204
ภาพที่ 4-21	ช่องเปิดต้นแบบช่องแสง ตำแหน่งกลาง.....	205
ภาพที่ 4-22	ช่องเปิดต้นแบบช่องแสง ตำแหน่งบน.....	205
ภาพที่ 5-1	กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ระบบไวน์ลูป.....	214
ภาพที่ 6-1	แบบรายละเอียดติดตั้งช่องเปิดบานเปิด: รูปตัด	246
ภาพที่ 6-2	แบบรายละเอียดติดตั้งช่องเปิดบานเปิด: ผัง	246
ภาพที่ 6-3	แบบรายละเอียดติดตั้งช่องเปิดบานเปิด: แบบขยายรายละเอียด	247
ภาพที่ 6-4	อาคารบ้านชีวาทิพย์ 2	247
ภาพที่ 6-5	การเตรียมช่องเปิดก่อนการติดตั้ง	248
ภาพที่ 6-6	อุปกรณ์วัดระดับช่องเปิด	248
ภาพที่ 6-7	การติดตั้งช่องเปิด	249
ภาพที่ 6-8	บรรยากาศภายในอาคารหลังการติดตั้ง 1: ช่องเปิดต้นแบบรูปแบบพิเศษ	249
ภาพที่ 6-9	บรรยากาศภายในอาคารหลังการติดตั้ง 2: ช่องเปิดต้นแบบรูปแบบพิเศษ	250



	หน้า	
ภาพที่ 6-10	รายละเอียดการติดตั้งช่องเปิดภายใน: ช่องเปิดต้นแบบรูปแบบพิเศษ	250
ภาพที่ 6-11	บรรยากาศภายในอาคารหลังการติดตั้ง 3: ช่องเปิดต้นแบบช่องแสง	251
ภาพที่ 6-12	บรรยากาศภายในอาคารหลังการติดตั้ง 4: ช่องเปิดต้นแบบมาตรฐาน	252
ภาพที่ 6-13	บรรยากาศภายนอกอาคาร	252
ภาพที่ 6-14	บรรยากาศภายนอกอาคาร	253



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

	หน้า
แผนภูมิที่ 1-1	แสดงประสิทธิภาพความส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่าง ๆ..... 3
แผนภูมิที่ 1-2	แสดงช่วงความยาวคลื่นรังสีอาทิตย์ที่ส่องมายังพื้นผิวโลก..... 3
แผนภูมิที่ 1-3	แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวมของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2528-2549..... 4
แผนภูมิที่ 1-4	แสดงสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยปี พ.ศ. 2549..... 5
แผนภูมิที่ 1-5	แสดงปริมาณการใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อน (พื้นที่สีแดง) และความชื้น (พื้นที่สีเหลือง) ที่แฝงอยู่ในอากาศ เฉลี่ย 1 วันของเดือนเมษายน..... 6
แผนภูมิที่ 1-6	ขั้นตอนศึกษาวิจัย..... 11
แผนภูมิที่ 2-1	แสดงการแบ่งประเภทของกระจกที่ใช้ในปัจจุบัน..... 14
แผนภูมิที่ 2-2	ประเด็นในการพิจารณาช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพ..... 20
แผนภูมิที่ 2-3	แสดงค่าความส่องผ่านรังสี ค่าความสะท้อนรังสี และค่าความดูดกลืนรังสี ของกระจก 3 ชนิดคือ กระจกใส กระจกสี และกระจก 2 ชั้น..... 24
แผนภูมิที่ 2-4	แสดงปริมาณการใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อน (พื้นที่สีแดง) และความชื้น (พื้นที่สีเหลือง) ที่แฝงอยู่ในอากาศ เฉลี่ย 1 วันของทุกเดือนตลอด 1 ปี..... 32
แผนภูมิที่ 2-5	แผนภูมิแปลงความเร็วลม เป็นเวโลซิตี เฮด แฟคเตอร์..... 34
แผนภูมิที่ 2-6	แผนภูมิแสดงอัตราการรั่วซึมของอากาศ ของช่องเปิดของช่องเปิด 3 กลุ่ม..... 35
แผนภูมิที่ 3-1	ระดับความส่องสว่างของเครื่องวัดเครื่องที่ 1 เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน..... 54
แผนภูมิที่ 3-2	ระดับความส่องสว่างของเครื่องวัดเครื่องที่ 2 เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน..... 54
แผนภูมิที่ 3-3	ระดับความส่องสว่างของเครื่องวัดเครื่องที่ 3 เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน..... 55
แผนภูมิที่ 3-4	ระดับความส่องสว่างของเครื่องวัดเครื่องที่ 4 เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน..... 55
แผนภูมิที่ 3-5	ระดับความส่องสว่างของเครื่องวัดเครื่องที่ 5 เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน..... 56
แผนภูมิที่ 3-6	ระดับความส่องสว่างของเครื่องวัดเครื่องที่ 6 เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน..... 56
แผนภูมิที่ 4-1	อุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ย ของกรุงเทพมหานคร ปี 2550..... 70
แผนภูมิที่ 4-2	ปริมาณรังสีอาทิตย์ของกรุงเทพมหานคร เดือนเมษายน ปี 2550..... 71
แผนภูมิที่ 4-3	เอนทัลปีของกรุงเทพมหานคร เดือนเมษายน ปี 2550..... 72
แผนภูมิที่ 4-4	การถ่ายเทความร้อน ความชื้นผ่านบานกรอบ ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550..... 73
แผนภูมิที่ 4-5	การถ่ายเทความร้อน ความชื้นผ่านบานกระจก ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550..... 74



แผนภูมิที่ 4-21	เปรียบเทียบพลังงานเฉลี่ยในช่วงเวลา 00:80-17:00 นาฬิกา ที่ใช้ในการจัดความร้อนของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	90
แผนภูมิที่ 4-22	การถ่ายเทความร้อนผ่านบานกรอบ ของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	91
แผนภูมิที่ 4-23	การถ่ายเทความร้อนผ่านบานกระจก ของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	92
แผนภูมิที่ 4-24	พลังงานที่ใช้ในการจัดความร้อนของช่องเปิดกลมบานกรอบไม้ กระจกใสชนิดต่างๆเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	93
แผนภูมิที่ 4-25	พลังงานที่ใช้ในการจัดความร้อนของช่องเปิดกลมบานกรอบไม้ กระจกเขียวชนิดต่างๆเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	94
แผนภูมิที่ 4-26	พลังงานที่ใช้ในการจัดความร้อนของช่องเปิดกลมบานกรอบอลูมิเนียม กระจกใสชนิดต่างๆเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	95
แผนภูมิที่ 4-27	พลังงานที่ใช้ในการจัดความร้อนของช่องเปิดกลมบานกรอบอลูมิเนียม กระจกเขียวชนิดต่างๆเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	96
แผนภูมิที่ 4-28	พลังงานที่ใช้ในการจัดความร้อนของช่องเปิดกลมบานกรอบยูพีวีซี กระจกใสชนิดต่างๆเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	97
แผนภูมิที่ 4-29	พลังงานที่ใช้ในการจัดความร้อนของช่องเปิดกลมบานกรอบยูพีวีซี กระจกเขียวชนิดต่างๆเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	98
แผนภูมิที่ 4-30	เปรียบเทียบพลังงานเฉลี่ยในช่วงเวลา 0:80-17:00 นาฬิกา ที่ใช้ในการจัดความร้อนของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	99
แผนภูมิที่ 4-31	การถ่ายเทความร้อนผ่านบานกรอบ ของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	100

แผนภูมิที่ 4-32	การถ่ายเทความร้อนผ่านบานกระจก ของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	101
แผนภูมิที่ 4-33	พลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบไม้ กระจกใสชนิดต่างๆ ขนาด 0.90x2.00 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	102
แผนภูมิที่ 4-34	พลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบไม้ กระจกเขียวชนิดต่างๆ ขนาด 0.90x2.00 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	103
แผนภูมิที่ 4-35	พลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบอลูมิเนียม กระจกใสชนิดต่างๆขนาด 0.90x2.00 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	104
แผนภูมิที่ 4-36	พลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบอลูมิเนียม กระจกเขียวชนิดต่างๆขนาด 0.90x2.00 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	105
แผนภูมิที่ 4-37	พลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบยูพีวีซี กระจกใสชนิดต่างๆขนาด 0.90x2.00 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	106
แผนภูมิที่ 4-38	พลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบยูพีวีซี กระจกเขียวชนิดต่างๆขนาด 0.90x2.00 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	107
แผนภูมิที่ 4-39	เปรียบเทียบพลังงานเฉลี่ยในช่วงเวลา 00:80-17:00 นาฬิกา ที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	108
แผนภูมิที่ 4-40	เปรียบเทียบพลังงานเฉลี่ยในช่วงเวลา 00:80-17:00 นาฬิกา ที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบชนิดต่างๆ ขนาด 0.90x1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	109
แผนภูมิที่ 4-41	เปรียบเทียบพลังงานเฉลี่ยในช่วงเวลา 00:80-17:00 นาฬิกา ที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดบานกระจกชนิดต่างๆ ขนาด 0.90x1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	110
แผนภูมิที่ 4-42	เปรียบเทียบอัตราส่วนของพลังงานเฉลี่ยในช่วงเวลา 00:80-17:00 นาฬิกา ที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดผ่านบานกรอบ ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	111
แผนภูมิที่ 4-43	เปรียบเทียบอัตราส่วนของพลังงานเฉลี่ยในช่วงเวลา 00:80-17:00 นาฬิกา ที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดผ่านบานกระจก ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550.....	112
แผนภูมิที่ 4-44	ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกใส 6 มม.....	117





แผนภูมิที่ 4-83	ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตรกระจกเขียว 2 ชั้น 24 มม.	140
แผนภูมิที่ 4-84	พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระจกเขียว 2 ชั้น 24 มม.....	140
แผนภูมิที่ 4-85	ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตรกระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.	141
แผนภูมิที่ 4-86	พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.....	141
แผนภูมิที่ 4-87	เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร ตำแหน่งล่าง จากวัสดุบานกระจกที่แตกต่างกัน.....	142
แผนภูมิที่ 4-88	เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร ตำแหน่งกลาง จากวัสดุบานกระจกที่แตกต่างกัน.....	143
แผนภูมิที่ 4-89	เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร ตำแหน่งบน จากวัสดุบานกระจกที่แตกต่างกัน.....	144
แผนภูมิที่ 4-90	ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกใส 6 มม.....	147
แผนภูมิที่ 4-91	พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกใส 6 มม.....	147
แผนภูมิที่ 4-92	ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกใส 8 มม.....	148
แผนภูมิที่ 4-93	พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกใส 8 มม.....	148
แผนภูมิที่ 4-94	ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกเขียว 6 มม.....	149
แผนภูมิที่ 4-95	พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกเขียว 6 มม.....	149
แผนภูมิที่ 4-96	ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกเขียว 8 มม.....	150
แผนภูมิที่ 4-97	พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกเขียว 8 มม.....	150
แผนภูมิที่ 4-98	ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกลามิเนตใส 8 มม.....	151











แผนภูมิที่ 4-152	การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์และพลังงานที่ใช้ในการจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบานกระจกต่าง ๆ ช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 ม. บานกรอบยูพีวีซี ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งบน.....	188
แผนภูมิที่ 4-153	การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์และพลังงานที่ใช้ในการจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบานกระจกต่าง ๆ ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม. บานกรอบยูพีวีซี ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งล่าง.....	189
แผนภูมิที่ 4-154	การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์และพลังงานที่ใช้ในการจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบานกระจกต่าง ๆ ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม. บานกรอบยูพีวีซี ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งกลาง.....	189
แผนภูมิที่ 4-155	การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์และพลังงานที่ใช้ในการจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบานกระจกต่าง ๆ ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม. บานกรอบยูพีวีซี ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งบน.....	190
แผนภูมิที่ 4-156	การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์และพลังงานที่ใช้ในการจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบานกระจกต่าง ๆ ช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 ม. บานกรอบยูพีวีซี ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งกลาง.....	190
แผนภูมิที่ 4-157	แสดงการกระจายของจำนวนช่องเปิดในช่วงพลังงานสุทธิต่าง ๆ.....	193
แผนภูมิที่ 4-158	ระดับพลังงานสุทธิ แบ่งตามส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน.....	194
แผนภูมิที่ 4-159	ระดับพลังงานสุทธิของช่องเปิดขนาดต่าง ๆ.....	196
แผนภูมิที่ 4-160	เปรียบเทียบพลังงานสุทธิของช่องเปิดรูปแบบสี่เหลี่ยมและรูปแบบกลมติดตั้ง ตำแหน่งกลาง วัสดุบานกรอบยูพีวีซี กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.....	198
แผนภูมิที่ 4-161	เปรียบเทียบพลังงานสุทธิของช่องเปิดรูปแบบสี่เหลี่ยมและรูปแบบกลมติดตั้ง ตำแหน่งบน วัสดุบานกรอบยูพีวีซี กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.....	198
แผนภูมิที่ 4-162	พลังงานที่ใช้ในการจัดความร้อนในส่วนบานกรอบของช่องเปิดขนาดต่าง ๆ.....	199
แผนภูมิที่ 4-163	พลังงานที่ใช้ในการจัดความร้อนในส่วนบานกระจกของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม.....	200
แผนภูมิที่ 5-1	พลังงานที่ใช้ในการจัดความร้อนในส่วนบานกรอบของช่องเปิดขนาดต่าง ๆ.....	206
แผนภูมิที่ 5-2	พลังงานที่ใช้ในการจัดความร้อนในส่วนบานกระจกของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม.....	207

แผนภูมิที่ 5-3	พลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม.....	208
แผนภูมิที่ 5-4	เปรียบเทียบพลังงานสุทธิระหว่างช่องเปิดต้นแบบกับช่องเปิดกรณีพื้นฐาน.....	210
แผนภูมิที่ 5-5	แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของช่องเปิดต้นแบบ.....	212
แผนภูมิที่ 5-6	เอมบอดีเอนเนอร์จีของวัสดุก่อสร้างต่าง ๆ.....	214



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 1

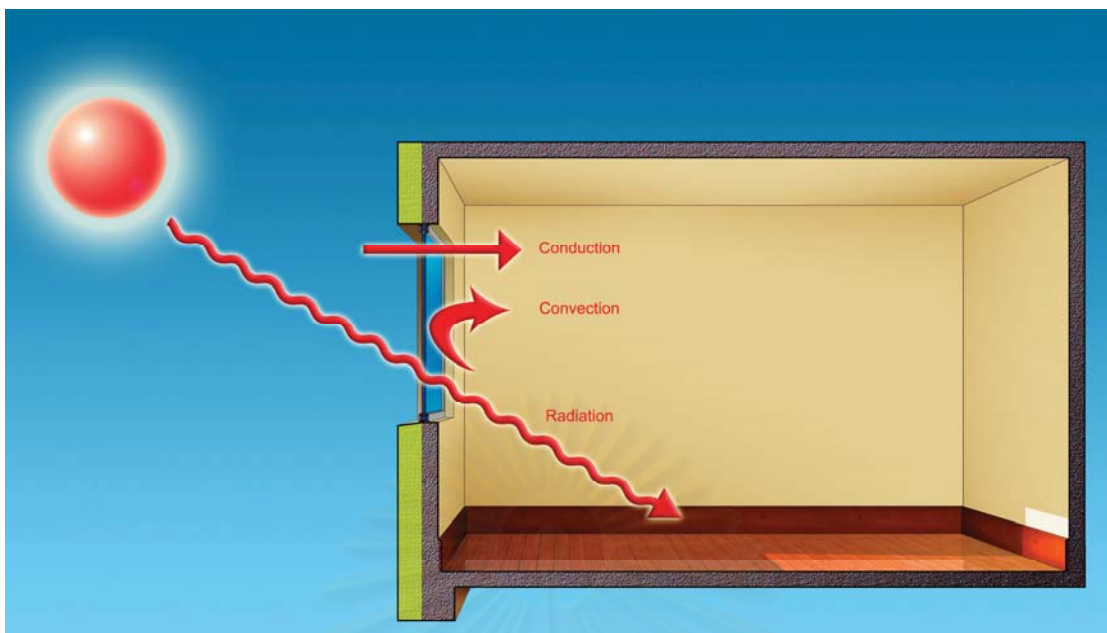
### บทนำ

#### 1.1. ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

ช่องเปิด (fenestration) ในความหมายของงานสถาปัตยกรรมคือ “วัตถุที่นำมาประกอบเป็นช่องบริเวณเปลือกอาคาร เช่น หน้าต่าง ประตู หรือช่องแสงต่าง ๆ” (ASHRAE, 2004: 30.1) ถือเป็นองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมภายนอกที่มีผลต่อรูปลักษณะอาคารด้วยคุณสมบัติที่โดดเด่น เช่น ความทึบ ความโปร่งใส การสะท้อนสภาพภายนอกเข้ามาอยู่บนตัวอาคาร สีสีนของช่องแสงที่สามารถแปรเปลี่ยนไปตามช่วงเวลาของวัน รวมถึงการเปิดเผยหรือปิดบังกิจกรรมภายในอาคารตามความต้องการและจินตนาการของผู้ออกแบบ นอกจากผลกระทบต่อตัวงานสถาปัตยกรรมในด้านกายภาพ (physical effect) ช่องเปิดยังมีผลกระทบต่อผู้ใช้งานในด้านจิตวิทยา (psychological effect) และในด้านสภาพแวดล้อม (environmental effect) เช่น ช่องเปิดเป็นส่วนที่เชื่อมต่อที่ว่างระหว่างภายใน และภายนอกเข้าด้วยกัน และความเป็นพลวัตที่เกิดขึ้นจากแสงธรรมชาติทำให้คนรับรู้มิติทางด้านเวลา **ในด้านการใช้พลังงานในอาคารช่องเปิดเป็นส่วนที่มีการถ่ายเทความร้อน และรับแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร มากที่สุดเมื่อเทียบสัดส่วนพื้นที่** ดังนั้นช่องเปิดจึงมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสูงมาก

การนำรังสีอาทิตย์ (solar radiation) เข้าสู่อาคารเป็นสิ่งที่ต้องระมัดระวัง โดยเฉพาะอาคารที่ตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (hot-humid climate) เช่นประเทศไทย รังสีอาทิตย์ไม่เพียงแต่จะนำแสงธรรมชาติ (daylighting) เข้าสู่อาคาร แต่ยังสามารถนำความร้อน (heat gain) เข้าสู่อาคารอีกด้วย และช่องเปิดถือเป็นส่วนที่มีการถ่ายเทความร้อน (heat transfer) จากรังสีอาทิตย์ เข้าสู่อาคารได้มากที่สุด โดยผ่านการถ่ายเทความร้อน 3 ทางคือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนดังที่แสดงในภาพ 1-1 สำหรับอาคารปรับอากาศความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารจะเปลี่ยนเป็นภาระการทำความเย็น (cooling load) ของอาคารต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

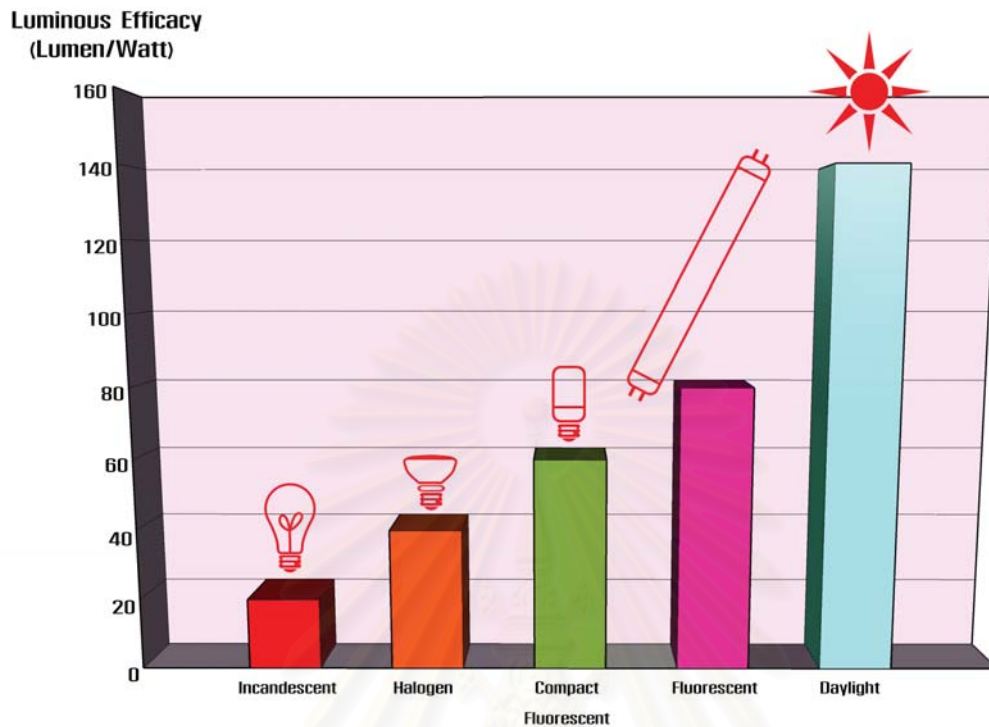


ภาพที่ 1-1 การถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด: การนำความร้อน (conduction) การพาความร้อน (convection) และการแผ่รังสีความร้อน (radiation)

การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติอย่างเหมาะสมสามารถลดความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในอาคารได้ ข้อดีของแสงธรรมชาติคือมีประสิทธิภาพความส่องสว่าง (luminous efficacy) สูงมากเมื่อเทียบกับแสงประดิษฐ์ดังที่แสดงในแผนภูมิที่ 1-1 นอกจากนี้แสงธรรมชาติเป็นแสงที่มีดัชนีความถูกต้องของสี (color rendering index, CRI) สูงมากซึ่งทำให้สิ่งของต่าง ๆ มีสีตามจริง (สุนทร บุญญาธิการ, 2545) และแสงธรรมชาติเป็นแสงที่มีพลวัต (dynamic) สามารถแปรเปลี่ยนไปในแต่ละช่วงเวลาของวันซึ่งสามารถกระตุ้นให้ผู้ใช้อาคารรับรู้มิติด้านเวลา สร้างความกระฉับกระเฉงให้กับผู้ใช้งานอาคาร ข้อควรระวังในการใช้แสงธรรมชาติคือความร้อนที่เข้าสู่อาคาร จากแผนภูมิที่ 1-2 พบว่ารังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านสู่ผิวโลกไม่เพียงมีแสงที่ตามองเห็น (visible light) เท่านั้นแต่ยังมีรังสีในช่วงคลื่นอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการสำหรับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น นั่นคือรังสีอัลตราไวโอเล็ต (ultraviolet) และรังสีอินฟราเรด (infrared) รังสีอัลตราไวโอเล็ตเป็นรังสีที่สามารถทำลาย (degradation) เครื่องเรือนให้เก่าและสีซีดจาง รวมถึงการทำอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ และรังสีอินฟราเรดคือรังสีความร้อน ซึ่งสร้างความร้อนให้แก่อาคาร นอกจากนี้รังสีอาทิตย์ซึ่งเป็นรังสีคลื่นสั้นสามารถทะลุทะลวงผ่านบานกระจกของช่องเปิดได้ดีแต่เมื่อสองกระทบกับวัสดุทึบแสงภายในอาคารแล้ว วัสดุนั้นจะดูดกลืนรังสี (Absorption) และคลายรังสีออกมาในรูปของรังสีคลื่นยาวในช่วงความยาวคลื่นของรังสีฟาร์อินฟราเรด (far-infrared) หรือคลื่นความร้อนเช่นกัน ช่วงคลื่นดังกล่าวไม่สามารถถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกโดยการแผ่รังสีความร้อนได้ทำให้เกิด

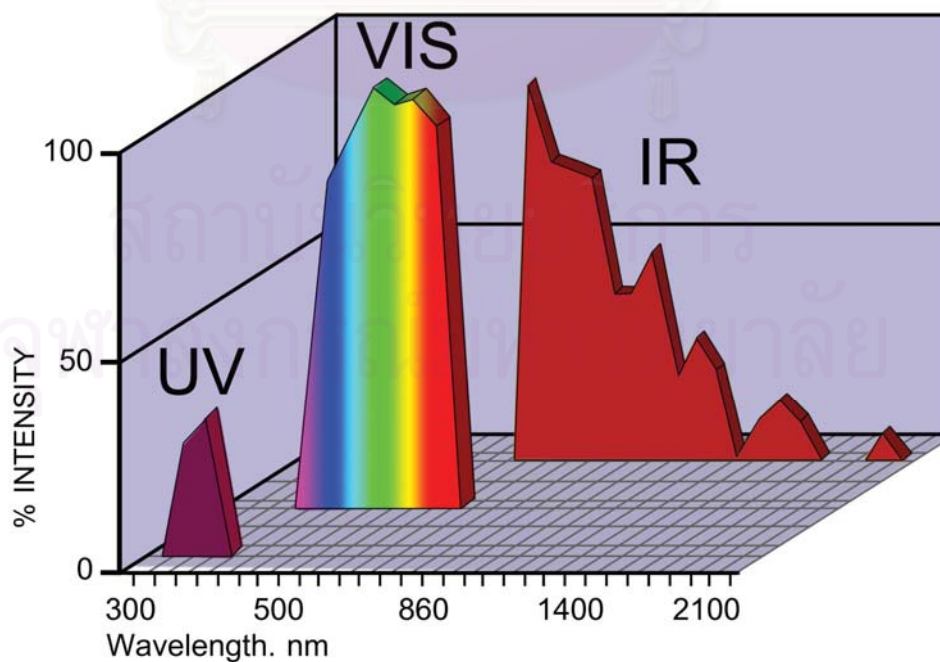


ความร้อนสะสมภายในอาคารซึ่งเพิ่มภาระในการทำความเย็นให้กับอาคารปรับอากาศมากยิ่งขึ้น



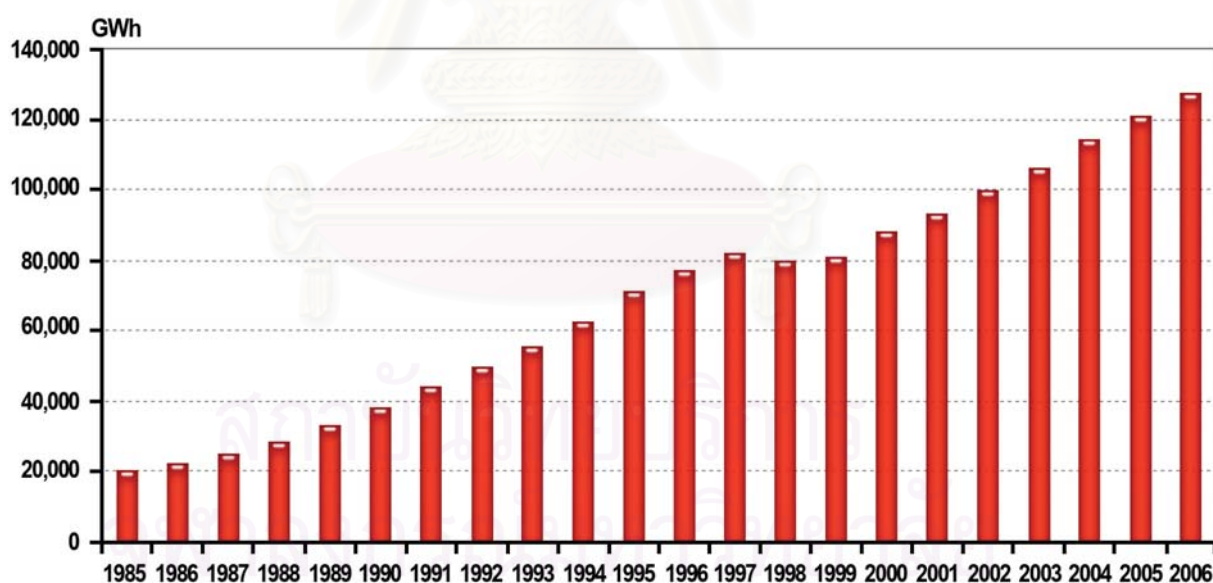
แผนภูมิที่ 1-1 แสดงประสิทธิภาพความส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่าง ๆ (สุนทร บุญญาธิการ, 2545: 142)

The Solar Spectrum  
3% UV-44% VIS-53% NIR

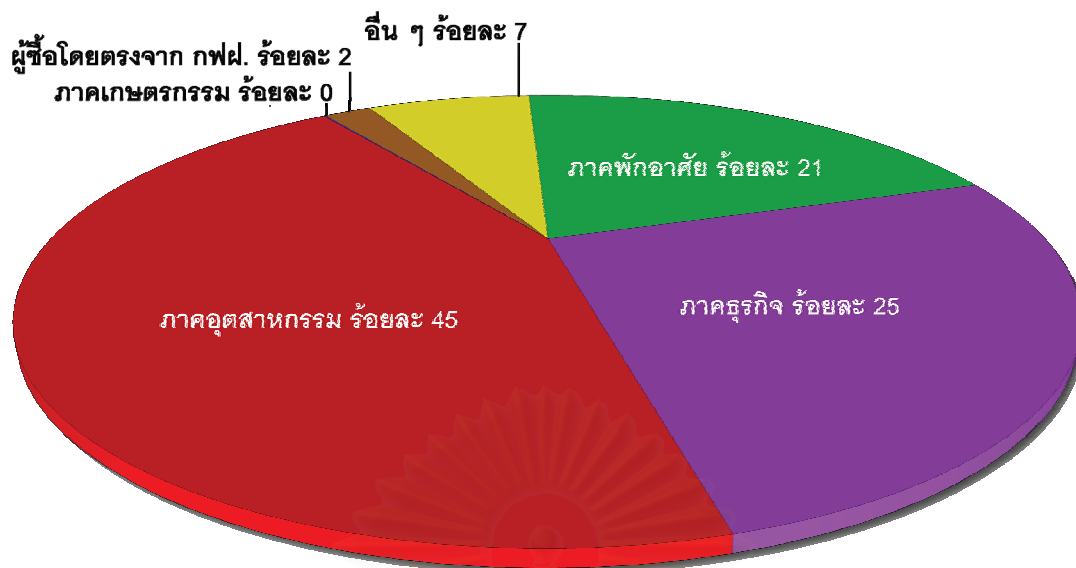


แผนภูมิที่ 1-2 แสดงช่วงความยาวคลื่นของรังสีอาทิตย์ที่ส่องมายังพื้นผิวโลก (สุนทร บุญญาธิการ, 2551: 76)

จากที่กล่าวในข้างต้น พบว่าช่องเปิดมีความสำคัญต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเป็นอย่างมาก เมื่อพิจารณาการใช้ไฟฟ้าในอาคารจากข้อมูลของกระทรวงพลังงาน (2550) ดังที่แสดงในแผนภูมิที่ 1-3 การใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2528 - 2549 (ค.ศ. 1985 - 2006) พบว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเกือบทุกปี เมื่อพิจารณาในปี พ.ศ. 2549 (ค.ศ. 2006) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อประชากรคือประมาณ 2.12 เมกะวัตต์ต่อคนต่อปี (พิจารณาจากจำนวนประชากรของประเทศไทยที่ 60 ล้านคน) จากการประมาณการของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2551 ประมาณ 156,628 กิกะวัตต์ชั่วโมง เพิ่มขึ้นร้อยละ 5.5 จากปี พ.ศ. 2550 เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2549 พบว่ามีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในภาคพักอาศัยสูงถึงร้อยละ 21 หรือคิดเป็น 26,914.91 กิกะวัตต์ ชั่วโมง (GWh) โดยปกติแล้วแผนการอนุรักษ์พลังงานในส่วนภาคพักอาศัยมักปฏิบัติให้เกิดผลจริงได้ยาก เนื่องจากเป็นลักษณะกลุ่มผู้บริโภคพลังงานไฟฟ้ารายย่อย ๆ จำนวนมากดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุการออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพสูงตั้งแต่เริ่มต้นจึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมที่สุด



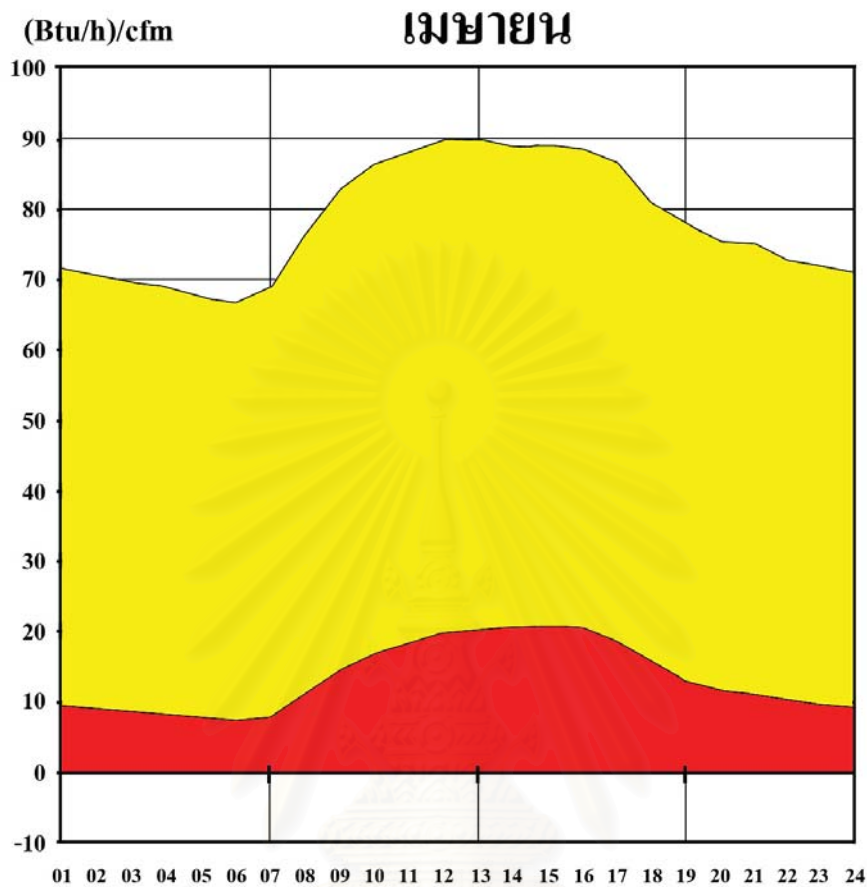
แผนภูมิที่ 1-3 แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวมของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2528 - 2549 (ค.ศ. 1985 - 2006)



แผนภูมิที่ 1-4 แสดงสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าของประเทศไทยปี พ.ศ. 2549  
([http://www.eppo.go.th/info/5electricity\\_stat.htm](http://www.eppo.go.th/info/5electricity_stat.htm))

ปัจจุบันสังคมตระหนักถึงปัญหาด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมมากขึ้นเนื่องจากปัญหาสภาวะโลกร้อน (Global warming) ที่มีผลกระทบต่อเห็นเป็นรูปธรรมและทวีความรุนแรงอย่างต่อเนื่องก่อให้เกิดความกังวลต่อสังคม ปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดการตระหนักถึงการใช้พลังงานและทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้อาคารต่าง ๆ ทั้งอาคารเก่าและอาคารที่ออกแบบใหม่ต้องเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในอาคารให้คุ้มค่า การปรับปรุงและออกแบบกรอบอาคารที่เหมาะสมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านพลังงานของอาคารได้ ส่วนหนึ่งของการปรับปรุงและออกแบบกรอบอาคารคือการปรับปรุงช่องเปิด ในอดีตสถาปนิกและนักออกแบบพิจารณาช่องเปิดเพียงเหตุผลทางด้านสุนทรียศาสตร์เป็นหลัก ซึ่งส่งผลให้ระบบช่องเปิดที่ออกแบบในอดีตไม่สามารถตอบสนองความต้องการด้านประสิทธิภาพอาคารได้ดีเพียงพอ ดังนั้นเพื่อตอบสนองความต้องการทางด้านประสิทธิภาพอาคาร (Building performance) และยังคงตอบสนองต่อความต้องการพื้นฐานเดิม เช่น สภาวะน่าสบายของมนุษย์ (Human comfort) และความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ (Economic criteria) การวิจัยนี้จึงทำการศึกษาช่องเปิดในส่วนการติดตั้ง และการเลือกวัสดุของช่องเปิดที่เหมาะสมเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิด อาคารปรับอากาศที่ตั้งในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น (hot-humid climate) ซึ่งมีความชื้นสูงตลอดทั้งปีจำเป็นต้องออกแบบช่องเปิดที่มีการรั่วซึมอากาศต่ำ เนื่องจากอากาศที่รั่วซึมเข้าสู่อาคารมีความชื้นสูง ทำให้ระบบปรับอากาศในอาคารต้องรีดความชื้นจำนวนมากออกสู่ภายนอกอาคาร ส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนภาระการทำความเย็นของอาคาร ผลที่ได้จากการศึกษา

สามารถนำไปเป็นแนวทางในการปรับใช้ในการออกแบบอาคารใหม่ รวมถึงการปรับปรุงอาคารเก่า (Retrofit) ให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นเช่นกัน



แผนภูมิที่ 1-5 แสดงปริมาณการใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อน (พื้นที่สีแดง) และความชื้น (พื้นที่สีเหลือง) ที่แฝงอยู่ในอากาศ เฉลี่ย 1 วันของเดือนเมษายน พบว่าปริมาณการใช้พลังงานเพื่อขจัดความชื้นมากกว่าปริมาณพลังงานที่ขจัดความร้อนในห้อง (สุนทร บุญญาธิการ, 2545: 35)

ในต่างประเทศมีหลายหน่วยงานให้ความสำคัญต่อประสิทธิภาพของช่องเปิด เช่น กระทรวงพลังงานของสหรัฐอเมริกา (US. department of energy) ได้มีข้อแนะนำสำหรับผู้บริโภคสำหรับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และการใช้พลังงานหมุนเวียน (A Consumer's Guide to Energy Efficiency and Renewable Energy) ซึ่งอธิบายถึงการเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพรวมถึงมีการจัดระดับประสิทธิภาพหน้าต่าง ประตู และช่องแสงต่าง ๆ (Energy Performance Ratings for Windows, Doors, and Skylights) เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับประชาชน หรือหน่วยงานเอ็นเนอร์จีสตาร์ (Energy star) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่กำหนดมาตรฐานการใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้การรับรองผลิตภัณฑ์ที่มีการอนุรักษ์พลังงานที่ดี ทำการพิจารณาผลิตภัณฑ์ประเภท หน้าต่าง ประตู และช่องแสงต่าง ๆ เป็นต้น

U.S. Department of Energy  
**Energy Efficiency and Renewable Energy**  
*Bringing you a prosperous future where energy is clean, abundant, reliable, and affordable*

EERE Home

## A Consumer's Guide to Energy Efficiency and Renewable Energy

[Your Home](#) | [Your Vehicle](#) | [Your Workplace](#) | [Products & Services](#) | [Renewable Energy](#) | [Information Resources](#) | [Home](#)

### Your Home

[Printable Version](#)

**Apartment**

**Appliances & Electronics**

**Designing & Remodeling**

**Electricity**

**Energy Audits**

**Insulation & Air Sealing**

**Landscaping**

**Lighting & Daylighting**

**Space Heating & Cooling**

**Water Heating**

**Windows, Doors & Skylights**

Energy Performance Ratings  
 Windows  
 Doors  
 Skylights

### Windows, Doors, and Skylights

Energy-efficient windows, doors, and skylights—also known as fenestration—can help lower a home's heating, cooling, and lighting costs.

Learn about their [energy performance ratings](#) and how to maximize their energy efficiency in your home:

- **Exterior Doors**  
Select energy-efficient doors or improve the energy efficiency of existing ones.
- **Skylights**  
Select energy-efficient skylights.
- **Windows**  
Select energy-efficient windows or improve the energy efficiency of existing ones.

[Printable Version](#)

Search  Search  
 Search Help > More Search Options >

EERE Information Center

LEARN MORE

Product Information  
 Residential Windows, Doors, and Skylights >  
 ENERGY STAR

Professional Services  
 Certified Window and Door Installers >  
 InstallationMasters Institute

Department of Energy Resources  
 Windows and Doors R&D >  
 Building Technologies Program

**Calculate Your Energy Costs**

Consumer's Guide Home | EERE Home | U.S. Department of Energy  
 Webmaster | Web Site Policies | Security & Privacy | USA.gov  
 Content Last Updated: September 12, 2005

ภาพที่ 1-2 ข้อแนะนำเพื่อผู้บริโภคสำหรับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และการใช้พลังงานหมุนเวียน กระทรวงพลังงานสหรัฐอเมริกา (<http://www.eere.energy.gov/consumer/>)

## WHAT MAKES A WINDOW ENERGY EFFICIENT?

energy CHANGE FOR THE BETTER WITH ENERGY STAR

Today, manufacturers use an array of **advanced technologies** to make ENERGY STAR-qualified windows.

**IMPROVED FRAME MATERIALS**

Wood composites, vinyl, and fiberglass frames reduce heat transfer and help insulate better.

**LOW-E GLASS**

Special coatings reflect infrared light, keeping heat inside in winter and outside in summer. They also reflect damaging ultraviolet light, which helps protect interior furnishings from fading.

**MULTIPLE PANES**

Two panes of glass, with an air or gas-filled space in the middle, insulate much better than a single pane of glass. Some ENERGY STAR-qualified windows include three or more panes for even greater energy efficiency, increased impact resistance, and sound insulation.

**GAS FILLS**

Some energy-efficient windows have argon, krypton, or other gases between the panes. These odorless, colorless, non-toxic gases insulate better than regular air.

**WARM EDGE SPACERS**

A spacer keeps a window's glass panes the correct distance apart. Today's warm edge spacers—made of steel, foam, fiberglass, or vinyl—reduce heat flow and prevent condensation.

ภาพที่ 1-3 ข้อแนะนำการเลือกหน้าต่างของหน่วยงานเอนเนอร์จิสตาร์ ([www.energystar.gov](http://www.energystar.gov))

ปัจจุบันประเทศไทยมีมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสำหรับประตูหน้าต่างหลายตัว เช่นมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1043-2534 สำหรับหน้าต่างพีวีซี เป็นต้น มาตรฐานเหล่านั้นเป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมสำหรับบริษัทผู้ผลิต และโรงงานซึ่งกล่าวถึงขนาด และคุณสมบัติเชิงกลของผลิตภัณฑ์ เช่นการรับแรง และการทนไฟ เป็นต้น (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม, 2534) ดังนั้นนักออกแบบ และผู้บริโภคในปัจจุบันยังขาดข้อมูลสำหรับออกแบบช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาช่องเปิดรูปแบบต่าง ๆ เพื่อหารูปแบบช่องเปิดที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น เช่นประเทศไทย อันนำไปสู่การสร้างต้นแบบช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน ต่อไป

## 1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1. ศึกษาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียจากการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดเข้าสู่ภายในอาคาร
- 1.2.2. ศึกษาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากการใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดเพื่อทดแทนแสงประดิษฐ์ในอาคาร
- 1.2.3. วิเคราะห์เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าจากภาระการทำความเย็นของช่องเปิด และการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงประดิษฐ์จากการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ
- 1.2.4. เสนอรูปแบบการใช้งานช่องเปิดที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น

## 1.3. ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1. ศึกษาช่องเปิดสำหรับอาคารปรับอากาศในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น เช่นประเทศไทยเท่านั้น โดยเลือกข้อมูลสภาพอากาศกรุงเทพมหานคร และปริมาณพลเป็นกรณีศึกษา
- 1.3.2. รูปแบบช่องเปิดที่ทำการศึกษาเป็นช่องเปิดที่ติดตั้งในระนาบตั้ง และไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์
- 1.3.3. ทำการศึกษาประสิทธิภาพของช่องเปิดเฉพาะผลกระทบด้านภาระการทำความเย็น และแสงธรรมชาติเท่านั้น
- 1.3.4. ศึกษาวัสดุช่องเปิดที่นิยมใช้ทั่วไปในท้องตลาดประเทศไทย

#### 1.4. ระเบียบวิธีวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยสามารถแบ่งขั้นตอนได้ 4 ขั้นตอน คือ

- ขั้นตอนที่ 1. วิเคราะห์ปริมาณพลังงานที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด
- ขั้นตอนที่ 2. วิเคราะห์ปริมาณพลังงานที่ได้รับจากการใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ลดได้จากแสงประดิษฐ์
- ขั้นตอนที่ 3. เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าจากภาระการทำความเย็นของช่องเปิดและการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงประดิษฐ์จากการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ
- ขั้นตอนที่ 4. เสนอช่องเปิดต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น

##### ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์ปริมาณพลังงานที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด

###### 1.4.1. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

- ตัวแปรต้น (independent variable) คือกลุ่มตัวแปรเกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานของช่องเปิด เช่นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value), ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC)
- ตัวแปรตาม (dependent variable) คือกลุ่มตัวแปรที่เป็นผลมาจากตัวแปรต้น ในที่นี้คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด
- ตัวแปรควบคุม (controlled variable) คือกลุ่มตัวแปรที่ไม่ทำการศึกษา และควบคุมไม่ให้มีผลกระทบต่อตัวแปรตาม ในที่นี้คือ การบังเงาของช่องเปิด และขนาดของห้อง

###### 1.4.2. ศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด

- ศึกษาโดยใช้วิธี การหาภาระความแตกต่างความร้อนเทียบเท่า (cooling load temperature difference, CLTD)

###### 1.4.3. ศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด

- ศึกษาโดยหาการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด

## ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ปริมาณพลังงานที่ได้รับจากการใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ลดได้จากแสงประดิษฐ์

### 1.4.4. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

- ตัวแปรต้น (independent variable) คือกลุ่มตัวแปรเกี่ยวข้องกับการได้รับพลังงานของช่องเปิด เช่นตำแหน่งติดตั้งช่องเปิด ค่าการส่องผ่านแสง (VT) เป็นต้น
- ตัวแปรตาม (dependent variable) คือกลุ่มตัวแปรที่เป็นผลมาจากตัวแปรต้น ในที่นี้คือ ระดับความส่องสว่าง และการได้รับพลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์
- ตัวแปรควบคุม (controlled variable) คือกลุ่มตัวแปรที่ไม่ทำการศึกษา และควบคุมไม่ให้มีผลกระทบต่อตัวแปรตาม ในที่นี้คือ การบังเงาของช่องเปิด และขนาดของห้อง

### 1.4.5. ศึกษาการใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด

- ศึกษาการใช้แสงธรรมชาติทำการศึกษาโดยสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (physical model) และใช้วิธีตัวประกอบแสงธรรมชาติ (daylight factor)

### 1.4.6. ทำการคำนวณการได้รับพลังงานจากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์

- ศึกษาโดยพิจารณาจากการใช้แสงธรรมชาติทดแทนใช้พลังงานไฟฟ้าส่องสว่างของแสงประดิษฐ์ต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร

## ขั้นตอนที่ 3 เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าจากภาระการทำความเย็นของช่องเปิดและการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงประดิษฐ์จากการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ

### 1.4.7. เปรียบเทียบการใช้พลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการลดความร้อนจากช่องเปิด

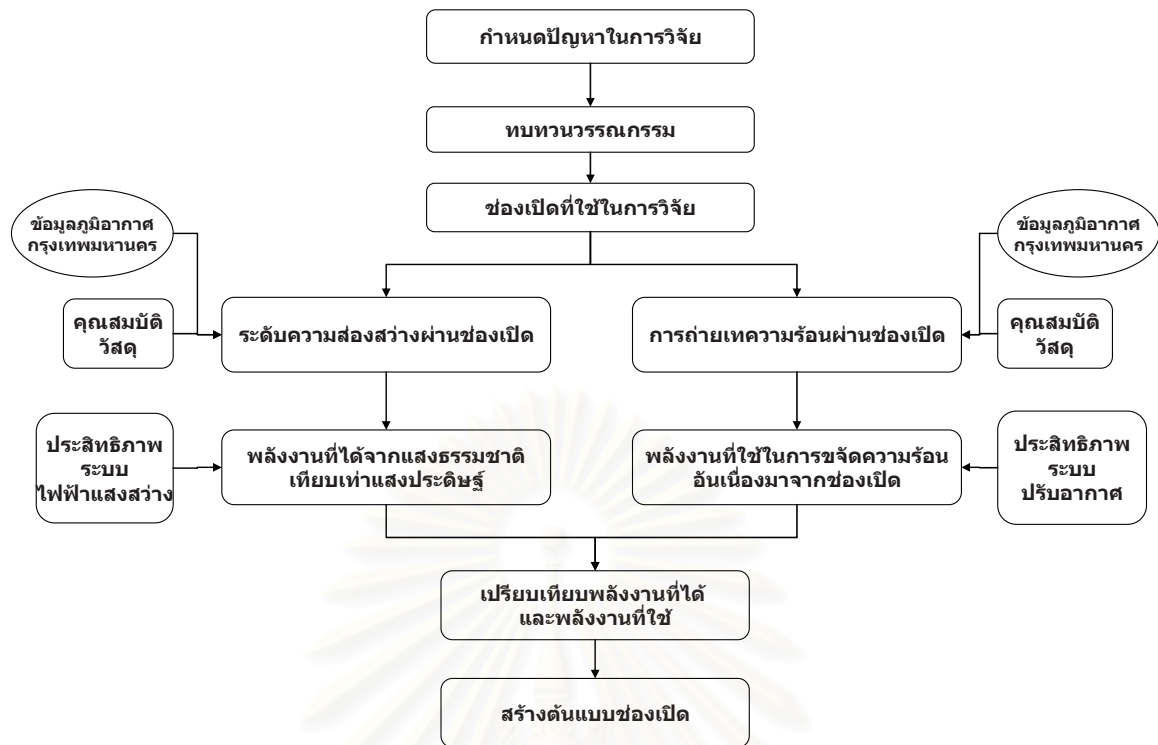
### 1.4.8. สร้างมาตรวัดระดับประสิทธิภาพด้านพลังงานของช่องเปิด

## ขั้นตอนที่ 4 เสนอช่องเปิดต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น

### 1.4.9. วิเคราะห์ปัจจัยในการออกแบบช่องเปิดที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานในอาคาร

### 1.4.10. พัฒนาช่องเปิดต้นแบบสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น





แผนภูมิที่ 1-6 .ขั้นตอนศึกษาวิจัย

### 1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1. เข้าใจตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารอันเนื่องมาจากช่องเปิด
- 1.5.2. เข้าใจตัวแปรที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร
- 1.5.3. เกณฑ์ในการวัดประสิทธิภาพด้านพลังงานของช่องเปิด
- 1.5.4. ต้นแบบช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานที่เหมาะสมสำหรับอาคารปรับอากาศประเทศไทย

## บทที่ 2

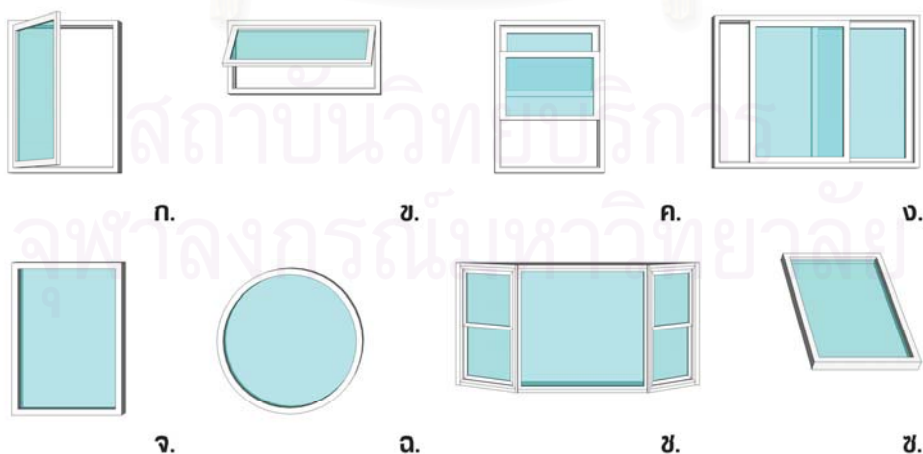
### เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1. บทนำ

ช่องเปิด หรือคำศัพท์ในภาษาอังกฤษคือ fenestration มีรากศัพท์มาจากภาษาละตินคือ fenestra แปลว่าหน้าต่าง ช่องเปิดหมายถึง “วัตถุที่นำมาประกอบเป็นช่องบริเวณเปลือกอาคาร เช่น หน้าต่าง ประตู หรือช่องแสงต่าง ๆ” (ASHRAE, 2004: 30.1) เป็นส่วนประกอบภายนอกที่สำคัญของงานสถาปัตยกรรมซึ่งเชื่อมที่ว่างภายใน และภายนอกเข้าด้วยกันทั้งทางด้านกายภาพ และมุมมองทางสายตา และยังเป็นช่องทางนำรังสีอาทิตย์ (solar radiation) เข้าสู่อาคาร ซึ่งนำทั้งแสงธรรมชาติ (daylighting) และความร้อน (heat gain) เข้าสู่อาคาร รูปแบบช่องเปิดมีหลากหลายชนิดดังที่แสดงตัวอย่างในภาพที่ 2-1 และ 2-2 ซึ่งมีทั้งรูปแบบช่องเปิดติดตาย (fixed) และรูปแบบเปิดได้ (operable) ที่สามารถควบคุมการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ (natural ventilation) สำหรับอาคารไม่ปรับอากาศ



ภาพที่ 2-1 แสดงตัวอย่างช่องเปิดประตู ก. ประตูบานเปิดเดี่ยว (single panel hinged door) ข. ประตูบานเปิดคู่ (double panel hinged door) ค. ประตูบานเลื่อน (sliding door) และ ง. ประตูบานเปิดคู่มีช่องแสงติดตายด้านบน (serried of hinged door)



ภาพที่ 2-2 แสดงตัวอย่างช่องเปิดหน้าต่าง ก. หน้าต่างบานเปิด (casement window) ข. หน้าต่างบานกระหู่ (awning window) ค. หน้าต่างบานเลื่อนแนวตั้ง (double hung window) ง. หน้าต่างบานเลื่อนแนวนอน (sliding window) จ. หน้าต่างบานติดตาย (fixed window) ฉ. หน้าต่างรูปแบบพิเศษ (special window) ช. หน้าต่างเรือนกระจก (greenhouse window) และ ซ. ช่องแสงหลังคา (skylight)

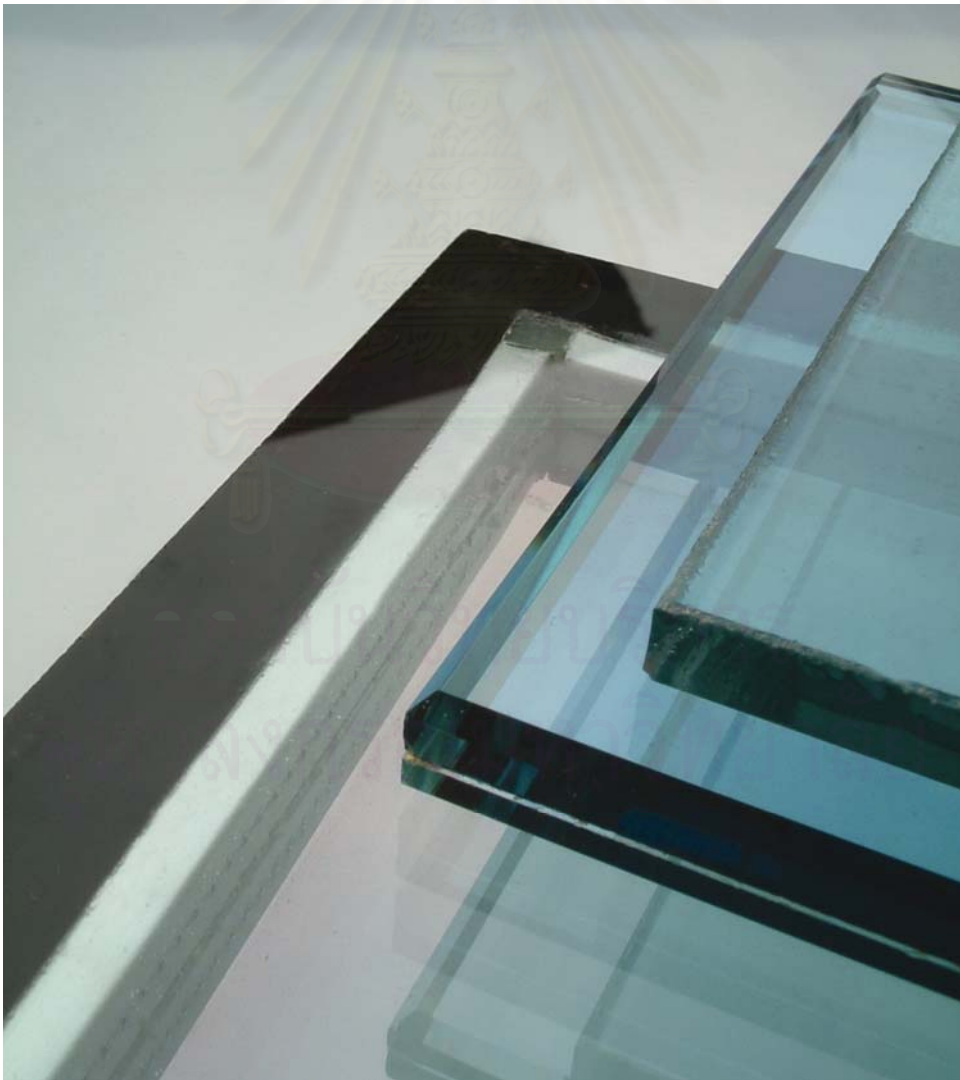
## 2.2. ส่วนประกอบของช่องเปิด

ช่องเปิดประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ ส่วนบานกระจก (glazing) และส่วนบานกรอบ (framing) โดยบางกรณีอาจมีอุปกรณ์บังแดด (shading device) มุ้งลวด (insect screen) หรือ เหล็กคัต ประกอบ

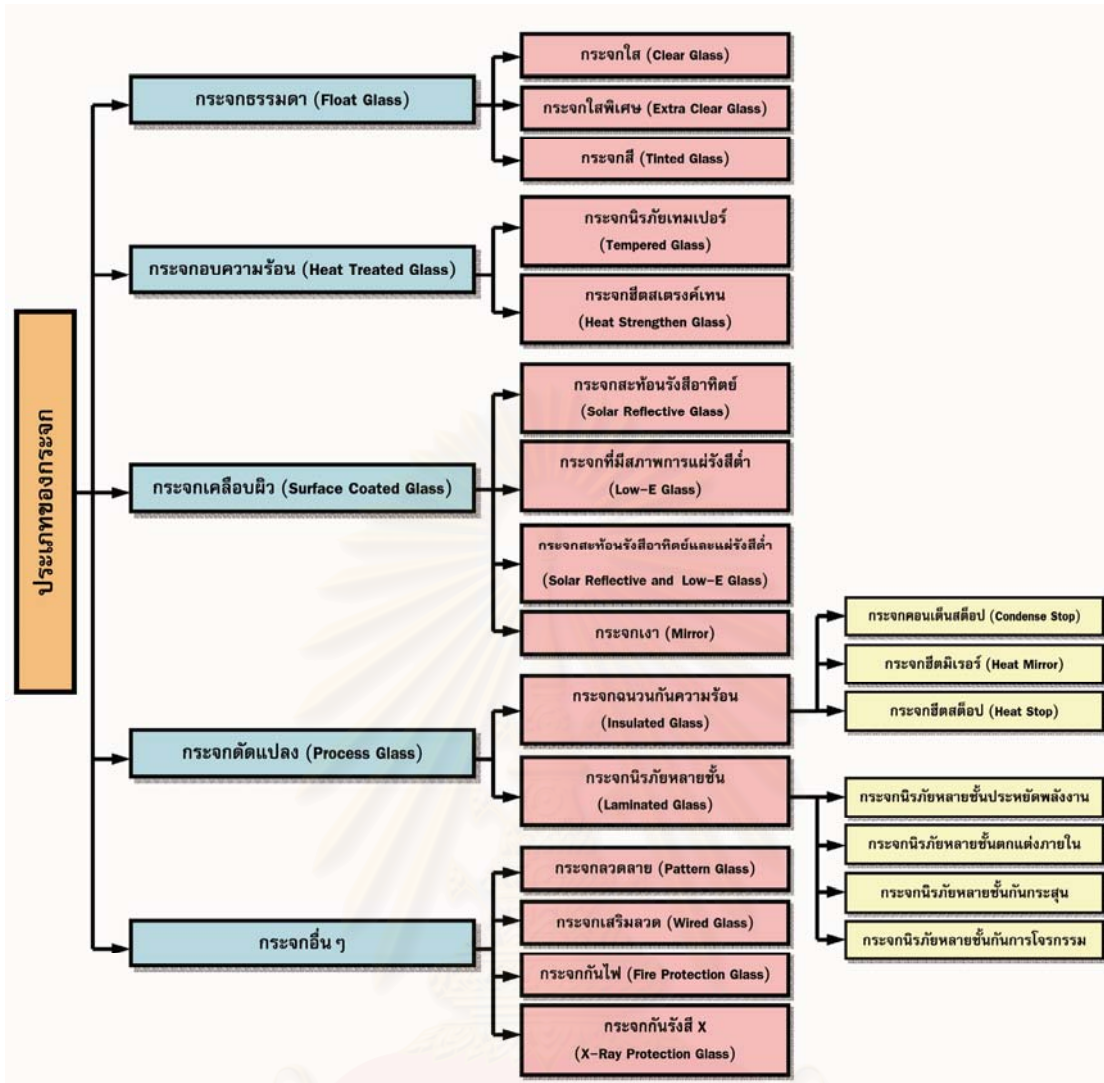
### 2.2.1. ส่วนบานกระจก

วัสดุบานกระจกที่นิยมใช้ในการติดตั้งส่วนบานกระจกของช่องเปิด มีหลายชนิด เช่นกระจกใส (clear float glass) กระจกสี (tinted glass) กระจกลามิเนต (laminated glass) กระจกลวดลาย (pattern glass) และกระจกฉนวนกันความร้อน (insulated glass) เป็นต้น

บานกระจกของช่องเปิดเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากต่อการใช้พลังงานของช่องเปิด เพราะเป็นส่วนที่มีการถ่ายเทความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร



ภาพที่ 2-3 แสดงตัวอย่างของกระจกชนิดต่าง ๆ (สุนทร บุญญาธิการ, 2551: 27)



แผนภูมิที่ 2-1 แสดงการแบ่งประเภทของกระจกที่ใช้ในปัจจุบัน (สุนทร บุญญาธิการ, 2551: 28)

## 2.2.2. ส่วนบานกรอบ

วัสดุบานกรอบที่นิยมในตลาดประเทศไทย ปัจจุบันมี 3 กลุ่มคือ กลุ่มบานกรอบไม้ (wood framing) กลุ่มบานกรอบโลหะ (metal framing) และกลุ่มบานกรอบโพลีเมอร์ (polymers framing)

### 2.2.2.1. บานกรอบไม้

ไม้เป็นวัสดุบานกรอบดั้งเดิมที่ใช้กันโดยทั่วไป มีคุณสมบัติเด่นคือ ความเป็นฉนวนของเนื้อวัสดุสูง โดยทั่วไปค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของไม้จะอยู่ระหว่าง 1.70 ถึง 2.84 วัตต์ต่อตารางเมตร เคลวิน ( $W/m^2 K$ ) นอกจากนั้นยังมีความแข็งแรง และสวยงาม แต่มีความต้านทานการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศได้ต่ำ ส่งผลต่อการโก่ง บิดตัว และการยืดหดตัวของเนื้อวัสดุ อีกทั้งยังถูกทำลายได้ง่ายโดย ปลวก และรา ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูง และอายุการ

ใช้งานต่ำแต่หากมีการบำรุงรักษาที่ถูกต้องจะสามารถยืดอายุการใช้งานได้ยาวนาน ปัญหาที่สำคัญอย่างยิ่งของบานกรอบไม้คือ อัตราการรั่วซึมอากาศของไม้ซึ่งอยู่ในระดับที่สูงมาก เนื่องจากการยืดหดตัวของเนื้อวัสดุที่สูง และการประกอบของวัสดุ ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการปรับอากาศของอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาคารในเขตร้อนชื้น เช่นประเทศไทย



ภาพที่ 2-4 แสดงบานกรอบไม้ที่ขาดการดูแลรักษา

#### 2.2.2.2. บานกรอบโลหะ

บานกรอบโลหะที่นำมาประกอบเป็นบานกรอบคือ บานกรอบเหล็ก และบานกรอบอลูมิเนียม โดยบานกรอบอลูมิเนียม เป็นบานกรอบที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน ข้อดีของบานกรอบโลหะมีความทนทาน และความแข็งแรงสูงมาก แต่มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนของเนื้อวัสดุต่ำมากเช่นกัน เช่นบานกรอบอลูมิเนียม มีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (thermal conductivity:  $k$ ) สูงกว่าไม้ และโพลีเมอร์ ประมาณ 1000 เท่า เป็นต้น ซึ่งสามารถแก้ปัญหาการนำความร้อนโดยการใช้นวณกันระหว่างอลูมิเนียมภายนอก และภายใน (thermal break aluminum) ซึ่งทำให้ลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนได้มาก แต่อย่างไรก็

ตามราคาของบานกรอบชนิดนี้มีราคาสูงมาก ทำให้ไม่ได้รับความนิยมในประเทศไทย บานกรอบอลูมิเนียมในประเทศไทยมีปัญหาการรั่วซึมอากาศสูงจากปัญหาการควบคุมคุณภาพการผลิตบานกรอบซึ่งทำให้เกิดการรั่วซึมอากาศบริเวณรอยต่อของวัสดุได้



ภาพที่ 2-5 แสดงปัญหาการรั่วซึมอากาศบริเวณรอยต่อของบานกรอบอลูมิเนียม

### 2.2.2.3. บานกรอบโพลีเมอร์

บานกรอบกลุ่มบานกรอบโพลีเมอร์ มีบานกรอบที่นิยมใช้คือ บานกรอบพีวีซี (PVC frame) และบานกรอบยูพีวีซี (uPVC frame) ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างกันจากสารเคมีที่เติมลงในเนื้อวัสดุ โดยบานกรอบโพลีเมอร์ที่นำมาใช้ภายนอกคือบานกรอบยูพีวีซี (uPVC frame) เป็นพีวีซีที่ไม่ผสมสารพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) ทำให้คุณสมบัติยูพีวีซีมีความแกร่ง นอกจากนี้ยูพีวีซีมีการเติมสารไททาเนียมไดออกไซด์ (titanium dioxide) ทำให้บานกรอบยูพีวีซีทนทานต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต และเนื้อวัสดุเป็นสีขาว บานกรอบยูพีวีซีมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนในเนื้อวัสดุสูงใกล้เคียงบานกรอบไม้ สามารถป้องกันความชื้นได้ดี และทนทานต่อการสึกกร่อนเนื่องจากสีของวัสดุผสมรวมกับเนื้อวัสดุ ทำให้การบำรุงรักษาต่ำอย่างไรก็ตามความแข็งแรงของวัสดุไม่สูงมากการประกอบบานกรอบ

ขนาดใหญ่จำเป็นต้องเสริมความแข็งแรงโดยการเสริมโครงโลหะ เช่นโครงไม้ หรือ เหล็กกล้าปิวาไนต์ ภายในบานกรอบ

ข้อดีของบานกรอบยูพีวีซีอีกประการหนึ่งคือ การประกอบบานกรอบใช้วิธีเชื่อมติดด้วยความร้อน (welding) ทำให้รอยต่อของวัสดุเป็นเนื้อเดียวกันทำให้การรั่วซึมอากาศของช่องเปิดต่ำ และป้องกันการโจรกรรม



ภาพที่ 2-6 แสดงรอยต่อของบานกรอบยูพีวีซี

นอกจากวัสดุทั้ง 3 ชนิดที่กล่าวถึงข้างต้นยังมีวัสดุบานกรอบอื่น ๆ เช่น บานกรอบผสม (hybrid frames) บานกรอบคอมโพสิต (wood/ polymer composites frames) บานกรอบไฟเบอร์กลาส (fiberglass pultrusions frames) และบานกรอบเอนจินีเยอร์ เทอร์โม พลาสติก (engineered thermoplastics frames) (Carmody, J. et al., 2004) ซึ่งวัสดุเหล่านี้ยังไม่ได้รับความนิยม และแพร่หลายในประเทศไทย รวมถึงราคาของช่องเปิดเหล่านี้มีราคาสูงจึงไม่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้

ในการวิจัยนี้ศึกษาบานกรอบที่นิยมใช้ภายนอก 3 ชนิดมาเปรียบเทียบคือ บานกรอบไม้ (wood frame) บานกรอบอลูมิเนียม (aluminum frame) และบานกรอบยูพีวีซี (uPVC frame) สำหรับเป็นกรณีศึกษาในการวิจัย

บานกรอบมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคารด้านการถ่ายเทความร้อนผ่านเนื้อวัสดุ (conduction) และการรั่วซึมอากาศ (infiltration) ผ่านช่องเปิดของอาคาร

### 2.2.3. ส่วนอุปกรณ์บังแดด

อุปกรณ์บังแดดในปัจจุบันมีหลายชนิด โดยมีรูปลักษณ์ และคุณสมบัติที่ต่างกันไป จุดประสงค์หลักของอุปกรณ์บังแดดคือการป้องกันรังสีอาทิตย์ตรง (direct radiation) ที่เข้าสู่อาคาร และด้านทัศนวิสัย (visual) เพื่อป้องกันแสงบาดตา อุปกรณ์บังแดดแบ่งประเภทใหญ่ได้ 2 ประเภทคือ อุปกรณ์บังแดดภายนอก และอุปกรณ์บังแดดภายใน อุปกรณ์บังแดดภายนอกมีคุณสมบัติลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ (solar heat gain) ได้ดีกว่าอุปกรณ์บังแดดภายใน แต่อุปกรณ์บังแดดภายในมีข้อดีคือติดตั้ง และปรับแต่งได้ง่ายกว่า

ในงานวิจัยนี้ตั้งอยู่บนสมมติฐานคือช่องเปิดไม่โดนแดดโดยตรง หมายความว่าช่องเปิดไม่โดนรังสีอาทิตย์ตรง มีอุปกรณ์บังแดดภายนอกป้องกันช่องเปิดจากรังสีอาทิตย์ตรง

## 2.3. ประเด็นในการพิจารณาช่องเปิด

ในอดีตประเด็นที่ผู้ออกแบบพิจารณาเลือกใช้และออกแบบช่องเปิดเป็นหลัก คือ ประเด็นด้านความสวยงาม และด้านราคา ในปัจจุบันความต้องการของมนุษย์มีมากขึ้น เนื่องจากสภาพแวดล้อมภายนอกไม่สมบูรณ์ดังเช่นอดีตที่ผ่านมา ผู้ออกแบบจึงจำเป็นต้องพิจารณาประเด็นอื่น ๆ ร่วมในลักษณะองค์รวม เพื่อสามารถออกแบบอาคารที่มีช่องเปิดประสิทธิภาพสูงตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในปัจจุบัน ประเด็นในการพิจารณาช่องเปิดสามารถแบ่งออกเป็นประเด็นใหญ่ได้ 4 ประเด็นคือ ประเด็นด้านเศรษฐกิจ และสังคม ประเด็นด้านมนุษย์ ประเด็นด้านพลังงาน และประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม ดังที่แสดงในแผนภูมิที่ 2-2



### 2.3.1. ประเด็นด้านเศรษฐกิจ และสังคม

ประเด็นด้านเศรษฐกิจ และสังคม เป็นประเด็นที่พิจารณาถึงช่องเปิดในคุณสมบัติด้านกายภาพภายนอก ซึ่งช่องเปิดที่ดีต้องมีระดับราคาที่เหมาะสมสอดคล้องกับประสิทธิภาพที่ได้รับจากช่องเปิด (reasonable price) ส่งเสริมคุณภาพชีวิตที่สูงขึ้นแก่ผู้อยู่อาศัย (quality of life) รวมทั้งส่งเสริมค่านิยมทางสังคม (social value) มีความแข็งแรง และสร้างความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สินได้ (safety and security)

### 2.3.2. ประเด็นด้านมนุษย์

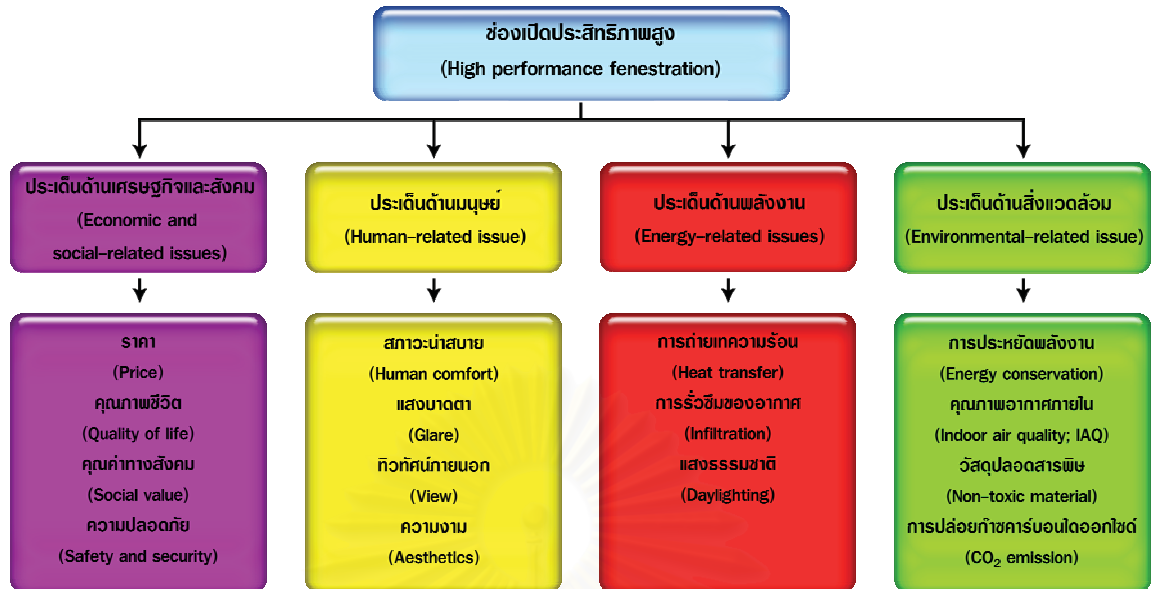
ประเด็นด้านมนุษย์ เป็นประเด็นที่พิจารณาถึงช่องเปิดในคุณสมบัติที่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์โดยตรง ซึ่งช่องเปิดที่ดีต้องสร้างสภาวะน่าสบาย (human comfort) ทั้งในด้านอุณหภูมิ แสง เสียง และทัศนวิสัย รวมถึงการควบคุม ตำแหน่งติดตั้งช่องเปิดที่ไม่มีแสงบาดตา (glare) ควบคุมการอยู่อาศัย อีกทั้งช่องเปิดเปรียบเสมือนกรอบภาพซึ่งผู้ออกแบบจะต้องมีความเข้าใจ สามารถนำทิวทัศน์ภายนอก (view) ที่ดีเข้าสู่อาคาร และรูปลักษณ์ช่องเปิดต้องมีความสวยงาม (aesthetics) ซึ่งจะส่งเสริมงานสถาปัตยกรรมได้อีกทางหนึ่ง

### 2.3.3. ประเด็นด้านพลังงาน

ประเด็นด้านพลังงาน เป็นประเด็นที่พิจารณาถึงคุณสมบัติช่องเปิดด้านการถ่ายเทความร้อน (heat transfer) ซึ่งมีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร รวมถึงการรั่วซึมของอากาศ (Infiltration) ที่นำความชื้นเข้าสู่อาคารซึ่งเป็นภาระการทำความเย็นในอาคารปรับอากาศ และรวมถึงการพิจารณาการนำแสงธรรมชาติ (daylighting) มาใช้ประโยชน์ภายในอาคารเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงประดิษฐ์

### 2.3.4. ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม

ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม เป็นประเด็นที่ต้องให้ความสำคัญในปัจจุบัน เนื่องจากปัญหาสิ่งแวดล้อม และวิกฤติเชื้อเพลิงฟอสซิล ดังนั้นช่องเปิดที่ดีต้องมีส่วนช่วยประหยัดพลังงาน (energy conservation) รวมถึงการพิจารณาการเลือกใช้วัสดุที่ไม่ก่อให้เกิดสารพิษ (non-toxic materials) ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร (indoor air quality: IAQ) และการพิจารณาวัสดุที่ช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทั้งในกระบวนการผลิตวัตถุดิบ และการใช้งานตลอดอายุการใช้งานอาคาร



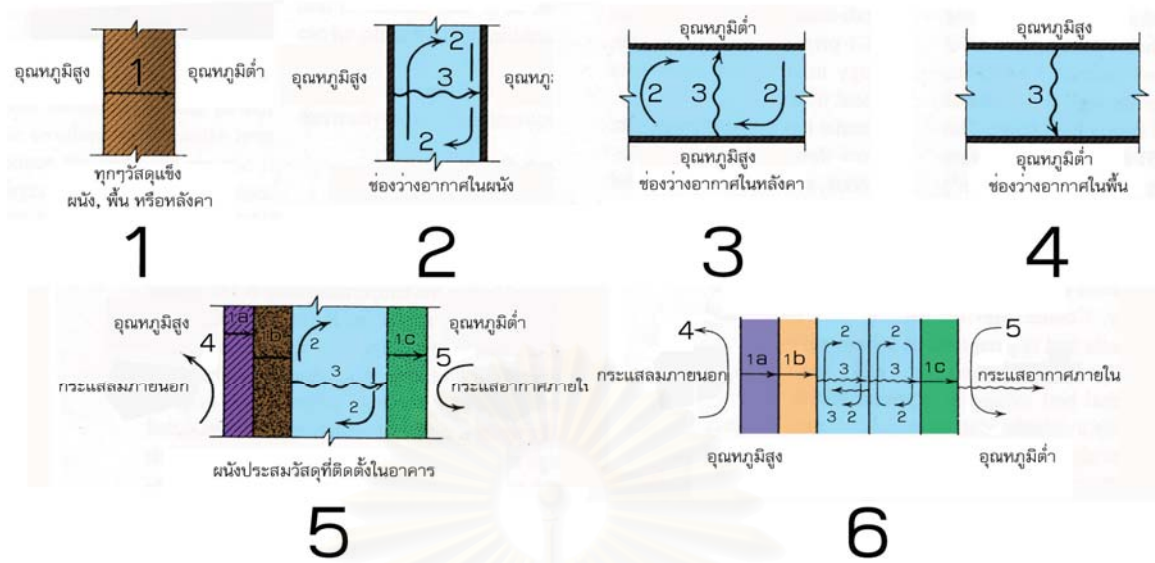
แผนภูมิที่ 2-2 ประเด็นในการพิจารณาช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพ

ในการวิจัยนี้ทำการกำหนดขอบเขตในการวิจัย ในประเด็นผลกระทบด้านพลังงานเป็นหลัก ซึ่งมีประเด็นในการพิจารณาแยกย่อยได้ 3 ด้าน คือ การถ่ายเทความร้อน (heat transfer) การรั่วซึมของอากาศ (infiltration) และแสงธรรมชาติ (daylighting) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาสมดุลของการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารปรับอากาศในการลดความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิด และพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างที่ทดแทนการใช้แสงประดิษฐ์ จากแสงธรรมชาติที่เข้าสู่อาคารผ่านช่องเปิด เพื่อพิจารณาช่องเปิดรูปแบบต่าง ๆ สำหรับนำมากำหนดรูปแบบช่องเปิดต้นแบบที่เหมาะสมกับประเทศไทยต่อไป

#### 2.4. ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด

ความร้อน (heat) เป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งสามารถถ่ายเทข้ามขอบเขตระหว่างระบบ กับสิ่งแวดล้อมโดยรอบด้วยความแตกต่างของอุณหภูมิ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2548; 68) โดยความร้อนจะไหลจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง ไปยังบริเวณที่อุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ

ความร้อนถ่ายเท (heat transfer) ผ่านช่องเปิดจากช่องเปิดด้านที่ร้อนกว่าสู่ช่องเปิดด้านที่เย็นกว่าเสมอ โดยคุณสมบัติพื้นฐาน 3 ประการคือ การนำความร้อน (conduction), การพาความร้อน (convection), และการแผ่รังสีความร้อน (radiation) ซึ่งช่องเปิดจะมีคุณสมบัติในการป้องกัน หรือยอมให้ความร้อนผ่านช่องเปิดซึ่งเรียกว่า ค่าความเป็นฉนวน (insulation value) ของวัสดุ



ภาพที่ 2-7 ธรรมชาติของการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ ช่องว่างอากาศ และโครงสร้างประสมวัสดุ ลักษณะของพฤติกรรมแสดงโดยตัวเลขดังนี้ 1 = การนำความร้อน (conduction) 2 = การพาความร้อน (convection) 3 = การแผ่รังสีความร้อน (radiation) 4 = ความนำความร้อนของพื้นผิวภายนอก (outside surface conductance) และ 5 = ความนำความร้อนของพื้นผิวภายใน (inside surface conductance) (ดัดแปลงบางส่วนเพื่อให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย Stein, Reynolds and McGuinness, 1986: 98)

#### 2.4.1. คุณสมบัติของวัสดุด้านการถ่ายเทความร้อน

##### ค่าความส่งผ่านรังสี (transmittance, $t$ )

ค่าความส่งผ่านรังสี หมายถึงอัตราส่วนของรังสีที่สามารถส่องผ่านวัสดุ ต่อปริมาณรังสีที่ตกกระทบบนวัสดุทั้งหมด สามารถแยกชนิดของรังสีที่ส่งผ่านได้เช่น ค่าความส่งผ่านของแสงที่ตามองเห็น (visible transmittance) ค่าความส่งผ่านของรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV transmittance) หรือค่าความส่งผ่านของรังสีอาทิตย์รวม (total solar transmittance)

สำหรับค่าความส่งผ่านของแสงที่ตามองเห็น (visible transmittance) มีผลต่อแสงธรรมชาติ และมุมมองออกสู่ภายนอกของกระจก เช่นกระจกสีจะมีสำหรับค่าความส่งผ่านของแสงที่ตามองเห็นน้อยกว่ากระจกใส ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตกระจกสามารถควบคุมคุณสมบัติความส่งผ่านรังสีในช่วงคลื่นต่าง ๆ ทำให้สามารถผลิตกระจกที่ยอมให้แสงช่วงคลื่นที่ตามองเห็นเข้ามาได้มาก แต่ยอมให้ช่วงคลื่นอื่น ๆ ที่ไม่ต้องการเข้ามาได้น้อยซึ่งมีผลต่อการลดการใช้พลังงานในอาคารได้เป็นอย่างดี

$$T = \frac{I}{I_o} \dots(2-1)$$

เมื่อ

$T$  = ค่าความส่งผ่านรังสี (transmittance)

$I$  = ความเข้มแสงของรังสีที่ส่องผ่านกระจก (intensity of the radiation)

$I_o$  = ความเข้มแสงของรังสีที่ตกกระทบกระจก (intensity of the incident radiation)

(Kaufman, J.E., 1981)

### ค่าความสะท้อนรังสี (reflectance, b)

ค่าความสะท้อนรังสี หมายถึงอัตราส่วนของปริมาณรังสีที่สะท้อนออกจากกระจก ต่อปริมาณรังสีที่ตกกระทบบนกระจกทั้งหมด ธรรมชาติของความสะท้อนรังสีของกระจกขึ้นอยู่กับคุณภาพของพื้นผิวกระจก การเคลือบผิวกระจก และมุมตกกระทบ (incident angle) ของรังสีอาทิตย์

ในปัจจุบันการผลิตกระจกมากกว่าร้อยละ 98 (สุนทร บุญญาธิการ, 2551: 21) ผลิตด้วยกระบวนการผลิตกระจกโฟลท (float glass manufacturing process) ซึ่งเป็นกระบวนการผลิตกระจกที่มีคุณภาพสูง ผิวกระจกมีความเรียบมาก ทำให้ค่าความสะท้อนแสงของกระจกที่ผ่านกระบวนการผลิตลักษณะนี้จากผู้ผลิตต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันมาก อย่างไรก็ตามค่าความสะท้อนแสงของกระจกมีมากกว่าค่าการส่งผ่าน และการดูดซับ เช่นกระจกใสมีการสะท้อนแสงสูงถึงร้อยละ 50 หรือมากกว่า ในมุมตกกระทบของรังสีอาทิตย์ที่มากกว่า 70 องศา

ค่าความสะท้อนแสงมีความสำคัญต่อการใช้งานมากขึ้นในกรณีที่แสงมีปริมาณน้อย พื้นผิวด้านที่สว่างกว่าจะเสมือนกระจกเงา เนื่องจากจำนวนของแสงที่ผ่านกระจกด้านที่มีปริมาณน้อยกว่าประมาณของแสงที่สะท้อนจากด้านสว่าง ซึ่งมักจะเกิดขึ้นที่ด้านนอกของอาคารในเวลากลางวัน และด้านในของอาคารในเวลากลางคืน ซึ่งผลกระทบนี้เป็นที่ไม่ต้องการสำหรับกิจกรรมบางชนิด เช่นการจัดวางแสดงสินค้า เทคโนโลยีการผลิตกระจกปัจจุบันสามารถทำการเคลือบผิวกระจกเพื่อกำจัดการสะท้อนแสงได้เรียกว่า กระจกตัดเงา (anti reflective glass) ซึ่งทำให้แสงสามารถส่องผ่านตัวกระจกเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 95 (สุนทร บุญญาธิการ, 2551: 69)

เทคนิคการเคลือบผิวกระจกส่วนใหญ่จะทำการสะท้อนรังสีในทุกช่วงคลื่น อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีในปัจจุบันสามารถออกแบบการเคลือบผิวกระจกหรือพลาสติก ให้สะท้อนเฉพาะความยาวคลื่น ซึ่งเรียกว่ากระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำ การใช้งานกระจกชนิดนี้ในประเทศที่มีอากาศร้อนต้องระมัดระวังเนื่องจากจะทำให้อาคารสะสมความร้อนเพิ่มขึ้น

### ค่าความดูดกลืนรังสี (absorptance, a)

ค่าความดูดกลืนรังสี หมายถึงอัตราส่วนของปริมาณรังสีที่สะสมอยู่ภายในเนื้อกระจกทั้งหมดต่อปริมาณรังสีที่ตกกระทบบนกระจกทั้งหมด รังสีทั้งหมดที่กระจกดูดซับจะถูกเปลี่ยนเป็นความร้อน ทำให้อุณหภูมิของเนื้อวัสดุสูงขึ้น

กระจกใส 3 มิลลิเมตร มีค่าความดูดกลืนรังสีประมาณร้อยละ 8 ที่มุมตกกระทบปรกติ และค่าความดูดกลืนรังสีจะเพิ่มขึ้นตามสารเติมแต่งที่เพิ่มในกระจก หากกระจกดูดกลืนรังสีช่วงแสงที่ตามองเห็นมาก จะส่งผลต่อความใสของเนื้อกระจกทำให้กระจกมีสีเข้มขึ้น หากกระจกดูดกลืนรังสีช่วงรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) หรือช่วงรังสีเนียร์ อินฟราเรด (near infrared) จะไม่มีผลต่อความใสของเนื้อกระจก ดังนั้นกระจกสี (tinted glass) หรืออาจเรียกอีกชื่อหนึ่งว่ากระจกดูดซับความร้อน (heat absorbing glass) เมื่อโดนแดด ผิวกระจกจะร้อนกว่ากระจกใส

ข้อควรระวังในการเลือกใช้กระจกสำหรับอาคารที่ตั้งอยู่ในเขตอากาศร้อน เนื่องจากกระจก และพลาสติกทุกชนิด มีความสามารถในการดูดซับรังสีช่วงฟาร์อินฟราเรด (far-infrared) ได้ดีซึ่งเป็นคุณสมบัติที่เหมาะสมสำหรับภูมิภาคที่มีอากาศหนาวเย็นแต่ไม่เหมาะสมกับอาคารในภูมิภาคร้อนชื้น

วัตถุหนึ่ง ๆ เช่นบานกระจก ผลรวมของ ค่าการทะลุผ่านรังสี ค่าการสะท้อนรังสี และค่าการดูดซับรังสี จะเท่ากับ 1 เสมอ ดังที่แสดงในสมการที่ 2-2

$$T + \beta + \alpha = 1 \quad \dots(2-2)$$

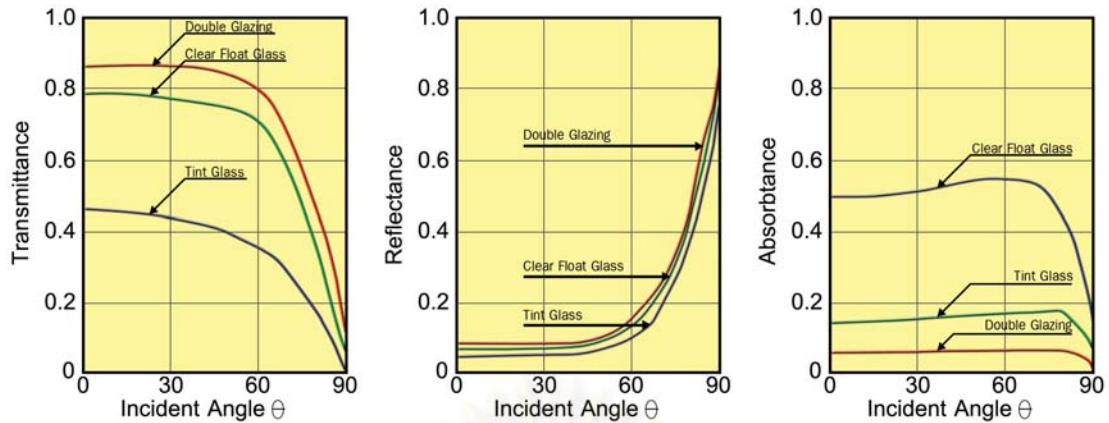
เมื่อ

$T$  = ค่าการทะลุผ่านรังสี (transmittance)

$\beta$  = ค่าการสะท้อนรังสี (reflectance)

$\alpha$  = ค่าการดูดซับรังสี (absorptance)

(ASHRAE, 2001)



แผนภูมิที่ 2-3 แสดงค่าความส่องผ่านรังสี (transmittance) ค่าความสะท้อนรังสี (reflectance) และค่าความดูดกลืนรังสี (absorbance) ของกระจก 3 ชนิดคือ กระจกใส (clear float glass) กระจกสี (tinted glass) และกระจก 2 ชั้น (double glazing) (ASHRAE, 2001: 30.19)

### ค่าการแผ่รังสีความร้อน (emittance: e)

ค่าการแผ่รังสีความร้อน หมายถึงความร้อนหรือปริมาณแสงที่ถูกดูดซับอยู่ในกระจก ถูกพาความร้อนโดยอากาศ หรือการแผ่รังสีกลับ (reradiated) โดยพื้นผิวของกระจก ซึ่งความสามารถในการแผ่รังสีของวัสดุเรียกว่า การแผ่รังสี (emissivity) วัสดุจะแผ่รังสีออกมาในรูปรังสีคลื่นยาว (long wave) หรือ ฟาร์อินฟราเรด (far-infrared) ค่าการแผ่รังสีความร้อนของช่องเปิดถือเป็นค่าการถ่ายเทความร้อนที่สำคัญ การลดการแผ่รังสีความร้อนของช่องเปิดสามารถเพิ่มค่าความเป็นฉนวนของวัสดุได้

กระจกใสมาตรฐานมีค่าการแผ่รังสีความร้อนเท่ากับ 0.84 หมายความว่า กระจกมีโอกาสแผ่รังสีร้อยละ 84 หรือหมายความว่าได้อีกนัยหนึ่งว่าเมื่อรังสีคลื่นยาวตกกระทบพื้นผิวกระจก กระจกจะดูดกลืนรังสีร้อยละ 84 และสะท้อนออกไปร้อยละ 16 เมื่อเปรียบเทียบกับกระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำซึ่งมีค่าการแผ่รังสีความร้อนเท่ากับ 0.04 แสดงว่ากระจกจะแผ่รังสีเพียงร้อยละ 4 และสะท้อนรังสีคลื่นยาว กลับไปร้อยละ 96

### ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (conductivity: k)

ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน หมายถึงอัตราการถ่ายเทความร้อน โดยการนำความร้อนของวัสดุเนื้อเดียวกัน คือปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านวัสดุพื้นที่ 1 ตารางหน่วย ความหนา 1 หน่วย ใน 1 หน่วยเวลา โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิผิววัสดุทั้ง 2 ด้าน 1 หน่วย มีหน่วยเป็น วัตต์/เมตร เคลวิน (W/m K)

### ค่าความนำความร้อน (conductance: C)

ค่าความนำความร้อน หมายถึงค่าความนำความร้อนของวัสดุใด ๆ คือ อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนต่อความหนาของวัสดุดังที่แสดงไว้ในสมการที่ 2-3 มีหน่วยเป็น วัตต์ ต่อ ตารางเมตร เคลวิน ( $W/m^2 K$ )

$$C = \frac{k}{\Delta x} \quad \dots(2-3)$$

เมื่อ

$C$  = ค่าความนำความร้อน (conductance), วัตต์ ต่อ ตารางเมตร  
เคลวิน ( $W/ m^2 K$ )

$k$  = ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (conductivity), วัตต์/เมตร  
เคลวิน ( $W/ m^2 K$ )

$\Delta x$  = ความหนาของวัสดุ, เมตร

(Stein, Reynolds and McGuinness, 1986)

### ค่าความต้านทานความร้อน (resistance: R)

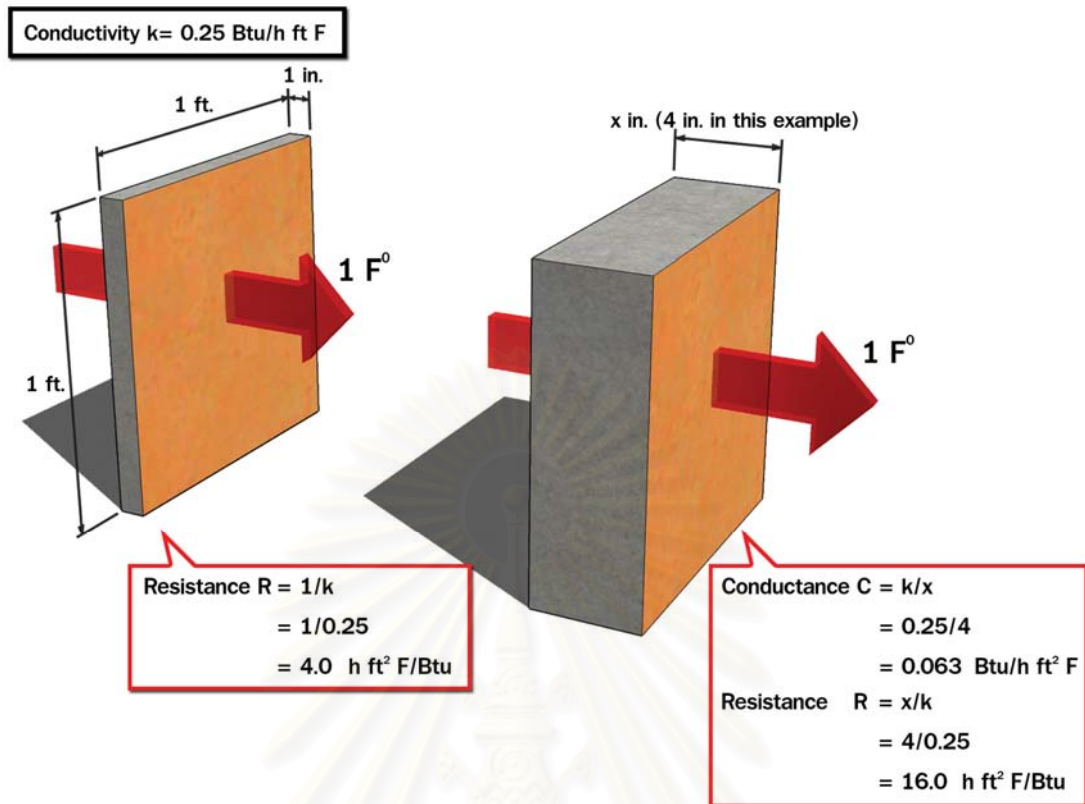
หมายถึงค่าความต้านทานความร้อนของวัสดุใด ๆ เป็นส่วนกลับของค่าความนำความร้อน ดังที่แสดงในสมการที่ 2-4 มีหน่วยเป็น ตารางเมตร เคลวิน ต่อวัตต์ ( $m^2 K/W$ )

$$R = \frac{1}{C} = \frac{\Delta x}{k} \quad \dots(2-4)$$

เมื่อ

$R$  = ค่าความต้านทานความร้อน (resistance), ตารางเมตร  
เคลวิน ต่อวัตต์ ( $m^2 K/W$ )

(Stein, Reynolds and McGuinness, 1986)



ภาพที่ 2-8 แสดงตัวอย่างการหาคอนสแตนต์ของวัสดุด้านการถ่ายเทความร้อน (ภาพดัดแปลง Stein, Reynolds and McGuinness, 1986: 100)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (overall coefficient of heat transmission: U-value)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน หมายถึงอัตราการถ่ายเทความร้อนทั้งหมดของวัสดุ ผ่านทุกเนื้อวัสดุ และฟิล์มอากาศ เป็นส่วนกลับของค่าความต้านทานความร้อนรวม ดังที่แสดงในสมการที่ 2-5 มีหน่วยเป็น วัตต์ ต่อ ตารางเมตร เคลวิน ( $\text{W/m}^2 \text{ K}$ )

$$U = \frac{1}{\sum R} \quad \dots(2-5)$$

เมื่อ

$U$  = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value), ตารางเมตร เคลวิน ต่อวัตต์ ( $\text{m}^2 \text{ K/W}$ )

(Stein, Reynolds and McGuinness, 1986)



ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (solar heat gain coefficient: SHGC)

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ หมายถึง ผลรวมของค่าส่งผ่านรังสีอาทิตย์ (solar transmittance) และค่าดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (solar absorptance) ในเนื้อวัสดุแล้วแผ่รังสีความร้อนกลับเข้าสู่อาคาร (inward-flowing fraction) และเปลี่ยนเป็นปริมาณความร้อนในอาคาร ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์จึงเป็นผลรวมของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ทั้งโดยตรง และโดยอ้อม ดังที่แสดงในสมการที่ 2-6

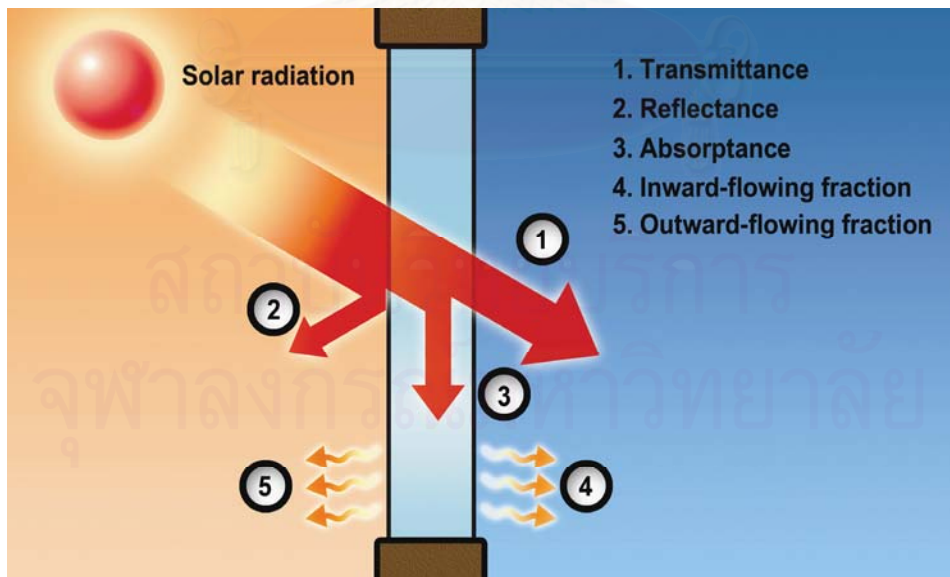
ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ ที่ต่ำจะเหมาะสมกับอาคารที่ทำความเย็นเป็นหลักเช่นอาคารในประเทศไทย

$$SHGC = T + NA \quad \dots(2-6)$$

เมื่อ

- $SHGC$  = ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์  
 $T$  = ค่าส่งผ่านรังสีอาทิตย์ (solar transmittance)  
 $A$  = ค่าดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (solar absorptance)  
 $N$  = ค่าส่วนการแผ่รังสีความร้อนกลับเข้าสู่ภายในอาคาร (inward-flowing fraction)

(ASHRAE, 2001)



ภาพที่ 2-9 แสดงคุณสมบัติของรังสีอาทิตย์ที่กระทำต่อวัสดุ 1. การส่งผ่านรังสีอาทิตย์ (solar transmittance) 2. การสะท้อนรังสีอาทิตย์ (solar reflectance) 3. การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ (solar absorptance) 4. ค่าส่วนการแผ่รังสีความร้อนกลับสู่ภายในอาคาร (inward-flowing fraction) 5. ค่าส่วนการแผ่รังสีความร้อนออกสู่ภายนอกอาคาร (outward-flowing fraction) โดยข้อที่ 4 และข้อที่ 5 คือ ค่าการแผ่รังสีความร้อน (emittance)

### ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (shading coefficient: SC)

ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด หมายถึงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน เป็นผลจากปริมาณแสงอาทิตย์ที่สามารถส่งผ่านเข้ามาด้านในตัวอาคาร เมื่อเปรียบเทียบกับกระจกอ้างอิง ดังที่แสดงในสมการที่ 2-7

$$SC = \frac{SHGC(\theta)_{test}}{SHGC(\theta)_{ref}} \quad \dots(2-7)$$

(ASHRAE, 2001)

กระจกอ้างอิงสำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดคือ กระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ 0.87 ซึ่งกำหนดให้กระจกชนิดนี้มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดเท่ากับ 1 ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด และค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์สามารถอธิบายได้ดังสมการที่ 2-8

$$SC = \frac{SHGC}{0.87} \quad \dots(2-8)$$

(ASHRAE, 2001)

#### 2.4.2. การคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด

ช่องเปิดเป็นส่วนที่มีค่าความต้านทานความร้อน (R) ต่ำที่สุดในส่วนเปลือกอาคาร (Stein and Reynolds, 1999: 137) สำหรับช่องเปิดอาคารขนาดเล็ก เช่นบ้านพักอาศัย บานกรอบของช่องเปิดจะมีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับบานกระจก โดยเราสามารถพิจารณาพลังงานความร้อนไหลผ่านช่องเปิดได้ 3 กรณี (ASHRAE, 2004; 30.3) คือ

1. การนำความร้อน และการพาความร้อน ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิอากาศภายใน และอุณหภูมิอากาศภายนอก
2. ผลรวมของคลื่นยาว (net long wave) ซึ่งมีความยาวคลื่นมากกว่า 2500 นาโนเมตร แผ่รังสีความร้อนจากตัวช่องเปิดสู่สภาพแวดล้อมโดยรอบ รวมถึงระหว่างแผ่นกระจกในแต่ละชั้น

3. คลื่นสั้น (short wave) ซึ่งมีความยาวคลื่นต่ำกว่า 2500 นาโนเมตร จากการแผ่รังสีอาทิตย์ตกกระทบบนช่องเปิด ทั้งจากการแผ่รังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์ และจากการสะท้อนจากพื้นดิน หรือวัตถุโดยรอบ

ในการศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด มีพื้นฐานมาจากการสำรวจว่า คุณสมบัติของท้องฟ้า พื้นดิน และวัตถุโดยรอบ มีความสัมพันธ์ต่อคุณสมบัติอากาศภายนอก การแผ่รังสีความร้อนแลกเปลี่ยนซึ่งกัน และกัน ประมาณได้ โดยข้อสันนิษฐานว่าพื้นผิวทั้งหมดเป็นพื้นผิวสะท้อนซึ่งรวมถึงท้องฟ้ามีคุณสมบัติเดียวกันกับคุณสมบัติอากาศภายนอก จากข้อสันนิษฐานนี้ เราจะคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดได้จากสมการที่ 2-9

$$Q = UA_{pf}(t_{out} - t_{in}) + (SHGC)A_{pf}E_t \quad \dots(2-9)$$

เมื่อ

- $Q$  = การถ่ายเทความร้อนชั่วขณะ, วัตต์
- $U$  = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน, วัตต์ ต่อ ตารางเมตร  
เคลวิน
- $t_{in}$  = อุณหภูมิอากาศภายใน มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส หรือ  
เคลวิน
- $t_{out}$  = อุณหภูมิอากาศภายนอก มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส หรือ  
เคลวิน
- $A_{pf}$  = พื้นที่ช่องเปิดในลักษณะภาพฉาย มีหน่วยเป็น ตารางเมตร
- $SHGC$  = ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient)
- $E_t$  = ปริมาณรังสีตกกระทบทั้งหมด (incident total irradiance) มี  
หน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร

(ASHRAE, 2001)

จากสมการที่ 2-9 เราสามารถสรุปการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดได้ 2 ส่วน คือ ส่วนของการถ่ายเทความร้อนจากความแตกต่างของอุณหภูมิ และการถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ ดังที่แสดงในสมการ 2-10

$$Q = Q_{th} + Q_{sol} \dots(2-10)$$

เมื่อ

$Q_{th}$  = การถ่ายเทความร้อนชั่วขณะจากความแตกต่างของอุณหภูมิ  
อากาศภายใน และภายนอก

$Q_{sol}$  = การถ่ายเทความร้อนชั่วขณะจากรังสีอาทิตย์

(ASHRAE, 2001)

อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริงค่าการถ่ายเทความร้อนมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องจากสภาพอากาศภายนอกที่แปรเปลี่ยนในแต่ละช่วงเวลาของวัน และการใช้งานอาคาร ในงานวิจัยทำการการคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด โดยอ้างอิงวิธีการคำนวณด้วยวิธีภาระความแตกต่างความร้อนเทียบเท่า (cooling load temperature difference, CLTD)

#### การคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนที่บแสงของช่องเปิด

ความร้อนถ่ายเทผ่านส่วนที่บแสงของช่องเปิด โดยการนำความร้อน (conduction) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2-11 และสมการที่ 2-12 (ASHRAE, 1997)

$$Q = U * A * CLTD_c \dots(2-11)$$

เมื่อ

$Q$  = ปริมาณความร้อนที่ผ่านส่วนบานกรอบของช่องเปิด มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt)

$U$  = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น วัตต์ ต่อ ตารางเมตร เคลวิน ( $W/m^2 K$ )

$A$  = พื้นที่ส่วนบานกรอบของช่องเปิด มีหน่วยเป็น ตารางเมตร

$CLTD_c$  = ภาระความแตกต่างความร้อนเทียบเท่าที่ปรับแก้อิทธิพล มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

$$CLTD_c = (CLTD + LM) * K + (78 - T_r) + (T_o - 85) \quad \dots(2-12)$$

เมื่อ

$CLTD$	= ความแตกต่างความร้อนเทียบเท่า (cooling load temperature difference)
$LM$	= ค่าปรับแก้อิทธิพลของที่ตั้ง และเดือน (latitude-month correction)
$K$	= ค่าปรับแก้ผนัง (wall correction factor) มีค่า 1.0, 0.83, และ 0.65 สำหรับผนังสีเข้ม สีกลาง และสีอ่อนตามลำดับ
$T_r$	= อุณหภูมิอากาศภายในอาคาร มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส
$T_o$	= อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

จากสมการที่ 2-12 พบว่าปริมาณความร้อนที่ผ่านบานกรอบของช่องเปิด แปรผันตรงกับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) นั่นคือการลดอิทธิพลการถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนบานกรอบอาคารสามารถทำได้ โดยการลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) หรือเพิ่มค่าความต้านทานความร้อน (resistance, R)

#### การคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนโปร่งแสงของช่องเปิด

ความร้อนผ่านถ่ายเทผ่านส่วนโปร่งแสงของช่องเปิด โดยการนำความร้อน (conduction) ซึ่งสามารถคำนวณพลังงานความร้อนในส่วนนี้ใช้สมการที่ 2-11 ร่วมกับการคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนทึบของช่องเปิด แต่การปรับแก้ค่าภาวะความแตกต่างความร้อนเทียบเท่าที่ปรับแก้อิทธิพล สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2-13

$$CLTD_c = (CLTD) + (78 - T_r) + (T_o - 85) \quad \dots(2-13)$$

ความร้อนถ่ายเทผ่านส่วนโปร่งแสงของช่องเปิด โดยการแผ่รังสีความร้อน (radiation) ในงานวิจัยขั้นนี้ตั้งสมมติฐานของช่องเปิดไม่โดนแดด และไม่คำนึงถึงมวลสารของอาคาร สามารถคำนวณพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีอาทิตย์โดยใช้สมการที่ 2-14

$$Q = A * SC * I_d \quad \dots(2-14)$$

เมื่อ

$SC$  = ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (shading coefficient)

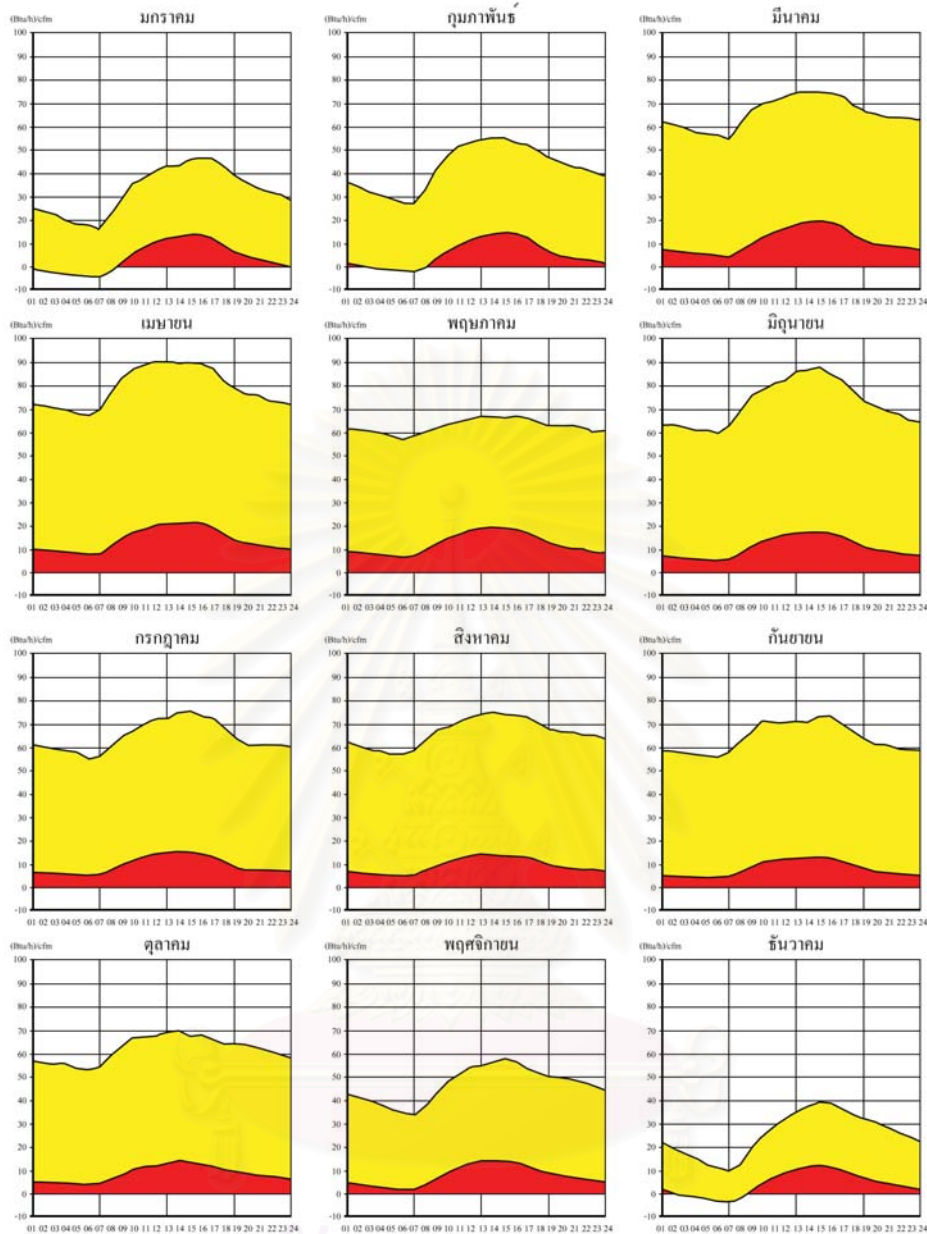
$I_d$  = รังสีอาทิตย์กระจาย (diffuse solar radiation)

จากสมการที่ 2-11 การลดอิทธิพลการถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนโปร่งแสงของช่องเปิดโดยการนำความร้อนสามารถทำได้ โดยการลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) และ จากสมการที่ 2-14 พบว่าการถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนโปร่งแสงของช่องเปิด โดยการแผ่รังสีความร้อน ปริมาณความร้อนที่ผ่านส่วนโปร่งแสงของช่องเปิด แปรผันตามกับค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก แสดงว่าการลดความร้อนผ่านส่วนโปร่งแสงของช่องเปิดโดยการแผ่รังสีความร้อน ทำได้โดยลดค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก

## 2.5. ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนโดยการรั่วซึมอากาศผ่านช่องเปิด

การรั่วซึมอากาศเป็นการแลกเปลี่ยนอากาศระหว่างภายนอกอาคาร และภายในอาคารที่ไม่สามารถควบคุมได้ เกิดจากความแตกต่างของความดันภายในอาคาร และภายนอกอาคาร หรือแรงดันลม การรั่วซึมอากาศผ่านช่องเปิดเป็นภาวะการทำความเย็นที่สำคัญของอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารที่ตั้งในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น เช่นประเทศไทย ดังแสดงในแผนภูมิที่ 2-4

สำหรับอาคารพักอาศัย และอาคารขนาดเล็ก จะไม่มีข้อกำหนดด้านการถ่ายเทอากาศ เนื่องจาก การรั่วซึมอากาศของอาคารมีปริมาณที่มากเพียงพอต่อการระบายอากาศ (Stein, Reynolds and McGuinness, 1986: 142) อย่างไรก็ตามการรั่วซึมอากาศในอาคารที่มากเกินไปจะส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร การประมาณค่าการรั่วซึมของอากาศของช่องเปิดสามารถทำได้โดยประมาณด้วยวิธีประมาณเส้นรอยร้าว (crack method) ซึ่งการคำนวณจะต้องทราบความยาวของเส้นรอยร้าว และความเร็วลม เพื่อสามารถประมาณการรั่วซึมของอากาศได้



แผนภูมิที่ 2-4 แสดงปริมาณการใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อน (พื้นที่สีแดง) และความชื้น (พื้นที่สีเหลือง) ที่แฝงอยู่ในอากาศ เฉลี่ย 1 วันของทุกเดือนตลอด 1 ปี ซึ่งพบว่าปริมาณการใช้พลังงานเพื่อขจัดความชื้นมากกว่าปริมาณพลังงานที่ใช้ลดความร้อนในห้องเสมอ (สุนทร บุญญาธิการ, 2545: 35)

#### 2.5.1. การประมาณรอยร้าวอากาศของช่องเปิดโดยวิธีประมาณเส้นรอยร้าว (crack method)

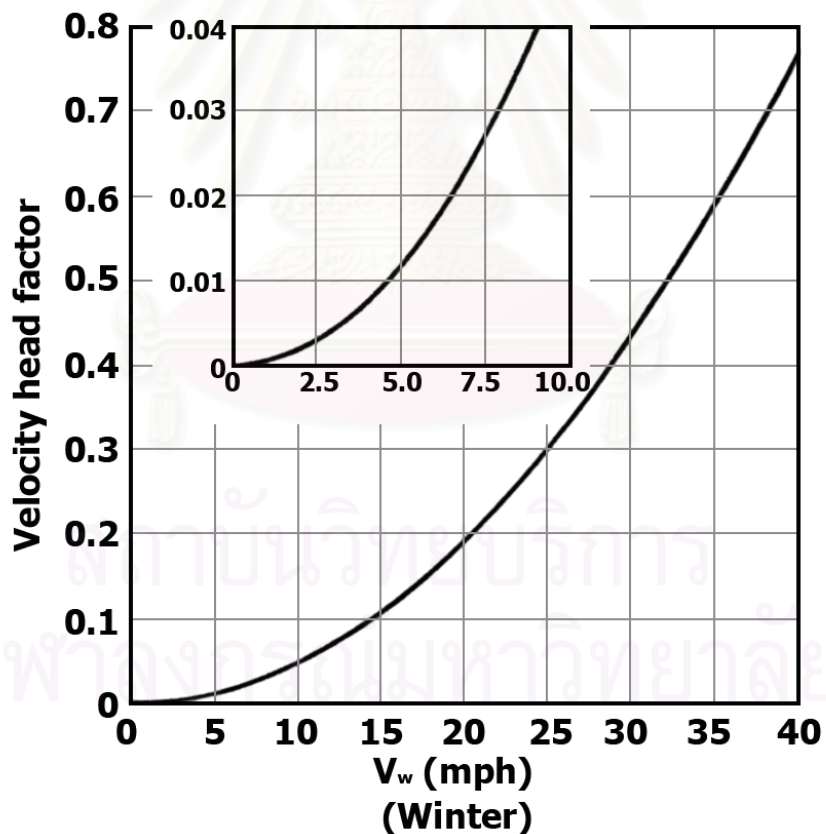
การประมาณการรั่วซึมอากาศผ่านช่องเปิดโดยวิธีประมาณเส้นรอยร้าว (crack method) ของช่องเปิด สามารถประมาณโดยใช้ข้อมูลความเร็วลม และความยาวของเส้นรอยร้าวของช่องเปิด รวมถึงการพิจารณารูปแบบของช่องเปิด ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ ระดับช่องเปิดแน่น (tight classification) ระดับช่องเปิดปกติ (average classification)

และระดับช่องเปิดหลวม (loose classification) ดังที่แสดงในตารางที่ 2-1 จากนั้นทำการพิจารณาปริมาณการรั่วซึมอากาศต่อหนึ่งหน่วยความยาวโดยใช้แผนภูมิที่ 2-5 และ 2-6 ในการพิจารณา มีหน่วยลูกบาศก์ฟุตต่อเวลาที่ต่อความยาว 1 ฟุตของเส้นรอยรั่ว สามารถแปลงเป็นหน่วยลิตรต่อวินาที (L/s) ได้ดังที่แสดงในสมการที่ 2-15

$$L/s = (cfm) * 0.4719 \dots(2-15)$$

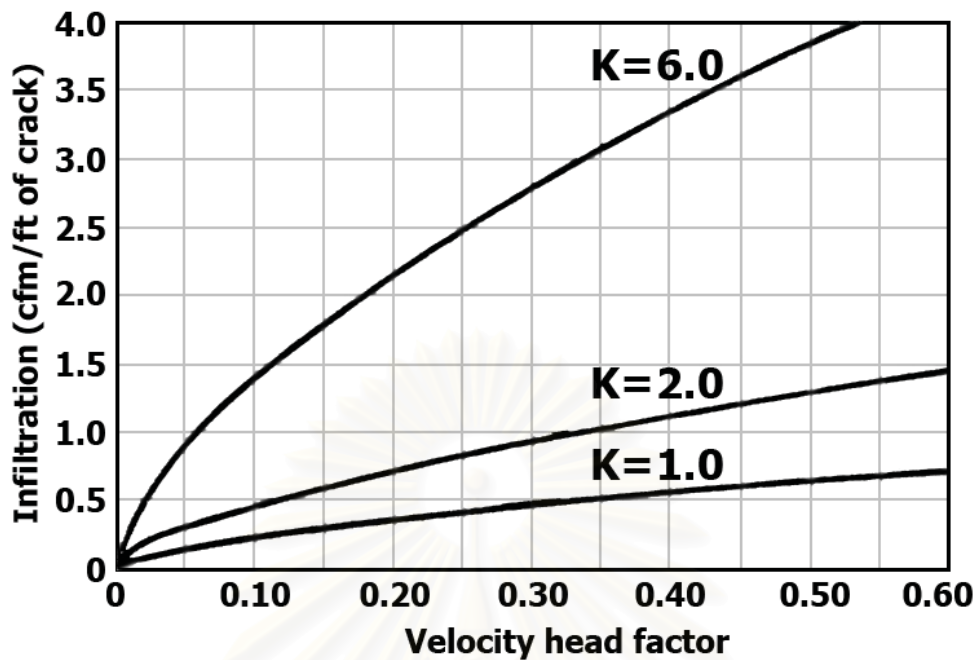
ตารางที่ 2-1 แสดงระดับของช่องเปิด (Stein, Reynolds and McGuinness, 1986)

ระดับช่องเปิด (classification)	ความกว้างรอยรั่ว (crack)
ระดับช่องเปิดแน่น (tight) k=1.0	1/64-in มีแถบยางกันซึม
ระดับช่องเปิดปกติ (average) k=2.0	3/32-in มีแถบยางกันซึม 1/64-in ไม่มีแถบยางกันซึม
ระดับช่องเปิดหลวม (loose) k=6.0	3/32-in ไม่มีแถบยางกันซึม



แผนภูมิที่ 2-5 แผนภูมิแปลงความเร็วลม เป็นเวโลซิตี เฮด แฟคเตอร์ กำหนด ความเร็วลมฤดูร้อนที่ 7.5 ไมล์ต่อชั่วโมง และความเร็วลมฤดูหนาวที่ 15 ไมล์ต่อชั่วโมง (Stein, Reynolds and McGuinness, 1986)





แผนภูมิที่ 2-6 แผนภูมิแสดงอัตราการรั่วซึมของอากาศ (infiltration) ของช่องเปิดของช่องเปิด 3 กลุ่ม โดย กลุ่มแรกคือ ช่องเปิดแน่น (tight)  $k=1.0$ , ช่องเปิดมาตรฐาน (average)  $k=2.0$  และช่องเปิดหลวม (loose)  $k=6.0$  (Stein, Renolds and McGuinness, 1986)

นอกจากนี้วิธีดังกล่าวจากการศึกษาของ กุสกันนา กุบาฮา เรื่องการศึกษา ลักษณะการรั่วซึมอากาศของหน้าต่าง และประตูในประเทศไทยพบว่าอัตราการรั่วซึม อากาศของหน้าต่าง และประตู มีปริมาณการรั่วซึมดังที่แสดงในตารางที่ 2-2 (กุสกันนา กุ บาฮา และสุทธิพงษ์ เนื่องเยาว์, 2549)

ผลการวิจัยพบว่าการพิจารณาการรั่วซึมอากาศผ่านช่องเปิดสามารถคำนวณได้ จากความยาวเส้นรอยร้าว (crack length) ดังที่แสดงในสมการที่ 2-16 และการหาอัตรา การรั่วซึมของอากาศเฉลี่ยสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 2-17

$$AL = \sum_{i=1}^n CL_i * AL_i \quad \dots(2-16)$$

เมื่อ

$AL$  = อัตราการรั่วซึมของอากาศต่อความยาวเมตร

$CL$  = ความยาวเส้นรอยร้าว

$$AL_{avg} = \frac{\sum_{i=1}^n CL_i * AL_i}{\sum_{i=1}^n CL_i} \dots(2-17)$$

ตารางที่ 2-2 แสดงอัตราการรั่วซึม ต่อเมตรของหน้าต่างชนิดต่าง ๆ (กุสกาณา กุบาฮา และสุทธิพงษ์ เนื่องเยาว์, 2549)

ประเภทหน้าต่าง	อัตราการรั่วซึม (ลิตรต่อวินาที) ต่อความยาวรอยรั่ว (เมตร) ของบานกรอบหน้าต่าง		
	ไม้	อลูมิเนียม	ยูพีวีซี
บานเปิด	0.67	0.73	0.72
บานเปิดบานรั้ง	0.87	0.94	0.87
บานเลื่อน (แนวนอน)	1.00	0.72	0.74
บานพลิก	1.00	N/A	0.90
บานกระทุ้ง	0.65	0.67	0.65
บานรั้ง	0.64	0.67	0.64
บานเลื่อนแนวตั้ง	0.75	0.80	0.74
บานปิดตาย (curtain wall)	N/A	0.37	N/A

2.5.2. การคำนวณการรั่วซึมอากาศผ่านช่องเปิดการประมาณปริมาณความร้อนจากการรั่วซึมของอากาศ สามารถแบ่งการคำนวณได้ใน 2 ส่วนคือปริมาณความร้อนในส่วนความร้อนสัมผัส (sensible heat gain) และปริมาณความร้อนในส่วนความร้อนแฝง (latent heat gain) หรือสามารถคำนวณหาปริมาณความร้อนรวม ซึ่งเป็นการรวมปริมาณความร้อนในส่วนความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝงเข้าด้วยกัน

#### การประมาณปริมาณความร้อนในส่วนความร้อนสัมผัส

การประมาณปริมาณความร้อนในส่วนความร้อนสัมผัสสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2-18 ซึ่งตัวแปรที่มีผลคือ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในอาคาร และภายนอกอาคาร

$$Q = 1.232 * AL * \Delta T \dots(2-18)$$

เมื่อ

$AL$  = ปริมาณการรั่วซึมของอากาศผ่านช่องเปิด, ลิตรต่อวินาที (L/s)

(Stein, Renolds and McGuinness, 1986)

### การประมาณปริมาณความร้อนในส่วนความชื้นแฝง

การประมาณในส่วนนี้สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2-19 ซึ่งตัวแปรที่มีผลคือ ความแตกต่างระหว่างปริมาณความชื้นภายในอาคาร และภายนอกอาคาร

$$Q = 3012 * AL * \Delta W \dots(2-19)$$

เมื่อ

$\Delta W$  = ความแตกต่างอัตราส่วนความชื้นภายใน และภายนอกอาคาร (inside-outside air humidity ratio difference), กิโลกรัม ของ น้ำต่อกิโลกรัมของอากาศแห้ง (kg H<sub>2</sub>O/ kg of dry air)  
(Stein, Renolds and McGuinness, 1986)

### การประมาณปริมาณความร้อนรวมของการรั่วซึมอากาศ

การประมาณในส่วนนี้สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2-20 ซึ่งตัวแปรที่มีผลคือ ความแตกต่างระหว่างเอนทัลปี (enthalpy) ภายในอาคาร และภายนอกอาคาร

$$Q = 4.334 * AL * \Delta h \dots(2-20)$$

เมื่อ

$\Delta h$  = ความแตกต่างระหว่างเอนทัลปี ภายใน และภายนอกอาคาร, กิโลจูล ต่อ กิโลกรัมของอากาศแห้ง (kJ / kg of dry air)  
(Stein, Renolds and McGuinness, 1986)

## 2.6. ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด

เครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ที่อาศัยพลังงานไฟฟ้าในการขจัดความร้อนภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด การพิจารณาประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศสามารถพิจารณาจากค่าอีอีอาร์ (energy efficiency ratio) ดังที่แสดงในสมการที่ 2-21 (สุนทร บุญญาธิการ และอุษณีย์ มิ่งวิมล, 2542)

$$EER = \frac{\text{Cooling (Btu / h)}}{\text{Energy (Watt)}} \dots(2-21)$$

นอกจากการพิจารณาประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศจากค่าอีอีอาร์ยังสามารถพิจารณาได้จาก ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (coefficient of performance)

หมายถึงอัตราส่วนระหว่างพลังงานความเย็นที่ได้จากเครื่องปรับอากาศ (energy output) ต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศ ดังที่แสดงในสมการที่ 2-23 (สุนทร บุญญาธิการ และอุษณีย์ มิ่งวิมล, 2542)

$$COP = \frac{\text{Energy output (Watt)}}{\text{Energy input (Watt)}} \quad \dots(2-22)$$

การหาพลังงานที่ระบบปรับอากาศใช้ในการขจัดความร้อนจากช่องเปิดสามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 2-23 สำหรับระบบปรับอากาศในประเทศไทยมีการสร้างฉลากแสดงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ ซึ่งกำหนดประสิทธิภาพการทำความเย็นไว้ดังที่แสดงในตารางที่ 2-3

$$\text{Energy} = \text{Heat flow} * COP \quad \dots(2-23)$$

ตารางที่ 2-3 แสดงระดับประสิทธิภาพระบบปรับอากาศ (สุนทร บุญญาธิการ และคณะ, 2545)

ระดับประสิทธิภาพ	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น	COP	EER
5	1.13	2.26	3.10 ขึ้นไป	10.60 ขึ้นไป
4	1.25	2.50	2.81 แต่ไม่ถึง 3.10	9.60 แต่ไม่ถึง 10.60
3	1.40	2.79	2.50 แต่ไม่ถึง 2.81	8.60 แต่ไม่ถึง 9.60
2	1.58	3.16	2.20 แต่ไม่ถึง 2.50	7.60 แต่ไม่ถึง 8.60
1	1.82	3.64	ต่ำกว่า 2.20	ต่ำกว่า 7.60

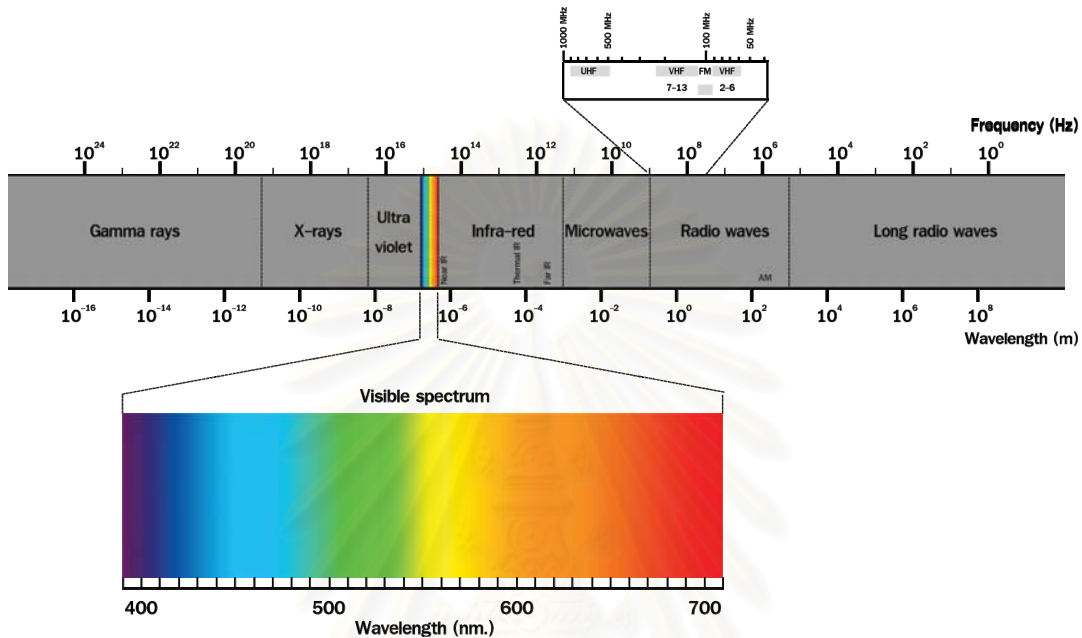
## 2.7. ทฤษฎีด้านแสงธรรมชาติ

การออกแบบช่องเปิดเพื่อใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติต้องออกแบบการใช้แสงธรรมชาติให้สัมพันธ์กับการใช้แสงประดิษฐ์ เพื่อที่จะสามารถลดการใช้แสงประดิษฐ์ลงได้

แสงที่ตามองเห็น (visible light) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 380 นาโนเมตร (สีม่วง) ถึง 760 นาโนเมตร (สีแดง) และสายตาของมนุษย์จะสามารถตอบสนองต่อความยาวคลื่นแสงประมาณ 555 นาโนเมตรได้ดีที่สุด

รังสีดวงอาทิตย์เมื่อส่องผ่านสู่ชั้นบรรยากาศโลก รังสีอัลตราไวโอเล็ตจะถูกดูดกลืนโดยชั้นโอโซน รังสีคลื่นสั้นจะถูกทำให้กระจายโดยโมเลกุลของอากาศซึ่งส่งผลให้ท้องฟ้าเป็นสีฟ้า และไอน้ำในอากาศในบรรยากาศชั้นล่างจะดูดกลืนช่วงคลื่นที่ฟ้าสางเกิด

ดังนั้นที่มุมยกขึ้นของดวงอาทิตย์ (solar altitude,  $\beta$ ) ที่ 41.8 องศา ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องลงมายังพื้นโลกที่ระดับน้ำทะเล ในวันฟ้าใส (clear day) จะประกอบด้วย รังสีอินฟราเรด แสงที่ตามองเห็น และรังสีอัลตราไวโอเล็ต ประมาณ ร้อยละ 50, 47, และ 3 ตามลำดับ (ASTM standard E 891 อ้างถึงใน ASHRAE, 2004: 30.14)



ภาพที่ 2-10 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### 2.7.1. นิยามคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติ

เมื่อแสงถูกส่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง และตกกระทบบัววัตถุ หรือพื้นที่ใด ๆ จะเกิดการสะท้อนเข้าสู่ดวงตา ซึ่งจะทำให้เกิดการมองเห็น โดยมีปัจจัยดังต่อไปนี้

**ปริมาณแสง (Luminous flux)** คือค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดแสงใด ๆ ในรูปของความเข้มของการส่องสว่าง มีหน่วยเป็น ลูเมน

ปริมาณแสง 1 ลูเมน หมายถึง พลังงานที่ได้จากเทียนมาตรฐานขนาด 1 กำลังเทียนที่ตกกระทบบนพื้นที่ 1 ตารางฟุต โดยมีระยะห่างจากเทียนมาตรฐาน 1 ฟุต

**ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity)** คือปริมาณแสงที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดใน Solid angle ใด ๆ ในทิศทางใดทางหนึ่ง มีหน่วยเป็น ลูเมต ต่อสเตอริเรเดียน หรือแคนเดลา

**ความส่องสว่าง (Illuminance)** คือ ความสว่างของปริมาณแสง 1 หน่วย ที่ตกกระทบบนพื้นที่ใด ๆ มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อหน่วยพื้นที่ เช่น ลูเมนต่อหนึ่งตาราง

เมตร หรือ ลักซ์ หรือ ลูเมนต่อหนึ่งตารางฟุต หรือ ฟุตแคนเดิล โดย 1 ลักซ์ จะเท่ากับ 10.76 ฟุตแคนเดิล

$$\text{Illuminance (lux)} = \frac{\text{Luminous flux (lumen)}}{\text{Area (m}^2\text{)}} \dots (2-24)$$

**ความสว่าง (Luminance)** คือความส่องสว่างที่สะท้อนจากวัตถุ เข้าสู่ตา ซึ่งทำให้สามารถมองเห็นวัตถุได้ มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร ( $\text{cd/m}^2$ ) หรือฟุตแลมเบิร์ต (Foot-lambert)

### 2.7.2. คุณสมบัติของวัสดุด้านแสงธรรมชาติ (daylighting properties)

#### ค่าความส่องผ่านของแสงที่ตามองเห็น (visible transmittance, $T_v$ )

ค่าความส่องผ่านของแสงที่ตามองเห็นหมายถึงค่าที่แสดงถึงสัดส่วนของแสงที่ตามองเห็นสามารถทะลุผ่านเข้าสู่อาคารได้ ค่าความส่องผ่านของแสงที่ตามองเห็นสูง แสดงว่าแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารได้มาก โดยปกติการลดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ จะทำให้ค่าความส่องผ่านของแสงที่ตามองเห็นลดลงด้วย เทคโนโลยีการเคลือบผิวกระจกในปัจจุบัน สามารถลดค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ได้มาก โดยค่าความส่องผ่านของแสงที่ตามองเห็นเพียงเล็กน้อย

#### ค่าอัตราส่วนแสงต่อสัมประสิทธิ์การบังแดด ( $K_e$ )

เป็นอัตราส่วนของปริมาณแสงสว่างต่อปริมาณความร้อนที่ผ่านกระจก หากมีค่ามากหมายถึงประสิทธิภาพของกระจกที่ยอมให้แสงเข้ามามากแต่ความร้อนเข้ามาน้อย

$$K_e = \frac{LT}{SC} \dots (2-25)$$

#### ค่าอัตราส่วนแสงต่อพลังงานอาทิตย์ (light to solar gain ratio, LSG)

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ และค่าความส่องผ่านของแสงที่ตามองเห็น เรียกว่าค่าอัตราส่วนแสงต่อพลังงานอาทิตย์ (light to solar gain ratio, LSG) หากกระจกมีค่าอัตราส่วนแสงต่อพลังงานอาทิตย์ ที่ได้รับยิ่งมาก แปลว่ากระจกนั้นเหมาะสมในการใช้แสงธรรมชาติสำหรับอาคารในเขตภูมิอากาศร้อน

$$LSG = \frac{T_v}{SHGC} \quad \dots(2-26)$$

เมื่อ

$LSG$  = ค่าอัตราส่วนแสงต่อพลังงานอาทิตย์ (light to solar gain ration)

$T_v$  = ค่าความส่องผ่านของแสงที่ตามองเห็น (visible transmittance,  $T_v$ )

$SHGC$  = ค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์

### 2.7.3. แหล่งที่มาของแสงธรรมชาติ

#### แสงตรงจากดวงอาทิตย์

เป็นแสงที่ส่องตรงจากดวงอาทิตย์ โดยทั่วไปไม่นิยมใช้แสงอาทิตย์โดยตรงสำหรับอาคาร เนื่องจากความส่องสว่าง (illuminance) มีค่าสูงมาก

#### แสงสะท้อนจากท้องฟ้า

เป็นแสงที่กระจายมาจากส่วนต่าง ๆ ของท้องฟ้า ซึ่งเกิดจากการกระจาย (scattering) ของแสงอาทิตย์กับโมเลกุลที่ลอยในชั้นบรรยากาศ

#### แสงสะท้อนจากผิวดิน และพื้นผิวอื่น ๆ

เป็นแสงที่เกิดจากการสะท้อนแสงของแสงอาทิตย์ และแสงจากท้องฟ้า ตกกระทบผิวดิน และพื้นผิวอื่น ๆ

### 2.7.4. การแผ่รังสีอาทิตย์

การแผ่รังสีอาทิตย์เป็นการถ่ายเทพลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

การแผ่รังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก (solar radiation) เกิดจากพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูงของดวงอาทิตย์แผ่รังสีในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแลกเปลี่ยนกับผิวโลกที่มีระยะห่างจากกัน 93 ล้านไมล์ เป็นการแผ่รังสีคลื่นสั้นในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเล็ต ช่วงแสงที่ตามองเห็น และช่วงคลื่นอินฟราเรด

ปริมาณรังสีอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกมีค่าแตกต่างกันเนื่องจากแกนโลกที่เอียง และวงโคจรของโลกมีลักษณะเป็นวงรีรอบดวงอาทิตย์ มีค่าเฉลี่ย 1,370 วัตต์/ตร.ม. มีค่าสูงสุด 1,418 วัตต์/ตร.ม. เมื่อโลกอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุดประมาณวันที่ 3 มกราคม และมีค่าต่ำสุด 1,325 วัตต์/ตร.ม. เมื่อโลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ที่สุดประมาณวันที่ 4 กรกฎาคม (ASHRAE, 1993)

การแผ่รังสีอาทิตย์จากพื้นโลก (Terrestrial radiation) เกิดจากการแลกเปลี่ยนระหว่างบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก และวัตถุนบนพื้นผิวโลก เป็นการแผ่รังสีคลื่นยาวในช่วงคลื่นฟาร์อินฟราเรด โดยแบ่งการพิจารณาได้ 4 รูปแบบคือ

- **รังสีอาทิตย์ตรง (direct solar radiation,  $I_D$ )** คือรังสีอาทิตย์ที่ได้รับโดยตรงจากดวงอาทิตย์มาถึงพื้นโลกโดยไม่เปลี่ยนแปลง
- **รังสีอาทิตย์กระจาย (diffuse solar radiation,  $I_d$ )** คือรังสีอาทิตย์ที่มาจากกระสะท้อนของรังสีจากท้องฟ้า
- **รังสีอาทิตย์สะท้อน (reflected solar radiation,  $I_r$ )** คือรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นผิววัตถุแล้วสะท้อนกลับ
- **รังสีอาทิตย์รวม (total หรือ global solar radiation,  $I_T$ )** คือรังสีอาทิตย์ทั้งหมด ประกอบด้วยรังสีตรง และรังสีกระจายในแนวระนาบ ดังที่แสดงในสมการที่ 2-27

$$I_T = I_D + I_d + I_r \quad \dots(2-27)$$

#### 2.7.5. ลักษณะสภาพท้องฟ้า

##### ท้องฟ้าโปร่ง (clear sky)

คือท้องฟ้าที่มีปริมาณเมฆปกคลุมเป็นส่วนน้อย คือประมาณไม่เกินร้อยละ 30 ความสว่างลักษณะนี้เกิดจากองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ แสงกระจายจากท้องฟ้า (diffuse illumination) และแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (direct sun) ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ (solar altitude) เป็นหลัก ซึ่งลักษณะท้องฟ้าส่วนที่ใกล้ดวงอาทิตย์จะมีความสว่าง (luminance) มากที่สุด และส่วนที่อยู่ตรงข้ามกับดวงอาทิตย์จะมีความสว่าง (luminance) น้อยที่สุด หากพิจารณาเพียงครึ่งส่วนท้องฟ้า (half sky) จะมีระดับความส่องสว่างอยู่ระหว่าง 3,000-20,000 ลักซ์ และมีค่าเฉลี่ยที่ 10,000 ลักซ์

##### ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (partly cloudy sky)

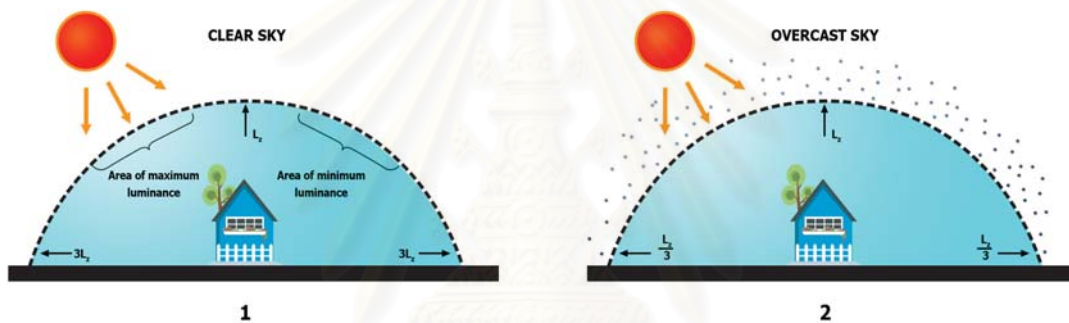
เป็นลักษณะท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วนประมาณร้อยละ 40 ถึง 70 ซึ่งเป็นลักษณะท้องฟ้าของประเทศไทยโดยส่วนใหญ่ การหาระดับความส่องสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้ทำได้ยากเนื่องจากมีความแปรเปลี่ยนตามลักษณะของเมฆตลอดเวลา ในกรณีเมฆปกคลุมมีลักษณะบางไม่หนาที่บ ระดับความ



ส่องสว่างจะมีค่ามากกว่าลักษณะท้องฟ้าโปร่งร้อยละ 10-15 เนื่องจากการสะท้อนของเมฆ แต่หากเมฆที่ปกคลุมเป็นเมฆกลุ่มหนาที่บ หรือมีสีดำเช่นเมฆฝน อาจทำให้แสงกระจายที่สะท้อนจากท้องฟ้าถูกปิดกั้น นั่นคือแสงจะถูกดูดกลืนมากกว่าสะท้อน ทำให้ระดับความส่องสว่างลดลง

**ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมาก (overcast sky หรือ CIE sky)**

เป็นลักษณะท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมเป็นจำนวนมาก ประมาณร้อยละ 80 ขึ้นไป ซึ่งท้องฟ้าลักษณะนี้บริเวณเหนือสุดของท้องฟ้า (zenith) จะมีความสว่างมากที่สุด และจะมีความสว่างลดลงตามลำดับความสูง โดยท้องฟ้าบริเวณแนวระนาบ (horizontal) จะมีความส่องสว่างต่ำสุดประมาณ 1 ใน 3 ของค่าความสว่างบริเวณเหนือสุดของท้องฟ้า



ภาพที่ 2-11 ลักษณะท้องฟ้า 1 ท้องฟ้าโปร่ง (clear sky) 2 ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมาก (overcast sky)

**2.7.6. ความสัมพันธ์ระหว่างแสงธรรมชาติกับปริมาณการแผ่รังสีอาทิตย์**

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการแผ่รังสีอาทิตย์รวมบนระนาบนอน ต่อปริมาณความส่องสว่างของดวงอาทิตย์มีความสัมพันธ์ดังที่แสดงในสมการที่ 2-28

$$E = 104.8 + 31.007 * I_T \quad \dots(2-28)$$

เมื่อ

E = ปริมาณความส่องสว่างจากดวงอาทิตย์, ฟุตแคนเดิล

I<sub>T</sub> = ปริมาณรังสีอาทิตย์รวมแนวระนาบ, บีที่ยูต่อชั่วโมง ตารางฟุต  
(กุลศรี สุริยเดชสกุล, ม.ป.ป.)

### 2.7.7. การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร

ปริมาณแสงธรรมชาติที่ได้รับผ่านช่องเปิดสำหรับใช้งานในอาคารขึ้นอยู่กับตำแหน่งของช่องเปิด และคุณสมบัติของกระจก ซึ่งแสงธรรมชาติเป็นแสงที่มีคุณภาพสูงมาก เมื่อเทียบกับแสงประดิษฐ์ โดยแสงธรรมชาติที่เหมาะสมสำหรับใช้งานคือแสงสะท้อนจากท้องฟ้ามีประสิทธิภาพ 140 ลูเมนต่อวัตต์ ดังที่แสดงในตารางที่ 2-4 การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารทำให้สามารถลดการใช้แสงประดิษฐ์ ทำให้ประหยัดพลังงานจากไฟฟ้าแสงสว่าง รวมถึงลดภาระการทำความเย็นภายในอาคาร (internal cooling load) ได้

การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องคำนึงถึงตัวแปรต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- **ความแปรปรวนของท้องฟ้า**

สามารถปรับปรุงโดยใช้แสงสะท้อนจากท้องฟ้า (diffuse light) ซึ่งมีความแปรปรวนน้อยกว่า และหลีกเลี่ยงแสงตรงจากดวงอาทิตย์ กำหนดกิจกรรมให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยเลือกใช้งานในบริเวณที่ยอมรับความแปรปรวนได้มากกว่า และในกรณีที่จำเป็นต้องใช้แสงตรงจากดวงอาทิตย์อาจใช้อุปกรณ์ช่วยกระจายแสง เพื่อให้แสงมีความสม่ำเสมอก่อนการใช้งาน

- **ความต้องการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในทุกทิศทาง**

- **การควบคุมความจ้าที่ทำให้ระคายเคืองตา**

- **การนำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างคุ้มค่า**

ตารางที่ 2-4 แสดงประสิทธิภาพของหลอดไฟ และแสงธรรมชาติ (สุนทร บุญญาธิการ และคณะ, 2545)

ชนิดของหลอด	ประสิทธิภาพ (ลูเมนต่อวัตต์)
หลอดอินแคนเดสเซนต์	8-20
หลอดฮาโลเจน	17-20
หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์	40-50
หลอดฟลูออเรสเซนต์ (T-12)	70-75
หลอดฟลูออเรสเซนต์ (T-8), หลอดผอม	75-80
หลอดฟลูออเรสเซนต์ (T-5)	96-104
แสงตรงจากดวงอาทิตย์ (direct sun light)	110
แสงสะท้อนจากท้องฟ้า (diffuse light)	140

### 2.7.8. การคำนวณแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด (daylighting through fenestration calculation)

การวิเคราะห์แสงธรรมชาติสามารถทำได้ 2 แนวทางคือ

แนวทางแรกคือการพิจารณาจากระดับความส่องสว่างรวม (absolute illuminance) เป็นการพิจารณาระดับความส่องสว่างในตำแหน่งต่าง ๆ โดยวัดระดับความส่องสว่างเป็นปริมาณแสงต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นลักซ์ หรือฟุตแคนเดิล

แนวทางที่สองคือการพิจารณาจากอัตราส่วนของระดับความส่องสว่างภายในต่อภายนอกอาคาร (relative illuminance) วิธีนี้มีข้อกำหนดคือสภาพท้องฟ้าเป็นแบบท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมาก (overcast sky) โดยผลที่ได้จากวิธีนี้มีหน่วยเป็นร้อยละ ซึ่งเป็นค่าคงที่โดยทั่วไปสามารถวิเคราะห์ได้ 2 วิธีคือ วิธีลูเมน (lumen method) และวิธีแฟกเตอร์แสงธรรมชาติ (daylight factor) โดยในงานวิจัยได้เลือกใช้วิธีแฟกเตอร์แสงธรรมชาติ (daylight factor) ในการศึกษา

วิธีตัวประกอบแสงธรรมชาติ (daylight factor) จะเป็นการคำนวณหาอัตราส่วนเปรียบเทียบ ระหว่างค่าความส่องสว่างภายในอาคารในระนาบพื้นผิว ( $E_i$ ) ต่อความส่องสว่างภายนอกของอาคาร ( $E_e$ ) ในระนาบเดียวกัน โดยความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจะสัมพันธ์กับตำแหน่ง และทิศทางของดวงอาทิตย์ ที่เปลี่ยนแปลงไปตามวันและเวลา มีวิธีคำนวณดังนี้

$$DF_o = \left(\frac{E_i}{E_e}\right) * 100 \quad \dots(2-29)$$

เมื่อ

$E_i$  = ค่าความส่องสว่าง (illuminance) ภายในอาคารที่ระนาบนอน

$E_e$  = ค่าความส่องสว่าง (illuminance) ภายนอกอาคารที่ระนาบนอน

(Stein, Renolds and McGuinness, 1986)

### 2.7.9. องค์ประกอบที่มีผลต่อแสงธรรมชาติภายในอาคาร

องค์ประกอบที่มีผลต่อแสงธรรมชาติภายในอาคารเป็นการพิจารณาความส่องสว่างที่ระดับพื้นที่ใช้งานโดยมีองค์ประกอบโดยรอบที่เกี่ยวข้อง 3 องค์ประกอบคือ องค์ประกอบจากท้องฟ้า องค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายนอกอาคาร และ องค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายในอาคาร

- **องค์ประกอบจากท้องฟ้า (Sky component, SC)** เป็นสัดส่วนของแสงธรรมชาติทั้งหมดที่ส่องโดยตรงจากพื้นที่ท้องฟ้าลงยังจุดที่เราต้องการวัด โดยแสงธรรมชาติจะถูกลดทอนจากหน้าต่าง ระดับความส่องสว่างจากองค์ประกอบจากท้องฟ้าขึ้นอยู่กับสภาพท้องฟ้ามีความแปรปรวนสูงตั้งแต่ ท้องฟ้าโปร่งไม่มีเมฆ (clear sky) จนกระทั่งท้องฟ้าปกคลุมด้วยเมฆมากจนไม่สามารถมองเป็นดวงอาทิตย์ (completely overcast sky) ซึ่งมีผลต่อระดับความส่องสว่างที่เกิดขึ้น

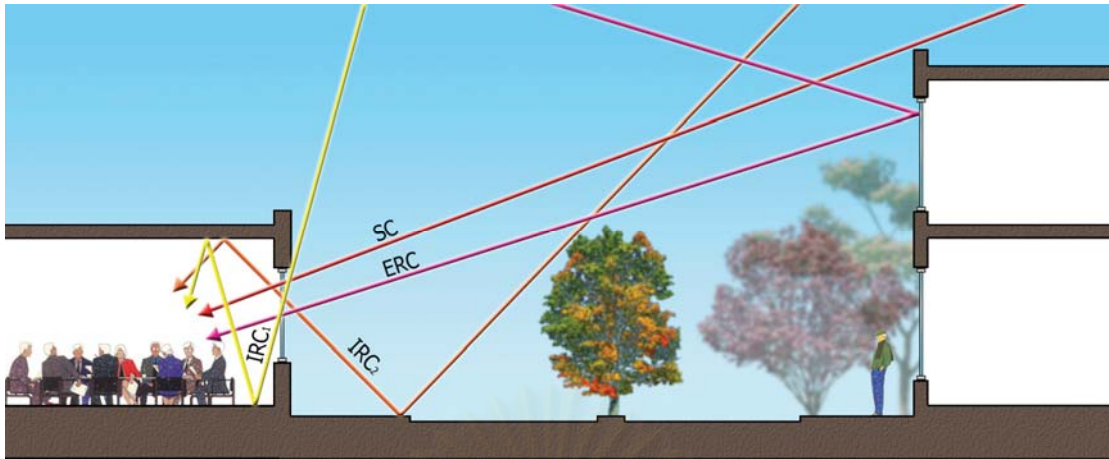
$$SC = \text{incident skylight} - \text{window losses} \quad \dots(2-30)$$

- **องค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายนอกอาคาร (Externally reflected component, ERC)** เกิดจากแสงสะท้อนจากวัตถุที่อยู่ภายนอกสะท้อนเข้าสู่อาคารเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดแสง โดยองค์ประกอบนี้ไม่รวมแสงสะท้อนจากพื้นดิน ระดับความส่องสว่างสามารถประมาณจากสัดส่วนขององค์ประกอบจากท้องฟ้า (sky component) และ ปริมาณแสงที่เกิดขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการสะท้อนของวัสดุ (reflectance factor, RF)

$$ERC = SC * RF \text{ (of obstruction)} \quad \dots(2-31)$$

- **องค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายในอาคาร (Internally reflected component, IRC)** เกิดจากการสะท้อนแสงของวัตถุภายในอาคารจากทั้งองค์ประกอบจากท้องฟ้า และองค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายนอกอาคาร ปริมาณแสงที่เกิดขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการสะท้อนของวัสดุ และทิศทางของแสงสะท้อน โดยปกติระดับความส่องสว่างจากองค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายในอาคารรวม (IRC) จะมาจากการสะท้อนแสงจาก องค์ประกอบจากท้องฟ้า ลงสู่พื้นผิวภายในโดยตรง (IRC1) โดยมีผลกระทบจากการสะท้อนแสงจากองค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายนอกอาคาร (IRC2) เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

$$DF_o = SC + ERC + IRC \quad \dots(2-32)$$



ภาพที่ 2-12 องค์ประกอบที่มีผลต่อแสงธรรมชาติภายในอาคาร (ภาพดัดแปลง Stein and Renolds, 1999)

วัสดุตกแต่งพื้นผิวอาคารภายในอาคารที่เหมาะสมสำหรับการสะท้อนแสงโดยทั่วไปสำหรับห้องทำงาน ค่าการสะท้อนแสงที่เหมาะสมสำหรับฝ้าเพดานควรมีค่าประมาณร้อยละ 80 ผนังร้อยละ 50-70 และพื้นร้อยละ 20-40 รวมถึงลักษณะพื้นผิวที่สามารถกระจายแสงแบบกระจาย (diffuse reflection) เพื่อป้องกันปัญหาแสงบาดตา (glare)

#### 2.7.10. การคำนวณการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์โดยการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ

การใช้แสงธรรมชาติในอาคาร ทำให้สามารถลดการใช้แสงประดิษฐ์ ดังนั้นการหาพลังงานจากแสงธรรมชาติสามารถพิจารณาจากการใช้พลังงานของแสงประดิษฐ์ในพื้นที่ใช้งาน 1 ตารางเมตร โดยมีความต้องการระดับการส่องสว่างในการใช้งานที่ 500 ลักซ์

การพิจารณาการใช้พลังงานของแสงประดิษฐ์ พิจารณาจากประสิทธิภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง สำหรับงานวิจัยทำการพิจารณาอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงโดยเลือกใช้หลอดไฟฟ้าที่เหมาะสมกับอาคารขนาดเล็ก และขนาดกลาง คือหลอดฟลูออโรเรสเซนต์มีค่าประสิทธิภาพที่ 70.65 ลูเมนต่อวัตต์ ควบคุมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีการสูญเสียต่ำ และสามารถปรับลดความส่องสว่างให้เหมาะสมกับสภาพแสงธรรมชาติในอาคารได้

ตารางที่ 2-5 แสดงประสิทธิภาพของหลอดไฟในปัจจุบัน (เครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย, 2547)

หลอดไฟฟ้า	ชนิด	ขนาดกำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ปริมาณแสง (ลูเมน)	ประสิทธิภาพ (ลูเมน/วัตต์)
หลอดอินแคนเดสเซนต์	GLS	60	730	12.17
	GLS	100	1,380	13.80
หลอดทังสเตนฮาโลเจน	Cap.	50	950	16.10
	D.E.	500	9,660	19.32
		1000	36,300	24.20
หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์	หัวเกลียว	15	760	50.67
		23	1,350	58.70
	หัวเสียบ	11	900	56.25
		18	1,200	46.15
หลอดฟลูออเรสเซนต์	STD	18	1,030	36.79
		36	2,600	56.52
	Super80	18	1,300	46.43
		36	3,250	70.65
หลอดแสงจันทร์ (หลอดไอ ปรอทความดันสูง)	ML	250	5,500	21.15
	HPL-N	80	3,700	41.11
		125	6,200	45.59
		250	12,700	47.21
		400	22,000	52.01
หลอดเมทัลฮาไลด์	MH-TD	70	5,700	66.28
		150	12,900	75.88
	HPI-T	250	19,000	72.24
		400	35,000	84.34
หลอดโซเดียมความดันสูง	SDW-T	100	5,000	46.30
	SON	70	5,600	69.14
		150	16,000	93.02
		220	20,000	83.68
	SON-H	350	34,000	91.15
		SON-T	250	28,000
หลอดโซเดียมความดันต่ำ	SOX	55	7,800	97.50
		90	13,000	104.00
		180	32,500	151.16

นอกจากนี้ต้องพิจารณาเลือกใช้ดวงโคมที่มีประสิทธิภาพสูง โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (coefficient of Utilization, CU) แสดงถึงปริมาณแสงที่โคมไฟส่องมาถึงพื้นที่ทำงาน โดยสามารถพิจารณาได้จากผู้ผลิตดวงโคม

การพิจารณาการให้แสงสว่างของแสงประดิษฐ์ในการวิจัยนี้ใช้วิธีโซนอล คาวิตี (zonal cavity method) ซึ่งเป็นวิธีพิจารณาระดับความส่องสว่างเฉลี่ยทั้งพื้นที่ที่พิจารณา โดยใช้นิยามของความส่องสว่าง (illuminance) ดังที่แสดงในสมการที่ 2-33

$$E = \left(\frac{L}{A}\right) * CU * LLD * LDD \dots(2-33)$$

เมื่อ

E	= ระดับความส่องสว่าง, ลักซ์ หรือ ฟุตแคนเดิล
L	= ปริมาณแสง, ลูเมน
A	= พื้นที่ส่องสว่าง, ตารางเมตร หรือตารางฟุต
CU	= ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์
LLD	= ค่าความเสื่อมของหลอดไฟ (lamp lumen depreciation)
LDD	= ค่าความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม (luminaire dirt depreciation)

### 2.7.11. การเลือกวัสดุช่องเปิด

การเลือกใช้วัสดุช่องเปิดที่ดี มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน ควรจะมีลักษณะดังนี้ (สุนทร บุญญาธิการ และอุษณีย์ มิ่งวิมล, 2542)

- มีความสามารถในการกันความร้อนได้ดี (ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ต่ำ)
- กันการรั่วซึมอากาศได้ดี
- กันน้ำ และกันชื้นได้ดี
- มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดต่ำ (SC)
- มีค่าความส่องผ่านแสงสูง (light transmittion)
- มีอัตราส่วนของค่าความส่องผ่านแสง ต่อค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดสูง ซึ่งหมายความว่า ช่องเปิดสามารถยอมให้แสงผ่านเข้ามาได้มาก แต่ความร้อนเข้ามาได้น้อย

## 2.8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.8.1. เรื่อง energy transparency for energy efficiency โดย Diana Avasoo (2004)

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการสร้าง และส่งเสริม การจัดระดับด้านพลังงาน (energy rating) ของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ในที่ต่าง ๆ ทั่วโลก โดยหน้าต่างนับเป็นปัจจัยหลักในการใช้พลังงานในอาคารซึ่งส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงาน และสถานะน่าสบาย ในปี ค.ศ. 2001 ประเทศในทวีปยุโรป 8 ประเทศได้รวมตัวกันสร้างมาตรฐานกลางสำหรับจัดระดับหน้าต่างด้านพลังงาน เรียกว่า European Window Energy Rating System หรือ EWERS ซึ่งเป็นมาตรฐานสำหรับผู้ออกแบบ ผู้ก่อสร้าง รวมถึงบุคคลทั่วไป ในการเลือกใช้หน้าต่างที่มีประสิทธิภาพ

ผลดีที่ได้รับจากโครงการนี้คือ

- สามารถเพิ่มจำนวนการใช้หน้าต่างที่มีประสิทธิภาพสูงในทวีปยุโรป
- ลดการใช้พลังงานในการควบคุมสภาพแวดล้อมของอาคาร
- ลดจำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ปลดปล่อยจากการผลิตพลังงาน



### บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย

#### 3.1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

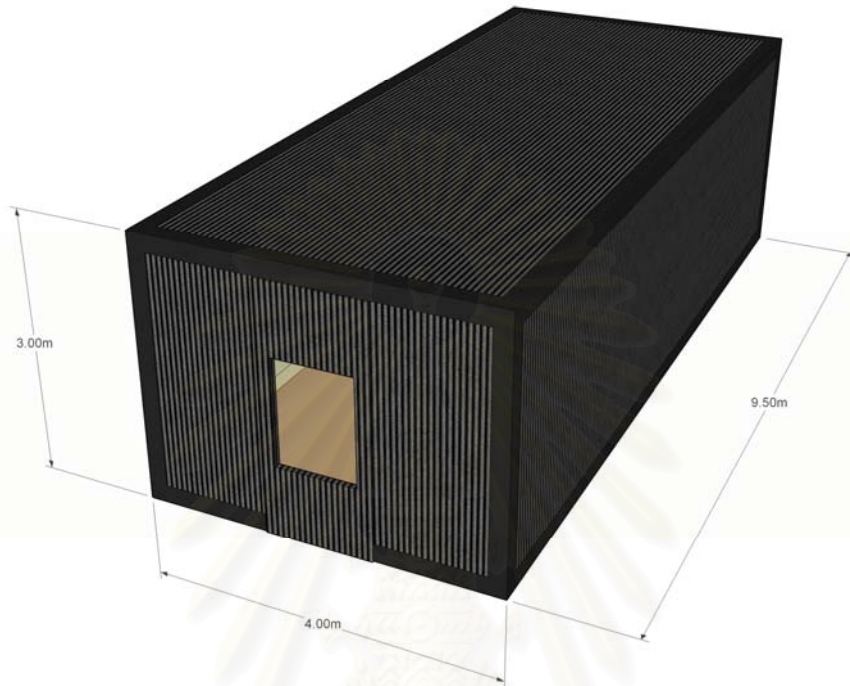
- 3.1.1. เครื่องมือวัดระดับความส่องสว่าง (illuminance meter) การวิจัยเลือกใช้ อุปกรณ์รุ่น DX-200 ของบริษัทไอเอนเอส เอนเทอร์ไพรส์ จำกัด เป็นอุปกรณ์วัดระดับความส่องสว่าง (illuminance) ระบบดิจิทัล ความละเอียดในการวัดระดับทัศนียม 2 ตำแหน่ง สามารถวัดระดับความส่องสว่างได้ระหว่าง 0 ถึง 100,000 ลักซ์ จำนวน 6 ตัว



ภาพที่ 3-1 เครื่องมือวัดระดับความส่องสว่าง รุ่น DX-200

- 3.1.2. กล้องทดลอง เป็นแบบจำลองทางกายภาพ สำหรับศึกษาระดับความส่องสว่างภายในอาคารสำหรับช่องเปิด โดยจำลองห้องขนาด กว้าง 4 เมตร ยาว 9.5 เมตร สูง 3 เมตร ในขนาดมาตราส่วน 1: 10 เป็นกล้องทดลอง ดังภาพที่ 3-2 วัสดุภายในกล้องทดลองเลือกใช้วัสดุที่มีค่าสะท้อนแสงส่วนฝ้าเพดาน ผนัง และพื้นกล้องทดลองที่ ร้อยละ 80, 50 และ 20 ตามลำดับ กำหนดจุดสำหรับวัดระดับความส่อง

สว่างทุกระยะ 1 เมตรจากช่องเปิดรวมทั้งสิ้น 9 จุด โดยทำการวัดระดับความส่องสว่างที่ระดับพื้นที่ใช้งานสูง 0.75 เมตรเหนือระดับพื้น บริเวณแผงผนังด้านช่องเปิด ทำการติดตั้งช่องเปิดด้านหน้าของกล่องทดลอง



ภาพที่ 3-2 แบบจำลองกล่องทดลองสำหรับการวิจัย

### 3.2. การทดสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยใช้เครื่องวัดระดับความส่องสว่างจำเป็นต้องทำการสอบเทียบเครื่องมือแต่ละตัวให้สามารถแสดงค่าได้ใกล้เคียงกันมากที่สุด เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความเที่ยงตรงภายใน (internal validity) มีความถูกต้อง และได้มาตรฐานมากที่สุด

การสอบเทียบอุปกรณ์เพื่อให้ได้มาตรฐาน มีขั้นตอนดังนี้

3.2.1.เตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ เครื่องวัดระดับความส่องสว่าง รุ่น DX-200 จำนวน 6 ตัว โดยมี เครื่องวัดระดับความส่องสว่างมาตรฐานจำนวน 1 ตัว และ เครื่องวัดระดับความส่องสว่างที่นำมาสอบเทียบจำนวน 5 ตัว

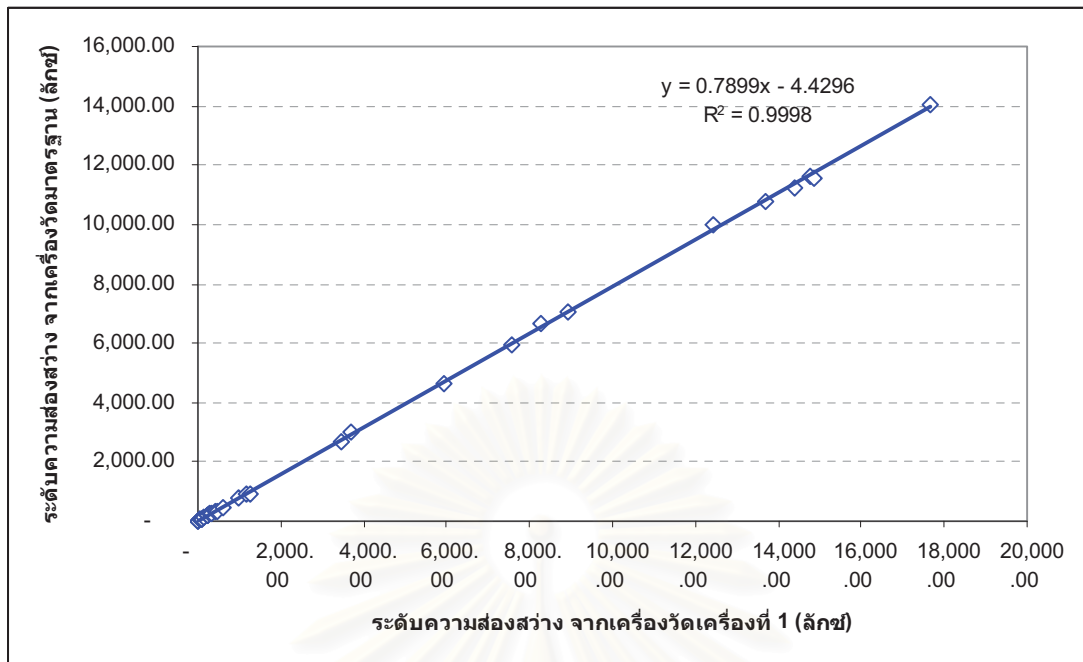
3.2.2.ทำการวัดระดับความส่องสว่าง โดยทำการวัดพร้อมกันทั้ง 6 ตัว ในเวลาเดียวกัน และตำแหน่งเดียวกัน โดยทำการวัดระดับความส่องสว่างตั้งแต่บริเวณที่มีระดับความส่องสว่างต่ำ ไปยังบริเวณที่มีระดับความส่องสว่างสูง โดยหลีกเลี่ยงรังสีอาทิตย์ตรง ทำการบันทึกข้อมูลดังที่แสดงในตารางที่ 3-1 โดยทำการทดสอบไม่น้อยกว่า 30 ครั้ง

3.2.3. นำข้อมูลที่ได้มาหาสมการปรับแก้ของอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วยวิธีสมการถดถอย (regression) เพื่อสร้างสมการปรับแก้ของอุปกรณ์แต่ละตัว

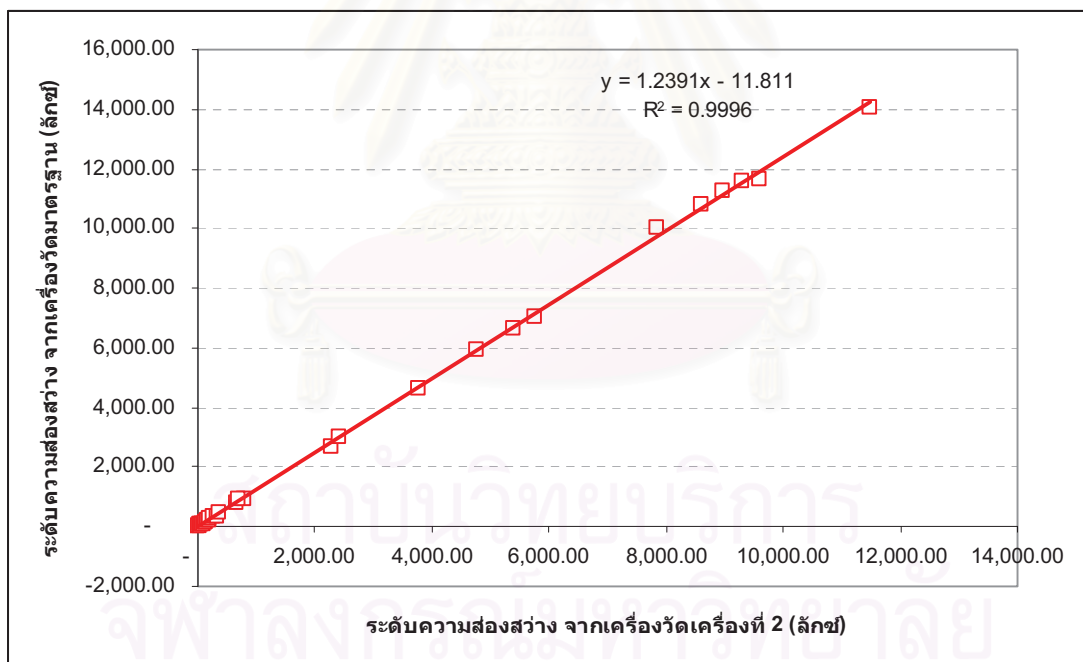
3.2.4. การเก็บข้อมูลจริงของอุปกรณ์แต่ละตัว ต้องนำสมการของอุปกรณ์มาปรับค่าก่อนนำมาใช้งาน เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล

ตารางที่ 3-1 ข้อมูลการวัดระดับความส่องสว่างของอุปกรณ์สำหรับสอบเทียบอุปกรณ์

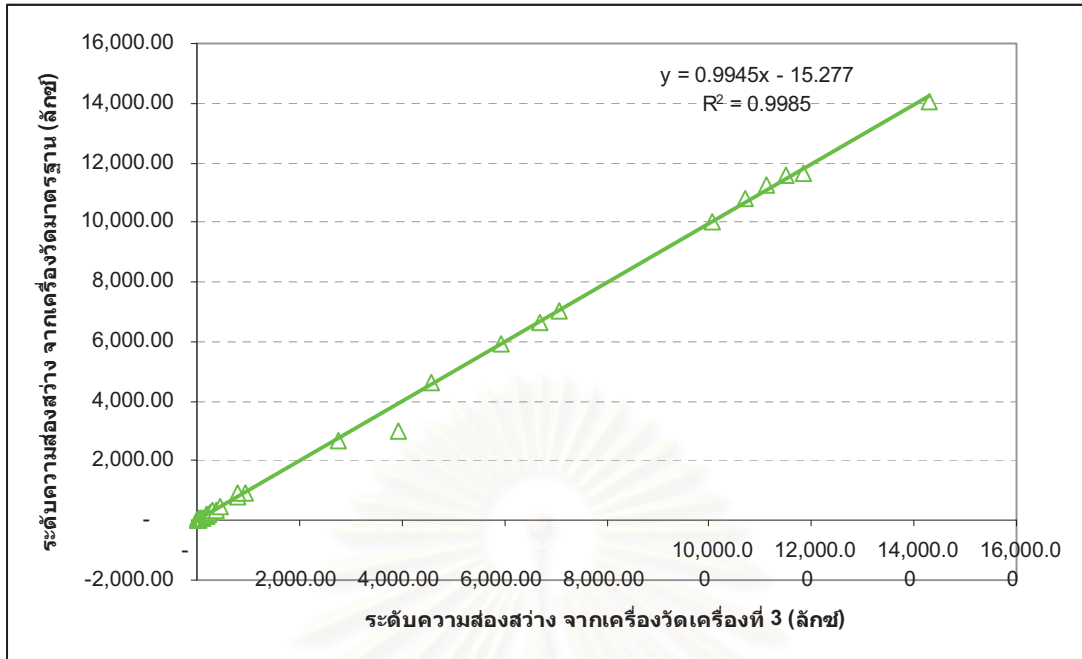
ตำแหน่ง	ระดับความส่องสว่าง (ลักซ์)						ระดับความส่องสว่างเฉลี่ย
	เครื่องมือวัดระดับความส่องสว่าง รหัส						
	945640	944668	205907	205910	207929	205908	
1	6.50	4.20	4.70	4.50	4.60	4.50	4.83
2	9.60	6.50	7.30	6.80	7.00	6.60	7.30
3	57.70	37.50	42.70	41.10	41.80	41.20	43.67
4	68.60	44.40	50.80	50.20	50.10	49.90	52.33
5	92.00	60.90	69.60	67.00	66.60	65.60	70.28
6	105.40	68.80	80.00	77.60	78.40	77.80	81.33
7	135.00	88.70	102.20	105.10	92.40	95.90	103.22
8	220.00	146.90	170.70	169.10	157.60	159.70	170.67
9	224.00	147.70	176.90	170.50	164.00	166.00	174.85
10	228.00	151.20	173.80	169.00	175.10	166.80	177.32
11	300.00	198.00	221.00	219.00	222.00	215.00	229.17
12	327.00	213.00	257.00	255.00	248.00	241.00	256.83
13	437.00	272.00	320.00	326.00	329.00	323.00	334.50
14	463.00	322.00	361.00	341.00	318.00	330.00	355.83
15	608.00	372.00	442.00	448.00	451.00	435.00	459.33
16	1,002.00	668.00	787.00	754.00	777.00	707.00	782.50
17	1,173.00	805.00	930.00	892.00	917.00	852.00	928.17
18	1,285.00	708.00	810.00	816.00	861.00	881.00	893.50
19	3,440.00	2,300.00	2,750.00	2,640.00	2,640.00	2,470.00	2,706.67
20	3,670.00	2,430.00	3,930.00	2,810.00	2,740.00	2,560.00	3,023.33
21	5,950.00	3,770.00	4,590.00	4,600.00	4,590.00	4,410.00	4,651.67
22	7,580.00	4,780.00	5,930.00	5,930.00	5,810.00	5,610.00	5,940.00
23	8,280.00	5,410.00	6,690.00	6,650.00	6,530.00	6,310.00	6,645.00
24	8,930.00	5,750.00	7,070.00	6,960.00	6,920.00	6,670.00	7,050.00
25	12,410.00	7,840.00	10,070.00	10,110.00	10,130.00	9,510.00	10,011.67
26	13,710.00	8,610.00	10,690.00	10,720.00	10,680.00	10,220.00	10,771.67
27	14,400.00	8,980.00	11,130.00	11,110.00	11,210.00	10,730.00	11,260.00
28	14,770.00	9,600.00	11,830.00	11,470.00	11,350.00	10,920.00	11,656.67
29	14,840.00	9,300.00	11,480.00	11,380.00	11,390.00	11,070.00	11,576.67
30	17,670.00	11,490.00	14,310.00	13,840.00	13,680.00	13,130.00	14,020.00



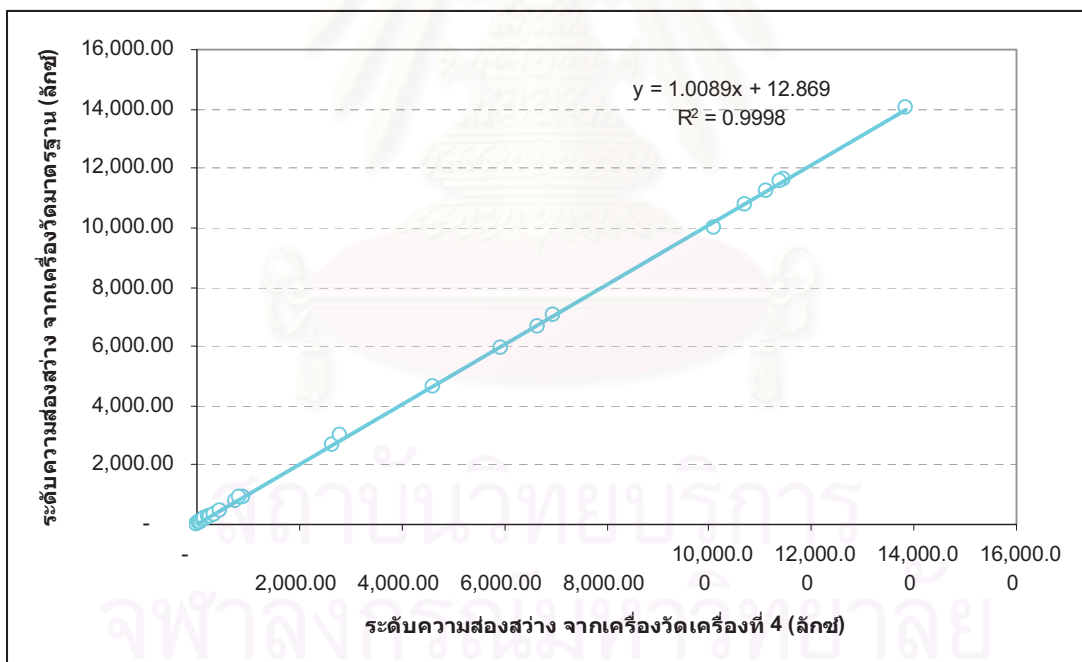
แผนภูมิที่ 3-1 ระดับความส่องสว่างของเครื่องวัดระดับความส่องสว่าง เครื่องที่ 1 เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน



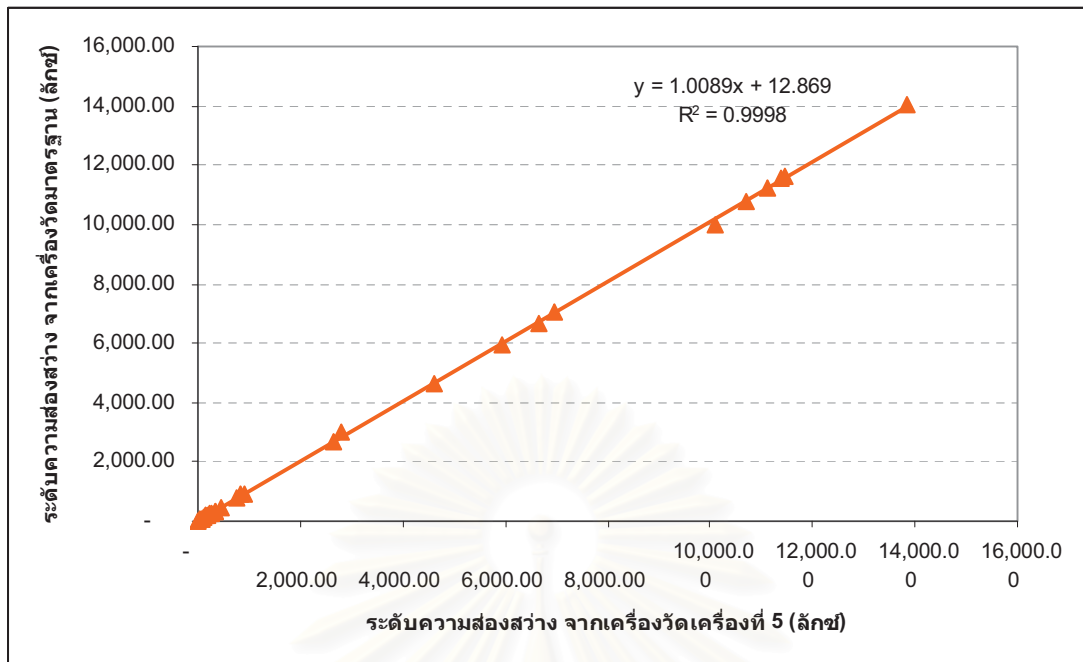
แผนภูมิที่ 3-2 ระดับความส่องสว่างของเครื่องวัดระดับความส่องสว่าง เครื่องที่ 2 เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน



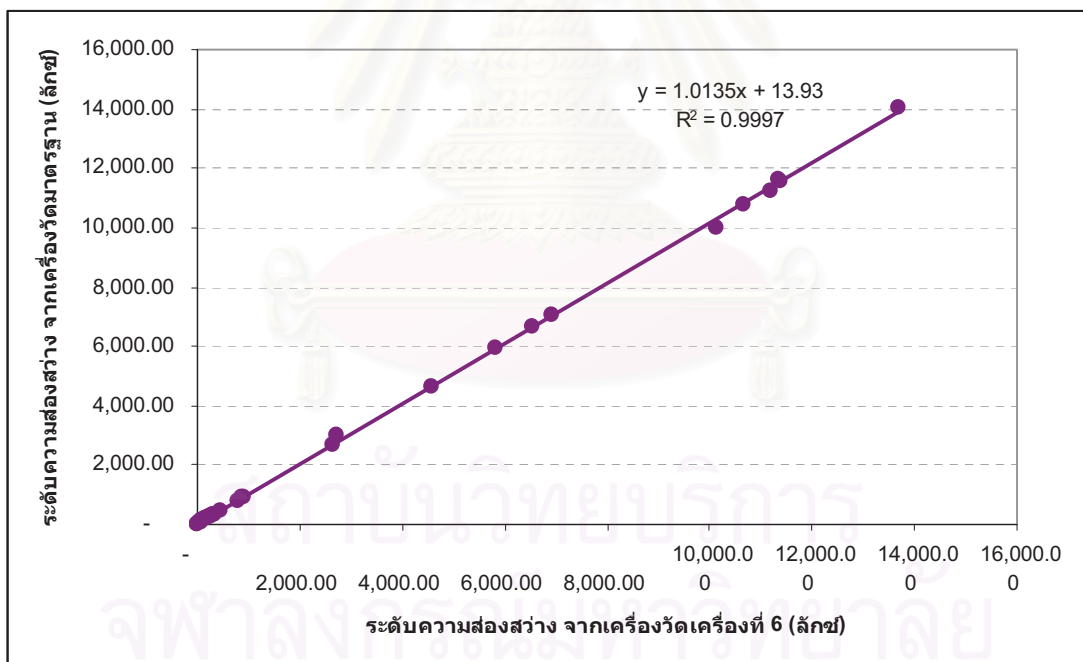
แผนภูมิที่ 3-3 ระดับความส่องสว่างของเครื่องวัดระดับความส่องสว่าง เครื่องที่ 3 เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน



แผนภูมิที่ 3-4 ระดับความส่องสว่างของเครื่องวัดระดับความส่องสว่าง เครื่องที่ 4 เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน



แผนภูมิที่ 3-5 ระดับความส่องสว่างของเครื่องวัดระดับความส่องสว่าง เครื่องที่ 5 เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน



แผนภูมิที่ 3-6 ระดับความส่องสว่างของเครื่องวัดระดับความส่องสว่าง เครื่องที่ 6 เทียบกับเครื่องวัดมาตรฐาน

ตารางที่ 3-2 สมการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์

อุปกรณ์	สมการ
เครื่องวัดระดับความส่องสว่าง เครื่องที่ 1	$Y=0.7899X-4.4296$
เครื่องวัดระดับความส่องสว่าง เครื่องที่ 2	$Y=1.2391X-11.811$
เครื่องวัดระดับความส่องสว่าง เครื่องที่ 3	$Y=0.9945X-15.277$
เครื่องวัดระดับความส่องสว่าง เครื่องที่ 4	$Y=1.0089X+12.869$
เครื่องวัดระดับความส่องสว่าง เครื่องที่ 5	$Y=1.0089X+12.869$
เครื่องวัดระดับความส่องสว่าง เครื่องที่ 6	$Y=1.0135X+13.93$

### 3.3. การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด

ในขั้นตอนนี้เป็นการหาปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในการขจัดความร้อนและความชื้นอันเนื่องมาจากช่องเปิดของอาคารปรับอากาศ ซึ่งหมายถึงพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไป (energy loss) ของช่องเปิด โดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อหาการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารดังนี้

#### 3.3.1. ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

**ตัวแปรต้น (independent variables)** หมายถึงตัวแปรที่มีผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคารจากการถ่ายเทความร้อน

- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของบานกรอบ
- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของบานกระจก
- ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC)
- ค่าความส่องผ่านของแสงที่ตามองเห็น (visible light transmission,  $T_v$ )
- ค่าการรั่วซึมอากาศ (infiltration) ของวัสดุ

**ตัวแปรตาม (dependent variables)** หมายถึง ปริมาณพลังงานที่อาคารต้องใช้ในการปรับอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ ภายในอาคารให้เข้าสู่เขตสบายเชิงอุณหภูมิ (thermal comfort) ซึ่งกำหนดอุณหภูมิภายในอาคารที่ 25.6 องศาเซลเซียส ( 78 องศาฟาเรนไฮต์) และความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 50

- การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศอันเนื่องมาจากช่องเปิด

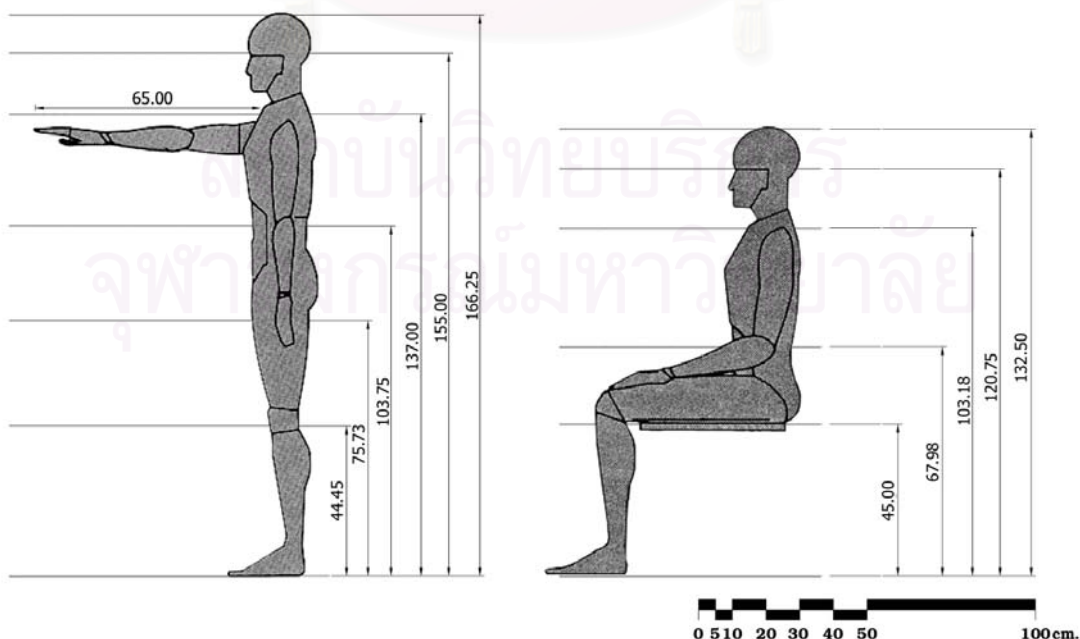
**ตัวแปรควบคุม (controlled variables)** หมายถึงตัวแปรที่ควบคุม ไม่ให้มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศอันเนื่องมาจากช่องเปิด

- ช่วงเวลาการใช้งานของอาคาร กำหนดการใช้งานอาคารระหว่างเวลา 8:00 ถึง 17:00 นาฬิกา หรือ 9 ชั่วโมงต่อวัน
- ขนาดของห้องที่ใช้ในการศึกษา กำหนดขนาดห้องที่ทำการศึกษาที่ กว้าง 4 เมตร ยาว 9.5 เมตร สูง 3 เมตร
- การบังเงาของช่องเปิด กำหนดให้ช่องเปิดที่ทำการศึกษาไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีอาทิตย์ตรง

### 3.3.2. การศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด

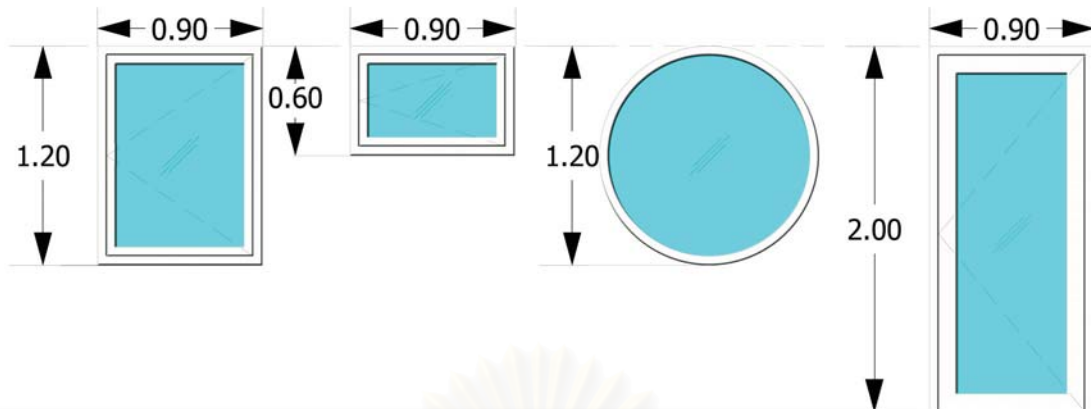
แนวทางการพิจารณาช่องเปิดที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานวิเคราะห์จากระยะการใช้งานของคน (human dimension) โดยศึกษาจากสัดส่วนร่างกายของคนไทยซึ่งอ้างอิงจากการศึกษาของสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม ร่วมกับการพิจารณาขนาดวัสดุสำหรับผลิตช่องเปิด และขนาดช่องเปิดที่ลงตัวกับวัสดุก่อสร้าง ซึ่งสามารถสรุปขนาดช่องเปิดที่เหมาะสมได้ 4 รูปแบบสำหรับเป็นกรณีศึกษาดังนี้

- ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร
- ช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร
- ช่องเปิดกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.20 เมตร
- ช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร



ภาพที่ 3-3 สัดส่วนร่างกายเฉลี่ยของชายไทยอายุระหว่าง 17-49 ปี





ภาพที่ 3-4 ขนาดช่องเปิดที่ใช้ในงานวิจัย

### การถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนทึบของช่องเปิด

การศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนทึบของช่องเปิดคือการถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนบานกรอบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านบานกรอบ (frame conduction) และการรั่วซึมอากาศผ่านช่องเปิด (infiltration) กำหนดวัสดุบานกรอบที่นำมาศึกษา 3 ชนิดคือ บานกรอบไม้ (wood frame) บานกรอบอลูมิเนียม (aluminum frame) และบานกรอบยูพีวีซี (uPVC frame) โดยวัสดุแต่ละชนิดมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) และ อัตราการรั่วซึมอากาศต่อหน่วยความยาวดังที่แสดงในตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 คุณสมบัติของวัสดุของบานกรอบ (Visual DOE, 2004; Stein, Reynolds and Mc Guinness, 1986)

Frame materials	U-Value (W/m <sup>2</sup> K)	U-Value (Btu/h ft <sup>2</sup> F)	Infiltration rate (L/s/m of crack)	Infiltration rate (cfm/ft of crack)
บานกรอบไม้	1.948	0.343	0.236	0.5
บานกรอบ อลูมิเนียม	7.069	1.245	0.094	0.2
บานกรอบยูพีวีซี	1.811	0.319	0.047	0.1

การพิจารณาการรั่วซึมของอากาศทำการวัดความกว้างรอยรั่วร่วมกับข้อมูลจากผู้ผลิต โดยอัตราการรั่วซึมตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ความเร็วลม 3.35 เมตรต่อวินาที (7.5 ไมล์ต่อชั่วโมง) ผลการศึกษาพบว่าช่องเปิดบานกรอบไม้ บานกรอบ

อุณหภูมิเนื้อม และบานกรอบยู่พีวีซีที่มีการรั่วซึมอากาศ 0.236 0.094 และ 0.047 ลิตรต่อวินาทีต่อความยาว 1 เมตรของรอยรั่วตามลำดับ

การพิจารณาการนำความร้อนผ่านบานกรอบช่องเปิดพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ควบคุมไปกับข้อมูลสภาพอากาศกรุงเทพมหานครปี 2550 (อุตุนิยมหาวิทยาลัย, 2551) โดยอาศัยความสัมพันธ์ดังที่แสดงในสมการที่ 3-1 และสมการที่ 3-2

$$Q = U * A * CLTD_c \quad \dots(3-1)$$

$$CLTD_c = (CLTD * LM) * K + (78 - T_r) + (T_o - 85) \quad \dots(3-2)$$

การพิจารณาการรั่วซึมอากาศผ่านบานกรอบช่องเปิดพิจารณาจากอัตราการรั่วซึม (infiltration rate) จากเส้นรอยรั่วของช่องเปิด ควบคุมไปกับข้อมูลสภาพอากาศกรุงเทพมหานครปี 2550 โดยอาศัยความสัมพันธ์ดังที่แสดงในสมการที่ 3-3

$$Q = 4.334 * AL * \Delta h \quad \dots(3-3)$$

### การถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนโปร่งแสงของช่องเปิด

การพิจารณาการถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนโปร่งแสงของช่องเปิดแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือการนำความร้อนผ่านส่วนบานกระจก (glass conduction) และการแผ่รังสีอาทิตย์ผ่านส่วนบานกระจก (glass radiation) กำหนดวัสดุบานกระจกสำหรับใช้เป็นกรณีศึกษา 10 ชนิด คือ กระจกใสหนา 6 มม. (6 mm. clear float glass) กระจกใสหนา 8 มม. (8 mm. clear float glass) กระจกเขียว 6 มม. (6 mm. green tinted glass) กระจกเขียว 8 มม. (8 mm. green tinted glass) กระจกลามิเนตใส 8 มม. (8 mm. clear laminated glass) กระจกลามิเนตเขียว 8 มม. (8 mm. green tinted laminated glass) กระจกใส 2 ชั้น หนา 24 มม. (24 mm. clear double glazing) กระจกเขียว 2 ชั้น หนา 24 มม. (24 mm. green tinted double glazing) กระจกใส 2 ชั้น หนา 32 มม. (32 mm. clear double glazing) กระจกเขียว 2 ชั้น หนา 32 มม. (32 mm. green tinted double glazing) โดยวัสดุแต่ละชนิดมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (shading coefficient, SC) และค่าการส่องผ่านแสงที่ตามองเห็น

(visible light transmission,  $T_v$ ) ดังที่แสดงในตารางที่ 3-4 นำคุณสมบัติของวัสดุ มาศึกษาการใช้พลังงานของอาคารผ่านบานกระจกช่องเปิด

ตารางที่ 3-4 คุณสมบัติของวัสดุของบานกระจก (TGSG, 2550)

Glazing materials	U-Value (W/m <sup>2</sup> K)	U-Value (Btu/h ft <sup>2</sup> F)	Shading coefficient (SC)	Visible light transmission (LT)
กระจกใส หนา 6 มม.	5.25	0.93	0.95	89
กระจกใส หนา 8 มม.	5.18	0.91	0.92	88
กระจกเขียว หนา 6 มม.	5.25	0.93	0.69	76
กระจกเขียว หนา 8 มม.	5.18	0.91	0.62	70
กระจกใสลามิเนต หนา 8 มม.	5.14	0.91	0.90	88
กระจกเขียวลามิเนต หนา 8 มม.	5.14	0.91	0.72	79
กระจกใส 2 ชั้น หนา 24 มม.	1.63	0.29	0.53	55
กระจกเขียว 2 ชั้น หนา 24 มม.	1.63	0.29	0.47	46
กระจกใส 2 ชั้น หนา 32 มม.	1.61	0.28	0.46	51
กระจกเขียว 2 ชั้น หนา 32 มม.	1.61	0.28	0.33	44

การพิจารณาการนำความร้อนผ่านบานกระจกช่องเปิดทำการพิจารณา จากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ควบคู่ไปกับข้อมูลสภาพอากาศ กรุงเทพมหานครปี 2550 โดยอาศัยความสัมพันธ์ในสมการที่ 3-4 และสมการที่ 3-5

$$Q = U * A * CLTD_c \quad \dots(3-4)$$

$$CLTD_c = (CLTD) + (78 - T_r) + (T_o - 85) \quad \dots(3-5)$$

การพิจารณาการแผ่รังสีความร้อนผ่านบานกระจกช่องเปิด พิจารณาโดยใช้ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ควบคู่ไปกับข้อมูลสภาพอากาศกรุงเทพมหานครปี 2550 โดยไม่คำนึงถึงผลกระทบจากมวลสารของอาคาร มีความสัมพันธ์ดังที่แสดง ในสมการที่ 3-6

$$Q = A * SC * I_d \quad \dots(3-6)$$

### 3.3.3. การศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด

การศึกษาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารพิจารณาโดยตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ช่วงเวลาในการใช้งานอาคารระหว่าง 8:00-17:00 นาฬิกา อันเป็นช่วงเวลาทำงาน การพิจารณาอาศัยผลที่ได้จากการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดแปลงเป็นภาระการทำความเย็น (cooling load) อันเนื่องมาจากช่องเปิดซึ่งเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ระบบปรับอากาศใช้ในการปรับอากาศ ดังที่แสดงสมการที่ 3-7 โดยกำหนดระบบปรับอากาศที่ใช้ในการวิจัยเป็นระบบปรับอากาศที่มีระดับประสิทธิภาพตามมาตรฐานฉลากประหยัดพลังงานระดับ 5 มีค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น (COP) อย่างน้อย 3.1 (สุนทร บุญญาริการ, 2545)

$$\text{Energy(Watt)} = \frac{\text{Cooling load(Watt)}}{\text{COP}} \quad \dots(3-7)$$

### 3.4. การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานที่ได้รับจากการใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด เทียบเท่ากับพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแสงประดิษฐ์

ในขั้นตอนนี้เป็นการหาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแสงธรรมชาติ โดยพิจารณาพลังงานที่สามารถลดได้จากไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ อีกนัยหนึ่งเปรียบเสมือนพลังงานที่ได้รับ (energy gain) จากช่องเปิด โดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ สำหรับวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารดังนี้

#### 3.4.1. ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

**ตัวแปรต้น (independent variables)** หมายถึงตัวแปรที่มีผลต่อการลดการใช้พลังงานภายในอาคารจากแสงธรรมชาติ

- ค่าความส่องผ่านของแสงที่ตามองเห็น (visible light transmission ,  $T_v$ )
- ระดับการติดตั้งช่องเปิดในการวิจัยกำหนดระดับการติดตั้งช่องเปิดใน 3 ระดับคือ ระดับล่าง ระดับกลาง และระดับบน
- ขนาดช่องเปิด ในงานวิจัยนี้ได้เลือกขนาดช่องเปิดขนาดกว้าง 0.90x1.20 ม. ช่องเปิด 0.90x0.60 ม. ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.20 ม. และช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 ม. ดังภาพที่ 3-3

**ตัวแปรตาม (dependent variables)** หมายถึง ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่อาคารสามารถลดการใช้แสงประดิษฐ์จากการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร โดยกำหนด

ระดับความส่องสว่างสำหรับการใช้งานบนระนาบนอนที่ 500 ลักซ์ ระดับโต๊ะทำงาน (working plane) สูง 0.75 เมตรเหนือพื้นห้อง (Kaufman,1981)

- การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างอันเนื่องมาจากช่องเปิด

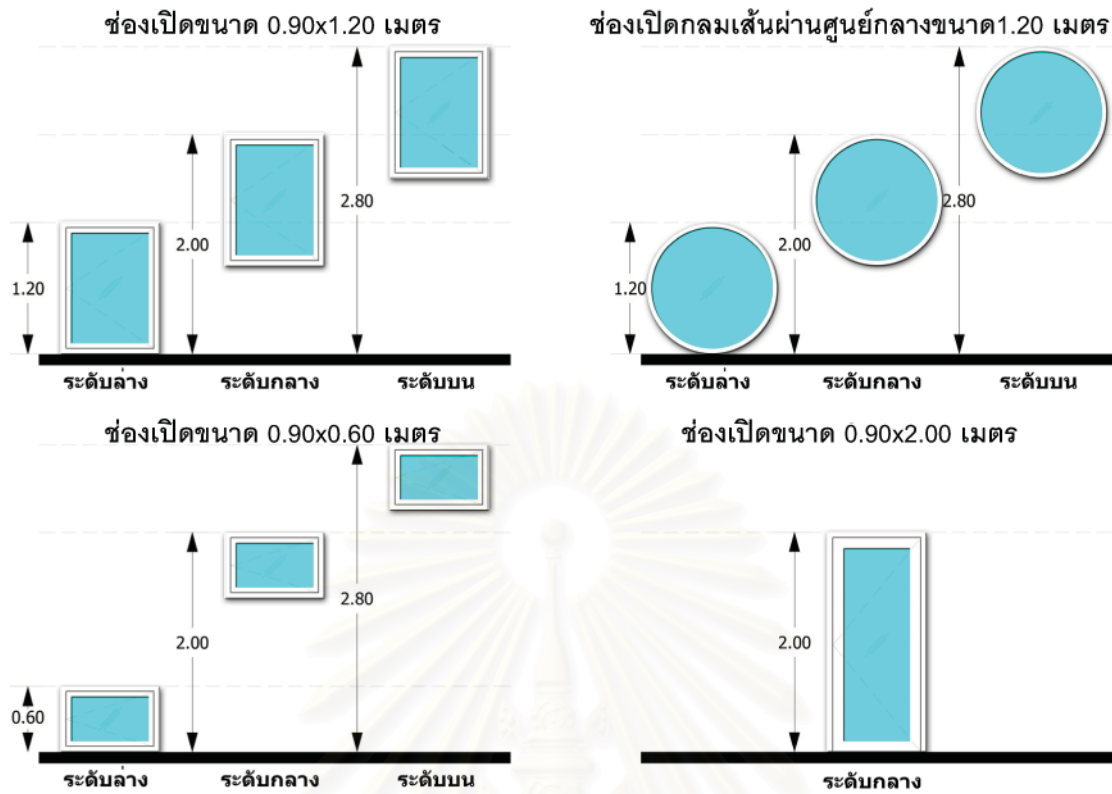
**ตัวแปรควบคุม (controlled variables)** หมายถึงตัวแปรที่ควบคุม ไม่ให้มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างอันเนื่องมาจากช่องเปิด

- ช่วงเวลาการใช้งาน ทำการใช้อาคารระหว่างเวลา 8:00 ถึง 17:00 น. หรือ 9 ชั่วโมงต่อวัน
- ขนาดของห้องที่ใช้ในการศึกษา กำหนดขนาดห้องที่ทำการศึกษาที่ กว้าง 4 เมตร ยาว 9.5 เมตร สูง 3 เมตร
- ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในอาคาร กำหนดค่าการสะท้อนแสงของฝ้า เพดาน ผนัง และพื้น ที่ร้อยละ 80, 50 และ 20 ตามลำดับ
- การบังเงาของช่องเปิด กำหนดให้ช่องเปิดที่ทำการศึกษาไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีตรงของดวงอาทิตย์

### 3.4.2. การศึกษาการใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด

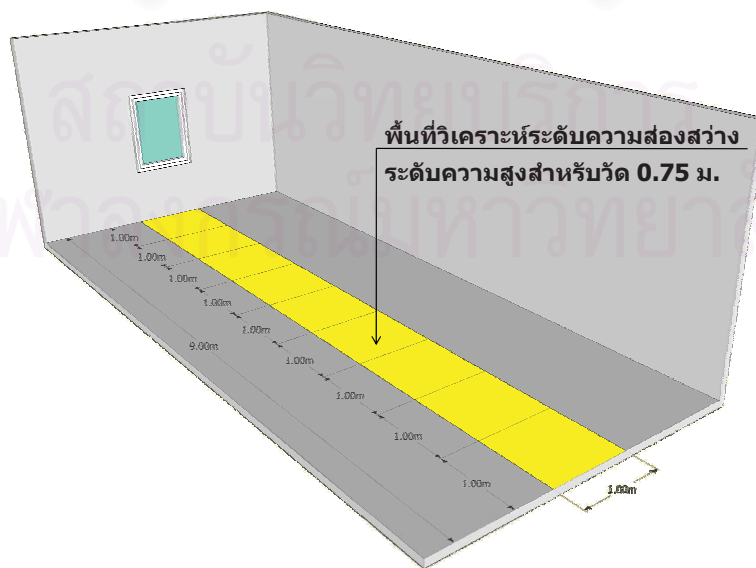
การศึกษาระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดพิจารณาโดยสร้างกล่องทดลองขนาดกว้าง 0.40 เมตร ยาว 0.95 เมตร สูง 0.3 เมตร ดังภาพ 3-2 ผนังด้านหน้าของกล่องทดลองติดตั้งช่องเปิดโดยทำการติดตั้งช่องเปิดใน 3 ระดับดังนี้

- ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร ติดตั้ง 3 ระดับที่ ระดับล่าง ระดับกลาง และระดับสูง ระดับวงกบบนสูงจากพื้น 1.20 ม., 2.00 ม., และ 2.80 ม. ตามลำดับ ดังที่แสดงในภาพที่ 3-5
- ช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร ติดตั้ง 3 ระดับที่ ระดับล่าง ระดับกลาง และระดับสูง ระดับวงกบบนสูงจากพื้น 0.60 ม., 2.00 ม., และ 2.80 ม. ตามลำดับ ดังที่แสดงในภาพที่ 3-5
- ช่องเปิดกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.20 เมตร ติดตั้ง 3 ระดับที่ ระดับล่าง ระดับกลาง และระดับสูง ระดับวงกบบนสูงจากพื้น 1.20 ม., 2.00 ม., และ 2.80 ม. ตามลำดับ ดังที่แสดงในภาพที่ 3-5
- ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร ติดตั้ง 1 ระดับที่ ระดับกลาง ระดับวงกบบนสูงจากพื้น 2.00 ม ดังที่แสดงในภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 .ตำแหน่งติดตั้งช่องเปิดสำหรับวัดระดับความส่องสว่าง

- ทำการวัดระดับความส่องสว่าง (illuminance) ของช่องเปิดในแต่ละกรณี โดยทำการวัดระดับความส่องสว่างที่ระดับความสูง 0.75 ม. (ระดับโต๊ะทำงาน) ดังที่แสดงในภาพที่ 3-6 ทำการหาค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ (daylight factor) ของช่องเปิดในกรณีต่าง ๆ โดยกำหนดการใช้วัสดุบานกระจก และคุณสมบัติดังที่แสดงในตารางที่ 3-4



ภาพที่ 3-6 .ตำแหน่งวัดระดับความส่องสว่าง

- วิเคราะห์ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติของช่องเปิดทุกกรณีเทียบกับระดับความส่องสว่างภายนอกที่ระดับ 20,000 ลักซ์ เพื่อหาระดับความส่องสว่างสำหรับการใช้งานโดยกำหนดความส่องสว่างที่ต้องการที่ 500 ลักซ์ (Kaufman, 1981)

### 3.4.3. การวิเคราะห์การได้รับพลังงานจากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์

- การวิจัยกำหนดช่วงเวลาการใช้งานอาคารระหว่าง 8:00-17:00 นาฬิกา นำผลระดับความส่องสว่างที่ได้มาวิเคราะห์หาพลังงานไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ที่สามารถลดลงจากการใช้แสงธรรมชาติ จากการเปิดช่องเปิดในกรณีต่าง ๆ โดยทำการกำหนดระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์สำหรับอ้างอิงคือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ (T5) รหัส T5-21W เป็นหลอดที่ใช้กำลังไฟฟ้า 21 วัตต์ และมีความสว่างที่ 2100 ลูเมน มีประสิทธิภาพที่ 100 ลูเมนต่อวัตต์

ตารางที่ 3-5 ประสิทธิภาพหลอดไฟ (Eclipse Lighting Inc., 2008)

ชนิดหลอดไฟ	รหัส	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ความสว่าง (ลูเมน)	ประสิทธิภาพ (ลูเมน/วัตต์)
คอมแพคฟลูออเรสเซนต์	TT-18W	18	1150	63.9
คอมแพคฟลูออเรสเซนต์	TT-36W	36	2900	80.6
คอมแพคฟลูออเรสเซนต์	PL-H-60W	60	4000	66.7
คอมแพคฟลูออเรสเซนต์	PL-H-85W	85	6000	70.6
คอมแพคฟลูออเรสเซนต์	PL-H-120W	120	9000	75.0
ฟลูออเรสเซนต์ (T8)	T8-17W	17	1400	82.4
ฟลูออเรสเซนต์ (T8)	T8-25W	25	2225	89.0
ฟลูออเรสเซนต์ (T8)	T8-32W	32	2600	81.3
ฟลูออเรสเซนต์ (T5)	T5-14W	14	1350	96.4
<b>ฟลูออเรสเซนต์ (T5)</b>	<b>T5-21W</b>	<b>21</b>	<b>2100</b>	<b>100.0</b>
ฟลูออเรสเซนต์ (T5)	T5-28W	28	2900	103.6
ฟลูออเรสเซนต์ (T5)	T5HO-54W	54	5000	92.6
ฟลูออเรสเซนต์ (T5)	T5HO-80W	80	7000	87.5

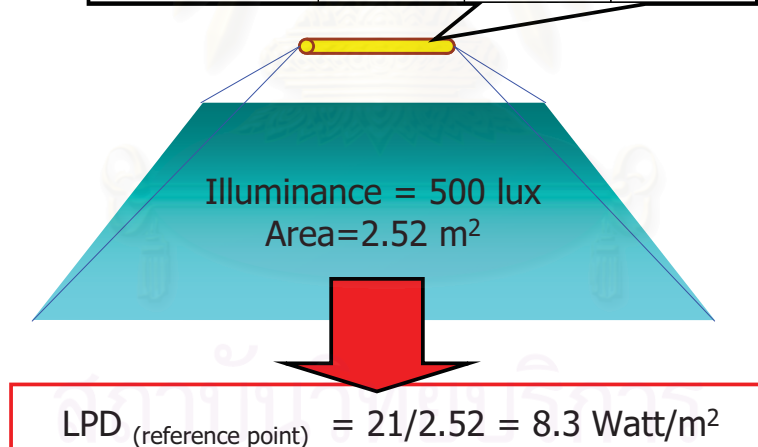
จากแนวทางการหาระดับความส่องสว่างโดยวิธี โซนอล คาวิตี (zonal cavity method) สามารถหาพื้นที่สำหรับหลอดไฟในการให้ระดับความส่องสว่างที่ต้องการที่ 500 ลักซ์ กำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานโดยเฉลี่ยที่ 0.60 และไม่คิดความเสื่อมของหลอดไฟ และความสกปรกของหลอดไฟ

$$A = \left(\frac{L}{E}\right) * CU \dots(3-8)$$

จากสมการที่ 3-8 พบว่าหลอดไฟในกรณีศึกษา 1 หลอดมีประสิทธิภาพในการส่องสว่างที่ระดับโต๊ะทำงานได้อย่างพอเพียงที่ 2.52 ตารางเมตรต่อหลอด ดังนั้นพื้นที่ 1 ตารางเมตรสามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 3-9

$$\text{Lighting energy (Watt / m}^2\text{)} = \left(\frac{\text{Lamp Power (watt)}}{A}\right) \dots(3-9)$$

ชนิดหลอดไฟ	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ความสว่าง (ลูเมน)	ประสิทธิภาพ (ลูเมน/วัตต์)
ฟลูออเรสเซนต์ (T5)	21	2100	100.0



ภาพที่ 3-7 ระดับพลังงานสำหรับไฟฟ้าแสงสว่าง (light power density, LPD) ระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์  
อ้างอิง: หลอดฟลูออเรสเซนต์ (T5)

จากการพิจารณาหลอดไฟในกรณีศึกษามีประสิทธิภาพในการส่องสว่างที่ระดับ 8.3 วัตต์ต่อตารางเมตร โดยค่าดังกล่าวจะเป็นค่าเปรียบเทียบสำหรับการได้รับพลังงานจากแสงธรรมชาติต่อไป อย่างไรก็ตามการวิจัยนี้ได้ปรับลดระดับการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างลงจากพระราชบัญญัติจากการพิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างข้างต้น เนื่องจากพระราชบัญญัติส่งเสริมการ



อนุรักษ์พลังงานกำหนดระดับพลังงานสำหรับไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD) ที่ 14 วัตต์ ต่อตารางเมตร ดังนั้นหากพิจารณาตามข้อกำหนดของพระราชบัญญัติ ค่าพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับเทียบเท่ากับแสงธรรมชาติจะสูงกว่าค่าที่กำหนดในงานวิจัยฉบับนี้

### 3.5. การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าจากภาระการทำความเย็นของช่องเปิดและการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงประดิษฐ์จากการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ

การพิจารณาทำการเปรียบเทียบพลังงานที่ได้รับจากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ของช่องเปิดที่ตำแหน่ง และวัสดุช่องเปิดต่าง ๆ กับพลังงานที่ใช้เพื่อขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด โดยเปรียบเทียบช่องเปิดในกรณีต่าง ๆ ดังนี้

- เปรียบเทียบพลังงานจากความแตกต่างของวัสดุบานกรอบช่องเปิด
- เปรียบเทียบพลังงานจากความแตกต่างของวัสดุบานกระจกของช่องเปิด
- เปรียบเทียบพลังงานของรูปแบบหน้าต่างต่อตารางเมตรของช่องเปิด

การพิจารณาประสิทธิภาพของช่องเปิดอาศัยข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าอันเนื่องมาจากช่องเปิดและการได้รับพลังงานไฟฟ้าจากการใช้แสงธรรมชาติทดแทนแสงประดิษฐ์เพื่อหาพลังงานไฟฟ้าสุทธิซึ่งหมายถึงผลต่างของพลังงานที่สามารถลดได้จากไฟฟ้าแสงประดิษฐ์จากการใช้แสงธรรมชาติกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิดดังที่แสดงในสมการที่ 3-10 และวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติเพื่อหาระดับของมาตรฐาน (scale) เพื่อกำหนดระดับประสิทธิภาพช่องเปิดสำหรับอ้างอิงในการพัฒนารูปแบบช่องเปิดที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นต่อไป

$$E_{net} = E_{daylight} - E_{heat} \dots(3-10)$$

### 3.6. การเสนอช่องเปิดต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น

การพิจารณาขนาดช่องเปิดที่เหมาะสมใช้ข้อมูลจากพลังงานสุทธิของช่องเปิดโดยพิจารณาช่องเปิดที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้นดังนี้

- ขนาดที่เหมาะสมสำหรับช่องเปิด
- วัสดุช่องเปิดที่เหมาะสม
- ตำแหน่งติดตั้งช่องเปิดที่เหมาะสม

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 4.1. การศึกษาเพื่อการใช้พลังงานผ่านช่องเปิด

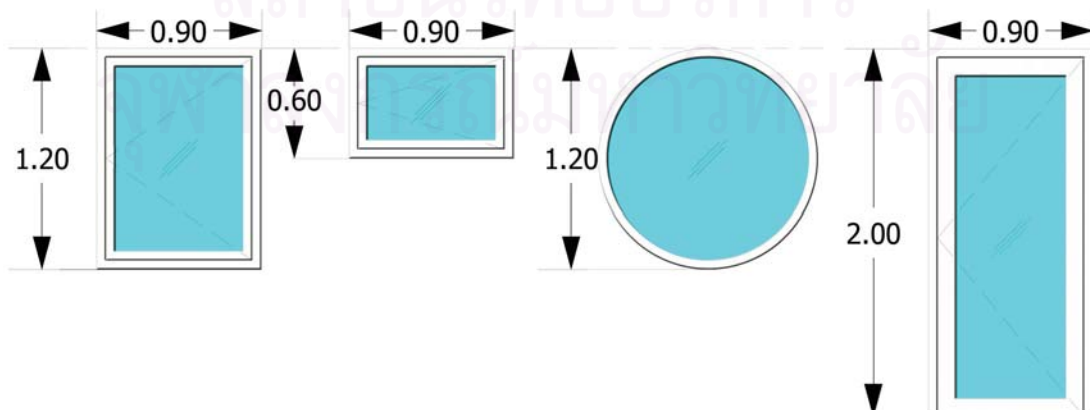
การวิจัยแบ่งขั้นตอนการศึกษาการใช้พลังงานสำหรับสร้างช่องเปิดต้นแบบที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน ออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

- ส่วนที่ 1. การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด
- ส่วนที่ 2. การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานที่ได้รับจากการใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดเทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงได้จากแสงประดิษฐ์
- ส่วนที่ 3. การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าจากภาระการทำความเย็นของช่องเปิด และการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงประดิษฐ์จากการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ
- ส่วนที่ 4. เสนอช่องเปิดต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น

##### 4.1.1. การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด

การศึกษาส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศในการกำจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ช่องเปิดสำหรับศึกษามี 4 รูปแบบดังนี้

- ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร
- ช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร
- ช่องเปิดกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.60 เมตร
- ช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร



รูปที่ 4-1 ช่องเปิดที่เลือกใช้เป็นกรณีศึกษา

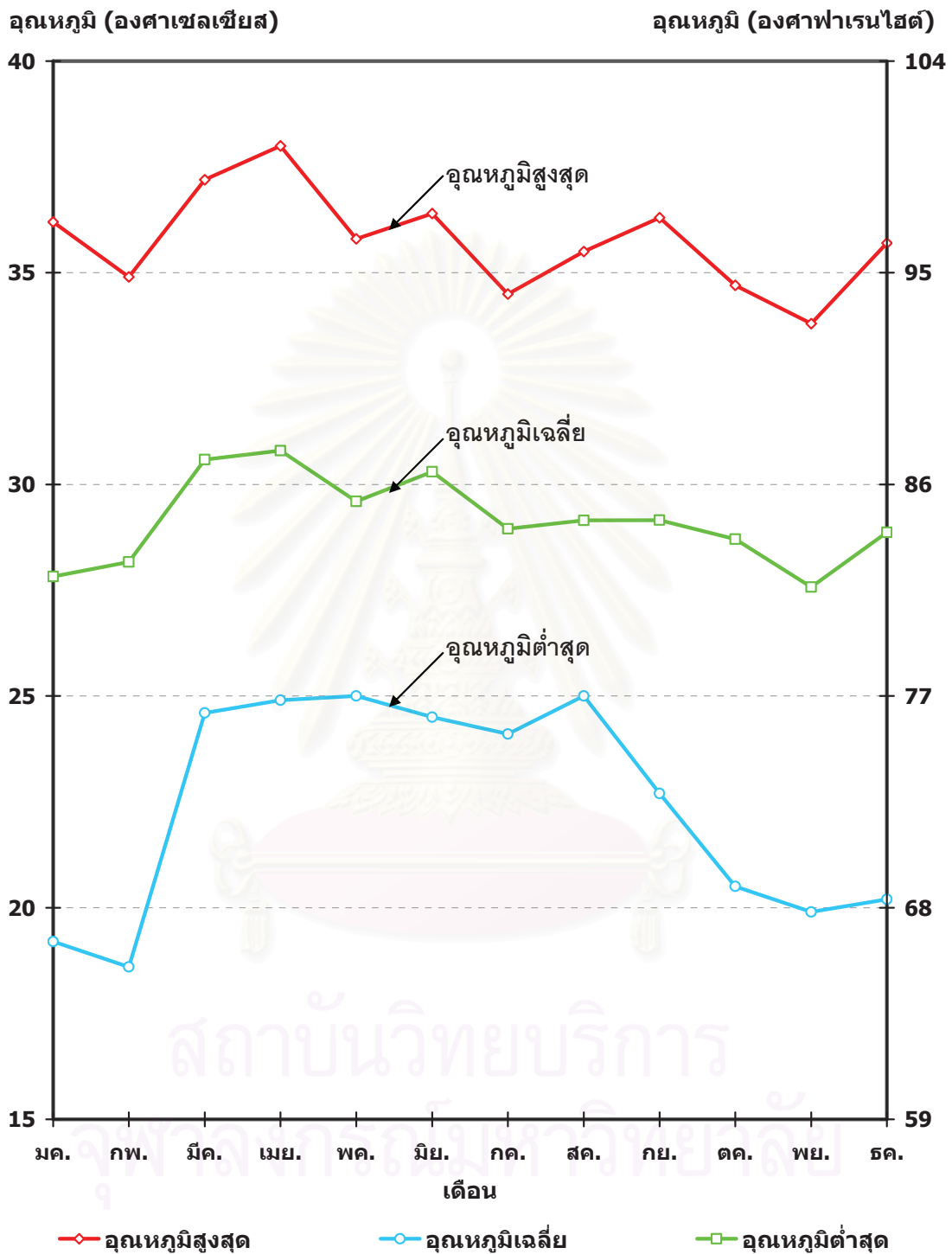
การศึกษาการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดแบ่งการพิจารณาจากวัสดุช่องเปิด โดยแบ่งส่วนวัสดุช่องเปิดออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนวัสดุบานกรอบ และส่วนวัสดุบานกระจก

การถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุบานกรอบ มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน 2 ด้านคือ การนำความร้อนผ่านบานกรอบ และการรั่วซึมอากาศ และการถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนบานกระจก มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน 2 ด้านคือ การนำความร้อนผ่านบานกระจก และการแผ่รังสีความร้อนผ่านบานกระจก ซึ่งสามารถสรุปการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดได้ดังนี้

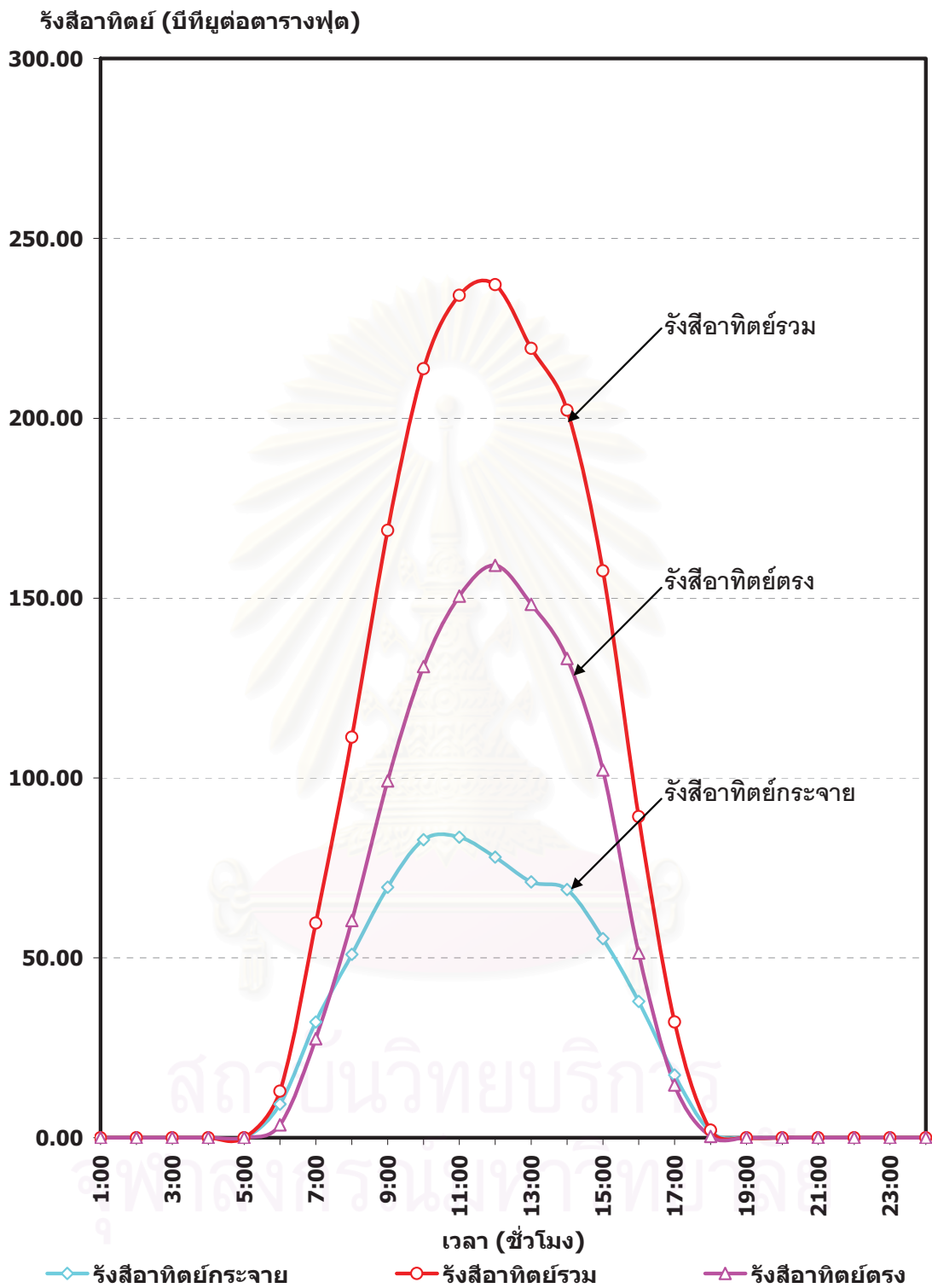
- การนำความร้อนผ่านส่วนบานกรอบ (frame conduction)
- การนำความร้อนผ่านส่วนบานกระจก (glass conduction)
- การแผ่รังสีความร้อนอาทิตย์ผ่านส่วนบานกระจก (glass radiation)
- การรั่วซึมอากาศ (infiltration)

การวิจัยเลือกข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานครปี 2550 เป็นข้อมูลสำหรับทำการศึกษาเนื่องจากเป็นข้อมูลสภาพอากาศที่ใหม่ที่สุดซึ่งมีความใกล้เคียงกับสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันที่สุด จากการพิจารณาข้อมูลสภาพอากาศกรุงเทพมหานครปี 2550 ในส่วนอุณหภูมิอากาศพบว่าเดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย (average temperature) และอุณหภูมิอากาศสูงสุด (maximum temperature) สูงที่สุดในรอบปี โดยมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่ 30.80 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดที่ 38.0 องศาเซลเซียส ปริมาณรังสีอาทิตย์ของช่องเปิด แสดงว่าเดือนเมษายนเป็นเดือนที่ภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากช่องเปิดสูงสุดซึ่งเหมาะสมสำหรับการพิจารณาประสิทธิภาพของช่องเปิด ดังนั้นการวิจัยจึงเลือกเดือนเมษายนเป็นกรณีศึกษา

สถาบันวิจัยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

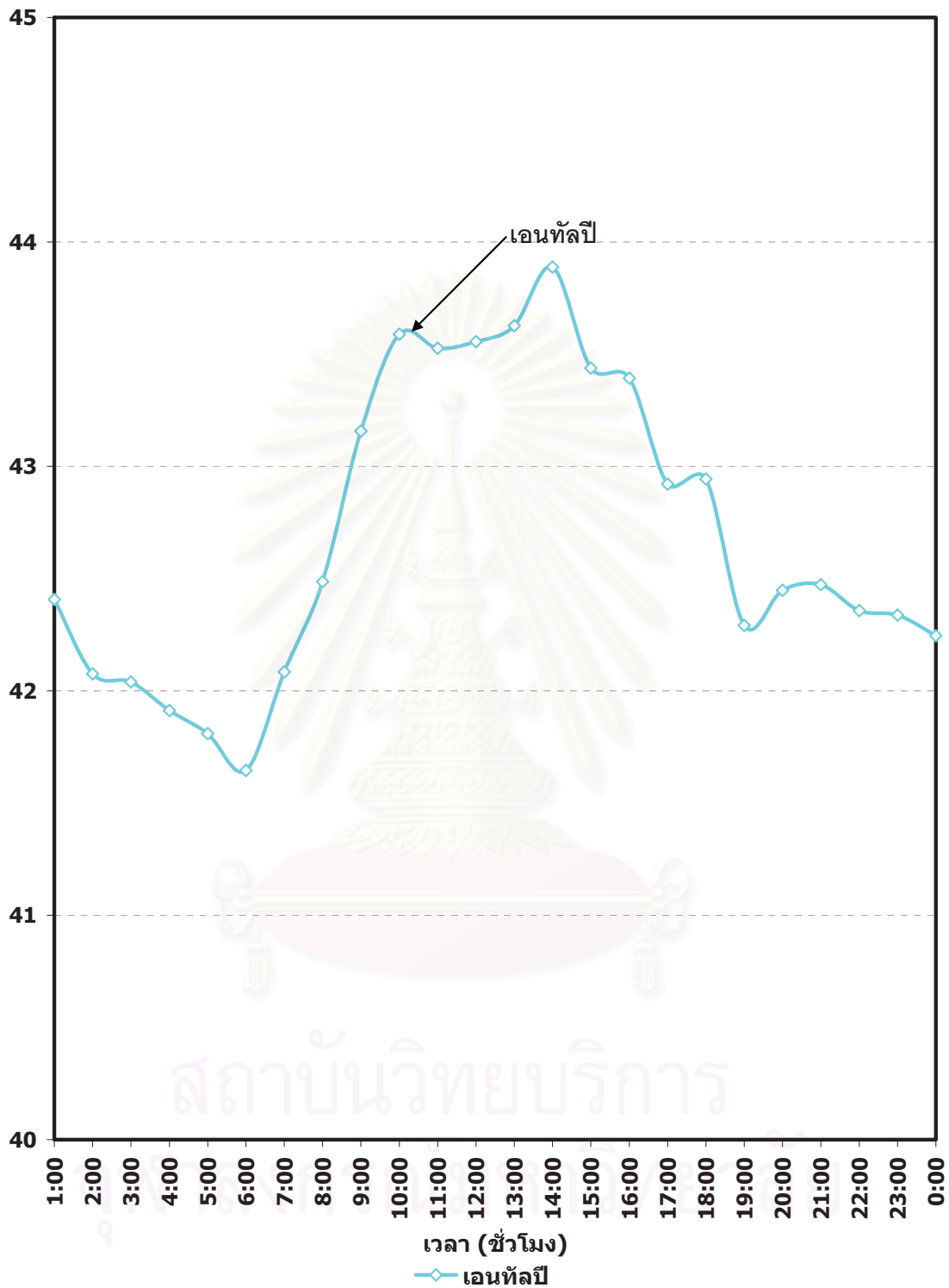


แผนภูมิที่ 4-1 อุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุด และเฉลี่ย ของกรุงเทพมหานคร ปี 2550 (อุตุนิยมหาวิทยาลัย, 2551)



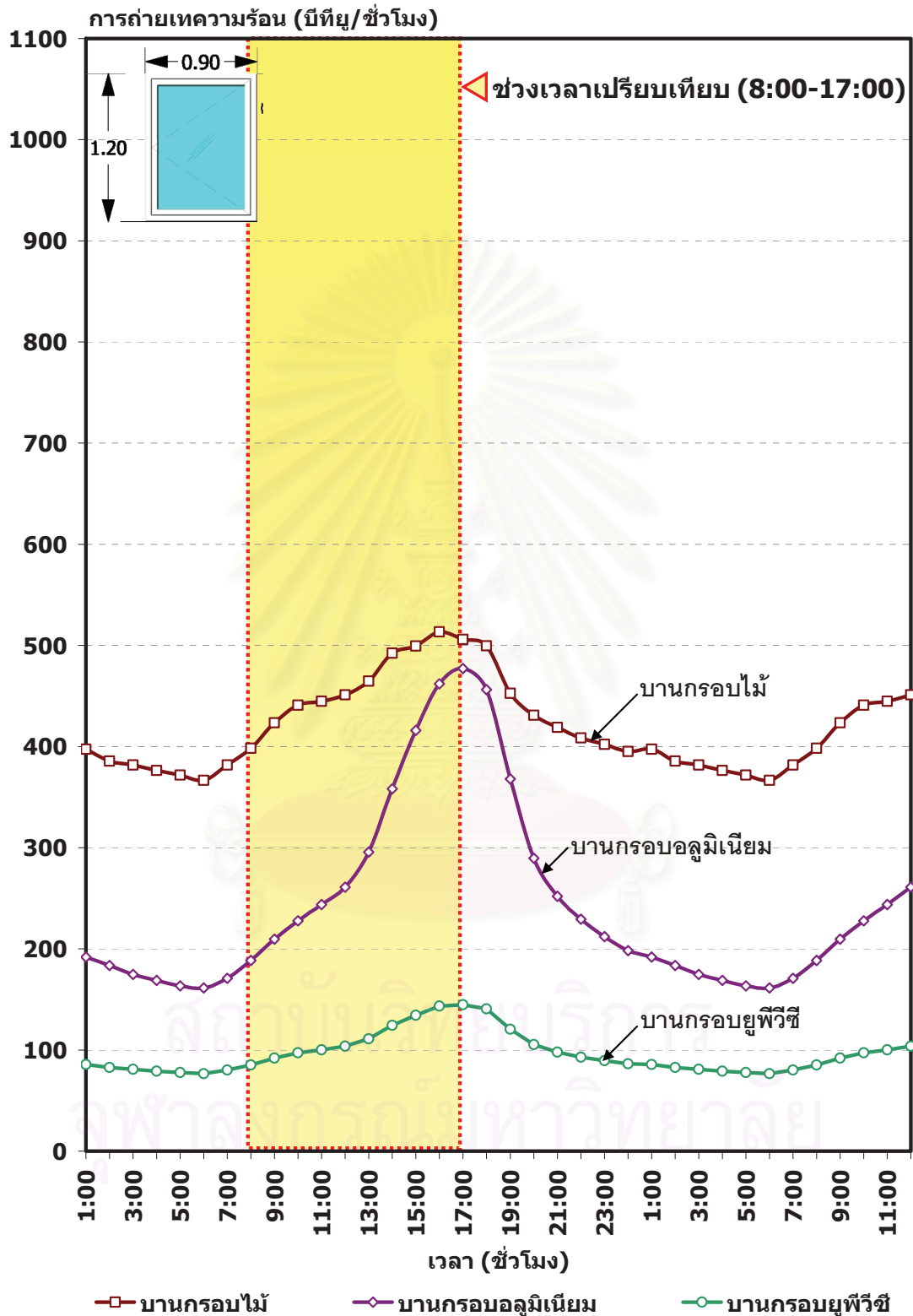
แผนภูมิที่ 4-2 ปริมาณรังสีอาทิตย์ของกรุงเทพมหานคร เดือนเมษายน ปี 2550 (อุตุนิยมวิทยา, 2551)

### เอนทัลปี (บิเฑย/ปอนดขงอากาศแหนง)

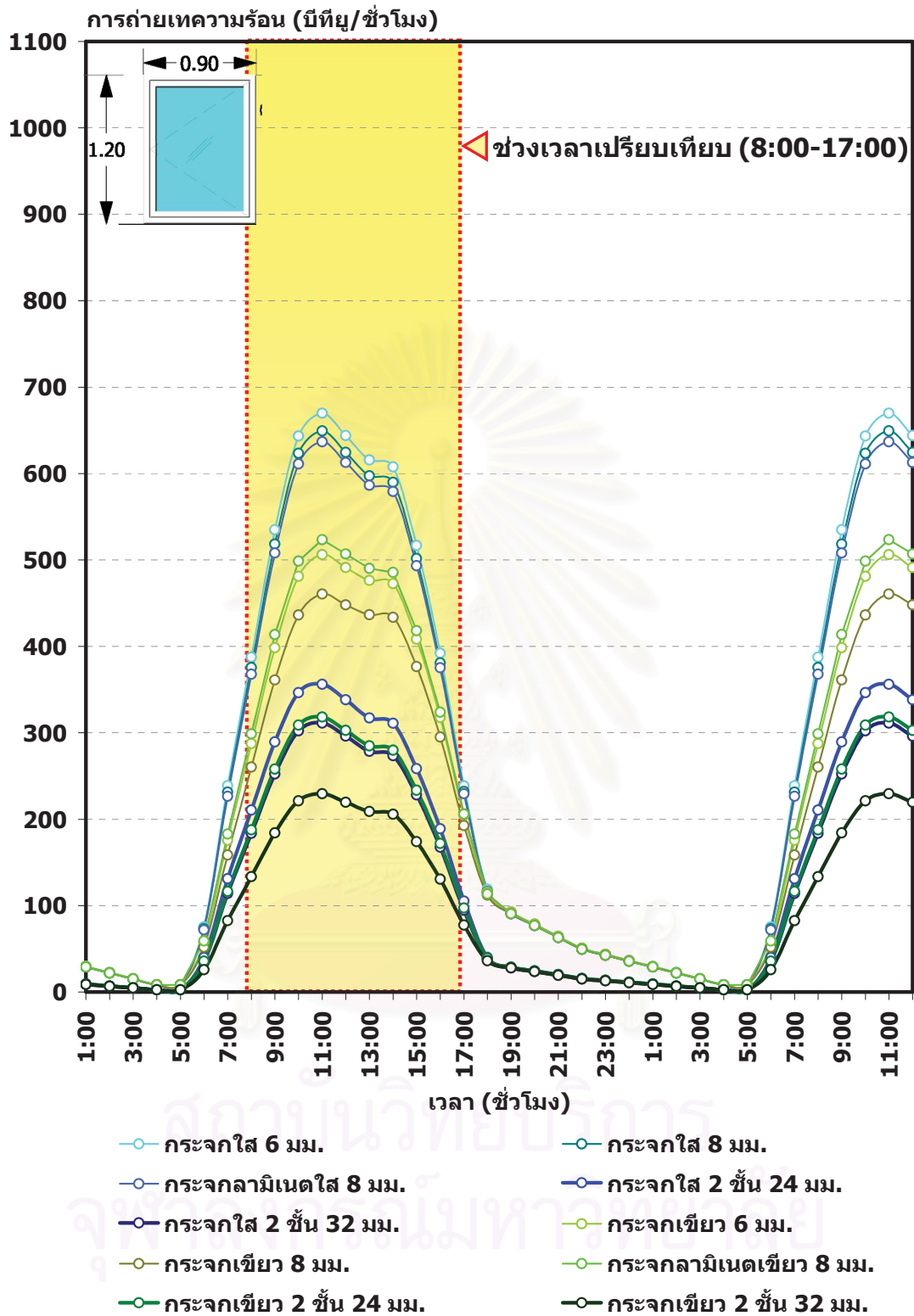


แผนภูมิที่ 4-3 เอนทัลปีของกรุงเทพมหานคร เดือนเมษายน ปี 2550 (อุตุนิยมวิทยา, 2551)

การถ่ายเทความร้อน ความชื้น และการใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อนห้อง  
เปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร

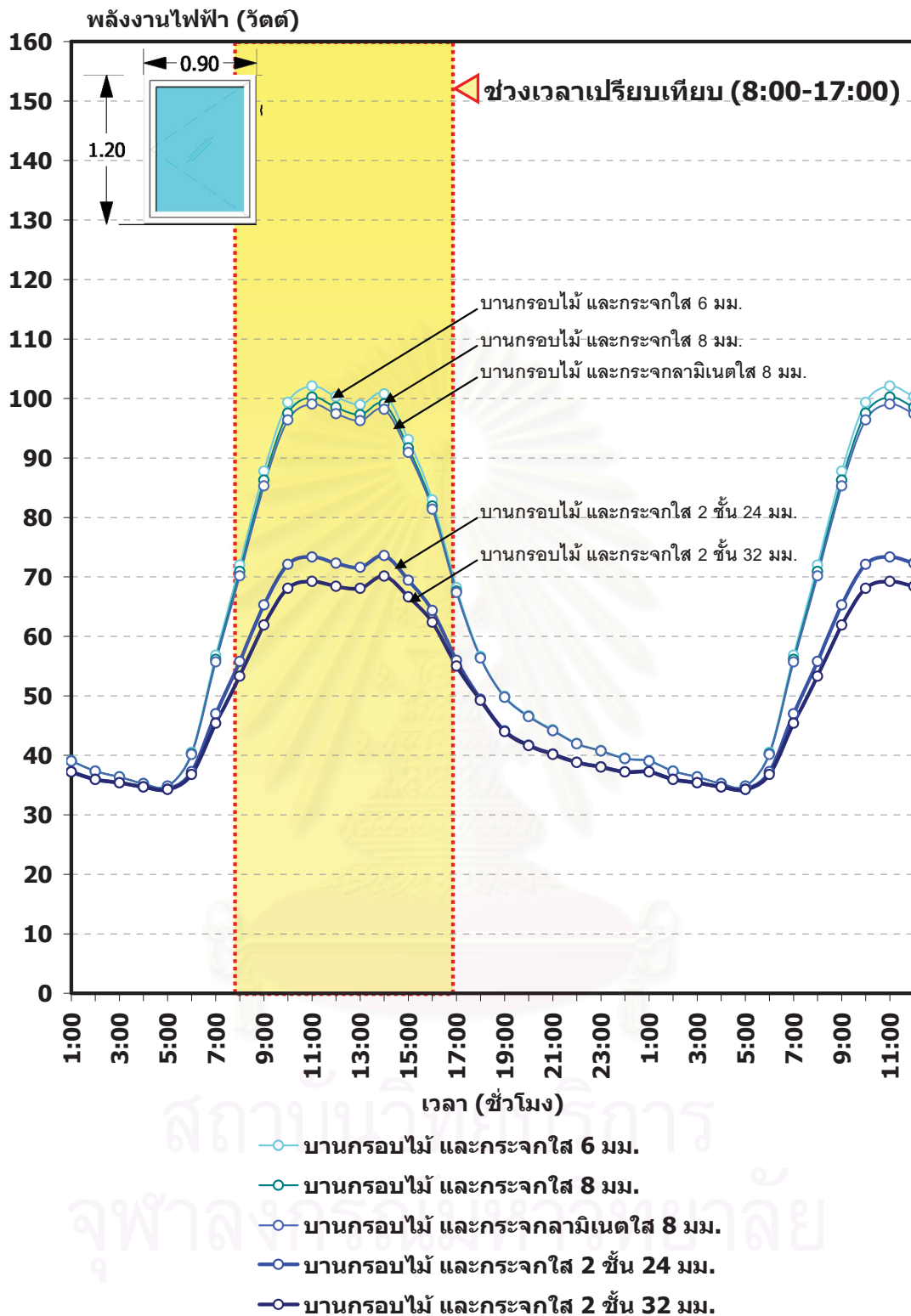


แผนภูมิที่ 4-4 การถ่ายเทความร้อน ความชื้นผ่านบานกรอบ ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร  
ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550

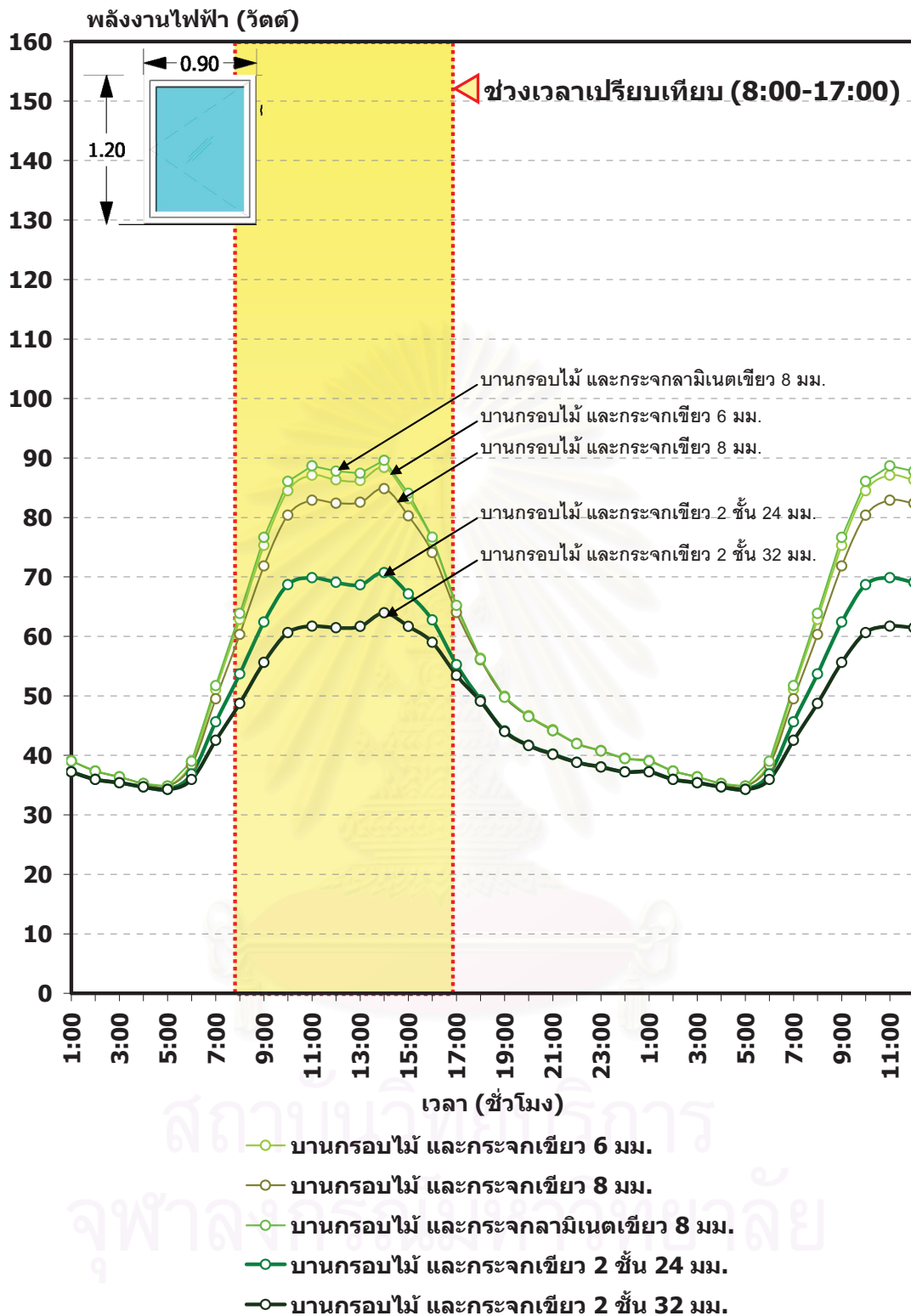


แผนภูมิที่ 4-5 การถ่ายเทความร้อน ผ่านบานกระจก ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550

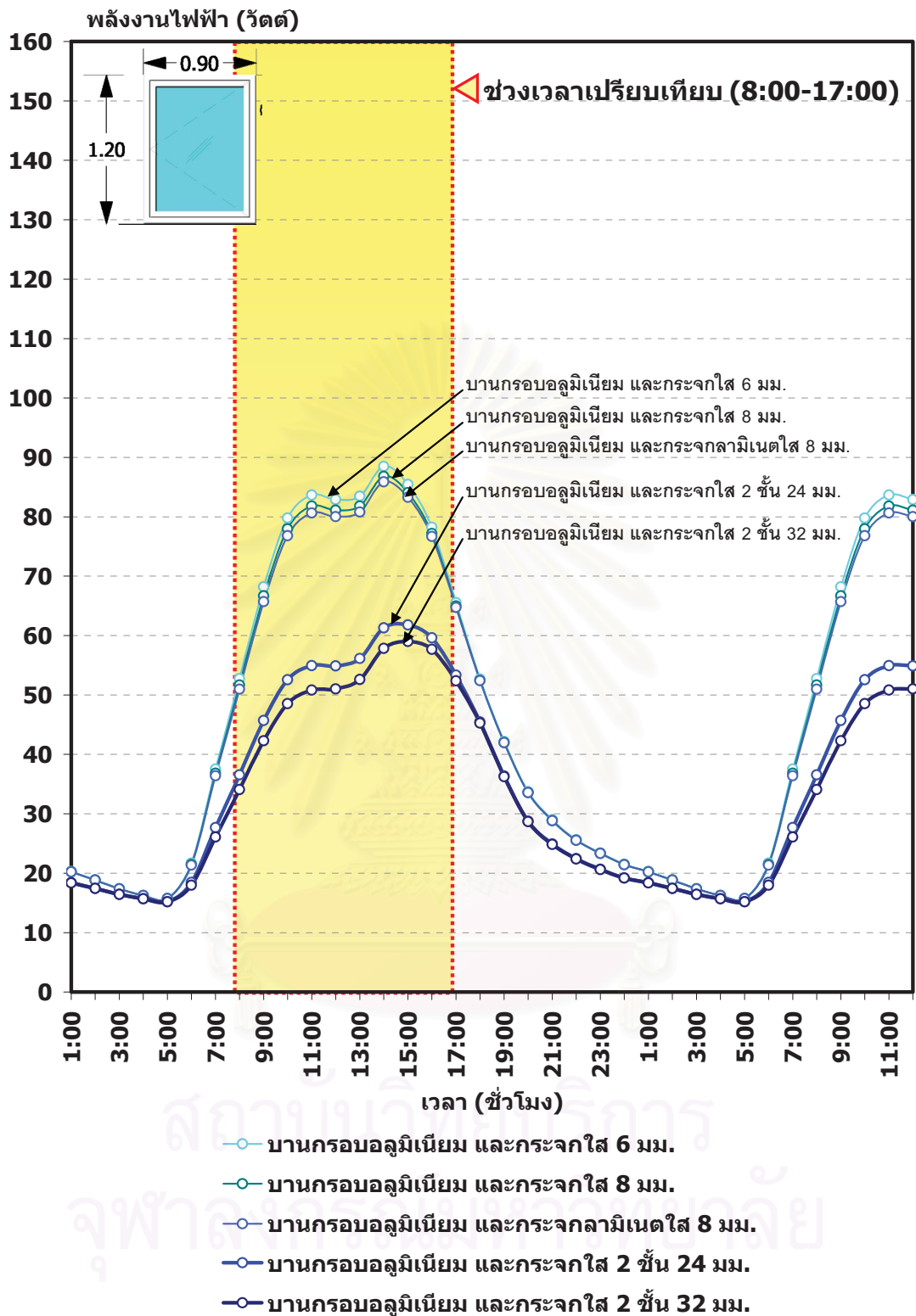




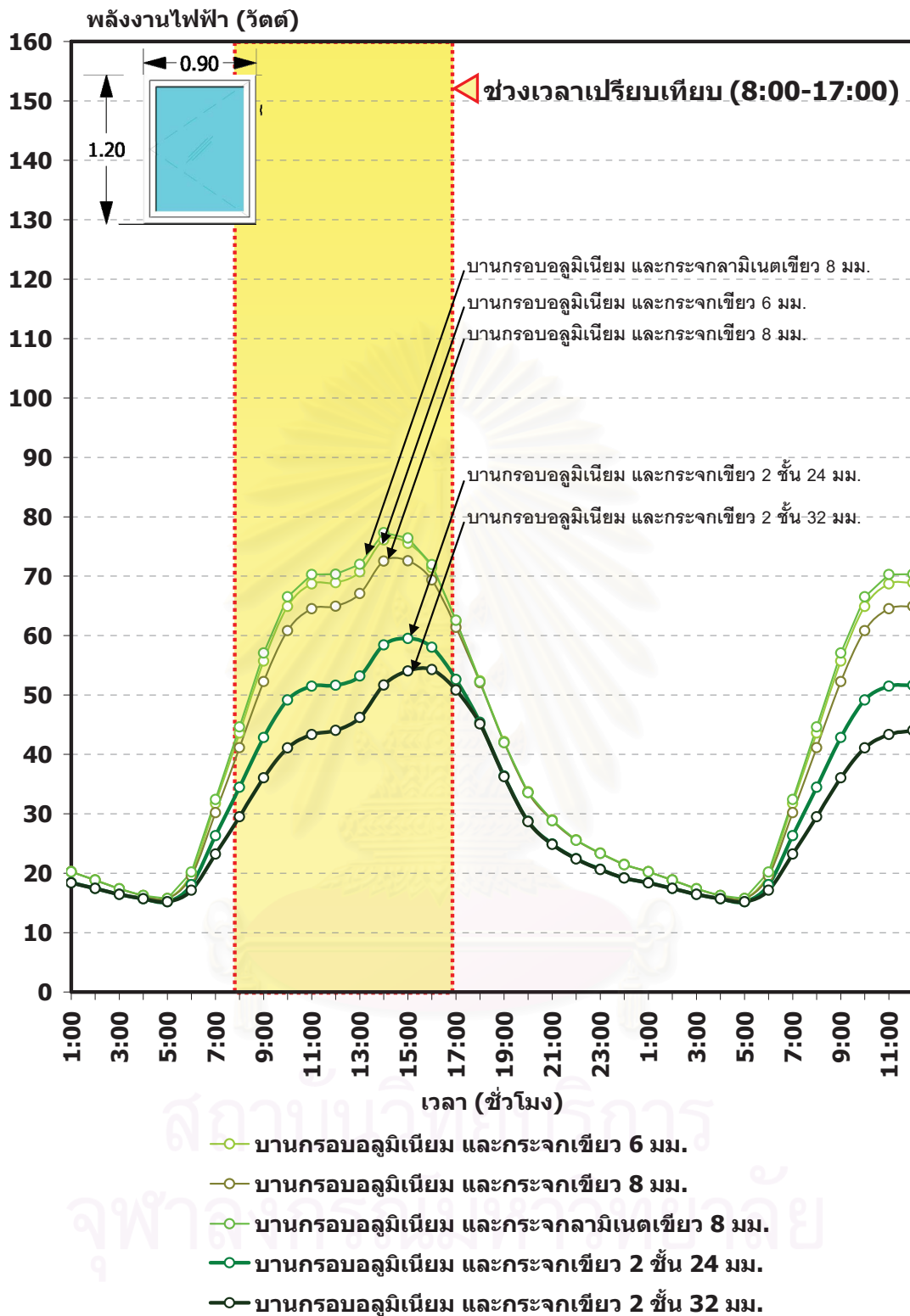
แผนภูมิที่ 4-6 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบไม้ และกระจกใสชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



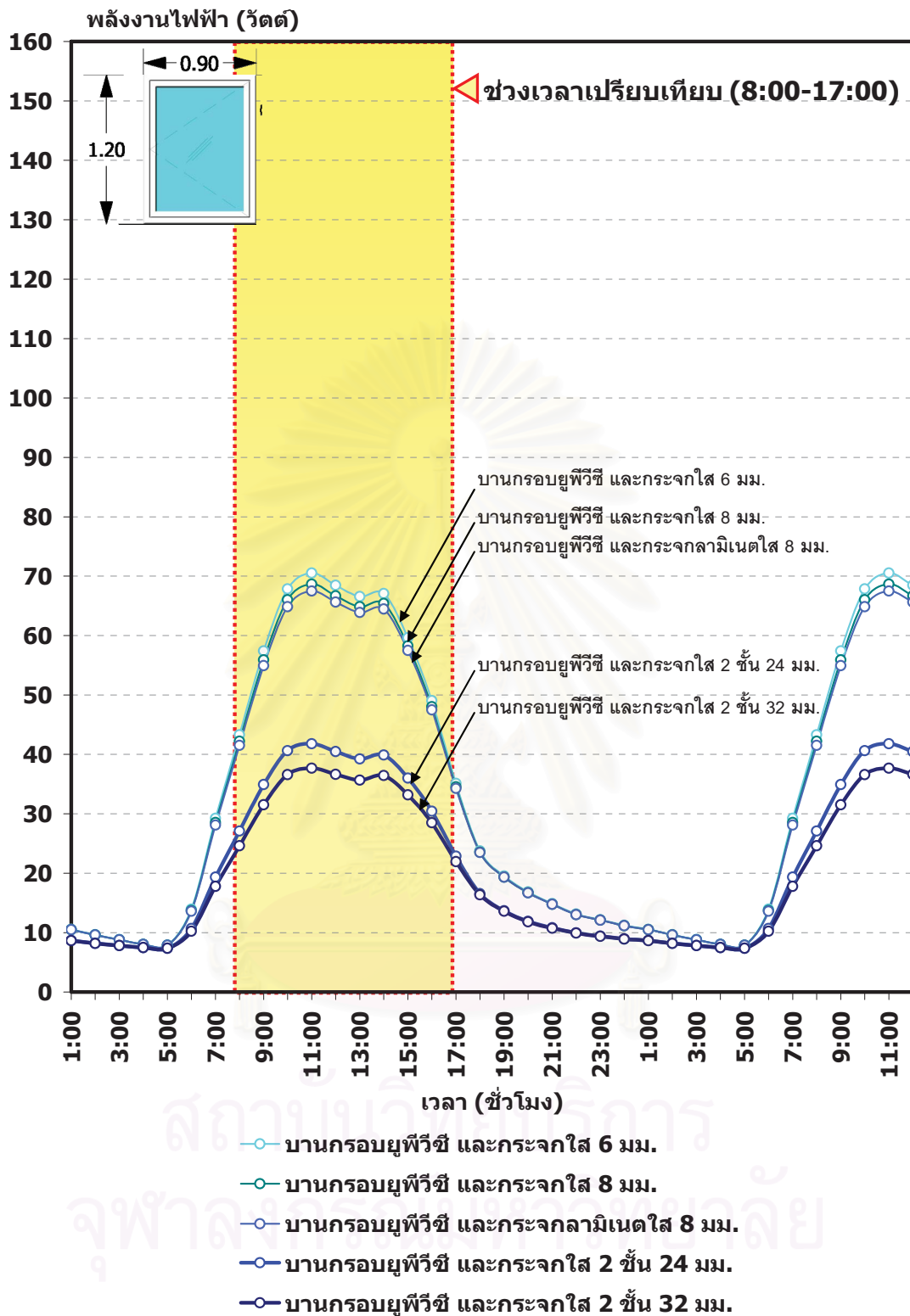
แผนภูมิที่ 4-7 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบไม้ และกระจกเขียวชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



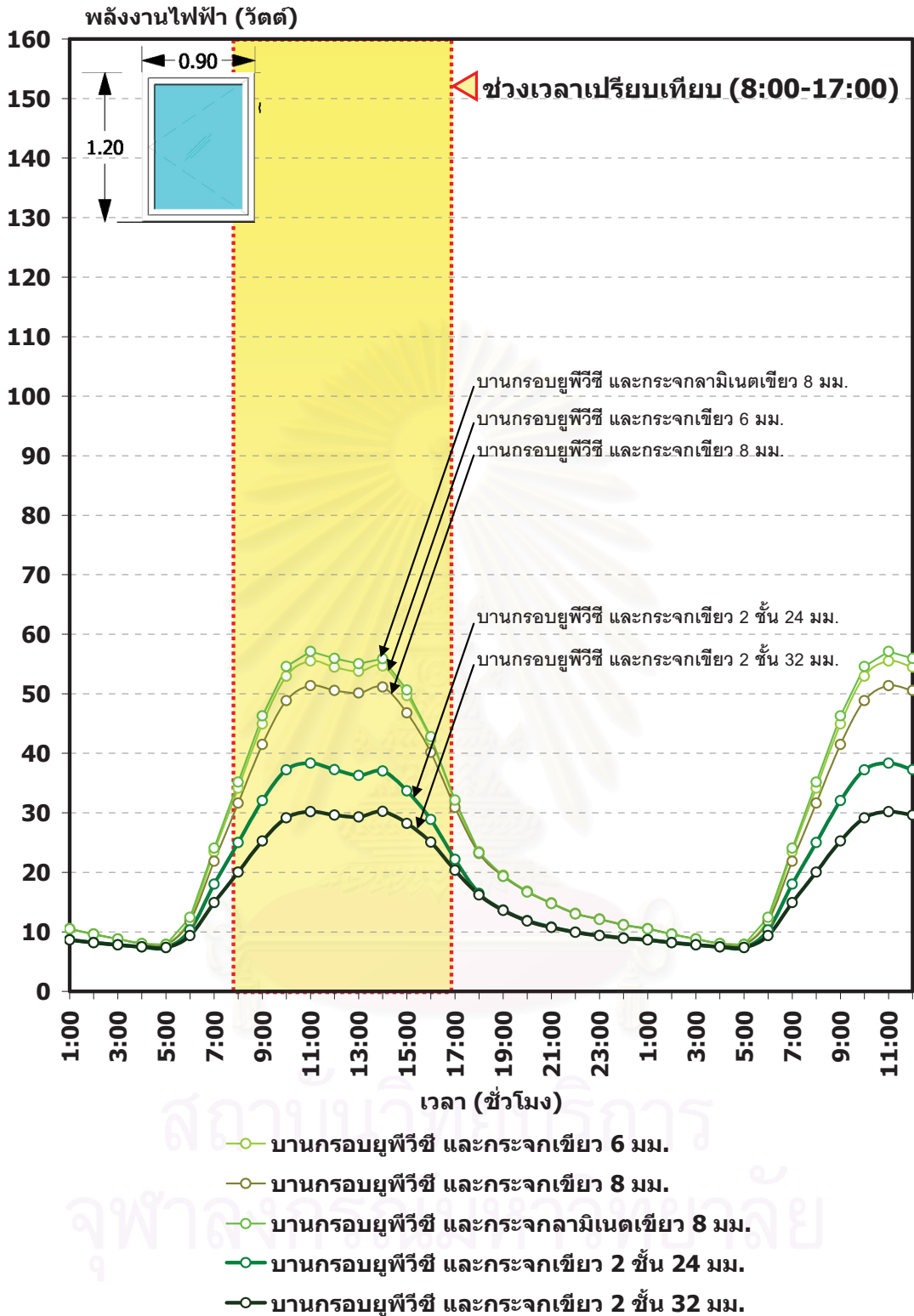
แผนภูมิที่ 4-8 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบอลูมิเนียม และกระจกใสชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



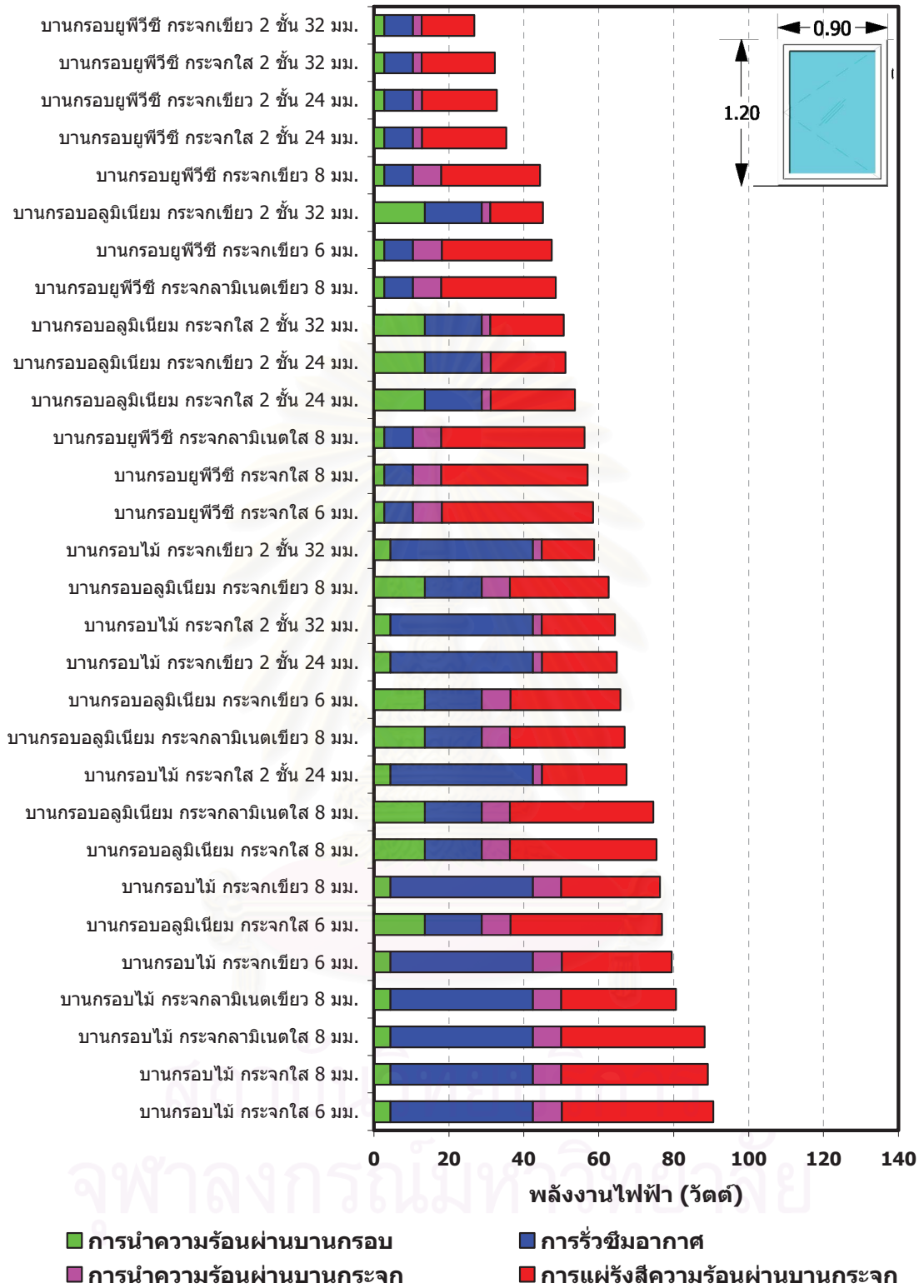
แผนภูมิที่ 4-9 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบอลูมิเนียม และกระจกเขียวชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



แผนภูมิที่ 4-10 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบอยู่พีวีซี และกระจกใส ชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550

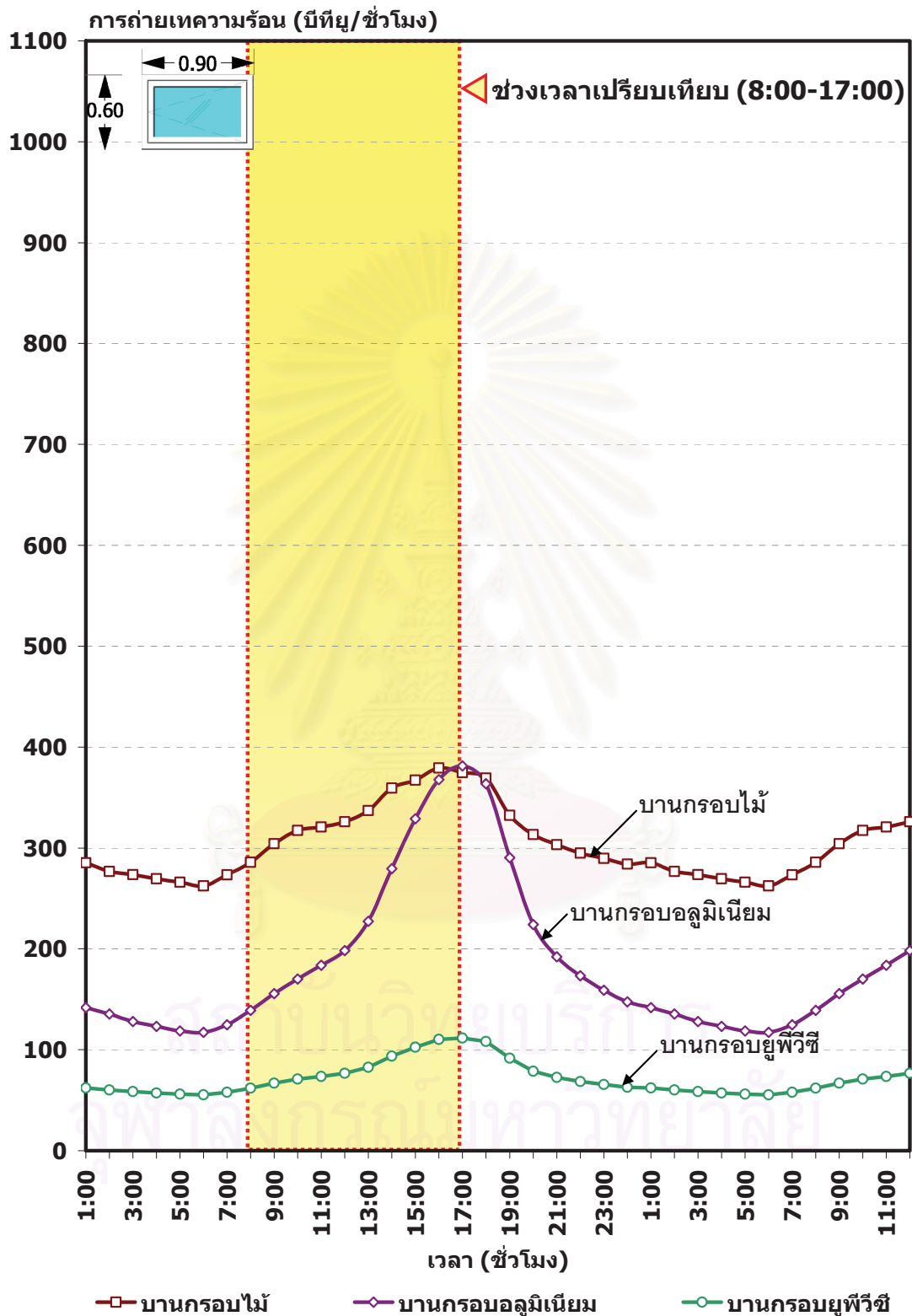


แผนภูมิที่ 4-11 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบยูพีวีซี และกระจกเขียว ชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



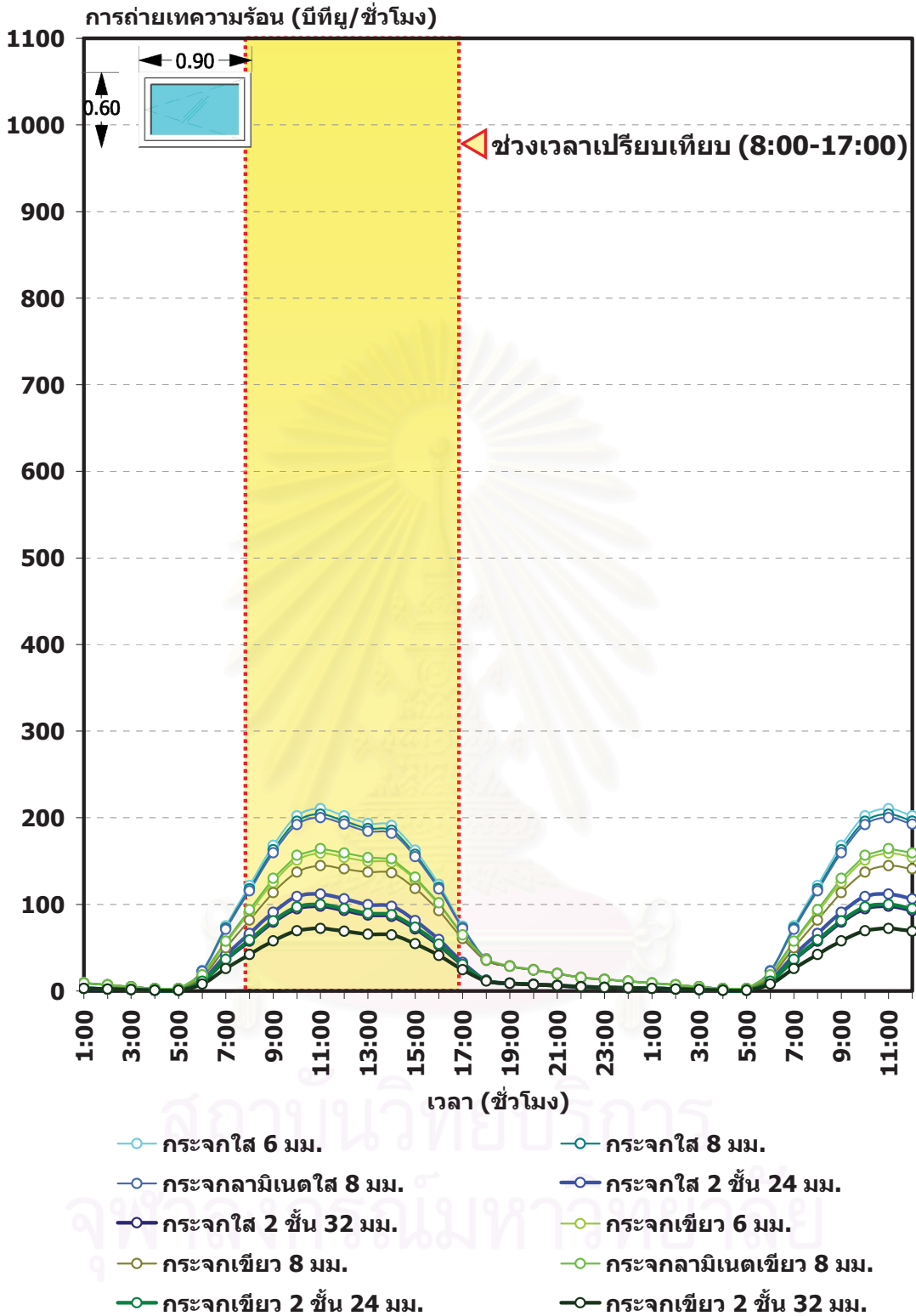
แผนภูมิที่ 4-12 การเปรียบเทียบพลังงานเฉลี่ยในช่วงเวลา 0:80-17:00 นาฬิกา ที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550

การถ่ายเทความร้อน ความชื้น และการใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อนช่องเปิด  
ขนาด 0.90x0.60 เมตร

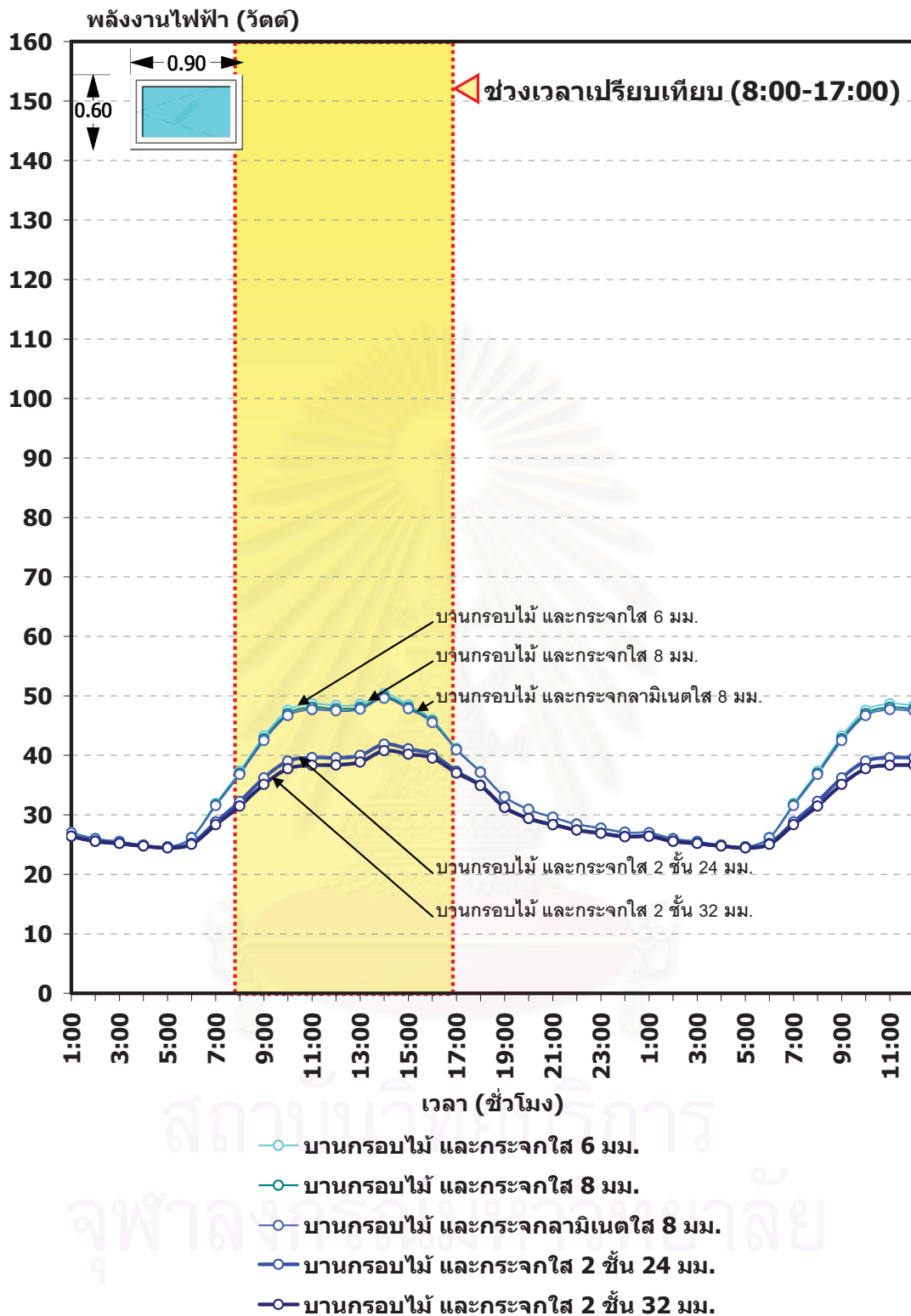


แผนภูมิที่ 4-13 การถ่ายเทความร้อน ความชื้น ผ่านบานกรอบ ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร  
ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550

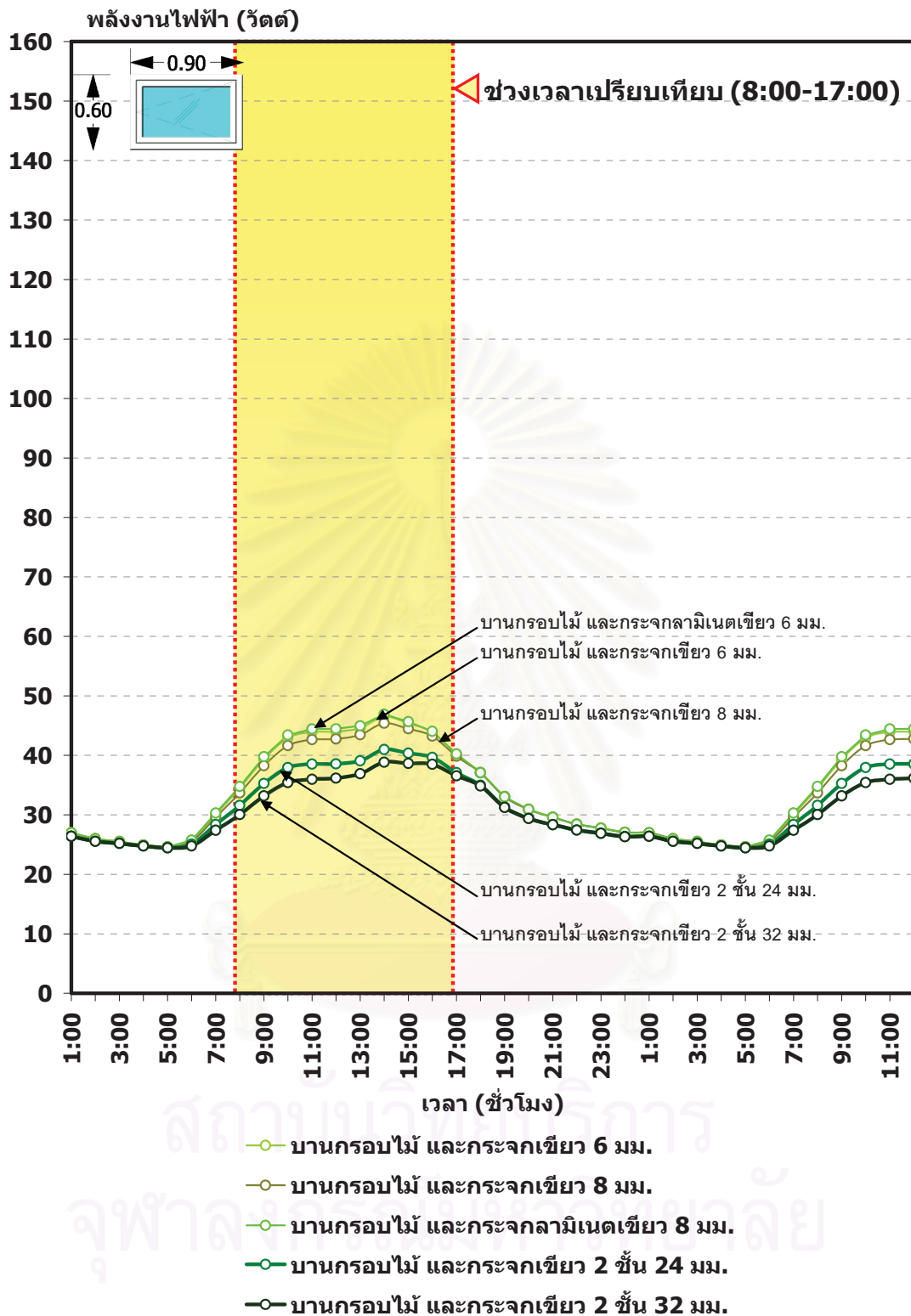




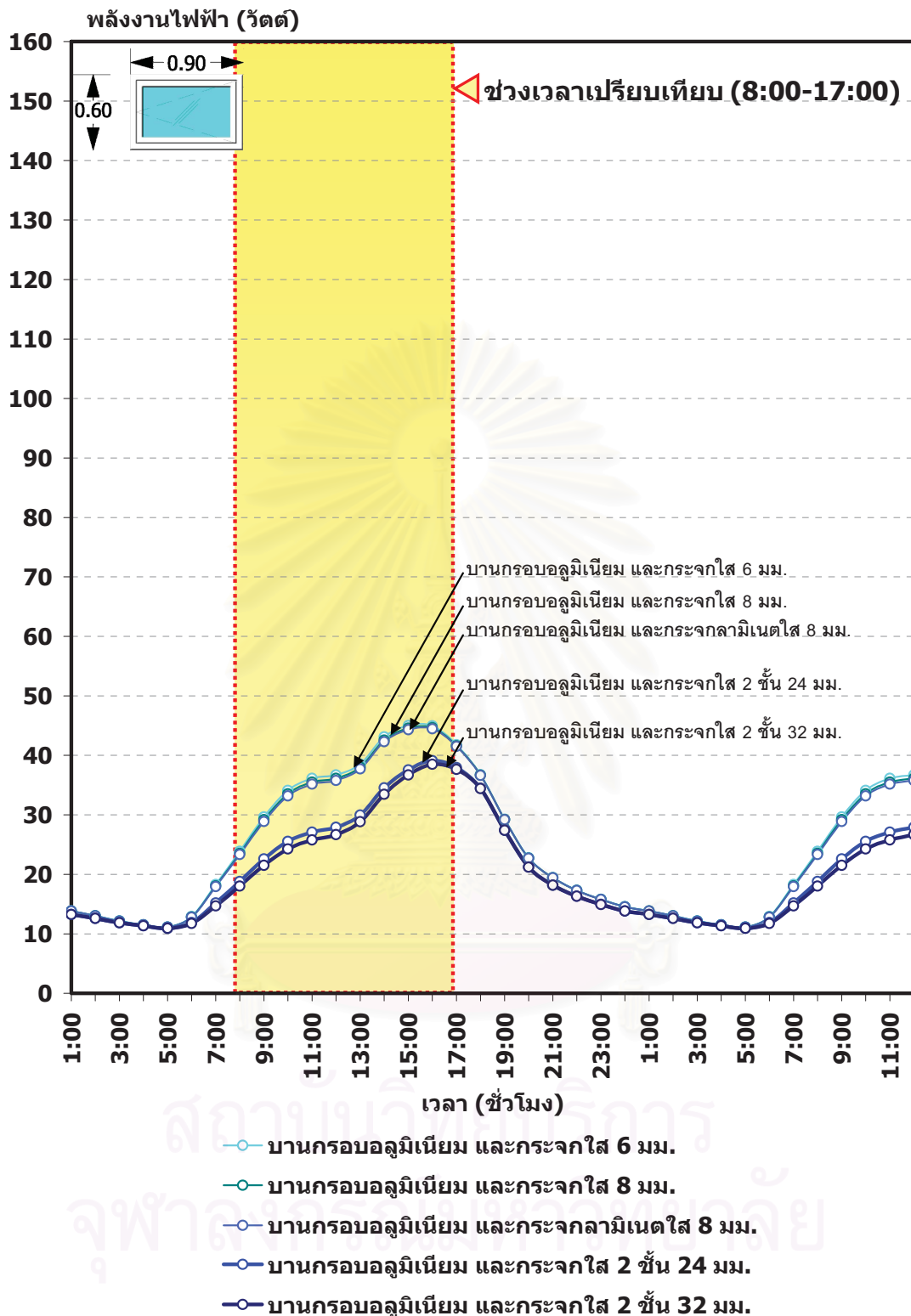
แผนภูมิที่ 4-14 การถ่ายเทความร้อนผ่านบานกระจก ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร ทางด้านทิศ ตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



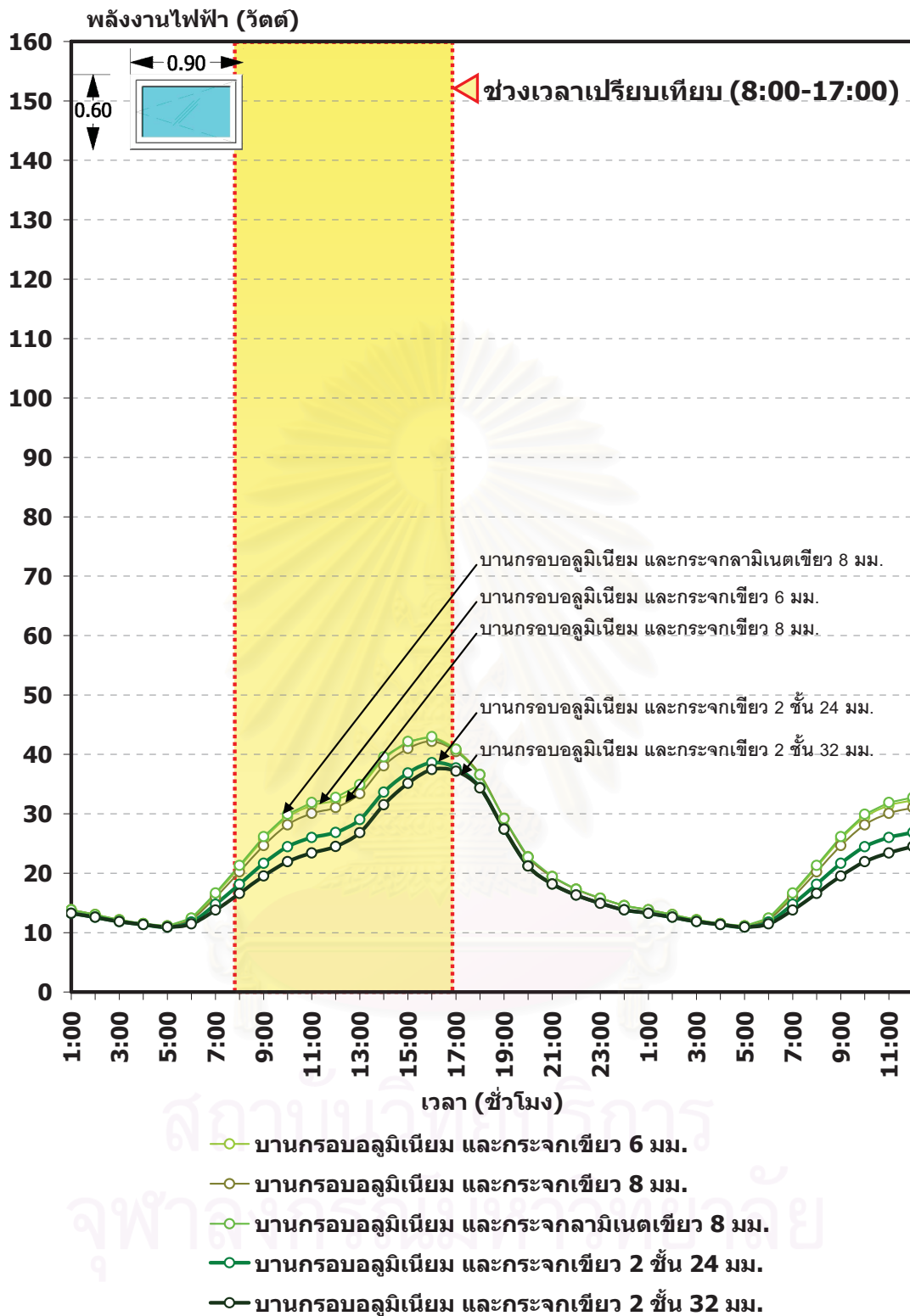
แผนภูมิที่ 4-15 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการกำจัดความร้อนของช่องเปิดบ้านกรอบไม้ และกระจกใสชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x0.60 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



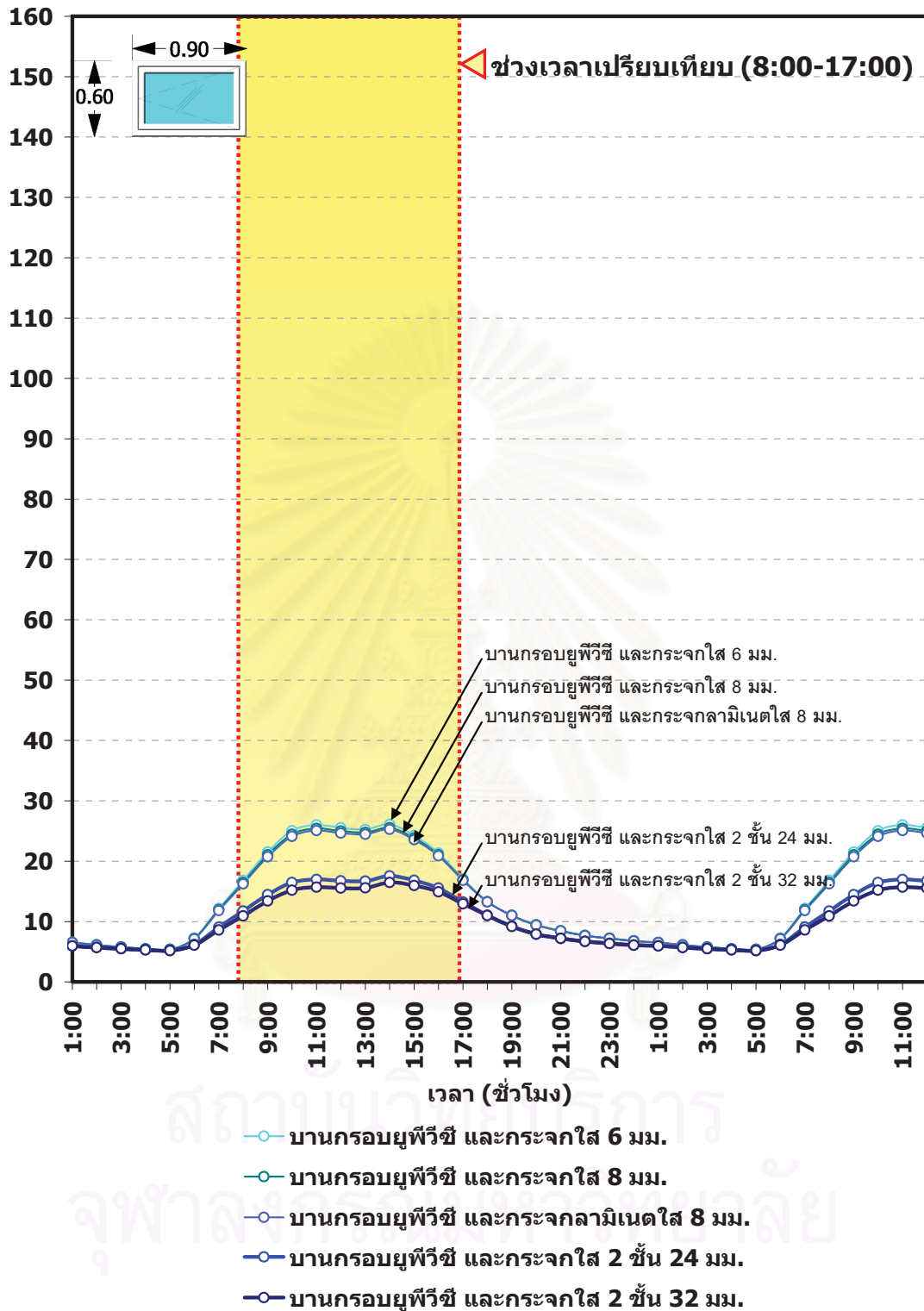
แผนภูมิที่ 4-16 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดบ้านกรอบไม้ และกระจกเขียว ชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x0.60 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



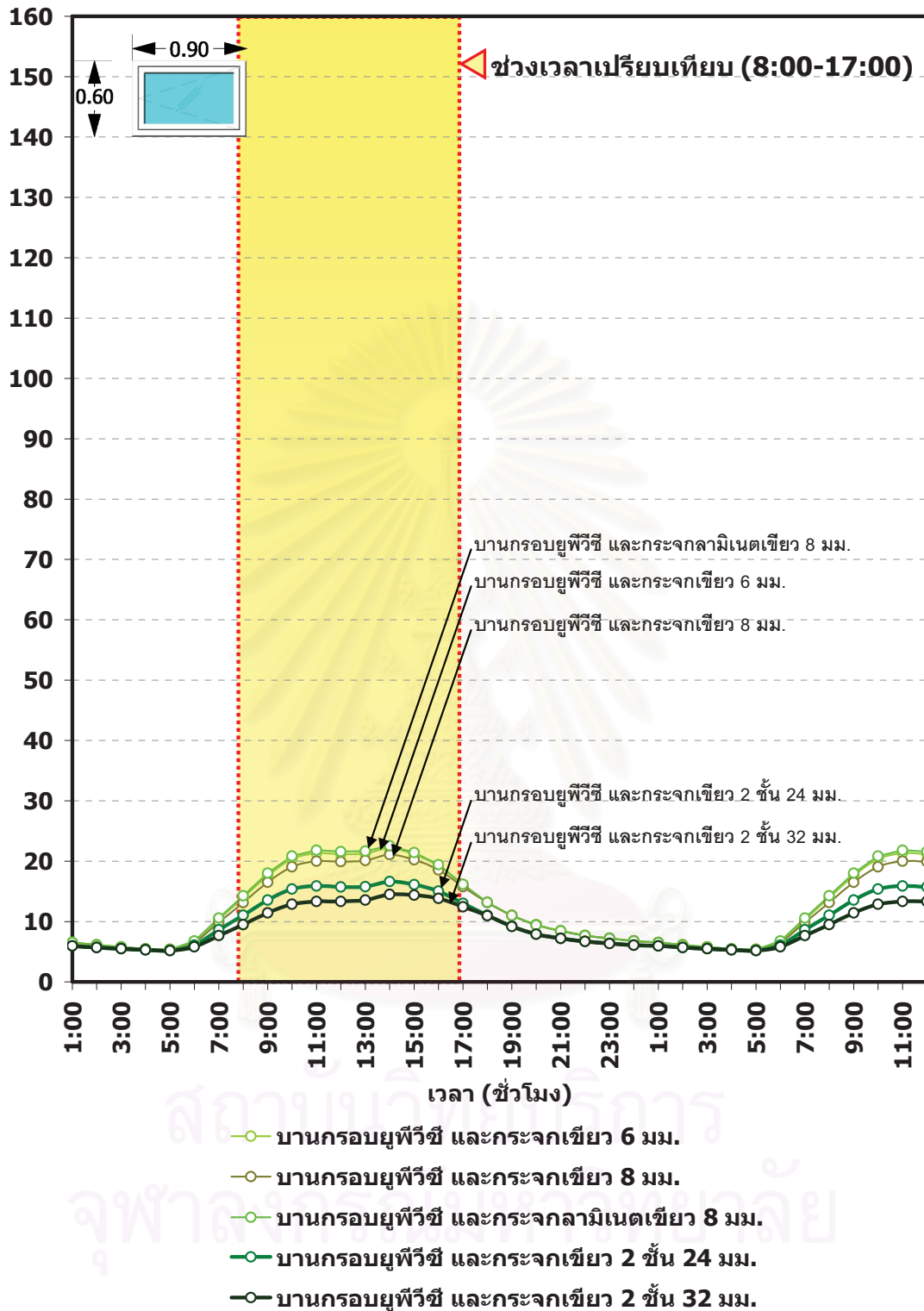
แผนภูมิที่ 4-17 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการกำจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบอลูมิเนียม และกระจกใสชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x0.60 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



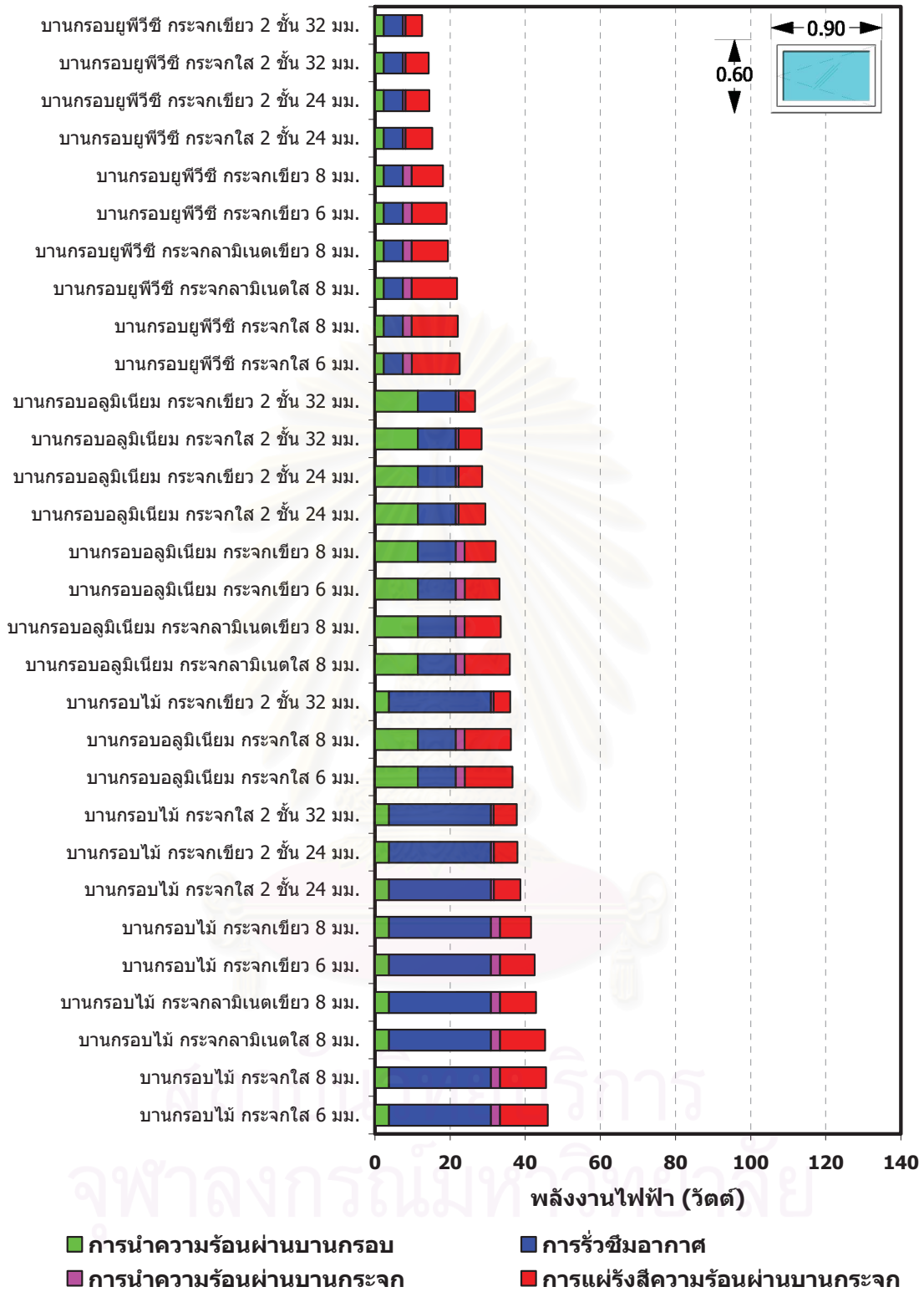
แผนภูมิที่ 4-18 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบอลูมิเนียม และกระจกเขียวชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x0.60 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



แผนภูมิที่ 4-19 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำความร้อนของช่องเปิดบานกรอบยูนิตพีวีซี และกระจกใส ชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x0.60 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



แผนภูมิที่ 4-20 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบยูนิตพีวีซี และกระจกเขียว ชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x0.60 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550

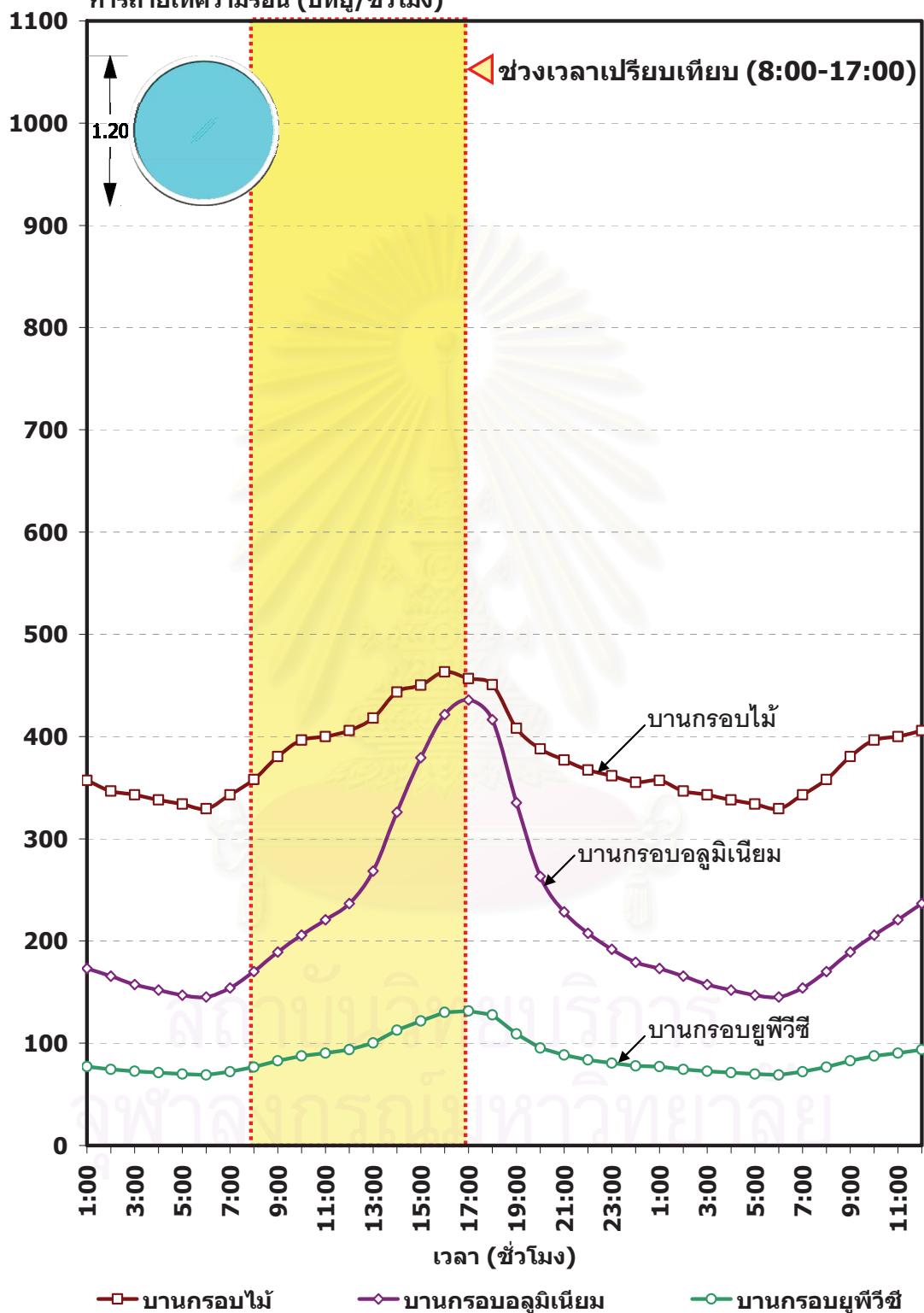


แผนภูมิที่ 4-21 เปรียบเทียบพลังงานเฉลี่ยในช่วงเวลา 0:80-17:00 นาฬิกา ที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550

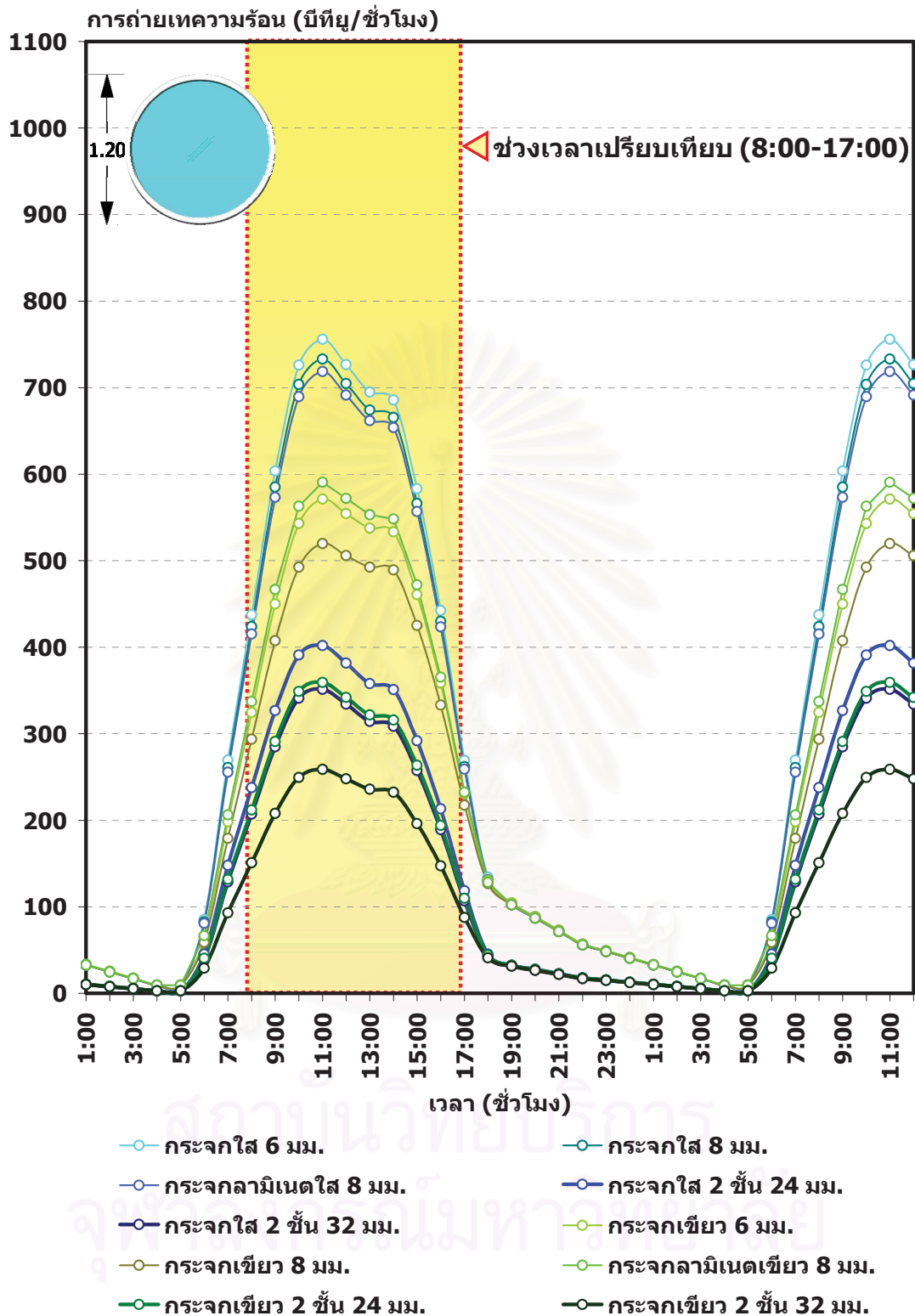


การถ่ายเทความร้อน ความชื้น และการใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อนช่องเปิด  
กลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.20 เมตร

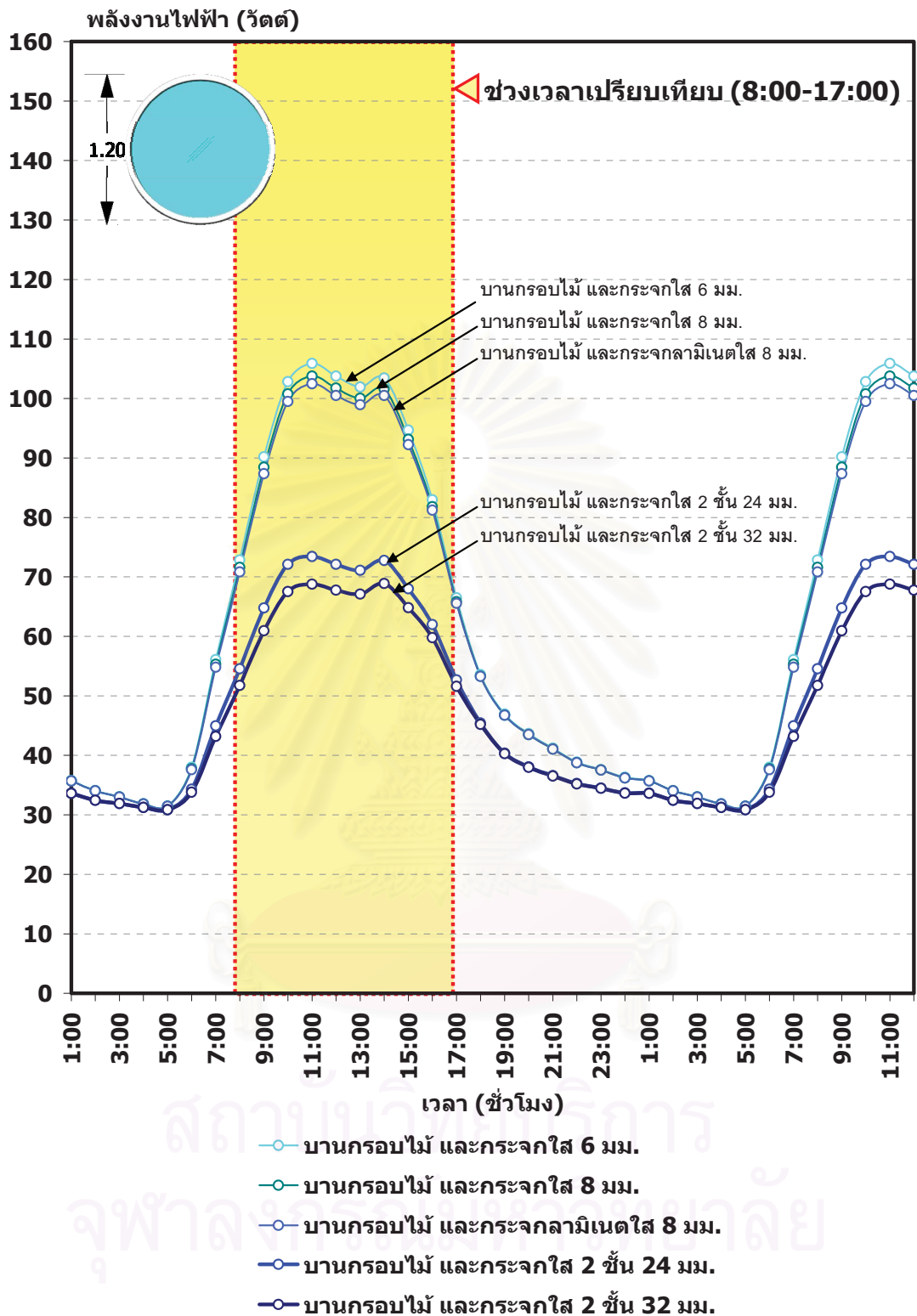
การถ่ายเทความร้อน (บีทียู/ชั่วโมง)



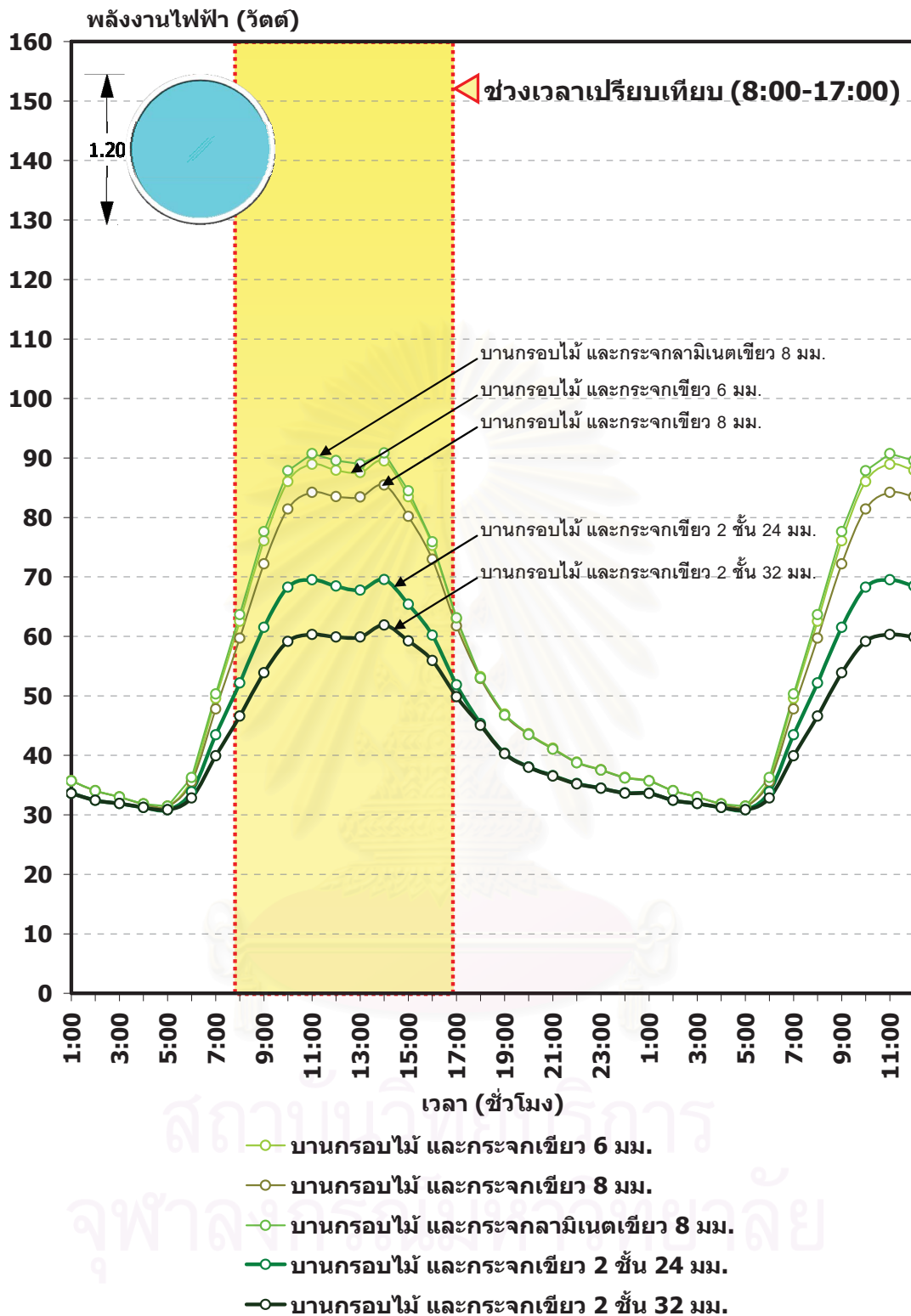
แผนภูมิที่ 4-22 การถ่ายเทความร้อน ความชื้นผ่านบ้านกรอบ ของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง  
ขนาด 1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



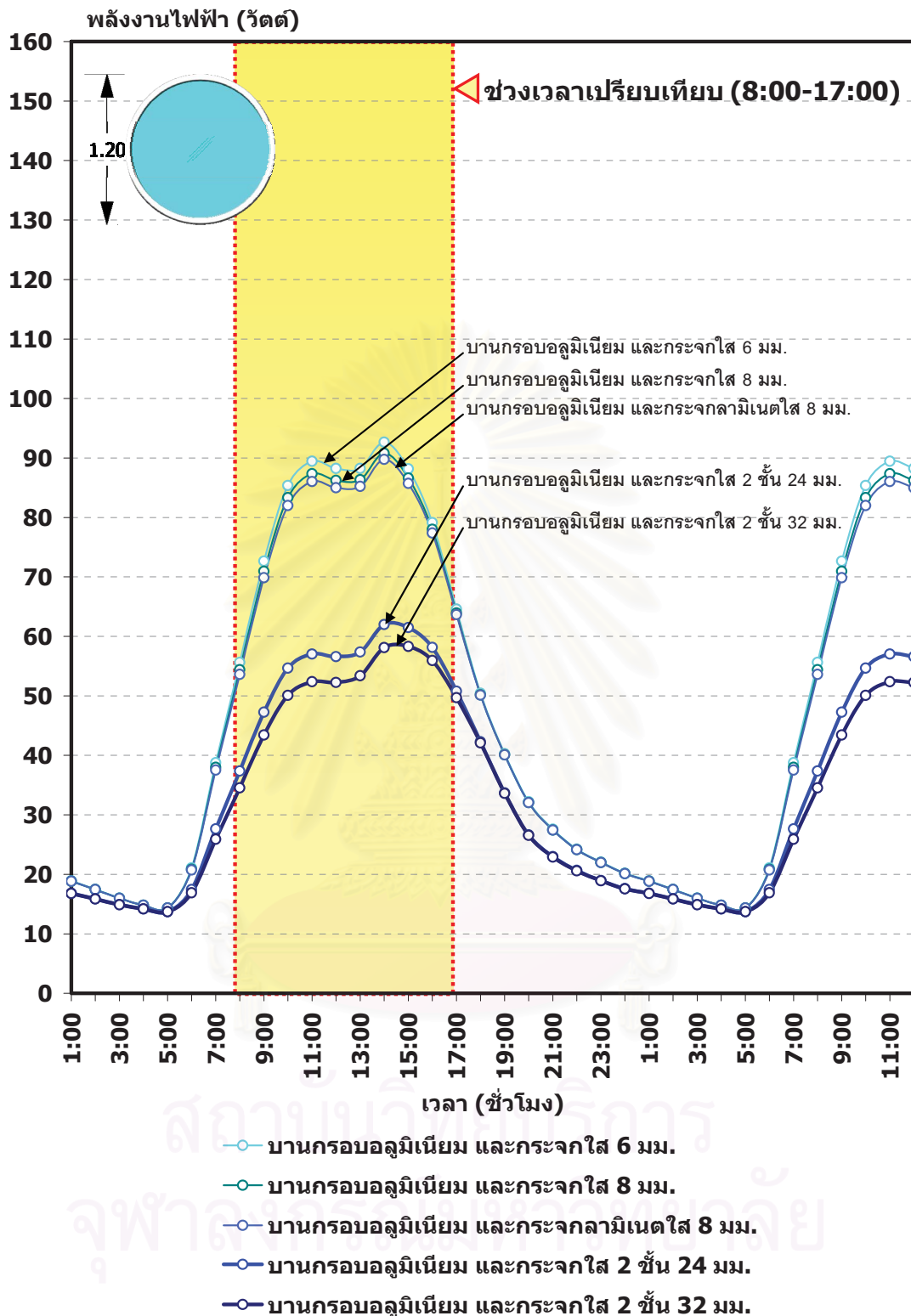
แผนภูมิที่ 4-23 การถ่ายเทความร้อนผ่านบานกระจก ของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



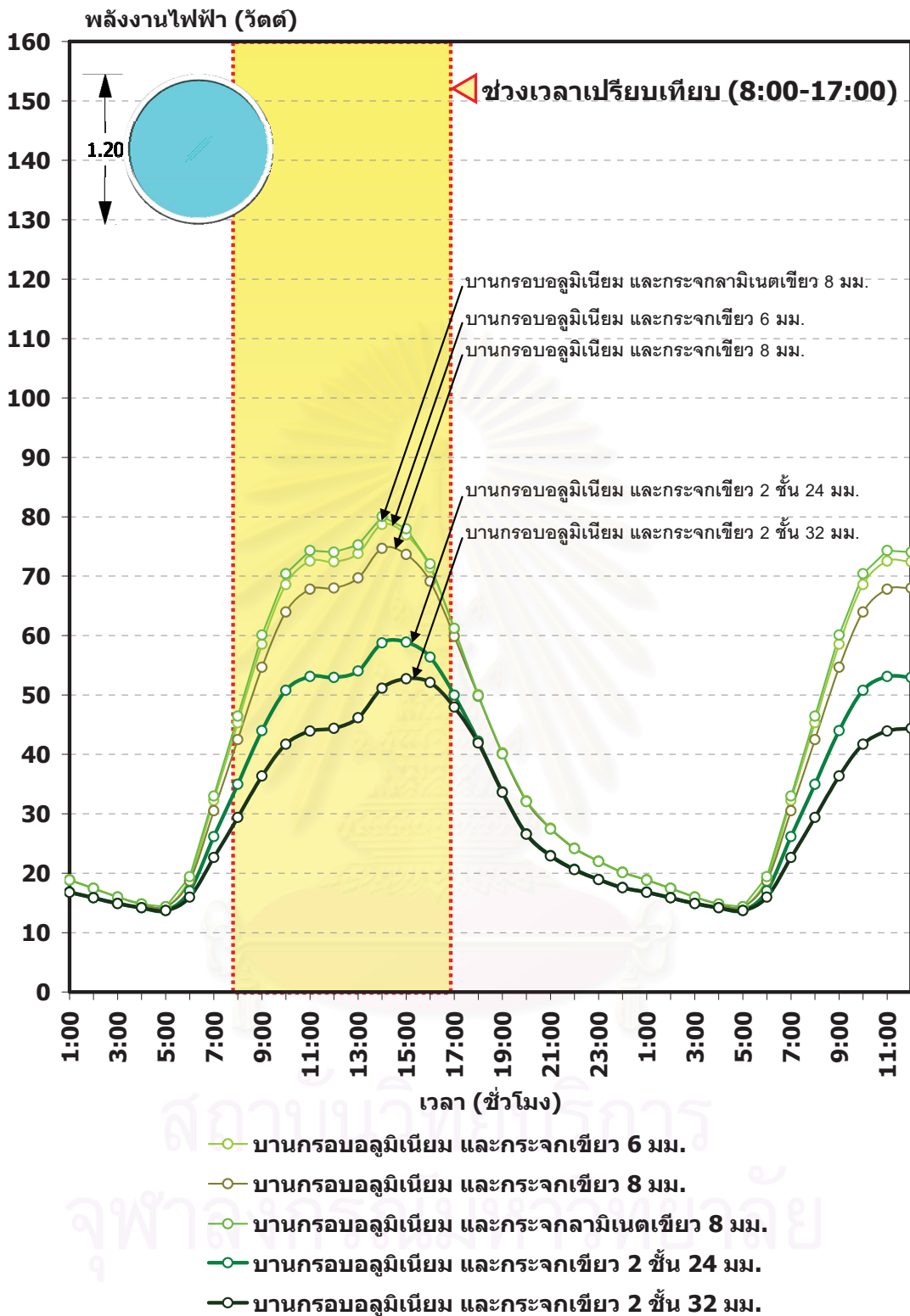
แผนภูมิที่ 4-24 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดกลมบานกรอบไม้ และกระฉากใส ชนิดต่าง ๆ เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



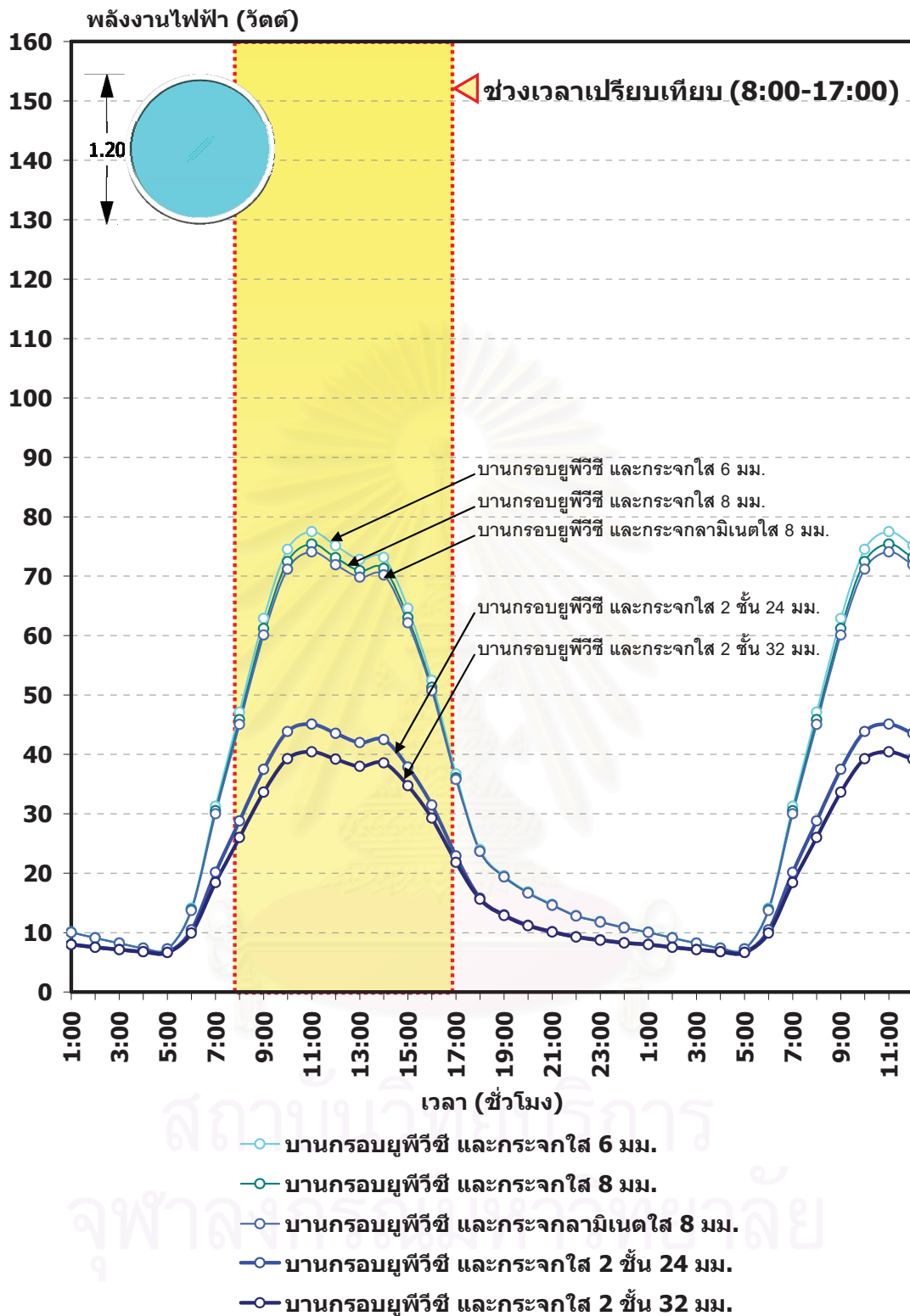
แผนภูมิที่ 4-25 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดกลมบานกรอบไม้ และกระจกเฉียงชนิดต่าง ๆ เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



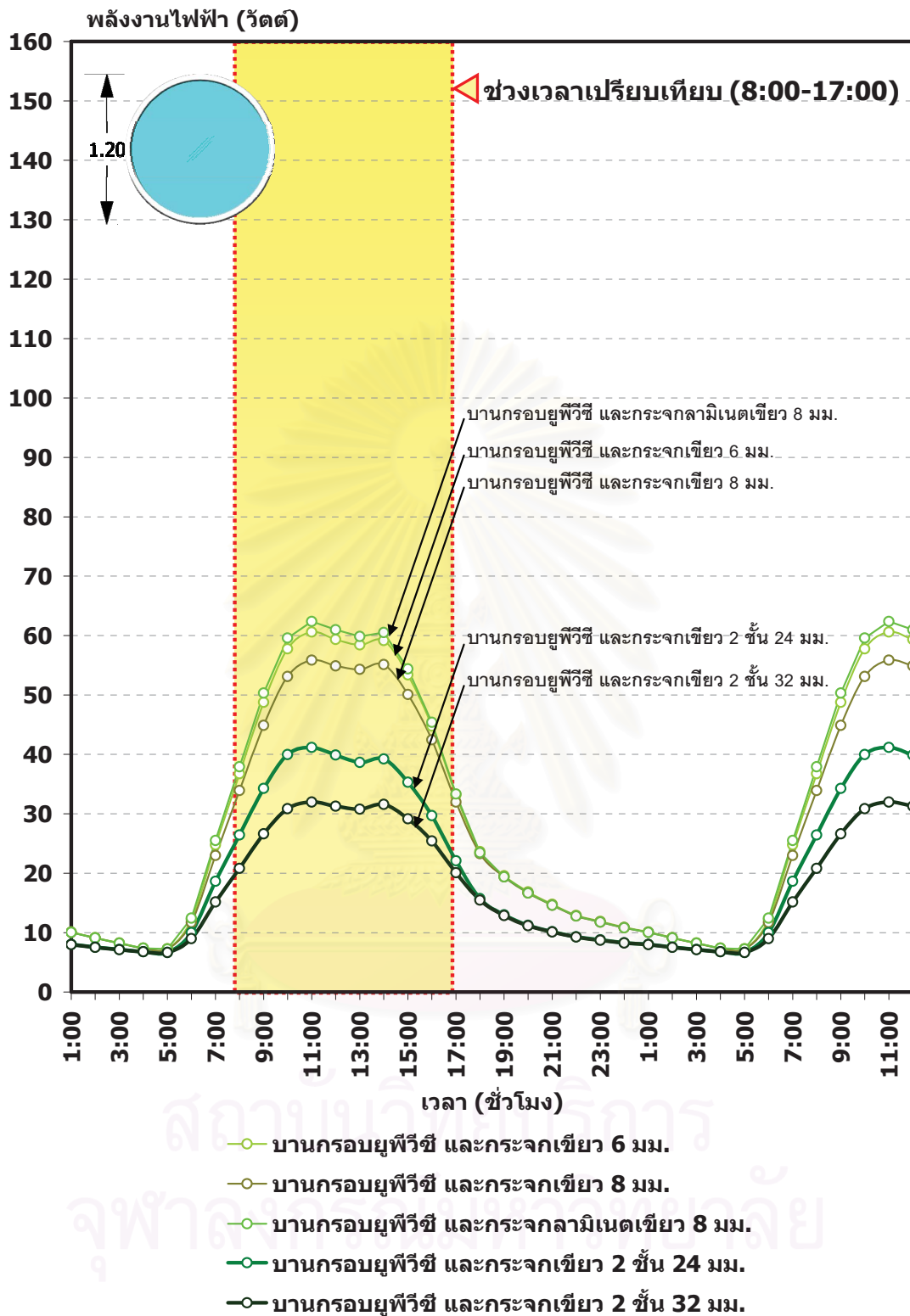
แผนภูมิที่ 4-26 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดกลมบานกรอบอลูมิเนียม และกระจกใสชนิดต่าง ๆ เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



แผนภูมิที่ 4-27 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดกลมบานกรอบอลูมิเนียม และกระจกเขียวชนิดต่าง ๆ เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550

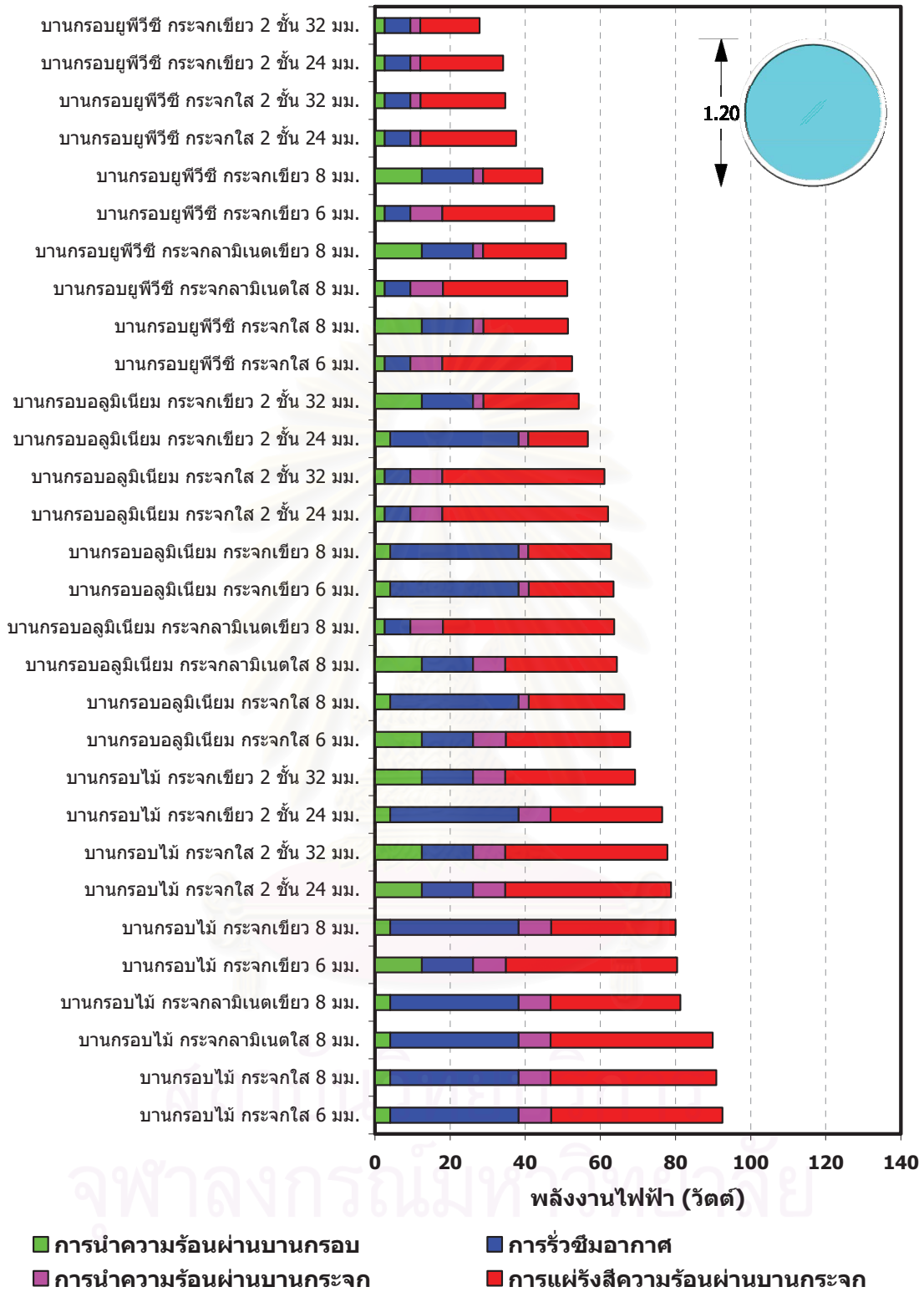


แผนภูมิที่ 4-28 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดกลมบ้านกรอบยูพีวีซี และกระจกใสชนิดต่าง ๆ เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



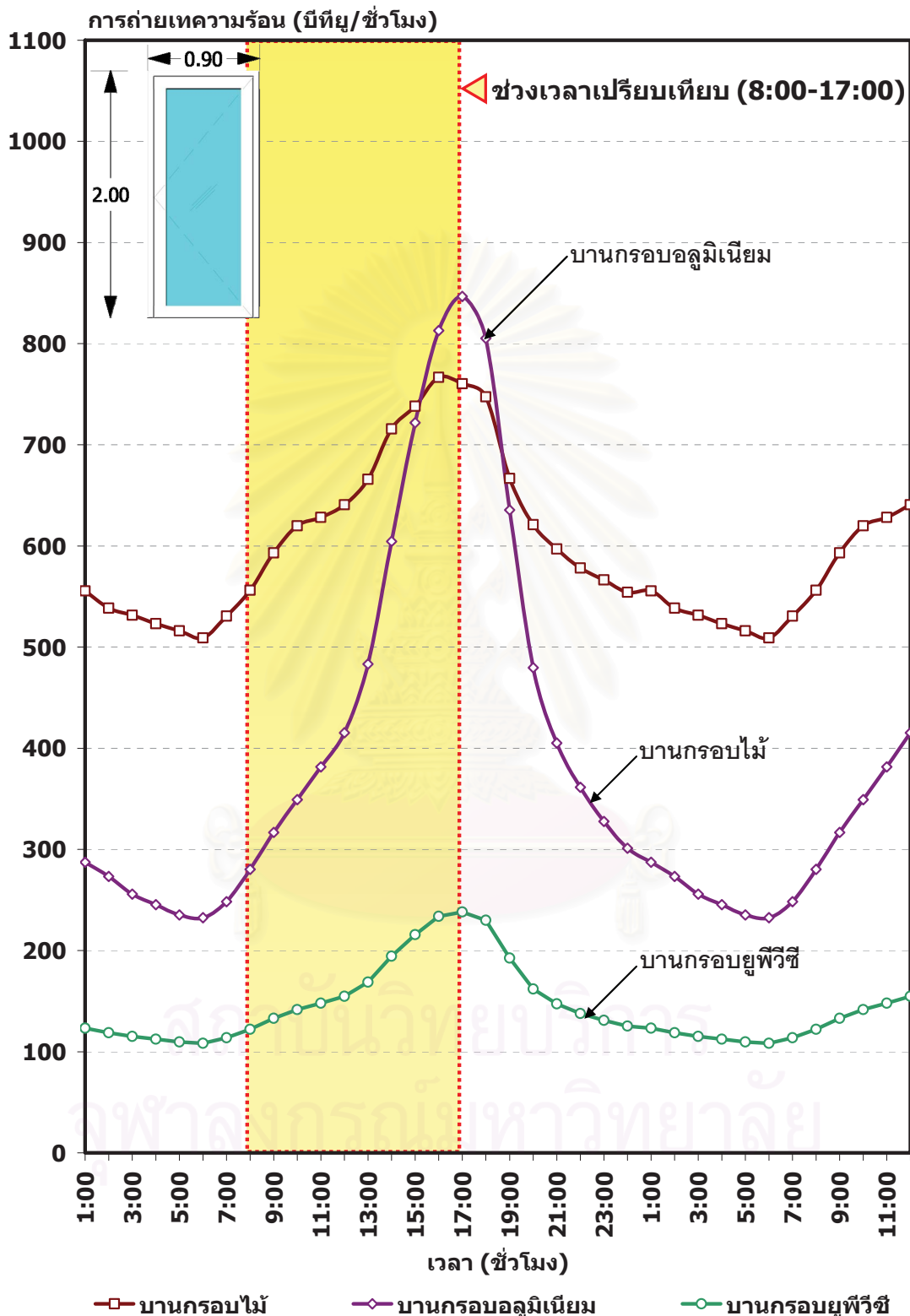
แผนภูมิที่ 4-29 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดกลมบานกรอบยูพีวีซี และกระจกเขียวชนิดต่าง ๆ เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



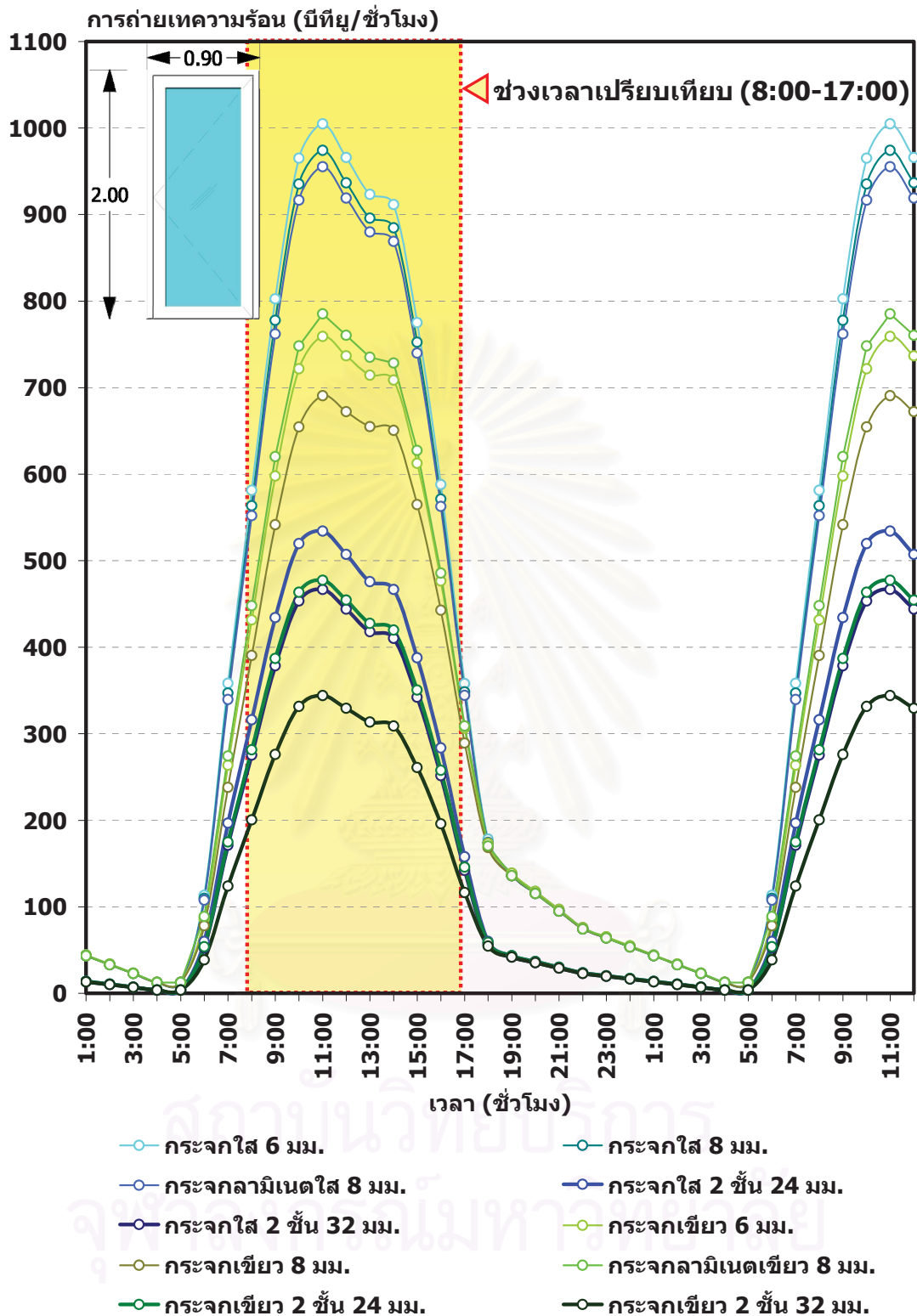


แผนภูมิที่ 4-30 เปรียบเทียบพลังงานเฉลี่ยในช่วงเวลา 0:80-17:00 นาฬิกา ที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550

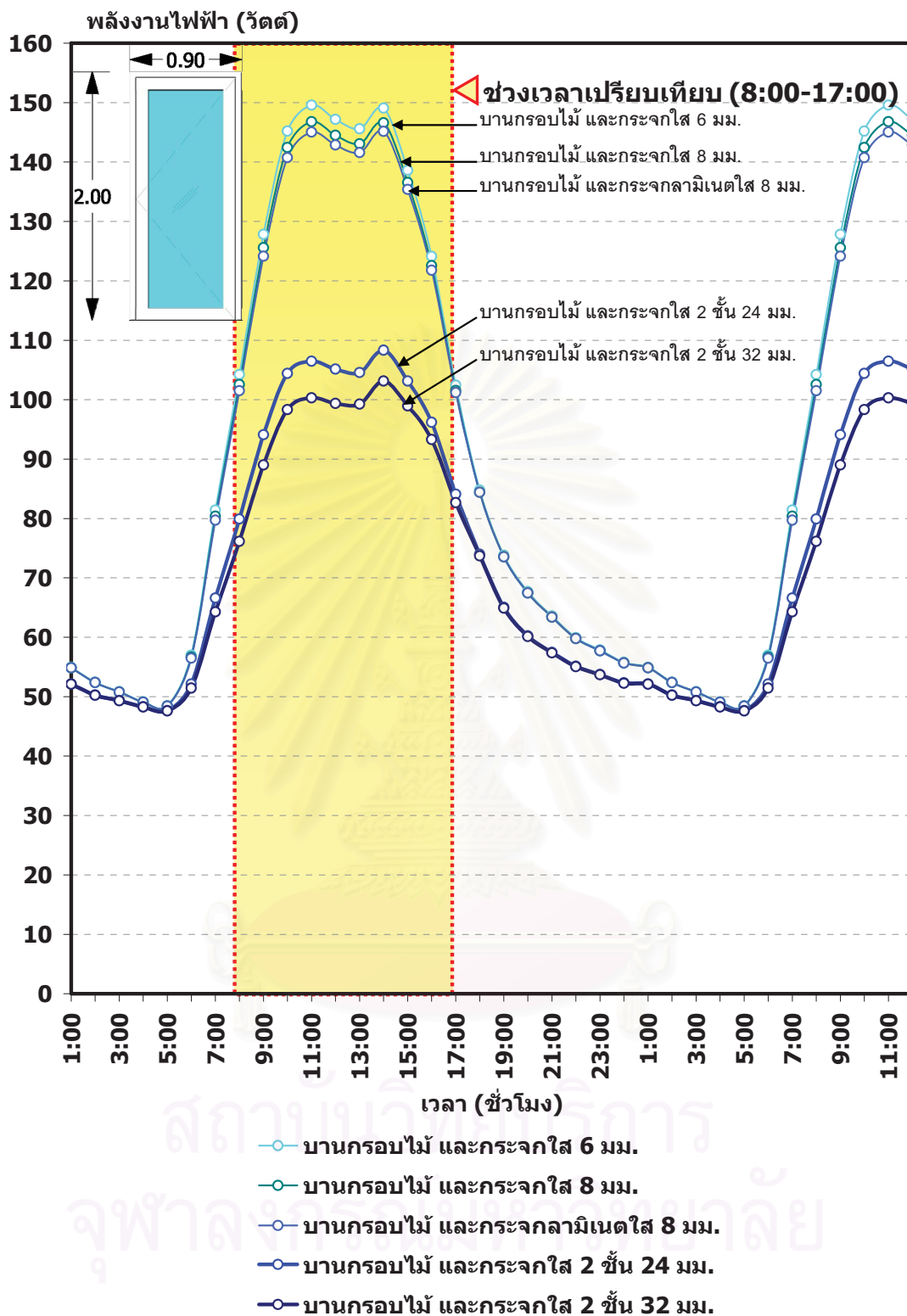
การถ่ายเทความร้อน ความชื้น และการใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อนช่องเปิด  
 กลมช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร



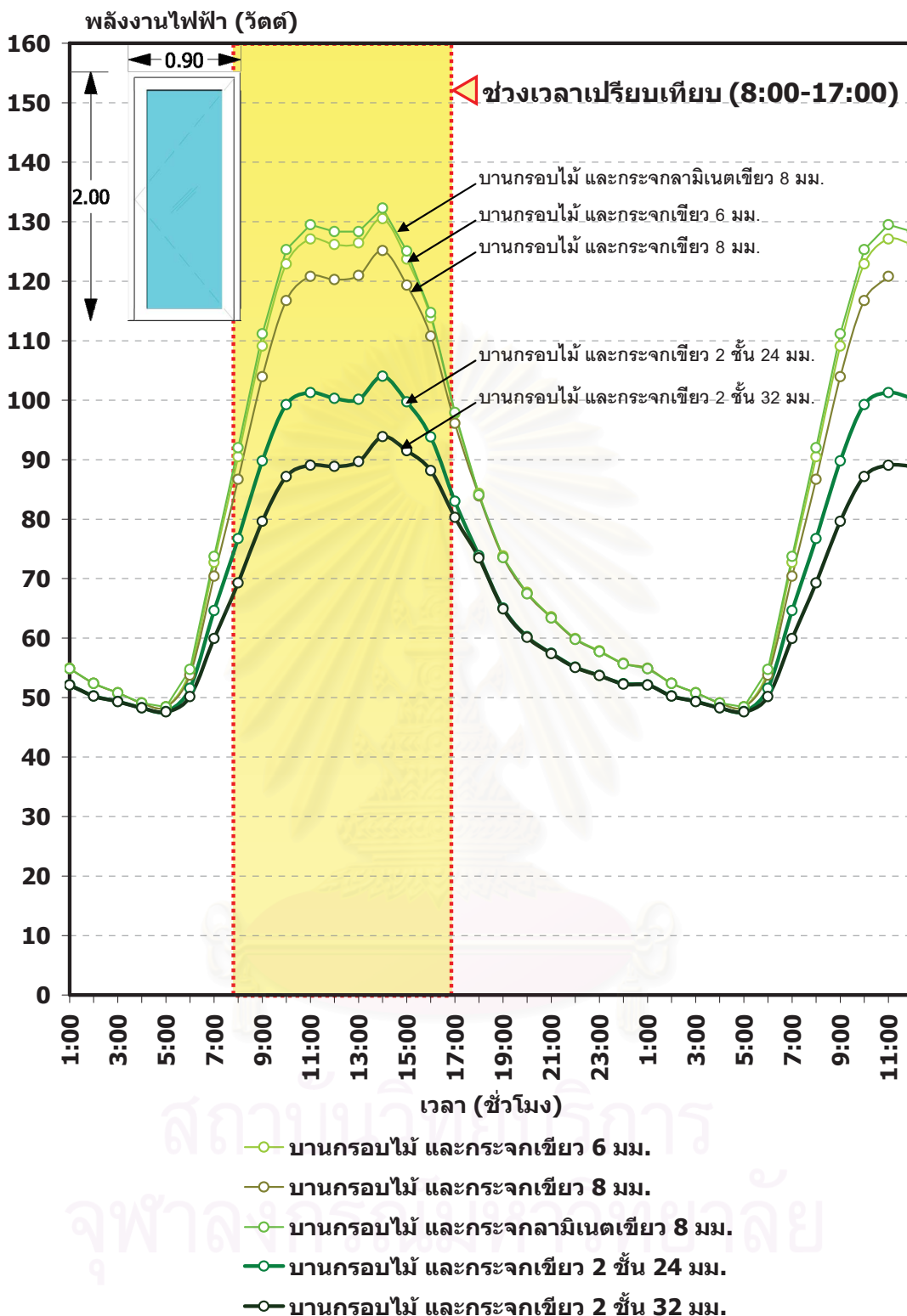
แผนภูมิที่ 4-31 การถ่ายเทความร้อน ความชื้น ผ่านบ้านกรอบ ของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร  
 ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



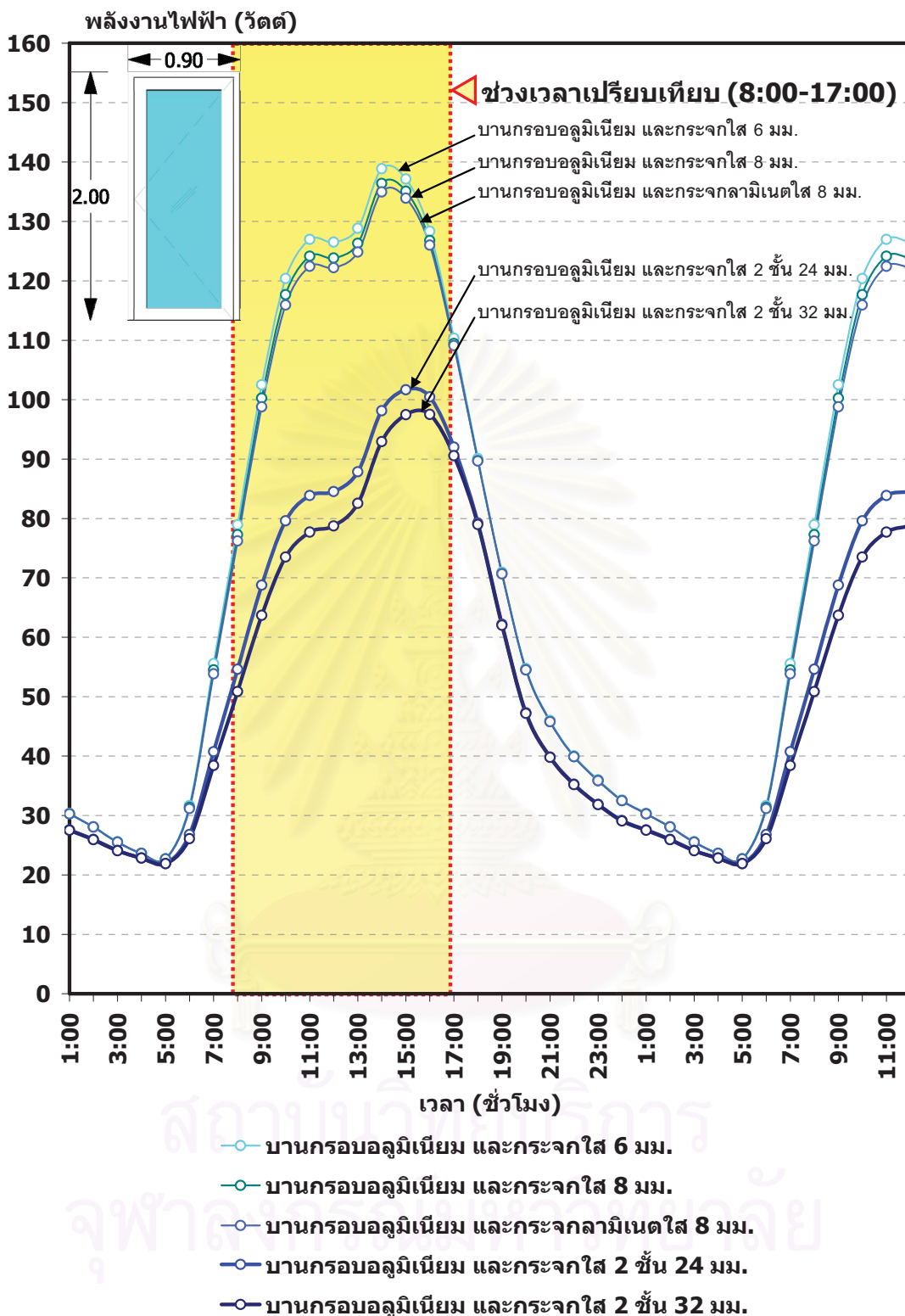
แผนภูมิที่ 4-32 การถ่ายเทความร้อนผ่านบานกระจก ของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร ทางด้านทิศ ตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



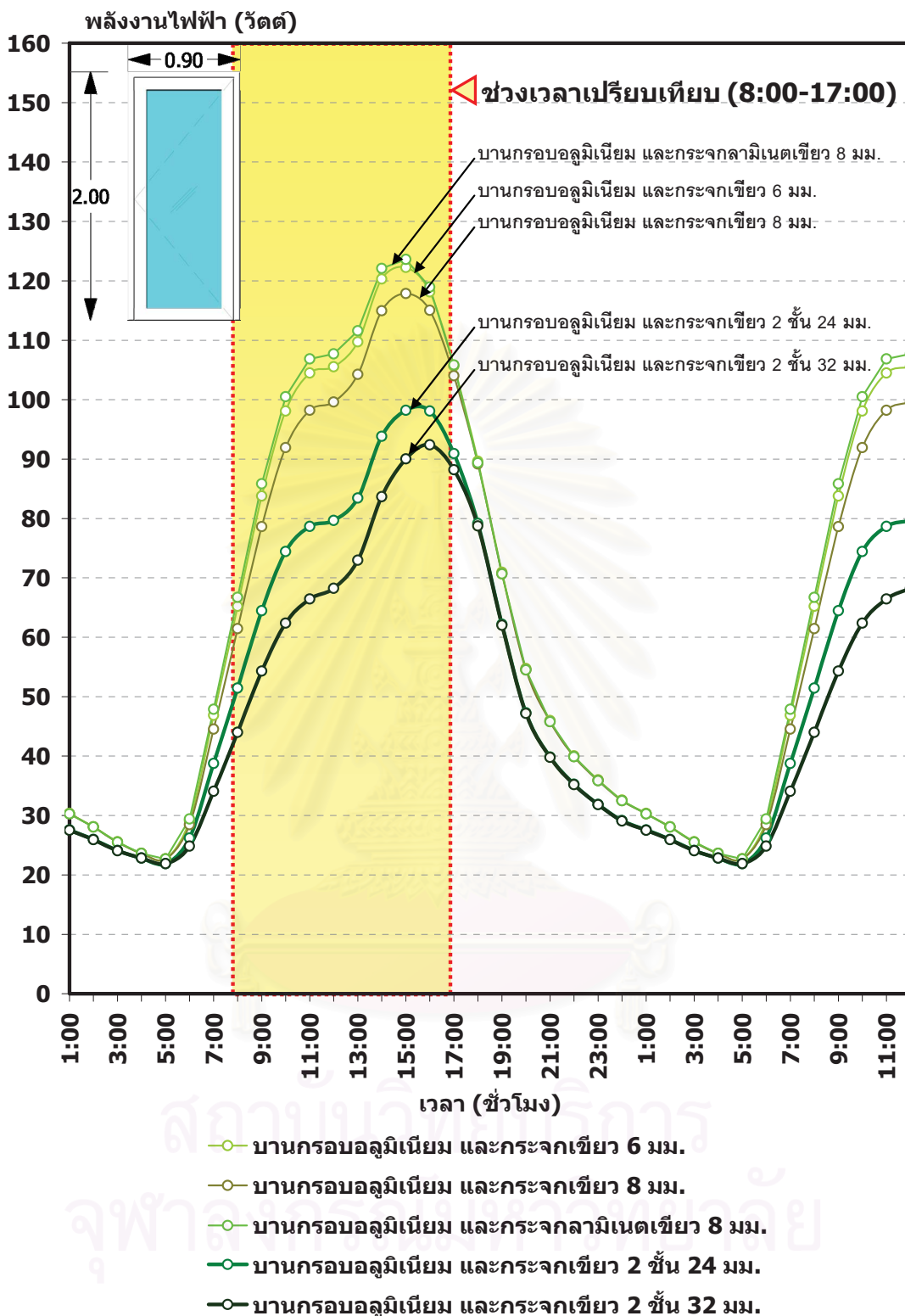
แผนภูมิที่ 4-33 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการกำจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบไม้ และกระจกใสชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x2.00 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



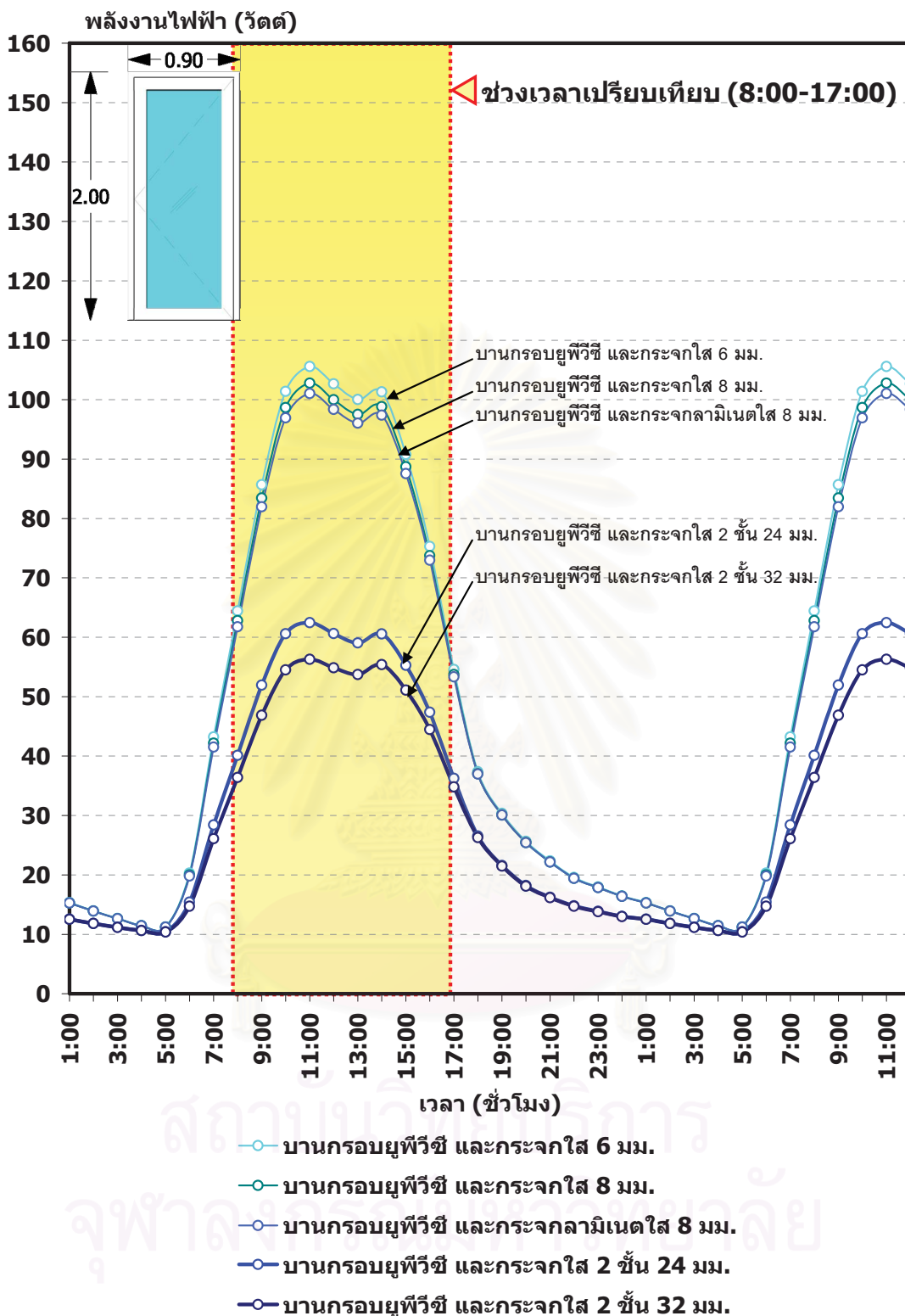
แผนภูมิที่ 4-34 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบไม้ และกระจกเขียว ชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x2.00 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



แผนภูมิที่ 4-35 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการกำจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบอลูมิเนียม และกระจกใสชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x2.00 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550

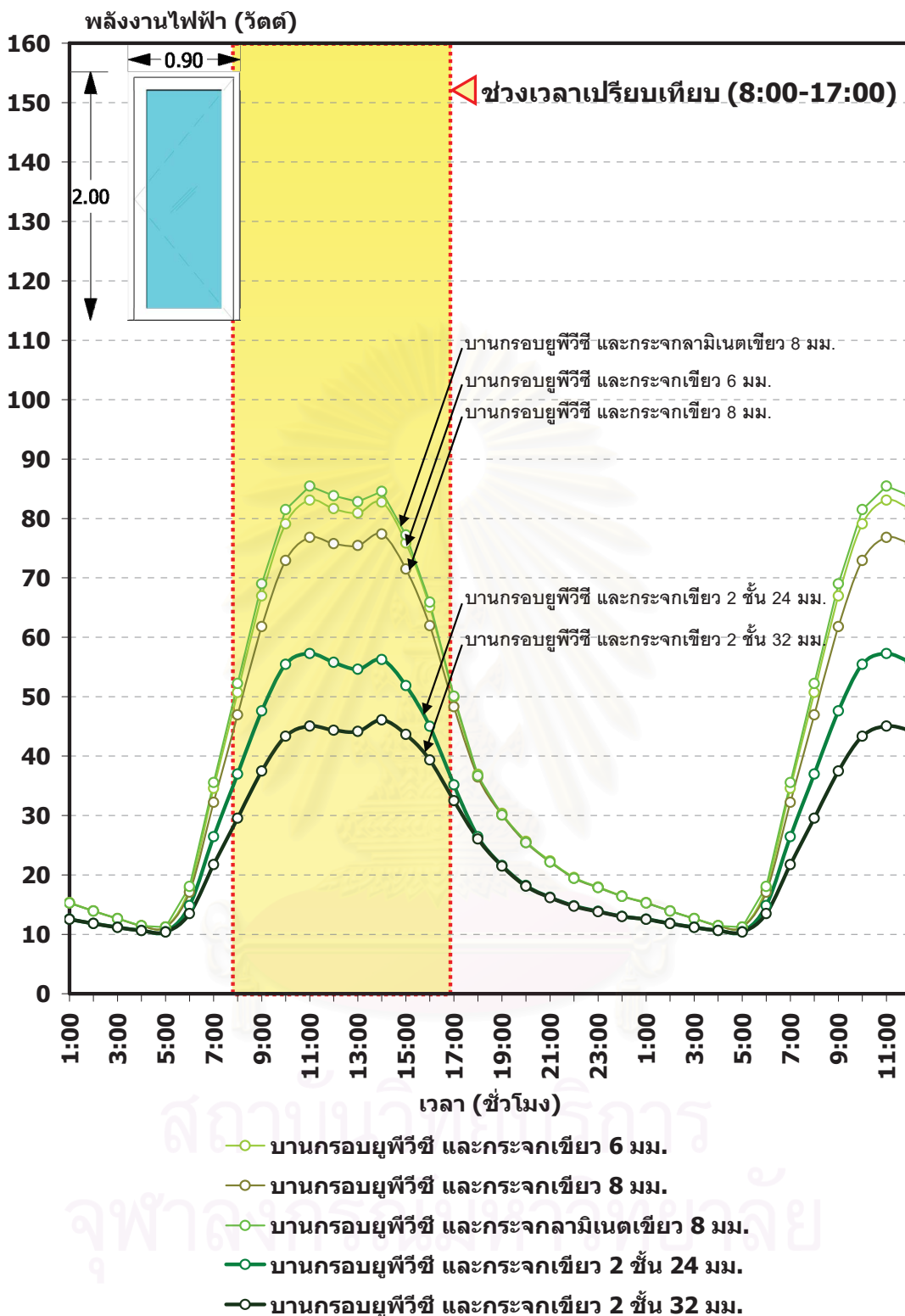


แผนภูมิที่ 4-36 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการกำจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบอลูมิเนียม และกระจกเขียวชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x2.00 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550

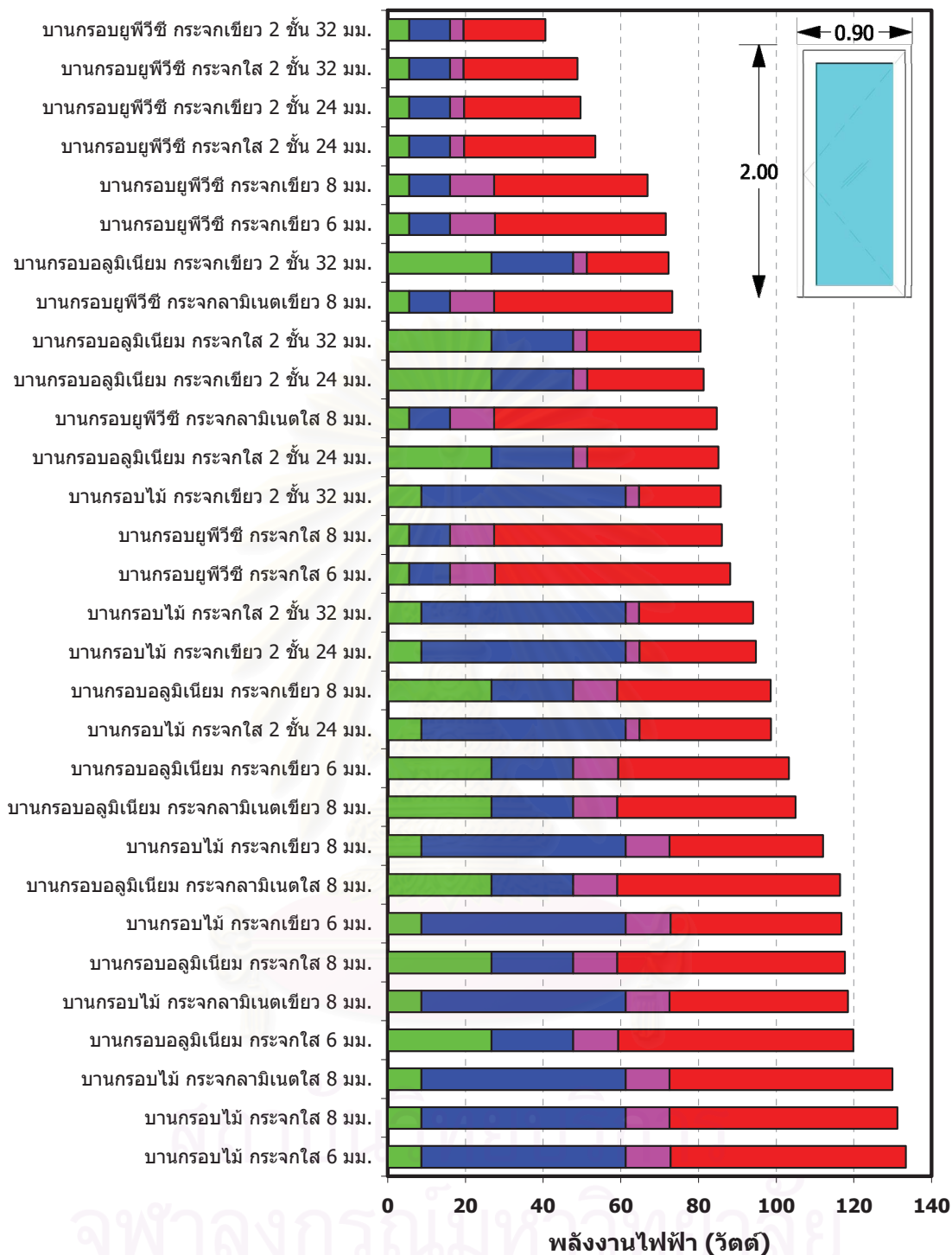


แผนภูมิที่ 4-37 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการจัดความร้อนของช่องเปิดบ้านกรอบยูพีวีซี และกระจกใส ชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x2.00 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550

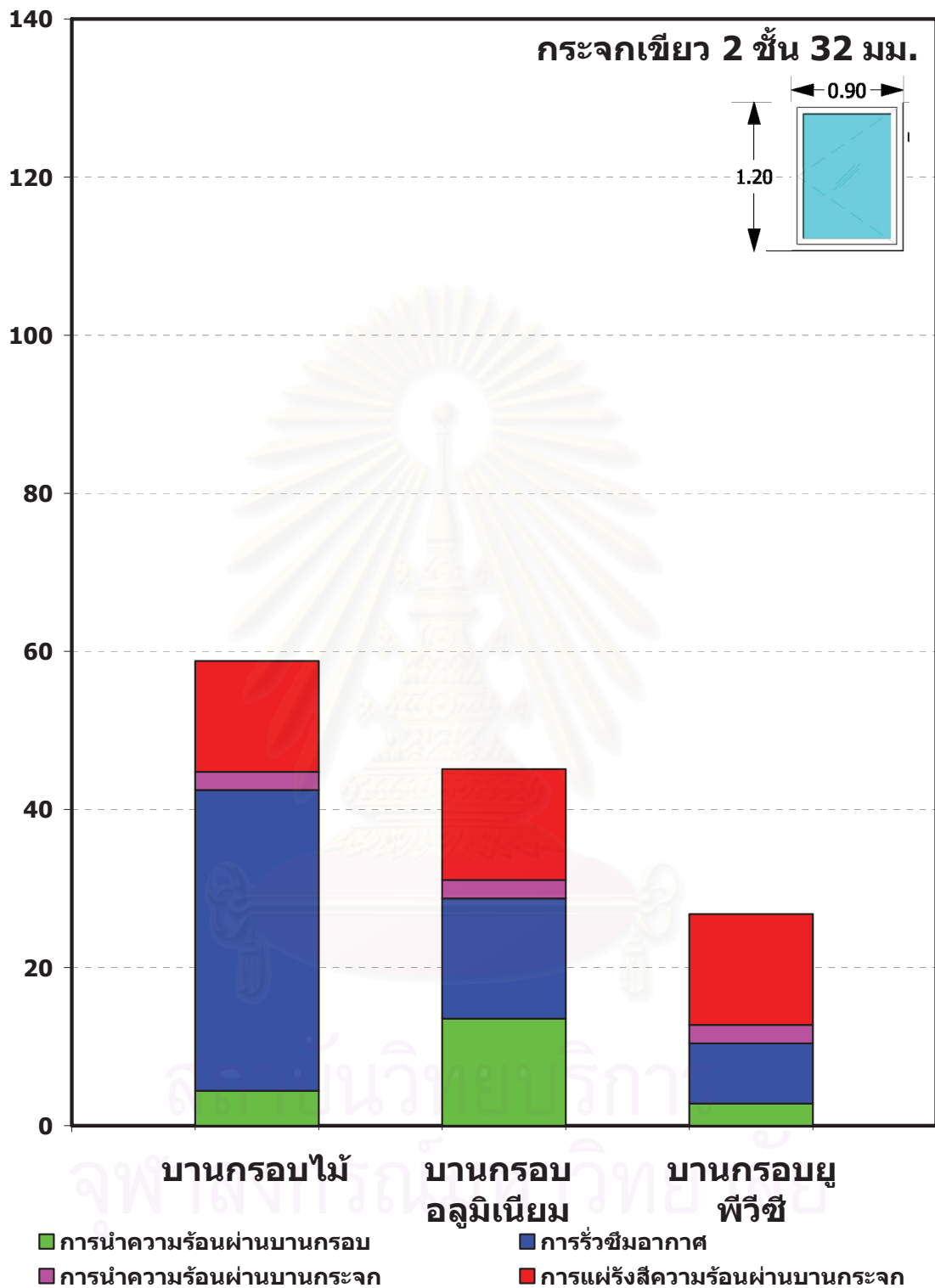




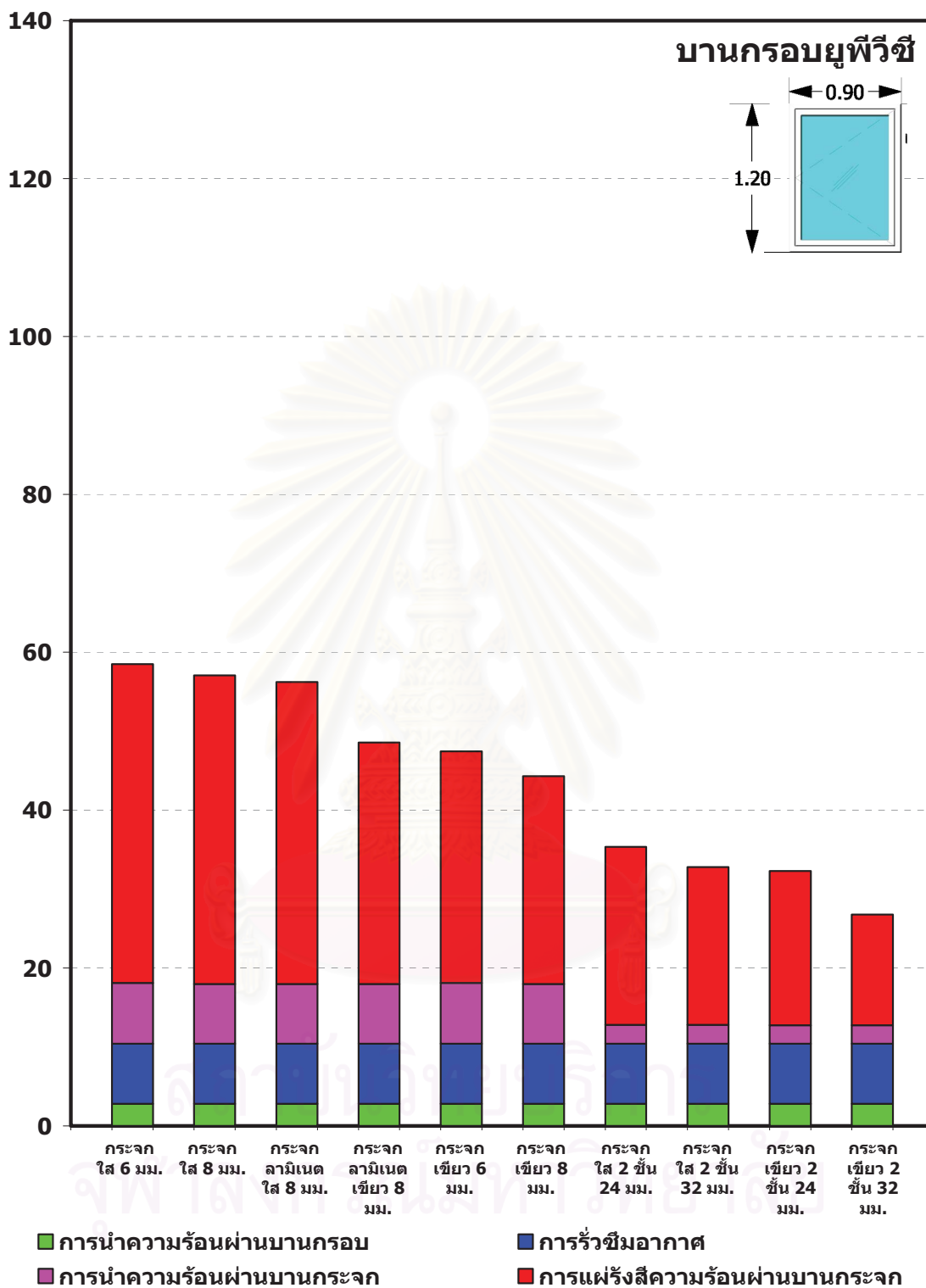
แผนภูมิที่ 4-38 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดบานกรอบยูพีวีซี และกระจกเขียว ชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x2.00 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



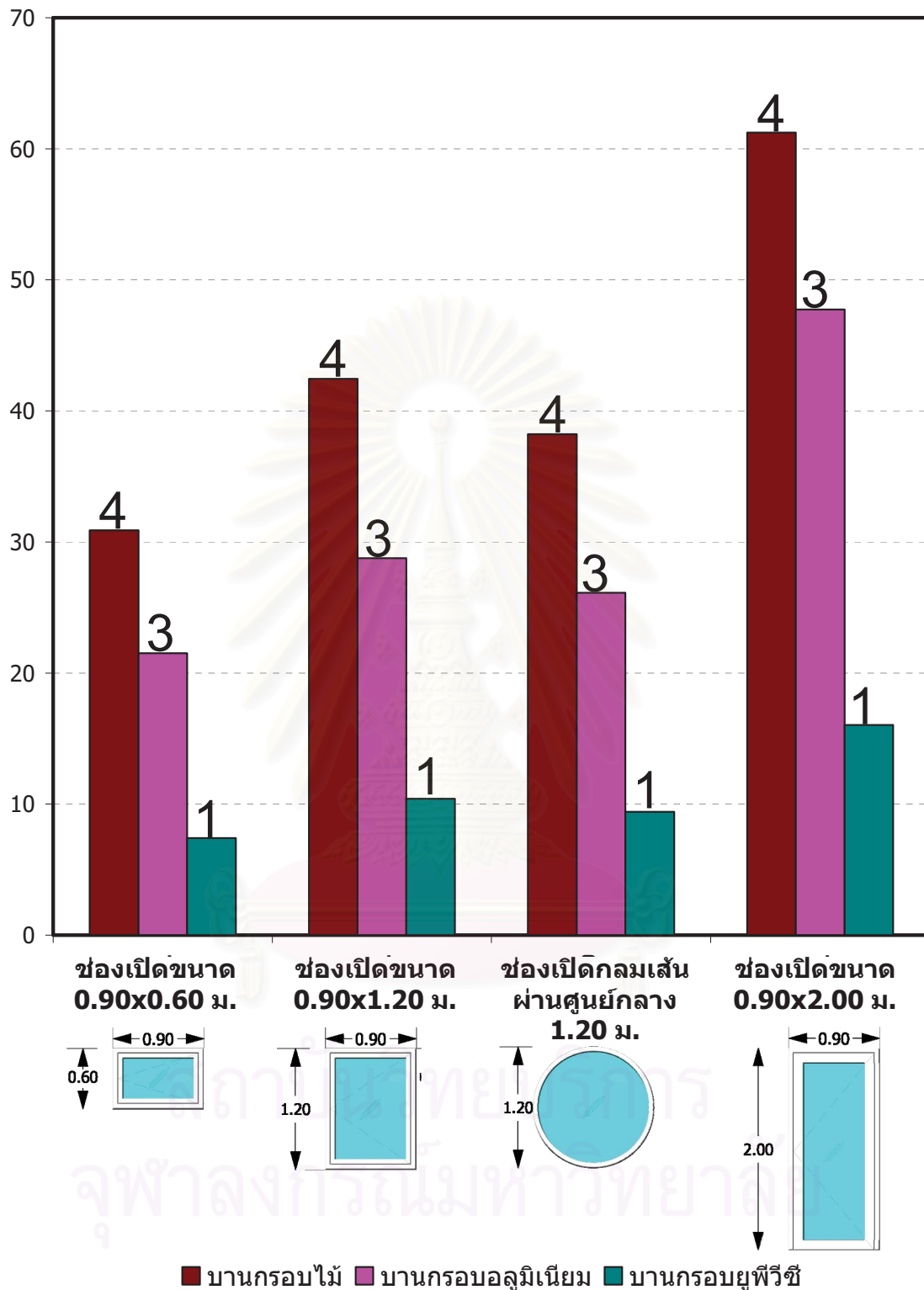
แผนภูมิที่ 4-39 เปรียบเทียบพลังงานเฉลี่ยในช่วงเวลา 0:80-17:00 นาฬิกา ที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



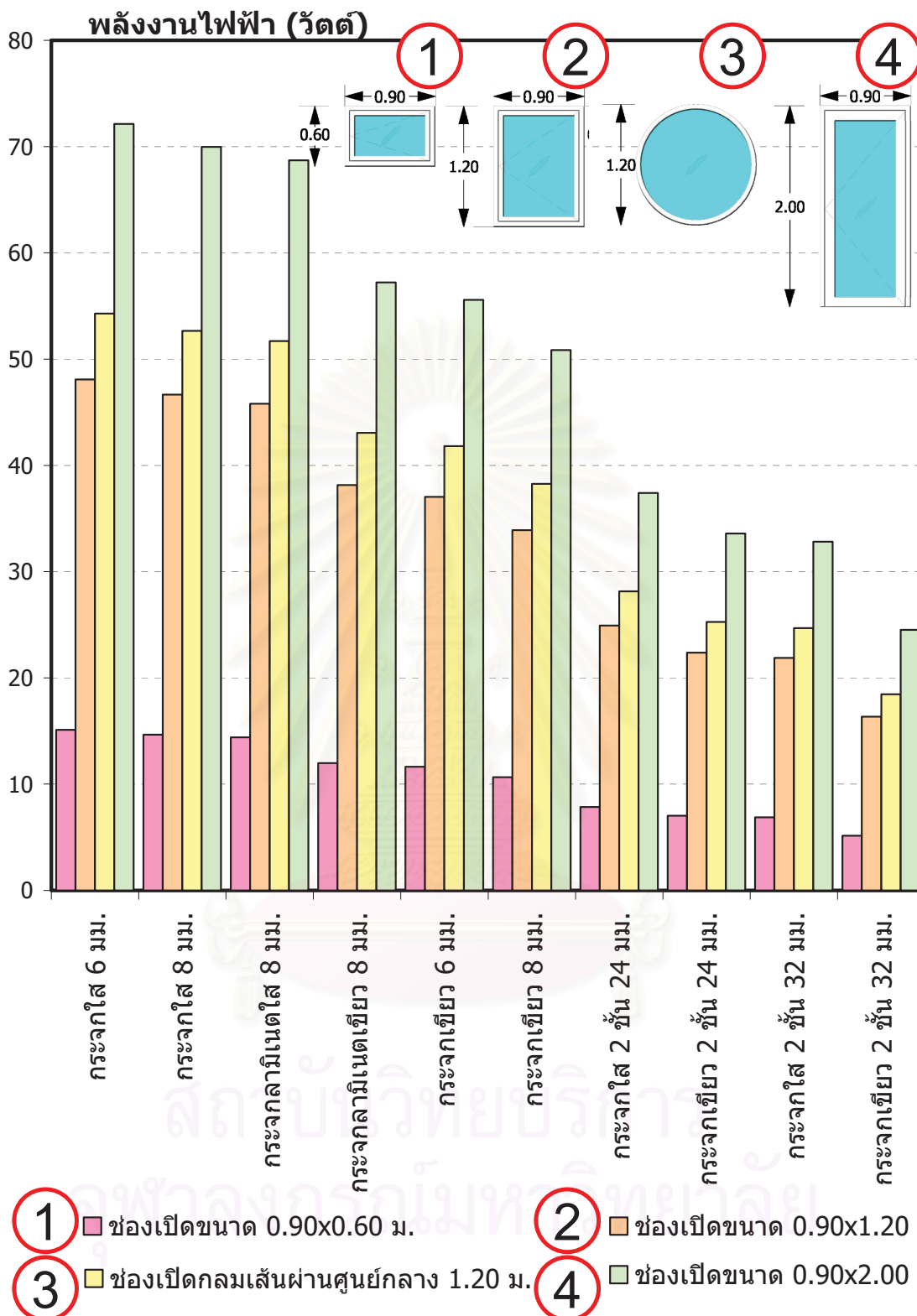
แผนภูมิที่ 4-40 เปรียบเทียบพลังงานเฉลี่ยในช่วงเวลา 00:80-17:00 นาฬิกา ที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดที่ใช้บานกรอบชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



แผนภูมิที่ 4-41 เปรียบเทียบพลังงานเฉลี่ยที่ในช่วงเวลา 0:80-17:00 นาฬิกา ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดที่ใช้บานกระจกชนิดต่าง ๆ ขนาด 0.90x1.20 เมตร ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550



แผนภูมิที่ 4-42 เปรียบเทียบอัตราส่วนของพลังงานเฉลี่ยในช่วงเวลา 0:80-17:00 นาฬิกา ที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดผ่านบานกรอบ ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550 พบว่าอัตราส่วนพลังงานไฟฟ้าระหว่างบานกรอบไม้ อลูมิเนียม และยูพีวีซี เท่ากับ 4:3:1



แผนภูมิที่ 4-43 เปรียบเทียบอัตราส่วนของพลังงานเฉลี่ยในช่วงเวลา 0:80-17:00 นาฬิกา ที่ใช้ในการจัดความร้อนของช่องเปิดผ่านบานกระจก ทางด้านทิศตะวันตก เดือนเมษายน ปี 2550

## สรุปผลการถ่ายเทความร้อน ความชื้น และการใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อนของช่องเปิด

ผลการศึกษาด้านการถ่ายเทความร้อน และการใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อนของช่องเปิดสามารถแบ่งการพิจารณาได้ 2 ส่วนคือ ส่วนบานกรอบ และส่วนบานกระจก

การพิจารณาในส่วนบานกรอบ จากแผนภูมิที่ 4-40 พบว่าวัสดุช่องเปิดที่มีผลต่อการใช้พลังงานในการขจัดความร้อนจากมากไปน้อยคือ ช่องเปิดบานกรอบไม้ บานกรอบอลูมิเนียม และบานกรอบยูพีวีซี ตามลำดับ ตัวแปรที่มีอิทธิพลคือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของบานกรอบ และอัตราการรั่วซึมอากาศของช่องเปิด โดยบานกรอบไม้มีอัตราการรั่วซึมอากาศสูงส่งผลให้การใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อนสูง ส่วนบานกรอบอลูมิเนียมการนำความร้อนผ่านบานกรอบสูงส่งผลให้การใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อนสูงเช่นกัน โดยอัตราส่วนพลังงานของบานกรอบไม้ อลูมิเนียม และยูพีวีซี เท่ากับ 4:3:1

การพิจารณาในส่วนบานกระจก จากแผนภูมิที่ 4-41 พบว่าพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนของช่องเปิดจากมากไปน้อยคือ ช่องเปิดบานกระจกใส 6 มม. กระจกใส 8 มม. กระจกลามิเนตใส 8 มม. กระจกลามิเนตเขียว 8 มม. กระจกเขียว 6 มม. กระจกเขียว 8 มม. กระจกใส 2 ชั้น 24 มม. กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. กระจกเขียว 2 ชั้น 24 มม. และกระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. ตามลำดับ ตัวแปรที่มีอิทธิพลคือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ของบานกระจก และค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ของบานกระจก อัตราส่วนระหว่างบานกระจกใส 6 มม. และบานกระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. คือ 2.94:1

#### 4.1.2. การวิเคราะห์ปริมาณพลังงานที่ได้รับจากการใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด เทียบเท่ากับพลังงานไฟฟ้าที่ลดได้จากแสงประดิษฐ์

การศึกษาการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในอาคารเป็นการหาพลังงานไฟฟ้าที่อาคารสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์ เปรียบเสมือนอาคารได้รับพลังงานจากแสงธรรมชาติเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์

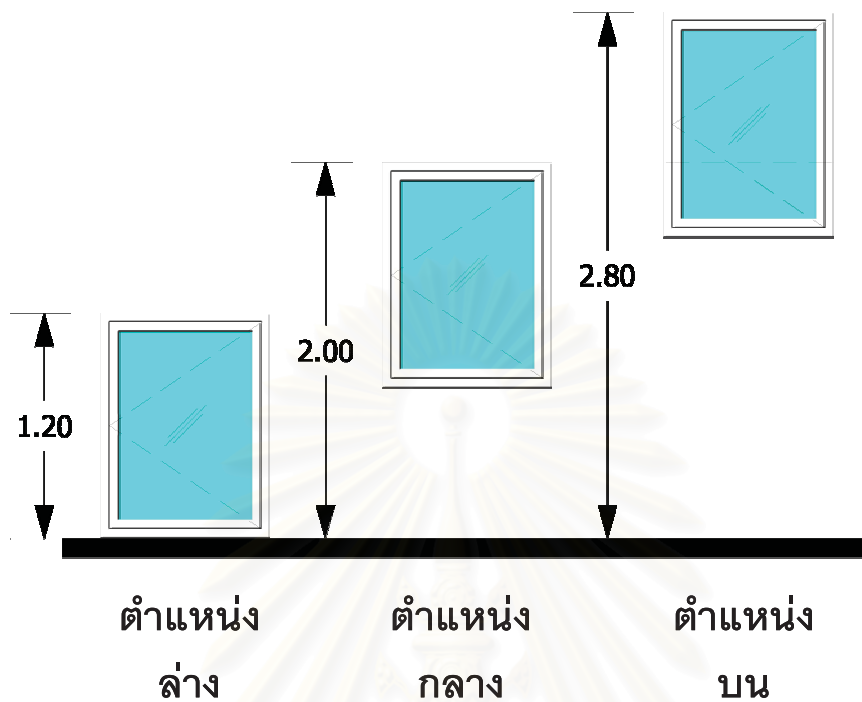
การศึกษาแสงธรรมชาติทำการศึกษาช่องเปิด 4 ชนิดเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณพลังงานที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดดังที่แสดงในรูปที่ 4-1 โดยช่องเปิดดังกล่าวติดตั้งใน 3 ตำแหน่ง คือตำแหน่งล่าง ตำแหน่งกลาง และตำแหน่งบน ดังที่แสดงในรูปที่ 4-3 4-7 4-11 และ 4-15 แนวทางการวิจัยทำโดยหาระดับความส่องสว่างด้วยวิธีหาตัวประกอบแสงธรรมชาติ (daylight factor) จากแบบจำลองซึ่งมีค่าการสะท้อนแสงของฝ้าเพดาน ผนัง และพื้น ที่ร้อยละ 80, 50 และ 20 ตามลำดับ



รูปที่ 4-2 เครื่องมือที่ใช้ทดสอบแสงธรรมชาติ



ระดับความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ และพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร



รูปที่ 4-3 ตำแหน่งติดตั้งสำหรับทดสอบช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร



รูปที่ 4-4 การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิด 0.90x1.20 เมตร ที่ตำแหน่งล่าง

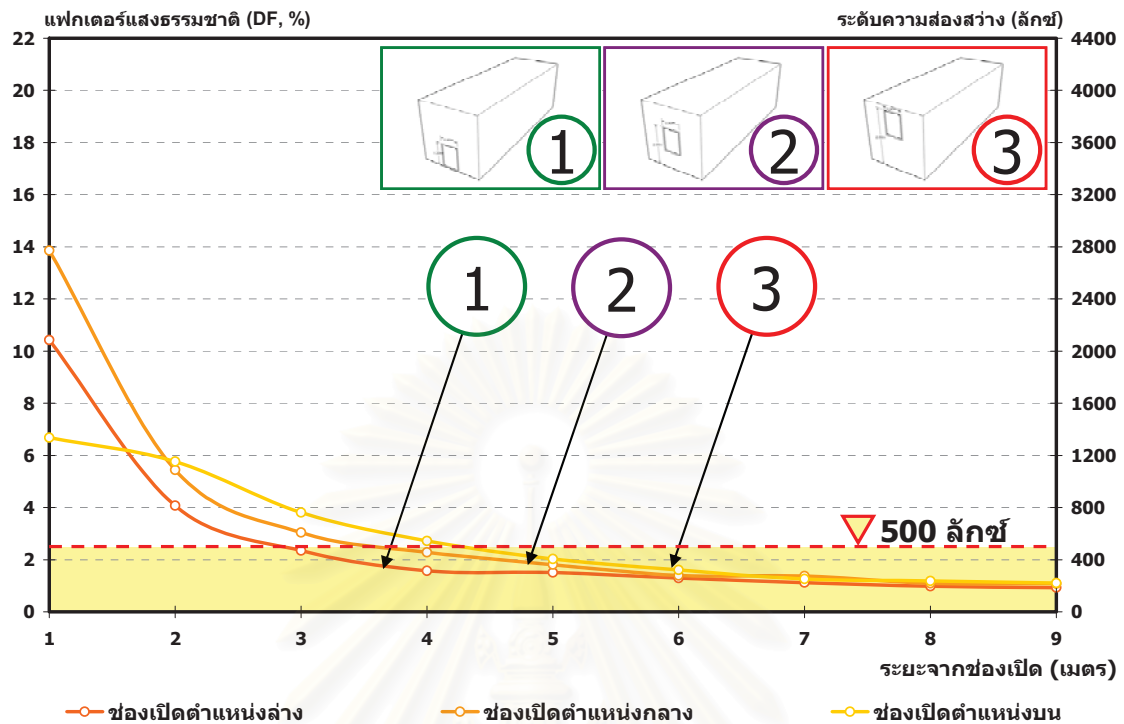


รูปที่ 4-5 การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิด 0.90x1.20 เมตร ที่ยัดตำแหน่งกลาง



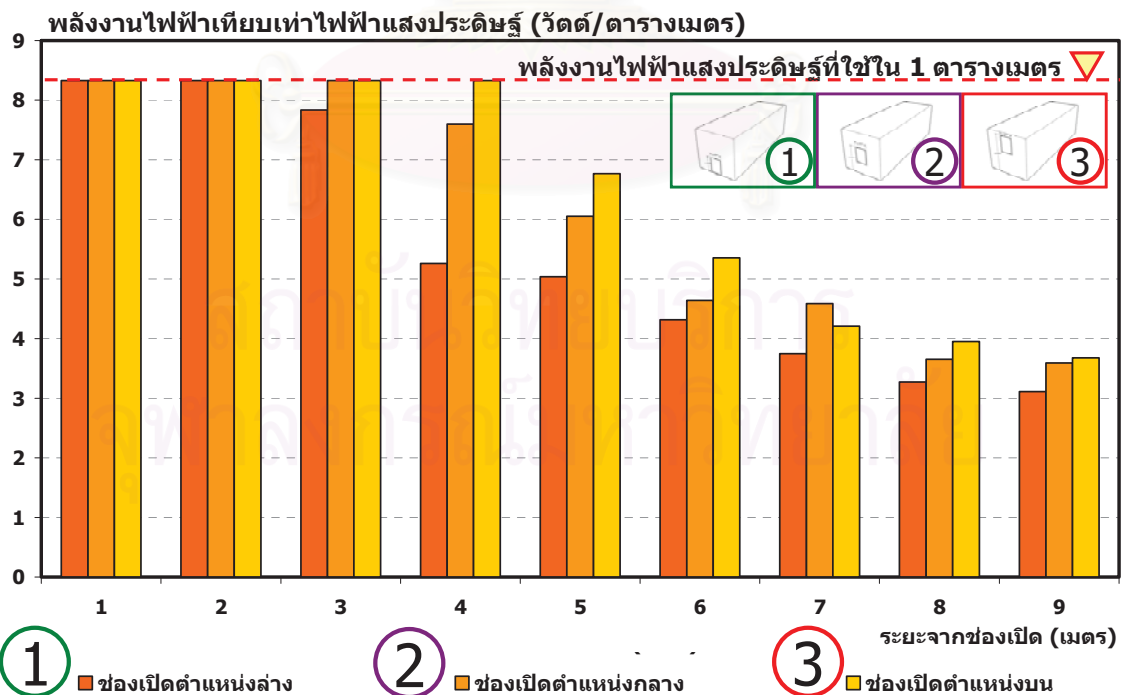
รูปที่ 4-6 การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิด 0.90x1.20 เมตร ที่ตำแหน่งบน

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระฉกใส 6 มม.



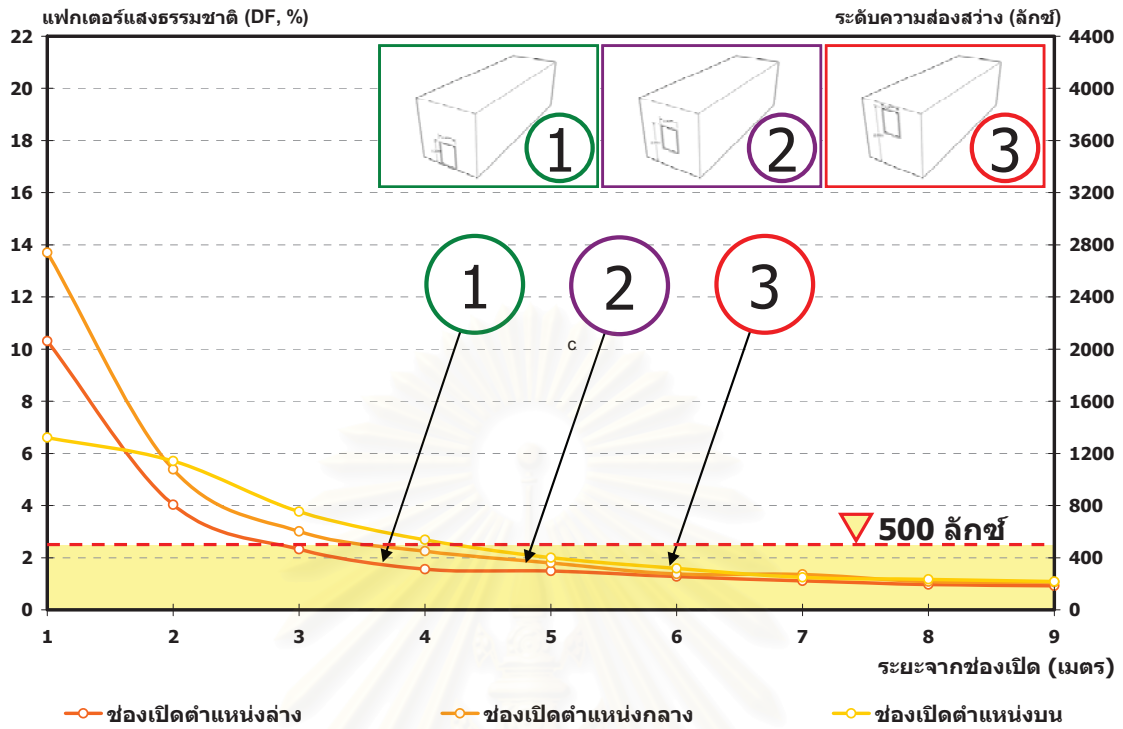
แผนภูมิที่ 4-44 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระฉกใส 6 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร บานกระฉกใส 6 มม.



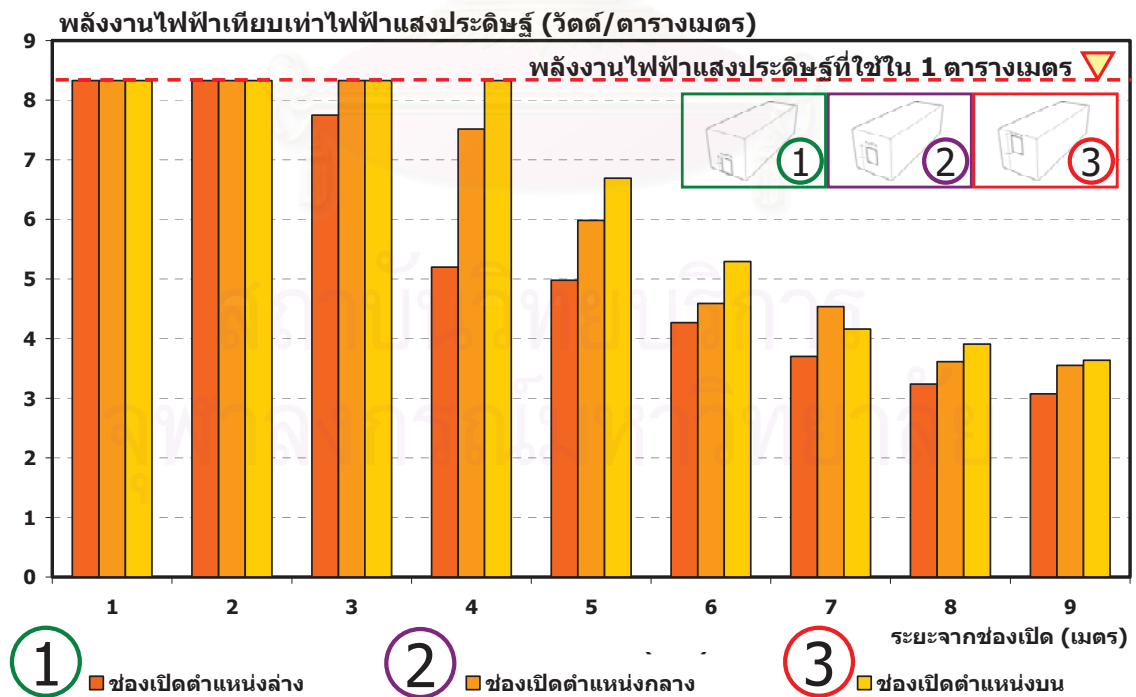
แผนภูมิที่ 4-45 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระฉกใส 6 มม.

**ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกใส 8 มม.**



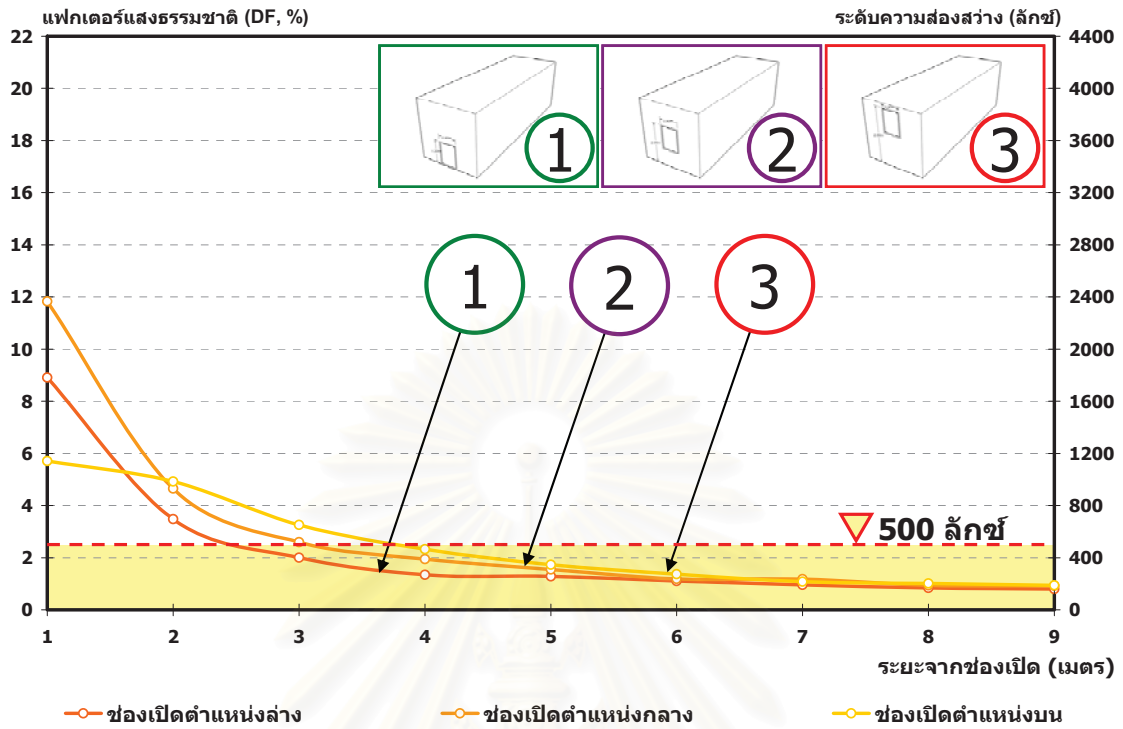
แผนภูมิที่ 4-46 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกใส 8 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

**พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร บานกระจกใส 8 มม.**



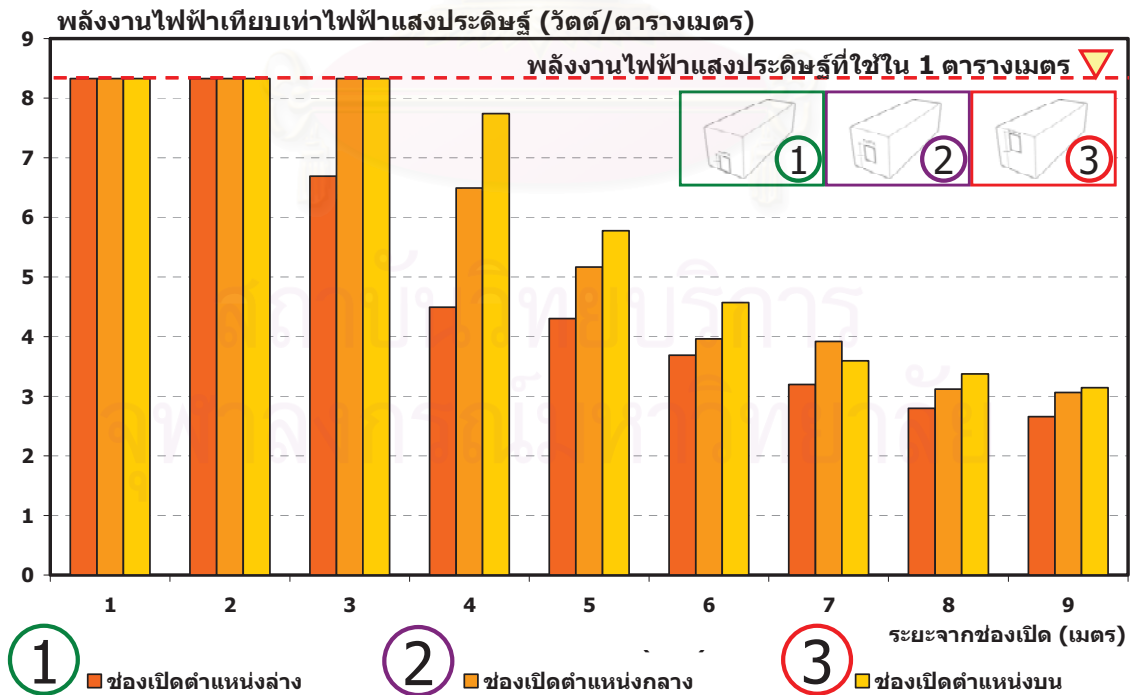
แผนภูมิที่ 4-47 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกใส 8 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกเขียว 6 มม.



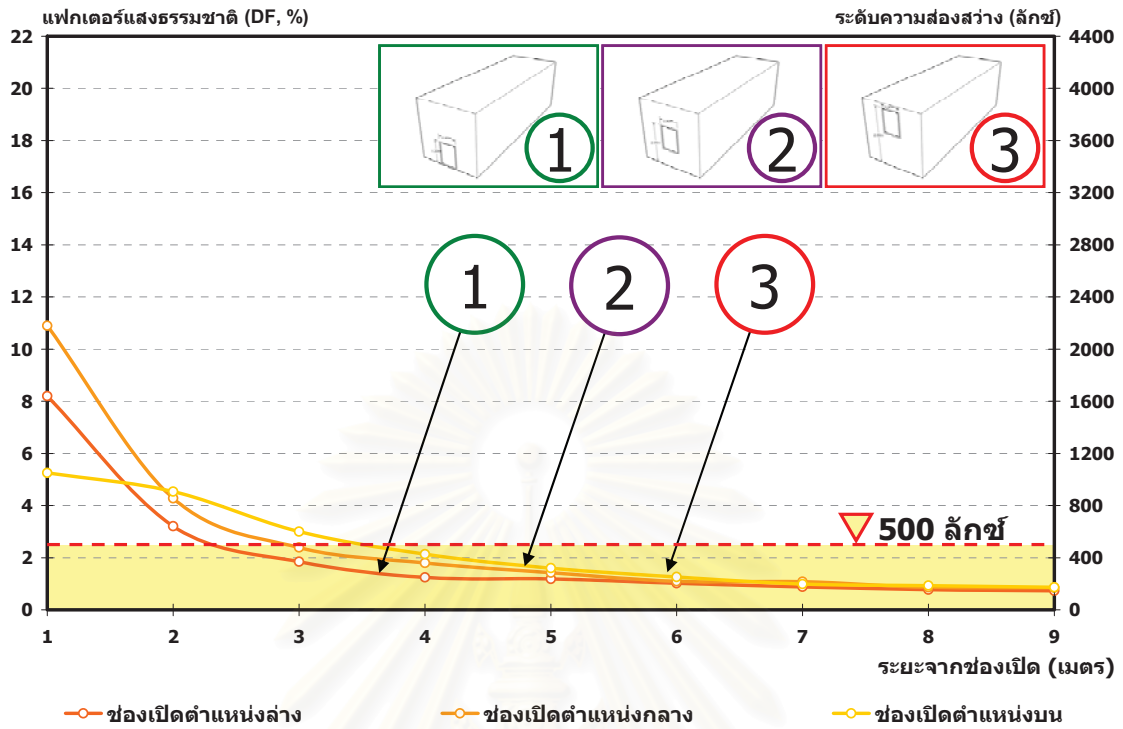
แผนภูมิที่ 4-48 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกเขียว 6 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร บานกระจกเขียว 6 มม.



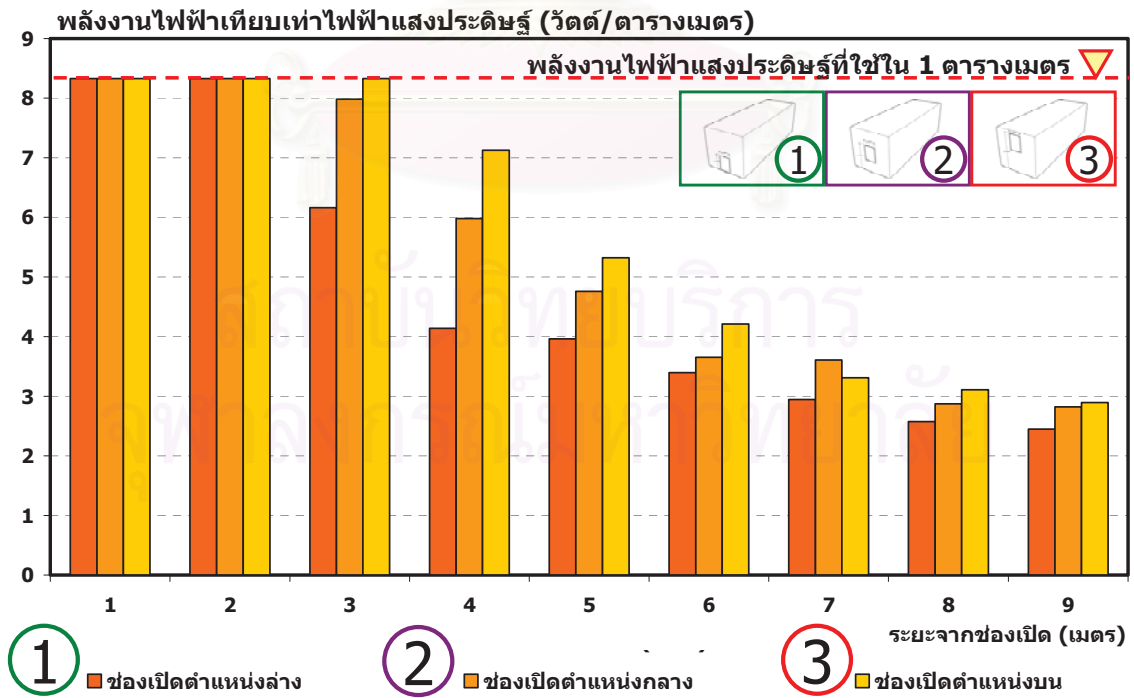
แผนภูมิที่ 4-49 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกเขียว 6 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกเขียว 8 มม.



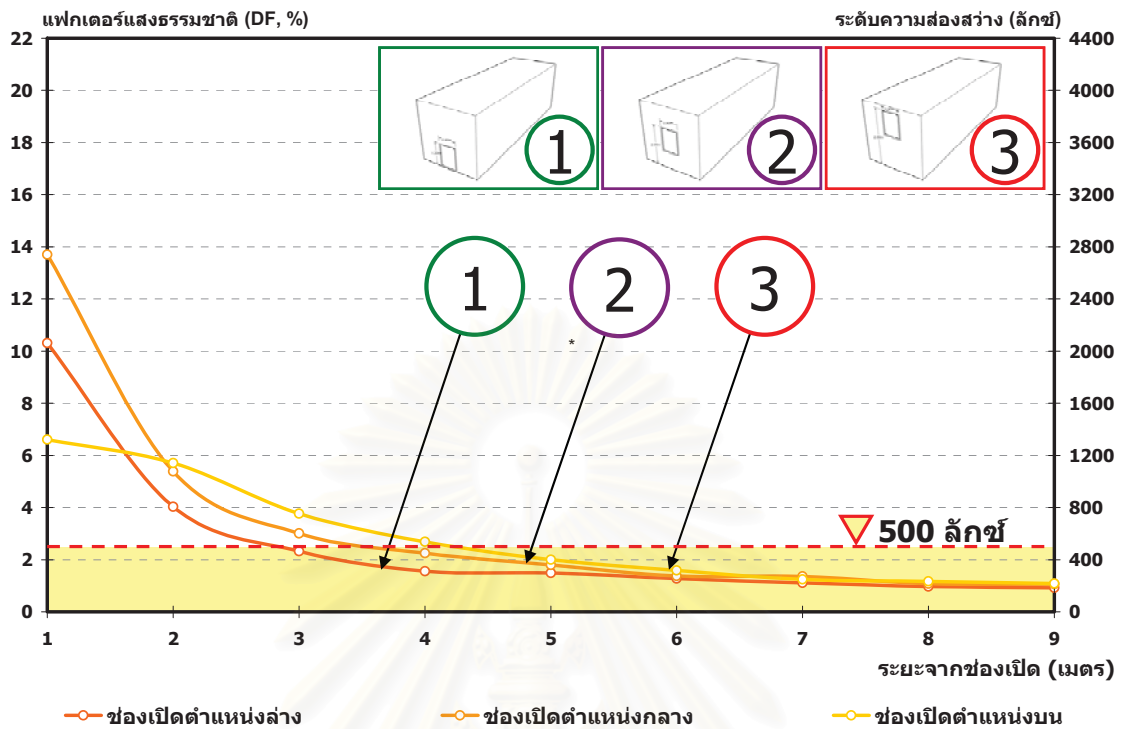
แผนภูมิที่ 4-50 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกเขียว 8 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกเขียว 8 มม.



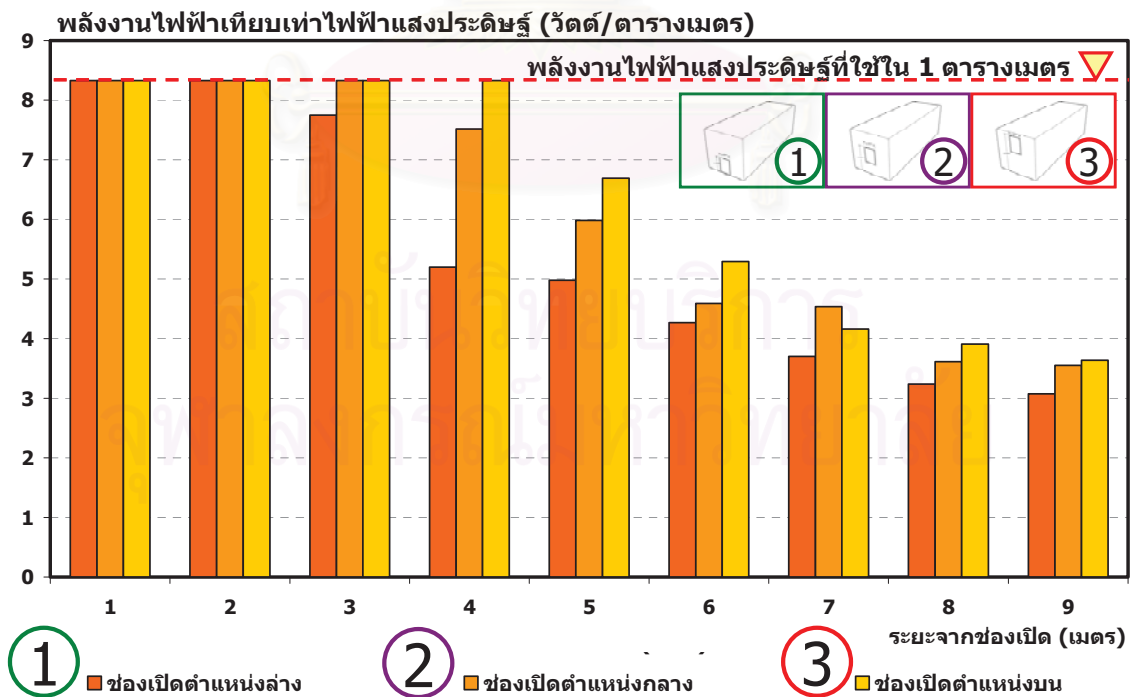
แผนภูมิที่ 4-51 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกเขียว 8 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกلاميเน็ตใส 8 มม.



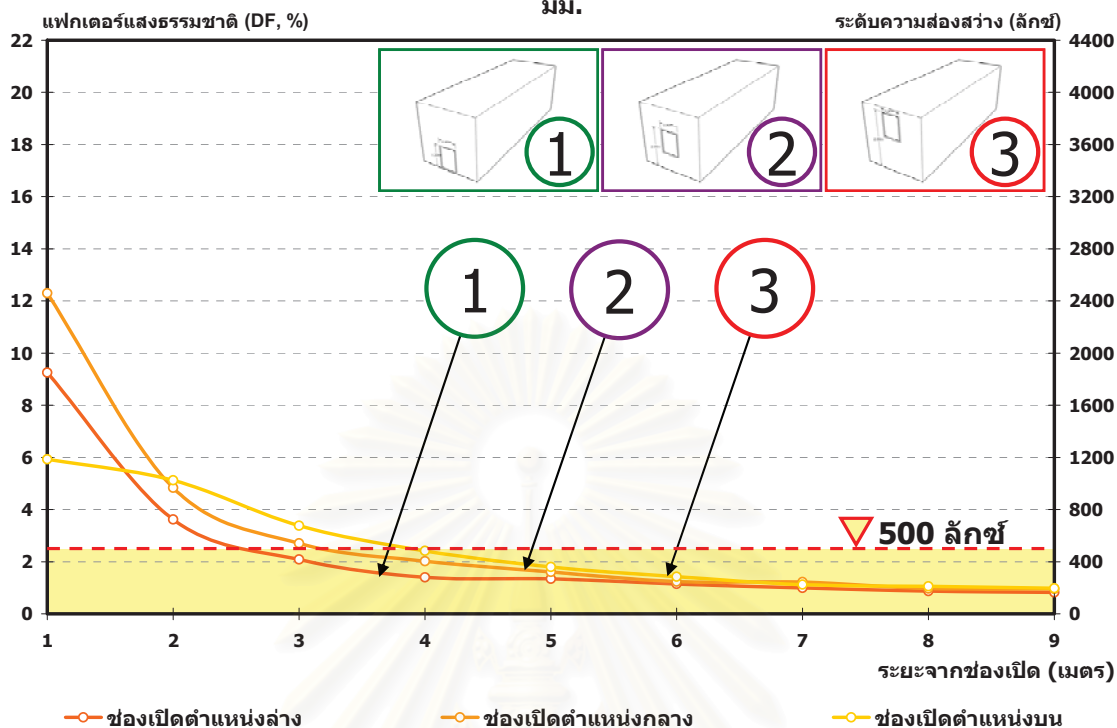
แผนภูมิที่ 4-52 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกلاميเน็ตใส 8 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร บานกระจกلاميเน็ตใส 8 มม.



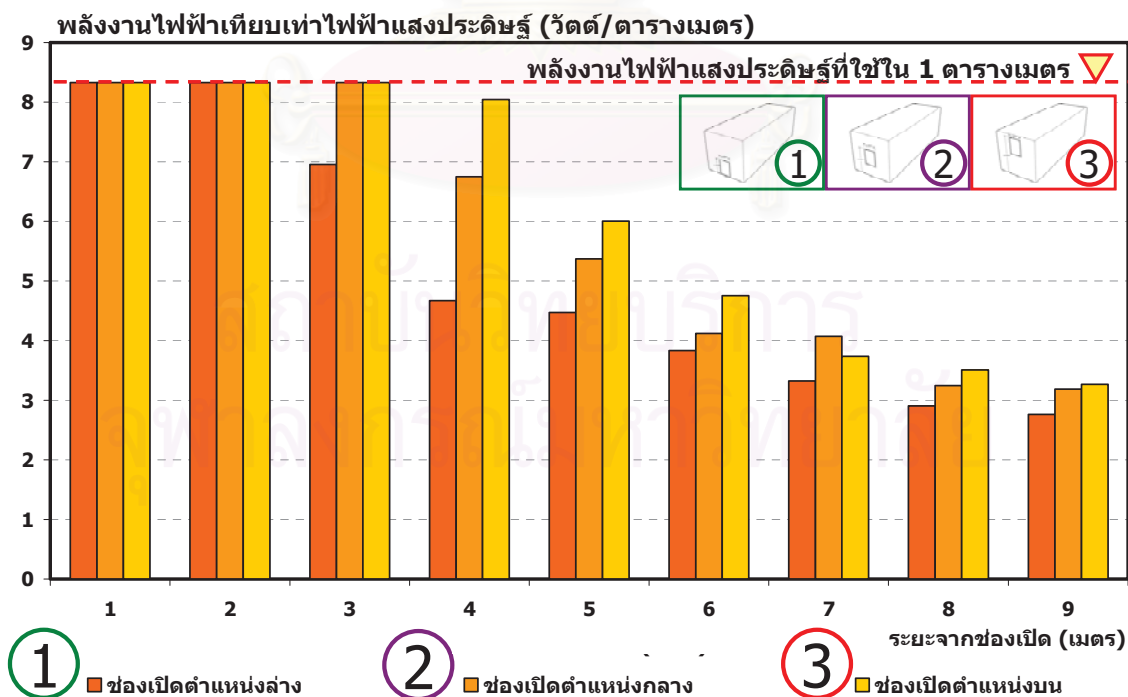
แผนภูมิที่ 4-53 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกلاميเน็ตใส 8 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกلاميเน็ตเขียว 8 มม.



แผนภูมิที่ 4-54 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกلاميเน็ตเขียว 8 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

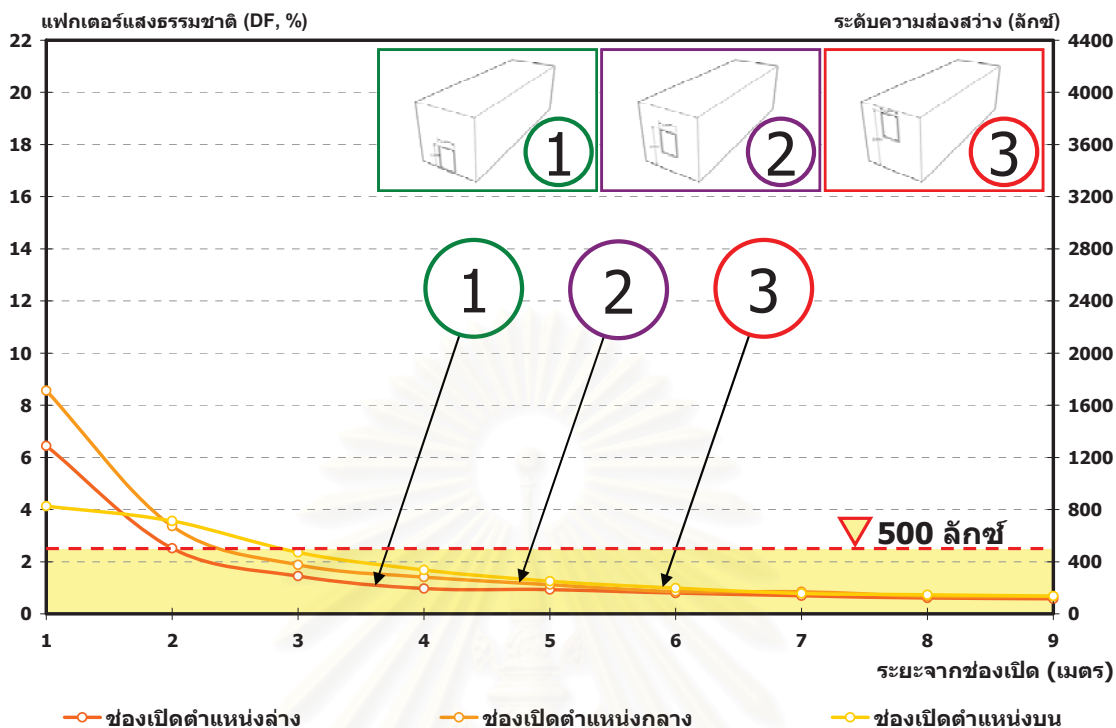
พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร บานกระจกلاميเน็ตเขียว 8 มม.



แผนภูมิที่ 4-55 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกلاميเน็ตเขียว 8 มม.

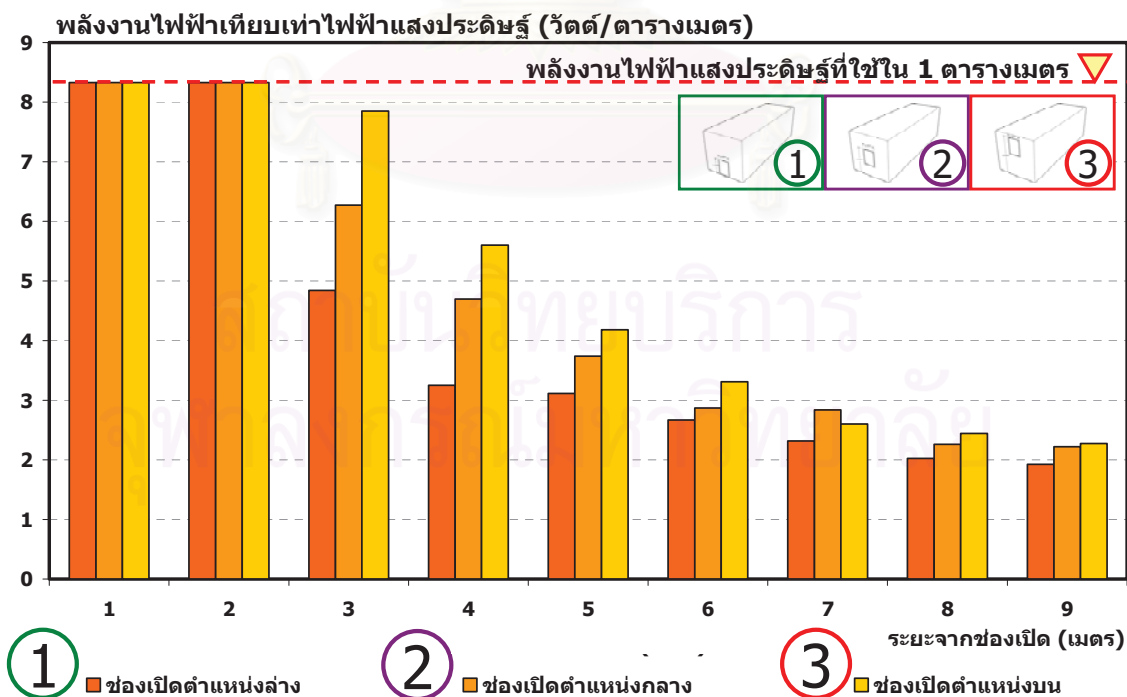


ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 24 มม.



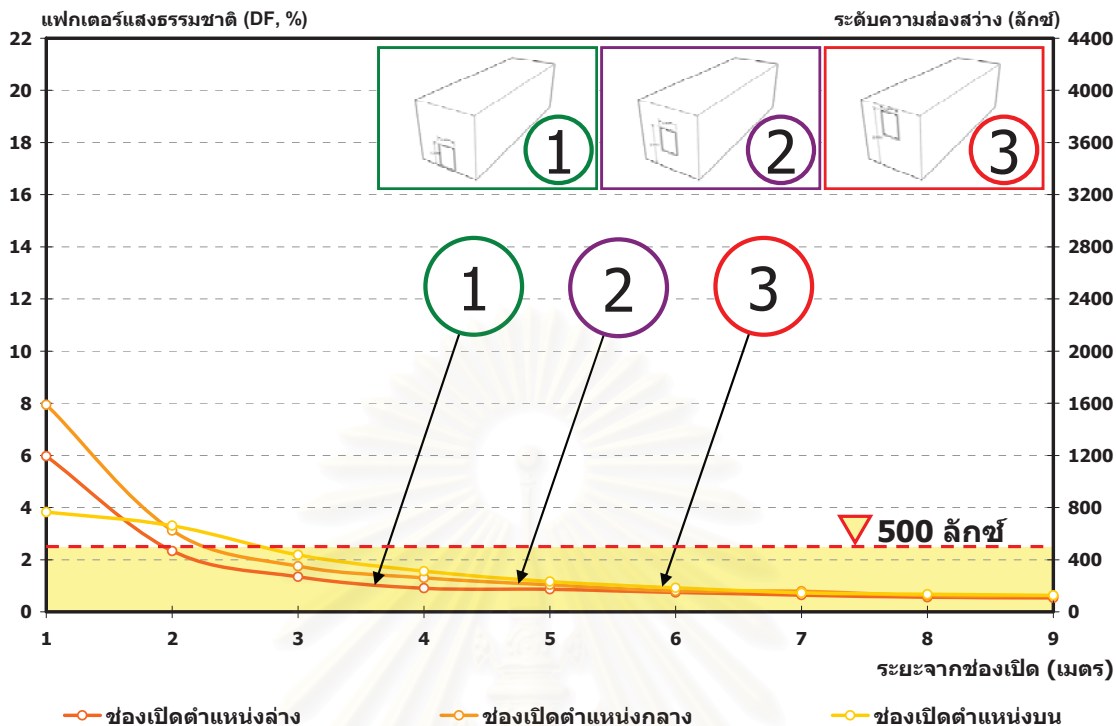
แผนภูมิที่ 4-56 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 24 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร บานกระจกใส 2 ชั้น 24 มม.



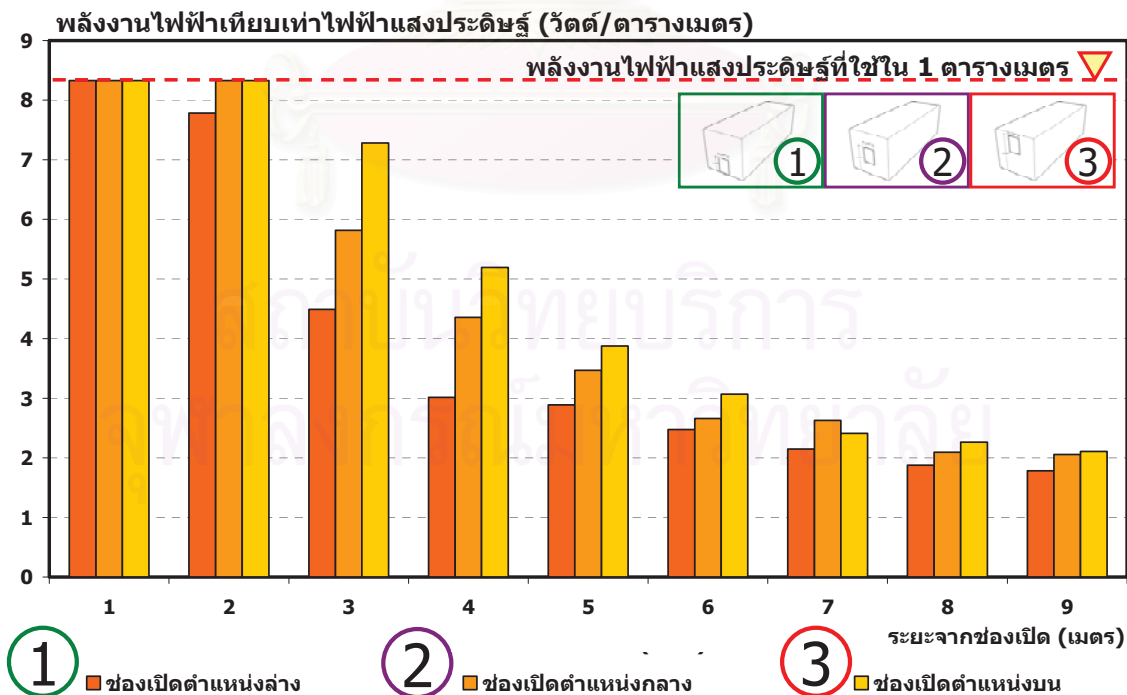
แผนภูมิที่ 4-57 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 24 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.



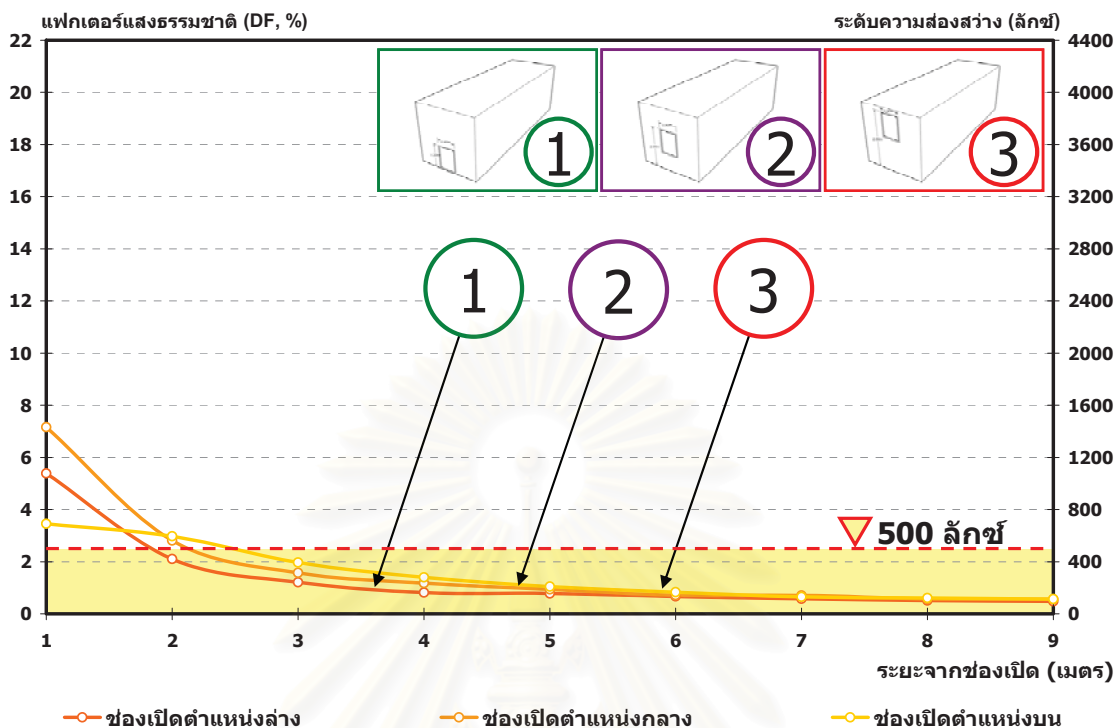
แผนภูมิที่ 4-58 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร บานกระจกใส 2 ชั้น 32 มม.



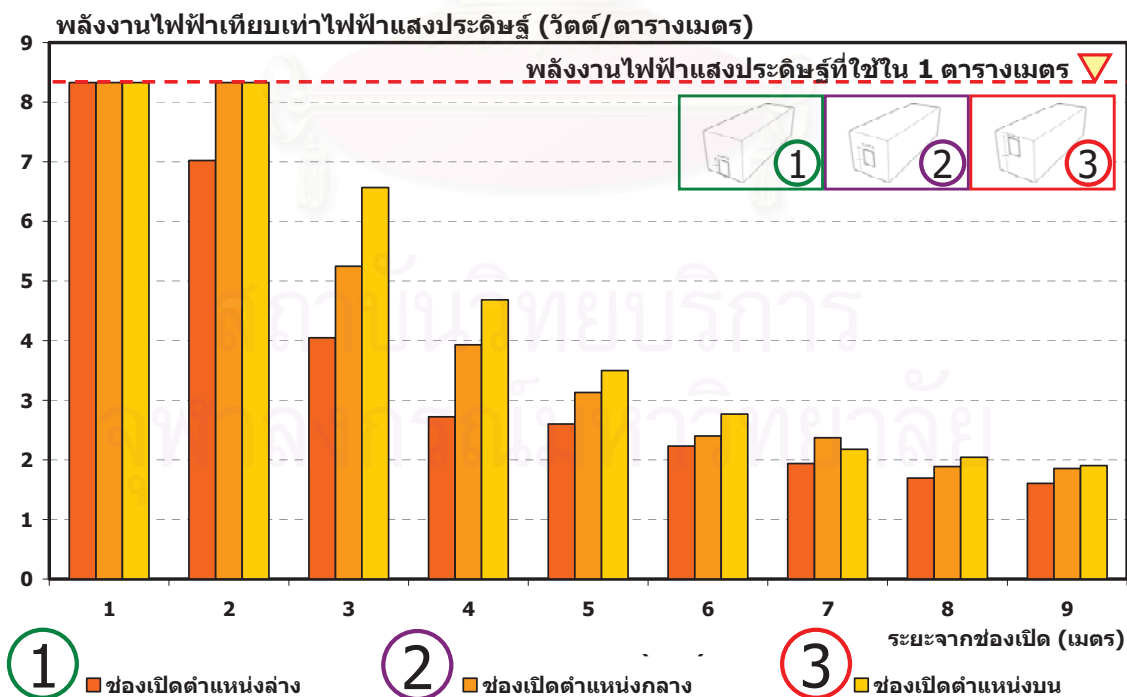
แผนภูมิที่ 4-59 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระฉกเขี้ยว 2 ชั้น 24 มม.



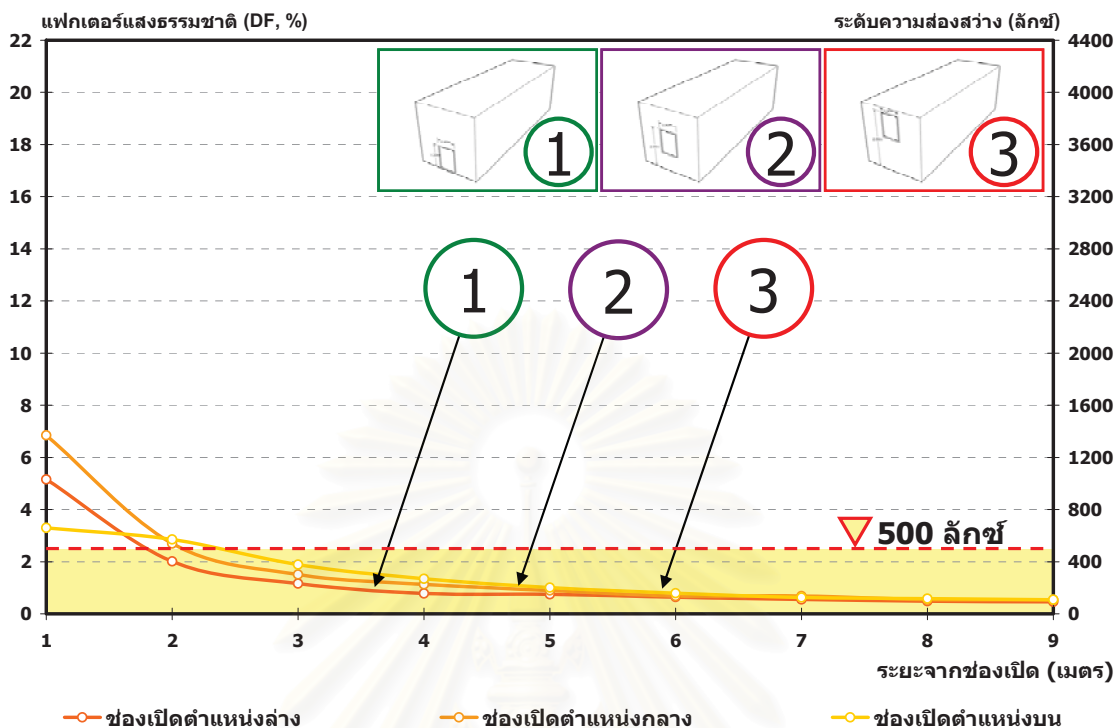
แผนภูมิที่ 4-60 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระฉกเขี้ยว 2 ชั้น 24 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร บานกระฉกเขี้ยว 2 ชั้น 24 มม.



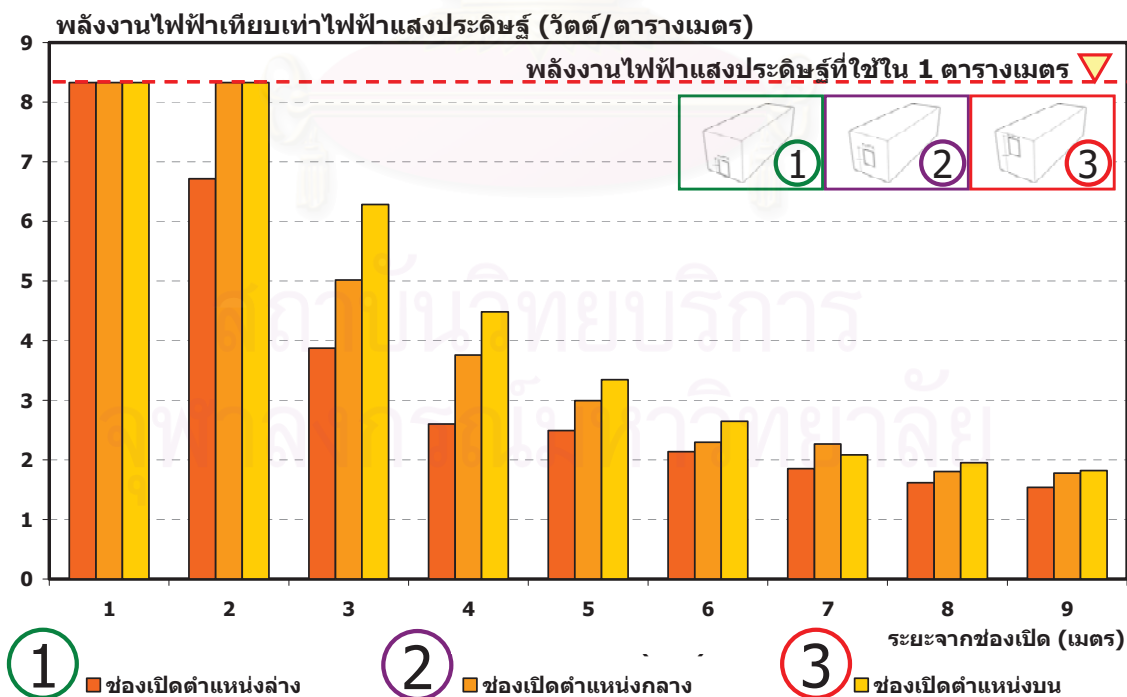
แผนภูมิที่ 4-61 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระฉกเขี้ยว 2 ชั้น 24 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระฉกเขี้ยว 2 ชั้น 32 มม.



แผนภูมิที่ 4-62 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระฉกเขี้ยว 2 ชั้น 32 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร บานกระฉกเขี้ยว 2 ชั้น 32 มม.



แผนภูมิที่ 4-63 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระฉกเขี้ยว 2 ชั้น 32 มม.



■ พลังงานจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์

แผนภูมิที่ 4-64 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร ตำแหน่งล่าง จากวัสดุบานกระจกแตกต่างกัน



■ พลังงานจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์

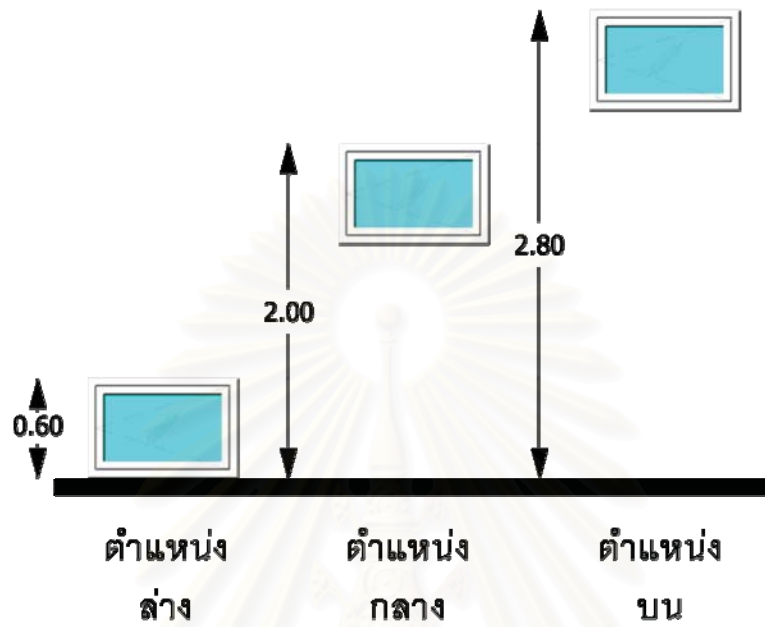
แผนภูมิที่ 4-65 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร ตำแหน่งกลาง จากวัสดุบานกระจกแตกต่างกัน



■ พลังงานจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์

แผนภูมิที่ 4-66 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร ตำแหน่งบน จากวัสดุบานกระຈกแตกต่างกัน

ระดับความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ และพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร



รูปที่ 4-7 ตำแหน่งติดตั้งสำหรับทดสอบช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร



รูปที่ 4-8 การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิด 0.90x0.60 เมตร ที่ตำแหน่งล่าง



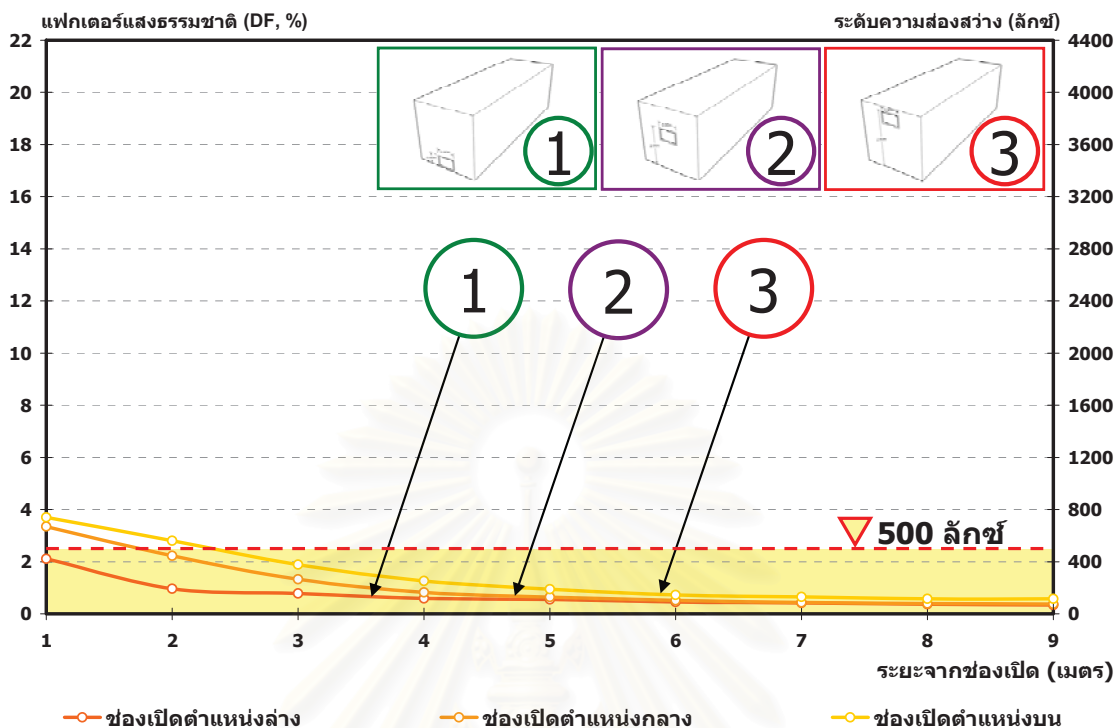


รูปที่ 4-9 การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิด 0.90x0.60 เมตร ที่ตำแหน่งกลาง



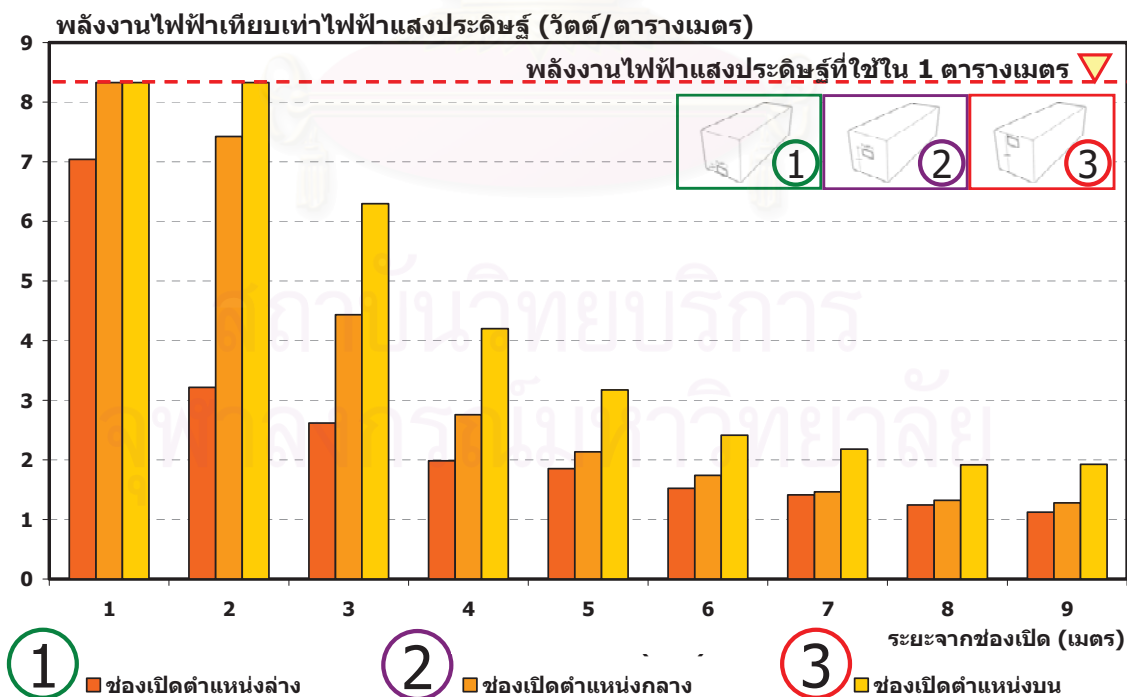
รูปที่ 4-10 การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิด 0.90x0.60 เมตร ที่ตำแหน่งบน

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระฉกใส 6 มม.



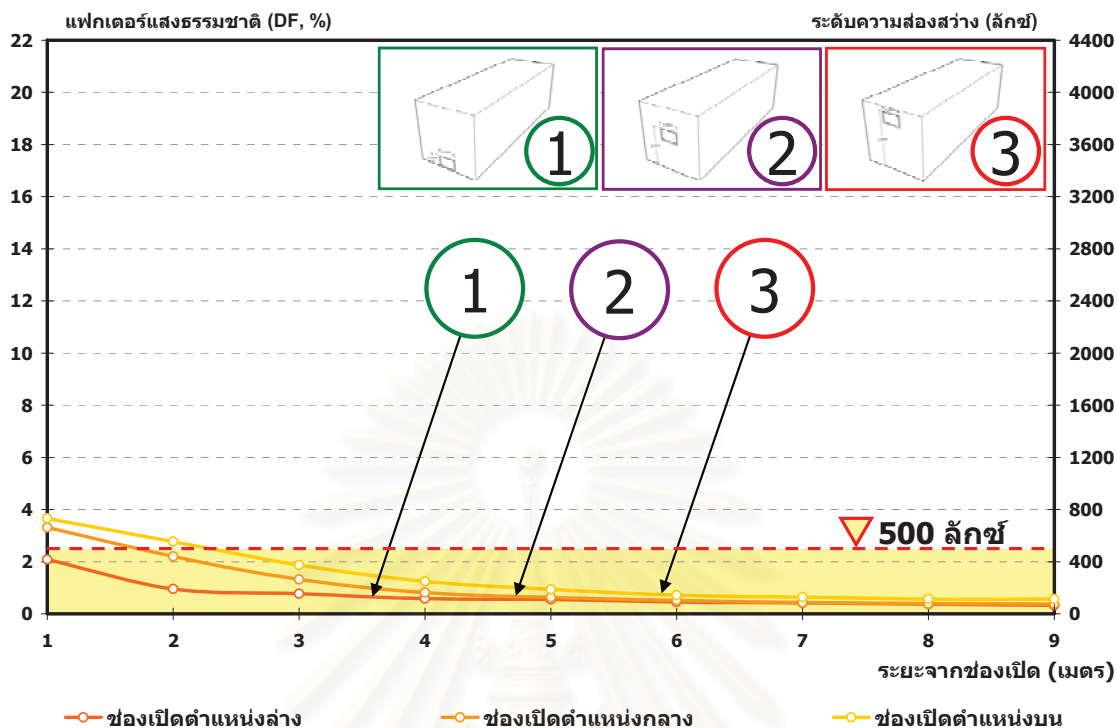
แผนภูมิที่ 4-67 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระฉกใส 6 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร บานกระฉกใส 6 มม.



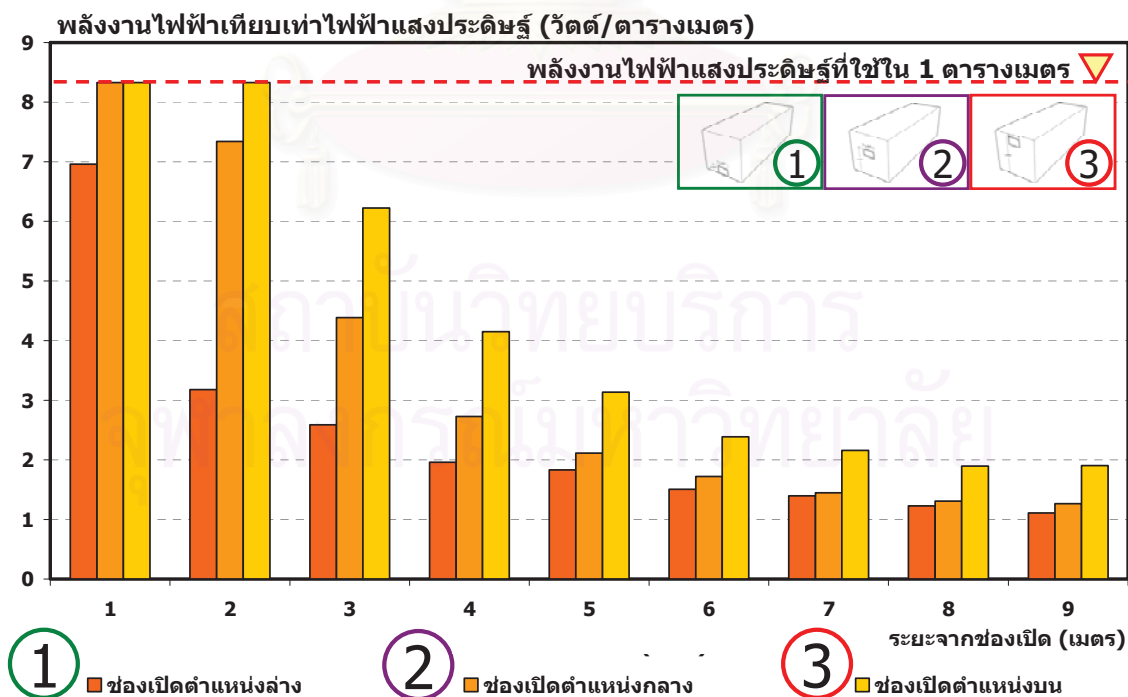
แผนภูมิที่ 4-68 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระฉกใส 6 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระฉกใส 8 มม.



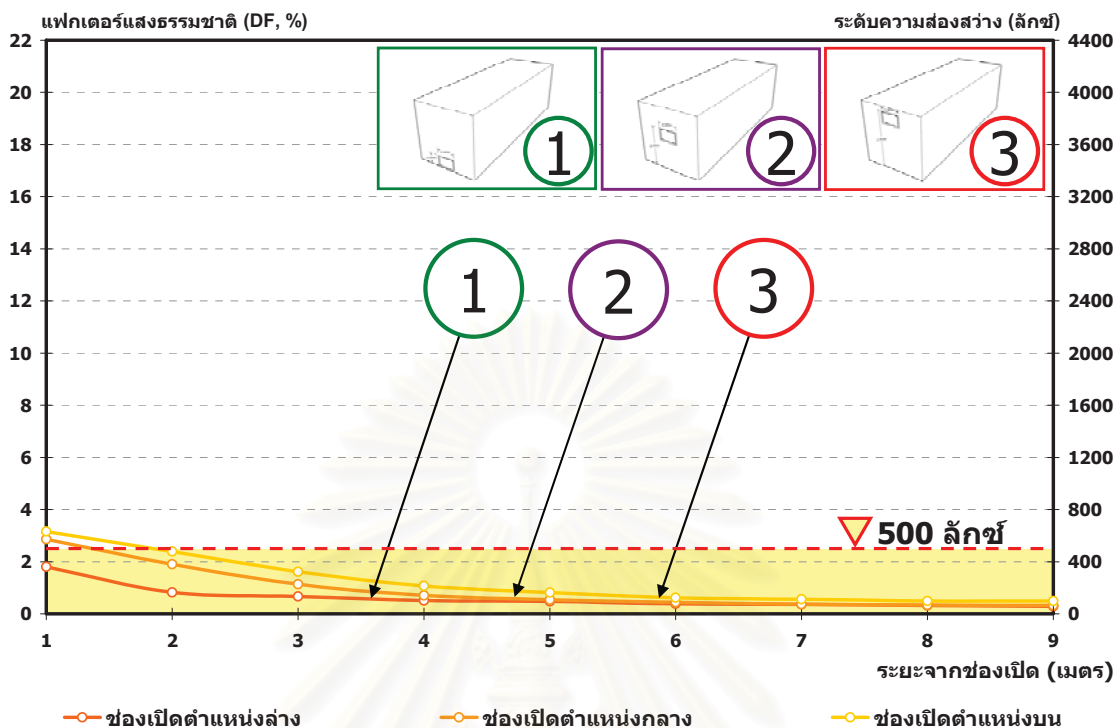
แผนภูมิที่ 4-69 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระฉกใส 8 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร บานกระฉกใส 8 มม.



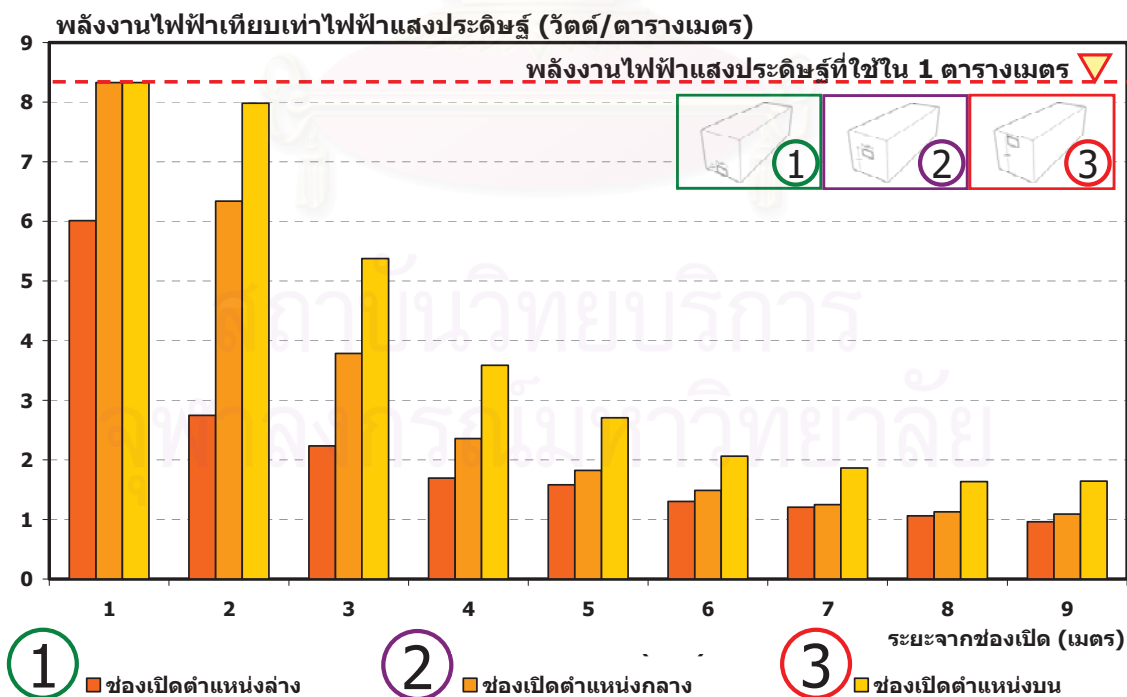
แผนภูมิที่ 4-70 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระฉกใส 8 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระฉากเขียว 6 มม.



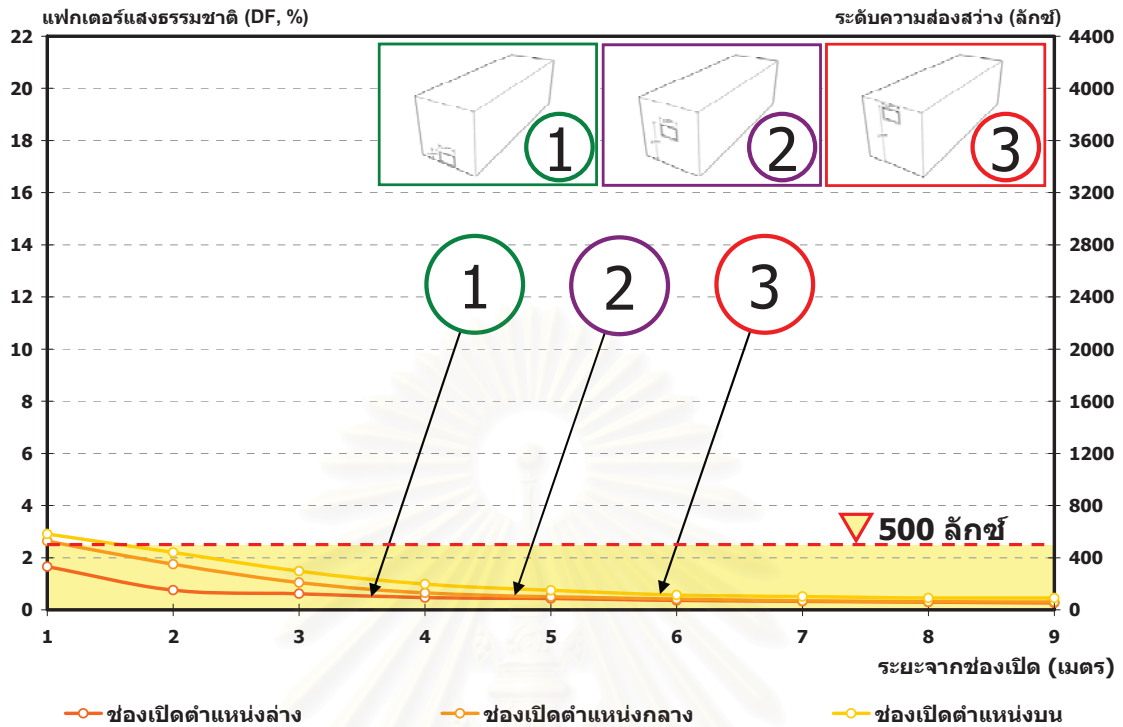
แผนภูมิที่ 4-71 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระฉากเขียว 6 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร บานกระฉากเขียว 6 มม.



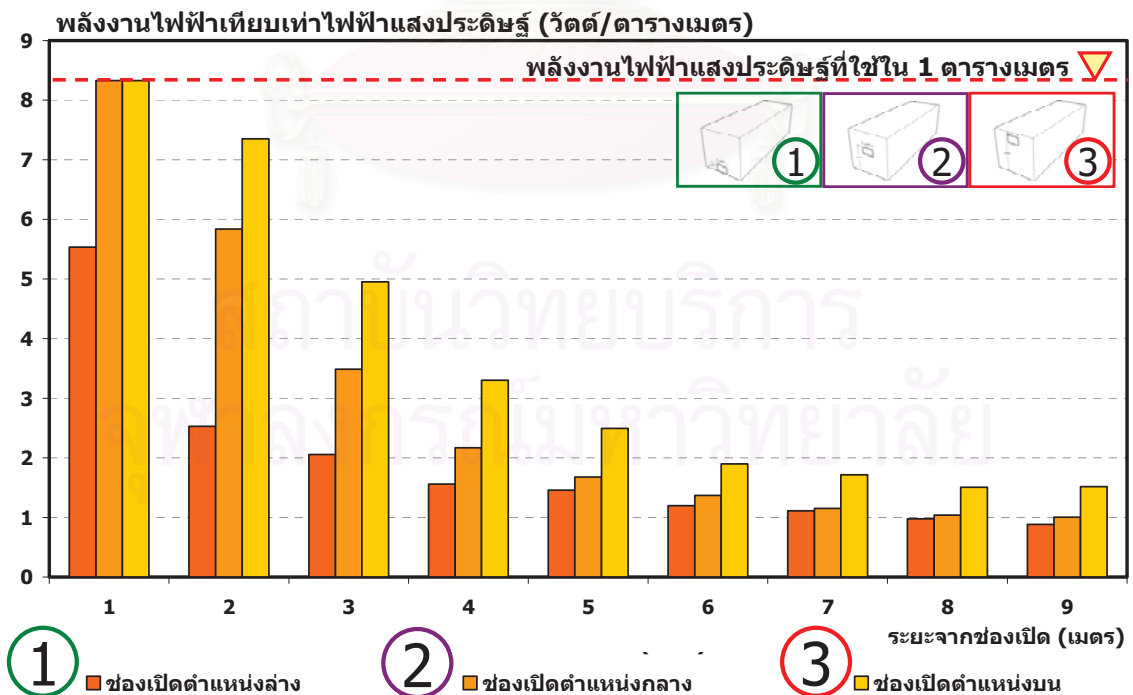
แผนภูมิที่ 4-72 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระฉากเขียว 6 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระจกเขียว 8 มม.



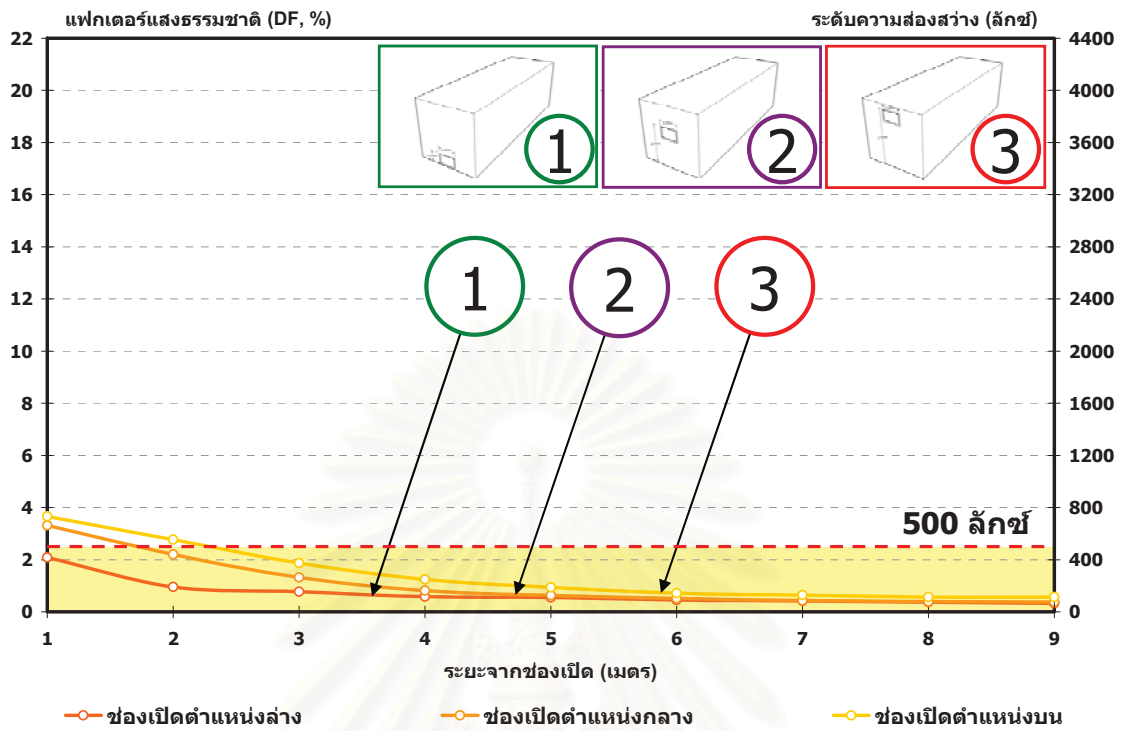
แผนภูมิที่ 4-73 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระจกเขียว 8 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระจกเขียว 8 มม.



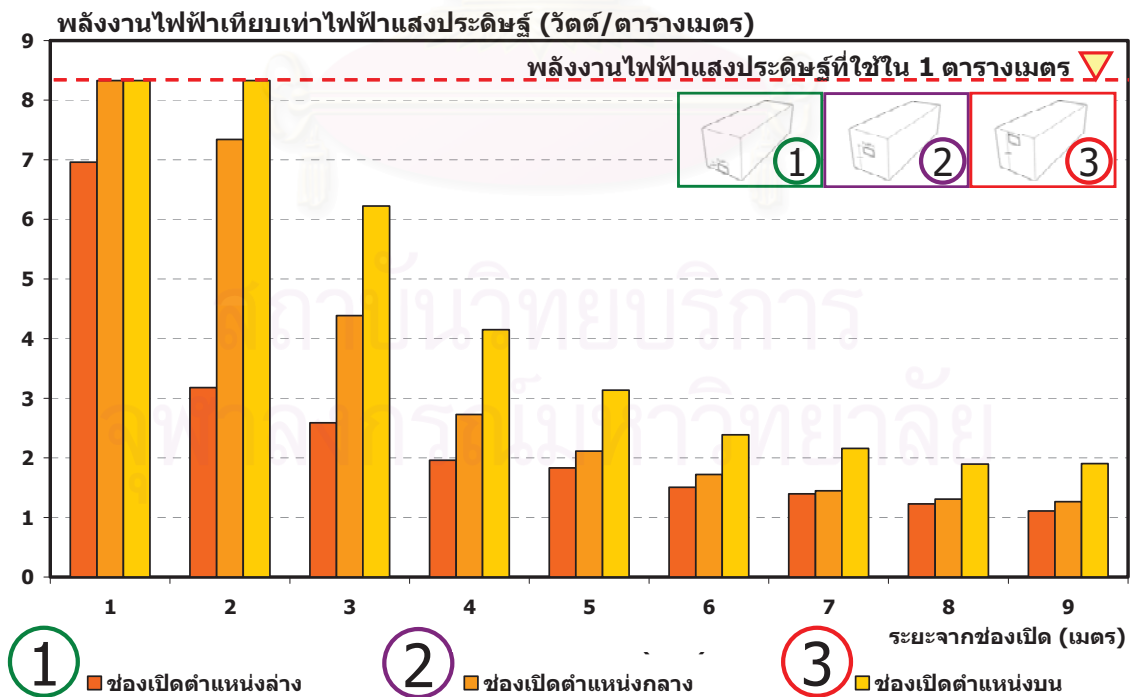
แผนภูมิที่ 4-74 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระจกเขียว 8 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระฉกلاميเน็ตใส 8 มม.



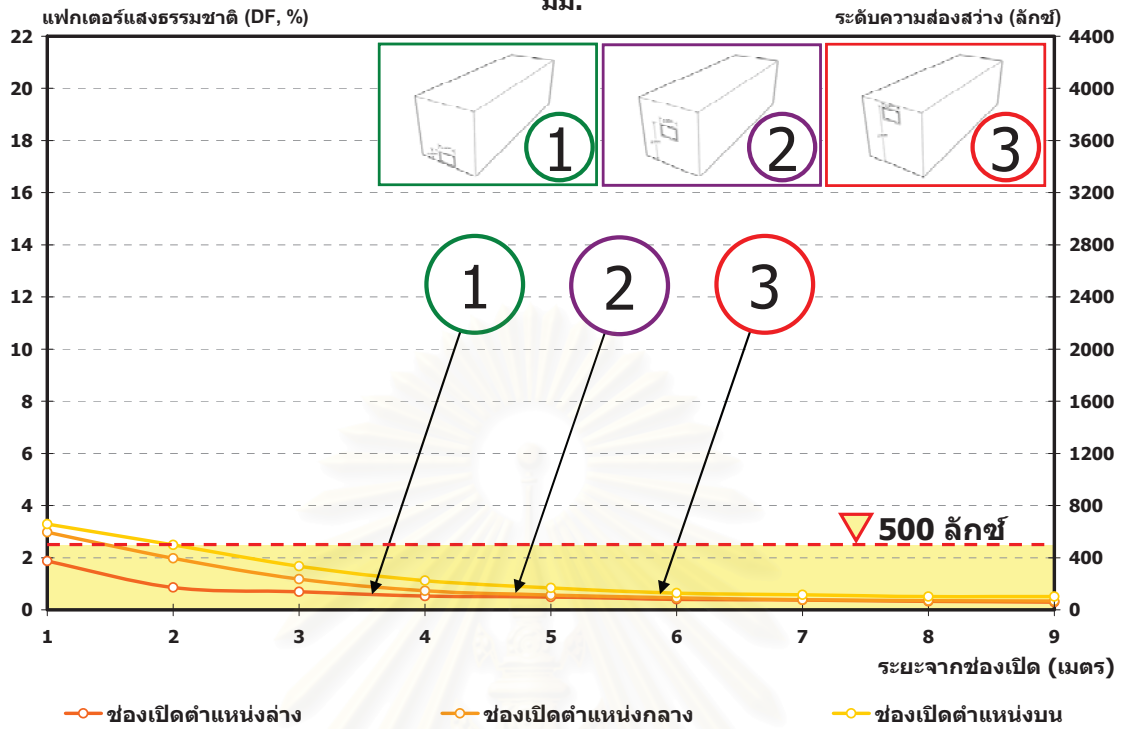
แผนภูมิที่ 4-75 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระฉกلاميเน็ตใส 8 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร บานกระฉกلاميเน็ตใส 8 มม.



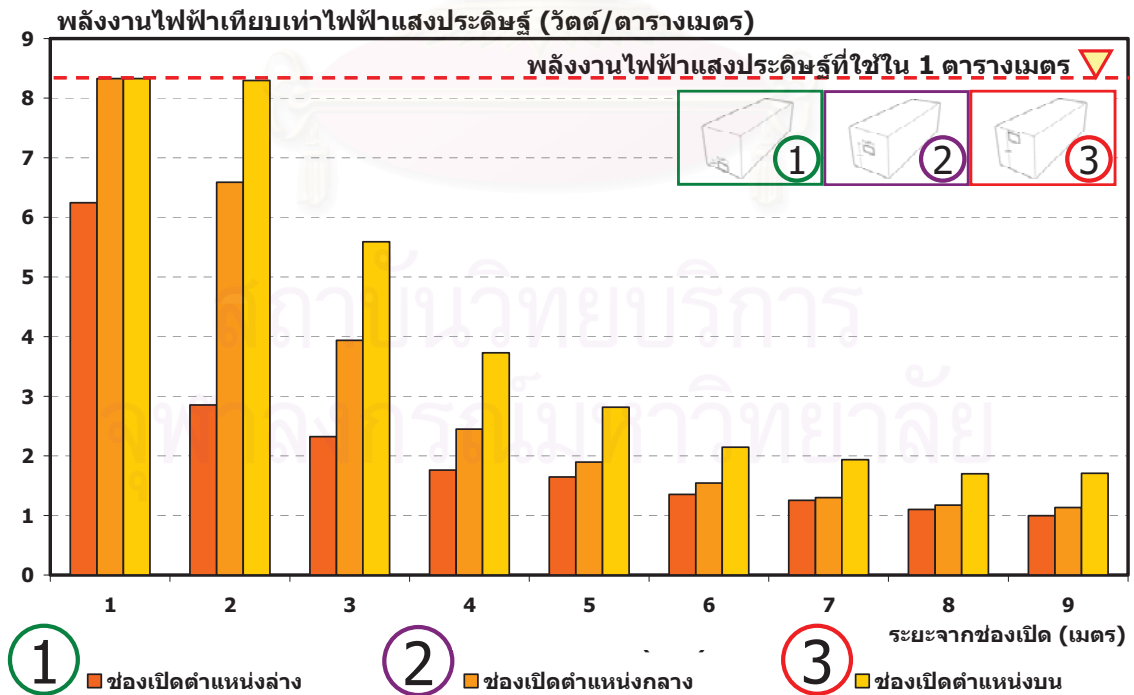
แผนภูมิที่ 4-76 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระฉกلاميเน็ตใส 8 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระจกلاميเน็ตเขียว 8 มม.



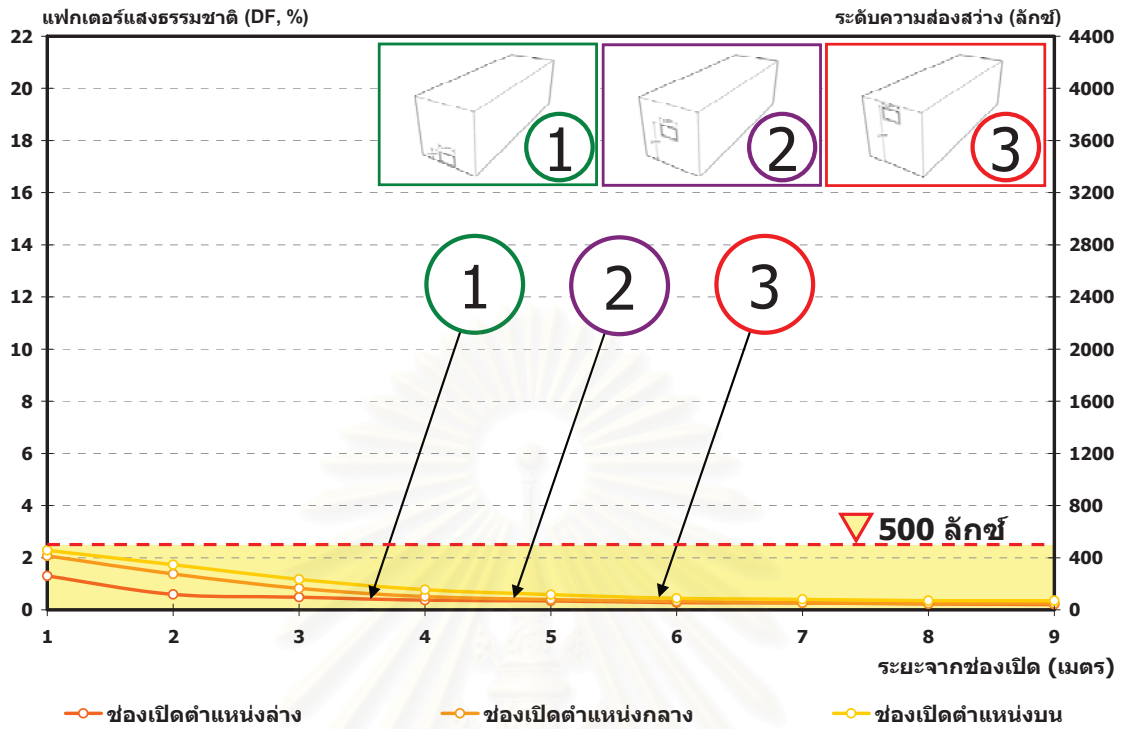
แผนภูมิที่ 4-77 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระจกلاميเน็ตเขียว 8 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร บานกระจกلاميเน็ตเขียว 8 มม.



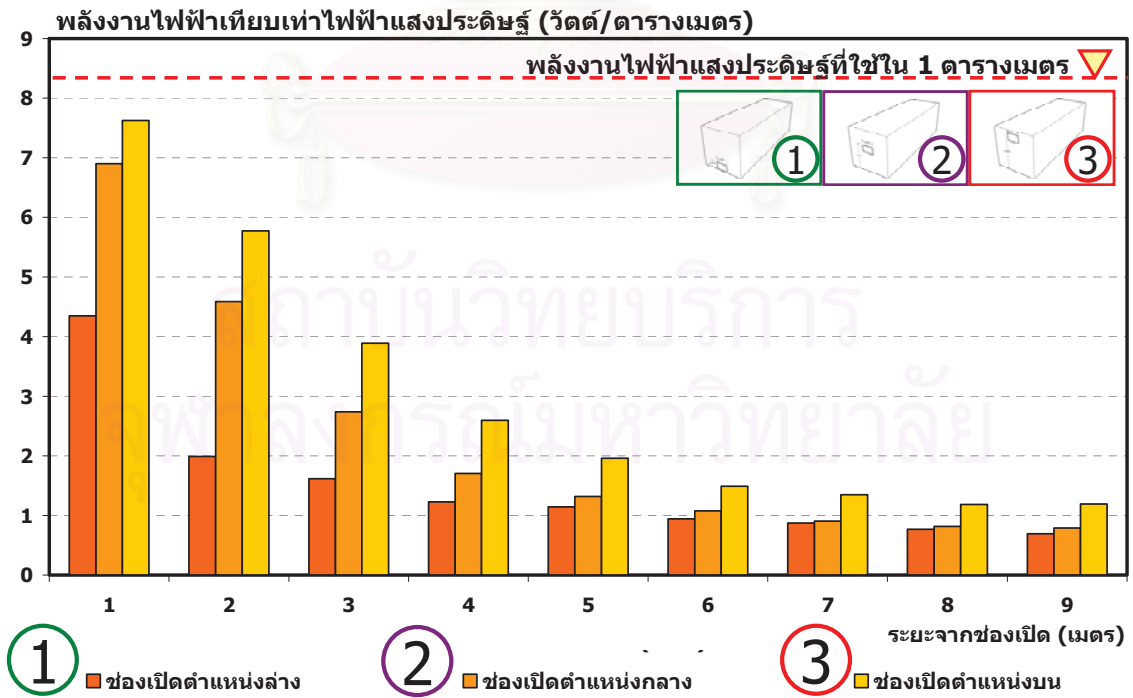
แผนภูมิที่ 4-78 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระจกلاميเน็ตเขียว 8 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 24 มม.



แผนภูมิที่ 4-79 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 24 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

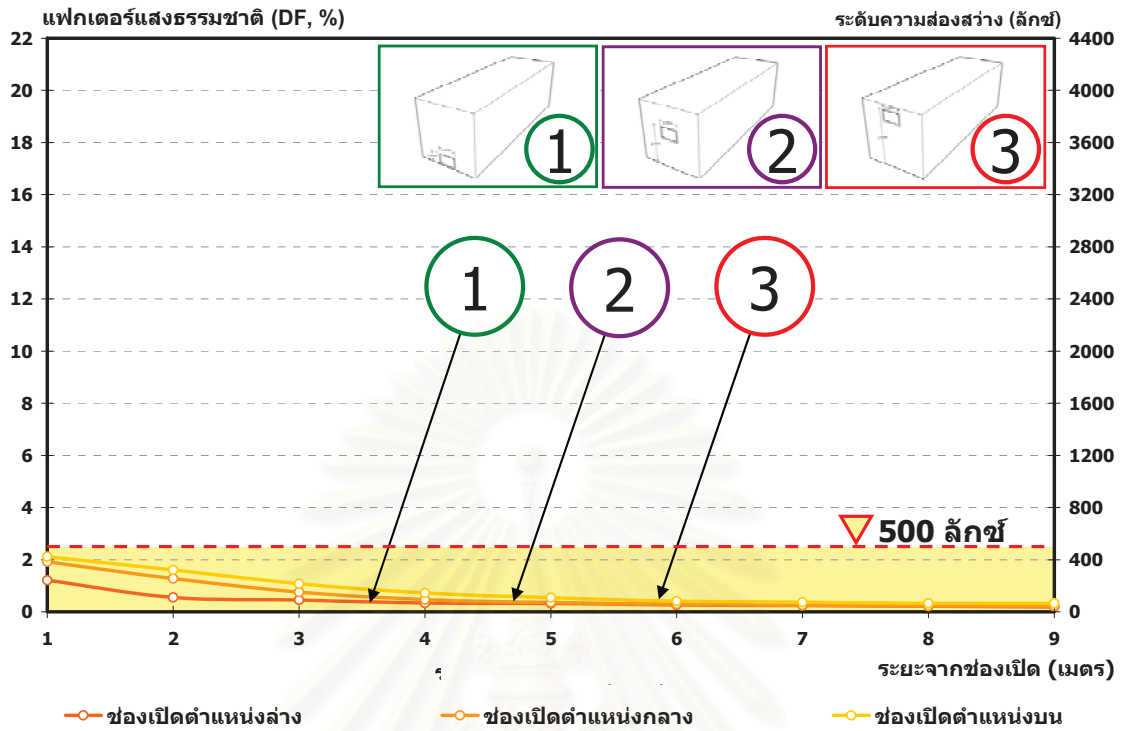
พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร บานกระจกใส 2 ชั้น 24 มม.



แผนภูมิที่ 4-80 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 24 มม.

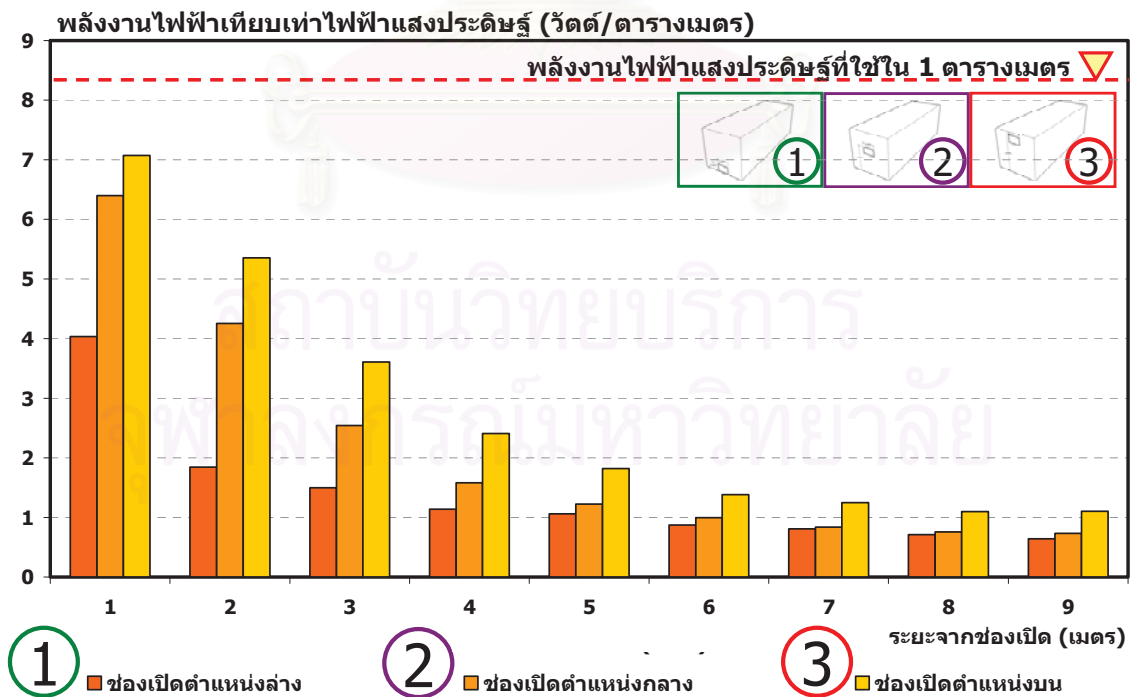


ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.



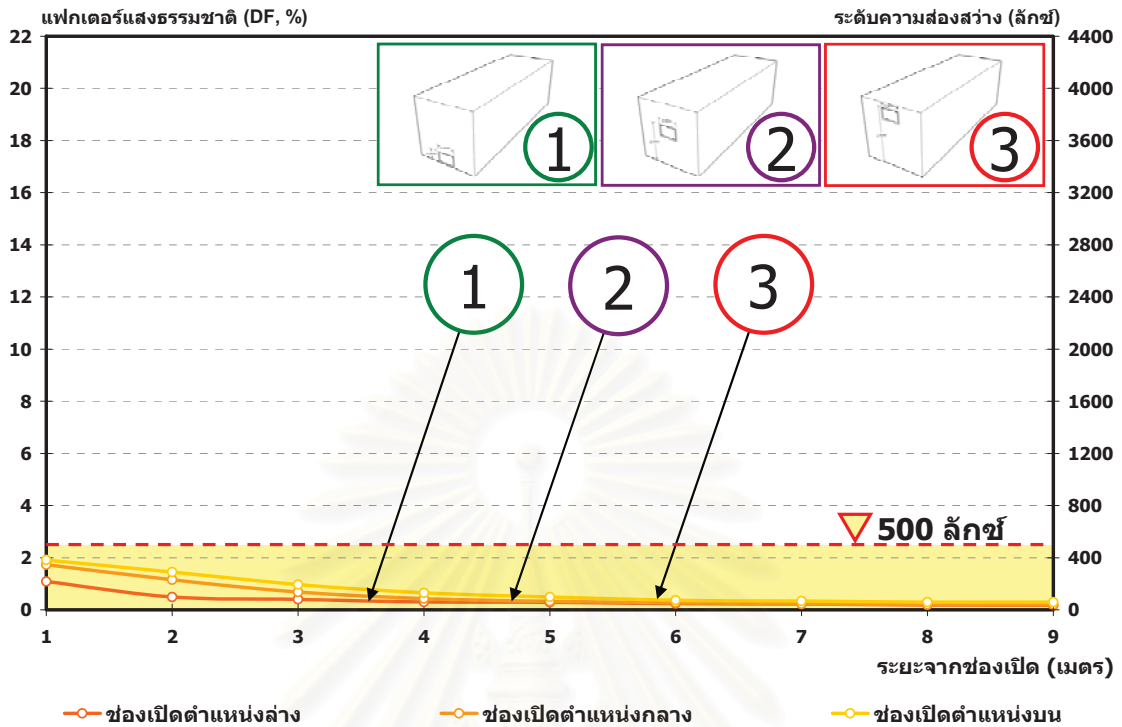
แผนภูมิที่ 4-81 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร บานกระจกใส 2 ชั้น 32 มม.



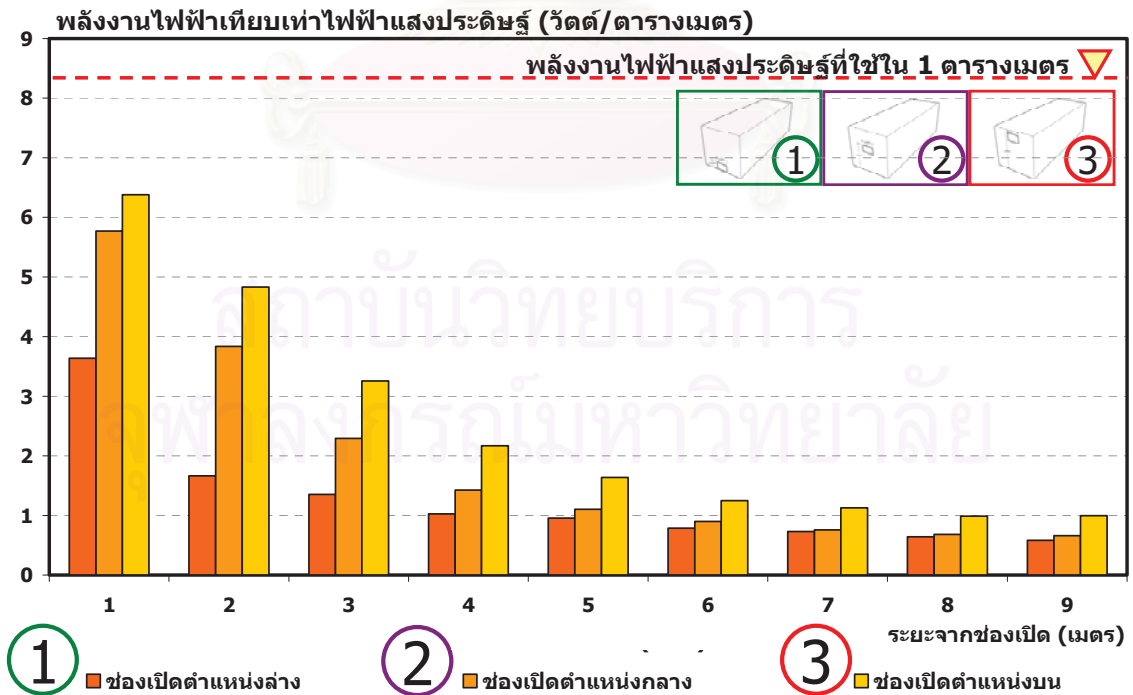
แผนภูมิที่ 4-82 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระฉกเขี้ยว 2 ชั้น 24 มม.



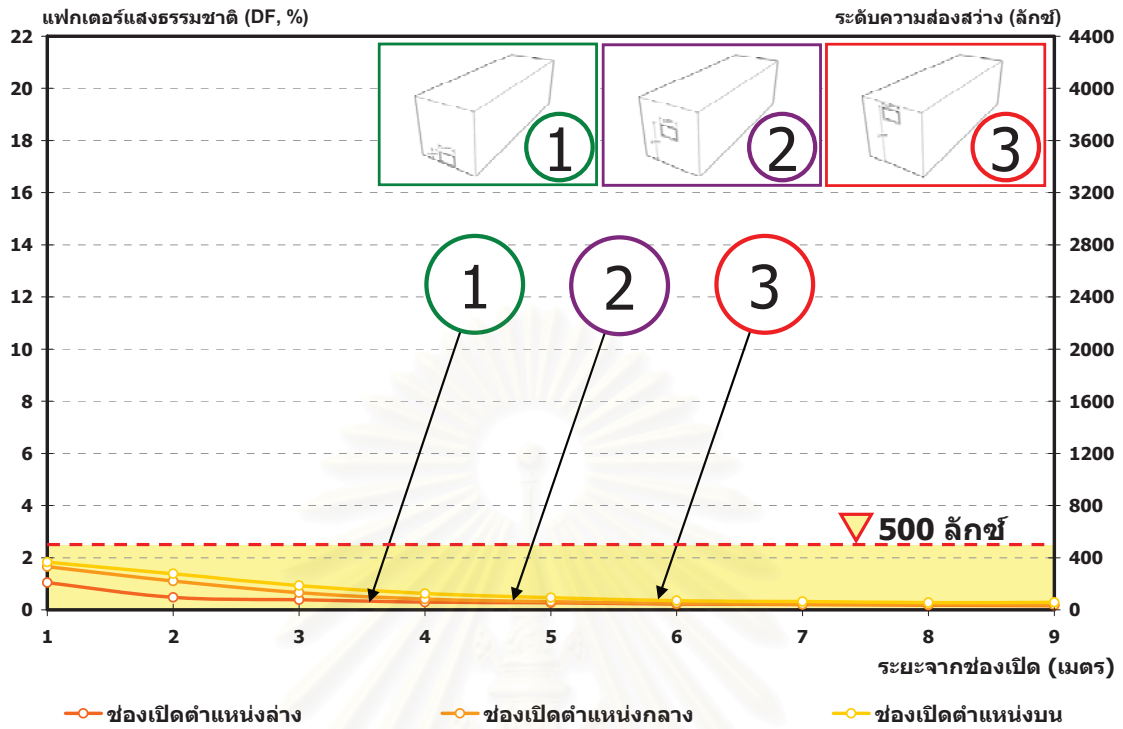
แผนภูมิที่ 4-83 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระฉกเขี้ยว 2 ชั้น 24 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร บานกระฉกเขี้ยว 2 ชั้น 24 มม.



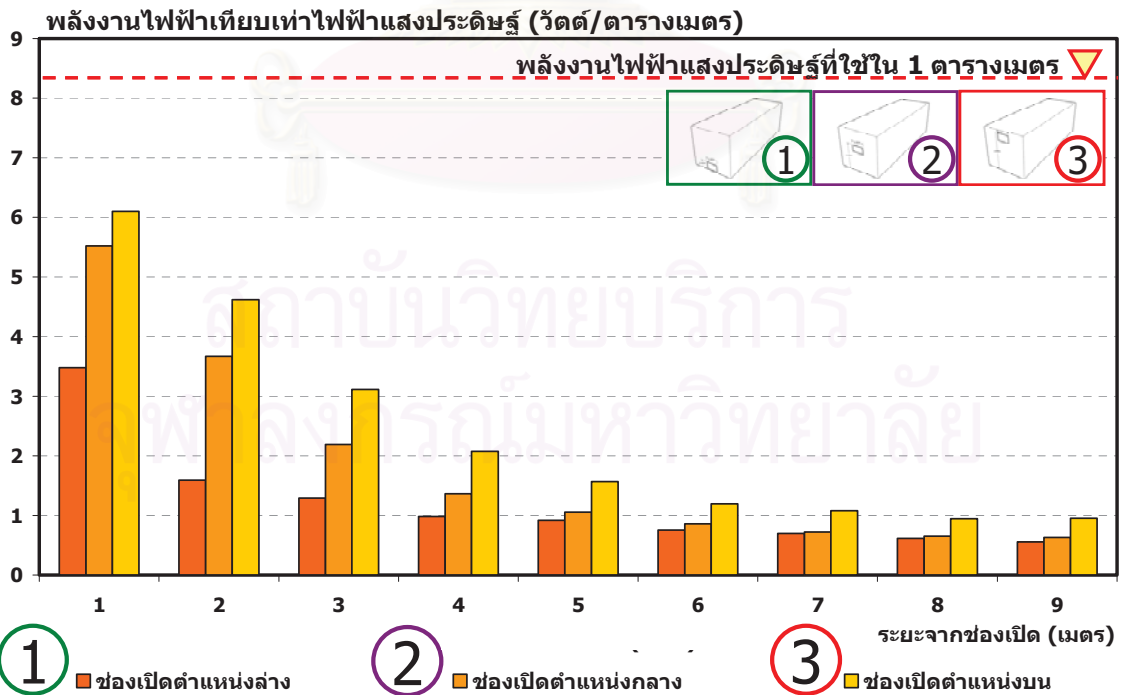
แผนภูมิที่ 4-84 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระฉกเขี้ยว 2 ชั้น 24 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร กระจกเฉียง 2 ชั้น 32 มม.

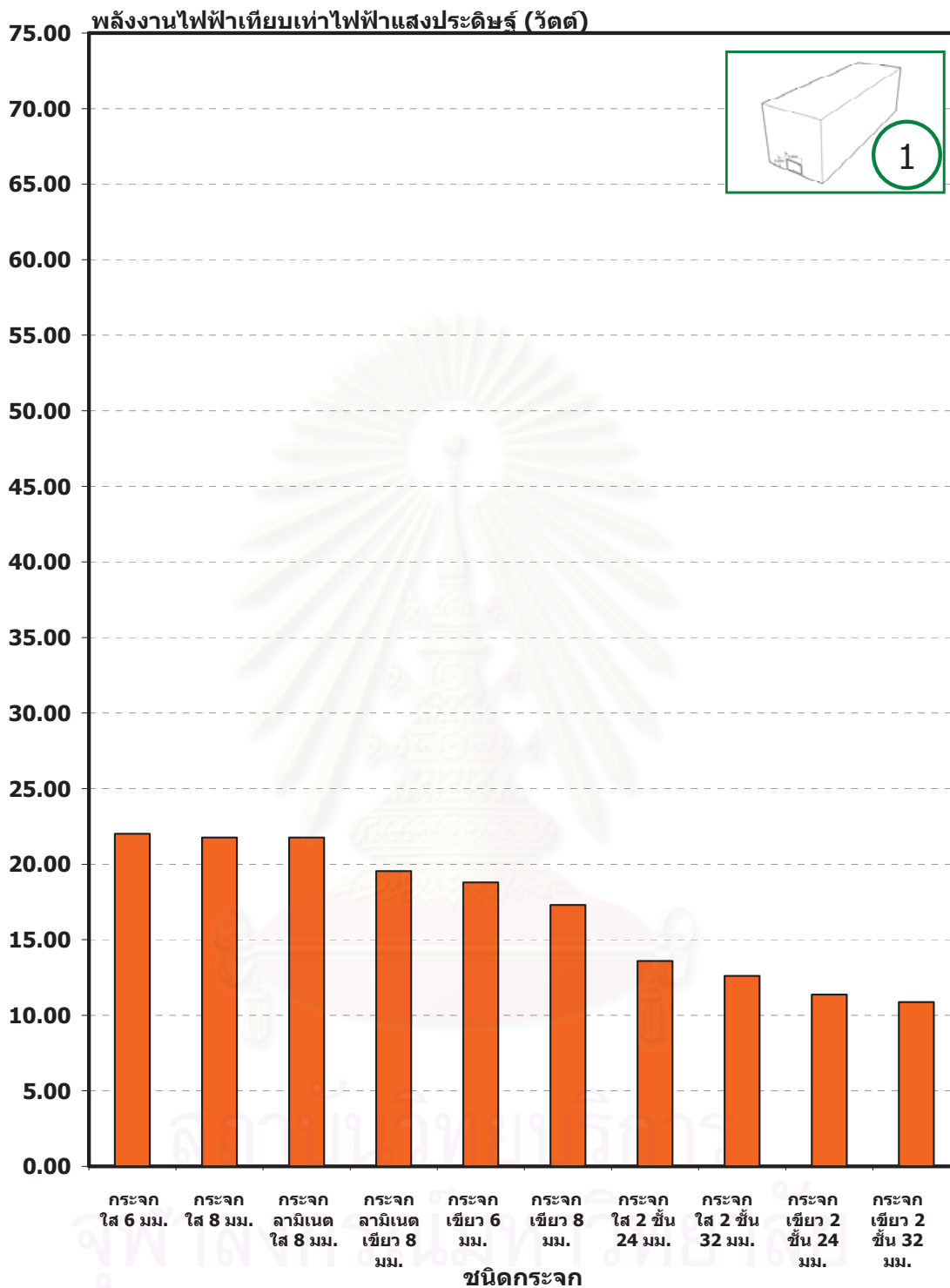


แผนภูมิที่ 4-85 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระจกเฉียง 2 ชั้น 32 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร บานกระจกเฉียง 2 ชั้น 32 มม.

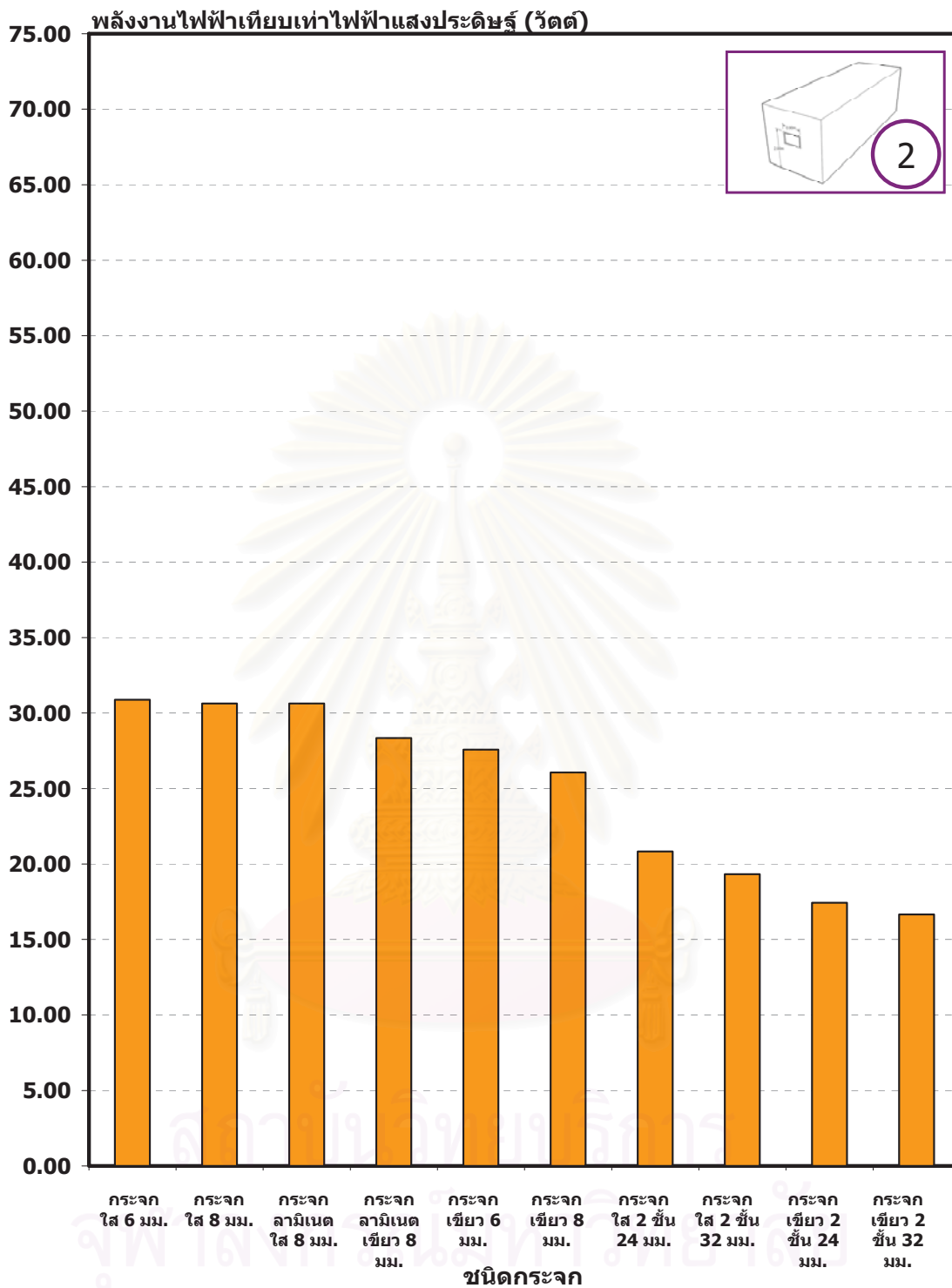


แผนภูมิที่ 4-86 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร กระจกเฉียง 2 ชั้น 32 มม.



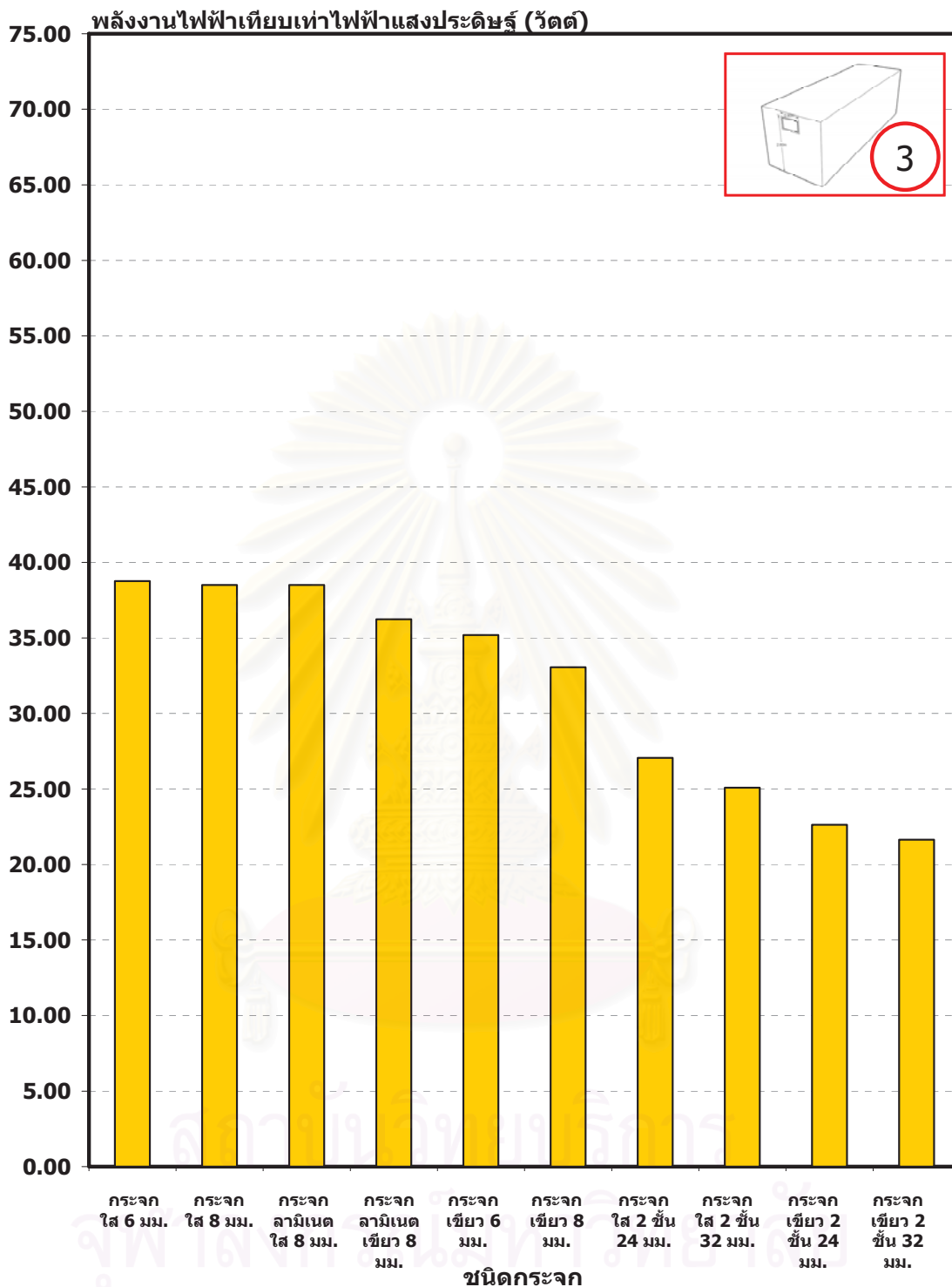
■ พลังงานจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์

แผนภูมิที่ 4-87 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิด ขนาด 0.90x0.60 เมตร ตำแหน่งล่าง จากวัสดุบานกระຈกแตกต่างกัน



**พลังงานจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์**

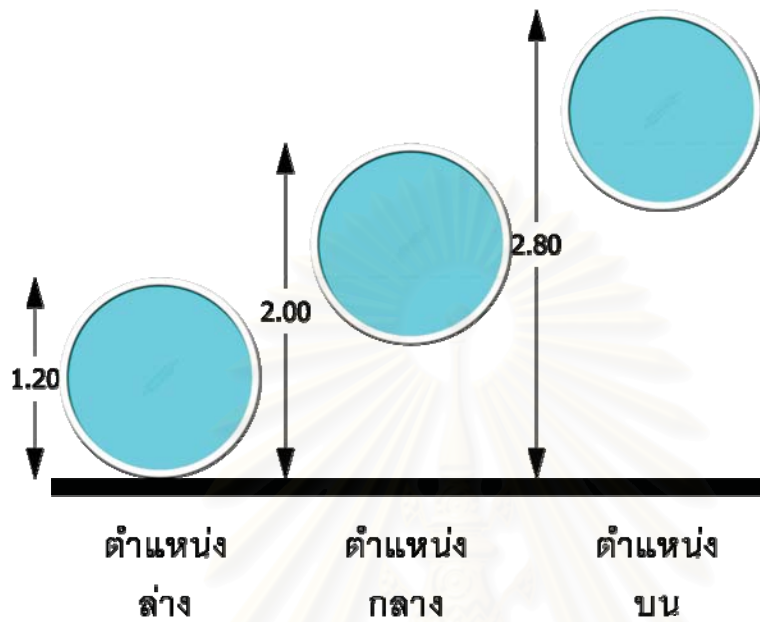
แผนภูมิที่ 4-88 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร ตำแหน่งกลาง จากวัสดุบานกระบอกแตกต่างกัน



**พลังงานจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์**

แผนภูมิที่ 4-89 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิด ขนาด 0.90x0.60 เมตร ตำแหน่งบน จากวัสดุบานกระຈกแตกต่างกัน

ระดับความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ และพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าแสงประดิษฐ์  
ของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร



รูปที่ 4-11 ตำแหน่งติดตั้งสำหรับทดสอบช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร



รูปที่ 4-12 การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร  
ที่ตำแหน่งล่าง



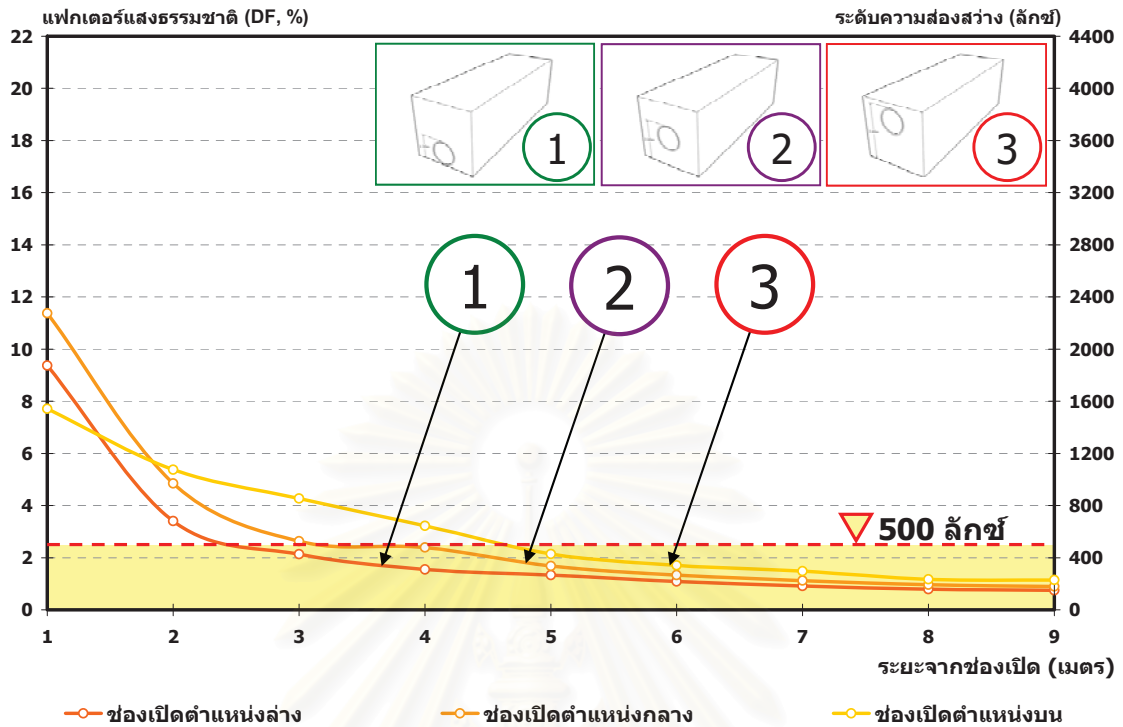
รูปที่ 4-13 การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร  
ที่ตำแหน่งกลาง



รูปที่ 4-14 การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร  
ที่ตำแหน่งบน

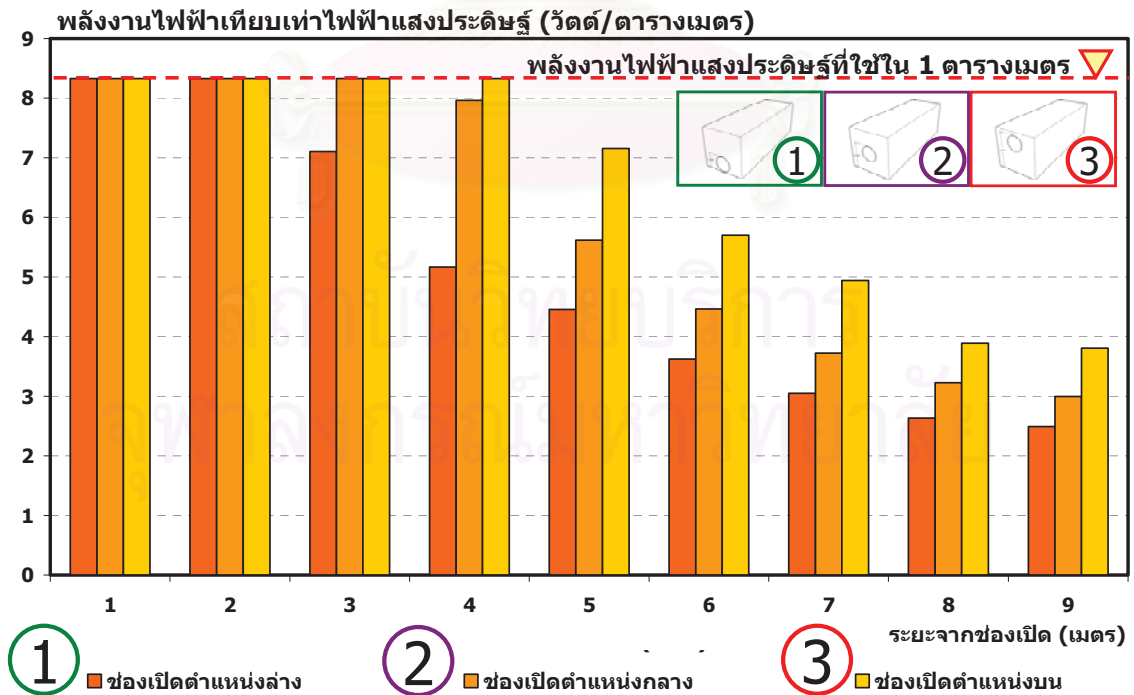


ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร กระจกใส 6 มม.



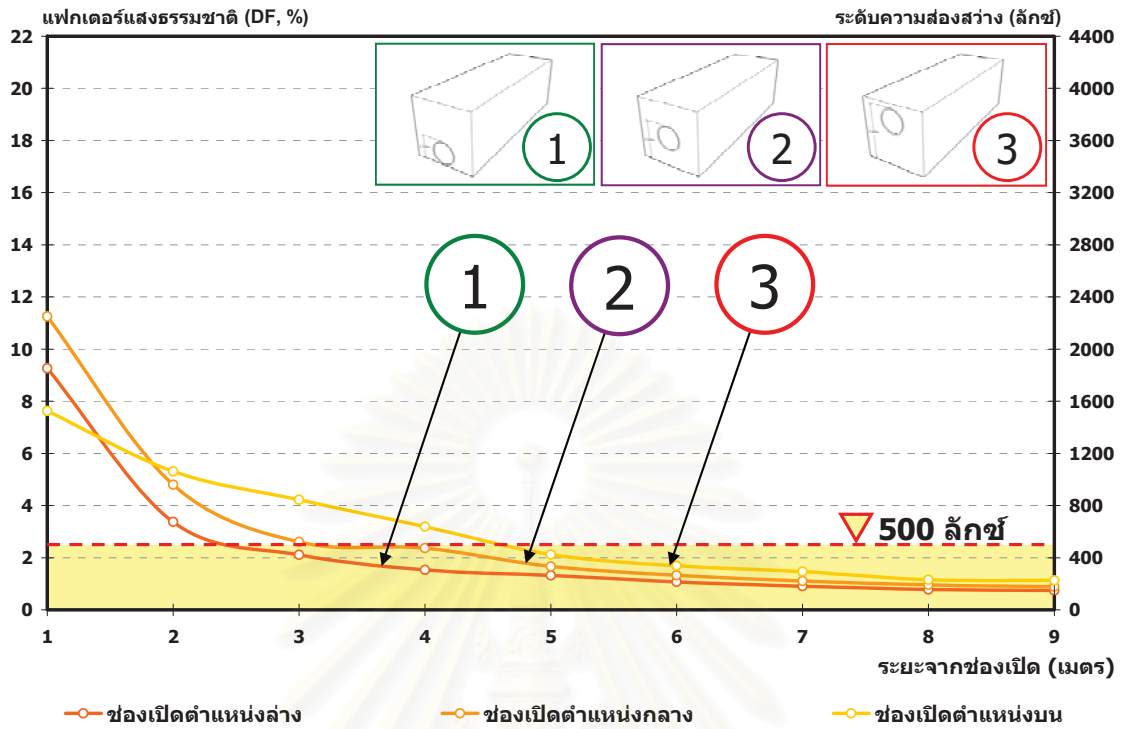
แผนภูมิที่ 4-90 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกใส 6 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระจกใส 6 มม.



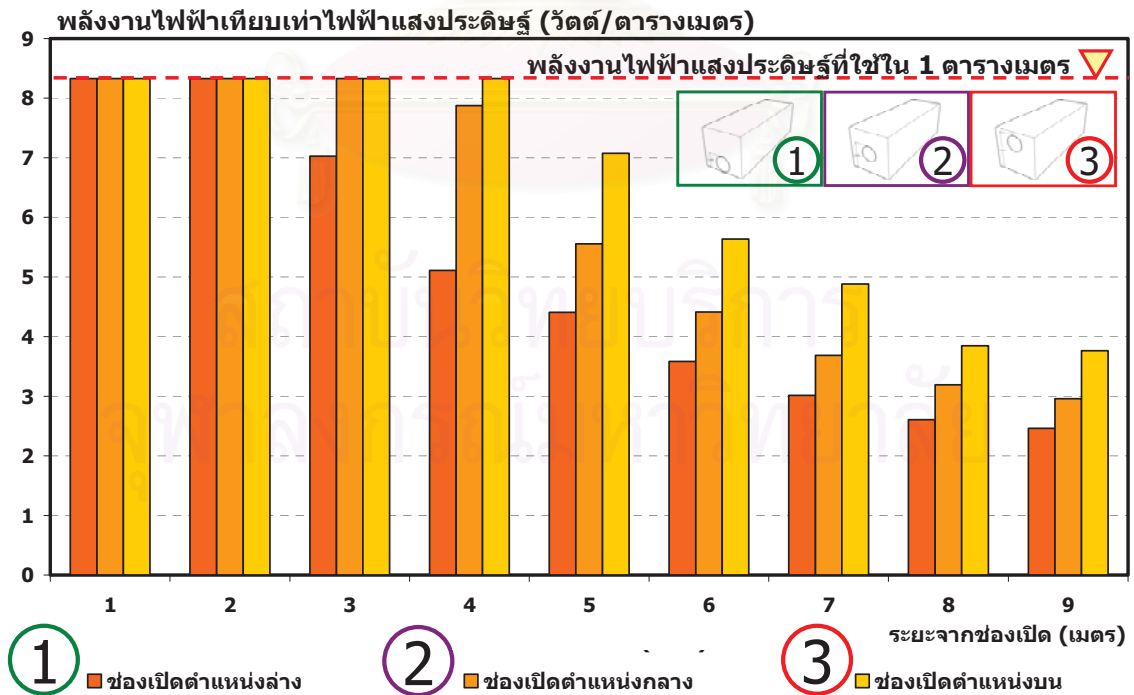
แผนภูมิที่ 4-91 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกใส 6 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร กระจกใส 8 มม.



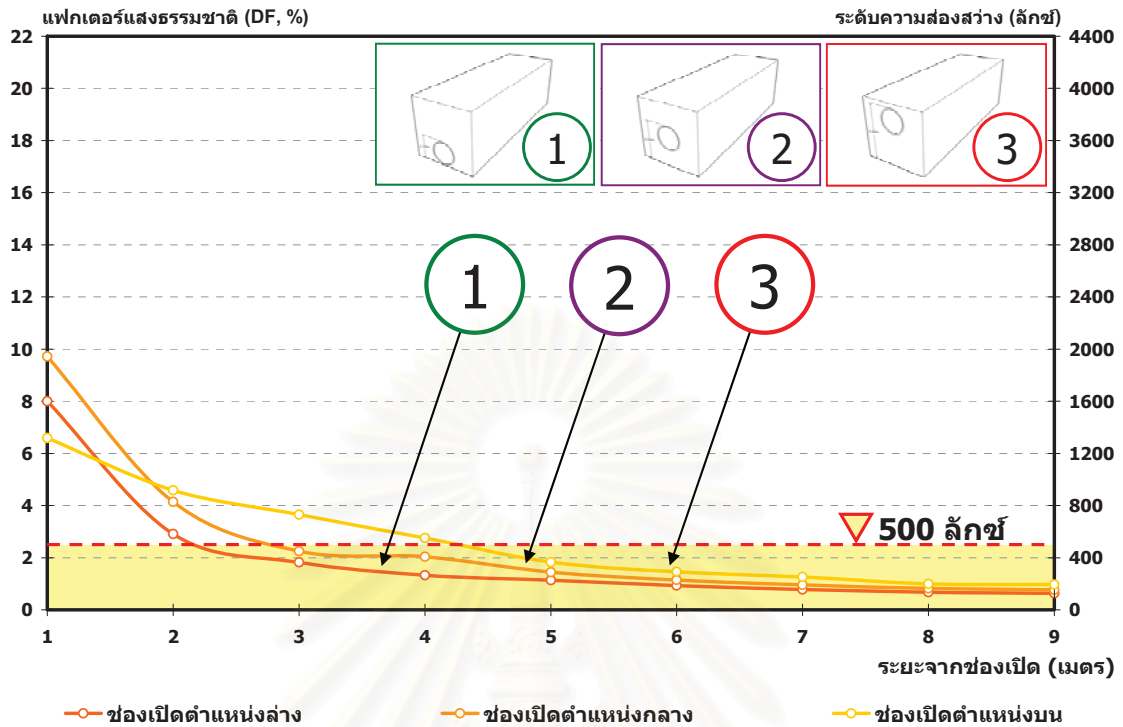
แผนภูมิที่ 4-92 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกใส 8 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระจกใส 8 มม.



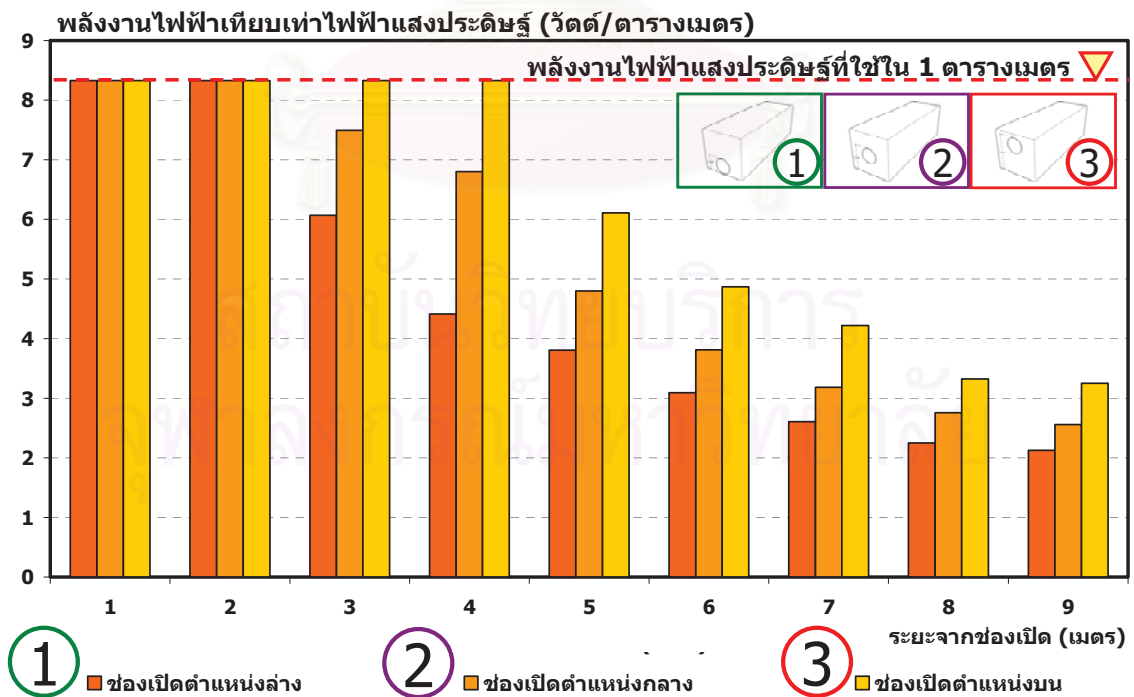
แผนภูมิที่ 4-93 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกใส 8 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร กระจกเฉียง 6 มม.



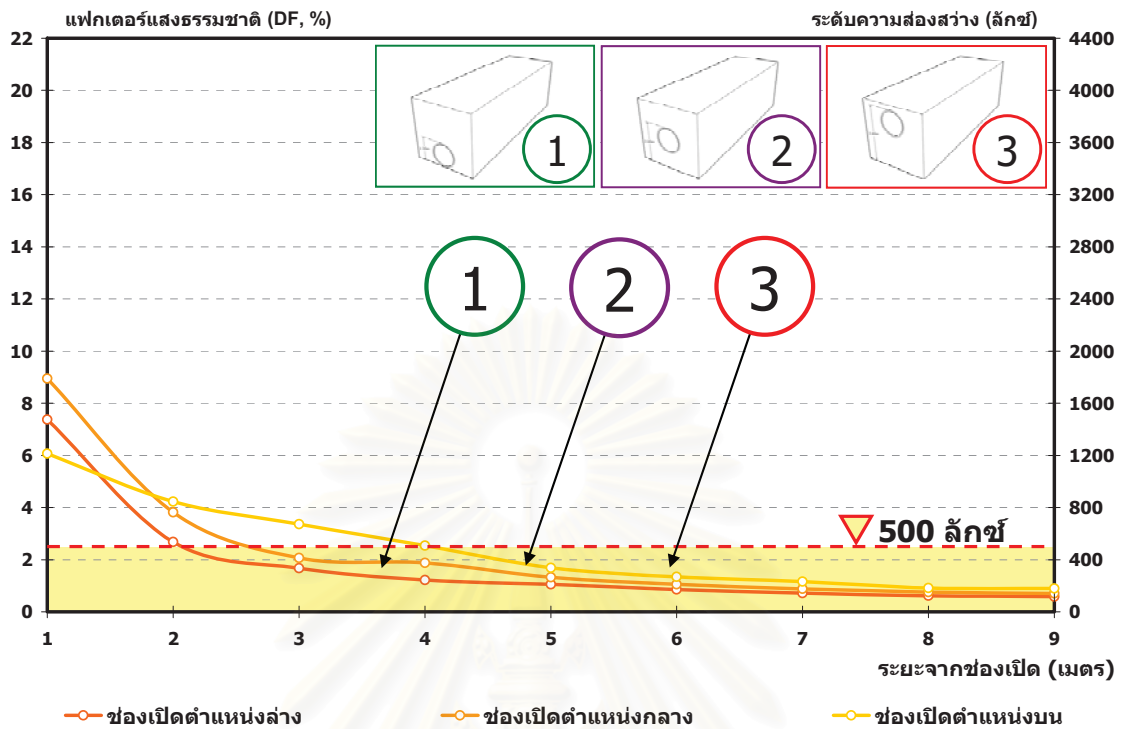
แผนภูมิที่ 4-94 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกเฉียง 6 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระจกเฉียง 6 มม.



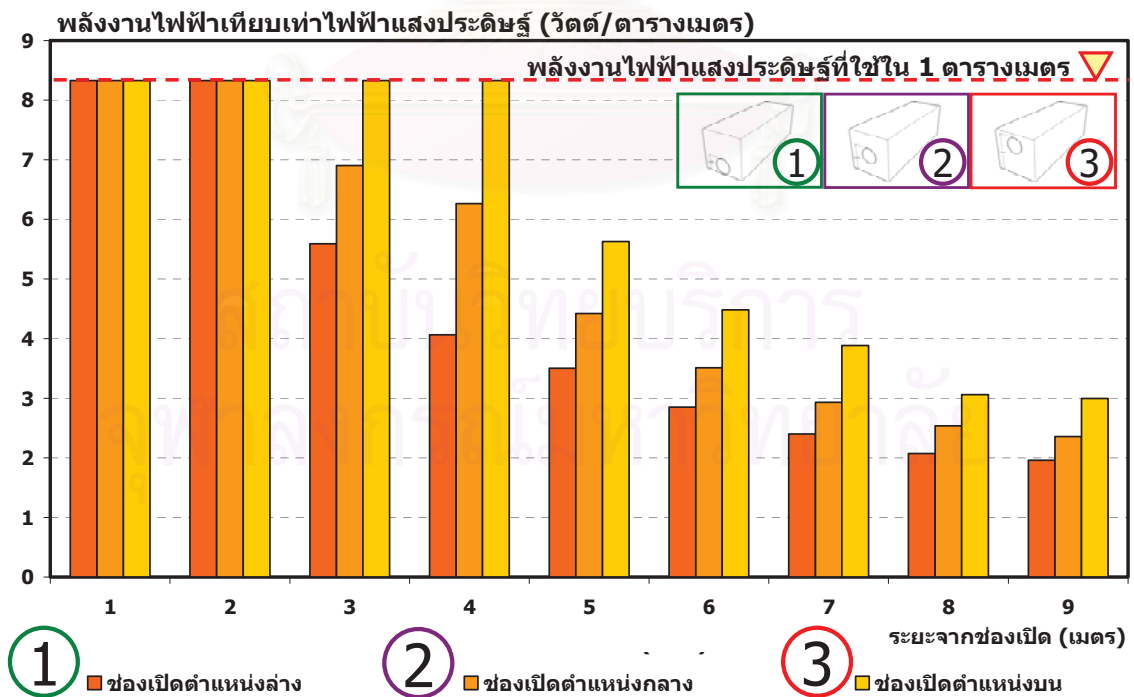
แผนภูมิที่ 4-95 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกเฉียง 6 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร กระจกเฉียง 8 มม.



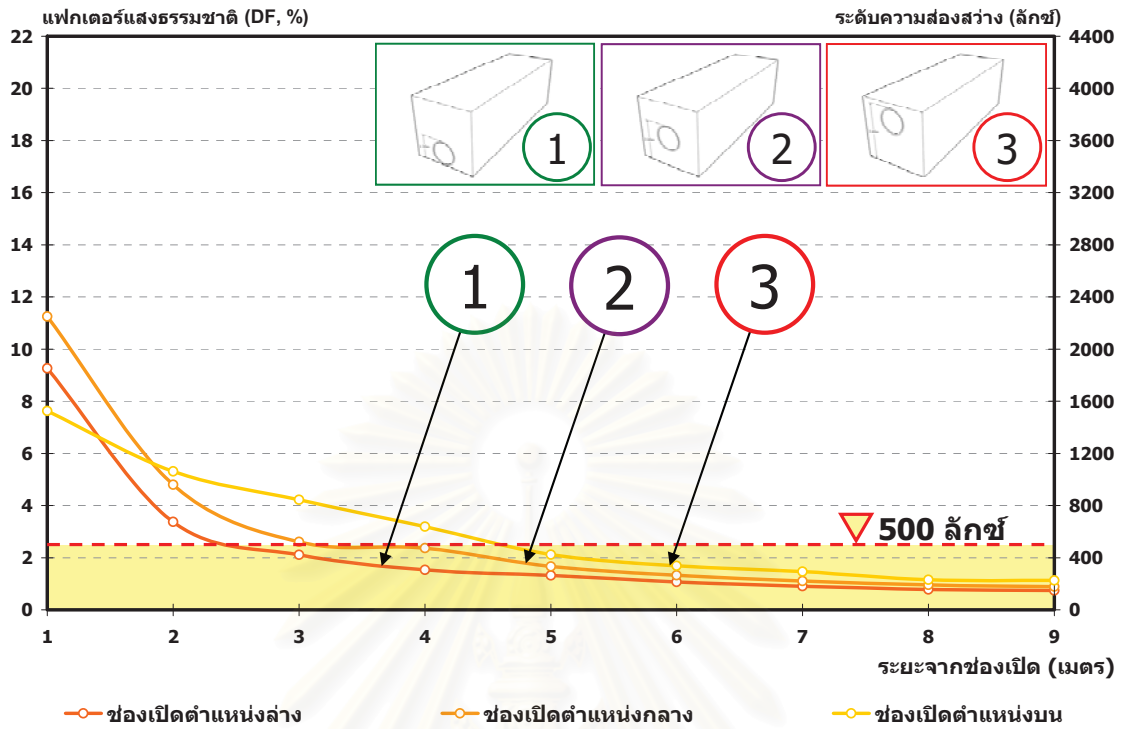
แผนภูมิที่ 4-96 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกเฉียง 8 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระจกเฉียง 8 มม.



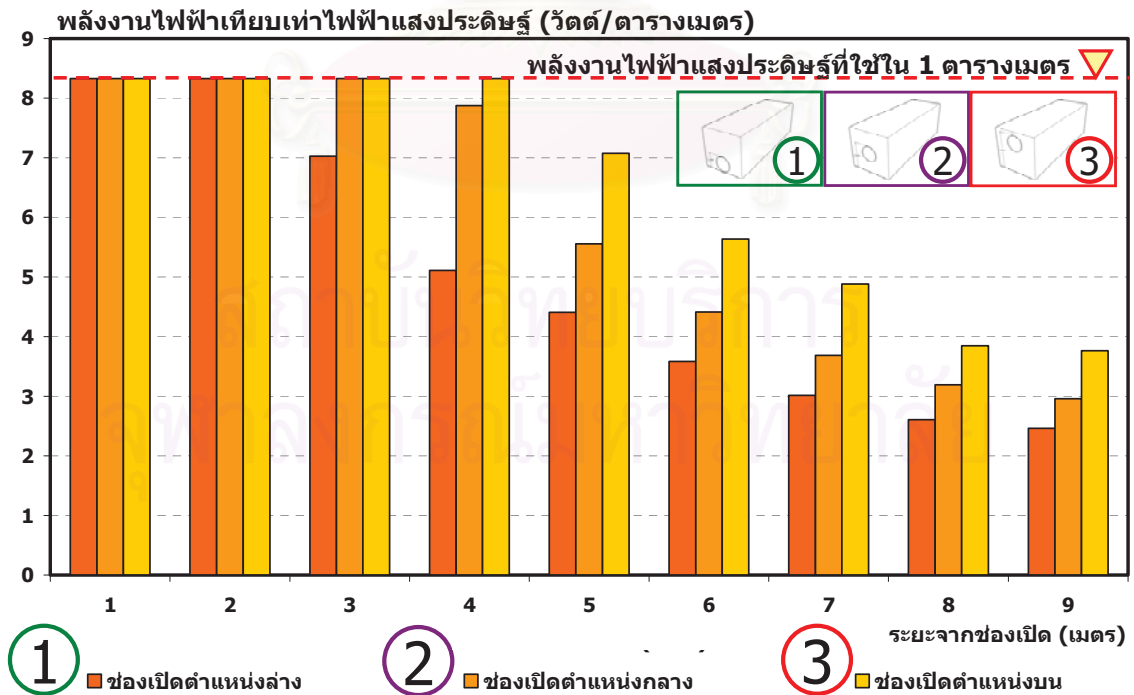
แผนภูมิที่ 4-97 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกเฉียง 8 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร กระจกلاميเน็ตใส 8 มม.



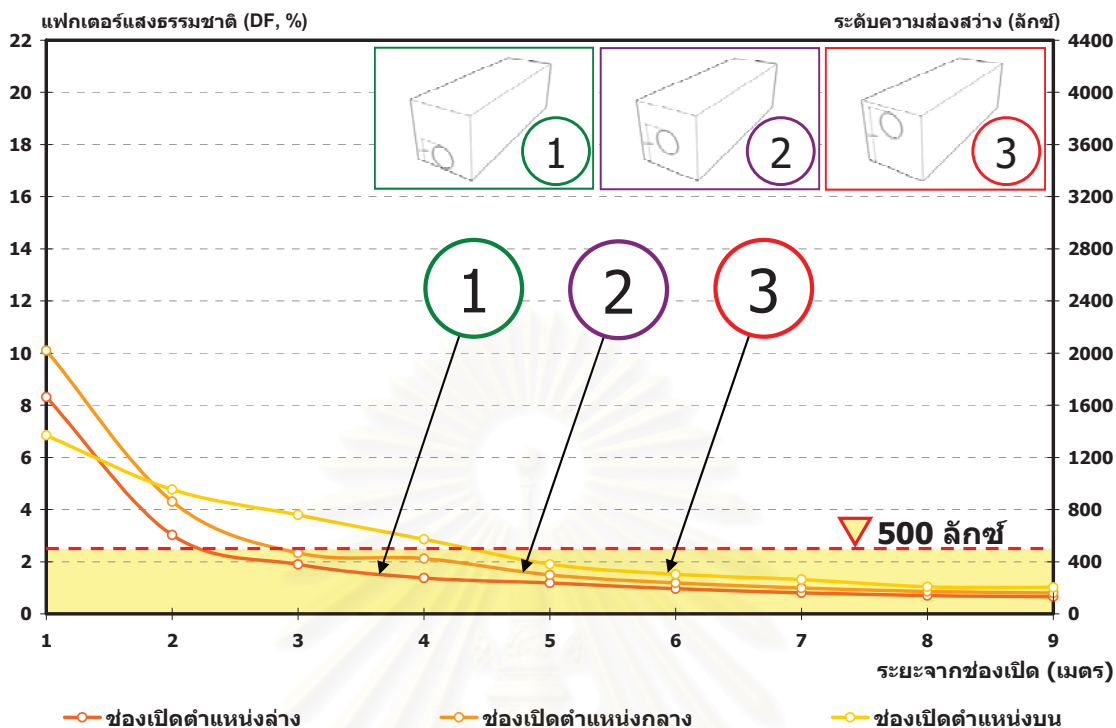
แผนภูมิที่ 4-98 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกلاميเน็ตใส 8 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระจกلاميเน็ตใส 8 มม.



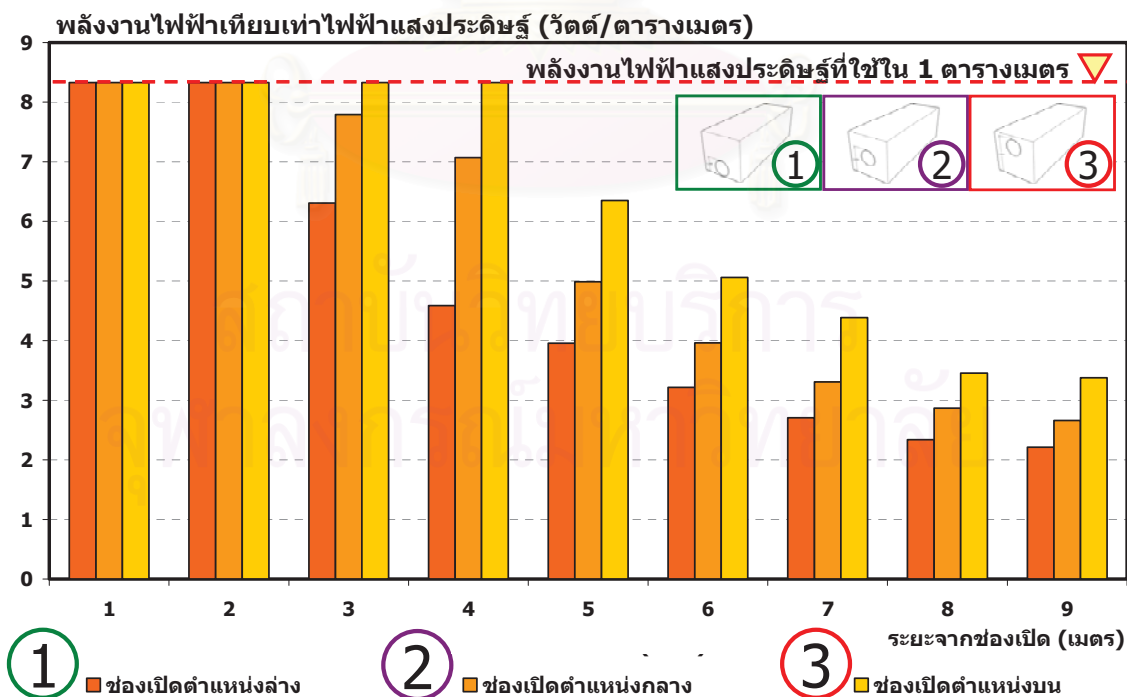
แผนภูมิที่ 4-99 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกلاميเน็ตใส 8 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร กระฉกلاميเนตเขียว 8 มม.



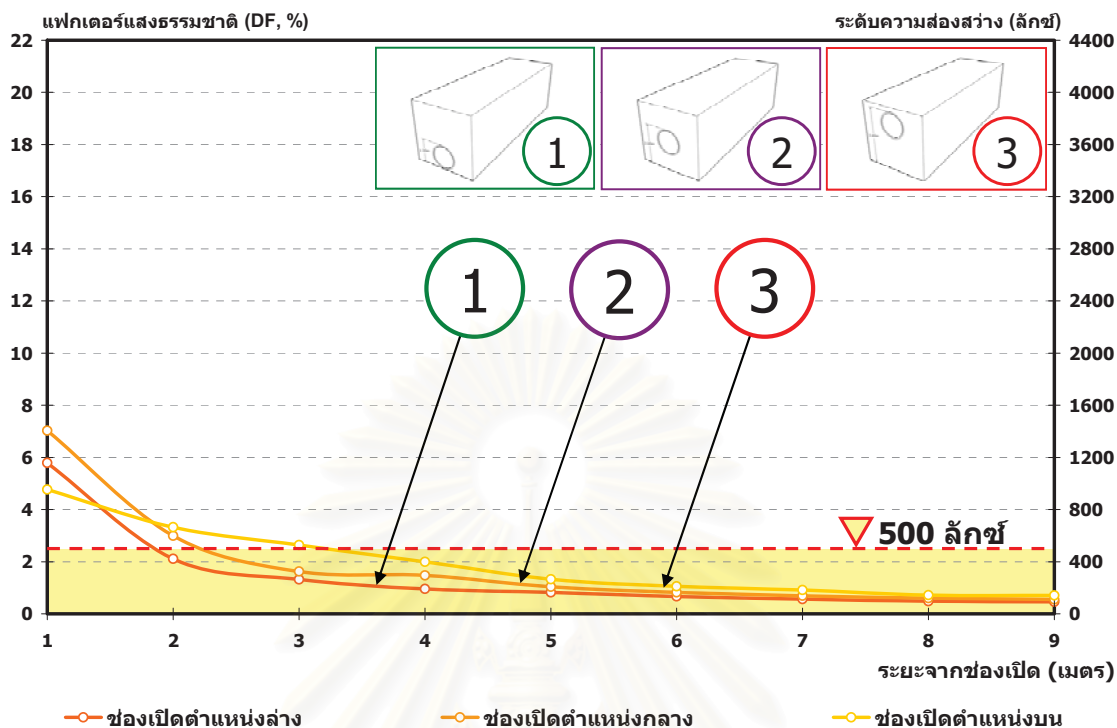
แผนภูมิที่ 4-100 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระฉกلاميเนตเขียว 8 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระฉกلاميเนตเขียว 8 มม.



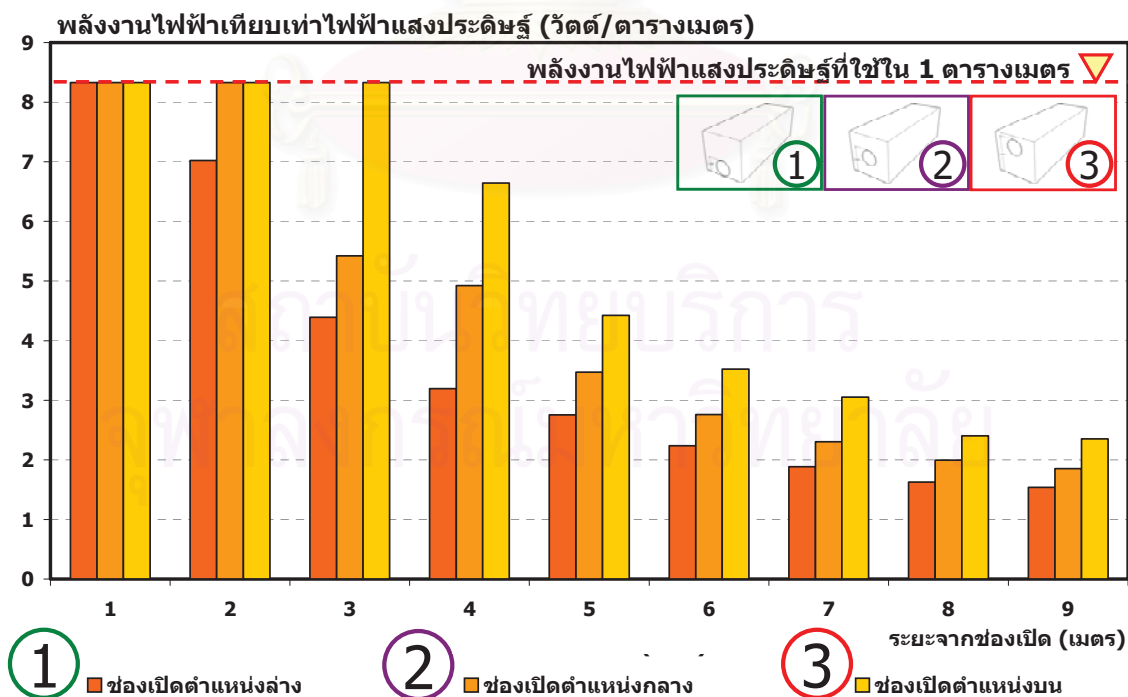
แผนภูมิที่ 4-101 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระฉกلاميเนตเขียว 8 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 24 มม.



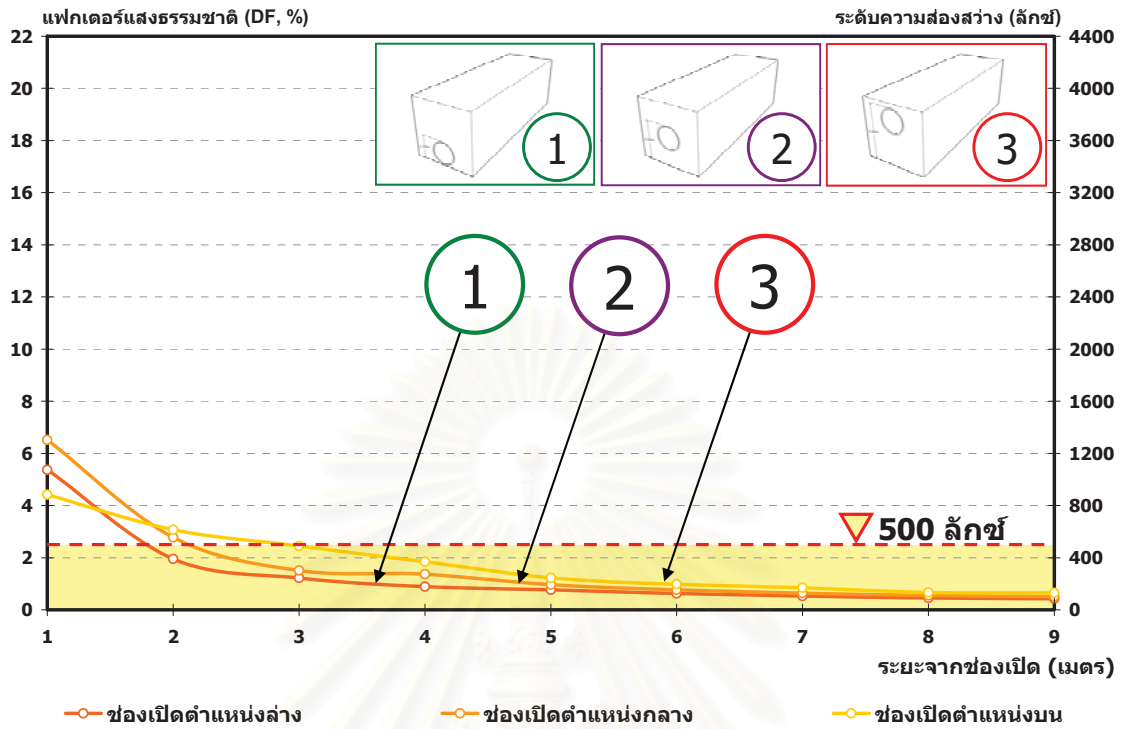
แผนภูมิที่ 4-102 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 24 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระจกใส 2 ชั้น 24 มม.



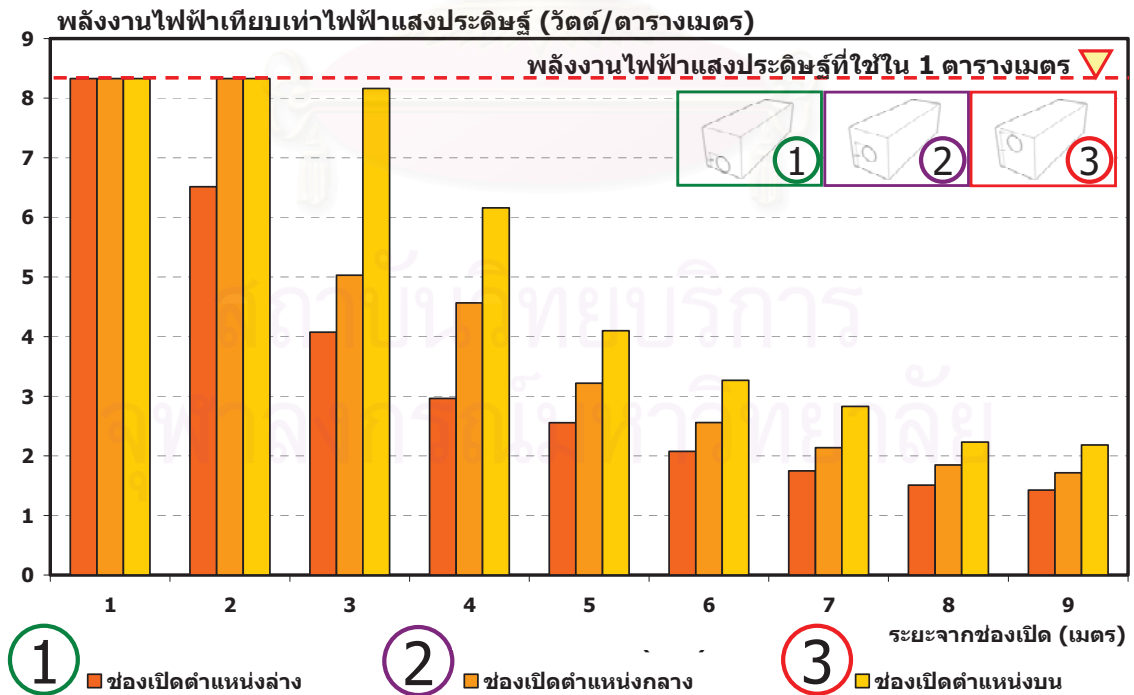
แผนภูมิที่ 4-103 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 24 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.



แผนภูมิที่ 4-104 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

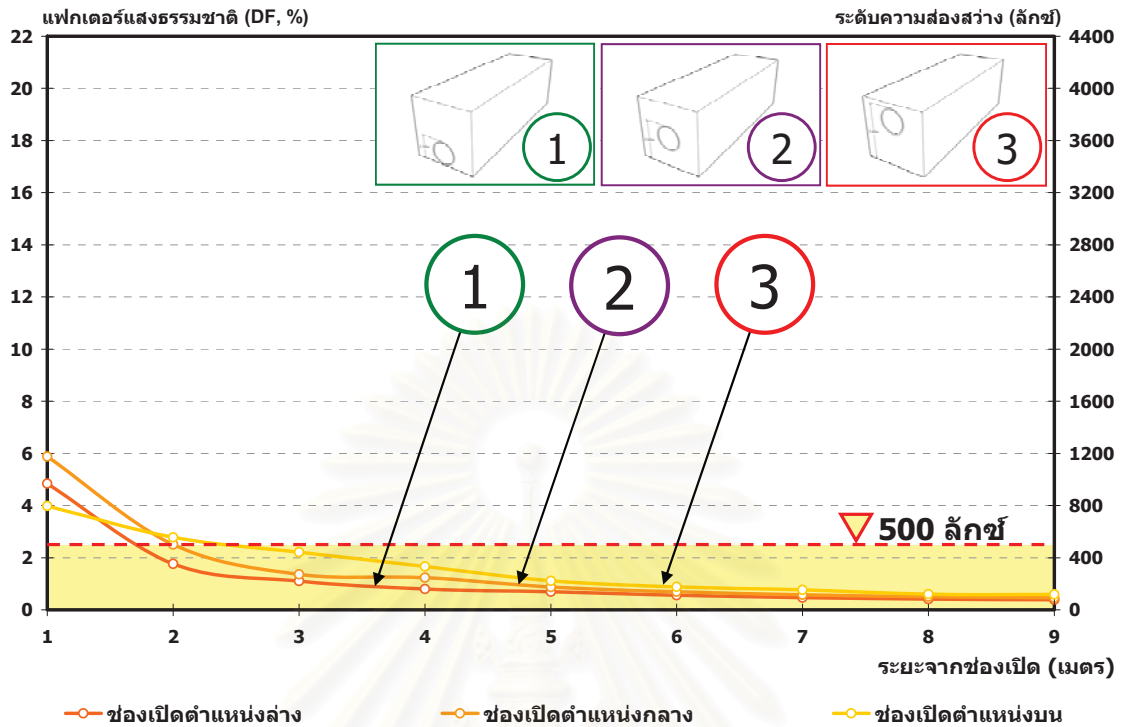
พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระจกใส 2 ชั้น 32 มม.



แผนภูมิที่ 4-105 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.

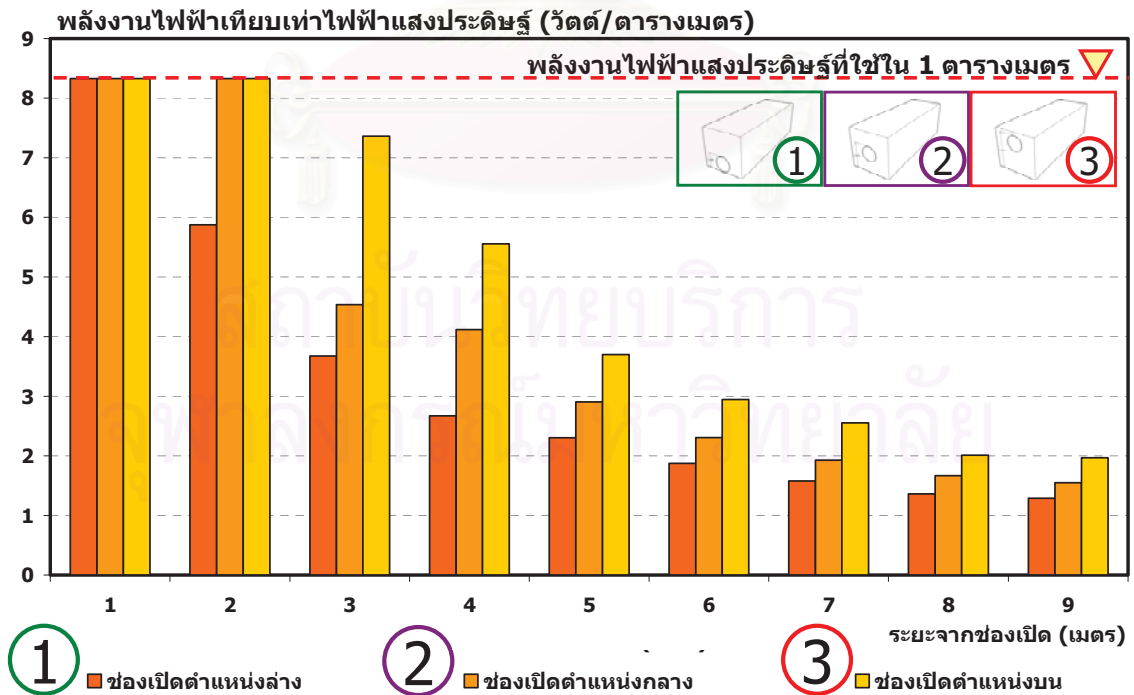


ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร กระจกเขียว 2 ชั้น 24 มม.



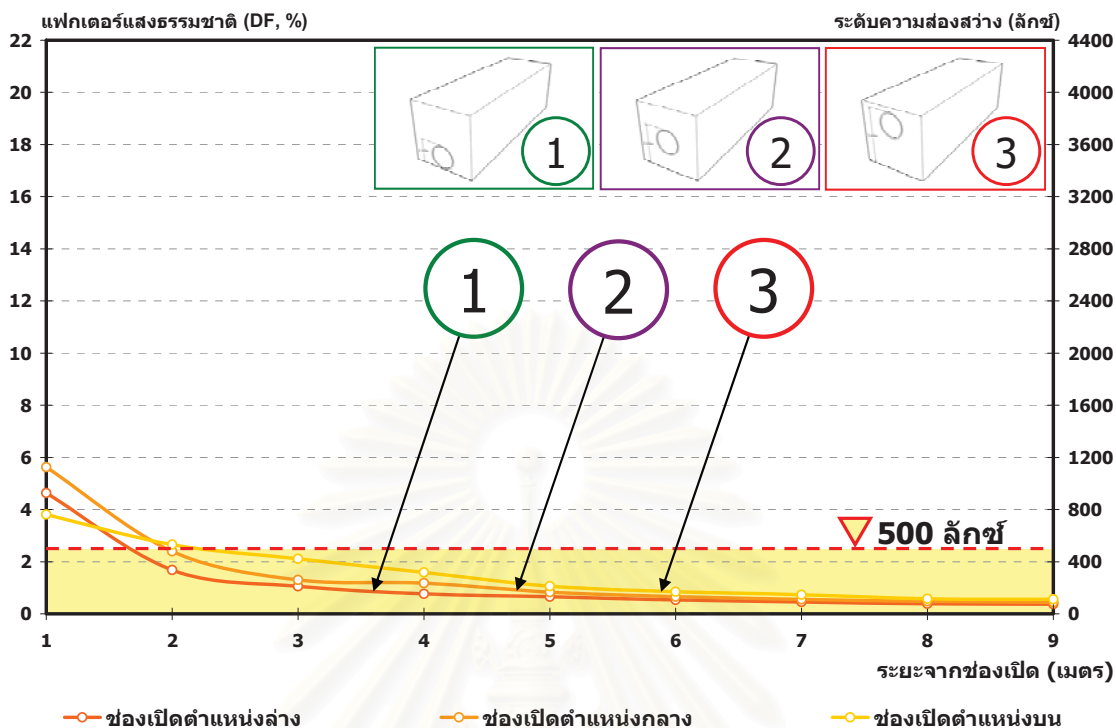
แผนภูมิที่ 4-106 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกเขียว 2 ชั้น 24 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระจกเขียว 2 ชั้น 24 มม.



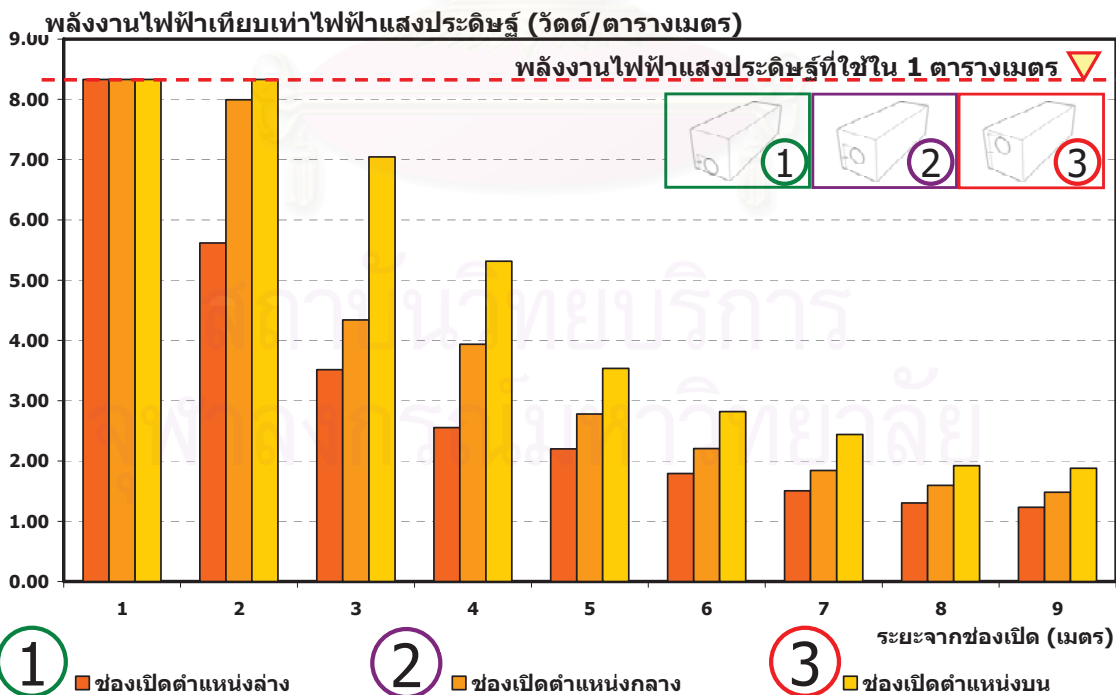
แผนภูมิที่ 4-107 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกเขียว 2 ชั้น 24 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.

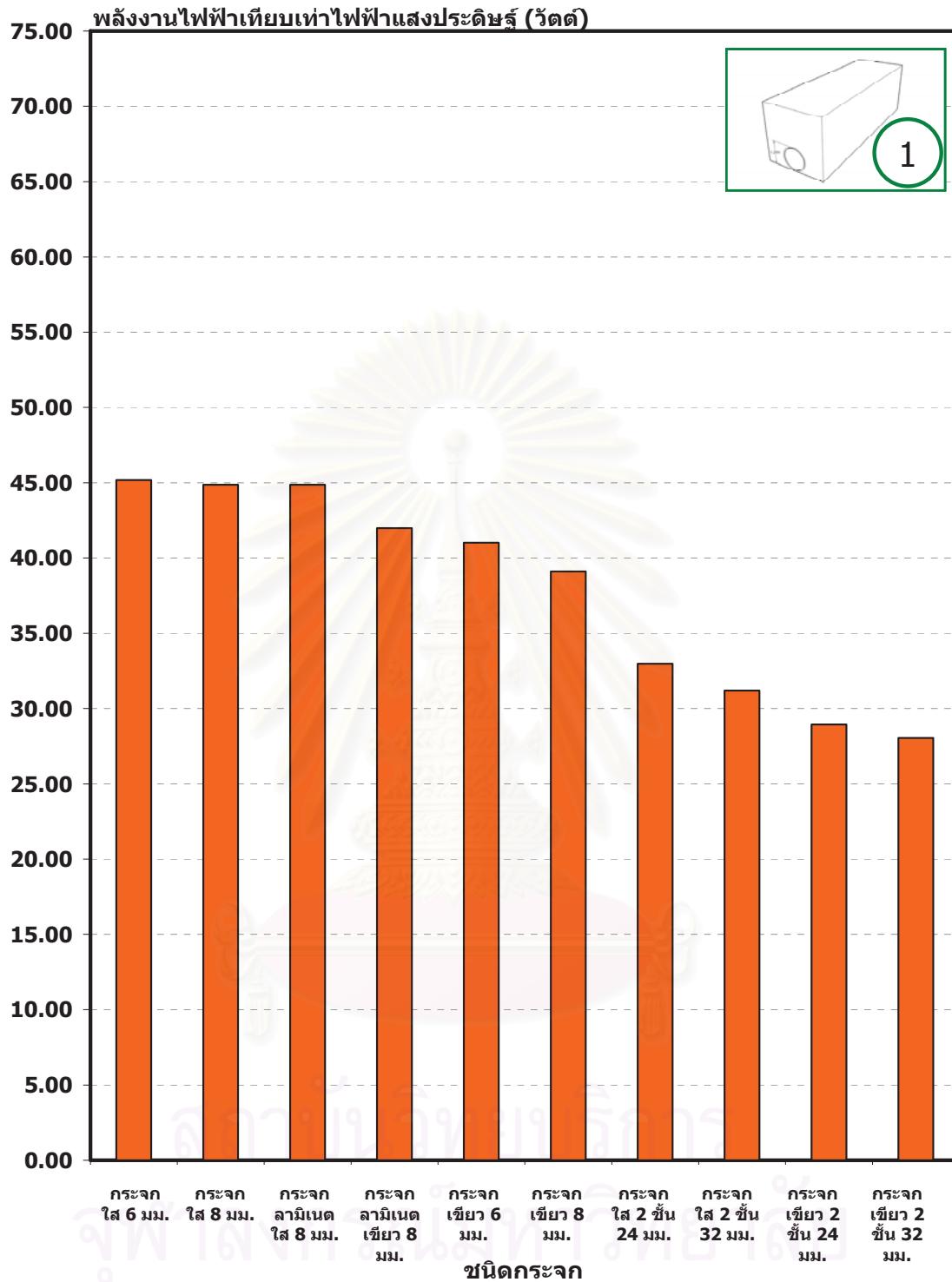


แผนภูมิที่ 4-108 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. ติดตั้ง 3 ระดับ 1 ตำแหน่งล่าง 2 ตำแหน่งกลาง และ 3 ตำแหน่งบน

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.

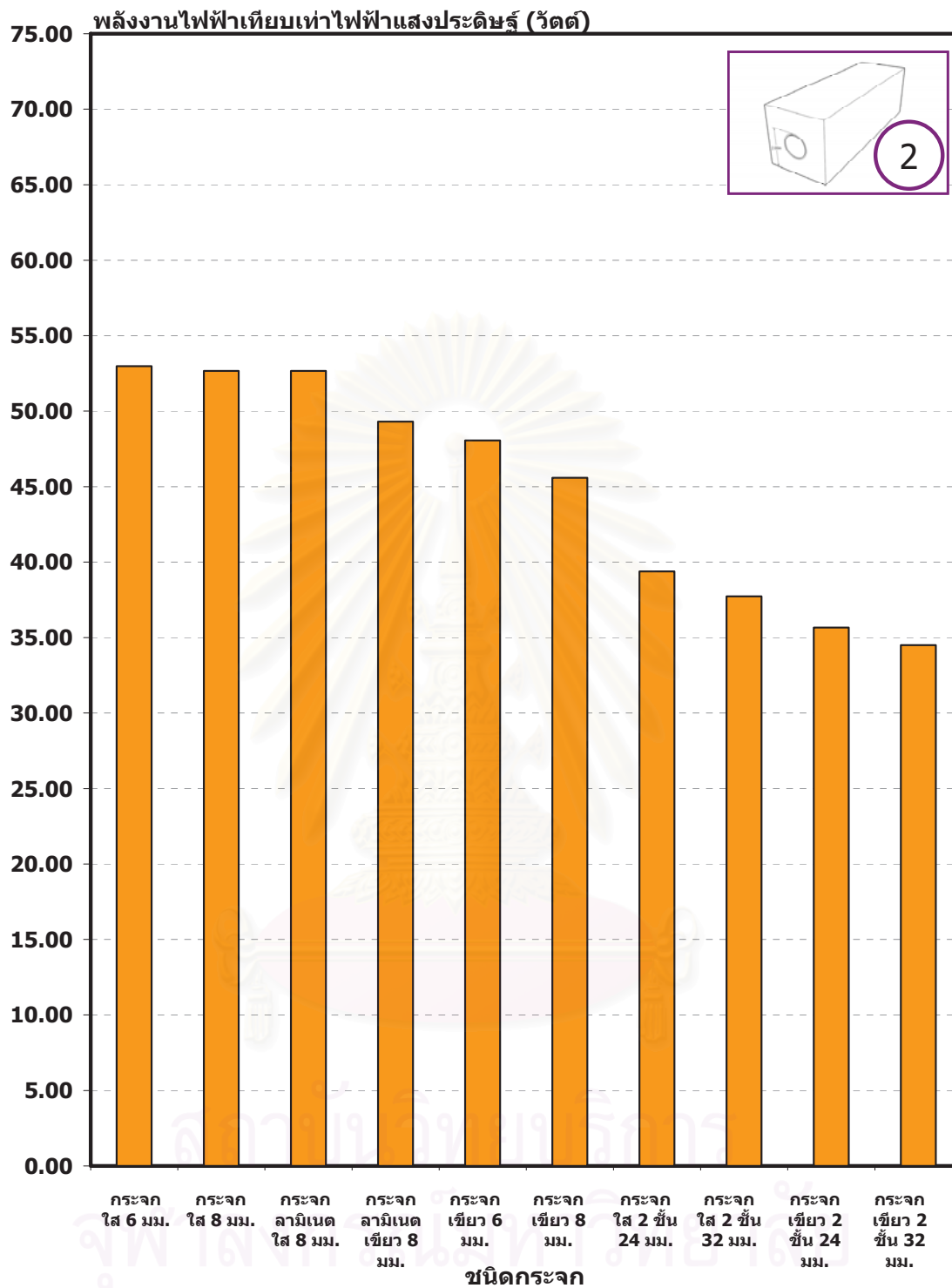


แผนภูมิที่ 4-109 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.



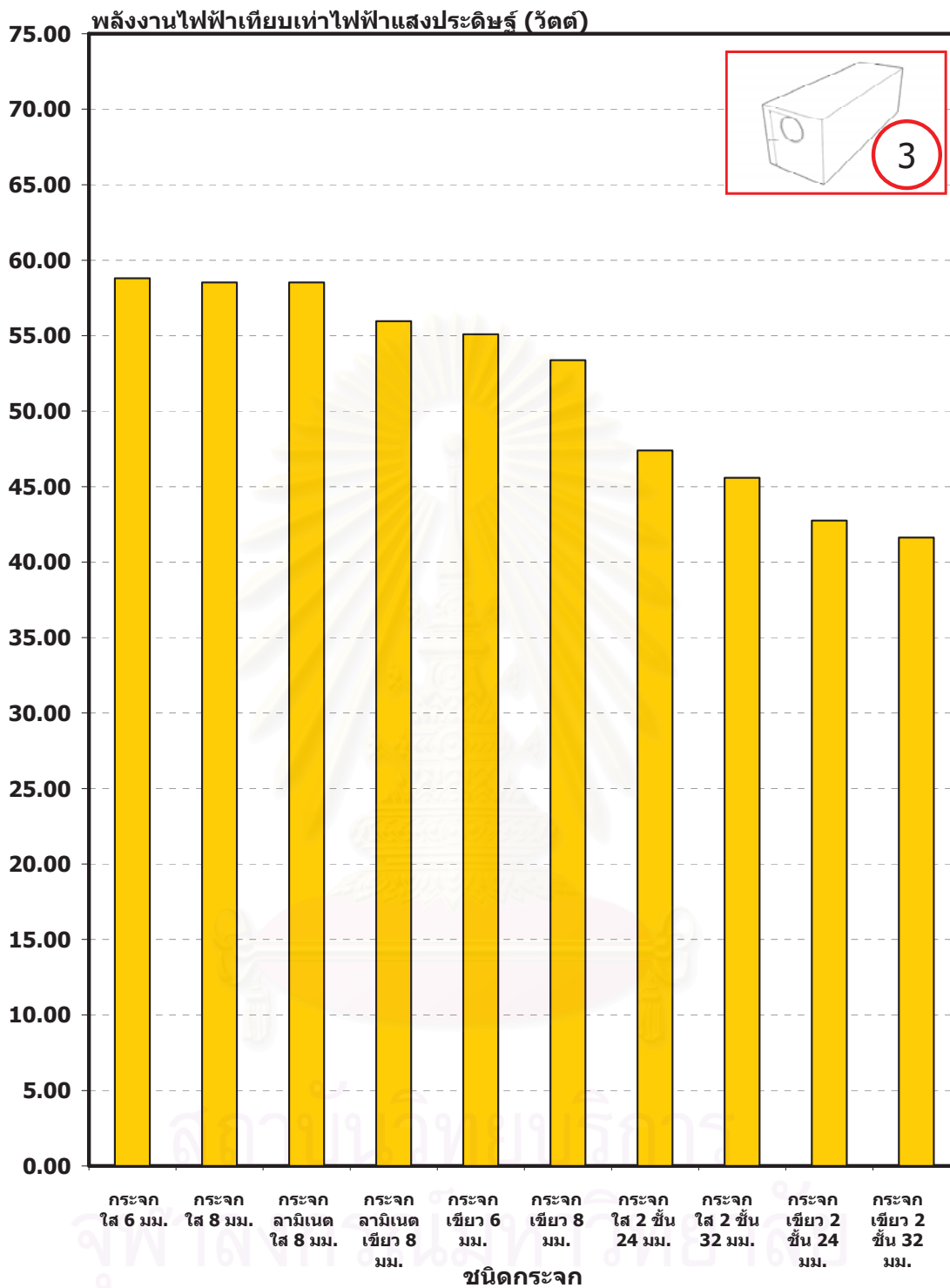
■ พลังงานจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์

แผนภูมิที่ 4-110 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิด กลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ตำแหน่งล่าง จากวัสดุบานกระຈกแตกต่างกัน



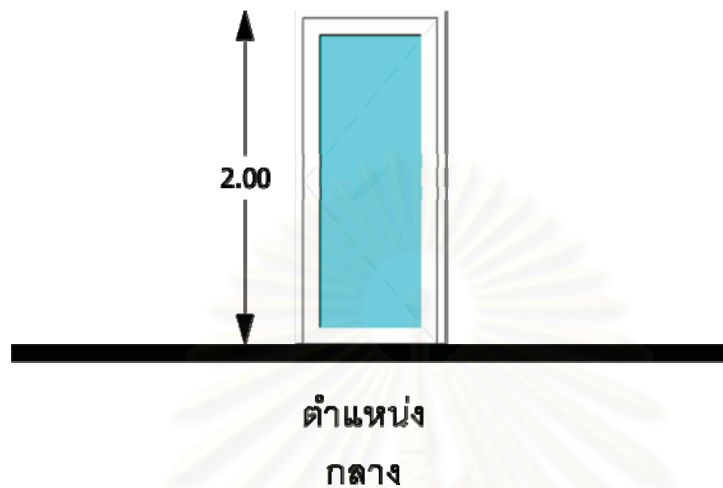
■ พลังงานจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์

แผนภูมิที่ 4-111 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิด กลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ตำแหน่งกลาง จากวัสดุบานกระຈกแตกต่างกัน



แผนภูมิที่ 4-112 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ตำแหน่งบน จากวัสดุบานกระบอกแตกต่างกัน

ระดับความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ และพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร

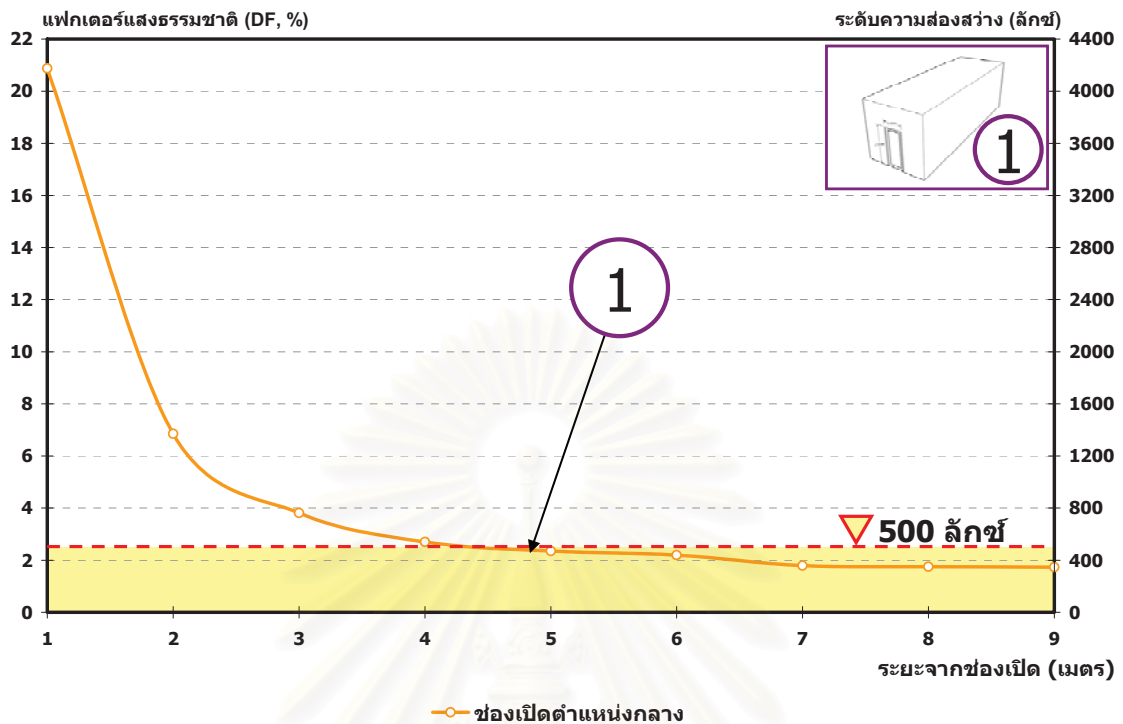


รูปที่ 4-15 ตำแหน่งติดตั้งสำหรับทดสอบช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร



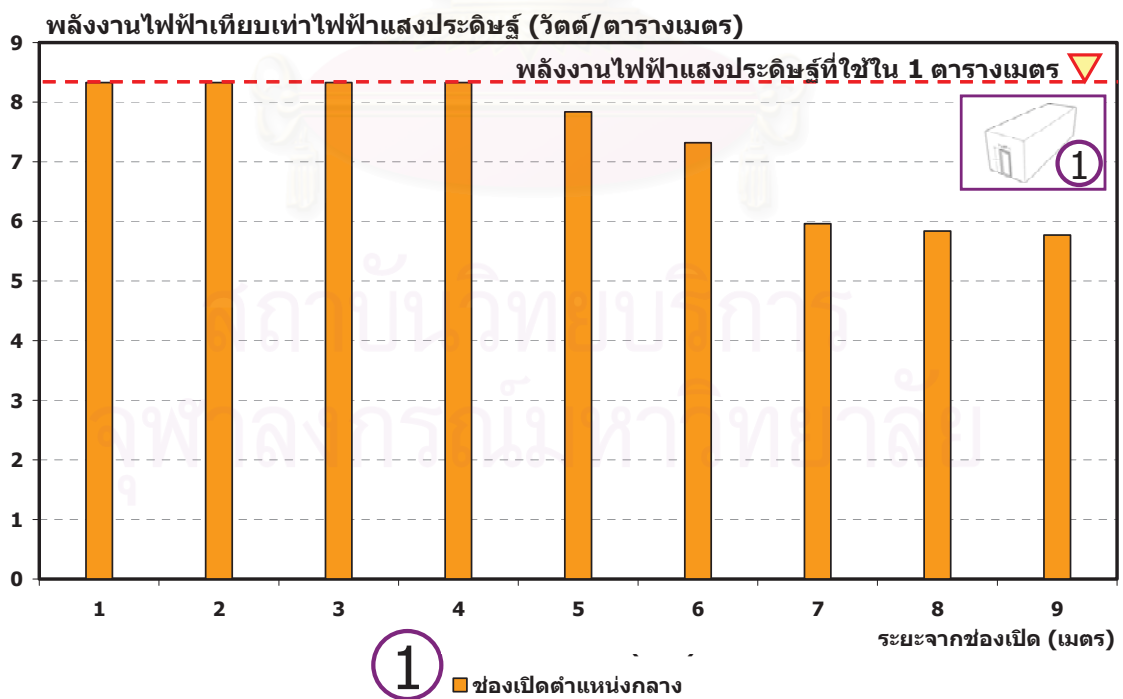
รูปที่ 4-16 การทดสอบระดับความส่องสว่างของช่องเปิด 0.90x2.00 เมตร ที่ตำแหน่งกลาง

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกใส 6 มม.



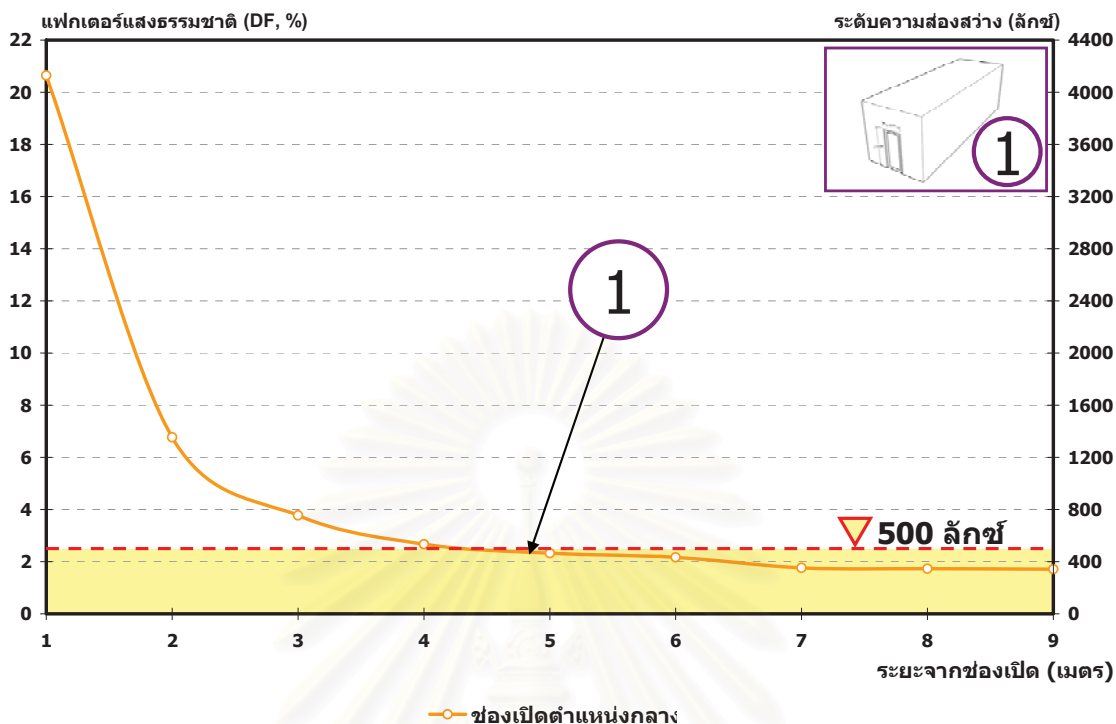
แผนภูมิที่ 4-113 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระจกใส 6 มม. ติดตั้งตำแหน่งกลาง

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระจกใส 6 มม.



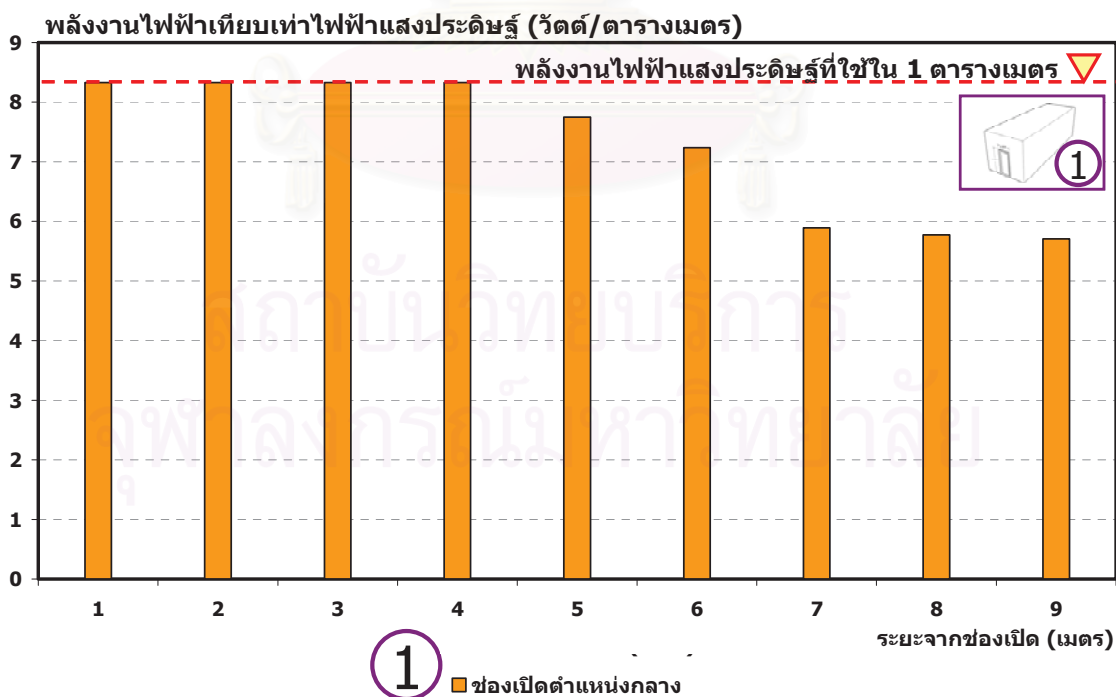
แผนภูมิที่ 4-114 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระจกใส 6 มม

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกใส 8 มม.



แผนภูมิที่ 4-115 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระจกใส 8 มม. ติดตั้งตำแหน่งกลาง

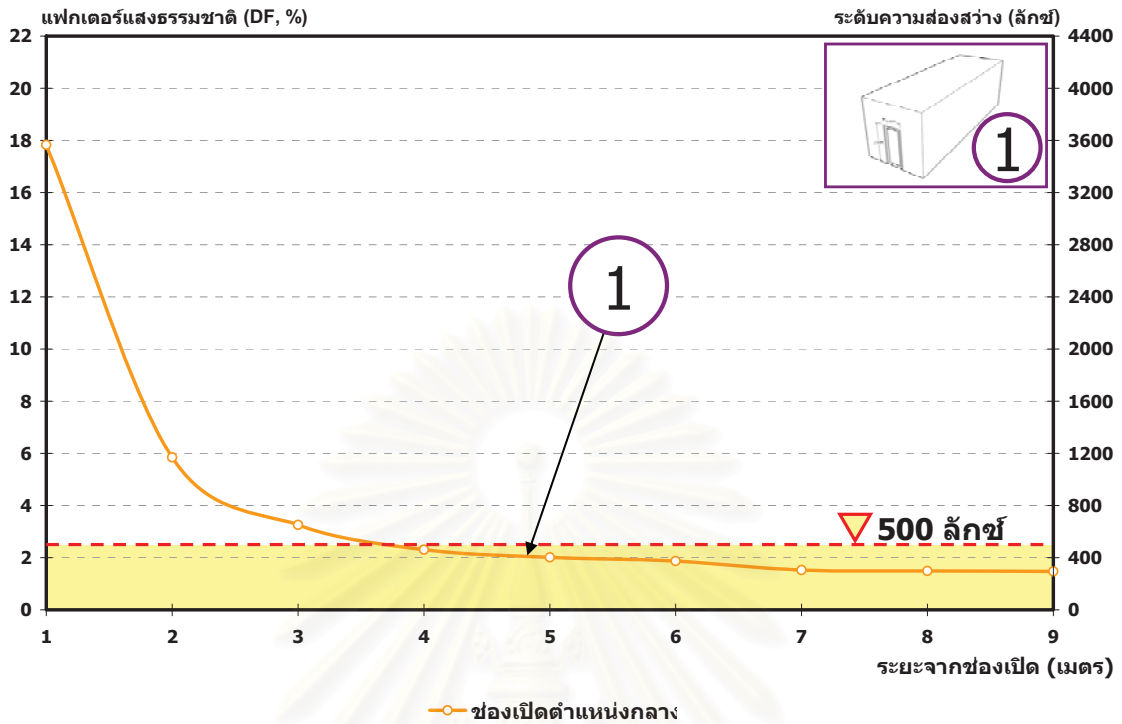
พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระจกใส 8 มม.



แผนภูมิที่ 4-116 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระจกใส 8 มม.

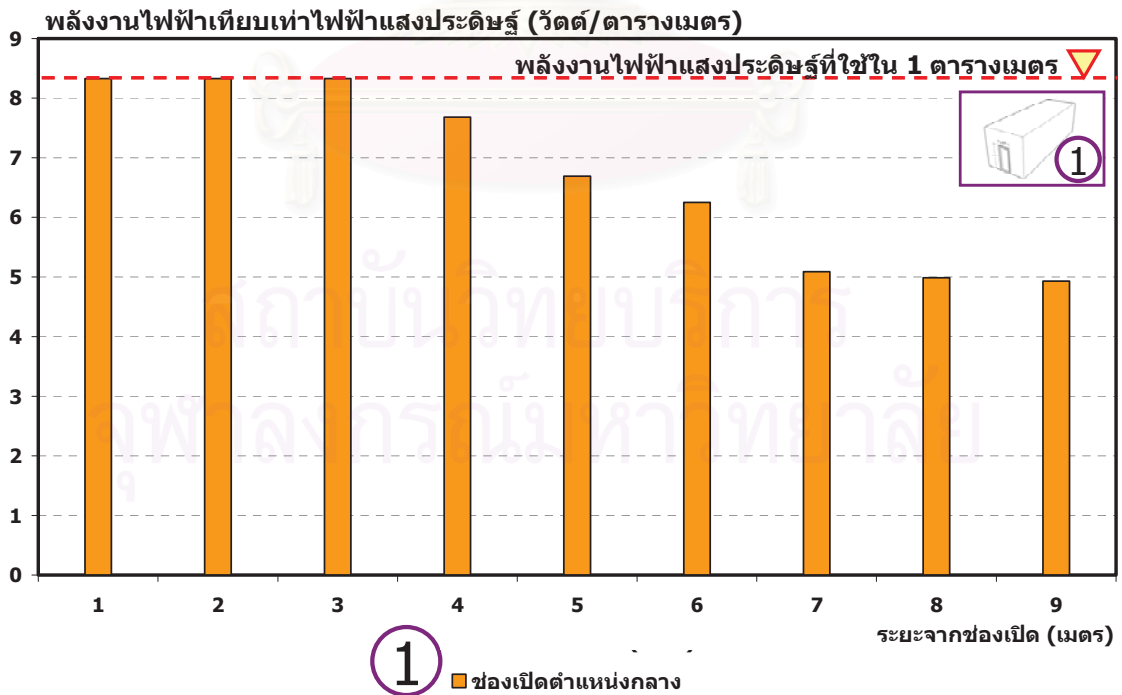


ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกเขียว 6 มม.



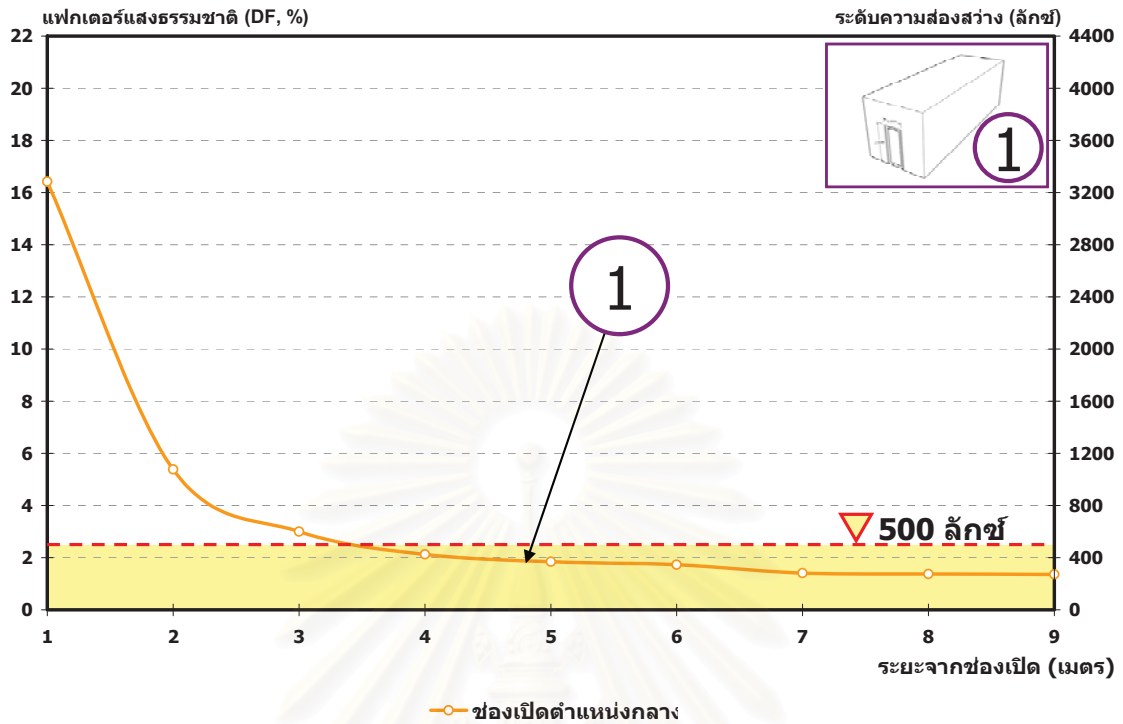
แผนภูมิที่ 4-117 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระจกเขียว 6 มม. ติดตั้งตำแหน่งกลาง

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระจกเขียว 6 มม.



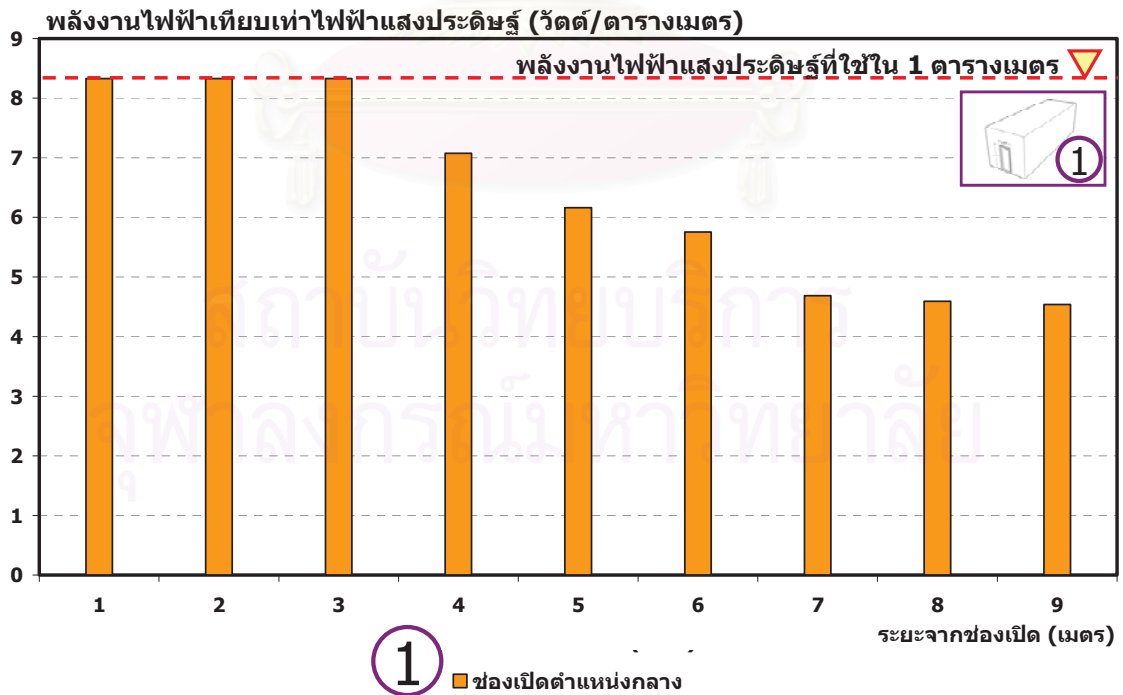
แผนภูมิที่ 4-118 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระจกเขียว 6 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกเขียว 8 มม.



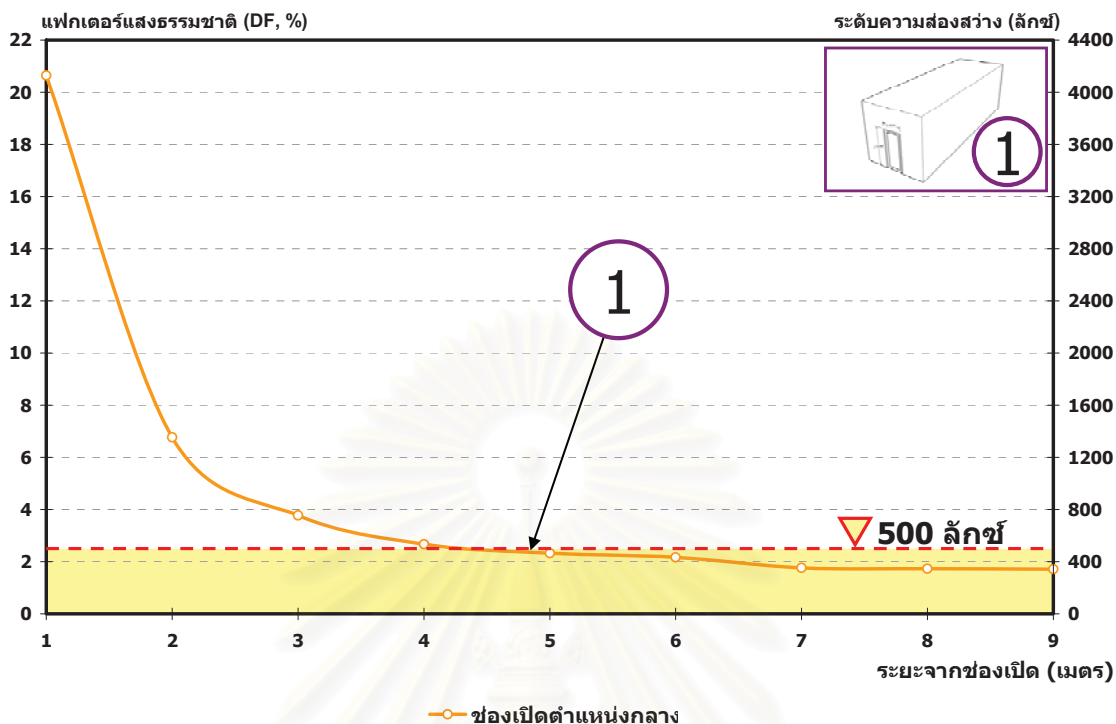
แผนภูมิที่ 4-119 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระจกเขียว 8 มม. ติดตั้งตำแหน่งกลาง

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระจกเขียว 8 มม.



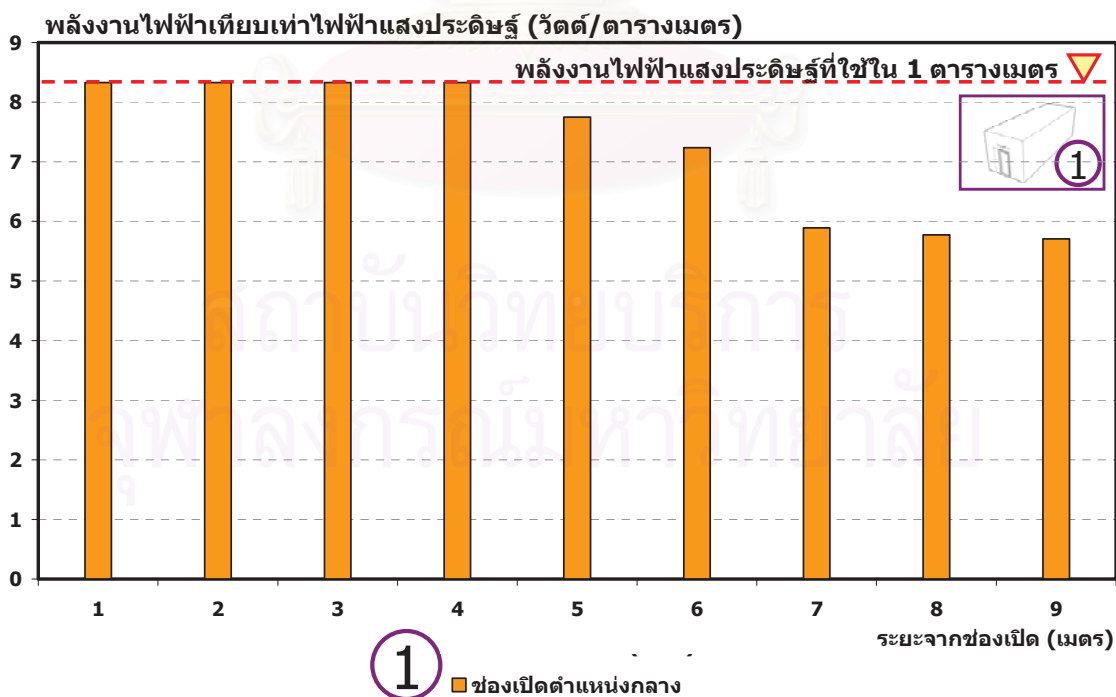
แผนภูมิที่ 4-120 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระจกเขียว 8 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกลามิเนตใส 8 มม.



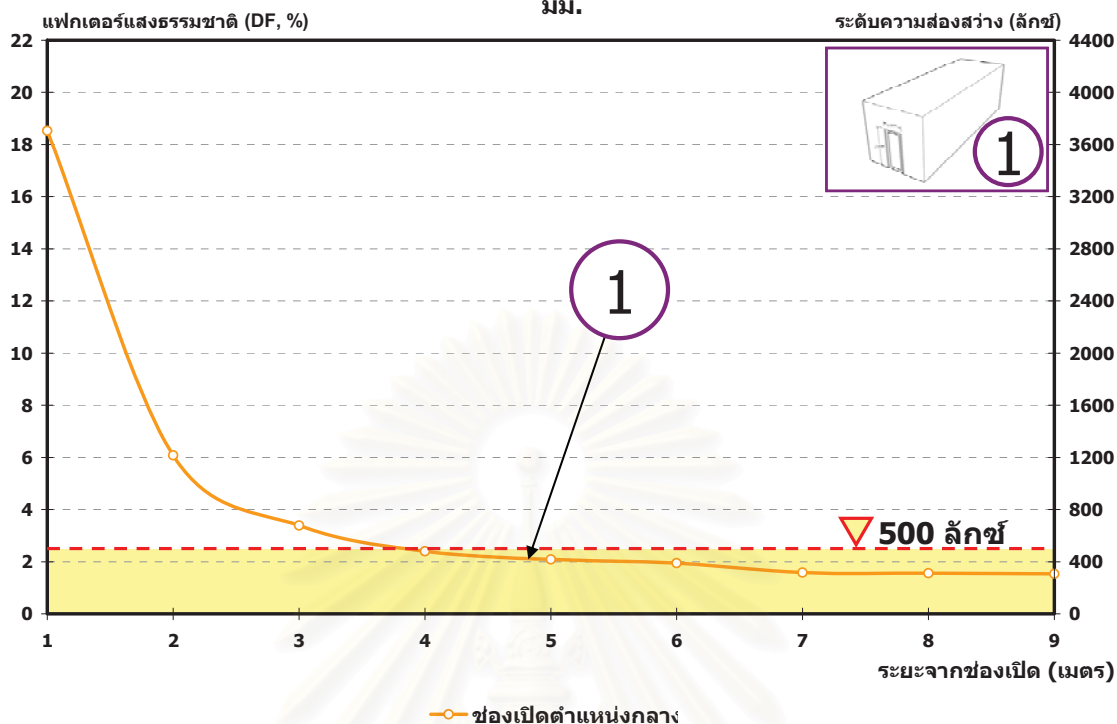
แผนภูมิที่ 4-121 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระจกลามิเนตใส 8 มม. ติดตั้งตำแหน่งกลาง

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระจกลามิเนตใส 8 มม.



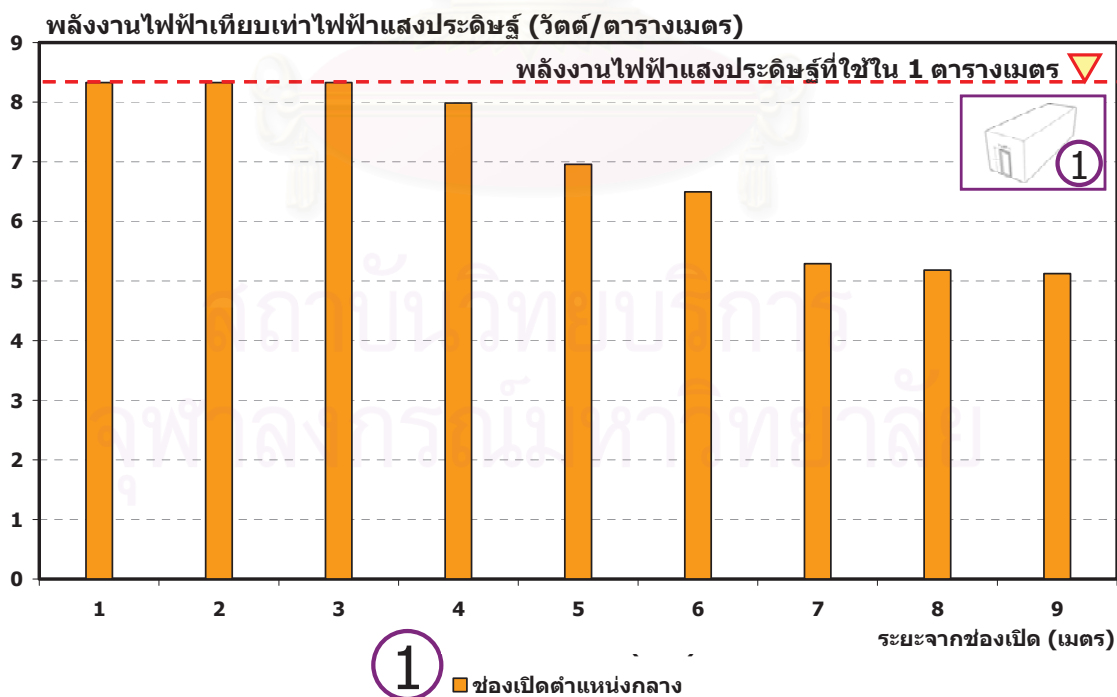
แผนภูมิที่ 4-122 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระจกลามิเนตใส 8 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกลามิเนตเขียว 8 มม.



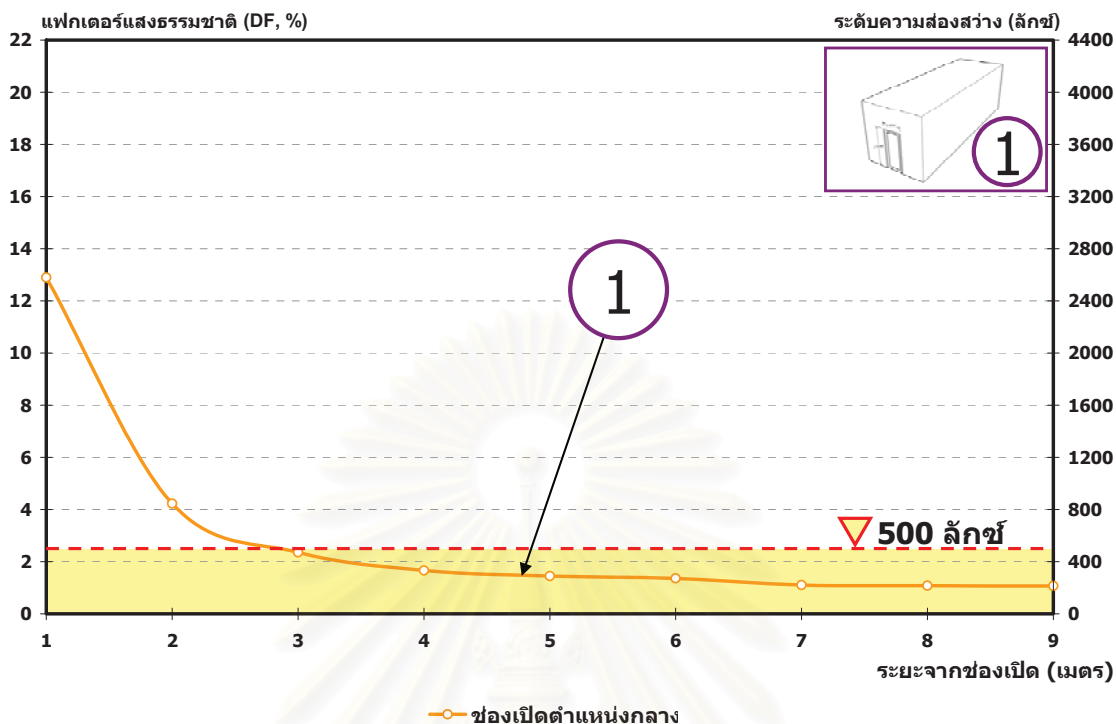
แผนภูมิที่ 4-123 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระจกลามิเนตเขียว 8 มม. ติดตั้งตำแหน่งกลาง

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระจกลามิเนตเขียว 8 มม.



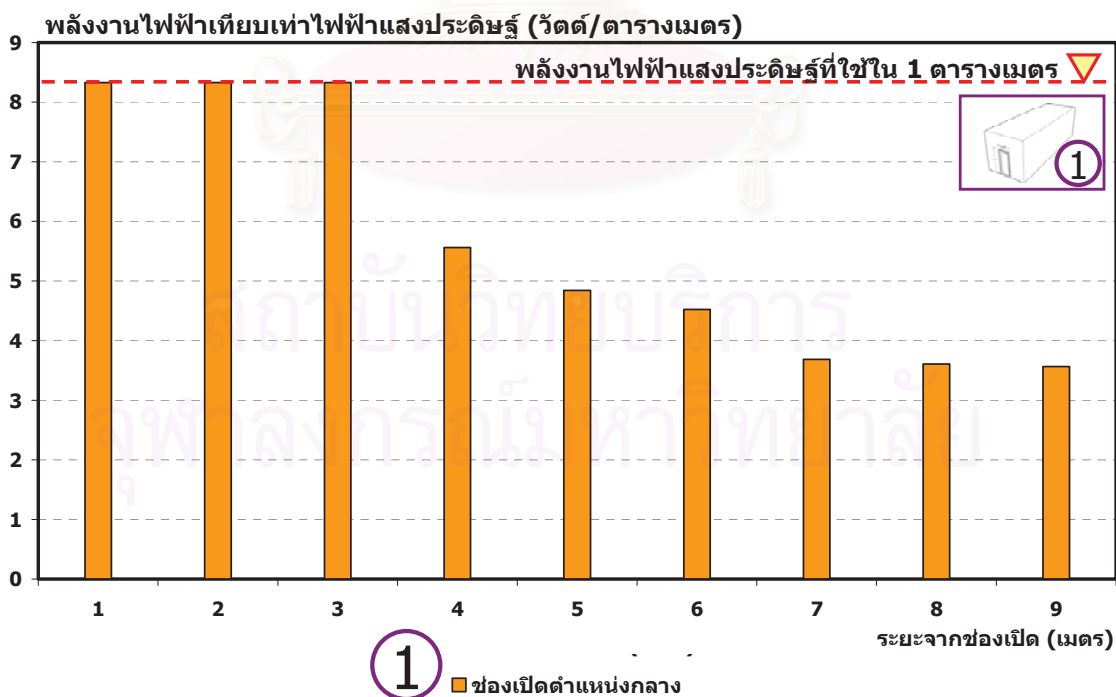
แผนภูมิที่ 4-124 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระจกลามิเนตเขียว 8 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 24 มม.



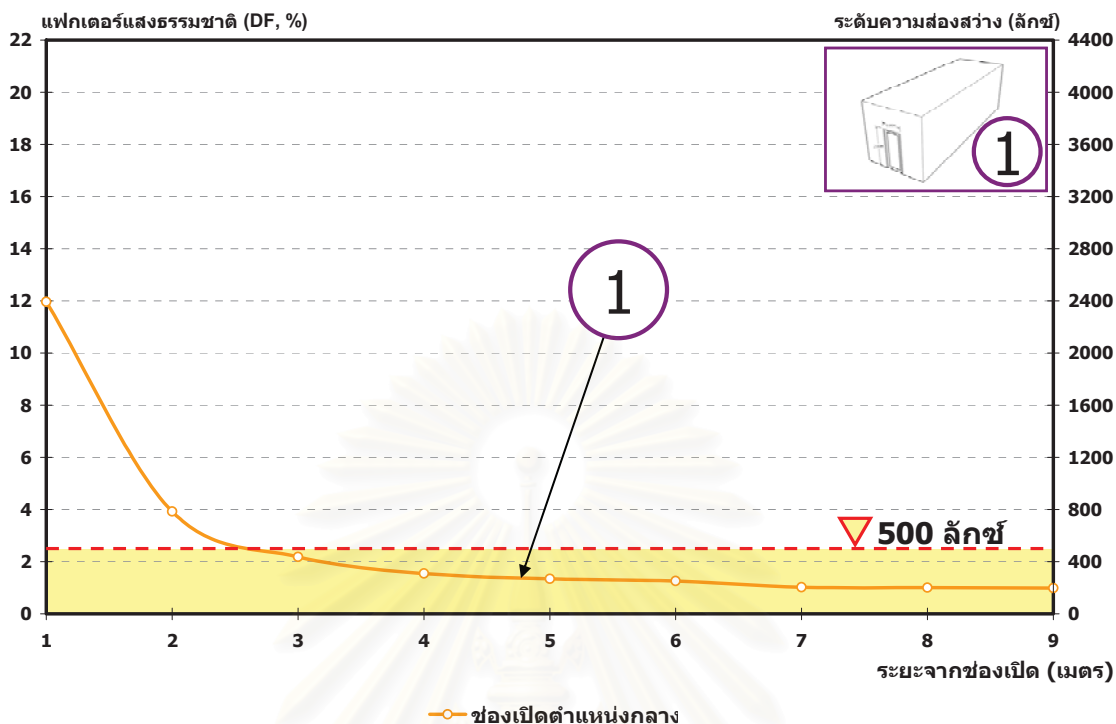
แผนภูมิที่ 4-125 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 24 มม. ติดตั้งตำแหน่งกลาง

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระจกใส 2 ชั้น 24 มม.



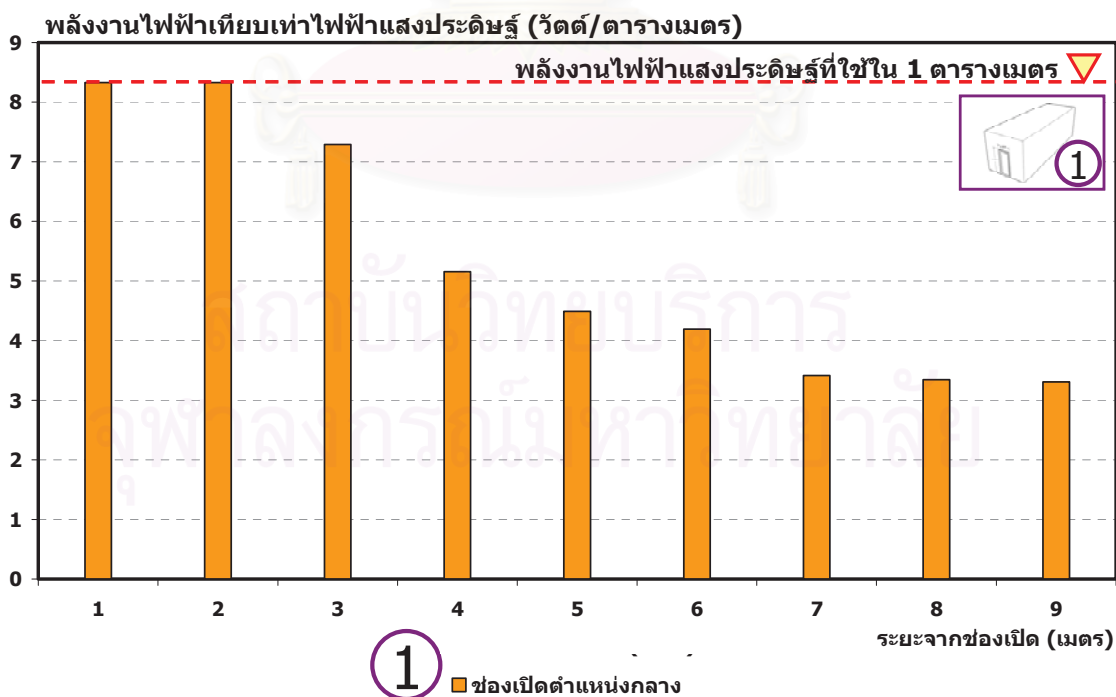
แผนภูมิที่ 4-126 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 24 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.



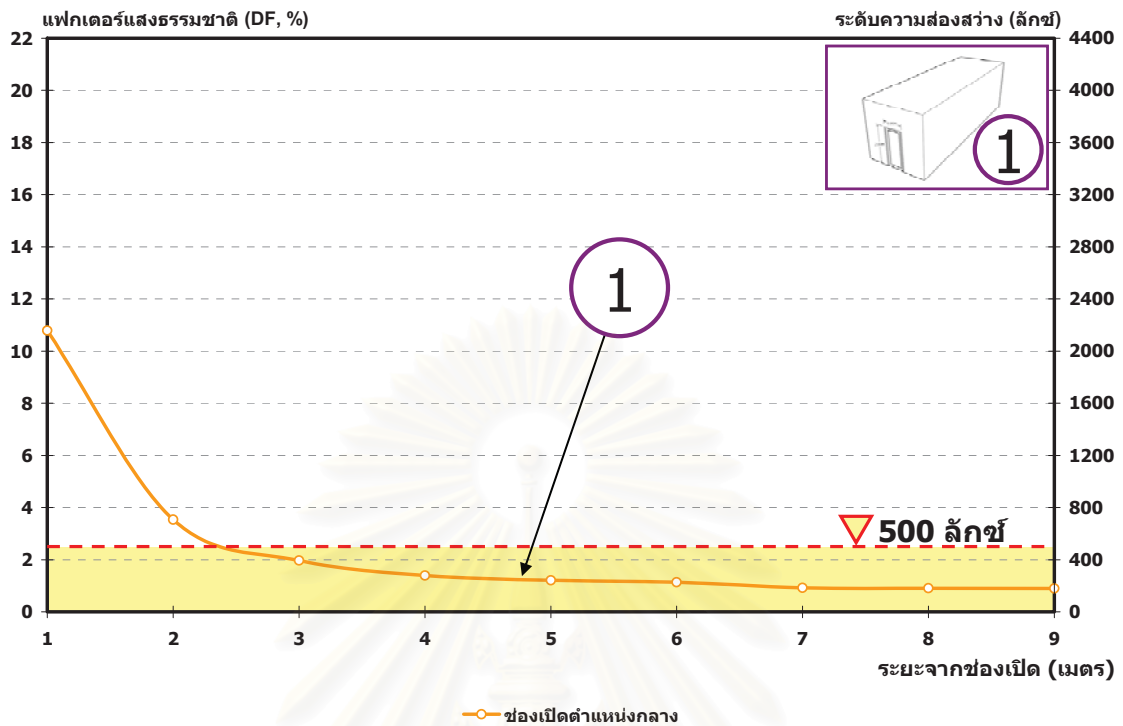
แผนภูมิที่ 4-127 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. ติดตั้งตำแหน่งกลาง

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระจกใส 2 ชั้น 32 มม.



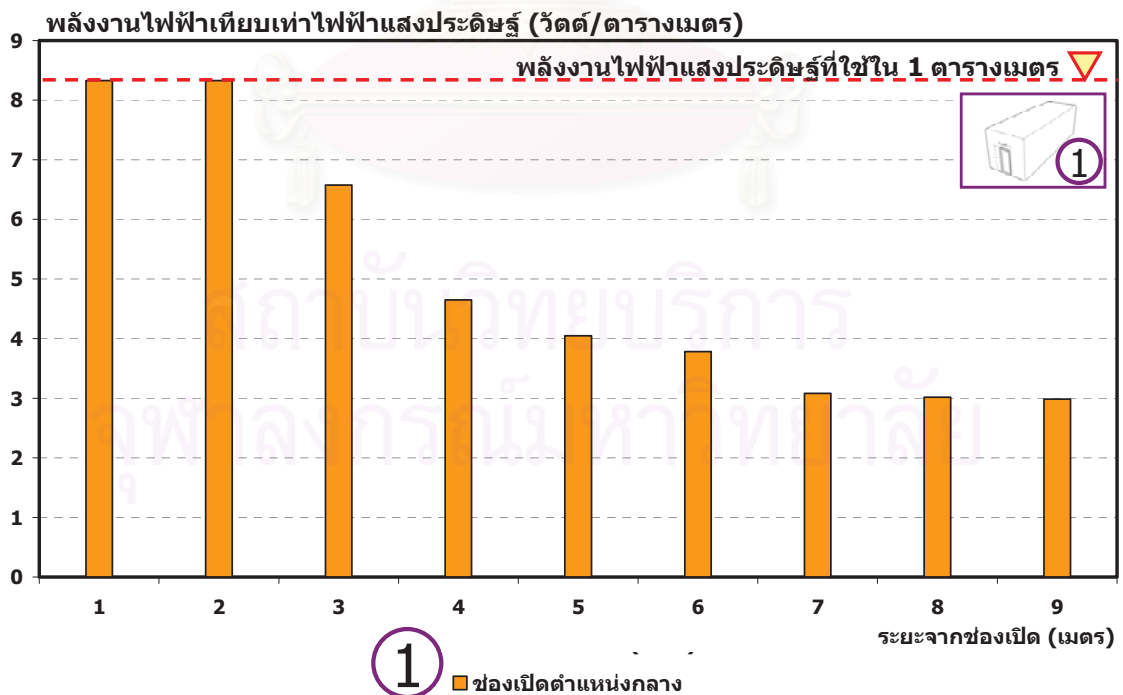
แผนภูมิที่ 4-128 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระฉากเขี้ยว 2 ชั้น 24 มม.



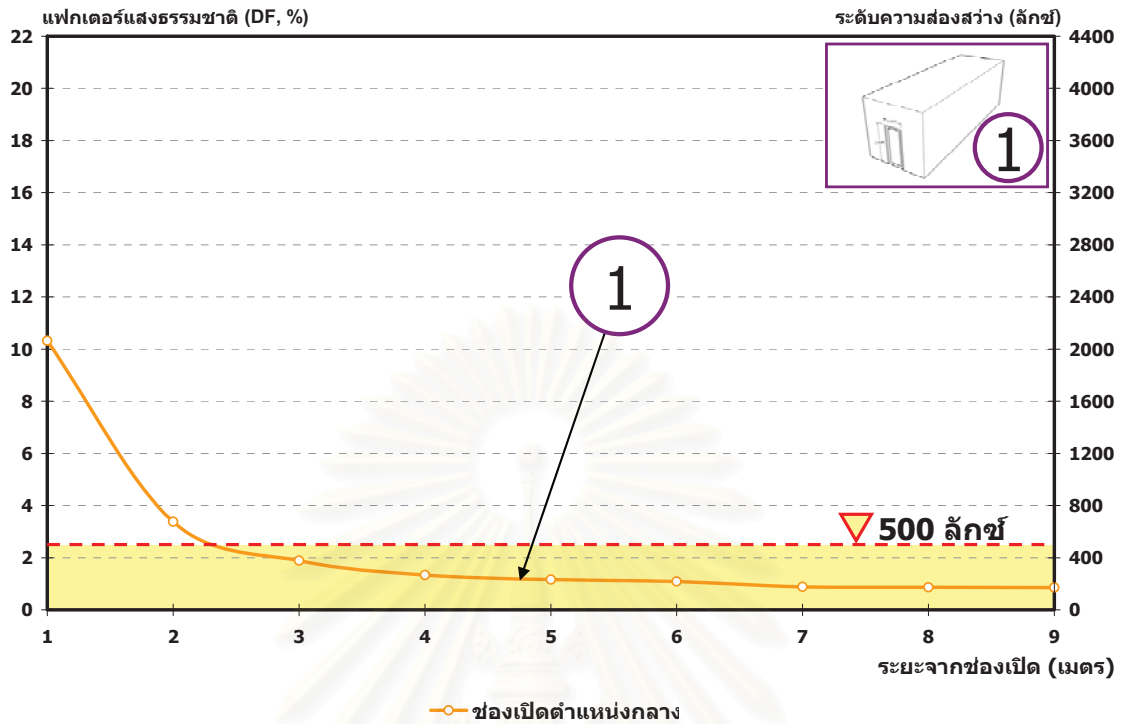
แผนภูมิที่ 4-129 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระฉากเขี้ยว 2 ชั้น 24 มม. ติดตั้งตำแหน่งกลาง

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระฉากเขี้ยว 2 ชั้น 24 มม.



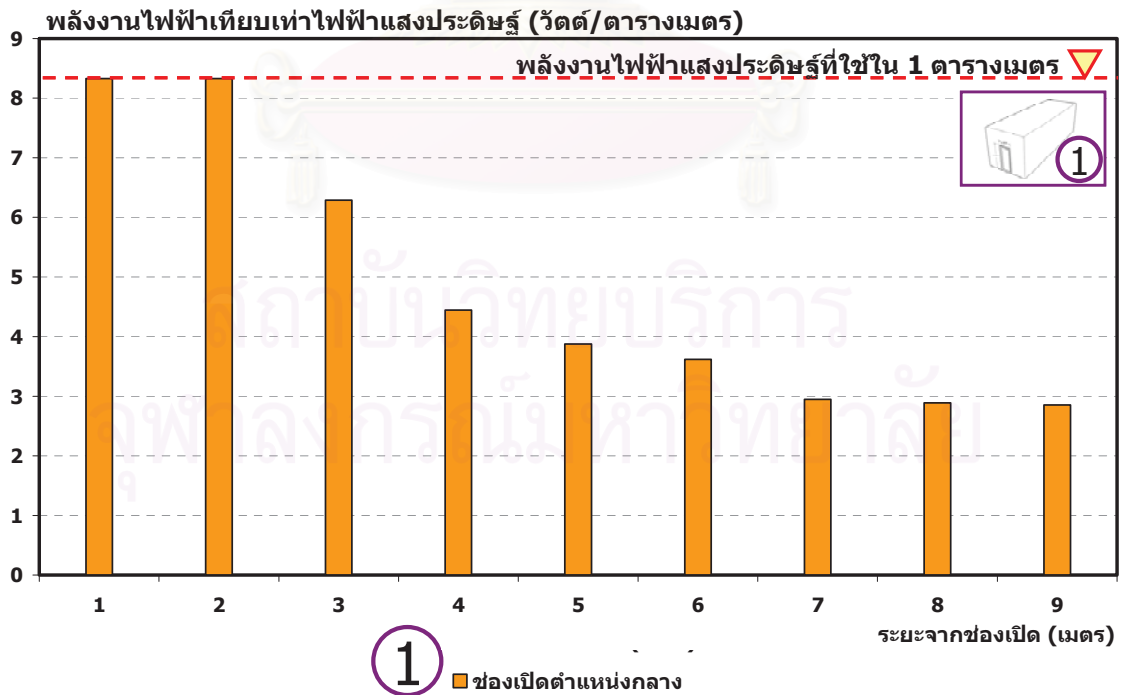
แผนภูมิที่ 4-130 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระฉากเขี้ยว 2 ชั้น 24 มม.

ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร กระฉากเขี้ยว 2 ชั้น 32 มม.



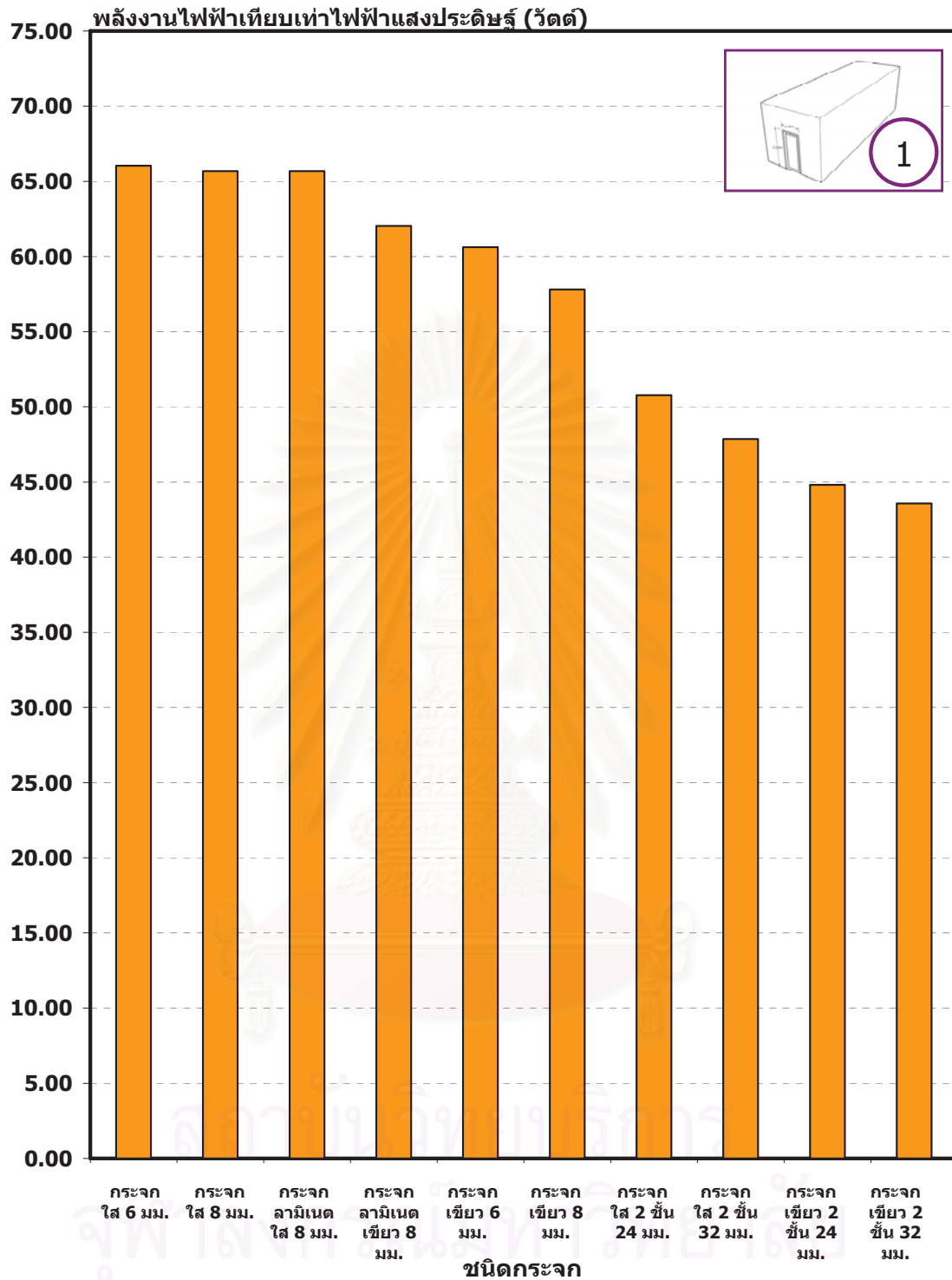
แผนภูมิที่ 4-131 ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระฉากเขี้ยว 2 ชั้น 32 มม. ติดตั้งตำแหน่งกลาง

พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติของช่องเปิดกลมขนาด 1.20 เมตร บานกระฉากเขี้ยว 2 ชั้น 32 มม.



แผนภูมิที่ 4-132 พลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร กระฉากเขี้ยว 2 ชั้น 32 มม.





■ พลังงานจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์

แผนภูมิที่ 4-133 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติ เทียบเท่าแสงประดิษฐ์ ของช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร ตำแหน่งกลาง จากวัสดุบานกระจกแตกต่างกัน

## สรุปผลระดับความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ และพลังงานไฟฟ้าเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ของช่องเปิด

ผลการศึกษาค่าการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติเพื่อลดการใช้แสงประดิษฐ์สามารถแบ่งการพิจารณาได้ 2 ส่วนคือ ระดับการติดตั้งช่องเปิด และส่วนวัสดุบานกระจก

ช่องเปิดที่ติดตั้งตำแหน่งล่าง ที่มีระดับความส่องสว่างรวม จากมาก ไปน้อย คือ ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม. ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม. และช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 ม.

ช่องเปิดที่ติดตั้งตำแหน่งกลาง ที่มีระดับความส่องสว่างรวม จากมาก ไปน้อย คือ ช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 ม. ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม. ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม. และช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 ม.

ช่องเปิดที่ติดตั้งตำแหน่งบน ที่มีระดับความส่องสว่างรวม จากมาก ไปน้อย คือ ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม. ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม. และช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 ม.

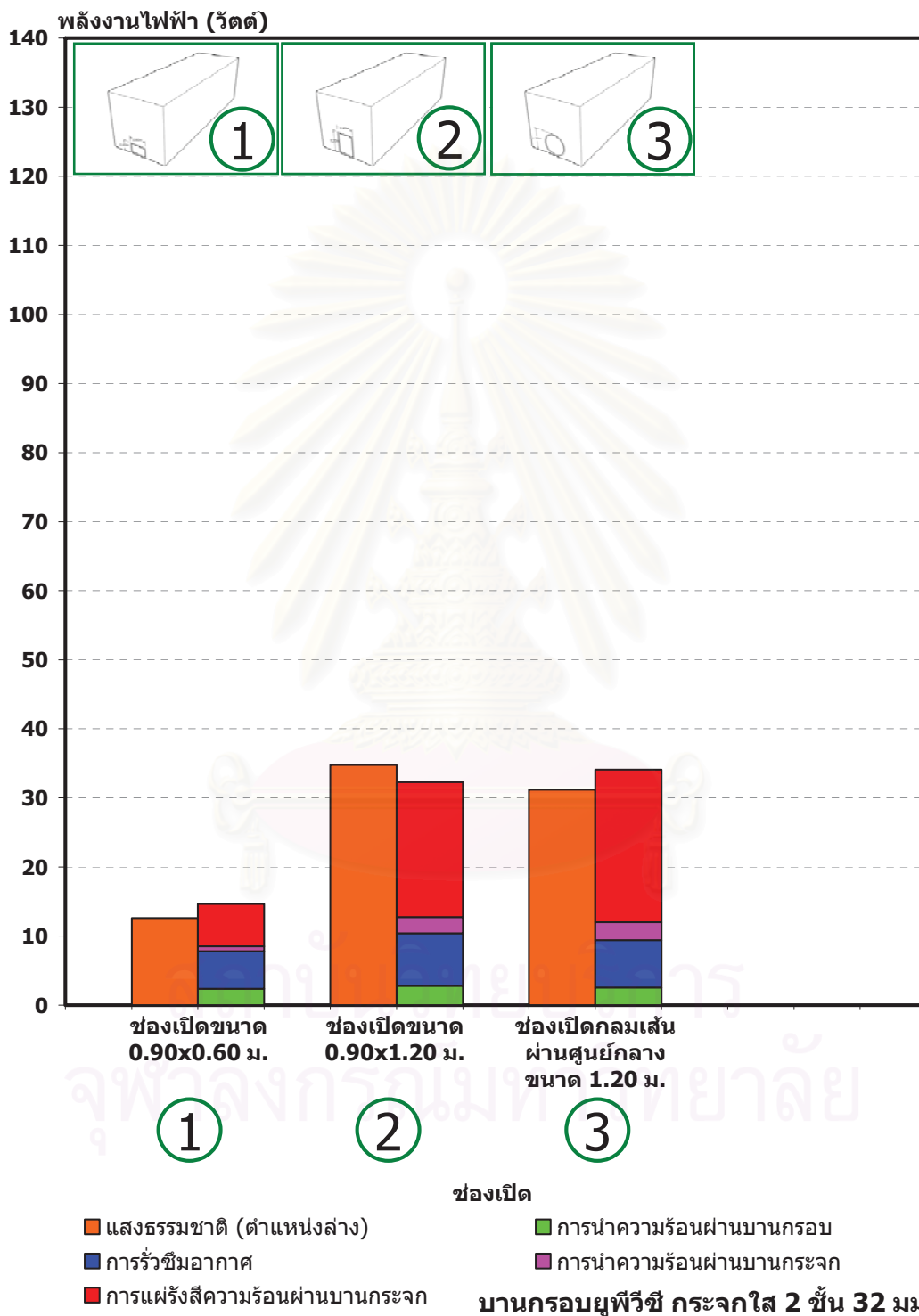
การพิจารณาในส่วนระดับการติดตั้งช่องเปิด พบว่าพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ แปรผันตามความสูงนั่นคือ การติดตั้งช่องเปิดในระดับบนให้ความส่องสว่าง และปริมาณพลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ มากกว่าการติดตั้งช่องเปิดในตำแหน่งที่ต่ำกว่า

การพิจารณาในส่วนวัสดุบานกระจก พบว่าพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์จากมากไปน้อยคือ ช่องเปิดบานกระจกใส 6 มม. กระจกใส 8 มม. กระจกลามิเนตใส 8 มม. กระจกลามิเนตเขียว 8 มม. กระจกเขียว 6 มม. กระจกเขียว 8 มม. กระจกใส 2 ชั้น 24 มม. กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. กระจกเขียว 2 ชั้น 24 มม. และกระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. ตามลำดับ

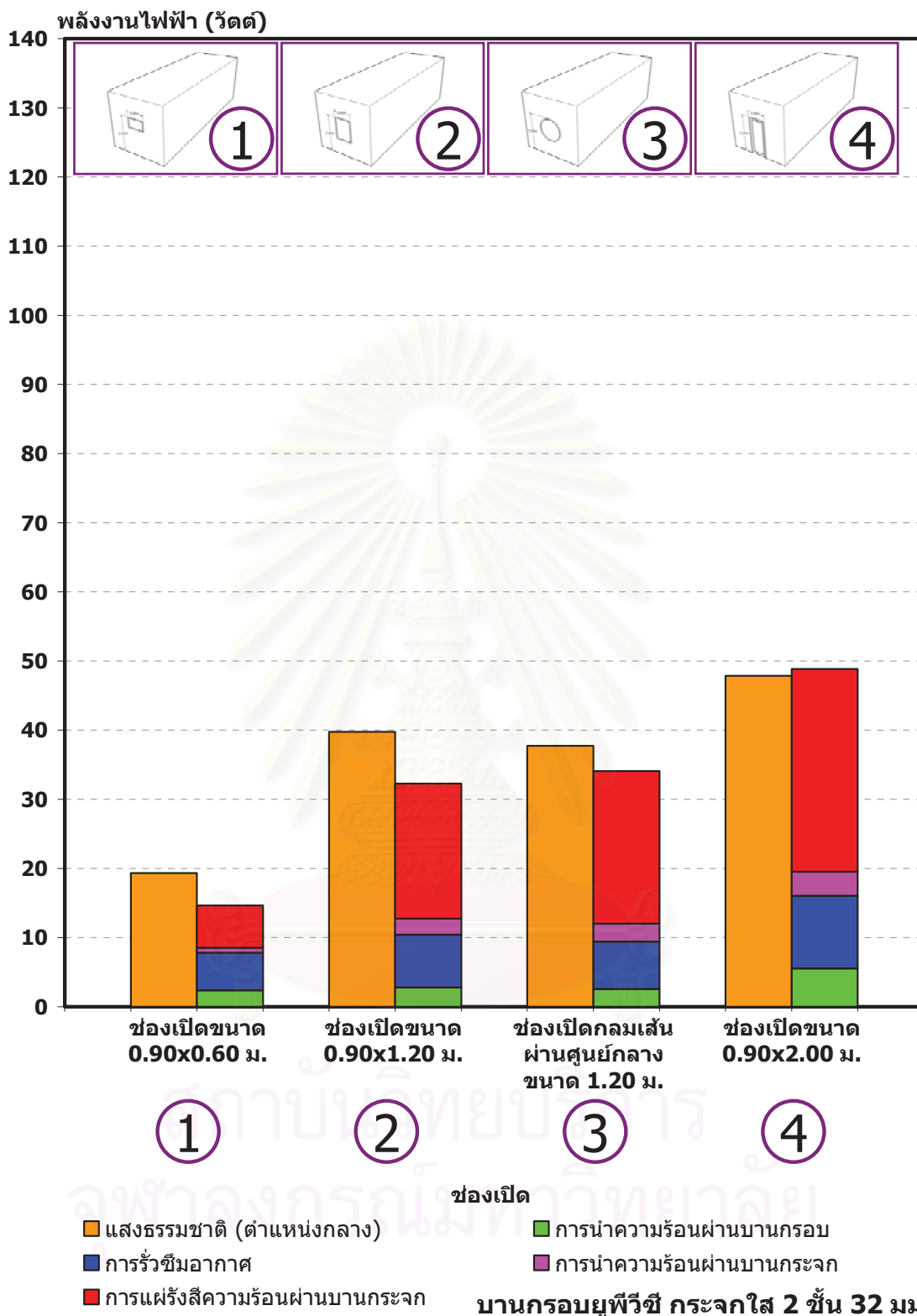
ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อระดับพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติคือ ตำแหน่งช่องเปิด และค่าความส่องผ่านของแสงที่ตามองเห็น (visible light transmission)

4.1.3. การเปรียบเทียบพลังงานที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดเข้าสู่ภายในอาคาร และปริมาณพลังงานที่ได้รับจากแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิด เทียบเท่าแสงประดิษฐ์

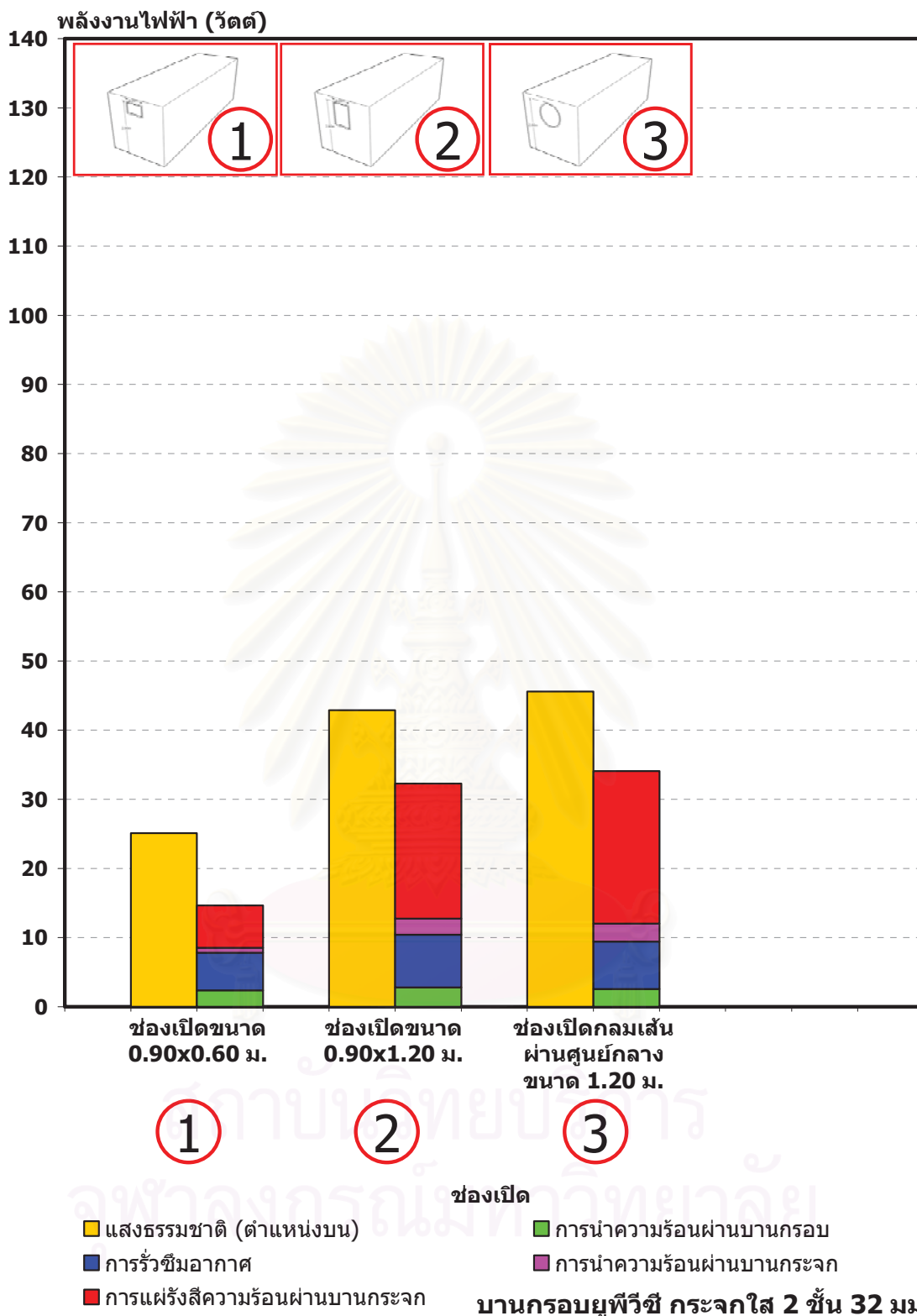
การเปรียบเทียบพลังงานสุทธิของช่องเปิดขนาดต่าง ๆ



แผนภูมิที่ 4-134 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของช่องเปิดขนาดต่าง ๆ บานกรอบยูพีวีซี และกระจกใส 2 ชั้น 32 มม. ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งล่าง

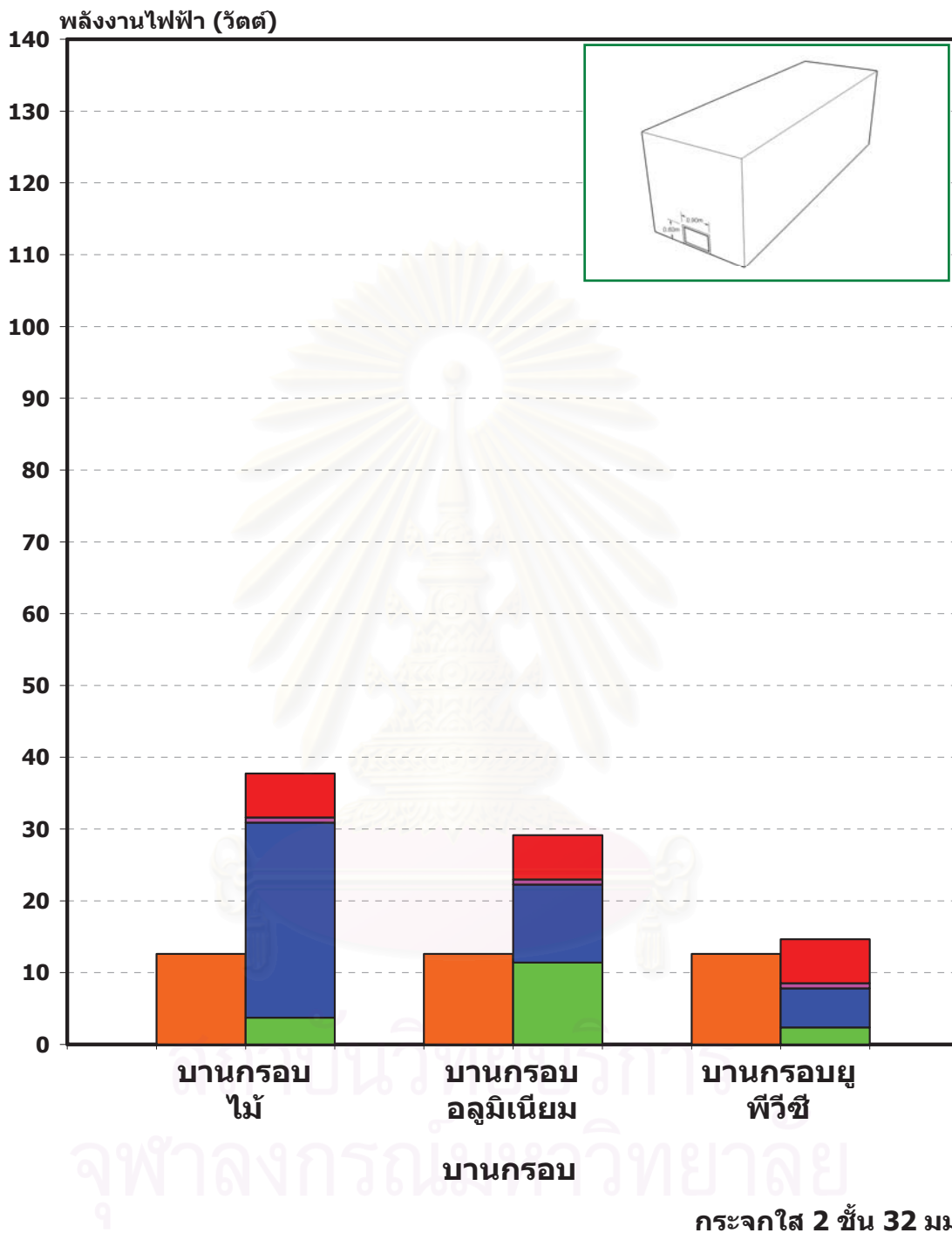


แผนภูมิที่ 4-135 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของช่องเปิดขนาดต่าง ๆ บานกรอบยูพีวีซี และกระจกใส 2 ชั้น 32 มม. ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งกลาง



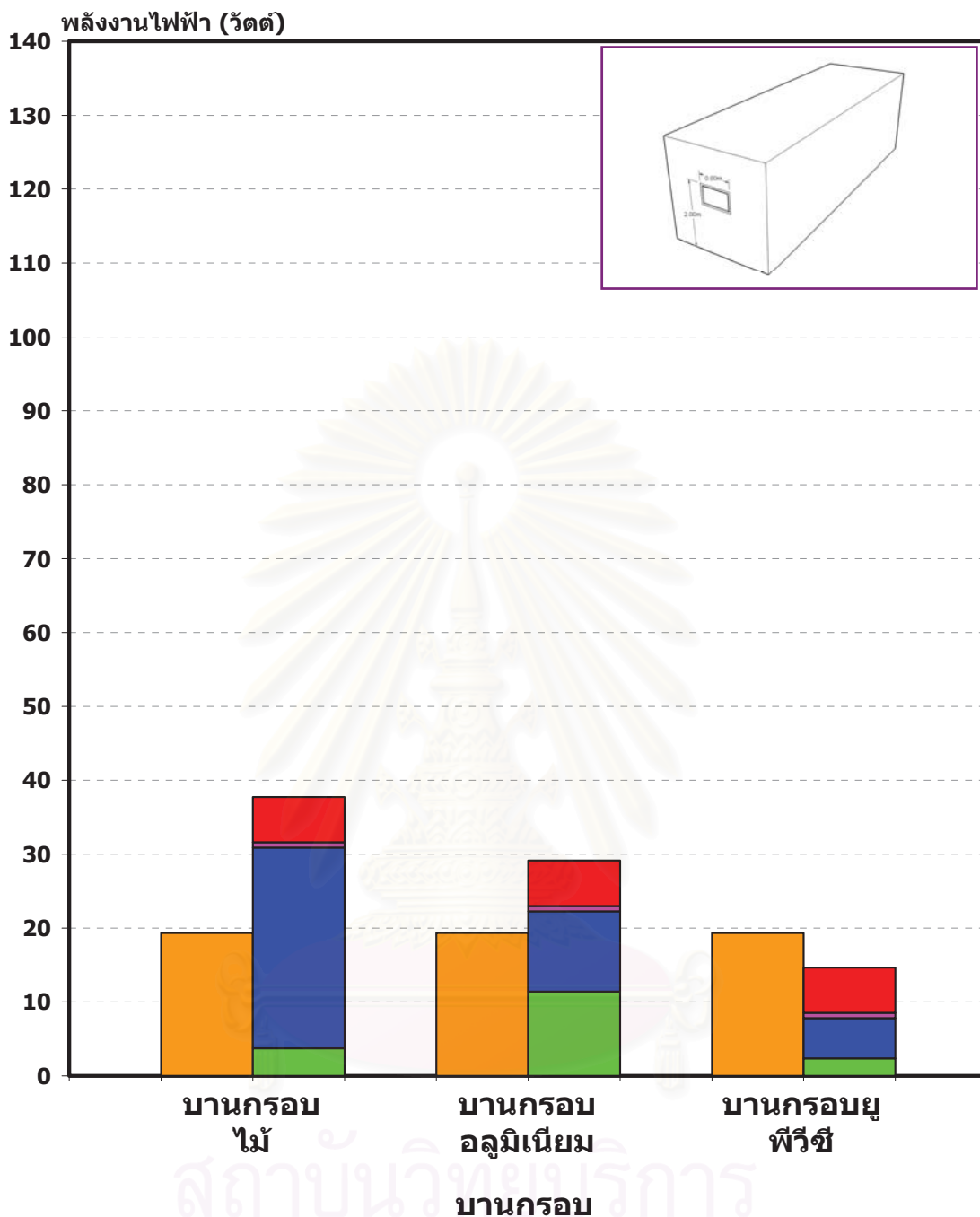
แผนภูมิที่ 4-136 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของช่องเปิดขนาดต่าง ๆ บานกรอบยูพีวีซี และกระจกใส 2 ชั้น 32 มม. ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งบน

การเปรียบเทียบพลังงานสุทธิของวัสดุบานกรอบชนิดต่าง ๆ



- แสงธรรมชาติ (ตำแหน่งล่าง)
- การนำความร้อนผ่านบานกรอบ
- การนำความร้อนผ่านบานกระจก
- การแผ่รังสีความร้อนผ่านบานกระจก
- การรั่วซึมอากาศ

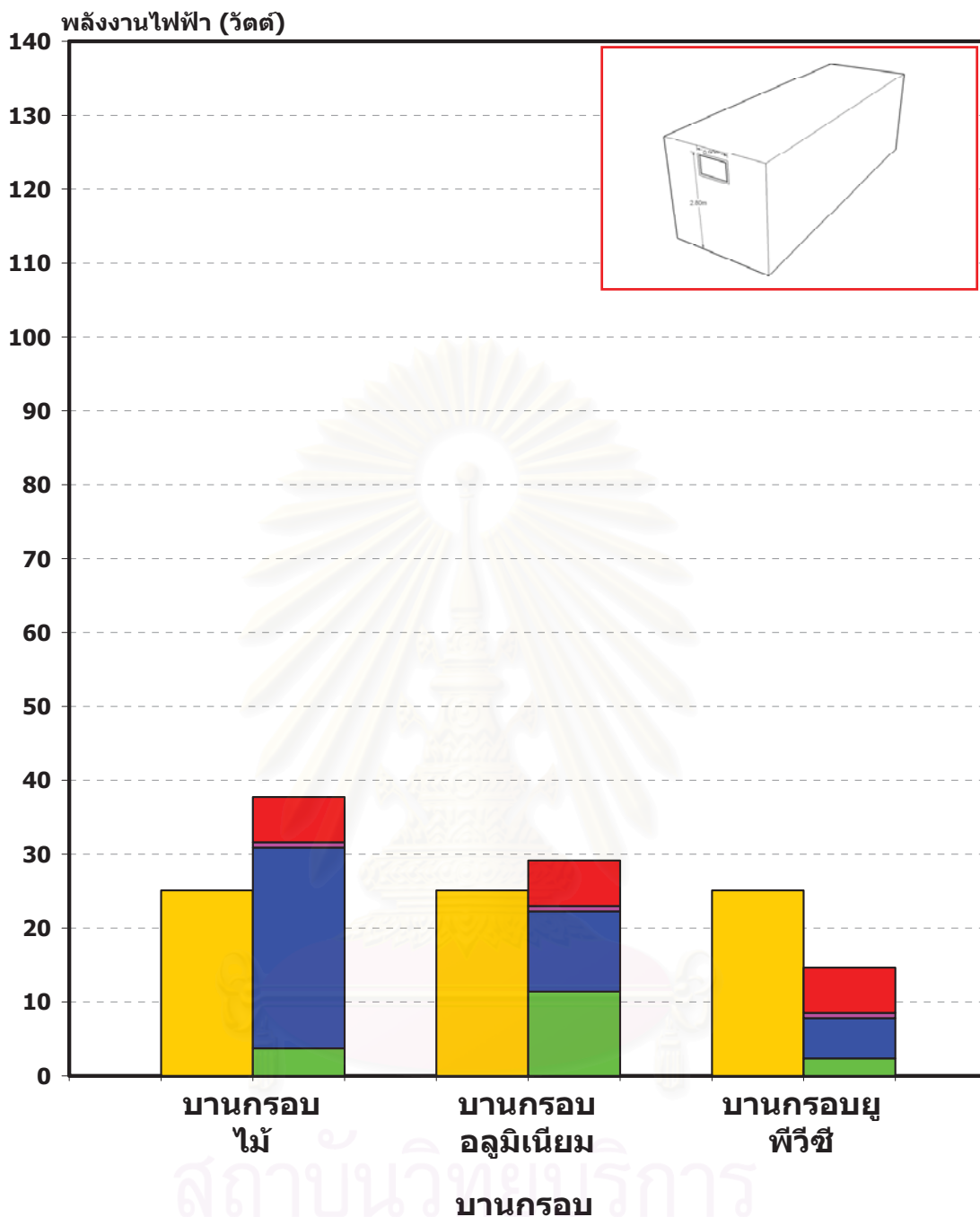
แผนภูมิที่ 4-137 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบานกรอบต่าง ๆ ช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 ม. และ กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งล่าง



กระฉกใส 2 ชั้น 32 มม.

- แสงธรรมชาติ (ตำแหน่งกลาง)
- การนำความร้อนผ่านบ้านกรอบ
- การปรับอากาศ
- การนำความร้อนผ่านบ้านกระฉก
- การแผ่รังสีความร้อนผ่านบ้านกระฉก

แผนภูมิที่ 4-138 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการกำจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบ้านกรอบต่าง ๆ ช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 ม. และ กระฉกใส 2 ชั้น 32 มม. ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งกลาง

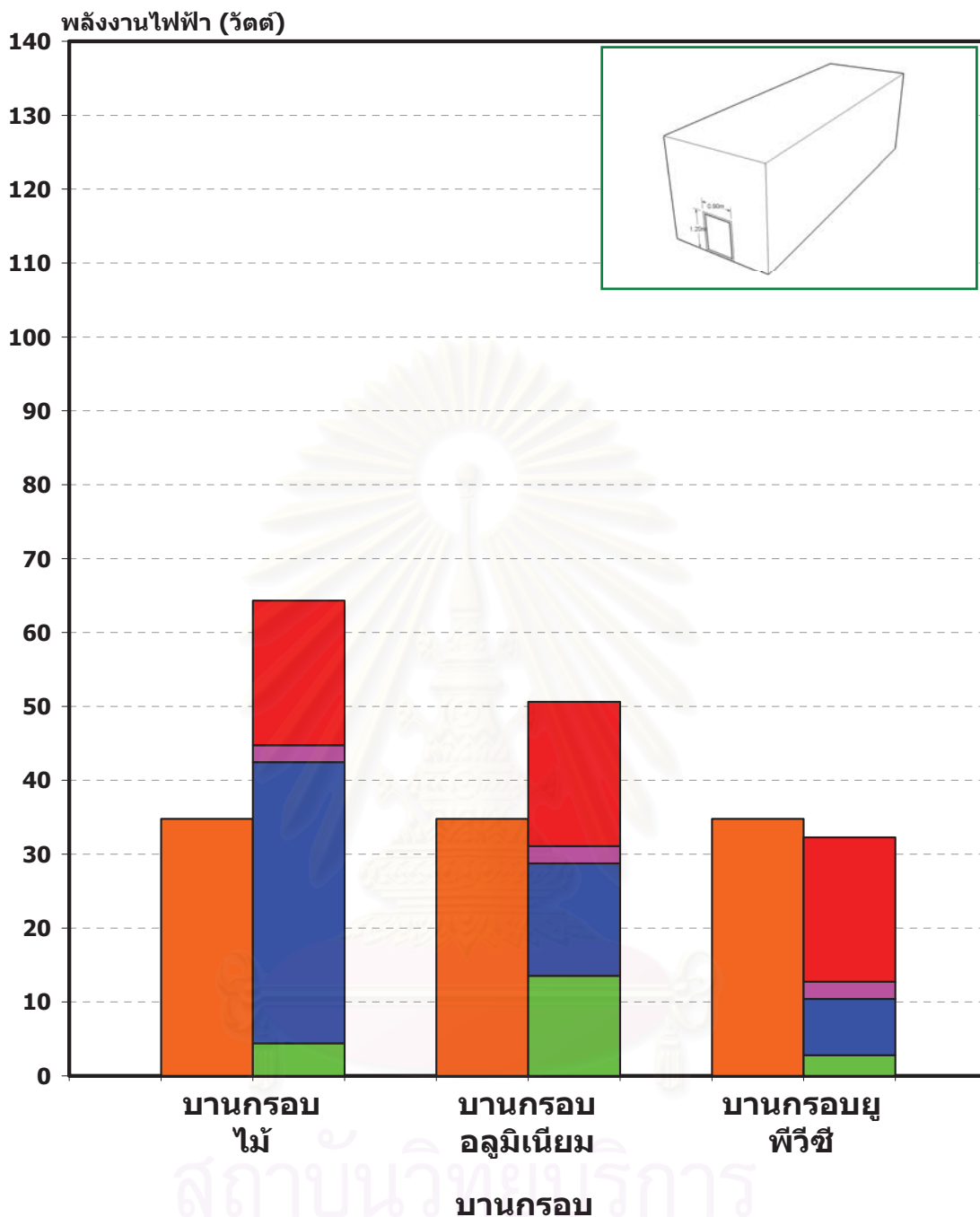


กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.

- แสงธรรมชาติ (ตำแหน่งบน)
- การนำความร้อนผ่านบานกรอบ
- การรั่วซึมอากาศ
- การนำความร้อนผ่านบานกระจก
- การแผ่รังสีความร้อนผ่านบานกระจก

แผนภูมิที่ 4-139 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบ้านกรอบต่าง ๆ ช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 ม. และ กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งบน

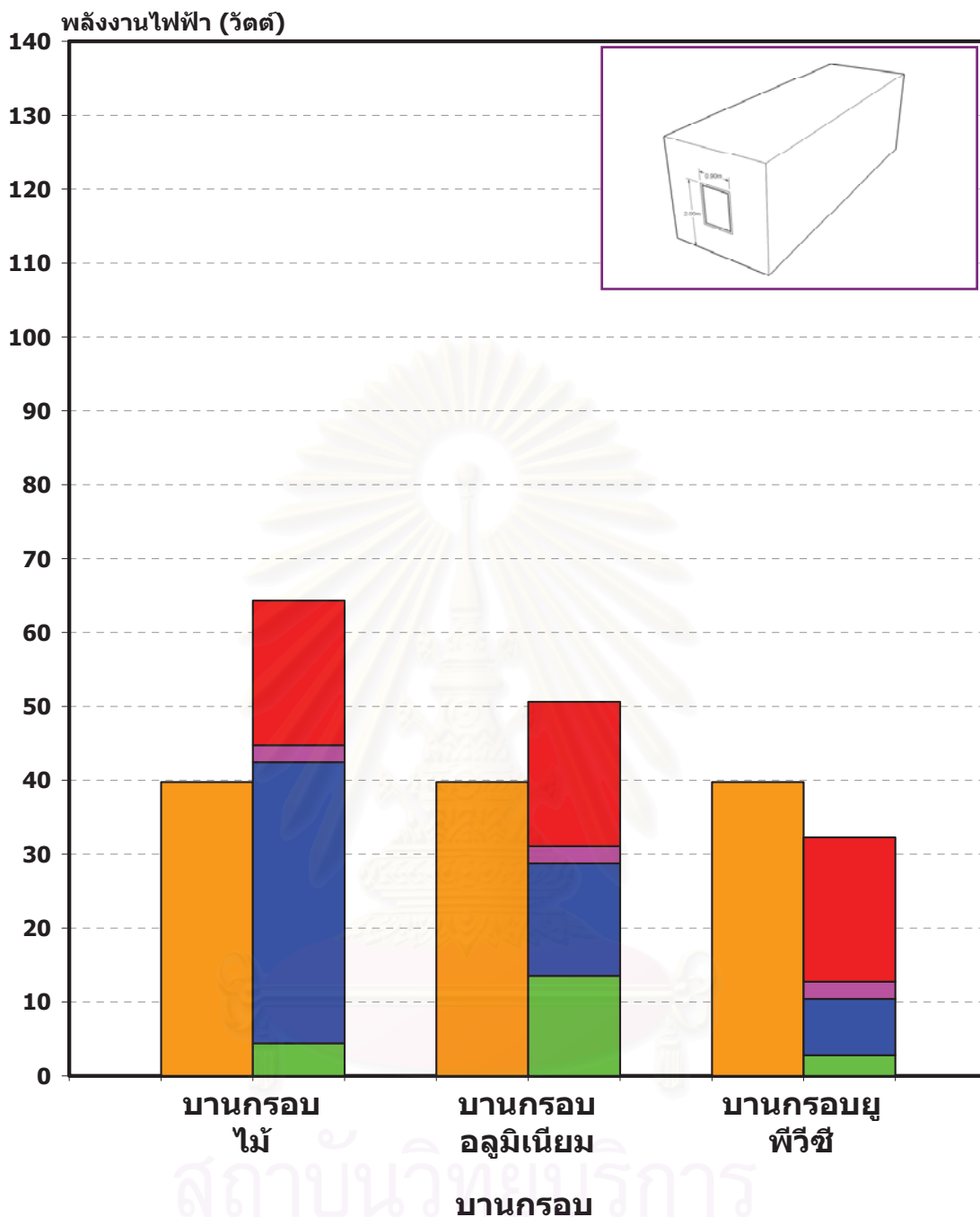




กระฉกใส 2 ชั้น 32 มม.

- แสงธรรมชาติ (ตำแหน่งล่าง)
- การนำความร้อนผ่านบ้านกรอบ
- การรั่วซึมอากาศ
- การนำความร้อนผ่านบ้านกระฉก
- การแผ่รังสีความร้อนผ่านบ้านกระฉก

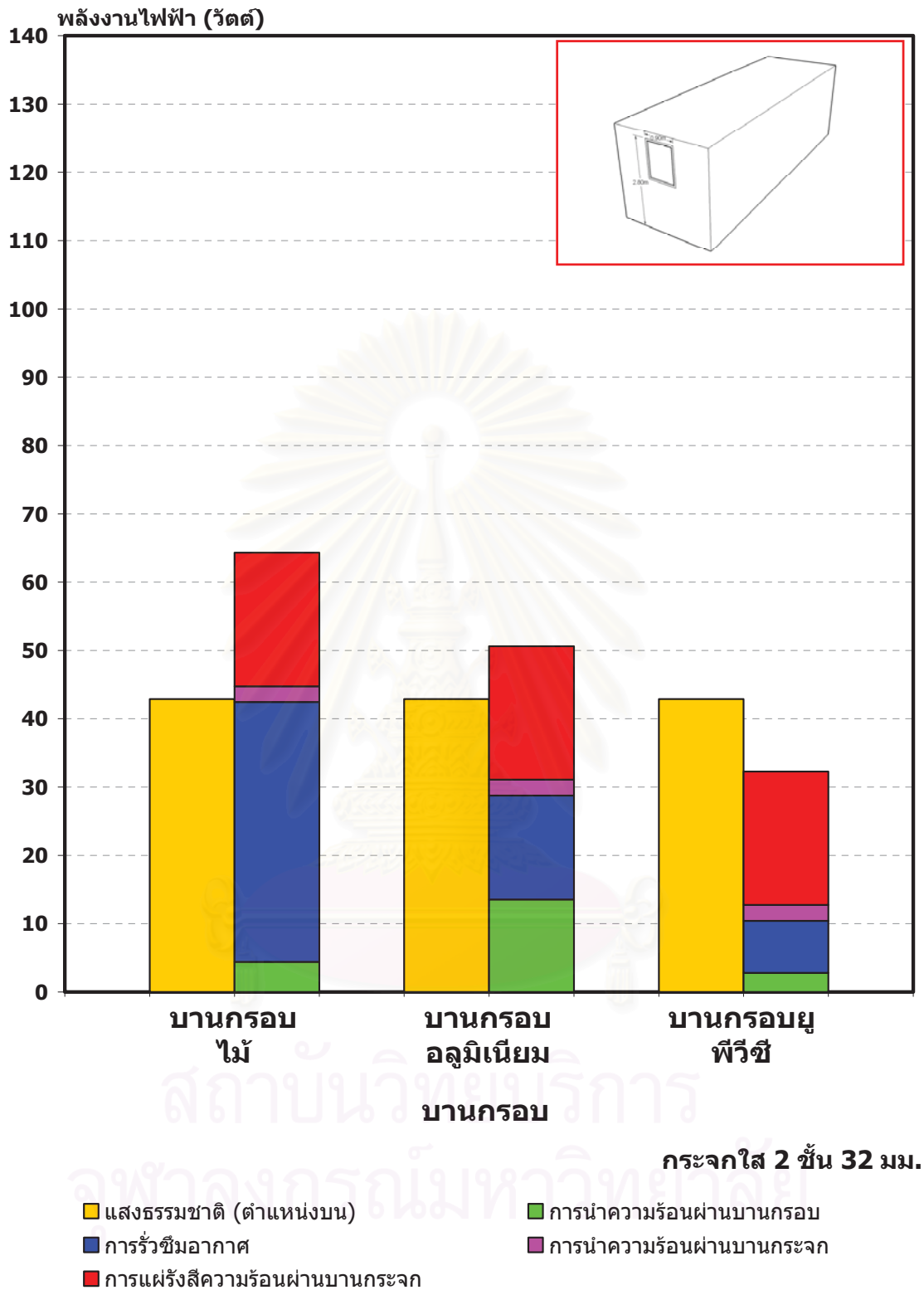
แผนภูมิที่ 4-140 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบ้านกรอบต่าง ๆ ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม. และ กระฉกใส 2 ชั้น 32 มม. ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งล่าง



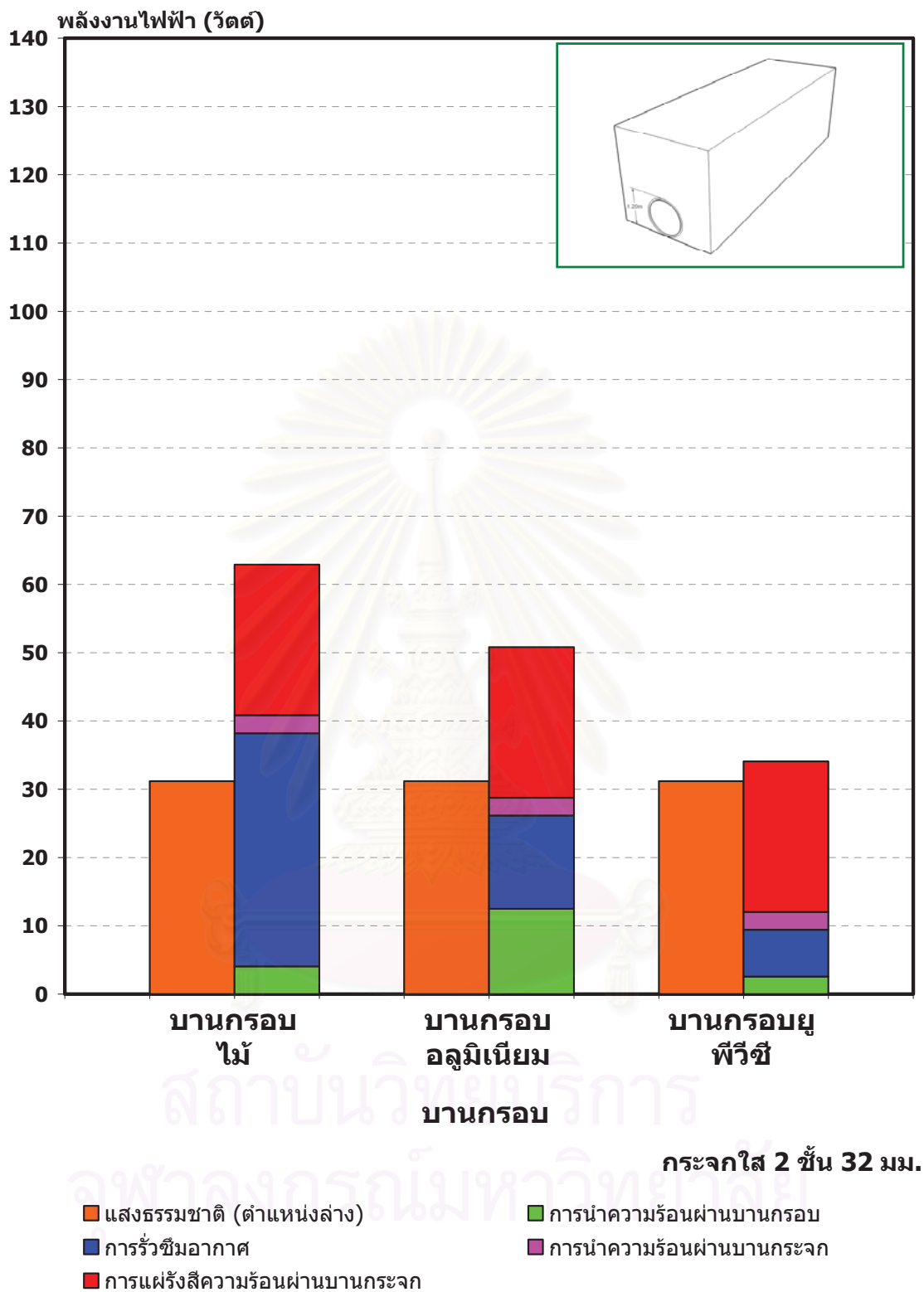
กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.

- แสงธรรมชาติ (ตำแหน่งกลาง)
- การนำความร้อนผ่านบานกรอบ
- การนำความร้อนผ่านบานกระจก
- การแผ่รังสีความร้อนผ่านบานกระจก
- การรั่วซึมอากาศ

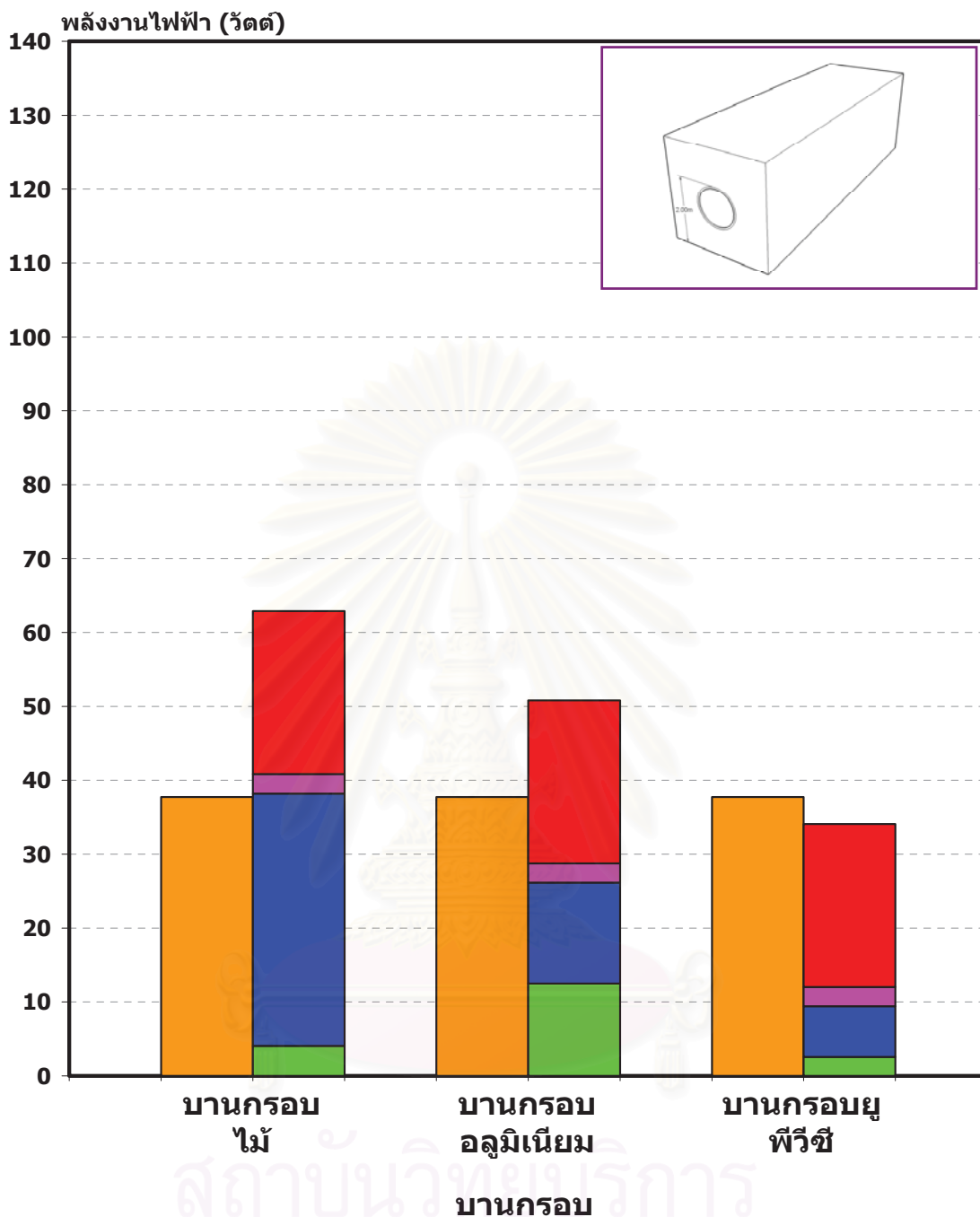
แผนภูมิที่ 4-141 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบ้านกรอบต่าง ๆ ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม. และ กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งกลาง



แผนภูมิที่ 4-142 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบ้านกรอบต่าง ๆ ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม. และ กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งบน



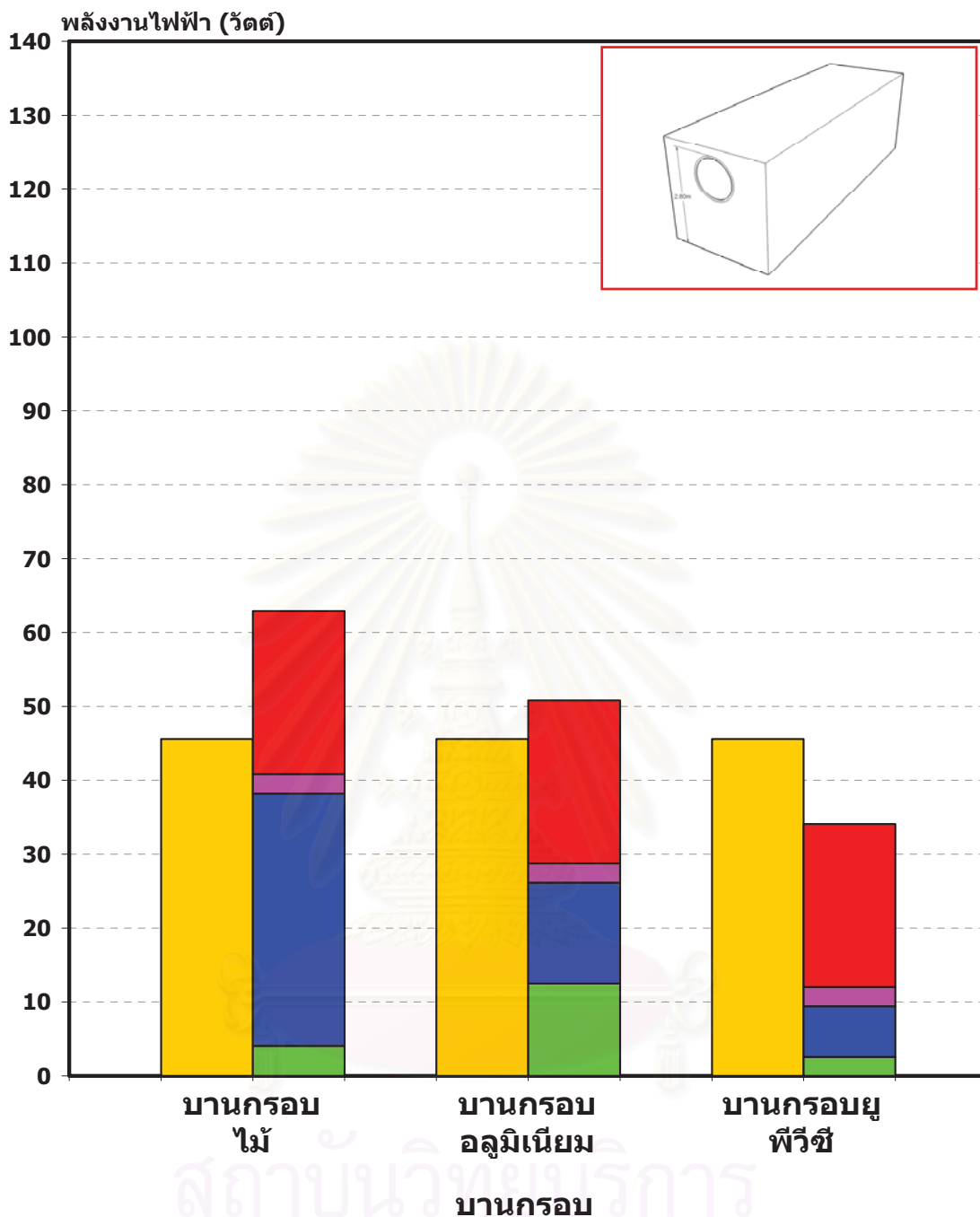
แผนภูมิที่ 4-143 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบานกรอบต่าง ๆ ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม. และ กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งล่าง



กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.

- แสงธรรมชาติ (ตำแหน่งกลาง)
- การนำความร้อนผ่านบ้านกรอบ
- การนำความร้อนผ่านบ้านกระจก
- การแผ่รังสีความร้อนผ่านบ้านกระจก

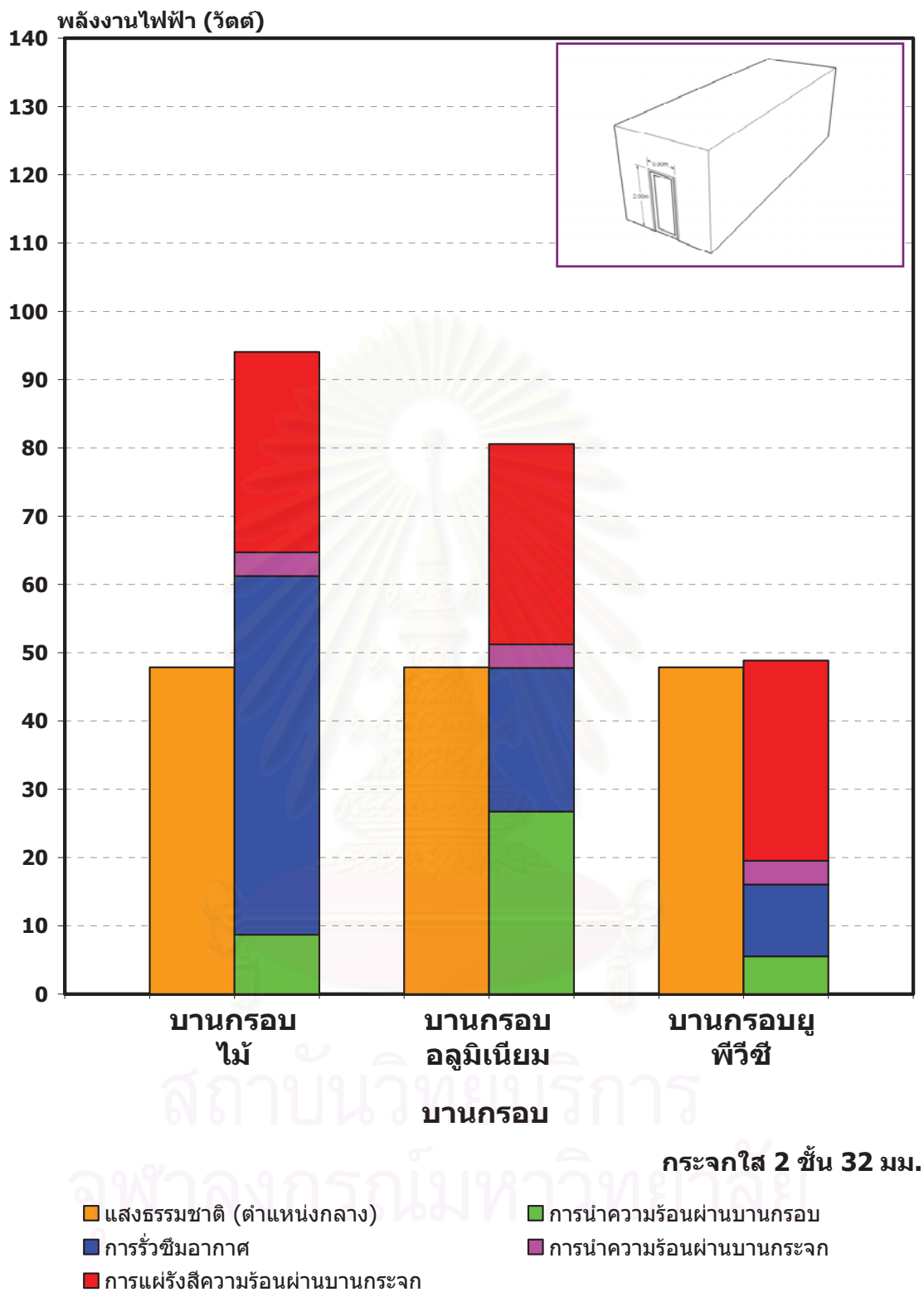
แผนภูมิที่ 4-144 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบ้านกรอบต่าง ๆ ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม. และ กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งกลาง



กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.

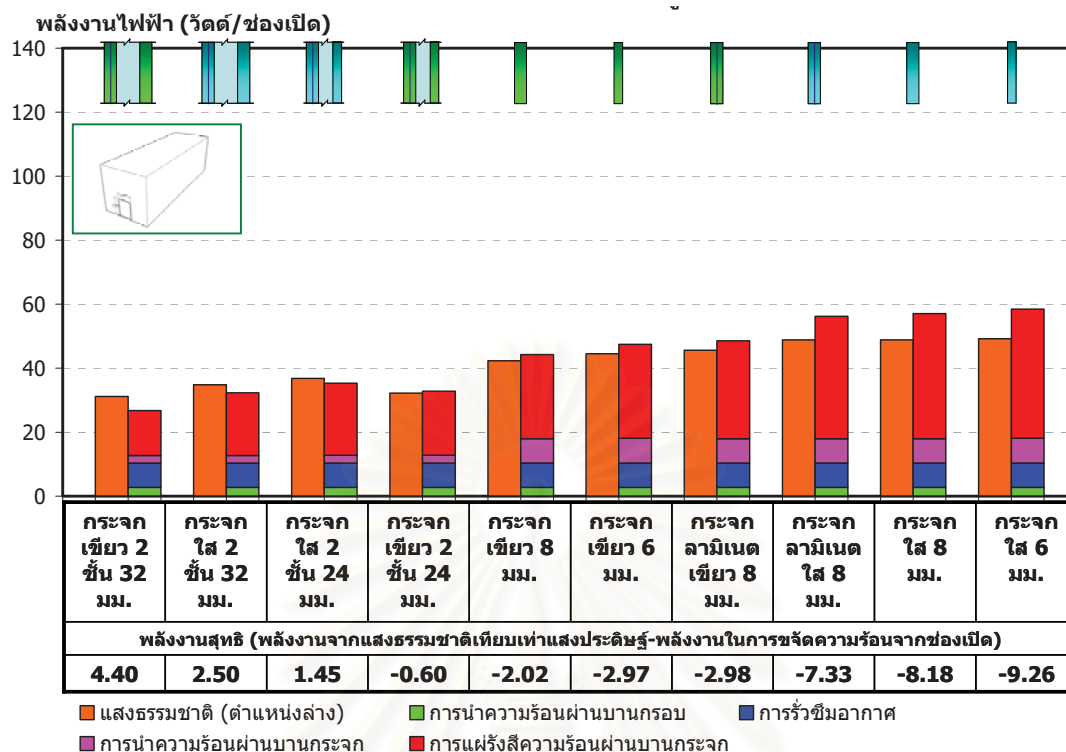
- แสงธรรมชาติ (ตำแหน่งบน)
- การนำความร้อนผ่านบ้านกรอบ
- การนำความร้อนผ่านบ้านกระจก
- การแผ่รังสีความร้อนผ่านบ้านกระจก
- การรั่วซึมอากาศ

แผนภูมิที่ 4-145 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบ้านกรอบต่าง ๆ ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม. และ กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งกลาง

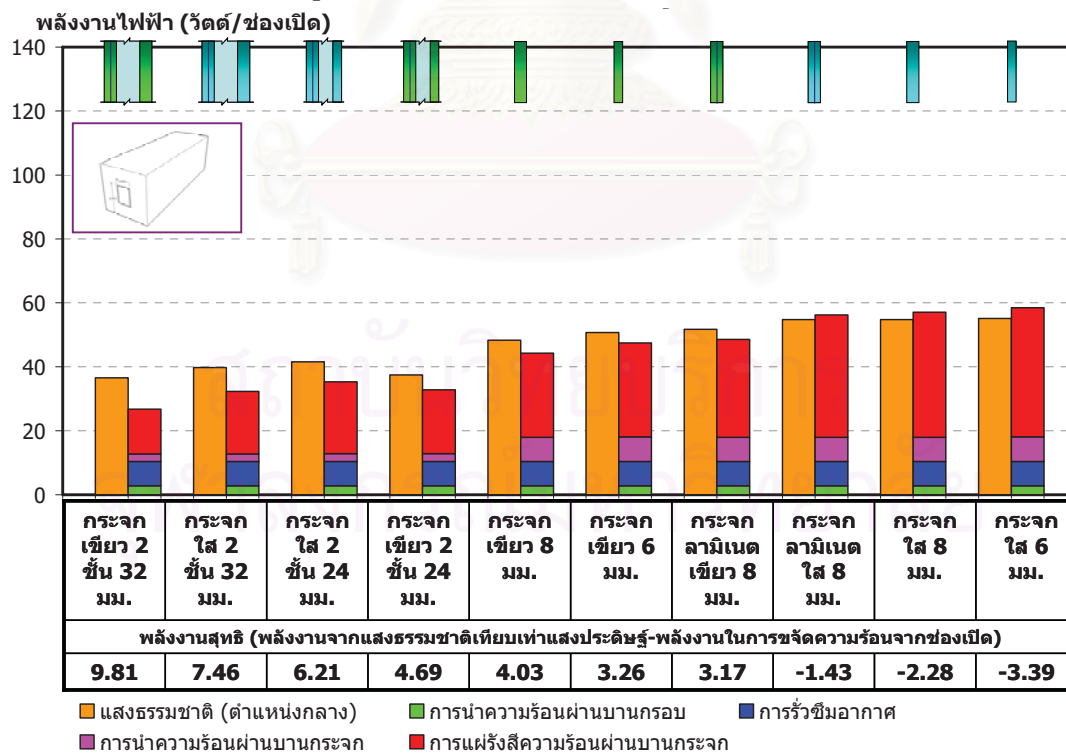


แผนภูมิที่ 4-146 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบ้านกรอบต่าง ๆ ช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 ม. และ กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งกลาง

การเปรียบเทียบพลังงานสุทธิของวัสดุบานกระจกชนิดต่าง ๆ

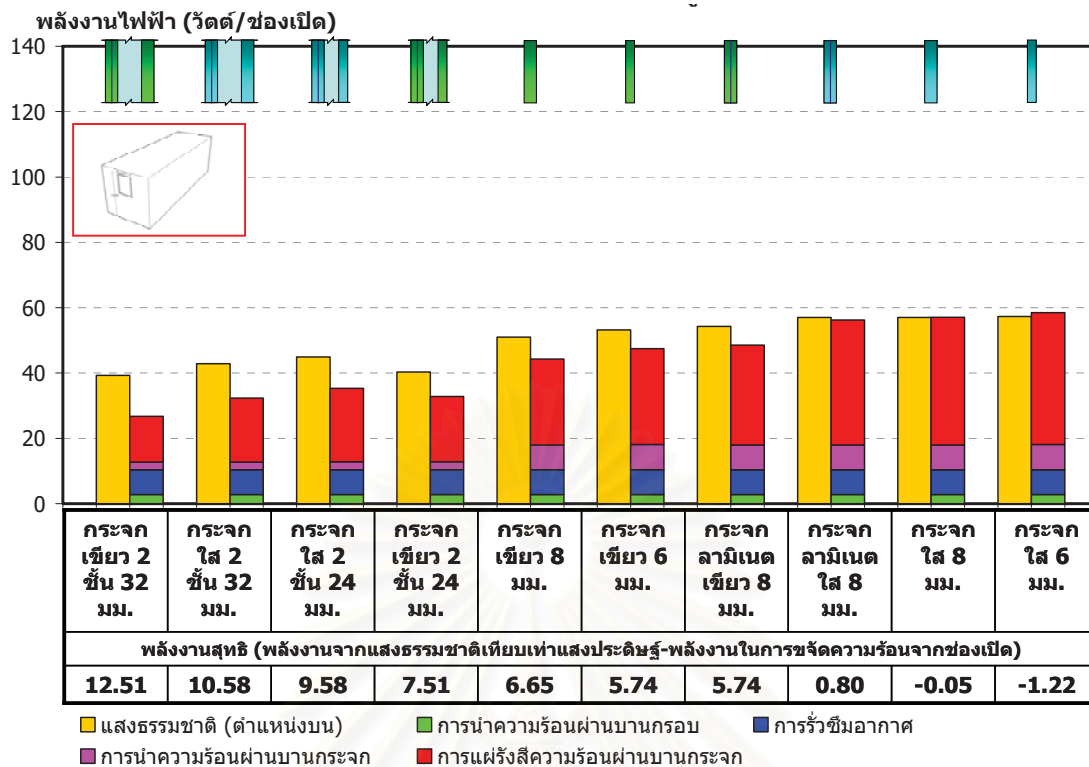


แผนภูมิที่ 4-147 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบานกระจกต่าง ๆ ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม. และ บานกรอบยูพีวีซี ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งล่าง

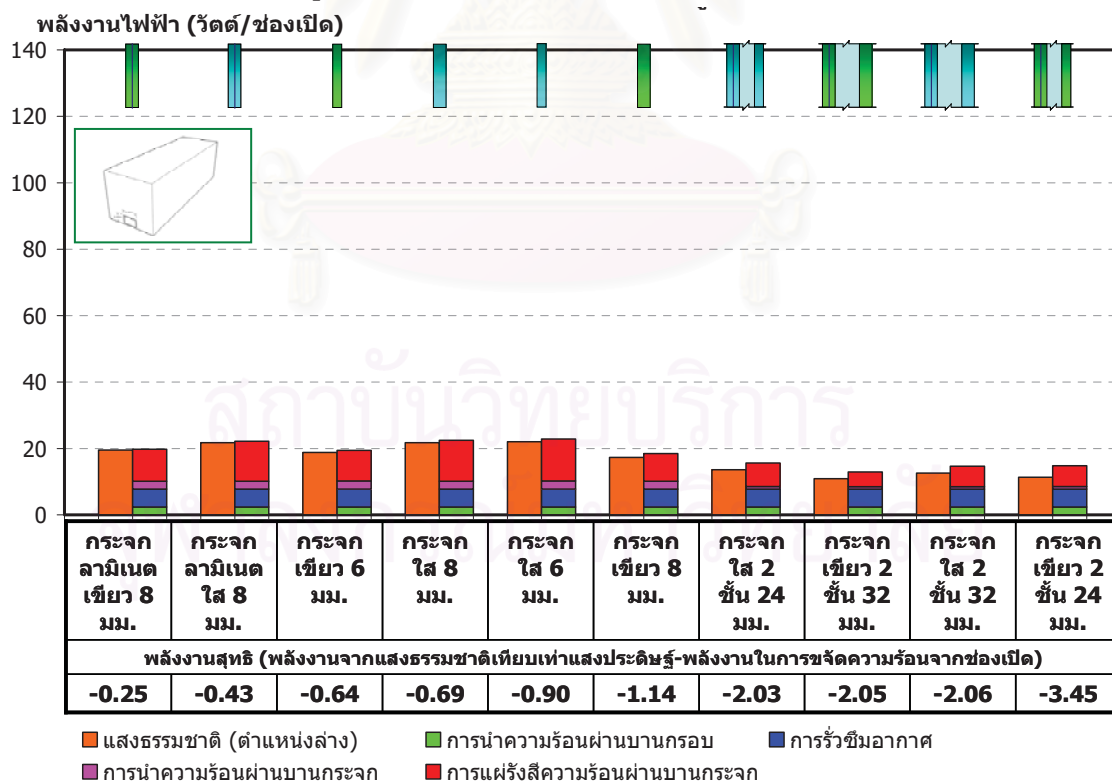


แผนภูมิที่ 4-148 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบานกระจกต่าง ๆ ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม. และ บานกรอบยูพีวีซี ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งกลาง

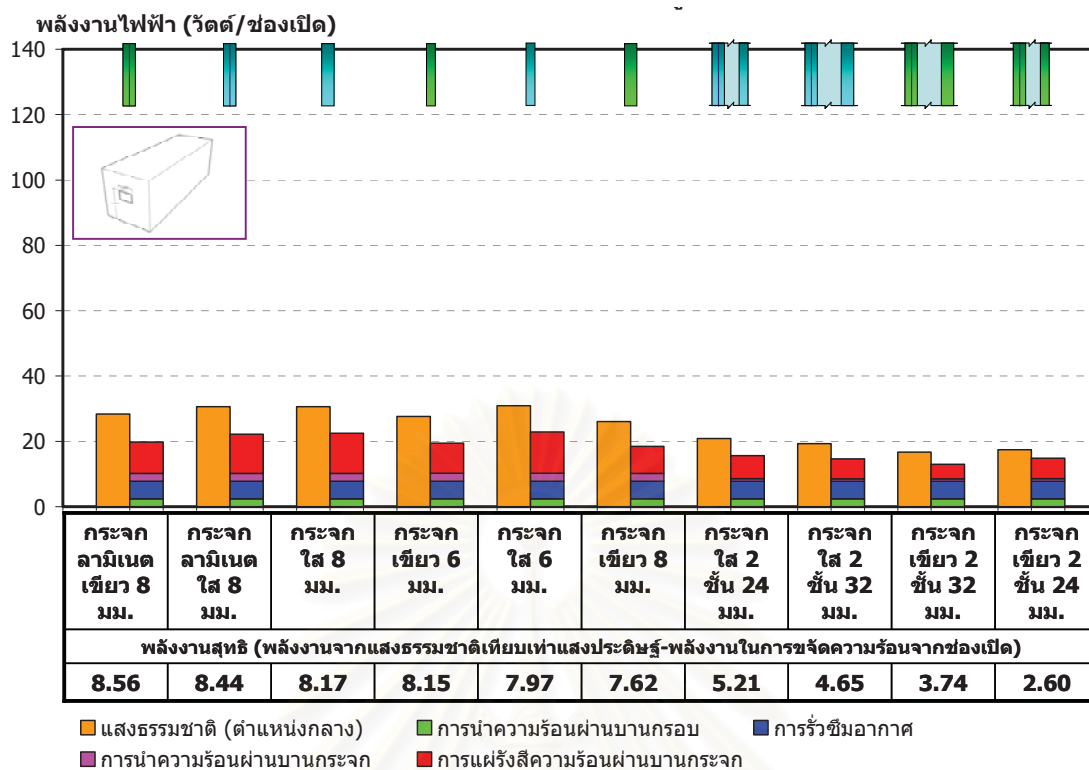




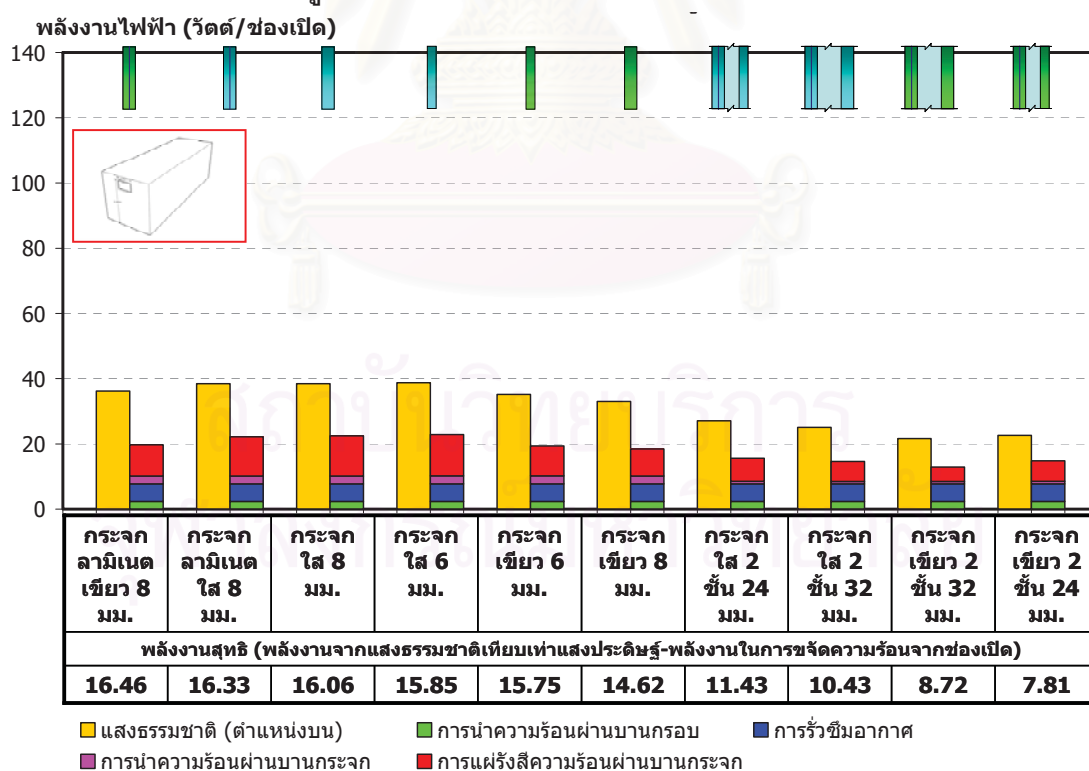
แผนภูมิที่ 4-149 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบานกระจกต่าง ๆ ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม. และ บานกรอบยูพีวีซี ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งบน



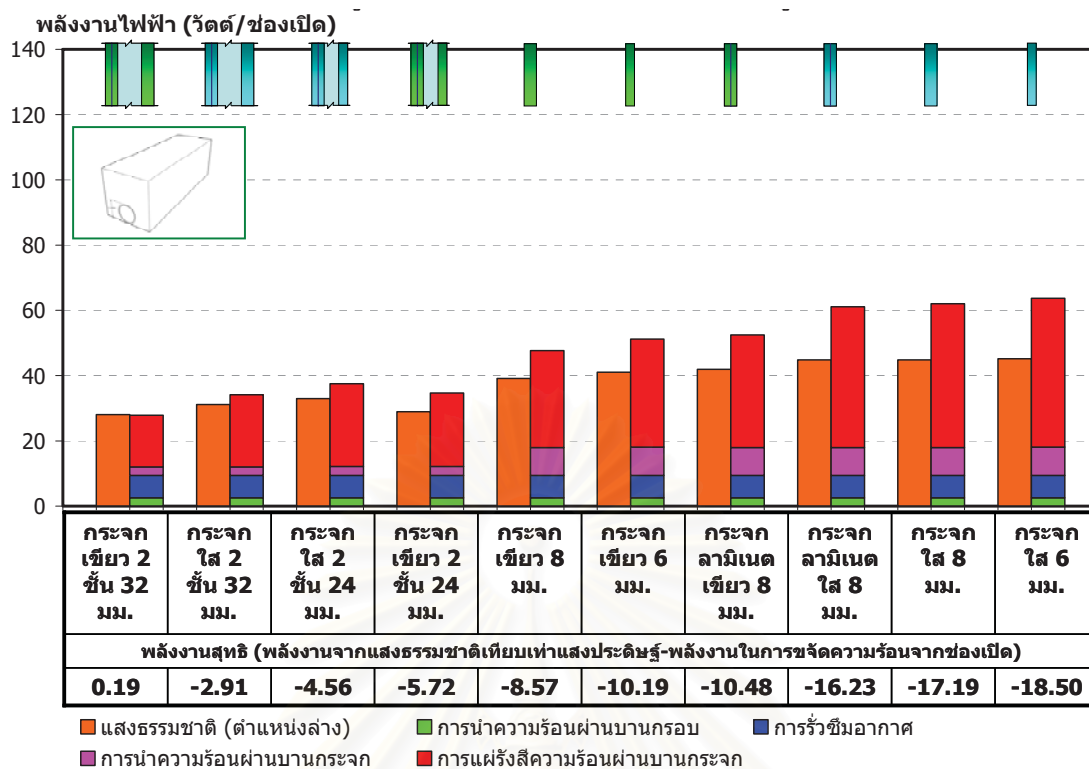
แผนภูมิที่ 4-150 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบานกระจกต่าง ๆ ช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 ม. และ บานกรอบยูพีวีซี ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งล่าง



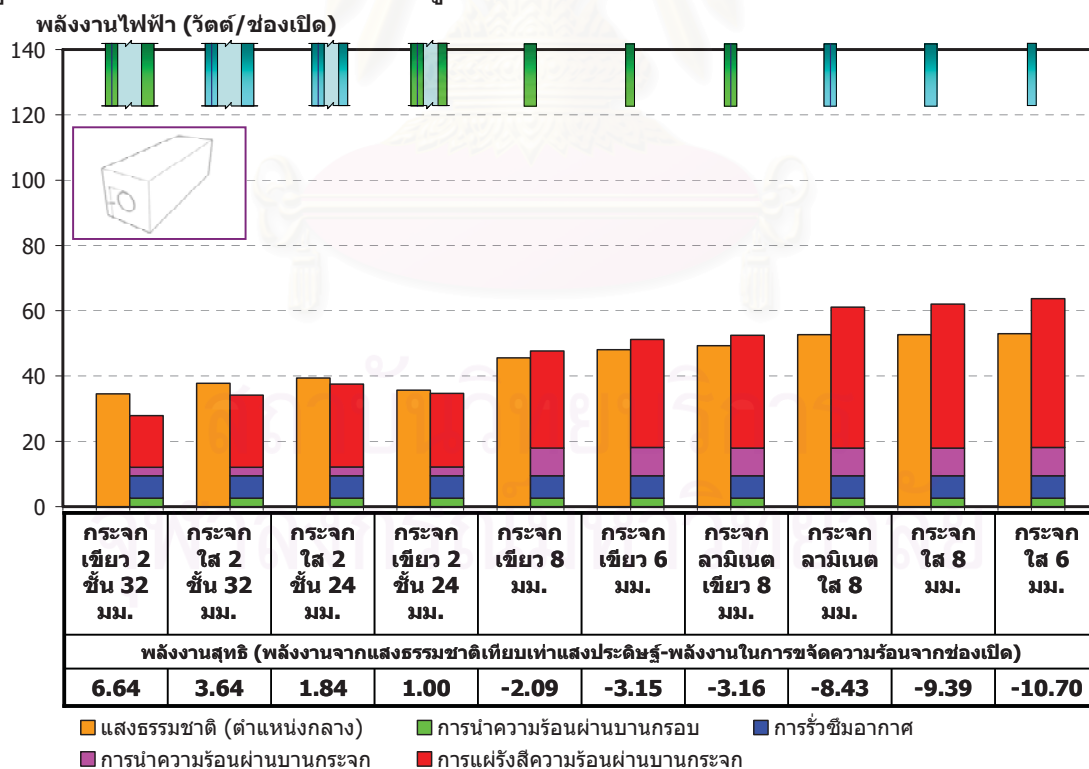
แผนภูมิที่ 4-151 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบานกระจกต่าง ๆ ช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 ม. และ บานกรอบยูพีวีซี ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งกลาง



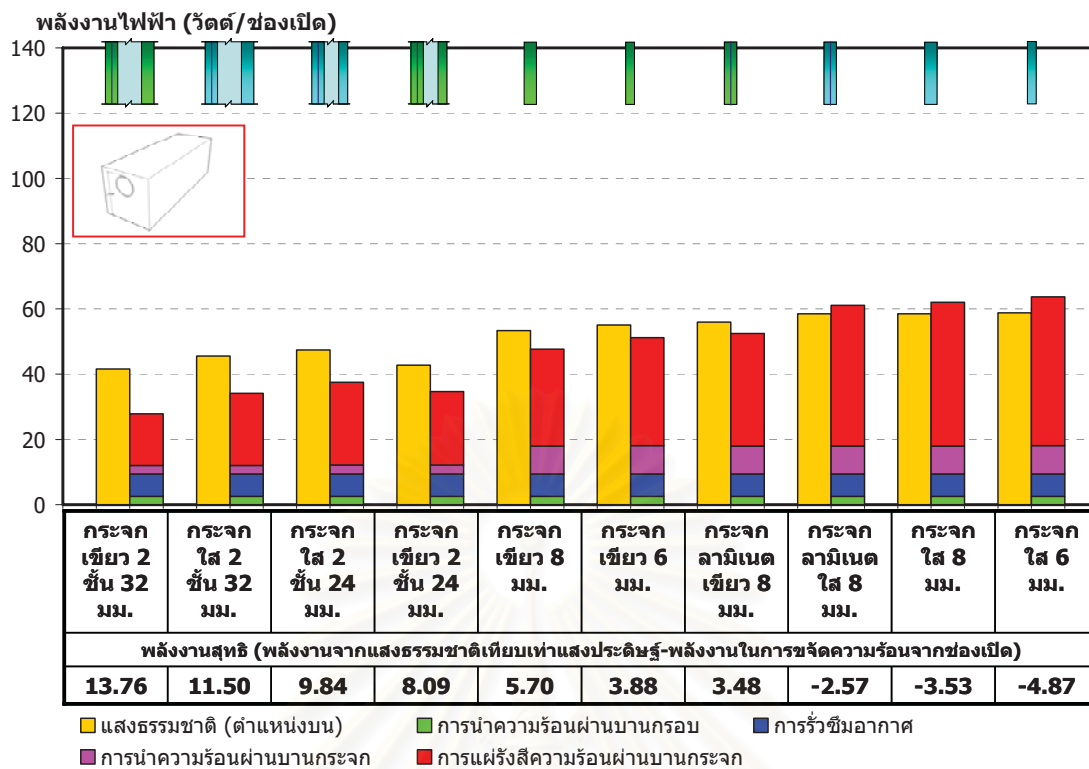
แผนภูมิที่ 4-152 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบานกระจกต่าง ๆ ช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 ม. และ บานกรอบยูพีวีซี ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งบน



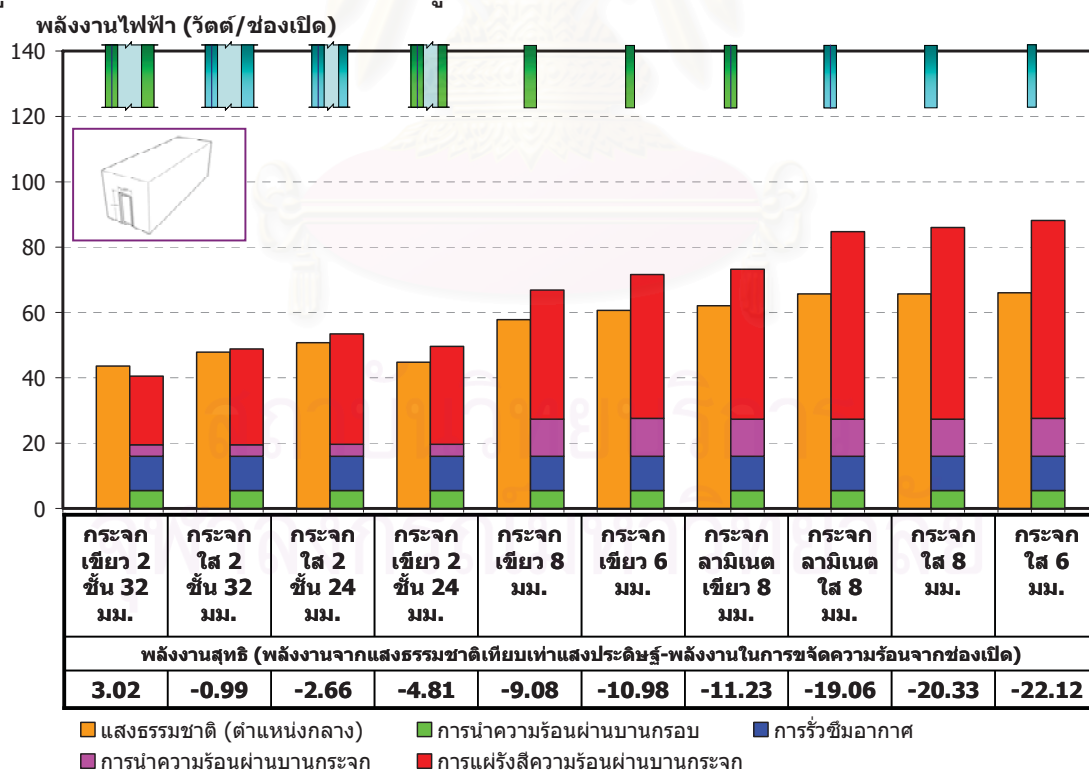
แผนภูมิที่ 4-153 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบานกระจกต่าง ๆ ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม. และ บานกรอบยูพีวีซี ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งล่าง



แผนภูมิที่ 4-154 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบานกระจกต่าง ๆ ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม. และ บานกรอบยูพีวีซี ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งกลาง



แผนภูมิที่ 4-155 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบานกระจกต่าง ๆ ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม. และ บานกรอบยูพีวีซี ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งบน



แผนภูมิที่ 4-156 การเปรียบเทียบพลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด ของวัสดุบานกระจกต่าง ๆ ช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 ม. และ บานกรอบยูพีวีซี ตำแหน่งติดตั้ง ตำแหน่งกลาง

## สรุปผลการเปรียบเทียบพลังงานที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดเข้าสู่ภายในอาคาร และปริมาณพลังงานที่ได้รับจากแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดเทียบเท่าแสงประดิษฐ์

ผลการเปรียบเทียบพิจารณาจากพลังงานสุทธิซึ่งเป็นผลต่างของพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด และพลังงานจากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ จากการพิจารณาช่องเปิดขนาดต่าง ๆ ที่ติดตั้งในตำแหน่ง และเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ กันจำนวน 300 ตัวอย่างพบว่า

ช่องเปิดบานกรอบไม้ มีสัดส่วนของช่องเปิดที่พลังงานสุทธิเป็นบวกอยู่ที่ร้อยละ 0 ของจำนวนช่องเปิดไม้ที่นำมาใช้เป็นกรณีศึกษา โดยช่องเปิดที่มีพลังงานสุทธิสูงที่สุดเท่ากับ -6.63 และพลังงานสุทธิต่ำสุดเท่ากับ -67.32

ช่องเปิดบานกรอบอลูมิเนียม มีสัดส่วนของช่องเปิดที่พลังงานสุทธิเป็นบวกอยู่ที่ร้อยละ 6 ของจำนวนช่องเปิดอลูมิเนียมที่นำมาใช้เป็นกรณีศึกษา โดยช่องเปิดที่มีพลังงานสุทธิสูงที่สุด เท่ากับ 1.98 และพลังงานสุทธิต่ำสุดเท่ากับ -53.83

ช่องเปิดบานกรอบยูพีวีซี มีสัดส่วนของช่องเปิดที่พลังงานสุทธิเป็นบวกอยู่ที่ร้อยละ 44 ของจำนวนช่องเปิดยูพีวีซีที่นำมาใช้เป็นกรณีศึกษา โดยช่องเปิดที่มีพลังงานสุทธิสูงที่สุด เท่ากับ 16.46 และพลังงานสุทธิต่ำสุดเท่ากับ -28.24

การเปรียบเทียบในส่วนของบานกรอบพบว่าพลังงานสุทธิของบานกรอบจากมากที่สุด ไปน้อยที่สุดคือ บานกรอบยูพีวีซี บานกรอบอลูมิเนียม และบานกรอบไม้ตามลำดับ

การเปรียบเทียบในส่วนของวัสดุบานกระจกพบว่าพลังงานสุทธิของบานกระจกของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 ม. พบว่า พลังงานสุทธิของบานกรอบจากมากที่สุด ไปน้อยที่สุดคือ กระจกลามิเนตเขียวหนา 8 มม. กระจกลามิเนตใสหนา 8 มม. กระจกใสหนา 8 มม. กระจกเขียวหนา 6 มม. กระจกใสหนา 6 มม. กระจกเขียวหนา 8 มม. กระจกใส 2 ชั้น หนา 24 มม. กระจกใส 2 ชั้น หนา 32 มม. กระจกเขียว 2 ชั้น หนา 24 มม. และกระจกเขียว 2 ชั้น หนา 32 มม. ตามลำดับ

การเปรียบเทียบในส่วนของวัสดุบานกระจกพบว่าพลังงานสุทธิของบานกระจกของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม. ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม. และช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 ม. พบว่า พลังงานสุทธิของบานกรอบจากมากที่สุด ไปน้อยที่สุดคือ กระจกเขียว 2 ชั้น หนา 32 มม. กระจกใส 2 ชั้น หนา 32 มม. กระจกใส 2 ชั้น หนา 24 มม. กระจกเขียว 2 ชั้น หนา 24 มม. กระจกเขียวหนา 8 มม. กระจกเขียวหนา

6 มม. กระจกลามิเนตเขียวหนา 8 มม. กระจกลามิเนตใสหนา 8 มม. กระจกใสหนา 8 มม. และกระจกใสหนา 6 มม. ตามลำดับ

การพิจารณาประสิทธิภาพทางด้านพลังงานของช่องเปิดพิจารณาจากพลังงานสุทธิ โดยพลังงานสุทธิของช่องเปิดกรณีต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-1 ระดับพลังงานสุทธิของช่องเปิดจากวัสดุกระจกที่แตกต่างกันของช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 ม.

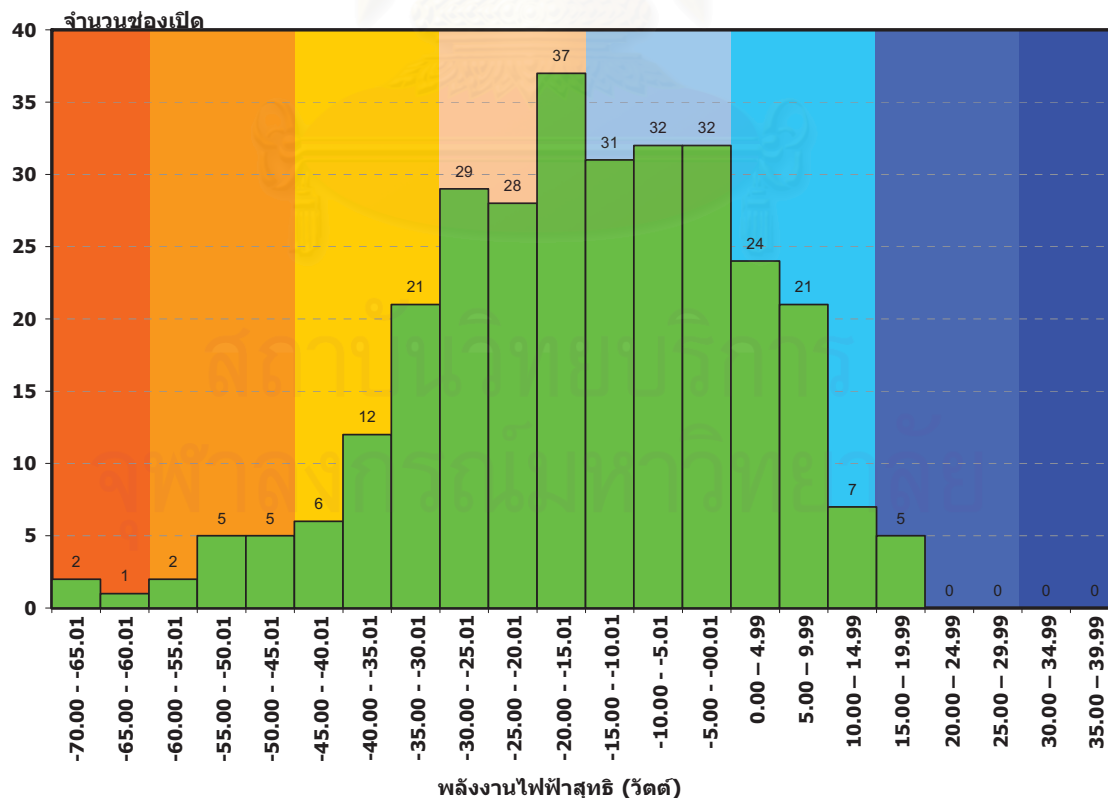
อันดับ	ชนิดกระจก
1	กระจกลามิเนตเขียวหนา 8 มม.
2	กระจกลามิเนตใสหนา 8 มม.
3	กระจกใสหนา 8 มม.
4	กระจกเขียวหนา 6 มม.
5	กระจกใสหนา 6 มม.
6	กระจกเขียวหนา 8 มม.
7	กระจกใส 2 ชั้น หนา 24 มม.
8	กระจกใส 2 ชั้น หนา 32 มม.
9	กระจกเขียว 2 ชั้น หนา 24 มม.
10	กระจกเขียว 2 ชั้น หนา 32 มม.

ตารางที่ 4-2 ระดับพลังงานสุทธิของช่องเปิดจากวัสดุกระจกที่แตกต่างกันของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม. ช่องเปิดกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.20 ม. และช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 ม.

อันดับ	ชนิดกระจก
1	กระจกเขียว 2 ชั้น หนา 32 มม.
2	กระจกใส 2 ชั้น หนา 32 มม.
3	กระจกใส 2 ชั้น หนา 24 มม.
4	กระจกเขียว 2 ชั้น หนา 24 มม.
5	กระจกเขียวหนา 8 มม.
6	กระจกเขียวหนา 6 มม.
7	กระจกลามิเนตเขียวหนา 8 มม.
8	กระจกลามิเนตใสหนา 8 มม.
9	กระจกใสหนา 8 มม.
10	กระจกใสหนา 6 มม.

ตารางที่ 4-3 พลังงานสุทธิ จากพลังงานที่ใช้จัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด และพลังงานจากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ของช่องเปิดที่ใช้ในการศึกษา

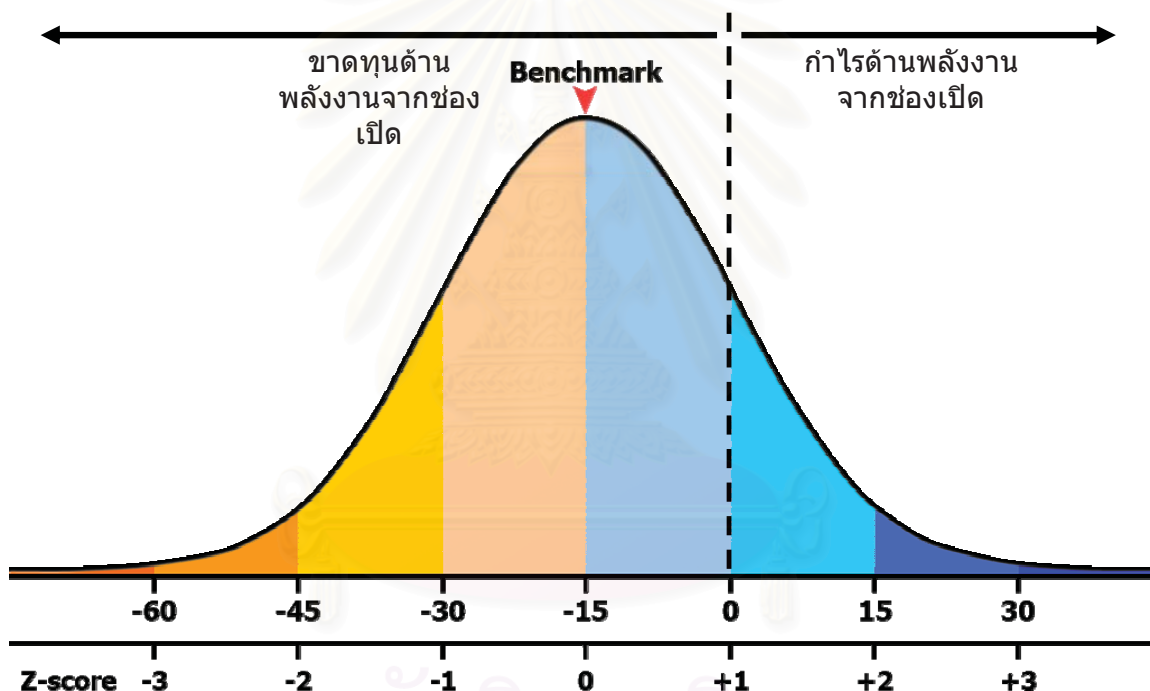
บานกรอบ	บานกระจก	0.90x0.60 เมตร			0.90x1.20 เมตร			เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.2 เมตร			0.90x2.00 เมตร
		ระดับล่าง	ระดับกลาง	ระดับสูง	ระดับล่าง	ระดับกลาง	ระดับสูง	ระดับล่าง	ระดับกลาง	ระดับสูง	ระดับกลาง
ไม้	กระจกใส 6 มม.	-23.99	-15.12	-7.24	-41.30	-35.42	-33.26	-47.30	-39.51	-33.68	-67.32
	กระจกใส 8 มม.	-23.79	-14.92	-7.03	-40.22	-34.32	-32.09	-46.00	-38.20	-32.34	-65.53
	กระจกลามิเนตใส 8 มม.	-23.52	-14.65	-6.76	-39.37	-33.47	-31.24	-45.04	-37.24	-31.38	-64.25
	กระจกลามิเนตเขียว 8 มม.	-23.34	-14.53	-6.63	-35.02	-28.87	-26.30	-39.29	-31.97	-25.32	-56.43
	กระจกเขียว 6 มม.	-23.73	-14.94	-7.34	-35.01	-28.77	-26.30	-39.00	-31.96	-24.93	-56.18
	กระจกเขียว 8 มม.	-24.23	-15.47	-8.47	-34.06	-28.01	-25.39	-37.38	-30.89	-23.11	-54.28
	กระจกใส 2 ชั้น 24 มม.	-25.12	-17.88	-11.66	-30.59	-25.83	-22.46	-33.37	-26.97	-18.97	-47.86
	กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.	-25.15	-18.44	-12.67	-29.54	-24.58	-21.46	-31.71	-25.17	-17.31	-46.18
	กระจกเขียว 2 ชั้น 24 มม.	-26.54	-20.49	-15.29	-32.64	-27.35	-24.53	-34.53	-27.81	-20.72	-50.01
กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.	-26.88	-21.09	-14.37	-27.64	-22.23	-19.53	-28.62	-22.17	-15.05	-42.18	
อลูมิเนียม	กระจกใส 6 มม.	-15.38	-6.51	1.38	-27.61	-21.73	-19.57	-35.22	-27.42	-21.60	-53.83
	กระจกใส 8 มม.	-15.17	-6.31	1.58	-26.53	-20.63	-18.40	-33.92	-26.11	-20.26	-52.04
	กระจกลามิเนตใส 8 มม.	-14.91	-6.04	1.85	-25.68	-19.78	-17.55	-32.96	-25.15	-19.30	-50.76
	กระจกลามิเนตเขียว 8 มม.	-14.73	-5.92	1.98	-21.33	-15.18	-12.61	-27.21	-19.89	-13.24	-42.94
	กระจกเขียว 6 มม.	-15.12	-6.33	1.27	-21.32	-15.08	-12.61	-26.92	-19.88	-12.85	-42.68
	กระจกเขียว 8 มม.	-15.62	-6.86	0.14	-20.37	-14.32	-11.69	-25.30	-18.81	-11.02	-40.78
	กระจกใส 2 ชั้น 24 มม.	-16.51	-9.27	-3.05	-16.90	-12.14	-8.77	-21.29	-14.89	-6.89	-34.36
	กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.	-16.54	-9.83	-4.05	-15.85	-10.89	-7.77	-19.63	-13.09	-5.23	-32.69
	กระจกเขียว 2 ชั้น 24 มม.	-17.93	-11.88	-6.67	-18.95	-13.66	-10.84	-22.45	-15.73	-8.64	-36.51
กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.	-18.27	-12.48	-5.76	-13.95	-8.54	-5.84	-16.53	-10.08	-2.96	-28.69	
ยูพีวีซี	กระจกใส 6 มม.	-0.90	7.97	15.85	-9.26	-3.39	-1.22	-18.50	-10.70	-4.87	-22.12
	กระจกใส 8 มม.	-0.69	8.17	16.06	-8.18	-2.28	-0.05	-17.19	-9.39	-3.53	-20.33
	กระจกลามิเนตใส 8 มม.	-0.43	8.44	16.33	-7.33	-1.43	0.80	-16.23	-8.43	-2.57	-19.06
	กระจกลามิเนตเขียว 8 มม.	-0.25	8.56	16.46	-2.98	3.17	5.74	-10.48	-3.16	3.48	-11.23
	กระจกเขียว 6 มม.	-0.64	8.15	15.75	-2.97	3.26	5.74	-10.19	-3.15	3.88	-10.98
	กระจกเขียว 8 มม.	-1.14	7.62	14.62	-2.02	4.03	6.65	-8.57	-2.09	5.70	-9.08
	กระจกใส 2 ชั้น 24 มม.	-2.03	5.21	11.43	1.45	6.21	9.58	-4.56	1.84	9.84	-2.66
	กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.	-2.06	4.65	10.43	2.50	7.46	10.58	-2.91	3.64	11.50	-0.99
	กระจกเขียว 2 ชั้น 24 มม.	-3.45	2.60	7.81	-0.60	4.69	7.51	-5.72	1.00	8.09	-4.81
กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.	-3.79	2.00	8.72	4.40	9.81	12.51	0.19	6.64	13.76	3.02	



แผนภูมิที่ 4-157 แสดงการกระจายของจำนวนช่องเปิดในช่วงพลังงานสุทธิต่าง ๆ

จากผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ย (mean) ของพลังงานสุทธิของช่องเปิดที่ใช้ในการศึกษาเท่ากับ -15.18 มีการแจกแจงแบบเบ้ (skewness) เท่ากับ -0.44 และการแจกแจงแบบโด่ง (kurtosis) เท่ากับ 0.03 แสดงว่าชุดข้อมูลมีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เท่ากับ 16.49

การพิจารณาประสิทธิภาพช่องเปิดเริ่มจากจากกำหนดช่วงคะแนนสำหรับแบ่งระดับประสิทธิภาพ โดยพิจารณาจากข้อมูลส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยแบ่งช่วงคะแนนออกเป็น 6 ระดับ ในแต่ละระดับมีช่วงระดับพลังงานสุทธิที่ 15 วัตต์ แบ่งระดับเป็น ระดับที่ 1 ถึง 6 ตามระดับพลังงานสุทธิต่ำ ไปสูงตามลำดับ ดังที่แสดงในตารางที่ 4-4 ผลการศึกษาพบว่าช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานคือช่องเปิดที่ได้คะแนนระดับ 5 ขึ้นไป



แผนภูมิที่ 4-158 ระดับพลังงานสุทธิ แบ่งตามส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

<b>Poor</b>	<b>1</b> Very bad	<b>2</b> Bad	<b>3</b> Quite bad	<b>4</b> Quite good	<b>5</b> Good	<b>6</b> Very good	<b>Excellence</b>
-------------	----------------------	-----------------	-----------------------	------------------------	------------------	-----------------------	-------------------

รูปที่ 4-17 ระดับการประเมินประสิทธิภาพด้านพลังงานของช่องเปิด



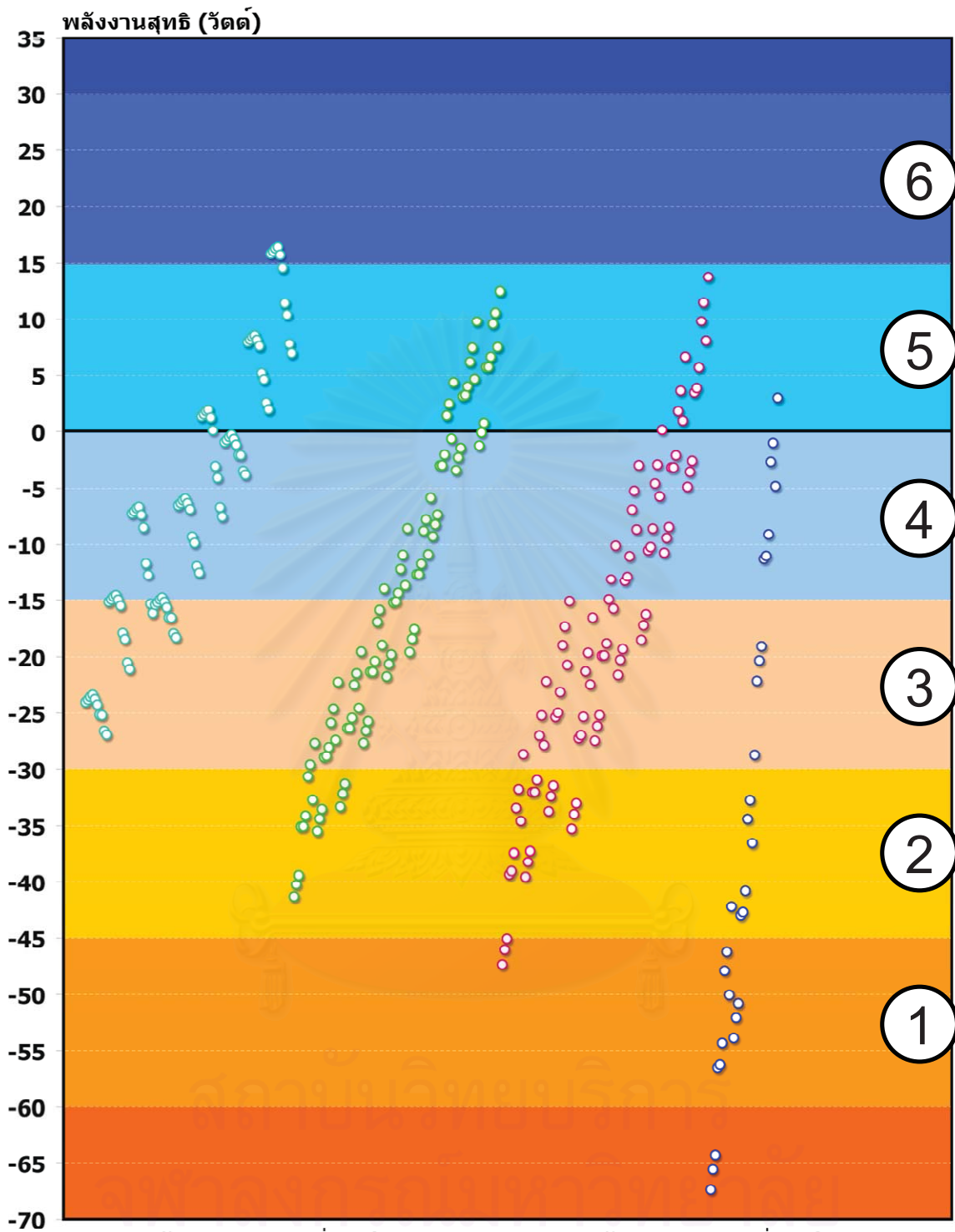
ตารางที่ 4-4 ระดับคะแนนสำหรับวัดประสิทธิภาพด้านพลังงานของช่องเปิด และช่วงพลังงานสุทธิ

ระดับ	ขอบเขตพลังงานสุทธิ (วัตต์)	
	ต่ำสุด	สูงสุด
ยอดเยี่ยม	30.00	
ระดับที่ 1	15.00	29.99
ระดับที่ 2	0.00	14.99
ระดับที่ 3	-15.00	-0.01
ระดับที่ 4	-30.00	-15.01
ระดับที่ 5	-45.00	-30.01
ระดับที่ 6	-60.00	-45.01
ไม่สามารถยอมรับได้		-60.01

จากแนวทางดังกล่าว ช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพซึ่งเปรียบเสมือนช่องเปิดที่ได้กำไรพลังงานสุทธิคือช่องเปิดที่ได้ระดับคะแนน 5 และ 6 และช่องเปิดที่ขาดทุนพลังงานสุทธิคือช่องเปิดที่ได้ระดับคะแนน 1 ถึง 4 จากผลการศึกษาพบว่าระดับการประเมินของช่องเปิดทั้งหมดที่นำมาศึกษาอยู่ในช่วงระดับคะแนน 1-ไม่สามารถยอมรับได้ โดยช่องเปิดที่ได้คะแนนสูงสุดคือช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร บานกรอบยูพีวีซี และบานกระจกลามิเนตเขียว 8 มม. และช่องเปิดที่ได้ระดับคะแนนต่ำที่สุดในการจัดระดับประสิทธิภาพคือช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร บานกรอบไม้ และบานกระจกใส 6 มม.

ตารางที่ 4-5 จำนวนช่องเปิดในแต่ละระดับประสิทธิภาพด้านพลังงาน

ระดับ	จำนวนช่องเปิด
ยอดเยี่ยม	0
ระดับที่ 6	5
ระดับที่ 5	52
ระดับที่ 4	95
ระดับที่ 3	94
ระดับที่ 2	39
ระดับที่ 1	12
ไม่สามารถยอมรับได้	3



- พลังงานสุทธิของช่องเปิด ขนาด 0.90x0.60 ม.
- พลังงานสุทธิของช่องเปิด ขนาด 0.90x1.20 ม.
- พลังงานสุทธิของช่องเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.20 ม.
- พลังงานสุทธิของช่องเปิด ขนาด 0.90x2.00 ม.

แผนภูมิที่ 4-159 ระดับพลังงานสุทธิของช่องเปิดขนาดต่างๆ

#### 4.1.4. การเสนอช่องเปิดต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น

จากข้อมูลการวัดระดับประสิทธิภาพด้านพลังงานของช่องเปิดพบว่าช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพระดับ 5 ขึ้นไปคือช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน

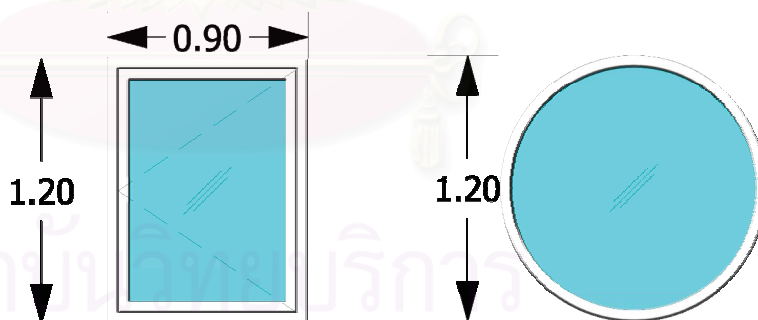
การพัฒนาต้นแบบช่องเปิดที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้นพิจารณาใน 3 ประเด็นคือ ขนาด และรูปร่างที่เหมาะสม วัสดุช่องเปิดที่เหมาะสม และตำแหน่งช่องเปิดที่เหมาะสม

##### ขนาด และรูปร่างช่องเปิดที่เหมาะสม

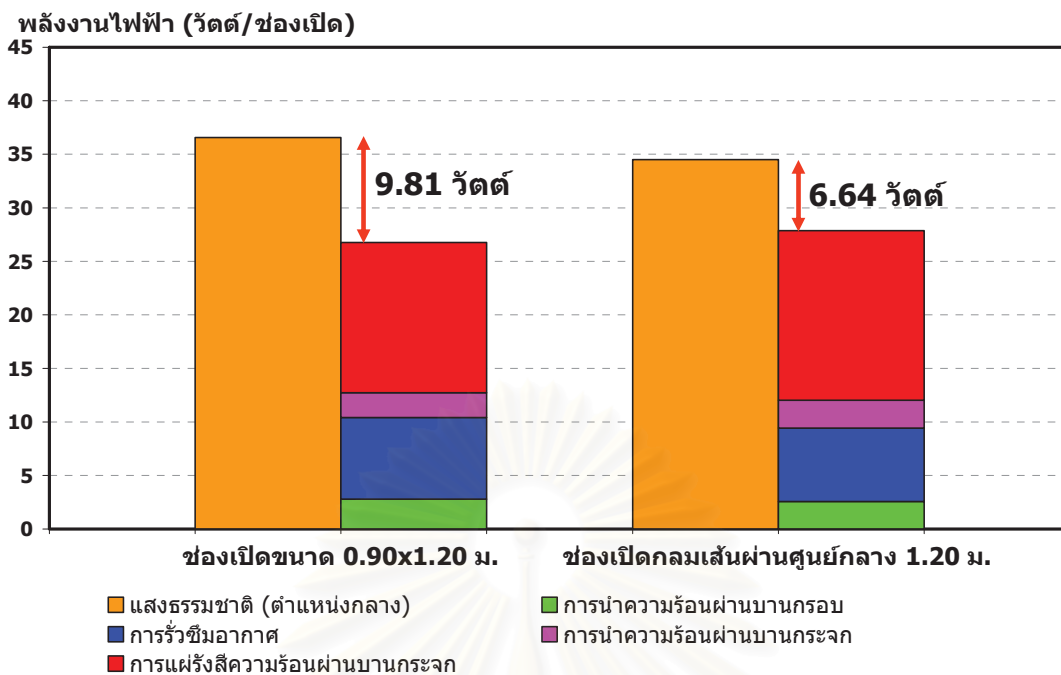
การศึกษาประสิทธิภาพช่องเปิดจากรูปร่างช่องเปิดที่แตกต่างกันพิจารณาเปรียบเทียบช่องเปิดรูปร่างสี่เหลี่ยม และรูปร่างวงกลม และเลือกช่องเปิดรูปร่างสี่เหลี่ยมขนาด 0.90x1.20 เมตร และช่องเปิดรูปร่างวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร เป็นกรณีศึกษาโดยช่องเปิดทั้งสองมีพื้นที่ช่องเปิดใกล้เคียงกันที่ 0.32 ตารางเมตร และ 0.35 ตารางเมตร ตามลำดับ

ผลของการวิจัยพบว่าช่องเปิดรูปร่างสี่เหลี่ยมมีประสิทธิภาพทางด้านพลังงานสูงกว่าช่องเปิดรูปร่างกลมในตำแหน่งช่องเปิดล่าง และตำแหน่งช่องเปิดกลาง ส่วนช่องเปิดรูปร่างกลมจะมีประสิทธิภาพทางด้านพลังงานสูงกว่าช่องเปิดรูปแบบรูปร่างสี่เหลี่ยมในตำแหน่งบนดังที่แสดงในตาราง 4-6

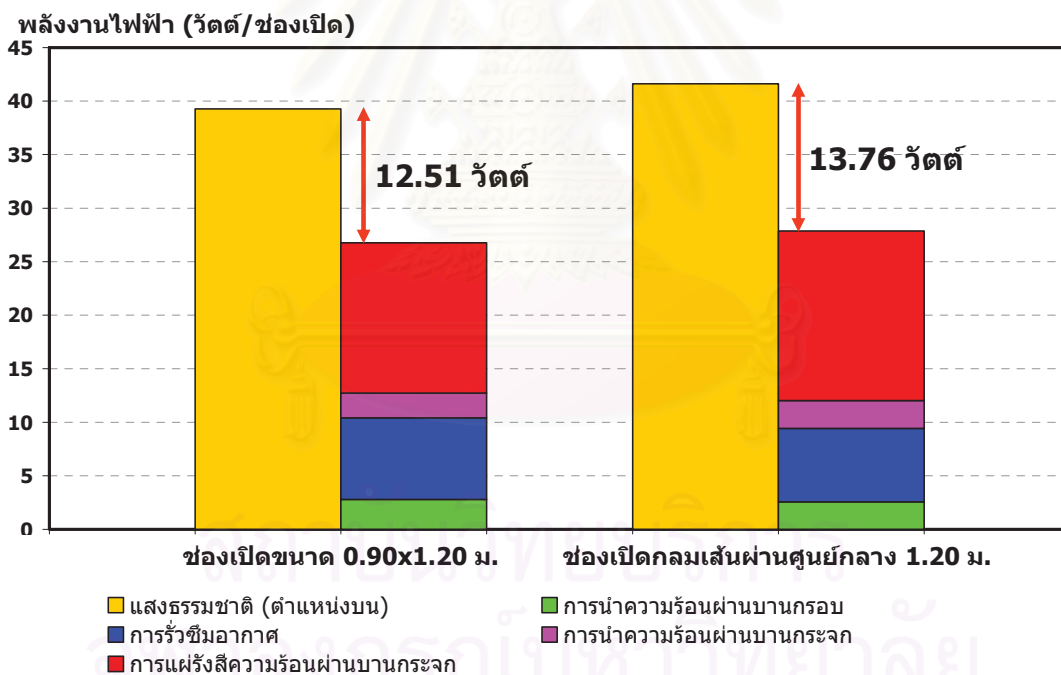
ตารางที่ 4-6 การเปรียบเทียบพลังงานสุทธิของช่องเปิดรูปร่างสี่เหลี่ยมและวงกลม



ตำแหน่งช่องเปิด	พลังงานไฟฟ้า (วัตต์/ตารางเมตร)	พลังงานไฟฟ้า (วัตต์/ตารางเมตร)
ช่องเปิดตำแหน่งกลาง	30.66	18.97
ช่องเปิดตำแหน่งบน	39.09	39.31



แผนภูมิที่ 4-160 เปรียบเทียบพลังงานสุทธิ ของช่องเปิดรูปแบบสี่เหลี่ยม และรูปแบบกลม ติดตั้ง ตำแหน่งกลาง วัสดุบานกรอบยูพีวีซี กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.



แผนภูมิที่ 4-161 เปรียบเทียบพลังงานสุทธิ ของช่องเปิดรูปแบบสี่เหลี่ยม และรูปแบบกลม ติดตั้ง ตำแหน่งบน วัสดุบานกรอบยูพีวีซี กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.

การพิจารณาขนาดของช่องเปิดพบว่าช่องเปิดที่มีความเหมาะสมด้านพลังงานคือ ช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร และช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร

ช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตรเป็นช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานในตำแหน่งกลาง และตำแหน่งบน ซึ่งเหมาะสมสำหรับเป็นช่องแสงสำหรับอาคารในกรณีไม่ต้องการมุมมองออกสู่ภายนอก เช่นห้องใต้หลังคา เป็นต้น

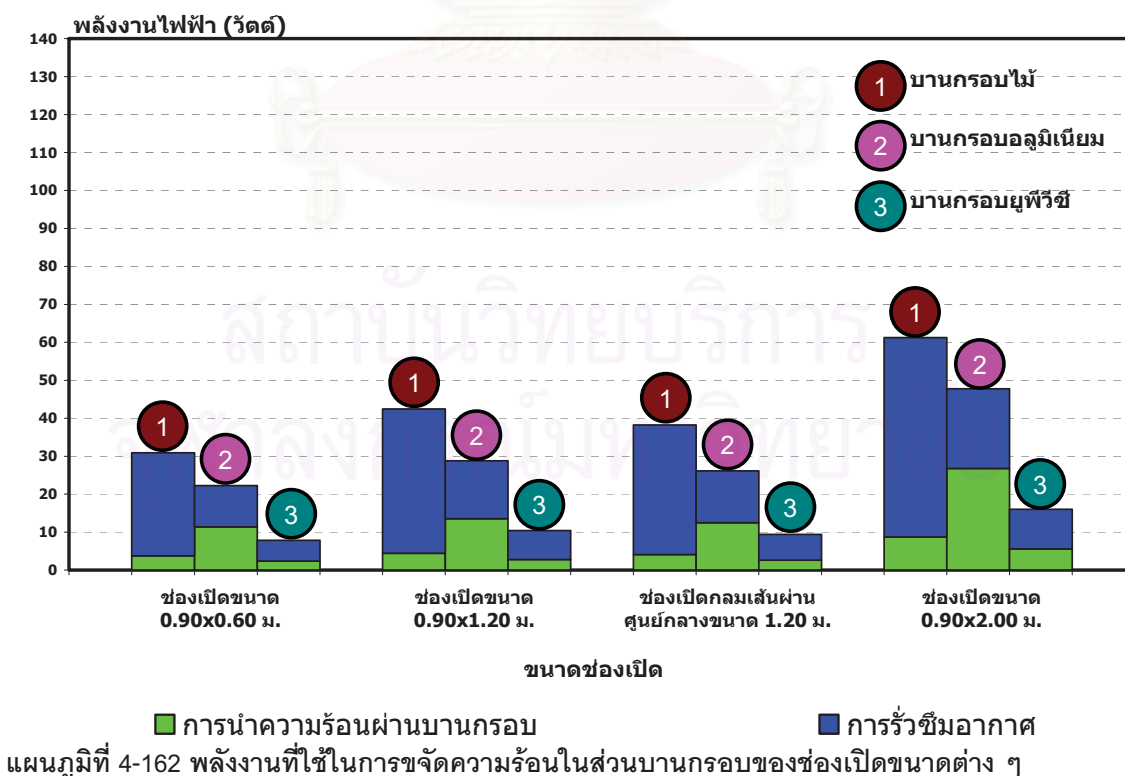
ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตรเป็นช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานในตำแหน่งล่าง ตำแหน่งกลาง และตำแหน่งบน ซึ่งเหมาะสมสำหรับช่องเปิดทั่วไป

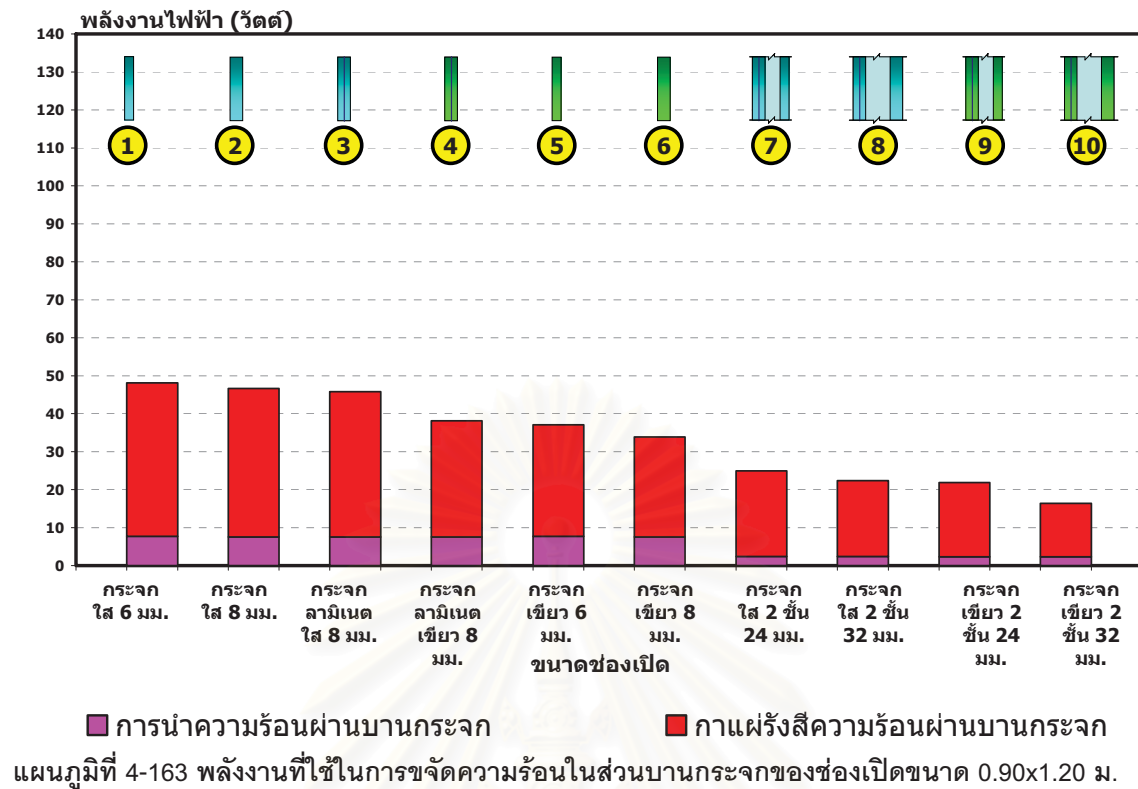
ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตรเป็นช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานใน ตำแหน่งกลาง และตำแหน่งบน แต่เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างช่องเปิดรูปแบบสี่เหลี่ยมพบว่า มีประสิทธิภาพต่ำกว่า จึงเหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่ต้องการเอกลักษณ์พิเศษเท่านั้นไม่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นช่องเปิดทั่วไป

ช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 เมตร มีประสิทธิภาพทางด้านพลังงานค่อนข้างน้อย โดยมีเพียงช่องเปิดบานกรอบยูพีวีซี และกระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. เท่านั้นที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน ซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับเป็นช่องเปิดทั่วไป

**วัสดุช่องเปิดที่เหมาะสม**

วัสดุบานกรอบของช่องเปิดที่เหมาะสมด้านการประหยัดพลังงานคือ ช่องเปิดบานกรอบยูพีวีซี ซึ่งมีคุณสมบัติการป้องกันความร้อนดีกว่า บานกรอบอลูมิเนียม และไม้ 3 และ 4 เท่า ตามลำดับ





วัสดุบานกระจกของช่องเปิดพิจารณาได้ 2 กรณีคือ ในกรณีช่องเปิดขนาดเล็ก เช่น ช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร ผลของการถ่ายเทความร้อนจากบานกรอบสูงกว่าบานกระจก กระจกที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ กระจกลามิเนตเขียว 8 มม. และในกรณีช่องเปิดขนาดใหญ่ เช่น ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร ผลของการถ่ายเทความร้อนจากบานกระจกสูงกว่าบานกรอบ บานกระจกที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือกระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.

### ตำแหน่งช่องเปิดที่เหมาะสม

ตำแหน่งช่องเปิดที่เหมาะสมพิจารณาจากประสิทธิภาพของช่องเปิด และมุมมองทางสายตาออกสู่ภายนอกอาคารโดยพิจารณาเปรียบเทียบกับสัดส่วนร่างกายของคนไทย

ช่องเปิดตำแหน่งล่างช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพคือช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร และช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.20 เมตร ส่วนช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตรไม่มีประสิทธิภาพทางด้านพลังงาน อย่างไรก็ตามช่องเปิดตำแหน่งล่างจะไม่มีมุมมองออกสู่ภายนอก

ช่องเปิดตำแหน่งกลางเป็นตำแหน่งช่องเปิดที่เหมาะสมที่สุดเนื่องจากประสิทธิภาพทางด้านพลังงานและมีมุมมองทางสายตาอยู่ในระดับที่ดี โดยช่องเปิดที่ทำการศึกษาทุกขนาดมีประสิทธิภาพที่ดี

ช่องเปิดตำแหน่งบนเป็นตำแหน่งที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงานสูงที่สุดแต่จะเป็นตำแหน่งที่ขาดมุมมองทางสายตา

ตารางที่ 4-7 การพิจารณาประสิทธิภาพทางด้านช่องเปิดและมุมมองทางสายตาของช่องเปิดตำแหน่งล่างชนิดต่าง ๆ

	ประสิทธิภาพด้านพลังงาน	มุมมองทางสายตา
ช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 ม.	X	X
ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม.	✓	X
ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม.	✓	X
ช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 ม.	N/A	N/A

ตารางที่ 4-8 การพิจารณาประสิทธิภาพทางด้านช่องเปิดและมุมมองทางสายตาของช่องเปิดตำแหน่งกลางชนิดต่าง ๆ

	ประสิทธิภาพด้านพลังงาน	มุมมองทางสายตา
ช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 ม.	✓	✓
ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม.	✓	✓
ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม.	✓	✓
ช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 ม.	✓	✓

ตารางที่ 4-9 การพิจารณาประสิทธิภาพทางด้านช่องเปิดและมุมมองทางสายตาของช่องเปิดตำแหน่งบนชนิดต่าง ๆ

	ประสิทธิภาพด้านพลังงาน	มุมมองทางสายตา
ช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 ม.	✓	X
ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม.	✓	X
ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม.	✓	X
ช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 ม.	N/A	N/A

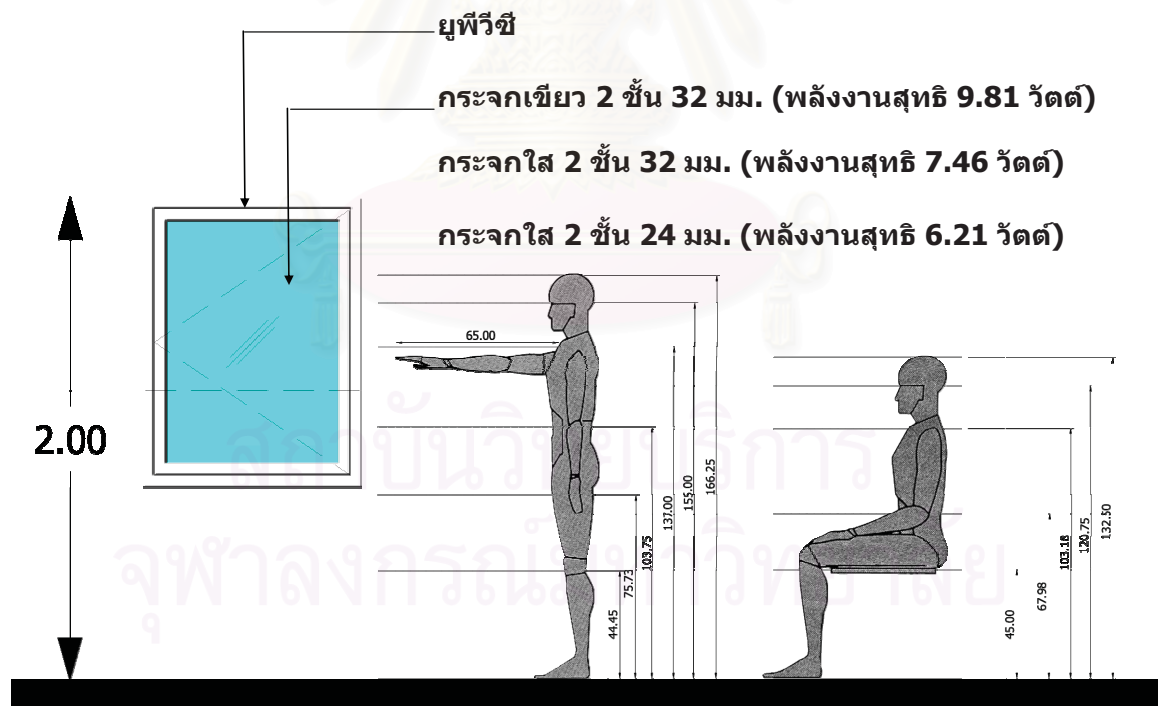
## การเสนอช่องเปิดมาตรฐาน

การพิจารณาเพื่อนำเสนอต้นแบบช่องเปิดที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นสามารถสรุปรูปแบบช่องเปิดต้นแบบ 3 แบบคือ ช่องเปิดต้นแบบมาตรฐาน ช่องเปิดต้นแบบรูปแบบพิเศษ และช่องเปิดต้นแบบช่องแสง ซึ่งสามารถสรุปช่องเปิดต้นแบบดังนี้

### ช่องเปิดต้นแบบมาตรฐาน

ช่องเปิดต้นแบบมาตรฐานเป็นช่องเปิดที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานโดยทั่วไปซึ่งต้องการช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพ และมุมมองออกสู่ภายนอกสูงที่สุด

ขนาดของช่องเปิดต้นแบบมาตรฐานคือ ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร ระดับติดตั้งช่องเปิดคือระดับกลางซึ่งมีระดับวงกบบนสูง 2.00 เมตร และวัสดุบานกรอบช่องเปิดคือ วัสดุบานกรอบยูพีวีซี บานกระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. หรือกระจกใส 2 ชั้น 24 มม.



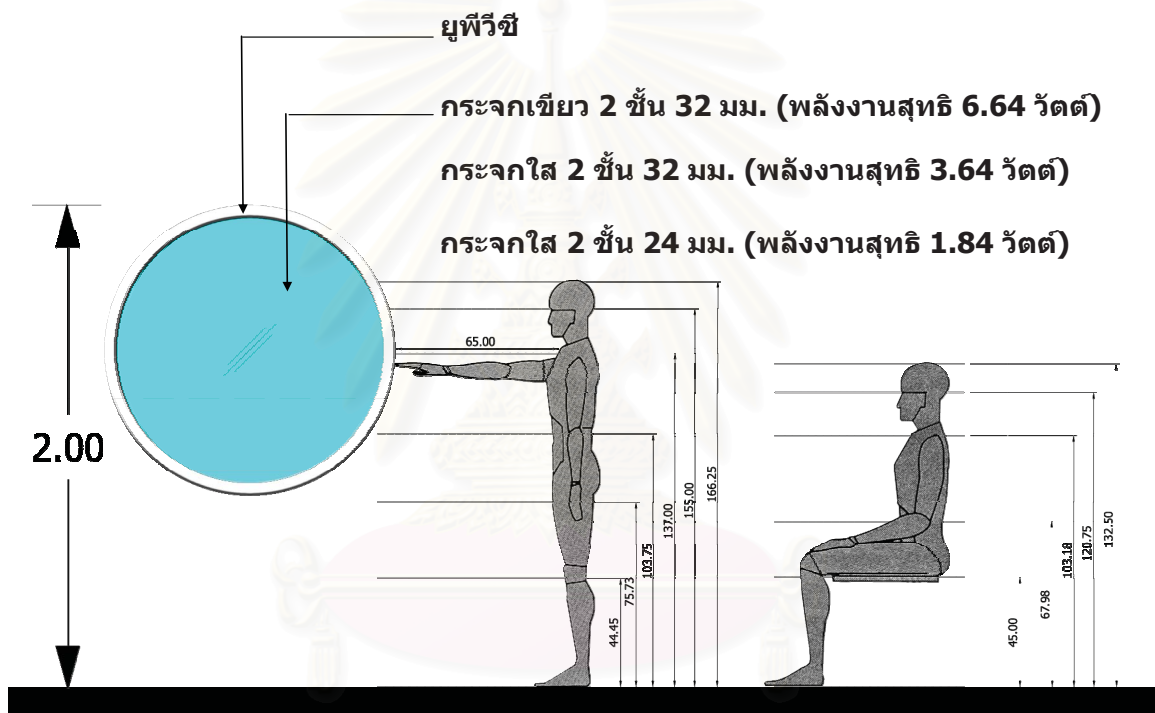
รูปที่ 4-18 ช่องเปิดต้นแบบมาตรฐานทั่วไป ตำแหน่งกลาง (ระดับวงกบบนสูง 2.00 เมตร)



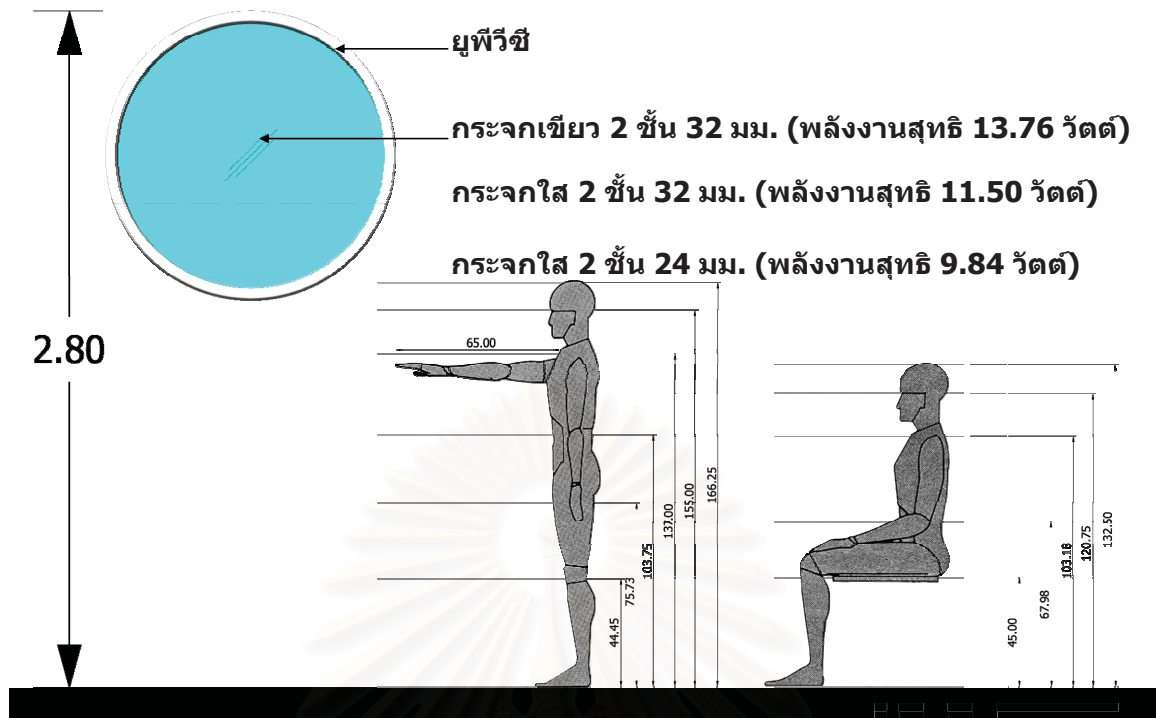
### ช่องเปิดต้นแบบรูปแบบพิเศษ

ช่องเปิดต้นแบบรูปแบบพิเศษเป็นช่องเปิดสำหรับพื้นที่ที่ต้องการเอกลักษณ์โดดเด่น อย่างไรก็ตามต้องมีประสิทธิภาพด้านพลังงานในระดับสูง

ขนาดของช่องเปิดต้นแบบรูปแบบพิเศษคือ ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ระดับติดตั้งช่องเปิดคือระดับกลาง และระดับบน ซึ่งมีระดับวงกบบนสูง 2.00 เมตร หรือ 2.80 เมตร ตามลำดับ และวัสดุบานกรอบช่องเปิดคือ บานกรอบยูพีวีซี บานกระจกเงา 2 ชั้น 32 มม. กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. หรือกระจกใส 2 ชั้น 24 มม.



รูปที่ 4-19 ช่องเปิดรูปแบบพิเศษ ตำแหน่งกลาง (ระดับวงกบบนสูง 2.00 เมตร)



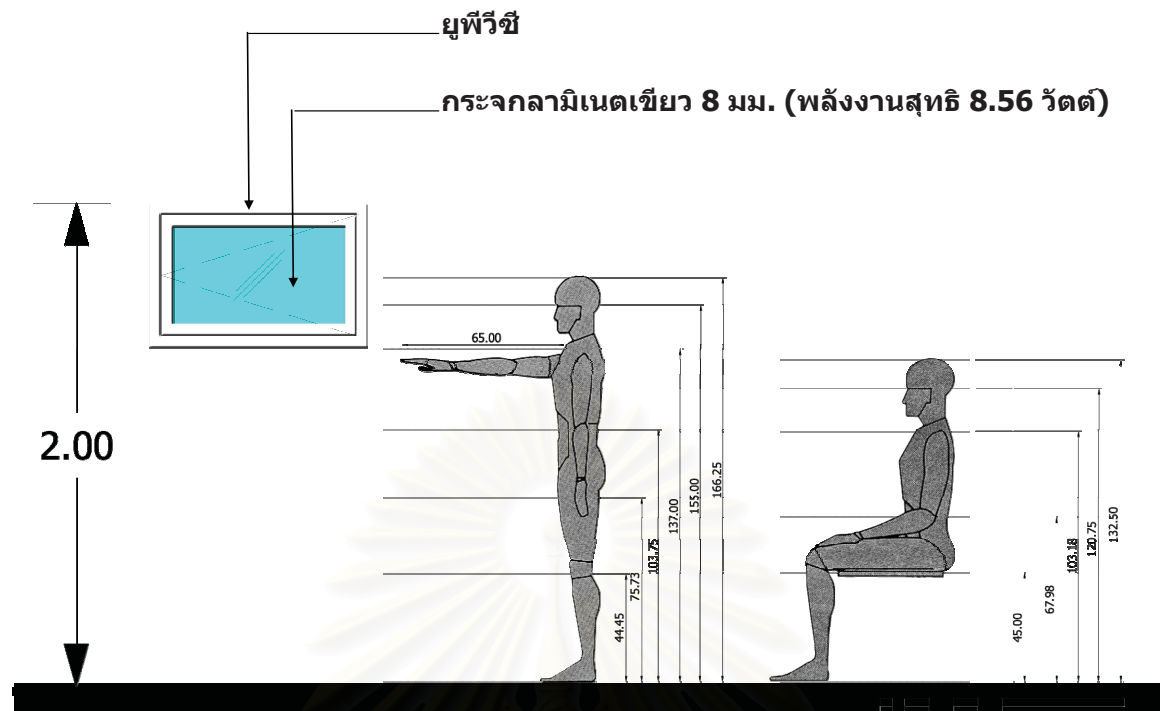
รูปที่ 4-20 ช่องเปิดรูปแบบพิเศษ ตำแหน่งบน (ระดับวงกบบนสูง 2.80 เมตร)

#### ช่องเปิดต้นแบบช่องแสง

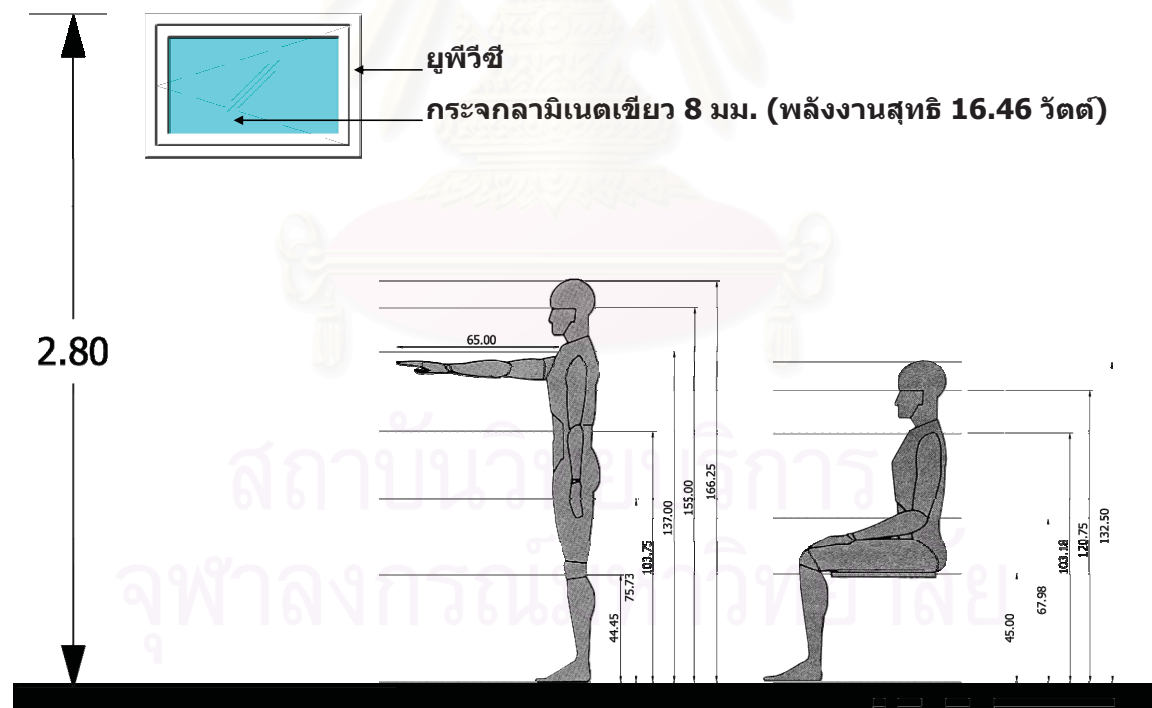
ช่องเปิดต้นแบบช่องแสงเป็นช่องเปิดที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในบริเวณที่ต้องการแสงสว่าง โดยไม่ต้องการมุมมองออกสู่ภายนอก แต่ต้องเป็นช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด

ขนาดของช่องเปิดต้นแบบช่องแสงคือ ช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร ระดับติดตั้งช่องเปิดคือระดับกลาง และระดับบน ซึ่งมีระดับวงกบบนสูง 2.00 เมตร หรือ 2.80 เมตร ตามลำดับ และวัสดุบานกรอบช่องเปิดคือ บานกรอบยูพีวีซี กระจกลามิเนตเขียว 8 มม.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-21 ช่องเปิดช่องแสง ตำแหน่งกลาง (ระดับวงกบบนสูง 2.00 เมตร)



รูปที่ 4-22 ช่องเปิดช่องแสง ตำแหน่งบน (ระดับวงกบบนสูง 2.80 เมตร)

## บทที่ 5

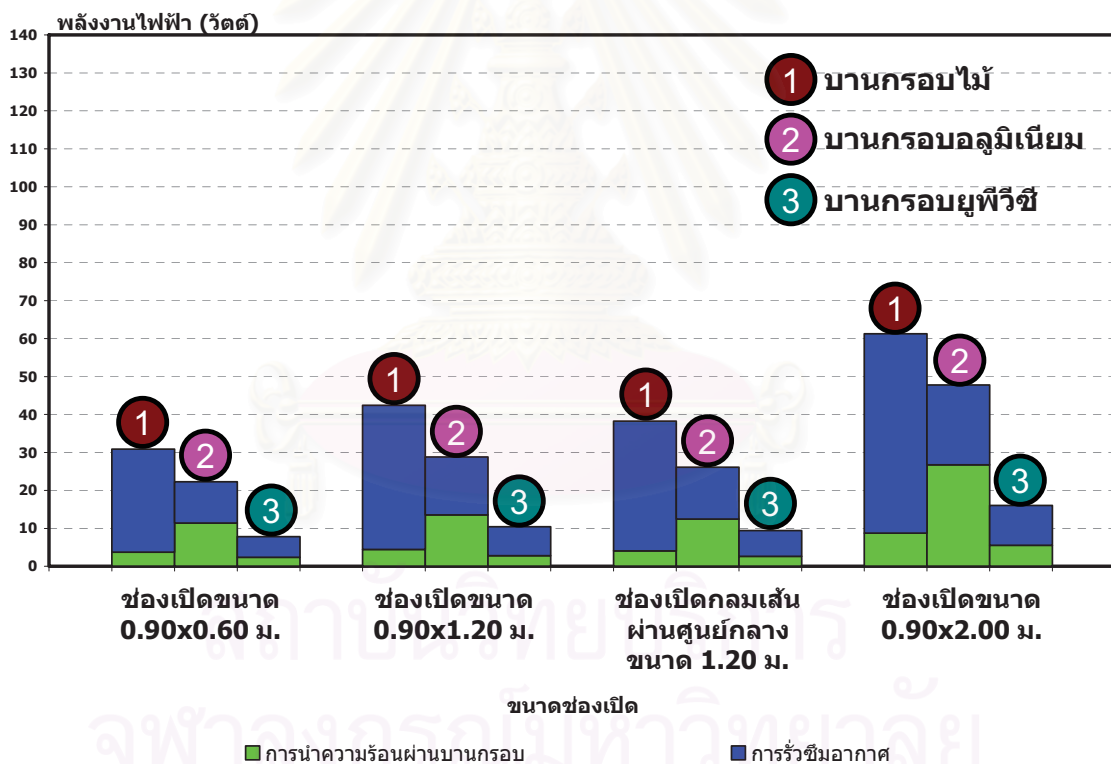
### สรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัย

#### 5.1. สรุปผลการวิจัย

การศึกษากาการวิจัยเพื่อสร้างต้นแบบช่องเปิดสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้นเป็นการพิจารณารูปแบบช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพด้านพลังงาน อิทธิพลด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าสามารถสรุปได้ 2 ส่วนคือ การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด และพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์

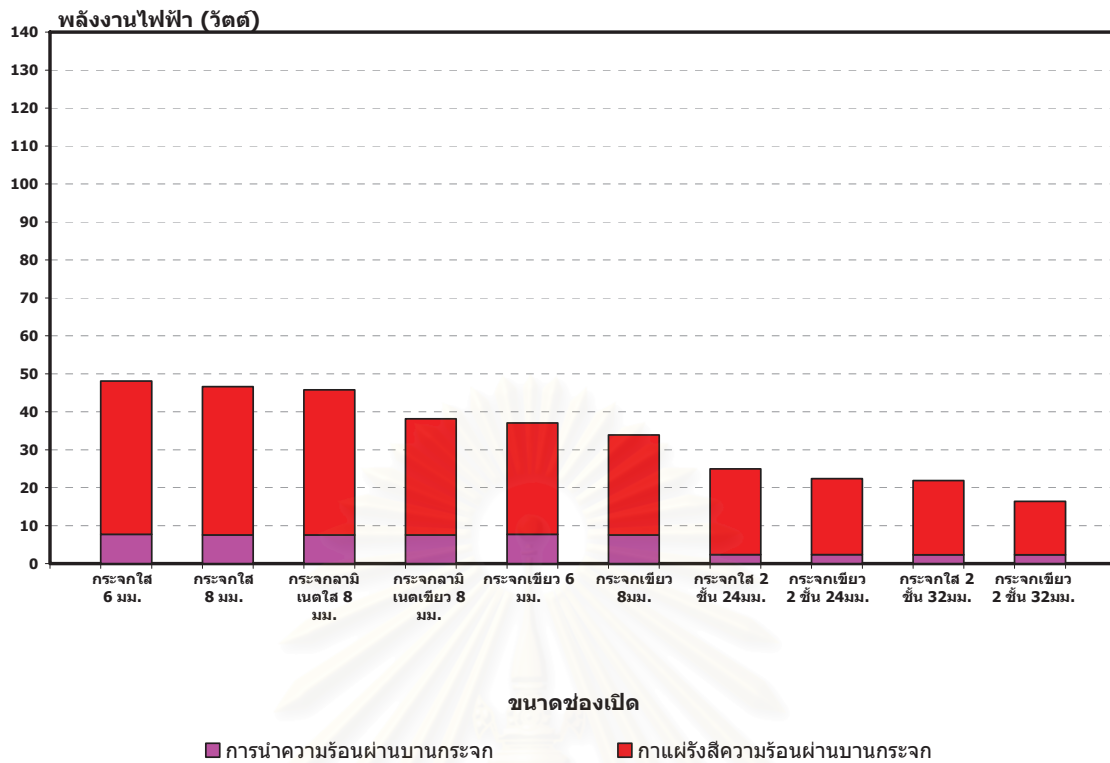
##### 5.1.1. การใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อขจัดความร้อนอันเนื่องมาจากช่องเปิด

ในส่วนวัสดุบานกรอบของช่องเปิด วัสดุที่มีความสามารถป้องกันความร้อนจากมากไปน้อยคือ บานกรอบยูพีวีซี บานกรอบอลูมิเนียม และบานกรอบไม้ มีอัตราส่วนการใช้พลังงานอยู่ที่ 1 3 และ 4 ตามลำดับ ตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงที่สุดสำหรับการใช้พลังงานเพื่อขจัดความร้อนผ่านบานกรอบคือ การรั่วซึมอากาศ



แผนภูมิที่ 5-1 พลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนในส่วนบานกรอบของช่องเปิดขนาดต่าง ๆ

วัสดุบานกระจกของช่องเปิดมีวัสดุที่มีความสามารถป้องกันความร้อนจากมากไปน้อยคือ กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. กระจกเขียว 2 ชั้น 24 มม. กระจกใส 2 ชั้น 24 มม. กระจกเขียว 8 มม. กระจกเขียว 6 มม. กระจกลามิเนตเขียว 8 มม. กระจกลามิเนตใส 8 มม. กระจกใส 8 มม. และกระจกใส 6 มม. ตามลำดับ ตัวแปรที่มีอิทธิพลสูงที่สุดคือการแผ่รังสีความร้อนผ่านช่องเปิด

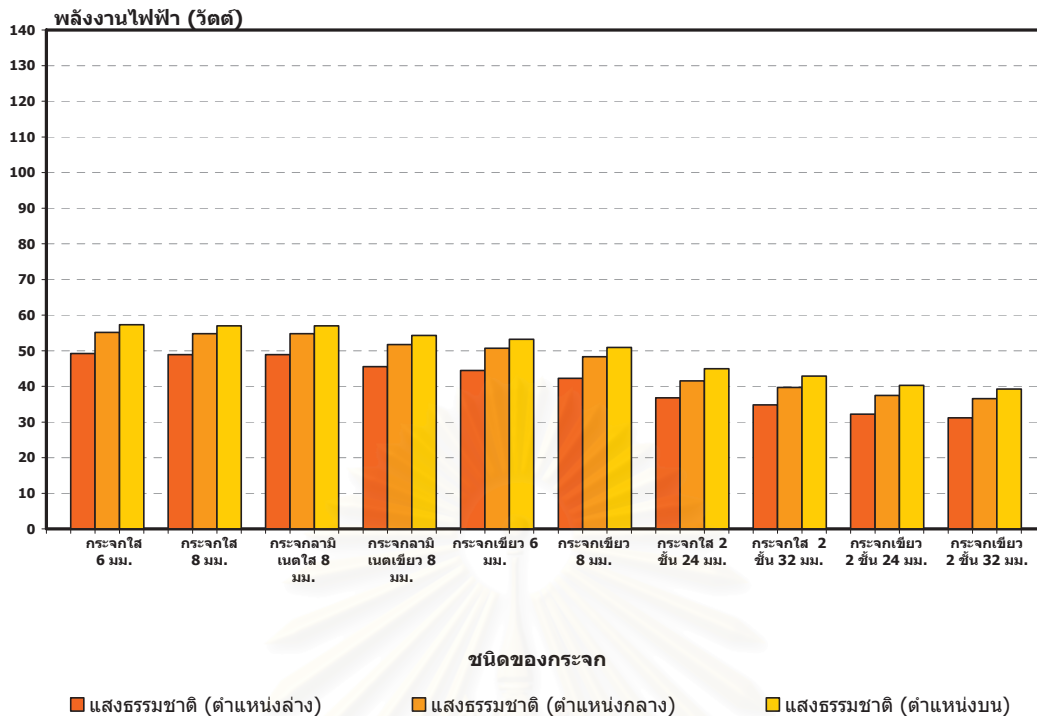


แผนภูมิที่ 5-2 พลังงานที่ใช้ในการจัดความร้อนในส่วนบานกระจกของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม.

### 5.1.2. การได้รับพลังงานไฟฟ้าจากแสงธรรมชาติเทียบเท่าการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์

การพิจารณาพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากแสงธรรมชาติพิจารณาเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์ โดยกำหนดการใช้พลังงานไฟฟ้า 8.3 วัตต์ต่อตารางเมตร จากระบบไฟฟ้า หลอดฟลูออเรสเซนต์ (T5) ประสิทธิภาพ 100 ลูเมนต่อวัตต์

ระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารแปรผันตามขนาดของช่องเปิด และระดับความสูงของช่องเปิด ระดับความส่องสว่างของช่องเปิดจะขึ้นอยู่กับค่าส่องผ่านแสงของกระจก โดยค่าส่องผ่านแสงของวัสดุมาก ความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติก็จะมากขึ้นเช่นกัน ระดับความส่องสว่างของวัสดุบานกระจกจากมากไปน้อยคือ กระจกใส 6 มม. กระจกใส 8 มม. กระจกลามิเนตใส 8 มม. กระจกลามิเนตเขียว 8 มม. กระจกเขียว 6 มม. กระจกเขียว 8 มม. กระจกใส 2 ชั้น 24 มม. กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. กระจกเขียว 2 ชั้น 24 มม. และกระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. ตามลำดับ



แผนภูมิที่ 5-3 พลังงานที่ได้จากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ของช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม.

### 5.1.3. การเปรียบเทียบพลังงานที่เกิดจากการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดเข้าสู่ภายในอาคารและปริมาณพลังงานที่ได้รับจากการใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดเทียบเท่าแสงประดิษฐ์

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพพิจารณาจากพลังงานสุทธิของช่องเปิดซึ่งเป็นผลต่างของพลังงานที่ได้รับจากแสงธรรมชาติเทียบเท่าแสงประดิษฐ์ และพลังงานที่ใช้ในการขจัดความร้อนจากช่องเปิด จากการวิจัยพบว่าวัสดุช่องเปิดที่มีการถ่ายเทความร้อนสูงสุดคือช่องเปิดบานกรอบไม้ กระจกใส 6 มม. ซึ่งเป็นช่องเปิดกรณีพื้นฐาน (base case) สำหรับเปรียบเทียบกับช่องเปิดอื่นๆ

ช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 ม. ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ ช่องเปิดบานกรอบยูพีวีซี และบานกระจกลามิเนตเขียว 8 มม. ระยะติดตั้งช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพคือตำแหน่งกลาง และตำแหน่งบน มีระดับวงกบบนที่ 2.00 ม. และ 2.80 ม. ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพดีกว่าช่องเปิดบานกรอบไม้ กระจกใส 6 มม. 24 วัตต์ต่อบาน ทั้ง 2 กรณี

ช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 ม. ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ ช่องเปิดบานกรอบยูพีวีซี และบานกระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. ระยะติดตั้งช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพคือตำแหน่งล่าง ตำแหน่งกลาง และตำแหน่งบน มีระดับวงกบบนที่ 1.20 ม. 2.00 ม. และ 2.80 ม. ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพดีกว่าช่องเปิดบานกรอบไม้ กระจกใส 6 มม. 46 วัตต์ต่อบาน 45 วัตต์ต่อบาน และ 46 วัตต์ต่อบาน ตามลำดับ

ช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 ม. ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ ช่องเปิดบานกรอบยูพีวีซี และบานกระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. ระยะติดตั้งช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพคือตำแหน่งล่าง ตำแหน่งกลาง และตำแหน่งบน มีระดับวงกบบนที่ 1.20 ม. 2.00 ม. และ 2.80 ม. ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพดีกว่าช่องเปิดบานกรอบไม้ กระจกใส 6 มม. 48 วัตต์ต่อบาน 46 วัตต์ต่อบาน และ 47 วัตต์ต่อบาน ตามลำดับ

ช่องเปิดขนาด 0.90x2.00 ม. ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดคือ ช่องเปิดบานกรอบยูพีวีซี และบานกระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. ระยะติดตั้งช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพคือตำแหน่งกลาง มีระดับวงกบบนที่ 2.00 ม. โดยมีประสิทธิภาพดีกว่าช่องเปิดบานกรอบไม้ กระจกใส 6 มม. 70 วัตต์ต่อบาน

วัสดุช่องเปิดที่เหมาะสมสำหรับอาคารปรับอากาศในเขตร้อนชื้นคือช่องเปิดบานกรอบยูพีวีซี ควบคู่กับบานกระจกคุณภาพสูง วัสดุกระจกที่แนะนำสำหรับการใช้งานในอาคารปรับอากาศในเขตร้อนชื้น มี 3 ชนิด คือ กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. และกระจกใส 2 ชั้น 24 มม.ตามลำดับ

#### 5.1.4. การเสนอช่องเปิดต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้น

ช่องเปิดต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับอาคารในเขตร้อนชื้นแบ่งออกเป็นช่องเปิด 3 รูปแบบคือ ช่องเปิดต้นแบบมาตรฐาน ช่องเปิดต้นแบบรูปแบบพิเศษ และช่องเปิดต้นแบบช่องแสง

ช่องเปิดต้นแบบมาตรฐาน คือช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร ติดตั้งระดับวงกบบนสูง 2.00 เมตร วัสดุบานกรอบยูพีวีซี และวัสดุบานกระจก 3 ชนิด คือ กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. หรือกระจกใส 2 ชั้น 24 มม.

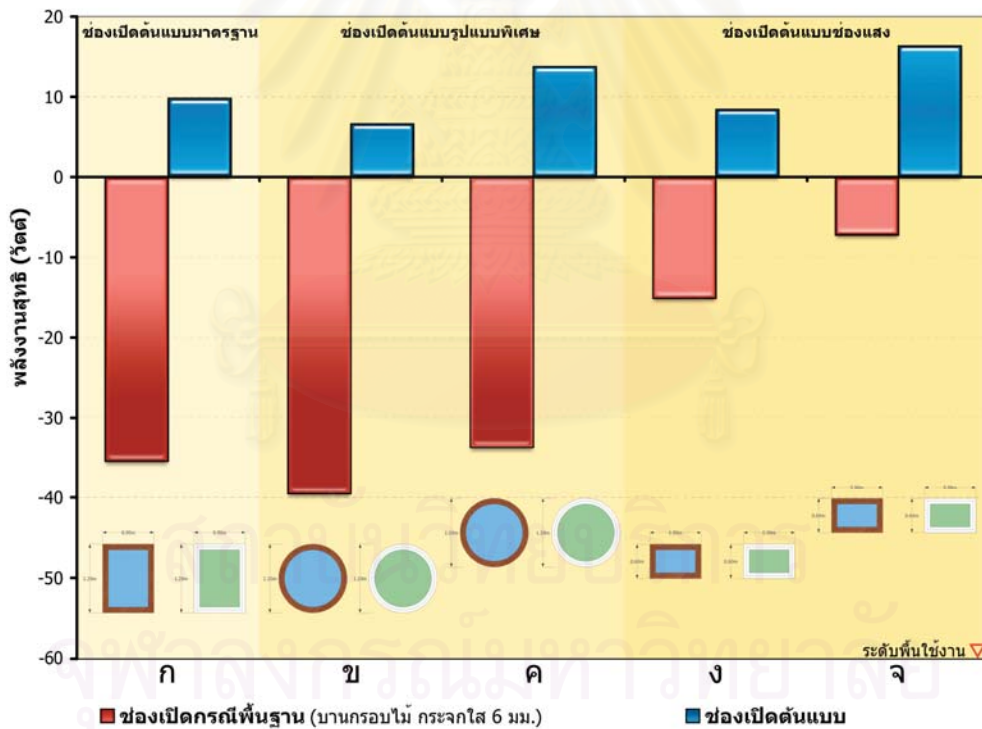
ช่องเปิดต้นแบบรูปแบบพิเศษคือช่องเปิดกลมเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 1.20 เมตร ติดตั้งระดับวงกบบนสูง 2.00 เมตร หรือ 2.80 เมตร ตามลำดับ วัสดุบานกรอบ ยูพีวีซี และวัสดุบานกระจก 3 ชนิด คือ กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. หรือกระจกใส 2 ชั้น 24 มม.

ช่องเปิดต้นแบบรูปแบบช่องแสงคือช่องเปิดขนาด 0.90x0.60 เมตร ติดตั้งระดับวงกบบนสูง 2.00 เมตร หรือ 2.80 เมตร ตามลำดับ วัสดุบานกรอบยูพีวีซี และกระจก ลามิเนตเขียว 8 มม.

ช่องเปิดต้นแบบทั้ง 3 ชนิดเป็นช่องเปิดที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมสำหรับอาคารปรับอากาศในเขตร้อนชื้น โดยมีประสิทธิภาพเมื่อเทียบกับช่องเปิดกรณีพื้นฐานดังที่แสดงในตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 ประสิทธิภาพช่องเปิดต้นแบบเทียบกับช่องเปิดกรณีพื้นฐาน

ช่องเปิด	ตำแหน่ง วงกบบน	วัสดุบานกรอบ	วัสดุบานกระจก	ผลต่างพลังงานสุทธิ (วัตต์/บาน)
ช่องเปิดต้นแบบ มาตรฐาน	2.00 ม.	ยูพีวีซี	กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.	45
			กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.	43
			กระจกใส 2 ชั้น 24 มม.	42
ช่องเปิดต้นแบบ รูปแบบพิเศษ	2.00 ม.	ยูพีวีซี	กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.	46
			กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.	42
			กระจกใส 2 ชั้น 24 มม.	41
	2.80 ม.	ยูพีวีซี	กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.	47
			กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.	45
			กระจกใส 2 ชั้น 24 มม.	44
ช่องเปิดต้นแบบ ช่องแสง	2.00 ม.	ยูพีวีซี	กระจกลามิเนตเขียว 6 มม.	24
	2.80 ม.	ยูพีวีซี	กระจกลามิเนตเขียว 6 มม.	24



แผนภูมิที่ 5-4 เปรียบเทียบพลังงานสุทธิระหว่างช่องเปิดต้นแบบกับช่องเปิดกรณีพื้นฐาน: กำหนดช่องเปิดกรณีพื้นฐานคือ ช่องเปิดบานกรอบไม้ กระจกใส 6 มม.

ก ช่องเปิดมาตรฐานบานกรอบยูพีวีซี กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. วงกบบนสูง 2.00 เมตร

ข ช่องเปิดรูปแบบพิเศษบานกรอบยูพีวีซี กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. วงกบบนสูง 2.00 เมตร

ค ช่องเปิดรูปแบบพิเศษบานกรอบยูพีวีซี กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. วงกบบนสูง 2.80 เมตร

ง ช่องเปิดช่องแสงบานกรอบยูพีวีซี กระจกลามิเนตเขียว 8 มม. วงกบบนสูง 2.00 เมตร

จ ช่องเปิดช่องแสงบานกรอบยูพีวีซี กระจกลามิเนตเขียว 8 มม. วงกบบนสูง 2.80 เมตร



### 5.1.5. การออกแบบช่องเปิดต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาโลกร้อน

ปัญหาโลกร้อนในปัจจุบันเป็นปัญหาสำคัญเร่งด่วนที่ทุกคนควรตระหนักถึงความสำคัญ การผลิตไฟฟ้าจะมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากวัตุดิบที่ใช้ เช่น น้ำมัน ถ่านหิน หรือก๊าซธรรมชาติ จากการขนส่ง และนำเข้าวัตุดิบ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละประเทศ (IPCC, 2006) การผลิตพลังงานไฟฟ้า 1 หน่วย (1 กิโลวัตต์ ชั่วโมง) ของประเทศไทยจะปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 0.46 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ (kgCO<sub>2</sub>) (เอกรินทร์ โษษกรัญญ์, 2550) แนวทางแก้ปัญหาโลกร้อนคือการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร ซึ่งส่งผลให้ลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ช่องเปิดต้นแบบมีคุณสมบัติพิเศษคือเป็นช่องเปิดที่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงประดิษฐ์จากการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ ได้มากกว่าการทำความเย็นอันเนื่องมาจากช่องเปิด ดังนั้นช่องเปิดต้นแบบจึงเสมือนสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในช่วงเวลาใช้งานอาคารที่กำหนด

ช่องเปิดต้นแบบมาตรฐาน ระดับวงกบบนสูง 2.00 เมตร กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. และกระจกใส 2 ชั้น 24 มม. มีศักยภาพลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 4.51 3.43 และ 2.86 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ

ช่องเปิดต้นแบบรูปแบบพิเศษ ระดับวงกบบนสูง 2.00 เมตร กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. และกระจกใส 2 ชั้น 24 มม. มีศักยภาพลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3.05 1.67 และ 0.84 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ

ช่องเปิดต้นแบบรูปแบบพิเศษ ระดับวงกบบนสูง 2.80 เมตร กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม. กระจกใส 2 ชั้น 32 มม. และกระจกใส 2 ชั้น 24 มม. มีศักยภาพลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 6.33 5.29 และ 4.53 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ

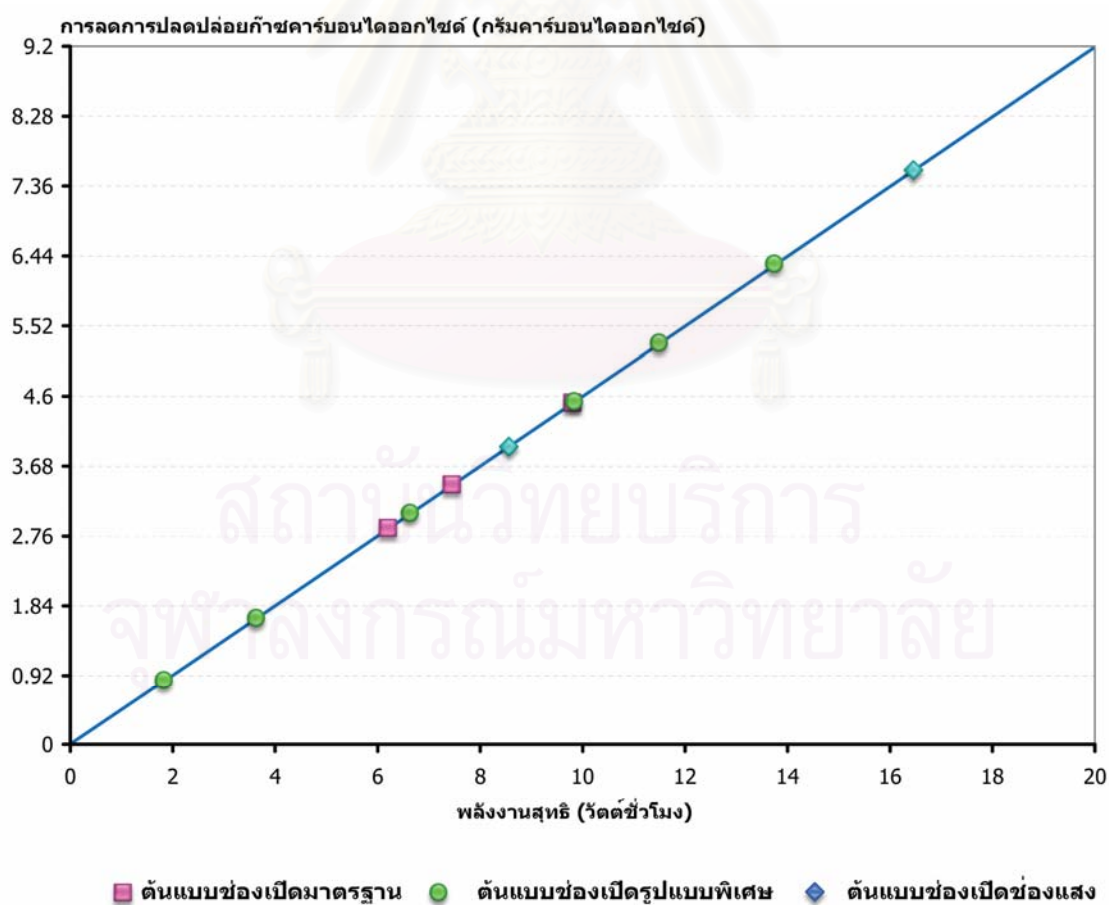
ช่องเปิดต้นแบบช่องแสง ระดับวงกบบนสูง 2.00 เมตร กระจกลามิเนตเขียว 8 มม. มีศักยภาพลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3.94 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์

ช่องเปิดต้นแบบช่องแสง ระดับวงกบบนสูง 2.80 เมตร กระจกลามิเนตเขียว 8 มม. มีศักยภาพลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 7.57 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์

ปริมาณการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดังกล่าวเป็นการประมาณจากการใช้อาคารเดือนเมษายน ในช่วงเวลา 8:00 – 17:00 น. เท่านั้น หากช่องเปิดเหล่านี้มีการใช้งานในช่วงเวลาอื่น หรือมีระยะเวลาการใช้งานที่แตกต่างจากข้อกำหนดในงานวิจัย ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะแตกต่างออกไปเช่นกัน

ตารางที่ 5-2 การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของช่องเปิดต้นแบบ

ช่องเปิดต้นแบบ	ระดับวงกบบน (เมตร)	กระจก	พลังงานสุทธิ (วัตต์ชั่วโมง)	การลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กรัมคาร์บอนไดออกไซด์)
ช่องเปิดมาตรฐาน	2.00	กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.	9.81	4.51
		กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.	7.46	3.43
		กระจกใส 2 ชั้น 24 มม.	6.21	2.86
ช่องเปิดรูปแบบพิเศษ	2.00	กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.	6.64	3.05
		กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.	3.64	1.67
		กระจกใส 2 ชั้น 24 มม.	1.84	0.84
	2.80	กระจกเขียว 2 ชั้น 32 มม.	13.76	6.33
		กระจกใส 2 ชั้น 32 มม.	11.50	5.29
		กระจกใส 2 ชั้น 24 มม.	9.84	4.53
ช่องเปิดช่องแสง	2.00	กระจกลามิเนตเขียว 8 มม.	8.56	3.94
	2.80	กระจกลามิเนตเขียว 8 มม.	16.46	7.57



แผนภูมิที่ 5-5 แสดงการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของช่องเปิดต้นแบบ

### 5.1.6. ช่องเปิดต้นแบบและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

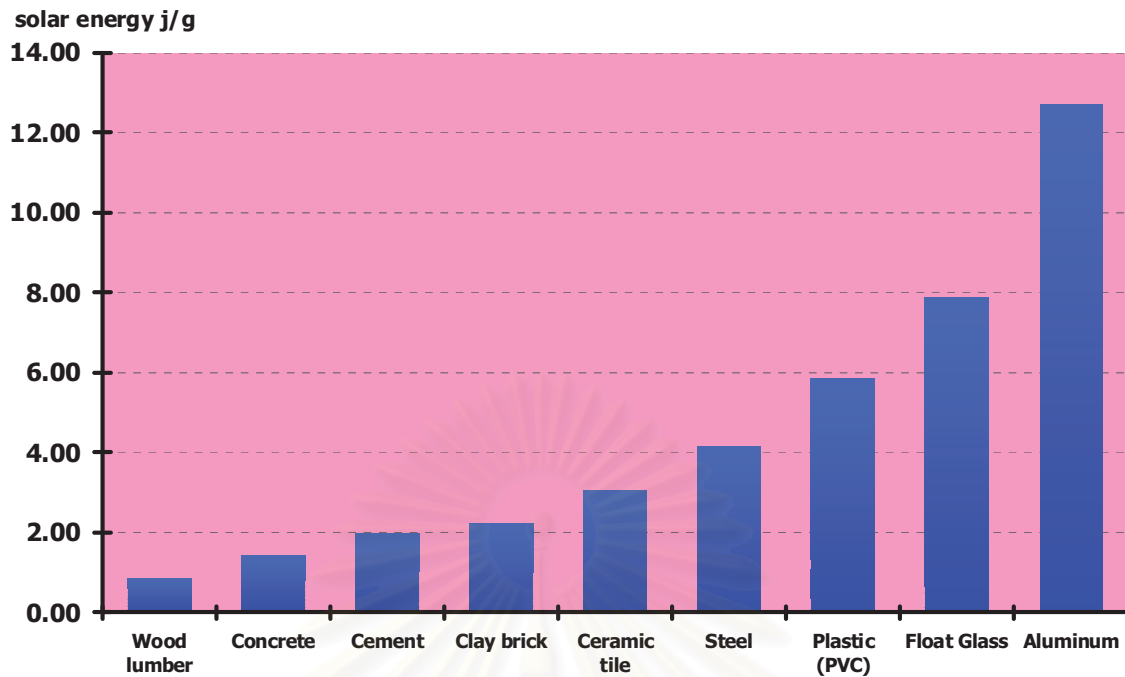
การใช้งานช่องเปิดต้นแบบที่เสนอในการวิจัยให้ได้ประโยชน์สูงสุดต้องใช้งานควบคู่กับการควบคุมการใช้งานแสงประดิษฐ์ให้สัมพันธ์กับการได้รับแสงธรรมชาติในอาคาร โดยการใส่ระบบควบคุมแสงธรรมชาติ (daylight control) ซึ่งสามารถเปิด ปิด หรือปรับลดความส่องสว่างของหลอดไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ในเวลาที่ไม่มีความจำเป็นได้

วัสดุบานกรอบช่องเปิดต้นแบบคือวัสดุยูพีวีซีที่มีข้อดีคือ มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนสูง และป้องกันการรั่วซึมอากาศได้ดีอย่างไรก็ตามข้อเสียของยูพีวีซีคือไม่ทนไฟ และหากเป็นช่องเปิดขนาดใหญ่จำเป็นต้องเสริมโครงสร้างด้วยเช่นการใช้เหล็กกล้าวาไรเอตเป็นต้น โดยข้อดีข้อเสียของช่องเปิดสามารถสรุปตามตารางที่ 5-3

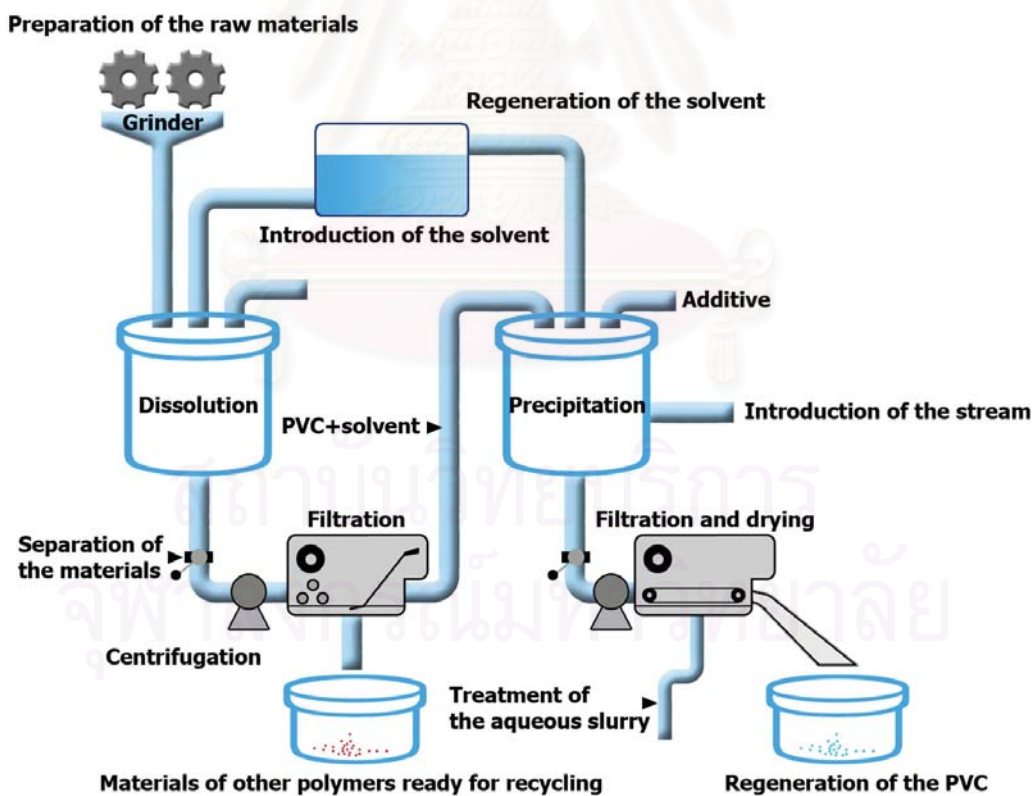
ตารางที่ 5-3 ข้อดี และข้อเสียของบานกรอบยูพีวีซี

ข้อดี	ข้อเสีย
มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ	ราคาแพง
อัตราการรั่วซึมอากาศต่ำ	ไม่ทนไฟ จุดหลอมเหลวต่ำ
อายุการใช้งานยาวนาน การบำรุงรักษาต่ำ	ต้องเสริมแรงให้กับช่องเปิดขนาดใหญ่
กันเสียงได้ดี	ระดับเอ็มบอดีเอนเนอร์จี้ค่อนข้างสูง
ติดตั้งง่าย	
ป้องกันการโจรกรรมได้ดี	
ควบคุมคุณภาพชิ้นงานได้ดี	
กันปลวกแมลง และสภาพแวดล้อมได้ดี	
ใช้พลังงานในกระบวนการผลิตต่ำ	
ใช้พลังงานในกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ต่ำ	

ผลกระทบของยูพีวีซีต่อสิ่งแวดล้อม พบว่าเอ็มบอดีเอนเนอร์จี้ของยูพีวีซีต่ำกว่าอลูมิเนียม แต่สูงกว่าไม้ อย่างไรก็ตามบานกรอบยูพีวีซีมีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ใหม่สูงมาก โดยกระบวนการดังกล่าวสามารถกระทำได้ในระหว่างกระบวนการผลิต และหลังการใช้งาน โดยบานกรอบยูพีวีซีสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้เกือบสมบูรณ์ด้วยวิธีโวนิลลูบซึ่งเป็นวิธีที่สามารถสร้างผงพลาสติกชั้นต้นที่มีความบริสุทธิ์สูงซึ่งมีสารเจือปนน้อยกว่าร้อยละ 2 (Solvay, 2008) นอกจากนี้กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ของยูพีวีซียังใช้พลังงานต่ำกว่ากระบวนการผลิตและการนำกลับมาใช้ใหม่ของบานกรอบอลูมิเนียมมาก ส่วนบานกรอบไม้ไม่สามารถเข้าสู่กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ดังนั้นหากมีระบบการจัดการที่ดีจะสามารถกำจัดปริมาณขยะจากยูพีวีซีได้อย่างสมบูรณ์ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้



แผนภูมิที่ 5-6 เอมบอดีเอนเนอจี้ของวัสดุก่อสร้างต่างๆ (Carol, 2004)



ภาพที่ 5-1 กระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ระบบไวนิลลูปล

## 5.2. ข้อเสนอแนะ

- 5.2.1. การใช้งานช่องเปิดต้นแบบในการวิจัยให้ได้ประโยชน์สูงสุดต้องใช้งานควบคู่กับการควบคุมการใช้งานแสงประดิษฐ์ให้สัมพันธ์กับการได้รับแสงธรรมชาติในอาคาร โดยการใช้ระบบควบคุมแสงธรรมชาติ (daylight control) ซึ่งสามารถเปิด ปิด หรือปรับลดความส่องสว่างของหลอดไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ในเวลาที่ไม่มีความจำเป็นได้
- 5.2.2. งานวิจัยได้กำหนดขอบเขต การใช้งานในอาคารในช่วงเวลา 8:00-17:00 น. ซึ่งเป็นเวลาทำงานโดยทั่วไป ดังนั้นการศึกษาขั้นต่อไปควรขยายการศึกษาการใช้งานอาคารในช่วงเวลาอื่น ๆ เพิ่มเติม
- 5.2.3. ระดับความสูงในงานวิจัยได้กำหนดระดับความสูงไว้ 3 ระดับ และศึกษาช่องเปิดเพียงบานเดียว ซึ่งการศึกษาขั้นต่อไปควรศึกษาผลกระทบของช่องเปิดหลายบาน และระดับช่องเปิดเพิ่มขึ้น
- 5.2.4. การศึกษาระดับความส่องสว่างในงานวิจัยพิจารณาความส่องสว่างในแนวยาวจากช่องเปิดเท่านั้นโดยไม่ได้ศึกษาระดับความส่องสว่างในแนวอื่น ๆ ซึ่งสามารถศึกษาเพิ่มเติมมากกว่านี้ได้

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- กุลศรี สุริยเดชสกุล. **ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ[ออนไลน์]**. ขอนแก่น: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ม.ป.ป. แหล่งที่มา:  
<http://arch.kku.ac.th/philosophy/kulrasri1.html> [2 ธันวาคม 2550]
- กุสกาณา กุบาฮา และสุทธิพงศ์ เนื่องเยาว์. **การศึกษาลักษณะการรั่วซึมอากาศของหน้าต่างและประตู**. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.
- เครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย. **การเลือกใช้หลอดไฟฟ้าและอุปกรณ์ประหยัดพลังงานประเภทต่างๆ[ออนไลน์]**. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549. แหล่งที่มา:  
<http://www.teenet.chula.ac.th/casestudy/detail2.asp?ID=277> [2 ธันวาคม 2550]
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1043-2534: หน้าต่างพีวีซี**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์อักษรไทย, 2534.
- ปรีชญา มัทธนนที. **การใช้แสงสว่างธรรมชาติภายในอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน. ในสร้างสรรค์อาคารสบาย**. กรุงเทพฯ: สมาคมสถาปนิกสยามในพระบรมราชูปถัมภ์, 2547.
- พันธุดา พุฒิไพโรจน์. **การพิจารณาคุณสมบัติด้านการประหยัดพลังงานของ หน้าต่างสำหรับอาคารปรับอากาศ. ใน บทความวิชาการชุดที่ 8**. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย, 2546
- ราชบัณฑิตยสถาน. **พจนานุกรม ศัพท์เธอร์โมไดนามิกส์ อังกฤษ-ไทย**. กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน, 2548.
- สุนทร บุญญาธิการ. **เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- สุนทร บุญญาธิการ. **นวัตกรรมการใช้กระจกสำหรับเมืองร้อนขึ้น**. กรุงเทพฯ: คูลพรีนท์. 2551.
- สุนทร บุญญาธิการ และคณะ. **พลังงานใกล้ตัว**. กรุงเทพฯ: เพ็สท์ ออฟเซท (1993), 2545.
- สุนทร บุญญาธิการ และอุษณีย์ มิ่งวิมล. **เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคาร อนุรักษ์พลังงาน: การใช้กระจก**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คอมฟอร์ม, 2542.

สุนทร บุญญาธิการ และอุษณีย์ มิ่งวิมล. เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคาร อนุรักษ์

พลังงาน: การใช้วัสดุและอุปกรณ์เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คอมฟอร์ม, 2542.

อุตุนิยมวิทยา,กรม. สถิติภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2550 [แฟ้มข้อมูล].

กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ผู้ผลิต), 2551.

เอกรินทร์ โบษกรัญญ์. Emission Baseline สำหรับการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้าการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. ใน รายงานการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2550.

### ภาษาอังกฤษ

ASHRAE. Handbook of Fundamentals 2001. Georgia: American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineer, 2001.

Avasoo, D. Energy transparency for energy efficiency. Halmstad: WSP Environmental, 2004.

Blanusa, P. et al. Comparison between ASHRAE and ISO thermal transmittance calculation methods. Energy and building 39 (2007): 374-384.

Carmody, J. et al. Windows systems for high performance building[Online]. Minnesota: College of design university of Minnesota, 2004. Source: <http://www.commercialwindows.umn.edu/index.php> [2007 September 2]

Carol Boyle. Sustainable Building in New Zealand. IPENZ Sustainability Task Committee (2004): 1-13.

Eclipse Lighting Inc. Lamp type Lumens Output Guide [Online]. 2008. Available from: <http://www.eclipselightinginc.com/pages/posts/t5-bi-pin-t5-fluorescent-lumens-output29.php> [2008, February 15]

Fissore, A. and Fonseca, N. Experimental stud of the thermal balance of a window, design description. Building and environment 47 (2007): 3309-3321.

Fissore, A. and Fonseca, N. Measurement result and experiment analysis study of the thermal balance of a window. Building and environment 47 (2007), 3570-3581.

IPCC. The 2006 IPCC Guideline for national greenhouse gas inventories. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies, 2006.

Kaufman, J.E. **IES Lighting Handbook: reference volume**. Maryland: Waverly press, 1981.

Menzies G.F. and Wherrett. Windows in the workplace: examining issues of environmental sustainability and occupant comfort in the selection of multi glazed windows. **Energy and building** 37 (2005): 623-630.

Robbins, Claude L. **Daylighting: design and analysis**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1986.

SOLVAY. **Recycling [Online]**. 2008. Available from:

<http://www.solvayindupa.com/pvcumprodutonobre/reciclagem/0,,10619-2-0,00.htm> [2008, February 20]

Stein, Reynolds and McGuinness. **Mechanical and electrical equipment for building**. 7<sup>th</sup> edition. New York: John Wiley and Sons, 1986.

Stein, Reynolds. **Mechanical and electrical equipment for building**. 9<sup>th</sup> edition. New York: John Wiley and Sons, 1999.

TGSG. **Glass performance data [file]**. Bangkok: Thai-German specialty glass (Producer), 2550.



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2550 (อุตุนิยมวิทยา, 2551)

## อุณหภูมิกะเปาะแห้ง

## ตารางที่ 6-1 อุณหภูมิกะเปาะแห้งเดือนมกราคม

เดือนมกราคม												
วันที่	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
1 มค.	24.5	24.9	24.9	24.4	23.4	23.0	23.0	23.8	25.3	26.8	28.7	30.2
2 มค.	24.7	24.5	24.3	24.2	23.8	23.6	23.5	24.0	26.0	27.3	30.3	31.5
3 มค.	24.8	24.4	24.1	23.8	23.2	22.6	22.8	25.1	25.3	27.9	29.0	30.4
4 มค.	24.3	23.5	22.9	22.8	22.7	22.2	22.0	22.9	26.0	28.1	30.0	31.5
5 มค.	26.0	25.8	25.7	25.5	25.0	24.1	23.8	24.5	26.5	28.5	31.9	33.4
6 มค.	27.7	27.3	27.0	26.8	26.6	26.1	26.2	27.2	26.5	28.4	30.0	30.8
7 มค.	27.8	27.3	26.8	26.3	25.8	25.0	24.6	24.4	25.0	25.6	27.5	29.6
8 มค.	25.2	25.0	24.8	24.5	24.2	23.6	23.5	24.5	26.3	27.3	28.7	29.2
9 มค.	25.1	24.7	24.4	24.1	23.7	23.2	23.0	23.0	24.5	25.1	27.0	29.0
10 มค.	26.1	25.7	25.4	24.8	24.3	24.1	23.8	24.4	26.8	28.4	30.2	30.4
11 มค.	25.0	24.5	24.0	23.6	23.0	22.7	22.5	23.0	26.0	28.5	31.4	31.9
12 มค.	26.4	25.8	25.0	24.1	23.4	23.0	23.5	24.9	27.5	29.6	30.8	31.8
13 มค.	25.7	25.2	24.6	24.1	23.5	23.3	23.1	24.0	26.5	28.8	30.5	32.3
14 มค.	27.1	26.8	26.4	26.0	25.4	24.4	24.8	25.0	27.8	28.5	30.4	31.4
15 มค.	26.8	26.0	25.5	25.0	24.5	23.9	23.6	24.3	27.9	30.0	31.5	32.9
16 มค.	26.6	26.3	26.1	25.9	25.3	24.5	24.9	26.2	29.0	30.8	32.7	32.7
17 มค.	27.1	26.6	26.0	25.8	25.3	24.9	24.8	25.6	29.9	30.8	32.5	33.5
18 มค.	28.0	27.5	27.0	26.5	26.0	25.5	25.5	26.0	29.0	31.6	33.1	34.4
19 มค.	28.3	28.0	27.8	27.5	27.0	26.6	27.2	27.5	29.8	32.2	33.7	33.8
20 มค.	27.5	27.4	27.4	27.3	27.4	27.4	27.4	27.7	28.5	29.9	31.0	32.1
21 มค.	27.1	27.1	27.2	27.2	26.8	26.6	26.8	27.9	28.9	29.6	31.0	32.4
22 มค.	27.5	27.5	27.5	27.4	27.4	27.2	27.3	27.6	28.1	28.3	28.5	26.6
23 มค.	27.1	26.9	26.8	26.7	26.7	26.8	26.8	26.9	27.0	28.0	29.0	29.5
24 มค.	26.7	26.6	26.5	26.4	25.8	25.2	25.5	26.3	27.4	28.5	30.0	31.4
25 มค.	26.3	25.5	24.9	24.9	24.4	24.3	24.3	25.1	27.1	27.3	29.2	31.0
26 มค.	26.2	25.8	25.2	24.7	24.2	23.9	23.7	24.0	27.0	28.8	30.5	31.1
27 มค.	26.9	26.1	25.4	25.3	25.1	25.0	24.6	24.6	26.5	27.3	28.5	30.5
28 มค.	25.6	25.2	24.6	24.1	22.8	21.8	21.7	23.0	24.1	25.3	26.0	27.0
29 มค.	22.3	21.6	21.0	20.5	19.9	19.4	19.2	19.6	21.4	23.5	25.8	26.5
30 มค.	22.4	21.6	21.1	20.5	19.8	19.2	19.7	20.8	23.4	25.4	25.8	27.5
31 มค.	23.3	22.4	21.6	21.3	20.7	20.5	20.1	20.5	23.3	24.9	26.4	27.7

วันที่	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
1 มค.	31.7	32.2	32.5	32.6	31.4	29.8	28.2	27.2	26.6	26.2	25.8	25.2
2 มค.	32.1	32.6	33.2	33.3	32.3	30.5	29.1	28.3	27.2	26.3	25.4	24.6
3 มค.	31.3	32.4	33.2	32.9	31.8	30.3	28.4	27.3	26.3	25.6	24.9	24.4
4 มค.	32.6	33.1	33.2	32.6	31.4	30.1	29.2	27.9	27.1	26.8	26.5	26.3
5 มค.	34.0	34.4	34.0	33.3	33.1	31.2	30.4	29.7	29.4	29.1	28.8	28.1
6 มค.	31.4	31.6	30.6	30.9	30.1	29.2	28.7	28.6	28.7	28.8	28.4	28.1
7 มค.	29.5	29.2	29.1	26.9	25.6	25.2	24.9	25.4	25.4	25.6	25.6	25.4
8 มค.	30.7	30.0	30.2	30.0	28.6	27.7	26.6	26.6	26.2	26.1	25.8	25.5
9 มค.	30.2	31.0	31.5	31.6	30.1	28.9	28.2	27.2	26.6	26.4	26.4	26.5
10 มค.	31.4	31.7	31.6	31.6	31.0	29.2	28.1	27.5	27.0	26.6	26.2	25.5
11 มค.	32.4	32.6	34.2	33.7	33.2	31.1	29.9	28.7	27.8	27.2	26.6	26.4
12 มค.	33.2	33.9	33.9	33.1	31.6	30.2	29.1	28.1	27.6	26.8	26.6	26.1
13 มค.	33.2	34.0	34.2	33.3	32.5	31.5	30.4	29.4	28.6	28.2	28.1	27.4
14 มค.	32.4	33.4	34.0	33.8	32.7	31.7	30.4	28.9	28.1	27.6	27.1	27.1
15 มค.	33.5	34.0	34.5	34.3	33.6	32.8	30.6	30.2	29.8	28.2	27.6	27.0
16 มค.	34.0	34.6	34.7	34.1	33.4	32.1	31.2	29.6	28.9	28.7	28.3	27.6
17 มค.	35.0	35.2	36.2	35.8	34.8	33.6	32.1	30.8	30.0	29.7	29.2	28.5
18 มค.	35.3	35.6	35.9	35.4	34.5	34.0	32.4	30.9	29.2	29.2	28.6	28.4
19 มค.	34.1	34.2	34.5	32.6	31.7	30.1	29.0	28.8	28.5	28.3	28.0	27.8
20 มค.	32.2	33.6	34.0	32.7	32.0	30.1	29.0	28.2	28.1	27.8	27.6	27.4
21 มค.	33.5	33.4	33.3	33.0	32.3	30.5	29.3	28.4	28.3	28.1	28.0	27.8
22 มค.	27.2	27.5	28.4	29.7	30.0	29.7	29.0	28.4	28.3	28.0	27.8	27.5
23 มค.	30.8	30.0	29.6	29.2	29.2	28.6	28.3	27.9	27.6	27.4	27.2	26.9
24 มค.	32.3	32.9	33.0	33.1	32.1	30.9	29.8	28.5	27.9	27.6	27.1	26.7
25 มค.	31.6	32.6	32.9	33.0	32.4	32.1	29.8	29.0	28.5	28.0	27.5	27.0
26 มค.	31.8	32.4	32.9	33.0	32.3	31.0	29.9	28.9	27.8	27.4	27.1	27.0
27 มค.	31.2	31.9	32.2	32.5	31.5	30.5	29.2	28.1	27.5	27.0	26.6	26.3
28 มค.	27.4	28.3	27.9	28.6	28.3	27.0	26.2	25.2	24.9	24.4	23.4	22.9
29 มค.	27.4	28.2	28.5	28.4	27.9	25.8	25.0	24.4	23.8	23.2	23.0	22.7
30 มค.	28.6	29.5	30.2	29.5	29.0	27.5	26.5	25.1	24.8	24.6	24.2	23.9
31 มค.	28.0	28.6	28.9	28.8	28.5	27.5	26.1	25.2	24.6	23.5	22.8	22.9

ตารางที่ 6-2 อุณหภูมิกระเปาะแห้งเดือนกุมภาพันธ์

เดือนกุมภาพันธ์												
วันที่	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
1 กพ.	23.0	22.5	21.5	21.0	20.5	20.1	20.0	20.5	23.2	25.4	26.8	27.2
2 กพ.	22.6	22.1	21.1	20.5	19.9	19.4	19.0	19.7	21.7	24.1	25.6	27.2
3 กพ.	22.7	22.2	21.6	21.0	20.5	19.4	19.6	20.7	22.8	24.6	25.6	27.0
4 กพ.	22.4	22.1	21.0	20.3	19.4	19.1	18.6	19.4	21.8	24.5	27.0	29.0
5 กพ.	22.0	21.7	21.4	21.0	20.6	20.1	20.4	21.8	23.9	26.9	28.6	30.0
6 กพ.	23.7	23.5	23.3	23.0	22.8	22.4	22.2	22.4	24.0	26.0	28.7	30.6
7 กพ.	25.6	25.4	25.2	25.4	25.0	25.0	24.8	25.0	26.0	27.7	29.7	30.9
8 กพ.	25.8	25.6	25.4	25.2	24.9	24.6	25.5	26.5	27.4	29.1	30.0	31.0
9 กพ.	25.9	25.6	25.4	25.4	25.3	25.3	25.5	26.1	27.5	28.1	30.4	30.5
10 กพ.	26.2	26.0	25.8	25.6	25.2	24.7	25.2	26.0	27.9	29.3	31.4	32.2
11 กพ.	26.5	26.3	26.2	25.8	25.6	25.4	25.3	25.6	27.5	28.6	31.0	31.6
12 กพ.	26.6	26.6	26.5	26.3	26.1	25.9	26.1	26.9	27.5	29.4	31.1	31.6
13 กพ.	26.6	26.2	26.1	26.0	26.3	26.0	26.0	26.7	29.4	29.5	31.1	32.5
14 กพ.	26.6	26.6	26.4	26.2	25.8	25.6	26.5	27.0	27.9	30.3	30.4	30.8
15 กพ.	26.5	26.3	26.1	25.9	25.8	25.7	25.8	26.6	28.8	30.4	31.6	32.5
16 กพ.	26.5	24.4	26.2	26.1	26.0	25.8	25.8	26.4	28.7	30.1	31.8	32.2
17 กพ.	26.5	26.4	26.3	26.2	25.8	25.4	25.9	26.5	28.5	29.8	30.0	31.2
18 กพ.	26.2	26.0	25.6	25.5	25.5	25.5	25.2	25.8	28.0	29.5	31.0	31.0
19 กพ.	26.6	26.2	26.2	25.8	25.6	25.4	25.3	26.1	28.5	30.0	31.5	32.1
20 กพ.	27.0	26.9	26.7	26.5	26.2	25.8	26.5	27.9	30.4	29.8	30.5	31.3
21 กพ.	26.8	26.7	26.4	26.2	26.1	26.1	26.2	27.2	29.6	31.2	31.8	30.0
22 กพ.	27.5	27.3	27.2	27.1	26.9	26.7	26.7	27.3	30.6	31.0	32.4	33.9
23 กพ.	27.7	27.6	27.5	27.5	27.2	26.8	27.5	28.8	30.4	31.8	32.7	32.9
24 กพ.	27.9	27.6	27.5	27.4	27.2	27.3	27.3	28.1	29.9	31.8	32.5	33.2
25 กพ.	27.8	27.7	27.6	27.4	27.2	27.1	27.0	27.8	29.8	30.9	32.5	32.9
26 กพ.	28.0	27.8	27.7	27.5	27.3	27.2	27.7	29.3	30.9	32.4	32.8	33.9
27 กพ.	28.4	28.2	28.0	27.9	27.8	27.6	27.7	28.6	29.7	31.3	33.0	33.5
28 กพ.	28.0	27.9	27.7	27.6	27.5	27.4	27.4	28.1	31.0	31.0	33.0	32.8

วันที่	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
1 กพ.	28.0	29.4	29.6	29.2	29.0	27.6	26.5	24.9	23.9	23.4	23.3	23.2
2 กพ.	28.0	28.8	29.2	29.4	28.3	27.2	26.1	25.1	24.5	24.2	23.6	23.2
3 กพ.	27.7	29.1	29.1	28.8	28.4	27.3	26.2	24.5	23.7	23.6	23.2	22.4
4 กพ.	30.1	30.4	30.6	32.0	31.3	29.0	27.5	25.6	24.3	23.5	22.8	22.4
5 กพ.	31.8	33.0	33.0	32.7	32.0	30.5	29.0	27.0	26.0	25.5	25.0	24.3
6 กพ.	31.8	32.0	30.7	30.6	30.0	28.5	27.6	27.0	26.4	26.1	26.0	25.8
7 กพ.	31.5	31.7	32.9	31.2	30.2	28.8	27.6	27.1	26.7	26.4	26.2	26.0
8 กพ.	32.4	32.1	32.0	31.8	30.6	29.2	28.3	27.6	27.2	26.9	26.4	26.2
9 กพ.	31.0	32.4	32.5	32.0	30.9	29.4	28.6	27.5	27.2	27.0	26.8	26.5
10 กพ.	34.0	34.4	34.4	34.0	33.0	31.0	28.5	27.5	27.3	26.9	26.8	26.6
11 กพ.	31.4	32.5	31.6	31.9	30.8	29.2	28.0	27.7	27.5	27.2	26.9	26.7
12 กพ.	32.3	32.0	32.1	33.0	31.0	29.5	28.1	27.6	27.4	27.2	26.8	26.6
13 กพ.	32.7	33.2	33.2	33.4	31.9	30.9	28.6	27.9	27.6	27.4	27.0	26.8
14 กพ.	32.4	32.9	33.5	33.3	31.7	30.3	28.7	27.9	27.6	27.3	26.9	26.6
15 กพ.	32.5	32.0	33.3	32.7	32.0	30.5	28.8	27.8	27.0	27.0	26.8	26.6
16 กพ.	32.9	32.8	33.2	32.9	31.6	30.2	29.1	28.1	27.6	27.3	27.0	26.8
17 กพ.	32.0	32.7	32.9	31.9	31.4	30.2	28.6	27.8	27.4	27.0	26.6	26.5
18 กพ.	33.0	33.2	33.0	33.0	32.1	30.5	28.8	28.0	27.4	27.0	26.9	26.8
19 กพ.	33.0	33.2	33.5	33.0	31.7	30.8	29.2	28.4	27.9	27.7	27.5	27.1
20 กพ.	32.4	32.8	32.6	33.1	32.4	31.3	29.6	28.3	28.1	27.7	27.3	27.1
21 กพ.	33.4	33.7	33.7	33.0	32.6	33.5	28.9	28.4	28.1	27.9	27.7	27.6
22 กพ.	32.8	33.5	33.8	33.2	32.4	31.4	30.2	29.1	28.7	28.6	28.5	27.9
23 กพ.	32.6	33.9	33.6	33.4	32.3	30.9	29.8	29.1	28.6	28.4	28.2	27.9
24 กพ.	33.4	34.0	33.5	32.9	33.0	31.4	29.6	29.2	28.8	28.6	28.2	28.0
25 กพ.	33.3	33.7	34.9	33.5	31.9	31.5	30.2	29.2	29.1	28.8	28.5	28.3
26 กพ.	34.5	34.9	34.0	33.8	32.5	31.1	29.9	29.6	29.3	28.8	28.7	28.6
27 กพ.	32.4	32.8	33.0	34.6	32.8	31.3	29.8	29.1	28.5	28.4	28.3	28.2
28 กพ.	33.4	33.9	34.0	33.8	32.2	30.6	29.9	29.4	28.8	28.5	28.2	28.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6-3 อุณหภูมิกระเปาะแห้งเดือนมีนาคม

เดือนมีนาคม												
วันที่	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
1 มี.ค.	27.9	27.7	27.5	27.4	27.3	27.0	28.0	29.1	30.9	31.5	32.3	32.6
2 มี.ค.	28.0	27.8	28.1	28.1	27.9	27.8	27.9	28.8	30.4	31.4	32.0	31.8
3 มี.ค.	27.7	27.6	27.5	27.4	27.5	27.4	27.4	28.1	29.2	30.1	32.3	32.0
4 มี.ค.	28.2	28.0	27.7	27.5	27.2	26.9	27.5	28.5	29.9	31.5	31.4	32.4
5 มี.ค.	27.8	27.5	27.3	27.2	27.2	27.3	27.3	28.3	30.0	30.3	31.4	32.5
6 มี.ค.	28.0	27.8	27.7	27.5	27.3	27.2	27.4	28.2	30.5	31.9	33.5	34.0
7 มี.ค.	28.2	28.0	27.8	27.6	27.2	26.8	27.5	29.4	30.9	32.0	33.0	33.7
8 มี.ค.	27.8	27.5	27.4	27.4	27.5	27.3	27.4	28.4	29.5	30.8	31.5	33.0
9 มี.ค.	27.1	27.1	27.2	27.2	27.0	26.9	26.8	27.8	29.3	30.2	32.4	33.5
10 มี.ค.	28.4	28.2	28.1	27.9	27.5	27.3	27.9	29.3	29.9	31.4	32.3	32.8
11 มี.ค.	28.5	28.5	28.3	28.0	28.0	27.7	27.6	28.8	30.5	32.0	33.8	34.5
12 มี.ค.	28.5	28.3	28.1	28.0	27.9	27.7	27.8	29.0	29.5	32.0	32.7	33.0
13 มี.ค.	28.6	28.5	28.4	28.3	27.9	27.6	28.2	29.4	31.0	32.0	33.2	34.5
14 มี.ค.	28.6	28.4	28.3	28.2	28.2	28.1	28.3	29.3	31.0	32.4	33.6	33.8
15 มี.ค.	28.7	28.5	28.3	28.2	28.2	28.2	28.2	29.0	30.4	31.5	32.3	33.0
16 มี.ค.	28.6	28.6	28.5	28.4	28.1	27.8	28.5	30.2	31.1	32.4	33.5	33.4
17 มี.ค.	28.5	28.3	28.0	27.9	27.8	27.9	28.0	29.0	31.0	32.5	32.9	34.0
18 มี.ค.	28.9	28.7	28.5	28.4	28.1	27.9	28.6	30.2	31.0	31.1	33.0	34.0
19 มี.ค.	29.1	29.0	28.9	28.8	28.5	26.2	26.9	27.4	28.4	29.5	30.5	32.5
20 มี.ค.	28.6	28.4	28.4	28.1	24.9	24.6	24.8	25.5	27.8	30.2	31.8	31.9
21 มี.ค.	27.0	26.8	26.4	26.0	25.8	25.6	25.8	26.8	29.6	34.0	33.1	32.7
22 มี.ค.	28.2	27.9	27.6	27.3	26.8	26.5	27.6	28.8	31.0	33.6	34.8	34.1
23 มี.ค.	28.8	28.6	28.4	28.1	27.6	27.4	27.5	29.0	31.0	33.2	34.0	34.6
24 มี.ค.	28.5	28.4	28.2	28.0	28.0	28.0	28.0	29.0	31.0	32.7	33.9	34.5
25 มี.ค.	29.4	29.3	29.2	29.1	28.7	28.4	28.9	30.4	30.9	32.0	32.8	33.3
26 มี.ค.	29.2	29.0	28.8	28.9	28.7	28.9	29.0	29.6	31.4	31.8	38.2	34.2
27 มี.ค.	29.5	29.3	29.2	29.0	28.9	28.8	29.0	30.0	32.0	32.0	33.1	34.2
28 มี.ค.	29.6	29.4	29.2	29.0	28.7	28.5	29.4	31.4	32.0	32.7	33.1	34.5
29 มี.ค.	29.8	29.6	29.5	29.3	29.2	29.0	29.4	30.3	32.8	33.4	34.6	35.0
30 มี.ค.	29.8	29.6	29.3	29.1	29.1	29.1	29.4	30.4	31.8	33.2	33.4	35.3
31 มี.ค.	29.5	29.7	29.2	29.1	28.8	28.6	29.4	30.8	22.6	33.9	34.4	35.6

วันที่	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
1 มี.ค.	32.4	32.8	33.1	33.4	32.3	31.0	29.9	29.3	28.8	28.6	28.5	28.2
2 มี.ค.	32.4	33.0	33.3	33.0	31.6	30.6	29.6	29.1	28.6	28.4	28.2	27.9
3 มี.ค.	33.4	33.0	33.0	33.0	32.2	31.2	29.9	29.6	29.3	28.7	28.4	28.3
4 มี.ค.	32.3	33.0	32.4	32.1	31.1	30.2	29.3	28.8	28.5	28.3	28.3	28.2
5 มี.ค.	32.8	33.6	33.1	33.0	32.3	31.5	29.8	29.0	28.6	28.4	28.2	28.1
6 มี.ค.	34.8	34.9	34.9	34.6	33.2	31.8	30.2	29.5	29.1	28.8	28.5	27.8
7 มี.ค.	34.5	34.8	35.2	35.3	33.8	32.6	30.4	29.2	28.5	28.3	27.9	27.9
8 มี.ค.	32.5	33.8	33.0	33.5	32.8	31.2	29.9	29.1	28.6	28.3	27.8	27.5
9 มี.ค.	33.6	34.7	34.4	34.0	32.5	31.5	30.2	29.5	29.2	28.9	28.6	28.4
10 มี.ค.	33.5	33.8	33.4	33.4	32.9	31.4	30.4	29.8	29.4	28.9	28.8	28.6
11 มี.ค.	35.5	34.8	35.4	35.0	34.0	31.7	30.2	29.6	29.2	29.1	28.9	28.7
12 มี.ค.	34.3	34.8	34.6	34.5	33.0	31.5	30.4	29.9	29.6	29.2	29.0	28.8
13 มี.ค.	34.5	34.6	33.8	34.4	32.9	31.6	30.6	29.7	29.3	29.1	28.9	28.8
14 มี.ค.	34.0	34.2	34.4	34.1	33.0	31.8	30.1	29.6	27.4	29.1	29.0	28.9
15 มี.ค.	33.5	33.6	33.4	32.8	32.2	30.8	29.9	29.2	29.1	29.1	28.8	28.6
16 มี.ค.	35.1	36.4	35.9	34.9	34.0	32.9	31.4	30.5	29.9	29.5	29.0	28.6
17 มี.ค.	34.7	34.7	35.0	35.1	34.1	32.4	31.3	30.6	30.2	29.9	29.5	29.2
18 มี.ค.	34.4	35.6	34.8	34.2	32.9	32.4	31.1	30.2	30.0	30.1	29.8	29.6
19 มี.ค.	33.6	34.3	34.5	34.0	31.9	30.5	30.0	29.5	29.5	29.1	28.9	29.0
20 มี.ค.	32.7	33.0	32.5	31.7	30.3	28.5	28.2	28.0	27.7	27.5	27.3	37.2
21 มี.ค.	33.6	33.5	34.6	34.4	33.1	32.0	31.9	30.3	29.9	29.5	29.2	29.0
22 มี.ค.	30.1	30.9	32.5	33.3	33.5	33.0	32.1	31.0	30.3	29.8	29.3	29.1
23 มี.ค.	34.9	35.0	35.0	33.4	32.0	31.0	30.0	29.6	29.2	29.1	28.9	28.7
24 มี.ค.	35.5	35.6	35.7	35.9	35.2	33.6	31.8	30.6	30.3	30.1	29.8	29.6
25 มี.ค.	33.8	34.4	34.3	33.9	34.0	32.3	30.8	30.3	29.9	29.8	29.4	29.4
26 มี.ค.	34.4	35.4	36.0	35.5	34.8	33.8	31.8	30.7	30.4	30.1	29.8	29.6
27 มี.ค.	35.8	35.7	34.5	33.0	32.5	32.2	32.2	31.2	30.9	30.5	30.3	30.1
28 มี.ค.	34.6	36.8	36.6	36.5	35.5	33.9	32.4	31.5	30.9	30.6	30.4	30.1
29 มี.ค.	35.6	35.4	36.0	35.6	34.1	32.7	31.6	30.8	30.5	30.6	30.0	29.9
30 มี.ค.	35.8	36.3	36.6	36.5	35.2	33.2	31.8	31.1	30.6	30.5	30.0	29.9
31 มี.ค.	35.8	35.9	35.7	35.4	33.8	32.0	31.0	30.5	30.2	30.0	29.9	29.8

ตารางที่ 6-4 อุณหภูมิกระเปาะแห้งเดือนเมษายน

เดือนเมษายน												
วันที่	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
1 เมย.	29.5	29.2	29.0	28.8	28.5	28.6	28.5	30.3	32.0	33.8	34.4	35.0
2 เมย.	29.6	29.4	29.3	29.1	28.7	28.5	29.4	30.0	32.4	33.2	34.7	34.8
3 เมย.	29.4	29.3	29.0	28.9	28.6	28.6	28.9	30.9	31.3	32.8	33.5	35.4
4 เมย.	28.8	28.7	28.6	28.5	28.1	27.7	28.3	30.6	32.5	33.4	34.3	35.3
5 เมย.	26.8	26.3	26.0	25.9	25.8	25.9	26.0	28.6	30.5	33.0	33.2	34.8
6 เมย.	29.6	29.4	29.2	29.0	28.6	28.1	29.1	29.6	30.1	32.8	34.9	30.8
7 เมย.	29.4	29.2	29.1	29.0	28.9	28.7	28.6	26.2	27.3	30.3	33.4	34.4
8 เมย.	28.5	28.0	27.5	26.9	26.7	26.2	27.2	27.9	31.2	32.3	32.9	34.1
9 เมย.	27.1	26.9	26.6	26.3	25.9	25.9	26.0	28.0	30.1	32.4	33.2	34.0
10 เมย.	29.1	28.9	28.8	28.6	28.2	27.6	28.0	29.2	30.7	33.5	34.1	35.4
11 เมย.	29.4	29.2	29.0	29.0	28.8	28.8	29.0	30.2	31.3	33.2	33.0	34.5
12 เมย.	26.4	26.3	26.2	26.0	25.8	25.6	25.5	26.6	28.5	29.5	31.0	31.8
13 เมย.	27.4	27.0	26.5	26.0	25.8	25.6	26.0	27.3	28.9	30.8	33.5	33.6
14 เมย.	28.4	27.8	27.6	27.2	27.0	26.8	26.9	28.0	30.1	31.2	31.8	33.7
15 เมย.	29.5	29.0	28.5	28.0	27.6	27.3	27.5	29.9	30.6	32.5	33.5	35.3
16 เมย.	28.9	28.7	28.5	28.3	27.6	27.3	27.3	29.3	30.6	32.1	33.9	34.8
17 เมย.	30.0	29.4	29.7	29.5	29.1	28.8	30.0	30.5	33.5	33.6	35.5	35.5
18 เมย.	30.1	29.9	29.8	29.6	29.5	29.5	29.5	31.2	33.5	34.0	36.0	37.3
19 เมย.	30.6	30.4	30.2	30.0	29.5	29.1	29.5	30.5	27.5	28.0	30.4	33.1
20 เมย.	30.3	30.2	30.2	30.1	29.8	29.9	28.0	29.0	31.7	33.0	33.4	34.8
21 เมย.	30.4	30.3	30.2	30.1	30.0	29.5	29.8	30.5	32.0	32.8	34.4	35.8
22 เมย.	30.6	30.4	30.3	30.1	29.7	29.4	30.6	31.9	32.5	34.8	35.6	37.0
23 เมย.	30.8	30.5	30.5	30.4	30.4	30.3	30.5	32.8	34.0	35.0	34.6	35.5
24 เมย.	30.2	30.2	30.1	30.1	30.0	30.0	30.2	32.3	33.0	34.5	35.7	35.5
25 เมย.	30.6	30.6	30.5	30.4	30.1	29.9	30.6	31.5	33.5	34.4	35.5	34.3
26 เมย.	27.4	27.4	27.0	27.1	27.0	27.0	27.2	28.8	30.5	32.5	34.5	34.0
27 เมย.	26.5	26.4	26.3	26.2	26.1	26.1	26.5	27.5	29.2	31.7	33.6	34.5
28 เมย.	25.6	25.8	26.0	26.5	26.4	26.2	26.5	26.8	27.8	28.5	28.9	29.5
29 เมย.	28.5	26.1	25.7	25.9	25.6	25.5	26.0	27.3	30.5	31.5	31.7	33.4
30 เมย.	28.2	27.5	26.5	26.0	26.4	26.4	25.7	25.3	25.5	26.4	28.0	29.2

วันที่	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
1 เมย.	35.5	35.8	36.5	36.6	36.0	33.1	31.5	30.7	30.4	30.2	30.1	29.8
2 เมย.	35.5	35.3	35.4	35.6	34.8	33.4	31.9	30.9	30.4	29.9	29.6	29.5
3 เมย.	35.6	36.8	37.3	36.2	35.1	32.5	31.0	30.8	29.6	29.5	29.3	29.1
4 เมย.	35.9	35.4	35.7	34.4	33.4	32.0	31.0	30.4	29.1	27.7	27.5	27.3
5 เมย.	35.0	36.0	36.7	36.1	35.2	32.1	31.6	31.1	30.8	30.4	30.3	30.1
6 เมย.	29.5	29.9	32.8	34.0	31.6	30.6	30.3	30.1	29.9	29.6	29.5	29.4
7 เมย.	34.7	30.6	31.9	30.8	30.6	29.4	29.2	29.3	29.4	29.2	29.0	29.0
8 เมย.	35.0	34.8	32.8	34.2	32.8	31.1	29.5	27.7	27.5	27.5	27.5	27.4
9 เมย.	28.8	28.5	29.9	33.0	33.0	31.6	30.3	29.9	29.6	29.5	29.3	29.1
10 เมย.	33.0	33.3	35.1	35.3	34.0	32.2	31.4	30.5	30.2	30.0	29.9	29.5
11 เมย.	35.5	34.7	34.6	34.6	27.4	26.4	26.2	26.3	26.5	26.7	26.6	26.5
12 เมย.	32.0	29.6	31.6	30.0	29.4	28.8	28.6	28.5	28.3	28.2	28.0	27.7
13 เมย.	34.6	35.0	34.3	32.0	30.3	29.3	29.1	29.0	28.9	29.0	29.0	28.7
14 เมย.	34.8	34.5	34.5	34.5	33.0	31.1	30.6	30.2	30.0	30.0	29.9	29.7
15 เมย.	35.0	34.4	34.4	34.3	34.4	31.6	31.0	30.5	30.3	30.0	30.0	29.3
16 เมย.	35.8	34.6	35.5	34.9	34.5	33.2	31.5	30.8	30.9	30.7	30.6	30.5
17 เมย.	36.0	36.1	36.6	36.9	36.0	34.0	32.6	31.6	31.2	31.0	30.8	30.4
18 เมย.	36.2	37.0	37.2	37.0	36.5	35.4	33.6	32.2	31.8	31.3	31.0	30.8
19 เมย.	34.8	36.1	37.0	38.0	35.3	34.1	32.6	31.9	31.5	31.1	30.8	30.6
20 เมย.	35.5	36.4	36.5	36.0	34.7	32.5	31.6	31.1	31.0	30.8	30.7	30.5
21 เมย.	35.5	35.8	36.3	36.0	35.4	33.8	32.2	31.6	31.2	31.1	31.0	30.6
22 เมย.	36.7	37.2	36.7	37.0	36.0	34.0	32.8	32.1	31.6	31.2	30.9	30.6
23 เมย.	36.4	36.5	35.6	35.7	35.0	33.4	32.3	31.5	31.1	31.0	30.7	30.5
24 เมย.	36.2	36.0	35.3	35.8	35.8	33.4	32.2	31.6	31.4	31.2	31.0	30.8
25 เมย.	35.6	35.5	37.0	36.4	35.1	34.4	30.8	29.0	28.6	27.6	28.0	27.5
26 เมย.	33.5	34.5	35.5	36.0	35.0	26.6	25.6	25.8	26.3	26.5	26.5	26.5
27 เมย.	35.1	35.9	35.8	36.4	35.4	33.2	32.5	31.6	31.4	26.0	24.9	25.3
28 เมย.	30.2	30.5	30.6	31.1	31.0	30.0	29.3	28.7	28.5	28.4	28.4	26.8
29 เมย.	34.7	33.0	28.2	27.5	27.8	28.2	28.1	28.1	28.1	28.1	28.1	28.2
30 เมย.	29.9	31.2	31.8	31.6	30.4	29.3	28.9	27.8	26.1	25.6	25.5	25.6

ตารางที่ 6-5 อุณหภูมิกระเปาะแห้งเดือนพฤษภาคม

เดือนพฤษภาคม												
วันที่	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
1 พค.	25.3	25.4	25.4	25.5	25.4	25.2	25.6	25.9	26.0	26.2	26.5	27.4
2 พค.	26.4	26.1	26.0	26.0	26.1	26.0	26.1	26.3	26.8	28.3	30.0	30.4
3 พค.	27.3	26.8	26.0	25.6	25.8	25.8	26.0	28.8	26.0	26.6	29.4	30.5
4 พค.	28.1	27.0	25.6	25.2	25.0	25.2	27.9	29.5	28.5	29.5	28.8	29.5
5 พค.	28.0	27.6	27.4	27.2	26.9	26.7	26.7	29.5	30.4	31.1	31.8	31.6
6 พค.	27.5	27.3	27.3	27.3	27.2	27.0	27.0	28.1	29.4	30.0	30.5	31.9
7 พค.	27.5	27.3	27.2	27.0	26.8	26.6	27.5	29.5	31.4	31.2	32.0	32.4
8 พค.	25.8	25.5	25.5	25.3	25.2	25.2	25.6	28.1	29.5	31.0	31.5	32.8
9 พค.	28.6	28.3	27.5	27.3	27.2	26.8	27.3	29.9	31.3	32.0	29.2	28.7
10 พค.	26.6	26.6	26.5	26.6	26.6	26.6	26.8	27.3	29.6	30.9	28.3	26.6
11 พค.	27.0	26.9	26.8	26.7	26.5	26.2	26.6	26.9	27.8	28.6	30.0	31.5
12 พค.	28.0	27.5	27.1	26.9	26.9	27.0	27.2	27.1	27.0	27.7	29.0	31.7
13 พค.	28.4	28.2	28.0	27.0	26.0	26.2	26.6	28.6	31.2	32.8	31.9	31.6
14 พค.	27.7	27.1	27.0	27.1	27.0	26.8	27.0	27.7	29.0	29.7	31.7	31.9
15 พค.	27.3	27.1	27.6	26.8	26.4	26.1	27.1	28.2	29.3	30.2	31.1	30.5
16 พค.	25.9	25.5	25.6	25.6	25.5	25.3	25.5	27.0	29.4	30.9	30.2	31.6
17 พค.	28.8	28.4	28.1	27.8	27.5	27.2	28.1	25.8	28.9	30.0	31.0	32.3
18 พค.	27.2	27.9	27.0	27.0	26.9	26.7	26.9	28.7	29.7	31.7	31.7	32.6
19 พค.	28.9	28.6	28.0	27.8	27.4	27.1	27.1	28.6	29.8	31.0	32.8	34.1
20 พค.	29.1	29.0	28.9	28.7	28.2	27.3	27.7	29.6	31.2	32.5	32.9	34.1
21 พค.	30.0	29.8	29.7	29.5	28.9	28.1	28.1	29.7	31.5	32.5	33.4	34.1
22 พค.	29.9	29.6	29.1	28.8	28.7	28.7	28.8	29.6	31.3	31.5	32.6	33.9
23 พค.	29.9	29.2	28.4	27.2	27.0	26.6	29.2	30.1	30.8	32.6	33.5	33.7
24 พค.	29.5	29.3	29.1	29.0	29.1	28.4	28.5	30.7	31.5	32.6	33.0	33.6
25 พค.	29.1	28.6	28.5	28.5	28.4	28.5	28.7	30.0	31.7	32.1	33.8	34.3
26 พค.	30.6	30.3	29.8	29.2	28.7	28.4	29.5	30.6	32.2	33.0	33.3	34.5
27 พค.	29.5	29.5	29.3	29.2	29.2	29.0	29.0	30.5	31.5	32.7	34.1	35.0
28 พค.	28.4	28.5	28.3	28.1	27.8	27.6	28.3	29.5	30.6	32.0	33.0	34.3
29 พค.	28.9	28.9	28.6	28.5	27.6	27.0	28.5	30.4	31.5	32.8	32.9	33.2
30 พค.	28.1	27.3	27.2	27.0	27.0	27.3	27.6	29.5	31.5	33.5	34.0	34.2
31 พค.	29.6	27.2	26.8	26.8	26.7	26.8	27.0	27.8	29.7	31.5	32.5	32.8

วันที่	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
1 พค.	27.7	28.2	28.3	28.0	27.6	27.2	26.7	26.5	26.5	26.6	26.6	26.5
2 พค.	30.3	30.4	30.0	29.5	29.4	28.7	28.3	28.0	27.7	27.6	27.5	27.4
3 พค.	31.9	31.8	31.2	30.7	30.9	29.8	29.1	28.9	28.7	28.5	28.5	28.3
4 พค.	30.1	30.5	31.4	31.0	30.8	29.6	29.0	28.8	28.6	28.4	28.3	28.1
5 พค.	32.1	32.1	32.5	32.4	30.6	30.0	27.1	27.0	27.2	27.2	27.3	27.5
6 พค.	32.0	32.0	31.6	31.6	31.2	30.4	30.2	28.6	28.4	28.0	27.8	27.6
7 พค.	33.4	31.3	31.5	28.8	28.8	29.0	28.8	28.5	27.4	26.8	26.2	26.0
8 พค.	32.2	30.5	32.2	33.2	33.0	31.9	30.6	30.1	29.2	29.0	28.8	28.6
9 พค.	26.5	26.7	28.4	31.3	31.6	31.0	30.2	29.7	29.3	26.6	26.5	26.5
10 พค.	26.4	26.9	27.2	28.0	28.6	28.2	27.9	27.7	27.6	27.6	27.2	27.0
11 พค.	32.4	33.0	34.0	33.4	32.0	30.8	30.2	29.8	29.6	29.5	29.5	28.3
12 พค.	32.6	33.5	32.4	32.0	31.5	30.2	29.9	29.0	29.5	29.4	28.8	28.4
13 พค.	31.1	30.9	32.4	31.0	29.8	29.5	29.1	28.8	28.6	28.5	28.1	27.9
14 พค.	31.3	31.3	32.0	33.2	31.5	28.2	26.8	27.0	27.2	27.4	27.2	27.4
15 พค.	28.0	27.5	28.1	28.0	28.0	28.6	28.6	26.8	26.5	26.4	26.2	26.0
16 พค.	32.5	33.6	34.4	33.5	31.9	30.7	30.1	29.8	29.6	29.5	29.4	29.4
17 พค.	32.9	31.0	31.0	30.9	30.5	30.0	29.5	29.4	28.5	28.1	28.0	27.5
18 พค.	32.3	32.2	33.0	30.7	30.8	30.4	30.0	29.6	29.3	29.4	29.0	29.0
19 พค.	33.6	33.1	33.9	34.6	33.5	31.8	31.2	30.6	30.4	30.3	30.1	29.5
20 พค.	34.6	35.0	34.5	34.4	34.0	32.4	31.5	31.1	30.6	30.5	30.2	30.1
21 พค.	35.0	34.8	34.9	34.6	33.7	32.3	31.3	30.5	30.1	30.2	30.1	30.0
22 พค.	33.6	34.0	33.9	32.9	32.3	31.9	31.2	30.6	30.4	30.3	30.1	29.8
23 พค.	34.8	33.7	33.6	33.8	33.6	32.6	30.0	31.5	31.0	30.7	30.0	29.4
24 พค.	33.5	34.6	35.0	35.0	34.5	33.7	32.5	30.6	30.8	30.3	30.0	29.6
25 พค.	35.0	34.0	34.1	34.9	34.4	33.5	32.6	32.0	31.9	31.3	31.1	30.9
26 พค.	34.9	35.5	35.8	35.6	35.8	33.7	30.9	29.6	29.6	29.5	29.5	29.5
27 พค.	35.5	35.4	35.8	35.8	29.5	26.0	25.6	27.0	27.5	27.8	28.2	28.5
28 พค.	34.1	34.9	34.0	34.3	33.1	27.2	27.5	27.9	28.2	28.3	28.6	28.6
29 พค.	33.1	33.6	33.3	32.3	31.7	31.3	31.0	30.5	30.3	30.3	30.3	30.0
30 พค.	34.0	34.7	35.2	33.4	32.0	31.5	31.0	30.6	30.6	30.6	30.3	30.1
31 พค.	34.0	34.1	34.0	32.6	31.0	31.0	28.6	28.4	28.6	28.7	28.7	28.8

ตารางที่ 6-6 อุณหภูมิกระเปาะแห้งเดือนมิถุนายน

เดือนมิถุนายน												
วันที่	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
1 มิ.ย.	28.9	28.8	28.7	28.5	28.2	27.9	28.6	30.9	31.7	32.5	33.0	33.4
2 มิ.ย.	27.5	27.3	27.2	27.0	27.4	27.8	28.0	29.7	31.7	32.5	33.1	33.6
3 มิ.ย.	27.8	26.3	25.2	25.2	25.1	25.5	25.6	26.8	28.7	31.3	32.3	32.6
4 มิ.ย.	27.4	27.1	28.8	26.6	26.3	26.1	27.4	28.5	29.5	31.2	32.1	33.7
5 มิ.ย.	28.3	28.0	27.6	27.9	27.9	27.9	27.9	29.2	30.9	32.5	32.8	33.5
6 มิ.ย.	25.6	24.6	24.5	24.7	25.0	25.0	25.8	28.3	30.4	31.4	32.5	33.8
7 มิ.ย.	28.7	28.0	27.5	27.2	27.2	27.1	28.0	30.7	31.4	32.6	33.2	33.5
8 มิ.ย.	29.1	29.0	28.9	28.8	28.7	28.5	28.4	30.0	30.5	30.7	32.2	32.4
9 มิ.ย.	30.0	30.0	30.0	28.5	28.3	28.7	29.2	30.3	31.5	32.4	33.8	34.7
10 มิ.ย.	30.6	30.3	30.0	29.5	29.1	28.6	29.6	31.5	32.2	33.8	34.5	34.5
11 มิ.ย.	30.4	30.5	28.2	28.3	28.2	28.0	28.0	29.2	31.5	33.5	34.4	34.5
12 มิ.ย.	29.6	27.4	27.1	27.0	27.0	27.1	27.7	29.5	31.5	32.7	34.3	35.1
13 มิ.ย.	30.2	29.9	29.7	29.5	29.0	28.5	28.9	31.5	31.6	33.4	33.4	34.2
14 มิ.ย.	27.7	26.5	26.3	26.5	26.8	27.5	27.7	30.0	31.6	32.9	34.0	34.5
15 มิ.ย.	30.9	30.7	25.5	25.7	26.5	26.7	27.5	29.4	30.7	32.3	33.4	34.5
16 มิ.ย.	31.2	30.4	27.8	27.4	27.0	26.7	28.0	29.9	31.1	32.3	33.0	34.0
17 มิ.ย.	27.7	27.6	27.6	27.5	27.7	27.8	28.0	30.5	0.0	31.7	32.6	34.1
18 มิ.ย.	28.0	27.8	27.7	27.6	27.5	27.5	27.9	28.9	31.3	32.8	33.1	34.2
19 มิ.ย.	29.4	29.2	29.0	28.7	28.3	27.9	28.8	31.2	32.4	33.4	33.4	33.5
20 มิ.ย.	29.7	28.5	27.2	26.9	26.9	27.0	27.1	30.1	31.6	30.0	31.6	32.7
21 มิ.ย.	28.8	28.6	28.3	28.2	27.1	26.5	26.5	27.3	28.8	30.5	31.6	32.4
22 มิ.ย.	29.4	29.0	28.7	28.3	27.8	27.5	28.1	30.2	31.7	33.6	33.3	33.2
23 มิ.ย.	28.5	28.3	28.4	29.5	27.5	27.0	27.2	29.6	31.7	32.8	33.1	34.4
24 มิ.ย.	26.3	26.5	26.3	26.3	26.0	26.1	26.3	27.2	28.5	29.9	31.9	33.3
25 มิ.ย.	28.2	28.1	27.9	27.8	27.5	27.2	27.9	29.0	28.9	30.8	31.7	32.8
26 มิ.ย.	27.0	26.9	26.9	26.8	26.7	26.7	26.7	28.2	29.2	30.4	32.3	32.2
27 มิ.ย.	29.0	28.8	28.5	28.6	28.7	28.4	27.7	28.0	29.9	30.8	30.8	31.5
28 มิ.ย.	28.3	28.4	28.5	28.3	28.0	27.9	28.0	29.2	30.2	30.6	31.8	32.4
29 มิ.ย.	27.2	27.1	27.1	27.0	26.7	26.5	26.8	28.0	29.2	29.7	31.3	30.5
30 มิ.ย.	28.5	28.3	28.0	27.9	27.7	26.6	24.9	25.5	26.6	28.1	29.5	31.5

วันที่	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
1 มิ.ย.	33.4	33.7	33.6	32.6	30.8	29.8	29.5	29.5	29.5	29.6	27.6	27.7
2 มิ.ย.	34.4	35.0	33.9	32.4	31.4	31.5	31.4	31.1	30.7	30.5	30.0	29.7
3 มิ.ย.	32.0	28.2	27.7	28.2	29.6	30.3	30.1	28.4	27.4	27.3	27.5	21.6
4 มิ.ย.	34.5	34.2	33.6	33.4	32.1	31.3	30.6	30.4	30.2	30.1	28.3	28.3
5 มิ.ย.	33.4	32.4	30.8	31.6	31.3	30.7	30.4	30.0	30.0	30.0	29.9	28.6
6 มิ.ย.	34.2	34.4	34.5	34.4	33.2	31.6	31.1	30.6	30.4	30.2	30.1	30.1
7 มิ.ย.	34.0	34.4	34.9	34.9	34.1	32.5	30.4	30.0	29.3	29.1	28.7	29.0
8 มิ.ย.	33.3	34.3	34.7	34.6	34.4	33.2	31.9	30.9	30.5	30.5	30.2	30.0
9 มิ.ย.	35.5	36.1	35.8	35.9	35.8	33.8	32.6	31.9	31.4	31.4	31.1	30.9
10 มิ.ย.	35.3	35.9	36.4	36.0	35.0	33.3	32.1	31.2	31.0	30.7	30.5	30.5
11 มิ.ย.	35.7	35.8	35.8	35.7	35.2	34.0	32.9	31.8	32.5	31.3	31.1	30.8
12 มิ.ย.	35.2	33.5	33.9	34.0	33.7	32.3	31.3	31.0	30.8	30.7	30.6	30.4
13 มิ.ย.	34.9	33.5	35.2	35.1	33.4	32.5	31.9	31.1	30.7	31.0	31.0	30.2
14 มิ.ย.	34.9	34.5	35.5	35.8	34.0	33.3	32.5	31.7	31.5	31.1	31.1	30.7
15 มิ.ย.	34.6	34.8	36.0	35.6	35.4	34.5	33.9	32.9	31.3	31.4	31.4	31.1
16 มิ.ย.	35.0	35.5	36.0	36.3	35.8	35.3	33.3	30.0	29.0	28.4	28.1	27.8
17 มิ.ย.	34.0	34.2	33.0	31.1	31.1	30.1	29.7	29.3	29.2	29.0	28.6	28.1
18 มิ.ย.	33.7	32.1	28.0	28.9	30.3	31.0	30.6	30.1	29.9	29.9	29.8	29.5
19 มิ.ย.	33.3	31.2	31.6	33.1	32.9	32.0	31.0	30.5	29.8	29.7	29.8	29.8
20 มิ.ย.	33.5	32.5	30.7	30.6	31.5	31.0	30.5	30.0	29.8	29.6	29.6	29.4
21 มิ.ย.	32.9	32.6	32.8	33.0	33.0	32.3	31.4	30.7	30.6	30.2	29.9	29.6
22 มิ.ย.	32.7	33.7	33.5	33.8	33.4	31.0	30.4	29.5	29.1	29.0	28.9	28.6
23 มิ.ย.	35.0	32.0	32.0	31.5	26.5	26.0	26.2	26.5	26.3	26.2	26.3	26.5
24 มิ.ย.	34.1	34.8	35.0	35.4	35.0	32.2	31.3	30.6	30.2	29.6	28.0	28.2
25 มิ.ย.	32.7	31.6	32.0	31.5	31.0	30.6	30.2	29.9	29.8	29.9	27.7	27.0
26 มิ.ย.	32.0	32.4	32.8	31.8	31.4	31.1	30.0	29.6	29.7	29.7	29.5	29.3
27 มิ.ย.	32.0	31.7	32.0	31.3	28.5	28.0	28.0	28.1	28.1	28.0	28.0	28.1
28 มิ.ย.	32.8	33.2	26.0	26.2	26.7	27.2	27.2	27.1	27.3	27.5	27.4	27.3
29 มิ.ย.	31.0	32.7	33.4	33.0	31.9	30.8	28.7	28.1	28.3	28.3	28.5	28.6
30 มิ.ย.	31.8	32.2	32.2	31.2	30.4	29.8	29.4	26.0	25.8	26.0	25.9	25.9



ตารางที่ 6-7 อุณหภูมิกระเปาะแห้งเดือนกรกฎาคม

เดือนกรกฎาคม												
วันที่	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
1 กค.	25.8	25.8	25.7	25.7	25.3	25.0	26.9	27.7	29.9	30.3	31.0	31.6
2 กค.	27.2	27.0	26.7	26.5	26.2	26.1	26.3	27.5	29.5	30.7	31.5	32.5
3 กค.	27.2	26.9	26.5	26.1	26.0	25.5	25.7	27.5	29.3	29.8	31.9	31.8
4 กค.	38.2	27.7	27.3	26.9	26.5	25.9	27.0	28.5	31.0	31.8	32.2	32.5
5 กค.	28.4	28.3	28.1	28.0	28.2	28.3	28.5	30.3	30.4	30.7	31.5	31.3
6 กค.	26.5	26.9	27.0	26.1	25.8	25.9	26.0	26.5	26.5	26.0	26.5	27.2
7 กค.	26.2	26.3	26.4	26.5	26.0	25.5	26.0	27.5	28.7	30.2	31.0	31.0
8 กค.	25.9	25.9	25.7	25.6	25.6	25.5	25.7	27.0	28.3	30.4	32.0	32.4
9 กค.	26.6	26.8	26.7	26.7	26.5	26.2	27.5	27.8	29.6	31.0	31.7	32.4
10 กค.	27.9	27.6	27.1	26.7	26.6	26.3	26.5	28.5	29.7	30.9	31.2	31.5
11 กค.	27.2	26.9	26.5	26.3	26.3	26.1	26.0	28.2	29.5	31.0	31.3	31.8
12 กค.	28.1	27.9	27.8	27.5	27.1	27.1	27.7	29.0	30.3	30.5	31.2	32.1
13 กค.	28.4	28.1	27.9	27.8	27.4	27.6	27.6	29.9	30.0	31.4	31.3	31.7
14 กค.	28.7	28.5	28.4	28.2	28.5	28.7	28.7	29.4	29.2	30.4	31.1	32.0
15 กค.	28.5	28.1	28.0	27.8	27.8	27.8	28.3	29.7	30.3	31.3	32.5	32.7
16 กค.	27.6	27.7	27.7	27.6	27.3	27.0	27.6	30.4	30.9	31.8	32.4	32.5
17 กค.	26.6	26.6	26.6	26.5	26.8	26.6	26.9	27.6	28.8	30.0	30.7	31.0
18 กค.	24.9	25.0	25.2	25.4	25.8	26.0	26.2	28.7	29.0	29.5	30.8	31.1
19 กค.	28.1	27.9	27.7	27.5	27.1	26.5	27.1	28.8	31.5	32.0	33.0	32.8
20 กค.	27.0	26.9	26.7	26.7	26.7	26.5	26.9	28.8	30.6	32.0	32.6	33.4
21 กค.	25.7	25.5	25.6	25.5	25.5	25.3	25.5	26.3	27.3	29.0	30.4	32.2
22 กค.	27.6	27.2	26.8	26.5	26.2	25.9	26.5	29.0	30.2	32.2	33.5	34.3
23 กค.	28.7	28.5	28.3	28.0	28.0	28.0	28.1	29.0	30.6	32.0	34.0	33.0
24 กค.	28.6	25.5	24.9	24.8	25.1	25.3	25.5	26.3	27.1	28.0	29.5	30.2
25 กค.	28.4	28.2	28.0	27.8	27.5	27.3	27.9	29.4	30.4	31.8	32.7	32.6
26 กค.	25.7	25.6	25.4	25.3	25.2	25.2	25.5	27.1	28.9	30.0	30.5	31.5
27 กค.	28.0	27.8	27.7	27.5	27.5	27.4	27.4	28.6	29.3	29.8	32.4	31.4
28 กค.	29.2	29.0	28.8	28.5	28.0	27.7	28.7	29.5	31.2	31.3	32.2	33.0
29 กค.	28.9	28.6	28.4	28.3	28.3	28.3	28.3	29.5	29.5	30.8	31.5	32.9
30 กค.	28.7	28.5	28.2	28.1	28.0	27.6	27.5	27.3	27.6	29.0	30.4	32.5
31 กค.	27.9	27.6	27.3	27.1	26.9	26.9	27.0	29.6	30.5	32.0	32.4	33.2

วันที่	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
1 กค.	32.8	32.3	32.1	32.0	32.0	30.0	28.5	28.5	27.7	27.5	27.3	27.2
2 กค.	32.6	31.8	31.7	30.9	37.8	27.0	26.9	26.9	27.1	27.5	27.5	27.3
3 กค.	32.2	31.8	32.0	31.6	31.0	30.4	29.6	29.6	29.3	28.0	28.7	28.6
4 กค.	28.0	27.8	28.6	29.0	29.2	29.4	29.2	28.9	28.8	29.0	28.7	28.5
5 กค.	31.4	28.7	28.2	27.0	27.2	27.5	27.0	26.8	26.9	26.9	26.6	26.5
6 กค.	26.6	26.5	26.3	26.6	26.5	26.2	25.6	25.6	25.7	25.9	26.1	26.4
7 กค.	31.6	32.1	31.5	31.5	29.5	25.5	25.5	25.5	25.6	25.7	25.9	25.8
8 กค.	32.6	33.0	32.8	33.2	30.6	30.6	29.9	26.6	26.3	26.3	26.4	26.5
9 กค.	32.4	32.7	33.5	32.5	32.0	30.4	29.9	28.5	28.5	29.1	28.6	28.2
10 กค.	31.7	32.2	32.8	32.0	31.1	29.4	26.1	26.0	26.0	26.4	26.8	27.0
11 กค.	30.1	28.0	30.0	31.0	31.9	31.5	31.1	30.4	29.7	29.3	28.8	28.5
12 กค.	31.0	30.4	31.6	32.7	32.8	31.4	30.6	29.8	29.5	29.2	29.0	28.8
13 กค.	31.6	32.5	32.7	33.0	31.8	30.7	30.3	30.0	29.9	29.5	29.2	29.0
14 กค.	32.5	33.1	32.0	31.5	32.0	31.0	30.5	30.0	29.4	29.0	28.8	28.6
15 กค.	32.2	31.7	33.2	32.8	29.7	29.2	28.0	27.6	27.6	27.8	27.9	27.8
16 กค.	32.2	32.0	31.5	31.0	30.4	26.0	25.8	25.6	26.0	26.5	26.6	26.6
17 กค.	31.0	30.5	30.3	30.5	30.1	29.1	24.9	24.5	24.6	24.7	24.8	24.8
18 กค.	28.5	29.2	29.7	29.8	30.9	30.3	29.5	28.9	28.7	28.6	28.4	28.0
19 กค.	33.5	33.4	33.5	33.5	32.9	31.6	30.7	29.1	27.5	27.3	27.0	27.0
20 กค.	34.5	33.5	31.3	31.0	30.9	31.0	30.5	26.1	25.8	25.5	25.6	25.7
21 กค.	32.0	32.8	33.1	32.9	32.7	31.9	31.0	30.1	29.8	28.2	28.1	27.8
22 กค.	33.4	34.3	32.5	30.8	31.5	31.5	31.0	30.5	29.8	29.5	29.3	29.0
23 กค.	28.5	27.5	29.3	29.6	29.9	29.3	29.1	28.9	28.6	28.6	28.6	28.6
24 กค.	30.8	32.0	32.2	32.4	31.4	30.9	30.3	29.8	29.5	29.2	28.9	28.5
25 กค.	26.0	24.1	24.7	25.3	25.9	26.5	26.6	26.6	26.1	26.0	25.8	25.8
26 กค.	33.1	34.3	30.8	27.1	28.7	29.1	29.0	28.5	28.5	28.1	28.0	28.0
27 กค.	31.8	33.3	33.8	33.9	32.8	31.8	30.8	30.1	29.9	29.7	29.5	29.2
28 กค.	33.7	32.0	33.0	32.6	31.0	30.2	29.7	29.3	29.2	29.1	29.0	27.0
29 กค.	33.3	32.8	32.2	31.3	32.1	30.9	30.2	29.6	29.5	29.3	29.0	28.8
30 กค.	33.0	33.5	32.9	32.5	32.0	30.9	30.1	29.5	29.5	29.2	28.4	28.0
31 กค.	33.0	32.0	32.2	31.8	31.5	26.3	26.0	26.5	26.9	27.0	26.9	26.5

ตารางที่ 6-8 อุณหภูมิกระเปาะแห้งเดือนสิงหาคม

เดือนสิงหาคม												
วันที่	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
1 สค.	26.5	26.5	26.5	26.5	26.4	26.3	26.3	27.5	29.9	31.0	32.0	32.1
2 สค.	27.3	26.9	26.6	26.5	26.0	25.8	25.9	27.4	28.5	28.9	31.0	32.0
3 สค.	28.7	28.4	28.2	27.8	27.4	26.9	27.7	28.2	29.6	31.2	31.8	32.4
4 สค.	29.0	28.1	27.8	27.5	27.5	27.5	27.5	28.6	29.8	30.5	32.2	32.4
5 สค.	28.9	28.7	28.5	28.2	27.8	27.4	27.6	29.9	30.5	31.6	32.5	33.0
6 สค.	27.3	27.0	27.0	26.9	26.9	27.1	27.0	27.5	28.0	28.8	30.3	31.0
7 สค.	28.3	27.7	27.0	26.5	26.5	26.5	26.5	27.5	28.5	29.1	29.5	30.0
8 สค.	25.8	26.0	26.0	25.9	25.7	25.8	26.0	25.5	26.5	27.0	27.2	27.5
9 สค.	26.2	26.3	26.4	26.4	26.0	25.7	27.5	28.8	29.0	29.5	31.0	30.4
10 สค.	27.5	27.8	27.8	27.6	27.4	27.3	27.2	27.0	27.5	28.0	30.0	31.0
11 สค.	28.1	28.2	28.2	28.0	27.8	27.7	27.8	29.1	29.6	30.3	31.0	31.5
12 สค.	26.5	26.6	26.6	26.5	26.2	25.9	26.9	29.8	30.6	31.9	32.1	32.3
13 สค.	28.7	28.5	28.3	28.1	27.8	27.9	28.0	29.3	30.3	31.5	32.0	32.6
14 สค.	27.9	27.6	27.5	27.5	26.9	26.6	26.6	28.5	30.7	32.1	33.5	34.4
15 สค.	28.8	28.6	28.3	28.0	27.6	27.3	27.8	29.2	29.9	31.4	32.6	33.3
16 สค.	29.7	29.3	28.9	28.6	28.3	28.0	28.1	29.0	29.7	31.5	33.2	33.0
17 สค.	28.6	28.5	28.5	28.4	28.1	27.8	27.5	27.7	28.3	29.4	30.5	32.0
18 สค.	29.2	29.0	28.8	28.5	27.9	27.4	27.3	27.5	30.6	32.2	33.0	33.3
19 สค.	26.5	26.4	26.4	26.2	26.1	25.9	25.8	28.0	29.5	31.0	32.8	33.3
20 สค.	28.5	28.2	28.0	27.7	27.5	27.1	27.1	28.6	30.4	31.5	33.5	33.4
21 สค.	26.8	26.9	26.8	27.0	26.5	26.0	27.1	28.5	29.2	31.2	32.0	33.0
22 สค.	26.3	26.4	26.4	26.6	26.4	26.2	26.3	27.8	29.5	30.6	31.5	32.3
23 สค.	28.5	28.4	28.3	27.8	27.5	27.0	26.8	27.3	28.7	29.9	30.8	31.4
24 สค.	26.7	26.5	26.4	26.3	25.9	25.7	26.3	28.0	29.6	30.4	31.3	32.5
25 สค.	28.6	28.6	28.4	28.3	28.0	27.6	27.3	28.1	29.5	30.5	32.2	33.2
26 สค.	26.6	26.4	26.4	26.4	26.3	26.2	26.1	26.9	28.1	30.3	32.2	33.4
27 สค.	25.8	25.7	25.9	25.9	25.6	25.3	26.2	28.4	29.1	31.2	32.3	32.7
28 สค.	26.5	26.4	26.3	26.3	26.1	26.0	25.8	26.3	26.8	27.2	28.0	29.6
29 สค.	28.0	27.6	26.9	26.4	26.3	26.1	26.2	27.5	29.0	29.7	30.4	30.6
30 สค.	26.3	26.2	26.1	26.2	25.8	26.6	26.2	27.5	28.4	30.5	31.7	31.9
31 สค.	25.4	25.6	25.8	26.0	25.8	25.6	26.0	27.0	28.4	29.5	31.1	31.8

วันที่	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
1 สค.	32.3	32.4	32.0	31.4	30.1	28.1	27.6	27.3	27.8	28.0	27.8	27.4
2 สค.	31.9	31.5	31.4	31.7	30.6	30.2	29.9	29.4	29.2	29.1	28.9	28.8
3 สค.	32.7	33.7	33.1	32.9	32.2	31.5	30.9	30.2	30.0	30.0	29.6	29.3
4 สค.	32.9	32.9	33.0	32.8	32.5	31.8	31.4	31.0	30.6	30.0	29.6	29.4
5 สค.	32.5	31.8	32.0	29.0	29.5	30.0	29.8	28.0	28.4	28.2	27.8	27.5
6 สค.	31.3	31.8	31.8	31.4	31.3	30.7	30.5	29.9	29.5	29.1	28.7	28.4
7 สค.	30.2	30.4	30.1	30.0	29.6	29.5	26.3	25.2	25.0	25.4	25.8	25.8
8 สค.	27.7	28.2	28.4	28.5	27.2	27.4	27.1	27.1	27.1	27.0	27.0	27.0
9 สค.	31.0	30.8	31.0	30.5	30.4	29.6	29.1	28.5	28.0	27.8	27.8	27.6
10 สค.	31.1	31.1	30.5	30.3	30.3	29.5	28.6	28.2	28.4	28.4	28.4	28.3
11 สค.	31.2	30.7	30.0	29.5	27.8	26.8	26.9	26.8	26.7	26.8	26.7	26.6
12 สค.	33.0	33.3	33.4	33.0	32.3	31.3	30.5	30.2	30.2	30.2	29.4	29.2
13 สค.	32.3	32.5	32.5	33.1	32.9	29.4	27.9	28.1	27.9	28.1	28.0	28.0
14 สค.	35.2	34.9	34.8	35.5	35.0	33.1	31.6	30.6	30.2	29.9	29.2	29.0
15 สค.	33.9	33.7	32.9	33.0	32.7	31.2	30.2	29.9	29.7	29.7	29.9	29.9
16 สค.	32.3	29.0	28.5	29.5	29.5	29.4	29.5	29.5	29.3	29.1	29.0	28.8
17 สค.	33.2	32.8	32.8	33.3	32.9	31.4	30.3	29.9	30.2	29.9	29.6	29.4
18 สค.	32.3	32.4	32.5	33.2	31.6	30.2	26.8	26.1	26.4	26.4	26.5	26.6
19 สค.	34.1	34.0	34.8	33.8	33.1	28.2	27.4	27.4	27.7	28.8	29.1	28.5
20 สค.	34.6	33.4	34.5	34.0	25.3	25.4	26.2	26.3	26.4	26.6	26.6	26.8
21 สค.	32.6	32.8	33.4	33.0	32.8	31.5	30.4	29.8	29.7	26.3	26.3	26.3
22 สค.	32.9	31.8	31.4	30.6	30.1	29.5	29.3	29.0	29.0	28.9	28.9	28.8
23 สค.	31.9	31.8	31.4	30.5	29.8	29.4	29.2	28.1	27.9	28.7	28.8	26.8
24 สค.	33.0	33.5	32.6	31.5	31.1	30.6	30.4	29.8	29.4	29.0	28.8	28.6
25 สค.	34.0	32.6	31.5	31.8	32.0	31.2	30.2	30.0	29.4	26.8	26.5	26.5
26 สค.	33.2	33.6	33.7	32.3	29.6	30.3	29.6	26.5	25.6	25.5	25.4	25.8
27 สค.	33.2	33.4	34.2	34.3	33.7	32.6	31.3	30.6	30.4	30.3	28.5	26.5
28 สค.	30.3	32.0	32.5	32.1	31.5	31.0	30.4	29.6	29.3	28.9	28.7	28.3
29 สค.	29.3	28.1	27.3	28.3	29.2	29.3	28.8	28.0	26.5	26.3	26.3	26.0
30 สค.	33.0	32.0	32.0	31.3	30.5	29.8	29.3	26.9	26.5	25.8	25.6	26.5
31 สค.	31.9	30.6	30.1	30.1	30.1	30.0	29.5	29.0	28.7	28.9	28.8	28.5

ตารางที่ 6-9 อุณหภูมิกระเปาะแห้งเดือนกันยายน

เดือนกันยายน												
วันที่	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
1 กย.	27.3	26.8	26.8	26.6	26.5	26.5	26.5	27.2	28.0	30.5	32.0	32.6
2 กย.	27.3	27.1	27.0	26.8	26.4	26.0	26.7	29.0	29.8	30.4	31.6	32.0
3 กย.	28.5	28.2	27.6	27.1	27.1	26.7	26.5	26.8	27.3	28.5	29.4	30.5
4 กย.	28.4	28.0	28.0	27.8	27.3	27.0	27.1	28.0	29.0	30.1	31.3	31.3
5 กย.	27.2	27.0	26.8	26.5	26.6	26.6	26.7	27.6	30.0	31.2	31.8	32.6
6 กย.	28.7	28.3	28.1	27.9	27.5	27.2	28.0	29.0	30.3	31.0	31.4	33.5
7 กย.	27.1	26.8	27.0	27.0	27.0	26.8	26.6	27.7	29.0	31.4	33.0	33.5
8 กย.	29.6	29.4	29.2	29.0	28.5	28.0	28.4	29.3	31.3	33.3	34.5	34.9
9 กย.	29.0	28.0	27.5	27.3	27.3	27.5	27.7	28.8	30.6	32.0	33.6	34.5
10 กย.	28.1	28.0	27.7	27.6	27.3	27.5	27.5	28.9	29.7	30.0	31.6	33.1
11 กย.	25.7	25.8	26.0	26.0	26.1	26.2	26.2	27.0	28.3	29.6	31.0	32.4
12 กย.	26.4	26.4	26.3	26.2	25.8	25.6	26.5	27.6	29.1	30.1	31.6	32.7
13 กย.	27.6	27.2	27.4	27.3	27.3	27.2	27.2	28.6	30.3	31.3	32.9	33.0
14 กย.	28.8	27.6	27.7	27.8	27.6	27.3	27.0	27.0	26.9	26.9	28.7	29.6
15 กย.	27.4	27.2	26.9	26.7	26.6	26.6	26.5	27.8	29.0	30.4	31.1	32.0
16 กย.	28.1	28.0	27.6	27.5	27.6	27.5	27.5	28.5	30.0	30.1	29.5	27.5
17 กย.	25.9	24.8	24.3	24.3	24.4	24.5	24.6	25.8	27.2	29.0	30.1	31.3
18 กย.	27.1	26.8	26.6	26.6	26.5	26.5	26.9	27.3	27.8	29.6	30.6	31.0
19 กย.	27.5	27.3	27.1	26.9	26.9	26.8	26.8	28.4	30.0	31.3	31.5	30.8
20 กย.	26.4	26.3	26.5	26.4	26.4	26.0	25.8	26.0	26.4	27.0	27.8	29.0
21 กย.	23.4	23.3	22.8	22.7	22.7	22.9	23.0	24.0	26.5	25.0	26.5	27.1
22 กย.	25.8	25.6	25.5	25.1	24.9	24.8	24.9	25.6	27.8	29.5	30.4	30.0
23 กย.	27.2	26.9	26.6	26.4	26.0	25.6	26.2	27.5	29.0	30.1	31.0	32.0
24 กย.	27.2	26.8	26.9	26.8	26.6	26.3	26.0	27.4	29.0	30.5	31.9	32.4
25 กย.	28.6	28.2	27.8	27.5	27.2	27.1	27.1	28.0	29.6	31.1	32.9	33.6
26 กย.	28.6	28.3	28.0	27.8	27.6	26.8	27.9	29.0	30.1	31.9	32.8	33.0
27 กย.	28.7	28.8	28.5	28.5	28.0	28.0	27.9	28.9	30.3	30.4	30.5	31.0
28 กย.	29.0	28.8	28.5	28.0	27.5	27.0	26.5	26.5	27.0	28.2	30.1	30.5
29 กย.	26.0	26.0	25.9	25.9	25.5	25.2	26.5	26.8	28.3	29.4	31.5	32.0
30 กย.	27.8	27.5	27.2	26.9	26.7	26.5	26.3	27.2	29.3	31.0	31.3	32.0

วันที่	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
1 กย.	32.7	31.9	33.0	33.0	32.2	31.2	30.3	29.6	29.5	29.5	27.4	27.2
2 กย.	31.8	31.0	31.0	31.2	31.2	30.8	29.9	29.4	29.2	29.0	29.8	28.7
3 กย.	31.1	33.3	32.9	32.0	31.4	30.3	29.8	29.4	29.3	29.0	28.5	28.5
4 กย.	31.2	30.9	30.7	30.5	30.3	30.0	29.2	28.8	28.8	28.7	28.4	28.1
5 กย.	32.5	32.8	32.9	32.4	31.5	30.6	29.7	29.4	29.2	29.1	29.1	28.8
6 กย.	32.7	32.5	32.5	32.0	31.6	30.8	30.1	29.6	29.5	29.6	28.2	27.6
7 กย.	34.4	34.5	34.0	33.6	33.4	32.0	31.1	30.5	30.1	30.1	29.9	29.7
8 กย.	35.9	36.1	36.3	34.7	33.0	32.5	31.8	30.6	29.5	29.2	29.3	29.3
9 กย.	34.8	34.8	34.5	34.3	33.8	33.2	29.8	27.8	27.6	27.7	28.0	28.1
10 กย.	33.0	33.8	33.6	33.4	32.7	32.2	31.3	29.9	26.0	25.5	25.7	25.9
11 กย.	32.4	32.9	32.9	32.3	31.8	31.0	27.2	25.4	25.7	26.0	26.3	26.4
12 กย.	33.2	33.7	34.4	34.8	34.4	32.6	31.5	30.2	29.1	28.9	28.7	28.6
13 กย.	33.5	34.0	34.3	33.8	32.6	31.5	30.7	30.4	29.8	29.1	28.9	28.9
14 กย.	30.4	32.3	33.0	32.7	32.8	32.0	31.1	29.1	28.5	28.1	28.0	28.0
15 กย.	32.1	32.5	32.9	32.5	31.6	30.8	30.4	30.1	29.5	29.1	28.5	28.3
16 กย.	26.3	27.8	28.8	29.0	29.0	28.8	28.6	28.3	28.0	28.2	27.9	26.7
17 กย.	32.4	33.2	32.5	31.6	30.8	29.9	28.4	28.1	28.1	27.7	27.5	27.2
18 กย.	31.7	31.5	30.2	30.2	29.0	29.2	28.8	28.7	28.7	28.4	28.6	27.5
19 กย.	30.9	31.0	29.1	29.4	29.7	28.8	28.5	28.4	27.5	27.1	26.9	26.5
20 กย.	30.5	30.4	29.0	29.5	29.0	28.9	28.7	28.5	26.0	25.0	24.2	23.8
21 กย.	27.6	29.0	29.8	29.1	28.9	28.5	28.0	27.5	27.2	27.0	26.4	26.0
22 กย.	31.4	31.6	31.1	29.0	29.2	29.1	28.7	28.1	27.6	27.6	27.7	27.6
23 กย.	33.2	33.3	32.8	33.0	32.5	30.5	30.0	28.8	28.0	27.8	27.4	27.4
24 กย.	33.0	33.4	33.4	33.6	32.9	32.0	31.2	30.5	30.2	30.0	29.8	29.0
25 กย.	34.0	34.4	34.5	33.2	32.8	31.8	31.1	30.6	30.1	29.6	29.2	28.9
26 กย.	34.4	33.5	33.7	32.2	30.8	30.4	29.9	29.6	29.5	29.4	29.3	29.0
27 กย.	31.5	31.8	32.2	31.4	30.5	30.0	29.5	27.2	29.2	29.2	29.1	29.0
28 กย.	32.0	32.8	32.3	31.4	30.6	29.8	28.9	27.9	27.2	26.9	26.4	26.3
29 กย.	31.7	31.8	31.5	32.4	31.2	29.3	29.0	28.8	28.7	28.5	28.2	28.0
30 กย.	32.6	32.5	31.5	30.9	29.9	28.5	28.4	27.6	27.8	27.4	27.4	27.2

ตารางที่ 6-10 อุณหภูมิกระเปาะแห้งเดือนตุลาคม

เดือนตุลาคม												
วันที่	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
1 ต.ค.	27.2	27.0	26.9	26.5	26.3	26.1	26.1	27.5	29.6	30.5	31.8	31.9
2 ต.ค.	27.5	27.3	27.0	26.8	26.4	26.0	27.2	27.9	29.9	31.8	31.8	32.2
3 ต.ค.	27.8	27.6	27.3	27.0	27.0	27.0	27.0	27.7	28.8	29.8	30.6	31.5
4 ต.ค.	28.2	28.0	27.7	27.4	27.4	27.4	27.5	28.0	29.0	30.1	31.0	31.0
5 ต.ค.	28.6	28.6	28.5	28.5	28.2	27.9	28.5	27.3	27.5	28.3	29.2	29.9
6 ต.ค.	27.0	27.0	27.1	27.2	26.9	26.7	26.5	27.5	29.5	30.2	31.5	32.4
7 ต.ค.	27.8	28.0	27.7	27.5	27.3	27.1	27.0	28.5	30.5	31.2	31.8	32.8
8 ต.ค.	28.6	28.3	28.0	27.6	27.2	26.9	27.5	28.7	29.6	30.6	31.5	31.8
9 ต.ค.	28.4	27.9	27.4	26.8	26.8	26.6	26.5	26.8	27.7	29.2	29.8	30.0
10 ต.ค.	27.5	27.3	27.2	27.0	26.8	26.8	26.8	27.5	28.3	28.7	29.2	29.5
11 ต.ค.	25.1	25.0	24.9	24.9	24.7	24.5	24.9	25.2	25.0	25.2	26.7	28.0
12 ต.ค.	25.0	24.5	24.4	24.5	24.6	24.6	24.9	26.0	26.9	28.4	29.0	30.1
13 ต.ค.	25.1	25.1	25.1	25.1	24.9	24.8	25.0	26.5	27.4	28.8	26.7	28.0
14 ต.ค.	25.9	25.4	25.8	25.7	25.5	25.2	26.1	27.4	29.2	30.5	32.0	32.7
15 ต.ค.	25.3	25.3	25.0	24.9	24.9	25.0	25.1	26.2	28.0	29.9	30.2	30.5
16 ต.ค.	25.5	25.5	25.4	25.5	25.3	25.1	26.0	26.6	28.0	28.7	30.2	30.8
17 ต.ค.	26.8	26.6	26.4	26.2	26.6	26.1	26.0	26.7	27.5	28.3	28.4	29.0
18 ต.ค.	27.0	27.0	26.8	26.5	26.3	26.3	26.3	27.5	29.5	30.8	32.5	33.3
19 ต.ค.	28.0	27.8	27.5	27.5	27.3	27.2	27.0	28.5	29.5	31.0	32.7	33.2
20 ต.ค.	27.9	27.4	27.0	26.5	26.1	25.7	25.9	27.4	30.0	30.5	31.1	31.5
21 ต.ค.	26.7	26.3	26.0	25.7	25.5	25.4	25.3	27.2	28.7	30.3	32.0	32.8
22 ต.ค.	27.1	26.5	25.9	25.7	25.5	25.0	25.5	26.0	28.3	29.8	21.7	32.2
23 ต.ค.	28.3	28.0	27.6	27.6	27.5	27.5	27.3	28.0	29.0	30.0	30.8	31.7
24 ต.ค.	28.2	27.9	27.6	27.3	27.2	27.0	26.9	27.8	29.0	30.8	32.0	32.8
25 ต.ค.	27.8	27.5	27.0	27.0	26.5	26.2	26.1	27.5	28.8	31.0	31.5	31.8
26 ต.ค.	27.8	27.6	27.3	27.0	26.6	26.3	26.8	27.2	28.7	29.8	30.3	31.0
27 ต.ค.	27.5	27.4	27.4	27.3	27.9	26.6	27.0	27.8	28.5	29.3	30.3	30.8
28 ต.ค.	28.5	28.2	28.1	28.0	27.6	27.4	27.2	28.4	30.0	30.8	31.5	33.0
29 ต.ค.	29.6	29.0	28.8	28.5	28.2	27.9	28.4	28.9	31.5	33.2	34.2	33.9
30 ต.ค.	28.4	28.2	27.8	27.6	27.2	26.7	26.2	27.5	29.5	31.2	32.5	33.1
31 ต.ค.	26.2	25.8	25.3	24.0	23.5	23.3	23.7	23.9	24.1	24.4	25.3	25.6

วันที่	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
1 ต.ค.	31.5	32.0	33.4	33.6	32.4	30.6	29.0	28.9	28.1	28.1	27.8	27.5
2 ต.ค.	32.0	33.0	33.0	33.2	31.3	30.8	30.3	29.8	29.5	29.2	28.6	28.0
3 ต.ค.	32.2	32.0	32.2	31.9	30.9	30.1	29.7	29.7	29.6	29.5	28.9	28.5
4 ต.ค.	31.2	30.9	31.2	31.2	31.4	30.9	30.2	29.9	29.6	29.2	29.0	28.8
5 ต.ค.	30.4	30.7	30.3	30.0	29.7	29.2	28.9	28.3	27.3	27.5	27.3	27.2
6 ต.ค.	32.5	31.8	31.5	31.1	29.5	28.1	28.0	27.6	27.5	27.5	27.6	27.7
7 ต.ค.	32.9	33.3	33.1	32.8	31.5	29.5	28.7	28.6	28.6	28.6	28.4	28.8
8 ต.ค.	32.3	32.6	31.7	31.3	30.5	29.7	29.3	29.0	28.8	28.8	28.5	28.4
9 ต.ค.	28.0	29.7	31.0	31.2	30.5	28.0	27.9	27.7	27.5	27.5	27.5	27.5
10 ต.ค.	27.9	29.5	29.5	29.6	29.6	29.1	28.5	25.7	25.2	25.1	24.9	25.1
11 ต.ค.	28.6	28.7	29.7	30.4	29.9	28.9	28.4	28.0	27.3	26.8	26.6	26.0
12 ต.ค.	30.8	25.7	28.8	28.6	28.6	28.1	27.7	27.3	27.1	26.7	25.3	25.0
13 ต.ค.	29.0	27.9	28.0	28.0	28.2	27.8	27.4	27.1	26.7	26.5	26.3	26.1
14 ต.ค.	33.0	32.8	30.5	25.4	25.5	25.6	26.6	25.6	25.6	25.5	25.4	25.3
15 ต.ค.	30.9	33.0	33.8	33.1	31.7	29.3	28.6	27.9	25.8	25.7	25.6	25.6
16 ต.ค.	32.2	31.6	32.0	31.0	30.3	29.6	29.0	28.5	28.0	27.5	27.2	27.0
17 ต.ค.	29.8	30.0	29.9	29.5	29.0	28.7	28.2	28.0	27.8	27.8	27.5	27.3
18 ต.ค.	32.8	32.5	33.7	33.5	32.3	31.3	20.5	29.8	29.3	29.0	28.7	28.4
19 ต.ค.	33.5	33.7	33.4	32.8	32.4	30.9	30.4	30.1	29.6	29.2	28.5	28.3
20 ต.ค.	32.0	32.7	32.5	32.2	31.6	30.5	30.0	29.6	29.3	28.8	28.5	28.5
21 ต.ค.	33.4	33.6	32.8	31.5	31.1	30.4	29.6	29.2	28.8	28.4	28.0	27.6
22 ต.ค.	33.2	32.7	32.4	33.1	32.1	31.3	30.0	29.3	29.6	29.2	28.9	28.6
23 ต.ค.	32.6	32.9	32.2	32.5	31.5	30.7	30.1	29.8	27.8	29.2	28.8	28.5
24 ต.ค.	33.6	33.5	34.0	33.0	32.5	31.3	30.5	30.0	29.7	29.5	28.7	28.1
25 ต.ค.	32.2	33.5	34.0	32.8	32.0	30.8	30.2	29.8	29.4	28.0	28.6	28.1
26 ต.ค.	29.9	30.3	30.1	30.0	29.7	29.5	29.3	29.4	29.2	29.0	28.2	27.8
27 ต.ค.	31.4	30.9	30.3	30.5	30.1	29.8	29.6	29.3	29.0	28.5	28.4	28.6
28 ต.ค.	33.1	32.4	32.4	33.0	32.3	31.2	30.9	30.2	30.2	29.9	29.8	29.7
29 ต.ค.	23.6	34.7	34.6	33.8	33.4	32.3	31.5	30.7	30.2	29.8	29.3	28.8
30 ต.ค.	33.3	33.9	32.9	31.6	30.4	29.7	29.3	28.9	28.3	27.6	26.7	26.2
31 ต.ค.	25.5	24.8	25.8	26.3	27.1	26.3	25.8	25.6	25.4	25.3	25.3	25.1

ตารางที่ 6-11 อุณหภูมิกระเปาะแห้งเดือนพฤศจิกายน

เดือนพฤศจิกายน												
วันที่	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
1 พย.	25.2	25.0	24.9	24.7	24.2	24.7	24.9	26.7	27.5	29.5	31.2	31.3
2 พย.	27.5	27.0	26.6	26.5	26.1	26.0	26.0	26.5	29.3	30.2	31.8	31.7
3 พย.	27.3	26.9	26.5	26.1	26.1	25.9	25.8	26.5	28.0	29.8	31.5	30.8
4 พย.	27.0	26.4	25.9	25.4	24.9	24.5	24.8	27.9	28.5	29.0	30.6	31.5
5 พย.	26.7	26.0	25.6	25.2	24.6	25.0	24.9	26.5	28.1	29.9	30.5	31.3
6 พย.	27.0	26.5	26.0	25.2	25.0	24.4	25.2	25.8	27.5	29.2	30.5	31.1
7 พย.	25.5	25.1	24.7	24.4	24.1	23.8	24.0	25.5	27.0	28.0	29.4	30.7
8 พย.	25.7	25.5	25.2	24.7	24.4	24.5	24.4	25.9	28.0	28.5	29.8	30.5
9 พย.	24.8	24.3	23.9	23.6	23.0	21.8	22.2	24.8	27.2	28.3	29.2	30.8
10 พย.	25.1	24.8	24.5	24.2	23.8	23.0	23.5	25.0	27.0	28.0	30.0	31.5
11 พย.	27.9	27.3	27.0	26.6	26.2	25.6	25.7	26.5	29.6	29.8	29.4	30.8
12 พย.	26.0	25.8	25.6	25.5	25.0	24.5	24.5	25.7	26.9	29.0	31.0	31.1
13 พย.	28.0	27.3	27.1	27.0	26.5	26.0	26.4	28.8	29.6	30.8	32.4	32.3
14 พย.	27.0	26.9	26.8	26.8	26.7	26.5	26.5	27.3	29.3	30.8	30.5	31.3
15 พย.	28.0	27.9	27.7	27.5	27.0	26.6	27.0	27.2	27.0	28.5	29.3	30.5
16 พย.	27.8	27.5	27.6	27.4	27.3	26.0	25.8	27.2	29.8	30.2	31.3	32.2
17 พย.	26.8	26.3	26.0	25.6	25.3	25.0	24.8	26.5	27.5	29.8	31.6	32.6
18 พย.	27.8	27.6	27.3	27.0	26.8	26.6	26.4	27.3	29.7	31.5	32.3	31.4
19 พย.	26.9	26.5	26.0	25.1	24.8	24.6	25.6	26.0	26.5	27.8	27.0	29.1
20 พย.	25.7	25.8	25.8	25.6	25.4	25.3	25.2	25.3	26.2	27.5	29.6	30.0
21 พย.	25.7	25.4	25.4	25.5	25.0	24.6	24.7	26.1	27.5	28.5	29.5	30.5
22 พย.	25.8	25.4	24.8	24.5	24.2	23.5	24.0	26.4	27.4	27.7	29.0	30.0
23 พย.	25.1	24.5	27.0	23.5	23.0	22.7	22.5	24.2	26.5	27.0	28.3	29.5
24 พย.	24.5	23.9	23.5	23.1	22.3	21.6	22.4	24.8	26.1	27.8	28.5	30.3
25 พย.	24.6	24.3	24.0	23.6	23.0	22.3	22.6	24.6	26.0	27.7	28.5	29.3
26 พย.	24.5	24.0	24.0	23.5	22.6	22.0	21.9	24.0	26.0	27.5	29.3	30.3
27 พย.	24.1	23.8	23.6	24.0	22.8	21.8	22.4	24.9	26.4	27.5	28.7	30.4
28 พย.	22.6	21.9	21.2	20.6	20.9	20.2	21.6	24.4	25.4	26.3	26.8	28.5
29 พย.	22.0	21.4	21.1	20.6	20.2	19.9	20.0	21.0	24.7	26.3	27.5	28.6
30 พย.	21.5	21.4	21.2	21.2	20.8	20.4	20.9	22.9	24.1	25.5	27.4	28.3

วันที่	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
1 พย.	31.5	31.0	30.5	30.3	30.1	29.5	28.8	28.5	28.3	28.1	28.0	27.7
2 พย.	32.3	32.0	32.7	33.4	31.8	30.7	30.0	29.8	29.5	28.8	28.3	27.8
3 พย.	31.0	31.2	31.5	31.4	30.1	29.6	29.1	28.7	28.6	28.2	27.9	27.3
4 พย.	32.0	31.3	32.0	32.2	30.8	29.9	25.2	28.8	28.2	27.7	27.1	26.8
5 พย.	32.1	32.5	32.4	31.3	31.0	29.5	29.0	29.1	28.6	28.1	27.5	27.3
6 พย.	31.9	31.6	31.5	30.9	30.1	29.5	28.9	28.0	27.6	27.1	26.4	26.0
7 พย.	31.8	32.3	31.2	30.4	29.5	28.8	28.3	27.6	27.2	27.0	26.6	26.1
8 พย.	31.1	31.7	31.5	31.1	29.6	28.7	28.3	27.7	27.6	26.9	26.2	25.4
9 พย.	31.4	31.9	32.0	31.6	30.1	29.0	28.0	27.0	26.6	25.8	25.2	25.0
10 พย.	31.9	32.5	32.8	31.9	30.5	29.5	28.8	28.8	28.6	28.4	28.0	28.0
11 พย.	31.5	31.8	30.7	30.0	29.7	29.2	28.8	28.4	27.5	27.1	26.7	26.3
12 พย.	30.0	31.3	31.1	30.6	30.0	29.5	29.2	28.7	28.5	28.2	28.1	28.0
13 พย.	32.1	32.2	32.5	32.3	31.4	30.7	29.1	28.5	28.0	27.7	27.5	27.2
14 พย.	31.3	33.0	33.2	32.6	31.6	30.1	29.7	29.1	29.0	28.9	28.8	28.5
15 พย.	31.3	31.3	32.1	32.1	31.1	30.0	28.3	27.5	27.5	27.2	27.0	27.4
16 พย.	32.2	33.7	33.8	32.3	31.7	30.7	30.0	29.9	29.1	28.6	27.8	27.3
17 พย.	33.1	32.8	32.5	31.8	31.1	30.2	29.9	29.7	29.5	29.3	28.9	28.5
18 พย.	31.3	31.0	30.6	30.8	30.0	29.5	28.8	28.7	28.6	28.2	27.6	27.3
19 พย.	28.8	29.3	29.3	29.2	29.0	28.2	28.0	25.5	25.5	25.8	25.7	25.8
20 พย.	29.9	30.8	29.6	29.5	29.0	28.2	28.0	27.8	27.6	27.3	26.8	26.0
21 พย.	30.5	31.5	31.9	30.6	29.8	29.2	28.7	27.9	27.4	27.1	26.3	25.9
22 พย.	30.2	30.5	30.7	30.5	29.5	28.4	27.7	27.2	26.8	26.1	25.5	25.1
23 พย.	29.7	30.5	30.7	30.0	29.2	28.0	27.3	27.2	27.0	26.0	25.5	24.9
24 พย.	30.7	30.8	31.0	31.0	29.9	28.3	27.5	26.6	26.0	25.8	25.2	24.8
25 พย.	30.4	30.5	30.6	30.7	29.6	28.3	27.5	26.8	26.1	25.8	25.8	25.1
26 พย.	31.0	32.2	32.0	31.7	30.7	29.0	27.5	26.5	25.9	25.6	25.2	24.9
27 พย.	30.8	30.8	30.5	30.2	29.6	28.1	26.9	26.5	25.6	24.8	23.4	23.1
28 พย.	29.2	29.2	29.7	29.3	28.1	26.7	25.5	24.5	23.6	23.0	23.0	22.5
29 พย.	29.0	29.9	30.2	29.5	28.5	26.6	25.3	25.0	24.3	23.8	22.5	22.0
30 พย.	28.7	29.6	28.9	29.0	28.0	26.6	25.5	24.6	24.1	23.6	23.0	22.0

ตารางที่ 6-12 อุณหภูมิกระเปาะแห้งเดือนธันวาคม

เดือนธันวาคม

วันที่	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
1 ธค.	21.2	21.3	21.2	21.1	20.8	20.6	21.2	23.8	25.2	26.4	29.0	29.0
2 ธค.	23.4	23.4	22.8	22.5	22.0	22.0	21.6	22.3	24.8	28.4	28.6	30.2
3 ธค.	23.4	22.8	22.4	21.9	23.2	24.3	24.5	24.6	26.0	27.8	30.0	31.3
4 ธค.	24.6	24.5	24.4	24.2	23.4	22.7	23.0	25.1	27.0	28.5	29.6	31.3
5 ธค.	25.5	24.7	24.0	23.6	23.1	23.0	23.0	23.4	25.8	27.4	29.4	30.5
6 ธค.	25.8	25.6	25.3	25.0	24.7	24.3	24.0	25.5	27.9	29.0	30.2	31.0
7 ธค.	26.8	26.2	25.7	25.2	24.6	23.9	24.2	26.4	27.5	29.5	30.2	31.9
8 ธค.	26.5	26.3	26.1	26.0	25.0	24.0	24.7	25.6	28.4	29.6	31.4	32.3
9 ธค.	26.3	26.2	26.2	26.0	25.8	25.6	25.4	26.5	28.9	30.4	31.5	32.0
10 ธค.	27.0	26.7	26.4	26.0	25.3	24.5	25.6	26.6	28.0	30.3	31.5	31.8
11 ธค.	26.5	26.1	25.8	25.7	25.5	25.2	25.0	26.2	28.1	29.5	31.1	32.5
12 ธค.	26.8	26.4	26.1	25.8	25.3	24.6	25.0	26.9	28.2	30.5	32.5	32.6
13 ธค.	28.5	28.0	27.5	26.9	26.4	25.8	26.2	27.5	29.2	30.9	32.3	33.8
14 ธค.	28.4	27.7	27.1	26.6	26.5	26.6	26.8	27.1	29.2	30.8	33.1	34.0
15 ธค.	29.0	28.6	28.1	27.8	27.3	26.6	27.0	27.9	30.0	31.5	32.5	33.4
16 ธค.	27.8	27.2	26.8	26.4	26.0	25.7	27.0	27.5	20.2	31.5	32.5	33.0
17 ธค.	28.3	27.8	27.5	27.0	27.0	26.8	26.5	27.5	29.8	32.1	32.5	33.9
18 ธค.	28.5	28.2	27.8	27.6	27.2	26.8	27.8	28.6	29.5	31.5	32.0	32.4
19 ธค.	28.7	28.3	27.8	27.5	27.1	26.5	27.0	28.6	31.2	32.0	33.8	34.5
20 ธค.	29.0	28.4	28.0	27.7	27.3	27.2	27.0	27.8	30.2	32.1	33.2	33.5
21 ธค.	28.4	28.1	27.7	27.5	27.1	26.6	27.1	28.7	29.5	30.2	32.0	33.0
22 ธค.	27.5	27.1	27.0	26.8	26.6	25.9	26.4	27.8	29.2	31.3	32.8	33.5
23 ธค.	27.0	26.8	26.5	26.5	26.4	26.1	26.0	26.8	29.8	31.1	33.0	33.4
24 ธค.	26.4	26.0	25.7	25.4	25.2	25.1	25.0	25.5	27.8	30.1	32.1	33.0
25 ธค.	26.3	26.1	26.0	25.8	25.3	24.9	25.5	26.8	28.7	30.6	31.2	31.6
26 ธค.	27.2	27.1	26.7	26.5	26.0	25.3	25.0	25.5	28.0	25.4	30.7	30.2
27 ธค.	26.4	26.2	26.0	25.7	25.3	24.8	25.4	27.4	28.2	27.7	31.3	33.0
28 ธค.	26.5	26.3	25.9	25.6	25.2	24.5	25.2	26.8	29.1	30.0	32.3	33.3
29 ธค.	27.1	27.0	26.9	26.7	26.3	25.6	25.1	26.0	28.9	30.3	31.6	32.4
30 ธค.	26.2	25.5	24.8	24.3	23.9	23.6	24.2	25.4	27.5	29.0	30.1	31.5
31 ธค.	27.6	27.4	27.2	27.0	25.9	24.9	25.1	26.0	27.4	28.5	29.8	30.5

วันที่	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	0:00
1 ธค.	29.7	30.1	25.8	29.0	28.0	26.7	25.5	24.9	24.8	24.5	23.5	23.2
2 ธค.	31.3	31.6	31.7	31.0	29.6	31.0	27.1	25.9	25.3	25.3	24.7	24.1
3 ธค.	31.4	32.0	31.8	31.5	30.5	29.1	28.0	26.9	26.5	25.9	25.5	25.1
4 ธค.	32.3	31.8	32.5	32.4	30.8	29.1	28.3	28.0	27.0	26.5	26.0	25.4
5 ธค.	31.5	31.6	31.8	30.4	29.8	28.9	28.4	27.9	28.2	27.6	27.0	26.8
6 ธค.	32.0	32.5	33.0	32.7	31.6	30.3	30.0	29.3	28.6	28.3	28.0	27.4
7 ธค.	32.5	33.1	33.0	33.0	31.4	30.3	29.5	28.6	28.0	27.9	27.3	26.7
8 ธค.	32.7	32.9	33.4	32.4	31.9	30.7	30.0	29.1	28.5	28.0	27.7	26.8
9 ธค.	32.8	33.1	33.2	32.3	31.5	30.3	29.6	29.0	28.5	28.4	28.5	27.2
10 ธค.	32.5	32.3	32.6	32.5	31.6	30.6	29.5	28.6	27.9	27.7	27.1	26.7
11 ธค.	33.6	33.5	33.4	33.3	32.5	31.0	30.0	29.0	28.6	27.8	27.1	27.2
12 ธค.	33.9	34.6	34.0	33.1	32.2	31.0	30.1	29.5	29.3	28.8	28.5	28.6
13 ธค.	34.4	33.4	34.2	33.0	32.1	30.9	30.1	29.8	29.5	29.3	29.0	28.9
14 ธค.	35.0	35.2	35.7	34.8	33.4	32.7	31.3	30.7	30.6	30.6	29.9	29.7
15 ธค.	33.9	34.0	33.5	34.0	32.6	31.7	31.0	30.8	30.4	29.5	28.8	28.2
16 ธค.	33.7	34.5	34.8	34.5	33.8	32.5	31.3	30.6	30.1	29.9	29.4	28.9
17 ธค.	34.2	34.6	34.4	34.5	34.0	32.9	31.7	31.3	31.1	30.4	29.3	28.8
18 ธค.	34.5	35.0	35.0	35.0	33.2	32.1	31.2	30.7	30.2	30.0	29.4	29.0
19 ธค.	35.0	35.2	35.0	34.0	33.2	32.6	31.3	30.6	31.0	30.9	30.0	29.5
20 ธค.	34.7	34.5	35.5	35.1	34.0	32.8	31.8	30.9	30.3	29.8	29.6	28.8
21 ธค.	33.5	34.0	33.7	33.7	32.5	31.1	30.1	29.4	28.6	28.0	27.2	27.7
22 ธค.	33.4	33.4	32.8	33.0	32.6	30.5	29.1	28.1	27.7	27.4	27.0	27.0
23 ธค.	33.8	34.2	33.8	33.3	32.9	31.3	29.5	28.6	27.5	27.2	27.0	26.8
24 ธค.	33.6	32.5	32.4	32.0	32.3	31.1	30.0	28.6	28.6	27.6	26.9	26.5
25 ธค.	33.5	32.9	34.1	33.7	32.5	30.3	29.2	28.7	28.2	27.9	27.5	27.4
26 ธค.	31.7	31.5	33.0	32.6	31.7	30.5	29.0	28.0	27.5	26.9	26.8	26.6
27 ธค.	32.8	33.2	32.5	32.2	31.3	30.4	29.2	28.3	27.4	27.0	26.8	26.7
28 ธค.	33.4	34.0	33.0	32.0	31.0	30.0	29.3	28.3	27.5	27.1	27.1	27.1
29 ธค.	32.9	33.5	33.2	33.0	32.5	30.5	29.5	28.7	27.6	27.2	26.6	26.3
30 ธค.	33.0	33.0	32.7	33.1	31.5	30.4	29.5	28.8	28.2	28.0	27.8	27.6
31 ธค.	31.1	31.4	31.0	31.0	30.0	28.7	27.9	27.4	27.4	27.3	27.1	25.8

## ข้อมูลรังสีกระจายอาทิตย์

ตารางที่ 6-13 รังสีกระจายอาทิตย์เดือนมกราคม

Totals of Diffuse Solar Radiation (sky), x 0.01 MJ/m <sup>2</sup>																	
Station	: Bangkok ( Lat : 13 40' N, Long : 100 37' E )											Country	: Thailand				
Instrument	: Pyranometer CM 121											Month Year	: January 2007				
Time Date	Hourly Totals															Daily Totals	
	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	18-19	Totals
1	0	0	1	33	58	73	92	81	80	90	85	79	38	9	0	719	
2	0	0	2	29	64	75	69	56	52	54	58	49	30	9	0	547	
3	0	0	1	17	26	35	45	50	63	69	72	57	41	10	0	486	
4	0	0	1	-	37	42	53	66	70	64	69	64	50	13	0	529	
5	0	0	1	18	35	44	50	63	124	110	108	51	32	12	0	648	
6	0	0	1	17	37	66	74	84	60	102	81	61	36	13	0	632	
7	0	0	1	18	54	95	134	156	149	142	106	57	31	7	0	950	
8	0	0	0	22	43	93	107	156	131	133	132	99	33	12	0	961	
9	0	0	1	17	57	103	118	58	55	56	48	48	36	12	0	609	
10	0	0	1	18	33	44	53	62	69	73	61	47	32	11	0	504	
11	0	0	1	15	31	42	49	60	74	80	67	47	32	12	0	510	
12	0	0	1	16	33	44	53	59	64	60	61	57	38	12	0	498	
13	0	0	0	15	37	55	66	70	70	71	68	61	41	14	0	568	
14	0	0	1	18	40	72	74	73	75	79	75	58	38	14	0	617	
15	0	0	1	15	32	44	51	58	60	55	48	39	27	13	0	443	
16	0	0	1	16	37	48	56	59	59	58	58	50	35	13	0	490	
17	0	0	1	15	33	44	51	59	65	66	61	49	35	17	0	496	
18	0	0	1	17	35	48	91	70	50	46	44	38	28	11	0	479	
19	0	0	1	18	35	48	59	101	110	84	95	88	46	13	0	698	
20	0	0	1	21	46	77	127	155	138	90	62	49	35	15	0	816	
21	0	0	1	18	60	58	88	101	115	88	80	63	42	16	0	730	
22	0	0	0	17	38	34	67	40	82	90	105	83	45	17	0	618	
23	0	0	1	12	26	80	117	130	102	100	39	51	45	12	0	715	
24	0	0	0	19	45	63	86	79	76	84	77	62	39	15	0	645	
25	0	0	1	22	50	73	81	70	68	62	54	45	33	15	0	574	
26	0	0	1	18	37	47	56	58	55	54	51	45	33	15	0	470	
27	0	0	0	20	51	49	54	59	62	62	58	53	38	17	0	523	
28	0	0	1	24	47	64	77	82	84	85	84	76	51	19	1	695	
29	0	0	0	18	42	58	66	72	76	72	64	57	42	17	1	585	
30	0	0	1	18	42	60	72	78	77	74	69	58	41	17	0	607	
31	0	0	1	19	40	56	66	70	70	68	62	53	39	17	0	561	
N	31	31	31	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	
Total	0	0	26	560	1281	1834	2302	2435	2485	2421	2202	1794	1162	419	2	18923	
Mean	0	0	1	19	41	59	74	79	80	78	71	58	37	14	0	610	
Max	0	0	2	33	64	103	134	156	149	142	132	99	51	19	1	961	
Min	0	0	0	12	26	34	45	40	50	46	39	38	27	7	0	443	

ตารางที่ 6-14 รังสีกระจายอาทิตย์เดือนกุมภาพันธ์

Totals of Diffuse Solar Radiation (sky), x 0.01 MJ/m<sup>2</sup>

Station : Bangkok ( Lat : 13 40' N, Long : 100 37' E ) Country : Thailand  
 Instrument : Pyranometer CM 121 Month Year : February 2007

Time Date	Hourly Totals															Daily
	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	Totals
1	0	0	1	18	39	54	61	66	66	66	63	55	39	18	1	547
2	0	0	1	18	43	61	74	84	87	85	77	63	44	18	1	656
3	0	0	1	18	45	67	83	94	93	91	82	65	44	18	1	702
4	0	0	1	18	42	60	73	77	77	74	70	56	40	16	0	604
5	0	0	1	18	43	63	78	87	85	78	71	62	42	16	0	644
6	0	0	1	18	47	78	87	105	126	122	126	84	57	24	1	876
7	0	0	1	15	52	82	123	119	119	105	92	73	53	25	1	860
8	0	0	4	21	55	83	88	107	109	98	88	68	50	22	1	794
9	0	0	1	22	54	96	106	93	101	101	83	67	45	20	1	790
10	0	0	1	21	66	88	102	119	101	107	90	67	39	19	1	821
11	0	0	1	20	50	87	104	137	131	118	82	63	47	20	1	861
12	0	0	1	23	45	75	118	124	132	88	68	57	38	13	1	783
13	0	0	1	22	50	68	84	81	69	60	51	48	36	17	1	588
14	0	0	1	23	54	77	101	122	95	71	61	49	37	19	1	711
15	0	0	1	23	47	50	60	66	69	62	53	42	31	17	1	522
16	0	0	2	21	43	44	48	50	49	46	44	37	26	14	1	425
17	0	0	2	22	43	65	89	82	57	39	36	35	26	14	1	511
18	0	0	1	19	52	74	92	73	41	36	36	36	30	17	1	508
19	0	0	1	19	44	54	52	52	51	44	39	35	28	17	1	437
20	0	0	2	19	46	63	81	84	63	50	43	36	30	17	1	535
21	0	0	2	23	48	58	64	67	64	63	60	52	42	26	3	572
22	0	0	1	17	34	62	73	66	61	54	48	43	43	28	3	533
23	0	0	3	41	72	88	120	128	83	57	52	69	75	32	2	822
24	0	0	2	24	53	80	79	86	75	61	62	72	61	24	1	680
25	0	0	2	25	58	80	85	74	67	68	62	52	39	20	1	633
26	0	0	2	23	46	63	79	85	83	75	69	63	44	24	1	657
27	0	0	4	35	52	72	94	102	136	115	81	68	41	22	1	823
28	0	0	2	25	63	85	88	85	80	74	64	52	41	21	1	681
N	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Total	0	0	44	611	1386	1977	2386	2515	2370	2108	1853	1569	1168	558	31	18576
Mean	0	0	2	22	50	71	85	90	85	75	66	56	42	20	1	663
Max	0	0	4	41	72	96	123	137	136	122	126	84	75	32	3	876
Min	0	0	1	15	34	44	48	50	41	36	36	35	26	13	0	425



ตารางที่ 6-15 รังสีกระจายอาทิตย์เดือนมีนาคม

Totals of Diffuse Solar Radiation (sky), x 0.01 MJ/m <sup>2</sup>																	
Station	: Bangkok ( Lat : 13 40' N, Long : 100 37' E )											Country	: Thailand				
Instrument	: Pyranometer CM 121											Month Year	: March 2007				
Time Date	Hourly Totals															Daily	
	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	Totals	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	0	0	2	29	61	85	91	112	112	97	74	51	36	19	1	770	
4	0	0	4	40	68	95	102	123	132	134	110	92	50	34	2	986	
5	0	0	3	28	60	87	104	111	108	94	95	76	48	23	1	838	
6	0	0	4	33	59	78	86	96	96	84	62	55	38	18	1	710	
7	0	0	3	24	43	59	73	77	61	54	42	35	27	15	1	514	
8	0	0	4	27	58	73	99	110	106	77	56	46	34	17	1	708	
9	0	0	3	25	57	72	81	84	69	55	69	52	38	21	2	628	
10	0	0	3	36	60	95	131	131	109	103	114	93	65	26	1	967	
11	0	0	5	35	71	73	88	66	64	60	56	50	38	21	1	628	
12	0	0	4	33	64	95	111	118	102	82	73	66	50	28	3	829	
13	0	0	4	31	63	78	93	114	107	100	92	75	54	29	2	842	
14	0	0	4	33	61	73	88	100	96	83	82	72	51	22	0	765	
15	0	0	4	27	59	85	104	122	129	125	109	78	51	22	1	916	
16	0	0	4	25	60	86	90	108	90	80	70	60	42	19	2	736	
17	0	0	4	28	66	92	105	110	103	86	67	52	37	19	1	770	
18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
19	0	0	11	27	59	69	46	110	111	105	89	74	35	17	1	754	
20	0	0	6	27	65	97	130	138	155	155	120	68	28	5	0	994	
21	0	0	7	41	56	91	107	119	116	111	92	70	55	22	1	888	
22	0	0	6	27	41	69	86	84	117	60	108	80	49	24	2	753	
23	0	0	8	32	46	60	98	96	75	72	81	78	52	28	2	728	
24	0	0	8	35	53	74	80	74	59	54	50	44	48	34	3	616	
25	0	0	6	37	51	72	102	107	117	95	72	89	81	38	3	870	
26	0	0	6	43	86	85	113	95	72	67	91	103	77	42	4	884	
27	0	0	5	39	61	86	103	114	91	65	81	44	71	39	3	802	
28	0	0	8	47	69	90	100	99	76	58	57	58	58	40	2	762	
29	0	0	8	34	63	80	91	92	78	67	55	47	37	20	2	674	
30	0	0	9	36	59	77	111	106	99	80	70	48	33	19	2	749	
31	0	0	8	30	55	59	56	60	53	46	45	37	32	21	2	504	
N	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	
Total	0	0	151	909	1674	2235	2669	2876	2703	2349	2182	1793	1315	682	47	21585	
Mean	0	0	5	32	60	80	95	103	97	84	78	64	47	24	2	771	
Max	0	0	11	47	86	97	131	138	155	155	120	103	81	42	4	994	
Min	0	0	2	24	41	59	46	60	53	46	42	35	27	5	0	504	

## ตารางที่ 6-16 รังสีกระจายอาทิตย์เดือนเมษายน

Totals of Diffuse Solar Radiation (sky), x 0.01 MJ/m <sup>2</sup>																	
Station	: Bangkok ( Lat : 13 40' N, Long : 100 37' E )											Country	: Thailand				
Instrument	: Pyranometer CM 121											Month Year	: April 2007				
Time Date	Hourly Totals															Daily	
	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	Totals	
1	0	0	7	28	43	53	56	52	47	38	33	31	27	16	2	433	
2	0	0	7	29	58	85	91	86	96	90	60	46	34	19	2	703	
3	0	0	8	33	59	66	75	44	38	30	152	30	26	14	1	576	
4	0	0	8	32	49	84	-	93	92	119	91	66	40	22	2	698	
5	0	0	8	27	44	68	97	101	116	123	111	89	55	25	2	866	
6	0	0	9	41	78	108	122	54	21	68	114	101	44	20	2	782	
7	0	0	2	5	56	84	113	105	126	108	87	93	57	19	2	857	
8	0	0	9	37	62	97	126	120	122	101	86	64	47	23	2	896	
9	0	0	9	39	61	78	108	108	4	1	-	-	55	17	2	482	
10	0	0	10	38	70	103	90	114	118	105	79	57	45	24	2	855	
11	0	0	11	39	56	83	119	103	95	98	78	77	23	5	1	788	
12	0	0	6	43	59	111	146	132	60	5	51	49	46	22	1	731	
13	0	0	11	45	57	94	102	122	109	108	135	91	48	18	2	942	
14	0	0	12	48	85	135	138	125	111	130	78	56	45	17	2	982	
15	0	0	17	50	82	97	95	78	72	63	76	72	46	21	2	771	
16	0	0	10	34	59	80	115	116	141	140	106	109	69	31	2	1012	
17	0	0	20	54	64	81	67	68	62	59	47	40	26	12	1	601	
18	0	0	8	32	61	75	102	113	98	71	54	43	40	31	3	731	
19	0	0	9	48	36	48	129	133	133	107	122	99	64	27	3	958	
20	0	0	14	33	72	91	79	97	99	66	54	56	57	24	2	744	
21	0	0	17	47	81	95	88	68	71	67	50	42	33	16	2	677	
22	0	0	12	29	37	40	42	41	39	38	36	32	26	16	1	389	
23	0	0	17	54	73	102	121	125	95	89	74	51	34	20	3	858	
24	0	0	13	36	74	98	99	96	103	86	43	37	31	18	1	735	
25	0	0	11	37	55	83	83	86	63	49	45	40	37	32	6	627	
26	0	0	14	42	50	58	101	137	129	101	120	81	21	0	0	854	
27	0	0	18	57	60	64	86	121	105	111	104	101	87	30	3	947	
28	0	0	0	0	0	6	11	55	74	82	89	94	65	20	1	497	
29	0	0	21	55	94	106	126	135	128	80	6	0	16	13	2	782	
30	0	0	1	4	3	0	1	20	91	90	93	76	48	23	1	451	
N	30	30	30	30	30	30	29	30	30	30	29	29	30	30	30	30	
Total	0	0	319	1096	1738	2373	2728	2848	2658	2423	2274	1823	1292	595	58	22225	
Mean	0	0	11	37	58	79	94	95	89	81	78	63	43	20	2	741	
Max	0	0	21	57	94	135	146	137	141	140	152	109	87	32	6	1012	
Min	0	0	0	0	0	0	1	20	4	1	6	0	16	0	0	389	

ตารางที่ 6-17 รังสีกระจายอาทิตย์เดือนพฤษภาคม

Totals of Diffuse Solar Radiation (sky), x 0.01 MJ/m <sup>2</sup>																
Station	: Bangkok ( Lat : 13 40' N, Long : 100 37' E )												Country	: Thailand		
Instrument	: Pyranometer CM 121												Month Year	: May 2007		
Time Date	Hourly Totals															Daily
	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	Totals
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	0	0	4	18	27	12	26	26	81	116	111	79	47	12	1	560
5	0	0	7	27	69	86	90	150	172	122	70	70	53	15	0	931
6	0	0	18	62	99	84	150	184	173	161	107	107	58	15	1	1219
7	0	0	17	41	61	84	141	134	110	136	94	39	21	14	9	901
8	0	0	16	44	41	78	108	133	105	86	96	76	45	18	2	848
9	0	0	14	37	51	81	78	6	9	0	1	6	38	34	2	357
10	0	0	14	44	54	88	72	2	0	0	0	8	30	24	2	338
11	0	0	6	19	28	7	83	153	125	95	74	99	74	29	3	795
12	0	0	5	12	7	0	4	43	123	149	139	100	76	14	1	673
13	0	0	12	15	15	73	105	5	60	95	94	14	26	20	2	536
14	0	0	14	15	5	43	65	105	77	74	121	94	45	15	0	673
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	0	1	20	56	9	38	84	82	146	65	57	70	76	40	6	750
17	0	2	20	73	125	73	137	156	134	80	82	94	73	23	2	1074
18	0	1	15	28	11	51	100	111	108	107	54	63	33	18	3	703
19	0	0	17	51	60	56	57	77	104	128	116	63	47	15	2	793
20	0	1	19	41	53	60	80	74	65	49	40	39	45	28	3	597
21	0	0	15	24	37	66	70	71	56	79	75	70	62	32	4	661
22	0	0	16	46	76	108	133	132	144	124	112	76	49	28	4	1048
23	0	1	24	44	47	62	59	82	101	99	70	59	18	30	9	705
24	0	1	15	30	45	77	131	147	134	110	69	79	49	26	6	919
25	0	1	15	38	49	117	96	117	118	121	119	86	36	22	5	940
26	0	0	20	43	49	49	58	65	100	88	81	68	39	25	5	690
27	0	0	17	40	51	47	48	46	77	70	65	57	36	4	1	559
28	0	1	22	54	84	85	114	139	126	106	85	87	74	8	0	985
29	0	1	25	59	77	98	133	142	139	129	124	54	32	25	2	1040
30	0	0	17	55	58	67	96	93	88	100	108	65	40	24	2	813
31	0	0	9	45	85	100	116	135	114	129	129	83	46	16	3	1010
N	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
Total	0	10	413	1061	1373	1790	2434	2610	2789	2618	2293	1805	1268	574	80	21118
Mean	0	0	15	39	51	66	90	97	103	97	85	67	47	21	3	782
Max	0	2	25	73	125	117	150	184	173	161	139	107	76	40	9	1219
Min	0	0	4	12	5	0	4	2	0	0	0	6	18	4	0	338

ตารางที่ 6-18 รังสีกระจายอาทิตย์เดือนมิถุนายน

Totals of Diffuse Solar Radiation (sky), x 0.01 MJ/m <sup>2</sup>																
Station	: Bangkok ( Lat : 13 40' N, Long : 100 37' E )														Country	: Thailand
Instrument	: Pyranometer CM 121														Month Year	: June 2007
Time Date	Hourly Totals															Daily Totals
	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	Totals
1	0	0	18	52	90	101	102	98	91	98	99	75	28	9	2	863
2	0	1	27	44	46	61	105	115	123	60	20	22	26	11	1	662
3	0	1	7	45	79	88	112	117	128	74	22	37	46	20	2	778
4	0	1	18	61	88	97	130	133	144	99	102	91	66	32	5	1067
5	0	1	22	53	67	84	89	94	90	87	56	64	38	26	5	776
6	0	1	23	29	32	48	55	43	47	58	28	23	22	14	3	426
7	0	1	13	19	24	34	59	77	67	47	30	33	40	26	3	473
8	0	1	15	39	39	90	69	112	115	62	69	57	41	24	4	737
9	0	2	40	41	77	39	42	65	79	67	48	46	50	24	5	625
10	0	1	18	27	26	33	38	101	97	53	46	50	50	34	6	580
11	0	1	15	41	42	33	60	39	34	39	35	31	27	20	5	422
12	0	0	19	40	45	67	97	105	89	97	89	87	57	27	5	824
13	0	0	20	50	70	87	96	96	102	66	60	77	60	27	4	815
14	0	0	18	40	53	63	94	103	98	106	76	62	54	39	8	814
15	0	0	20	51	78	93	58	60	56	60	81	80	74	31	3	745
16	0	0	17	55	83	82	75	72	66	81	75	71	77	36	5	795
17	0	0	18	53	81	82	76	121	126	121	112	88	54	16	1	949
18	0	0	21	50	52	67	81	116	117	40	36	38	46	35	4	703
19	0	0	20	47	68	92	92	106	70	43	89	50	52	38	6	773
20	0	2	21	29	66	89	81	92	94	56	15	39	67	38	7	696
21	0	0	18	52	96	94	136	127	65	103	100	96	60	36	4	987
22	0	0	11	34	70	98	115	111	121	136	121	82	35	2	0	936
23	0	1	21	53	64	84	119	110	62	121	96	38	2	0	0	771
24	0	0	11	44	94	124	48	47	48	64	41	31	44	8	2	606
25	0	0	16	58	102	117	135	129	119	92	116	70	45	29	3	1031
26	0	0	16	40	74	109	103	124	150	148	123	90	77	38	5	1097
27	0	0	13	49	97	107	115	136	150	133	133	83	39	12	2	1069
28	0	0	12	40	91	116	140	153	117	108	43	23	15	22	8	888
29	0	0	14	47	79	76	138	103	133	116	61	119	79	22	1	988
30	0	0	8	26	65	126	136	192	185	141	133	81	49	14	2	1158
N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Total	0	14	530	1309	2038	2481	2796	3097	2983	2576	2155	1834	1420	710	111	24054
Mean	0	0	18	44	68	83	93	103	99	86	72	61	47	24	4	802
Max	0	2	40	61	102	126	140	192	185	148	133	119	79	39	8	1158
Min	0	0	7	19	24	33	38	39	34	39	15	22	2	0	0	422

ตารางที่ 6-19 รังสีกระจายอาทิตย์เดือนกรกฎาคม

Totals of Diffuse Solar Radiation (sky), x 0.01 MJ/m <sup>2</sup>																
Station	: Bangkok ( Lat : 13 40' N, Long : 100 37' E )													Country	: Thailand	
Instrument	: Pyranometer CM 121													Month Year	: July 2007	
Time Date	Hourly Totals															Daily
	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	Totals
1	0	0	13	41	107	135	150	146	165	144	104	103	78	39	2	1227
2	0	0	17	48	81	122	171	166	143	124	124	78	30	11	3	1118
3	0	0	15	53	80	107	137	172	169	154	127	90	48	14	1	1167
4	0	0	14	45	88	74	121	143	110	74	106	73	65	25	9	947
5	0	0	20	59	78	92	137	156	119	64	39	17	39	23	3	846
6	0	0	8	36	47	37	49	75	62	48	48	46	32	13	2	503
7	0	0	12	46	88	102	154	108	153	124	74	72	38	2	0	973
8	0	0	13	46	105	129	143	138	106	109	97	92	41	39	5	1063
9	0	1	15	32	55	84	56	59	73	65	74	55	47	16	2	634
10	0	0	12	23	35	71	139	146	151	91	61	64	58	17	1	869
11	0	0	17	25	31	35	84	138	58	106	147	90	67	43	6	847
12	0	0	15	46	78	116	172	168	146	136	134	80	38	27	6	1162
13	0	0	14	43	74	83	129	153	124	130	65	100	60	34	7	1016
14	0	0	10	38	33	109	137	170	175	137	118	66	75	31	8	1107
15	0	0	16	46	86	116	107	114	119	92	108	103	63	33	3	1006
16	0	0	9	57	73	92	121	110	115	69	53	52	42	7	1	801
17	0	0	8	36	69	93	103	132	111	52	37	48	44	24	0	757
18	0	0	15	60	56	85	146	131	110	73	59	61	73	41	6	916
19	0	0	14	43	73	87	97	119	128	127	120	103	76	37	6	1030
20	0	0	15	42	61	70	73	74	100	112	116	30	57	41	5	796
21	0	0	10	39	74	97	110	122	140	100	70	73	79	40	7	961
22	0	0	10	18	38	43	54	70	99	91	84	72	53	31	5	668
23	0	0	11	26	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	105
24	-	-	-	-	59	100	146	160	175	146	111	83	53	30	5	1068
25	0	0	11	46	74	106	107	52	11	20	0	0	24	23	4	478
26	0	0	13	43	74	103	115	103	149	137	88	68	61	28	5	987
27	0	0	11	31	46	64	115	40	73	128	85	86	68	45	6	798
28	0	0	17	64	82	103	83	76	114	71	51	75	32	19	2	789
29	0	0	-	-	-	-	109	120	111	98	95	70	60	27	3	693
30	0	0	16	34	83	34	53	66	33	51	73	79	52	29	8	611
31	0	0	9	28	43	37	40	76	113	82	91	99	75	11	0	704
N	30	30	29	29	30	29	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31
Total	0	1	380	1194	2039	2526	3358	3503	3455	2955	2559	2128	1628	800	121	26647
Mean	0	0	13	41	68	87	112	117	115	99	85	71	54	27	4	860
Max	0	1	20	64	107	135	172	172	175	154	147	103	79	45	9	1227
Min	0	0	8	18	31	34	40	40	11	20	0	0	24	2	0	105

ตารางที่ 6-20 รังสีกระจายอาทิตย์เดือนสิงหาคม

Totals of Diffuse Solar Radiation (sky), x 0.01 MJ/m <sup>2</sup>																
Station	: Bangkok ( Lat : 13 40' N, Long : 100 37' E )														Country	: Thailand
Instrument	: Pyranometer CM 121														Month Year	: August 2007
Time Date	Hourly Totals															Daily Totals
	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	Totals
1	0	0	7	36	86	55	100	118	109	107	103	84	46	9	3	863
2	0	0	18	59	68	88	132	168	118	109	90	59	51	29	5	994
3	0	0	7	35	79	142	79	120	143	110	109	87	73	39	6	1029
4	0	0	8	46	74	117	142	144	131	103	137	98	76	44	7	1127
5	0	0	8	45	82	94	120	147	133	80	72	3	61	30	6	881
6	0	0	3	19	44	74	148	134	168	112	101	81	83	29	3	999
7	0	0	5	38	65	110	102	138	122	106	73	56	38	19	1	873
8	0	0	2	2	24	45	54	67	70	75	60	38	18	12	2	469
9	0	0	10	49	57	73	117	134	133	187	145	111	74	36	6	1132
10	0	0	4	15	25	77	160	187	186	179	130	79	-	-	4	1046
11	0	0	10	52	70	86	120	148	122	85	92	62	20	0	2	869
12	0	0	12	40	58	100	93	119	103	154	131	114	65	35	5	1029
13	0	0	12	50	84	103	126	119	138	146	117	86	53	24	1	1059
14	0	0	14	38	51	58	60	83	108	93	77	58	47	28	6	721
15	0	0	11	45	81	115	133	136	131	143	120	104	75	33	3	1130
16	0	0	10	24	24	96	108	147	126	93	24	42	25	7	1	727
17	0	0	11	50	62	103	128	149	115	108	120	97	72	37	6	1058
18	0	0	5	31	55	78	80	116	133	95	78	54	43	16	1	785
19	0	0	12	34	36	40	45	62	65	106	83	69	40	6	2	600
20	0	0	9	24	31	39	46	64	87	86	79	84	29	0	1	579
21	0	0	11	42	81	93	117	124	137	132	108	73	43	28	3	992
22	0	0	10	45	84	102	107	144	163	137	101	83	42	13	1	1032
23	0	0	6	31	70	92	125	132	141	131	78	31	13	6	1	857
24	0	0	11	43	51	94	116	130	123	129	122	75	43	26	2	965
25	0	0	9	43	70	113	99	94	80	101	71	96	54	26	2	858
26	0	0	11	41	81	63	48	76	85	91	88	43	35	23	1	686
27	0	0	11	40	52	60	110	142	156	130	119	69	42	23	2	956
28	0	0	1	6	23	11	1	29	40	126	120	46	14	16	2	435
29	0	0	11	51	84	99	63	93	42	68	40	86	55	27	2	721
30	0	0	0	6	8	67	67	110	124	158	119	96	61	25	1	842
31	0	0	7	32	35	112	146	156	147	118	40	32	31	22	3	881
N	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	30	30	31	31
Total	0	0	266	1112	1795	2599	3092	3730	3679	3598	2947	2196	1422	668	91	27195
Mean	0	0	9	36	58	84	100	120	119	116	95	71	47	22	3	877
Max	0	0	18	59	86	142	160	187	186	187	145	114	83	44	7	1132
Min	0	0	0	2	8	11	1	29	40	68	24	3	13	0	1	435

ตารางที่ 6-21 รังสีกระจายอาทิตย์เดือนกันยายน

Totals of Diffuse Solar Radiation (sky), x 0.01 MJ/m <sup>2</sup>																
Station	: Bangkok ( Lat : 13 40' N, Long : 100 37' E )													Country	: Thailand	
Instrument	: Pyranometer CM 121													Month Year	: September 2007	
Time Date	Hourly Totals															Daily
	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	Totals
1	0	0	5	40	72	89	103	154	173	148	107	64	62	29	2	1048
2	0	0	10	36	89	113	135	132	87	81	77	95	71	31	2	959
3	0	0	5	16	9	84	95	117	162	153	116	90	56	25	1	929
4	0	0	6	34	57	107	134	105	110	100	94	85	61	33	2	928
5	0	0	8	47	87	104	119	114	127	146	117	91	64	26	1	1051
6	0	0	11	49	80	102	110	111	88	108	76	70	62	31	2	900
7	0	0	11	40	78	61	38	70	105	122	125	76	46	21	2	795
8	0	0	11	23	28	31	51	57	98	95	92	58	26	13	1	584
9	0	0	10	48	78	92	115	141	107	116	93	45	39	15	0	899
10	0	0	13	61	106	127	120	106	126	110	105	98	58	21	1	1052
11	0	0	8	36	79	113	143	136	144	116	103	88	47	23	1	1037
12	0	0	12	52	57	56	81	81	121	103	73	63	48	20	1	768
13	0	0	0	18	69	101	112	102	129	129	90	80	47	24	1	902
14	0	0	0	4	7	0	26	101	120	57	56	76	62	29	1	539
15	0	0	11	38	77	101	136	135	72	132	119	98	54	9	0	982
16	0	0	12	45	88	61	136	74	43	168	58	25	24	14	0	748
17	0	0	9	55	24	28	99	155	123	109	68	85	60	19	0	834
18	0	0	11	37	78	113	155	172	120	141	104	90	36	14	0	1071
19	0	0	13	52	78	57	112	84	106	151	103	75	72	22	1	926
20	0	0	6	11	12	55	85	147	174	108	50	74	46	14	0	782
21	0	0	11	48	14	3	42	82	102	174	138	70	32	14	0	730
22	0	0	13	43	68	114	139	138	138	149	112	43	52	13	0	1022
23	0	0	14	55	100	146	143	110	115	114	104	99	59	36	0	1095
24	0	0	11	32	54	79	90	108	137	106	115	94	48	16	0	890
25	0	0	13	41	53	65	83	108	130	113	102	88	47	14	0	857
26	0	0	15	33	48	60	89	92	134	115	79	61	21	9	0	756
27	0	0	7	41	54	58	57	91	124	94	87	45	25	10	0	693
28	0	0	1	8	30	35	122	143	107	72	94	85	53	15	0	765
29	0	0	10	47	70	118	71	115	133	112	97	45	35	10	0	863
30	0	0	10	35	53	56	77	103	91	118	48	43	40	9	0	683
N	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>277</b>	<b>1125</b>	<b>1797</b>	<b>2329</b>	<b>3018</b>	<b>3384</b>	<b>3546</b>	<b>3560</b>	<b>2802</b>	<b>2199</b>	<b>1453</b>	<b>579</b>	<b>19</b>	<b>26088</b>
<b>Mean</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>38</b>	<b>60</b>	<b>78</b>	<b>101</b>	<b>113</b>	<b>118</b>	<b>119</b>	<b>93</b>	<b>73</b>	<b>48</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>870</b>
Max	0	0	15	61	106	146	155	172	174	174	138	99	72	36	2	1095
Min	0	0	0	4	7	0	26	57	43	57	48	25	21	9	0	539

ตารางที่ 6-22 รังสีกระจายอาทิตย์เดือนตุลาคม

Totals of Diffuse Solar Radiation (sky), x 0.01 MJ/m <sup>2</sup>																
Station	: Bangkok ( Lat : 13 40' N, Long : 100 37' E )														Country	: Thailand
Instrument	: Pyranometer CM 121														Month Year	: October 2007
Time Date	Hourly Totals															Daily Totals
	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	Totals
1	0	0	7	24	32	78	124	120	119	106	93	62	29	4	0	798
2	0	0	14	31	74	94	111	140	133	139	133	100	41	19	0	1029
3	0	0	11	52	86	133	154	161	157	109	61	74	47	11	0	1056
4	0	0	8	42	74	137	171	134	112	133	117	55	40	10	0	1033
5	0	0	5	30	32	48	76	120	118	122	94	66	50	13	0	774
6	0	0	8	46	90	122	113	123	101	113	109	81	31	7	0	944
7	0	0	8	32	53	95	133	133	107	89	79	62	40	14	0	845
8	0	0	8	45	52	105	131	121	132	151	121	82	34	8	0	990
9	0	0	10	48	86	71	54	21	0	3	69	75	24	2	0	463
10	0	0	7	43	34	45	65	100	23	40	51	48	44	5	0	505
11	0	0	6	32	16	0	25	64	108	99	59	28	26	6	0	469
12	0	0	0	0	0	41	112	131	104	73	55	43	31	8	0	598
13	0	0	14	63	47	105	150	118	124	66	80	64	46	9	0	886
14	0	0	13	47	78	102	104	93	86	93	42	0	0	0	0	658
15	0	0	10	44	93	85	106	112	94	90	75	44	14	3	0	770
16	0	0	11	52	76	103	113	121	109	72	92	61	30	5	0	845
17	0	0	9	47	75	118	129	86	176	164	123	64	36	10	0	1037
18	0	0	12	41	48	56	66	111	138	125	91	43	32	7	0	770
19	0	0	12	42	61	80	102	144	138	135	112	91	52	9	0	978
20	0	0	7	33	67	111	115	110	120	122	99	76	44	9	0	913
21	0	0	12	50	84	103	110	126	136	126	128	67	25	8	0	975
22	0	0	12	43	68	91	103	103	114	103	80	58	17	3	0	795
23	0	0	5	40	69	91	137	160	156	131	101	64	56	8	0	1018
24	0	0	10	35	82	94	68	61	63	65	64	56	38	11	0	647
25	0	0	10	29	75	74	121	142	125	93	67	63	37	-	-	836
26	0	0	10	38	76	118	118	85	65	72	44	34	23	3	0	686
27	0	0	5	20	58	105	132	152	154	53	64	50	20	4	0	817
28	0	0	9	38	56	128	150	139	112	100	82	43	33	12	0	902
29	0	0	7	45	50	45	80	140	114	76	55	37	24	5	0	678
30	0	0	10	31	39	49	51	63	76	119	118	48	25	4	0	633
31	0	0	2	14	27	53	118	91	51	88	62	89	34	5	0	634
N	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	30	30	31
Total	0	0	272	1177	1858	2680	3342	3525	3365	3070	2620	1828	1023	222	0	24982
Mean	0	0	9	38	60	86	108	114	109	99	85	59	33	7	0	806
Max	0	0	14	63	93	137	171	161	176	164	133	100	56	19	0	1056
Min	0	0	0	0	0	0	25	21	0	3	42	0	0	0	0	463



ตารางที่ 6-23 รังสีกระจายอาทิตย์เดือนพฤศจิกายน

Totals of Diffuse Solar Radiation (sky), x 0.01 MJ/m <sup>2</sup>																
Station	: Bangkok ( Lat : 13 40' N, Long : 100 37' E )														Country	: Thailand
Instrument	: Pyranometer CM 121														Month Year	: November 2007
Time Date	Hourly Totals															Daily
	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	Totals
1	0	0	11	43	56	67	81	96	96	117	72	41	38	8	0	726
2	0	0	6	43	66	99	113	122	153	137	43	46	48	7	0	883
3	0	0	9	47	87	73	45	95	104	49	71	47	23	7	0	657
4	0	0	8	24							75	54	22	3	0	186
5	0	0	8	26	38	68	112	95	66	54	54	42	22	3	0	588
6	0	0	10	37	66	52	59	74	74	64	56	49	28	3	0	572
7	0	0	9	37	73	98	89	71	57	63	68	50	29	5	0	649
8	0	0	11	33	47	62	78	82	66	65	63	55	14	4	0	580
9	0	0	8	26	39	48	54	57	60	57	52	50	34	6	0	491
10	0	0	8	36	57	70	79	89	106	106	100	79	38	5	0	773
11	0	0	11	44	69	105	114	159	153	118	108	80	18	5	0	984
12	0	0	9	35	58	100	96	119	146	116	113	71	42	6	0	911
13	0	0	7	22	30	42	69	84	100	84	75	72	19	4	0	608
14	0	0	8	39	51	64	91	100	91	68	54	28	18	4	0	616
15	0	0	8	20	73	105	105	125	147	107	101	65	28	4	0	888
16	0	0	7	22	30	35	37	42	44	44	40	29	19	3	0	352
17	0	0	6	21	31	41	43	56	76	82	66	40	27	5	0	494
18	0	0	4	27	35	69	63	113	111	113	84	56	18	4	0	697
19	0	0	1	9	50	96	95	46	96	86	60	41	23	3	0	606
20	0	0	5	18	54	109	101	138	149	147	92	57	21	2	0	893
21	0	0	8	34	52	59	66	76	74	64	58	44	20	2	0	557
22	0	0	12	46	51	60	75	83	93	100	84	80	39	5	0	728
23	0	0	7	28	46	60	65	69	71	70	59	46	28	5	0	554
24	0	0	8	37	58	65	66	67	67	67	65	50	27	3	0	580
25	0	0	6	30	49	61	69	75	82	92	74	53	26	3	0	620
26	0	0	4	28	47	57	61	64	69	68	65	60	30	4	0	557
27	0	0	5	28	46	55	59	62	64	64	60	50	26	4	0	523
28	0	0	6	27	41	51	57	59	57	54	49	40	26	5	0	472
29	0	0	6	29	44	54	61	61	55	51	48	40	26	5	0	480
30	0	0	6	30	47	60	66	67	72	72	71	-	31	7	0	529
N	30	30	30	30	29	29	29	29	29	29	30	29	30	30	30	30
Total	0	0	222	926	1491	1985	2169	2446	2599	2379	2080	1515	808	134	0	18754
Mean	0	0	7	31	51	68	75	84	90	82	69	52	27	4	0	625
Max	0	0	12	47	87	109	114	159	153	147	113	80	48	8	0	984
Min	0	0	1	9	30	35	37	42	44	44	40	28	14	2	0	186

ตารางที่ 6-24 รังสีกระจายอาทิตย์เดือนธันวาคม

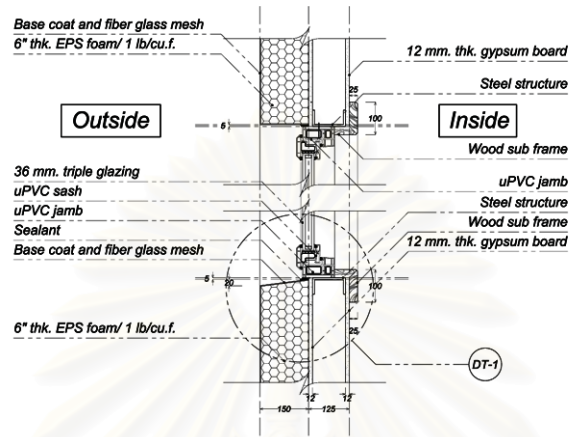
Totals of Diffuse Solar Radiation (sky), x 0.01 MJ/m <sup>2</sup>																	
Station	: Bangkok ( Lat : 13 40' N, Long : 100 37' E )											Country	: Thailand				
Instrument	: Pyranometer CM 121											Month Year	: December 2007				
Time Date	Hourly Totals															Daily	
	04-05	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	Totals	
1	0	0	4	24	38	50	56	58	61	67	70	50	28	7	0	513	
2	0	0	4	28	44	50	56	65	59	53	46	41	28	7	0	481	
3	0	0	3	23	37	48	46	46	61	63	50	36	24	7	0	444	
4	0	0	3	17	25	28	29	29	29	35	35	25	19	6	0	280	
5	0	0	3	23	41	76	84	64	71	77	82	68	35	5	0	629	
6	0	0	3	21	33	40	49	60	63	59	52	40	29	7	0	456	
7	0	0	3	23	35	45	43	44	48	54	47	40	26	6	0	414	
8	0	0	2	32	62	49	43	43	47	52	61	45	23	7	0	466	
9	0	0	3	25	44	54	60	59	59	53	49	44	29	7	0	486	
10	0	0	4	31	51	54	61	79	105	104	93	66	38	10	0	696	
11	0	0	4	37	52	68	81	90	93	92	76	58	38	9	0	698	
12	0	0	3	21	32	41	43	54	65	66	69	50	23	5	0	472	
13	0	0	3	25	38	44	47	49	69	71	68	55	30	6	0	505	
14	0	0	3	26	53	53	51	51	51	53	55	49	33	9	0	487	
15	0	0	2	26	45	81	70	76	82	90	92	57	27	9	0	657	
16	0	0	3	22	33	41	50	56	60	58	53	41	28	8	0	453	
17	0	0	3	31	56	59	58	48	49	61	62	42	27	7	0	503	
18	0	0	2	22	55	80	97	97	64	47	42	46	42	8	0	602	
19	0	0	1	16	34	50	58	64	81	100	98	77	36	9	0	624	
20	0	0	3	25	34	40	41	51	46	48	46	33	24	9	0	400	
21	0	0	2	24	41	59	70	69	65	58	47	39	29	9	0	512	
22	0	0	2	29	55	62	65	82	92	85	70	55	38	12	0	647	
23	0	0	1	17	43	45	50	44	37	32	29	24	17	6	0	345	
24	0	0	2	22	34	47	60	52	49	66	68	73	48	12	0	533	
25	0	0	1	17	34	55	80	81	87	79	72	79	45	10	0	640	
26	0	0	1	17	34	41	74	72	72	77	74	51	35	7	0	555	
27	0	0	2	28	44	72	75	73	78	97	66	42	34	8	0	619	
28	0	0	2	33	52	60	52	45	45	62	68	60	26	10	0	515	
29	0	0	1	25	37	47	47	50	45	50	60	47	31	9	0	449	
30	0	0	1	24	38	48	56	57	48	49	53	47	28	8	0	457	
31	0	0	1	19	38	51	59	64	67	74	70	61	43	15	0	562	
N	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	
Total	0	0	75	753	1292	1638	1811	1872	1948	2032	1923	1541	961	254	0	16100	
Mean	0	0	2	24	42	53	58	60	63	66	62	50	31	8	0	519	
Max	0	0	4	37	62	81	97	97	105	104	98	79	48	15	0	698	
Min	0	0	1	16	25	28	29	29	29	32	29	24	17	5	0	280	



ภาคผนวก ข

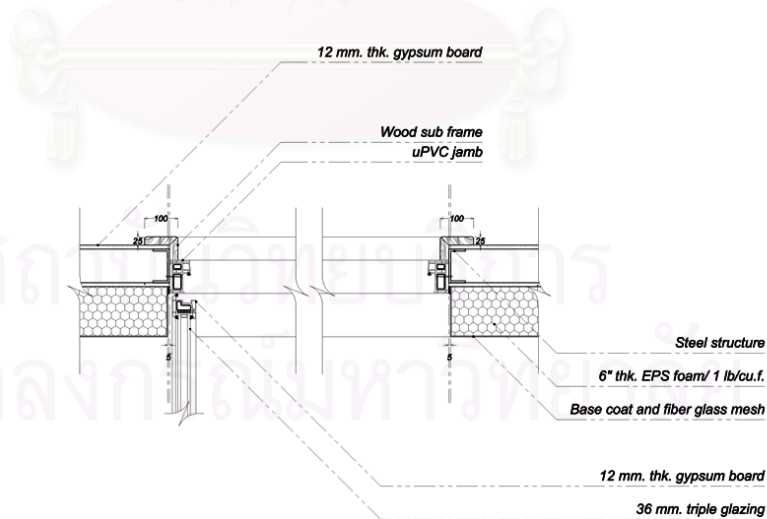
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบการติดตั้งช่องเปิดต้นแบบบนอาคารจริง  
อาคารบ้านชีวาทิพย์ 2



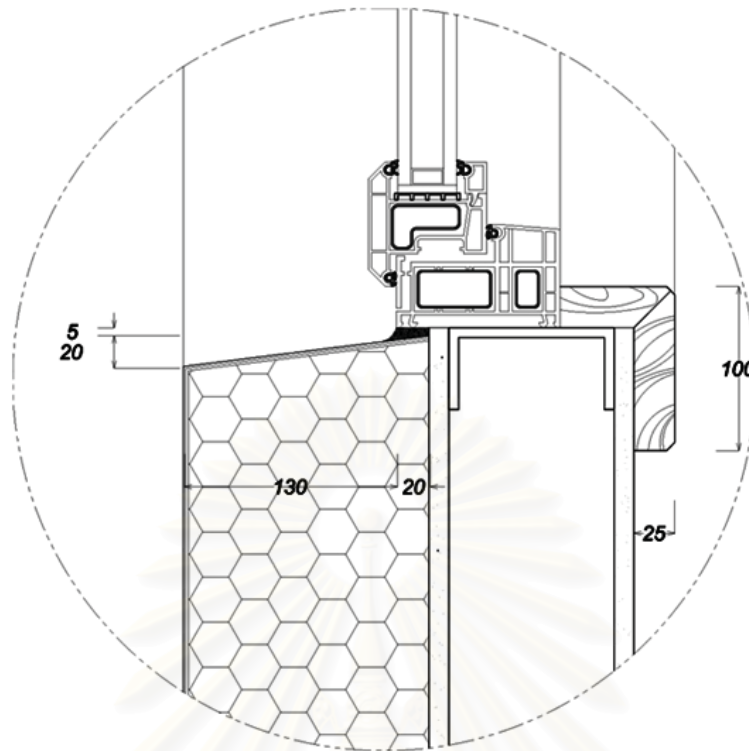
**SECTION** Sliding glass window frame with subframe typical section detail  
SCALE 1 : 10

รูปที่ 6-1 แบบรายละเอียดติดตั้งช่องเปิดบานเปิด: รูปตัด



**PLAN** Exterior opening door frame with sub frame typical plan detail  
SCALE 1 : 10

รูปที่ 6-2 แบบรายละเอียดติดตั้งช่องเปิดบานเปิด: ผัง



รูปที่ 6-3 แบบรายละเอียดติดตั้งช่องเปิดบานเปิด: แบบขยายรายละเอียด



รูปที่ 6-4 อาคารบ้านชีวาทิตย์ 2



รูปที่ 6-5 การเตรียมช่องเปิดก่อนการติดตั้ง



รูปที่ 6-6 อุปกรณ์วัดระดับช่องเปิด



รูปที่ 6-7 การติดตั้งช่องเปิด



รูปที่ 6-8 บรรยากาศภายในอาคารหลังการติดตั้ง 1: ช่องเปิดต้นแบบรูปแบบพิเศษ



รูปที่ 6-9 บรรยากาศภายในอาคารหลังการติดตั้ง 2: ช่องเปิดต้นแบบรูปแบบพิเศษ



รูปที่ 6-10 รายละเอียดการติดตั้งช่องเปิดภายใน: ช่องเปิดต้นแบบรูปแบบพิเศษ



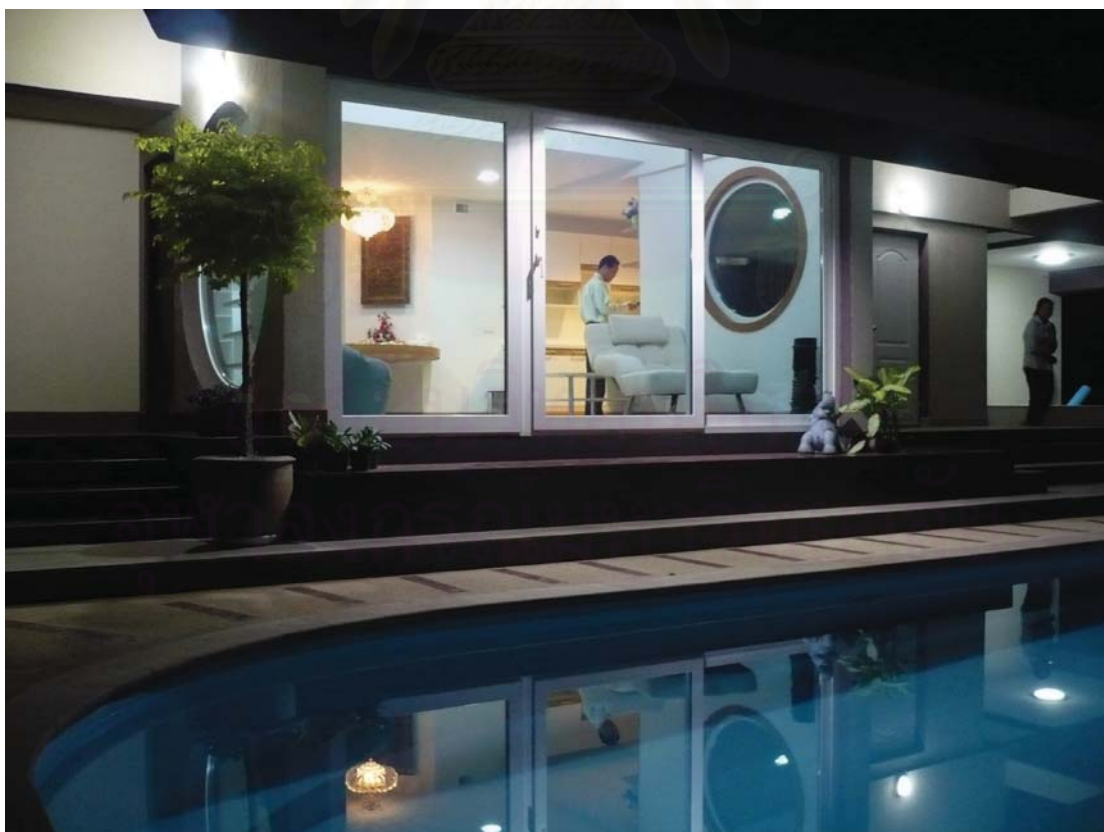


รูปที่ 6-11 บรรยากาศภายในอาคารหลังการติดตั้ง 3: ช่องเปิดต้นแบบช่องแสง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6-12 บรรยากาศภายในอาคารหลังการติดตั้ง 4: ช่องเปิดต้นแบบมาตรฐาน



รูปที่ 6-13 บรรยากาศภายนอกอาคาร



รูปที่ 6-14 บรรยากาศภายนอกอาคาร

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายวรุฒิ ศิริวัชภูษะ

เกิดวันพุธที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2524

สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร

### สถานที่ติดต่อ

ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอาคาร และสิ่งแวดล้อม ชั้น 11 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

### ประวัติการศึกษา และการทำงาน

- พ.ศ. 2541 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเทพศิรินทร์
- พ.ศ. 2546 สำเร็จการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- พ.ศ. 2547-2548 ประกอบวิชาชีพสถาปนิกบริษัท สถาปนิกหนึ่งร้อยสิบ จำกัด
- ปัจจุบัน ผู้ช่วยนักวิจัย ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอาคารและสิ่งแวดล้อม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย