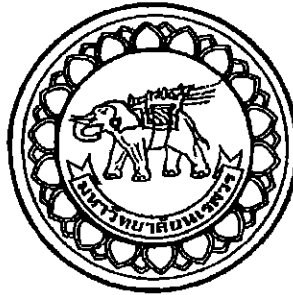


อภิธาน์นทาการ



สำนักหอสมุด



ออกแบบและสร้างอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคาร  
Design and Fabrication of a 2-axis External Shading for Building

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร  
วันลงทะเบียน..... 14 ก.ย. 2560  
เลขทะเบียน..... 19181929  
เลขเรียกหนังสือ.....

นายวินัย	สังคง	รหัส 56162313
นายกฤติน	แสงเมือง	รหัส 56361839
นายภาณุรุทร	แก้วงาม	รหัส 56362164

ร/ร  
7640  
2559

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร  
ปีการศึกษา 2559



## ใบรับรองโครงการวิศวกรรม

หัวข้อโครงการ : ออกแบบและสร้างอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคาร  
Design and Fabrication of a 2-axis External Shading  
for Building

ผู้ดำเนินโครงการ : นายวินัย สังกะ รหัสนี้ 56162313  
นายกฤติน แสงเมือง รหัสนี้ 56361839  
นายภาณุรุท แก้วงาม รหัสนี้ 56362164

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษุภักดิ์ คันธลา  
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล  
ปีการศึกษา : 2559

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อนุมัติให้โครงการวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการ

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิษุภักดิ์ คันธลา)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

.....กรรมการ

(ดร. สุเมธ เหมะวัฒน์ชัย)

หัวข้อโครงการ : ออกแบบและสร้างอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคาร

ผู้ดำเนินโครงการ : นายวินัย สังกะ รหัสนี้ 56162313  
 นายกฤตินิ แสงเมือง รหัสนี้ 56361839  
 นายภาณุรุทริ แก้วงาม รหัสนี้ 56362164

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิขุภัณธ์ แคนลา  
 ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล  
 ปีการศึกษา : 2559

### บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคาร ทดสอบการปรับมุมในแนวราบ 10, 45 และ 75 องศา ปรับมุมแนวตั้ง 0, 90 องศา รวมถึงปรับมุมตามและทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิภายใน, อุณหภูมิผิวกระจก และความสว่างภายในกล่องโฝม ขนาด 35x35x48 ซม. ทหนา 2.50 ซม. จำนวน 3 กล่อง ด้านหนึ่งติดตั้งกระจกใสขนาด 33x25 ซม. ทหนา 6 มม. ในทิศตะวันออก ทิศใต้และทิศตะวันตกตามลำดับ พร้อมทั้งใช้โปรแกรม Building Energy Code V.1.0.6 คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดและค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง

จากการศึกษาพบว่าอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนนี้สามารถลดอุณหภูมิภายใน, อุณหภูมิผิวกระจก และเพิ่มความสว่างภายในกล่องโฝม รวมทั้งช่วยลดค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดและค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า 1) ทิศตะวันออก เวลา 6.00 น. - 12.00 น. ควรปรับมุมแนวตั้งตามเข็มนาฬิกา 0 - 45 องศา และแนวราบ 10 - 45 องศา 2) ทิศตะวันตก เวลา 12.00 น. - 18.00 น. ควรปรับมุมแนวตั้งทวนเข็มนาฬิกา 0 - 45 องศา และแนวราบ 10 - 45 องศา 3) ทิศใต้ เวลา 6.00 น. - 11.00 น. ควรปรับมุมในแนวตั้งทวนเข็มนาฬิกา 0 - 45 องศา และแนวราบ 10 องศา และเวลา 11.00 น. - 18.00 น. ควรปรับมุมแนวตั้งตามเข็มนาฬิกา 0 - 45 องศา และแนวราบ 10 องศา อย่างไรก็ตามในทิศนี้ตลอดทั้งวันก็สามารถปรับมุมแนวตั้ง 0 องศา และแนวราบ 10 - 45 องศา ได้เช่นกัน อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนนี้มีราคาวัสดุเพียง 460.83 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งมีราคาต่ำกว่าการติดตั้งผ้าม่านหรือมู่ลี่ ร่วมกับเหล็กดัด

**Project Title** : Design and Fabrication of a 2-axis External Shading for Building

**Name** : Mr. Winai Sangkong Code 56162313  
 Mr. Krittin Sangmuang Code 56361839  
 Mr. Phanurut kaewngam Code 56362164

**Project Advisor** : Assistant Professor Sitphan Kanla

**Department** : Mechanical Engineering

**Academic Year** : 2016

---

### Abstract

The purpose of this research for design and fabricate a 2-axis external shading for building. In this experiment have adjust horizontal angle 10, 45 and 75 degrees and vertical angle 0, 90 degrees including clockwise and counterclockwise 45 degrees. Measure inside temperature, glass surface temperature and illumination in 3 foam boxes size 35x35x48 cm<sup>3</sup>, thickness 2.50 cm. One side has installed with clear glass size 33x25 cm<sup>2</sup>, thickness 6 mm on East, South and West respectively. Shading Coefficient (SC) and Overall Thermal Transfer Value (OTTV) were calculated by Building Energy Code V.1.0.6.

The conclusion is that a 2-axis external shading could reduce inside temperature and glass surface temperature nevertheless increased illumination inside foam boxes. And reduced SC and OTTV. The results showed that 1) On East, 6.00 a.m. – 12.00 p.m. should adjust clockwise vertical angle 0-45 degrees and horizontal angle 10 - 45 degrees. 2) On West, 12.00 p.m. – 6.00 p.m. should revise counterclockwise vertical angle 0 - 45 degrees and horizontal angle 10 - 45 degrees. 3) On South, 6.00 a.m. – 11.00 a.m. should adjust counterclockwise vertical angle 0-45 degrees and horizontal angle to 10 degrees and on 11.00 a.m. – 6.00 p.m. should revise clockwise vertical angle 0-45 degrees and horizontal angle to 10 degrees. However, on this direction could be adjust vertical angle to 0 degrees and horizontal angle 10-45 degrees all day. This device has a cost 460.83 baths per square meter that lower than curtain with curved steel windows installation cost.

## กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

โครงการวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้สามารถทำงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ ผศ.ศิษฐ์ภัณฑ์ แคนลา อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่กรุณาให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินโครงการ ตลอดจนติดตามประเมินผลการดำเนินโครงการมาโดยตลอด ทางคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้วและ ดร.สุเมธ เหมะวิฒนะชัย ที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษาและแนะนำความรู้ต่างๆ เพื่อให้โครงการนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณฝ่ายเลขานุการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการดำเนินโครงการ

ขอขอบคุณหน่วยวิจัยเทคโนโลยีอาคารและการจัดการพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ทดสอบและเครื่องมือที่ใช้ในทดสอบโครงการนี้

ขอบพระคุณบิดาและมารดาที่ให้การอุปการะเลี้ยงดูและสั่งสอนจนกระทั่งสามารถเติบโตมาจนถึงปัจจุบัน ตลอดจนช่วยอุปการะทางการเงินและคอยให้กำลังใจจนกระทั่งโครงการนี้เสร็จสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ ผู้ดำเนินงานขอมอบคุณงามความดีที่เกิดขึ้นจากโครงการนี้ แต่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำให้โครงการนี้เสร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีและถ้าเกิดข้อผิดพลาดประการใดจากโครงการนี้ ผู้ดำเนินงานต้องกราบขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายวินัย	สังคง
นายภฤติน	แสงเมือง
นายภาณุรุทร	แก้วงาม

## สารบัญ

## หน้า

ใบรับรองโครงการวิศวกรรม .....	ก
บทคัดย่อ .....	ข
Abstract .....	ค
กิตติกรรมประกาศ .....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญรูปภาพ.....	ญ
สารบัญตาราง.....	ท
บทที่ 1.....	1
บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตการทำโครงการ	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
1.5 แผนการดำเนินงาน	8
1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ	9

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 2.....</b>	<b>10</b>
<b>หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น</b>	
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
2.2 การคำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV)	12
2.3 มุมอะซิมูท (Azimuth)	19
2.4 ตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์	20
2.5 โปรแกรม (Building Energy Code, BEC)	22
<b>บทที่ 3.....</b>	<b>23</b>
<b>วิธีดำเนินการโครงการ</b>	
3.1 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคาร	23
3.2 การสร้างกล่องทดลอง	24
3.3 ตำแหน่งการตรวจวัด	25
3.4 สถานที่ทำการทดลอง	27
3.5 วิธีทำการทดลอง	28
3.6 ทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด Shading Coefficient,(SC) และ วิเคราะห์หาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร Overall Thermal Transfer Value, (OTTV)	33

**สารบัญ(ต่อ)**

หน้า

**บทที่ 4.....38**

**4.1 การศึกษาการปรับมุมของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในแนวราบ**

4.1.1 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง	38
4.1.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ	43
4.1.3 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลอง	44
4.1.4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวัน ในแต่ละทิศ	49
4.1.5 ผลการตรวจวัดความสว่างภายในห้องทดลอง	50
4.1.6 การเปรียบเทียบความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ	55
4.1.7 การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองทิศทาง (SC) เฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ	56
4.1.8 การเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ในส่วนของกระจกในแต่ละทิศ	58

**4.2 การศึกษาการปรับมุมของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในแนวตั้ง**

4.2.1 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง	60
4.2.2 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ	64
4.2.3 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลอง	66
4.2.4 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวัน ในแต่ละทิศ	71

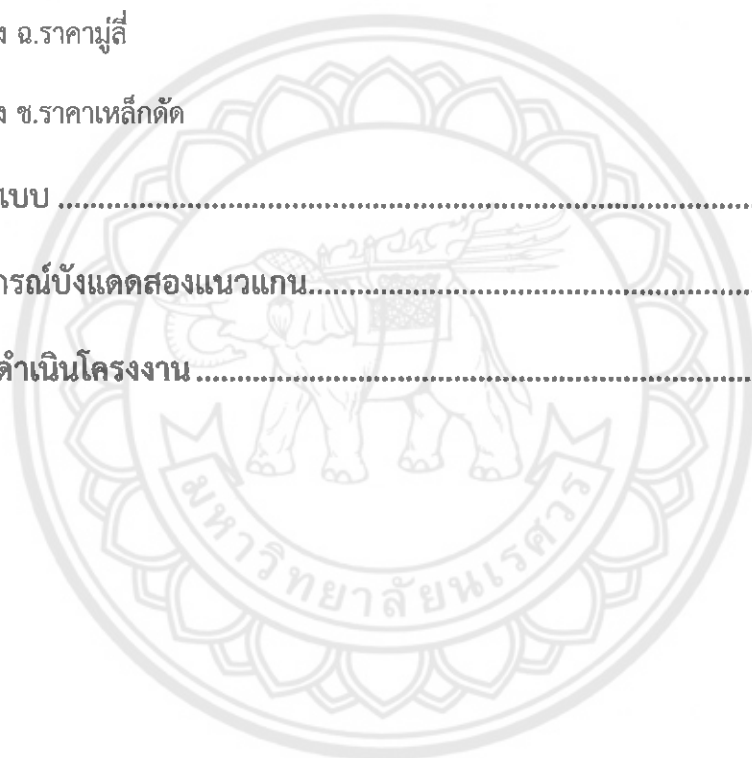


## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.2.5 ผลการตรวจวัดความสว่างภายในกล่องทดลอง	72
4.2.6 ผลการเปรียบเทียบความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ	77
4.2.7 การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองทิศทาง (SC) เฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ	79
4.2.8 การเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนของผนัง (OTTV) ในส่วนของกระจกในแต่ละทิศ	81
4.3 การเปรียบเทียบราคาผ้าม่าน มู่ลี่ เหล็กดัด และอุปกรณ์บังแดดสองแนวแกน ที่สร้างขึ้น	83
<b>บทที่ 5.....</b>	<b>84</b>
5.1 ผลการศึกษาการปรับมุมของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในแนวราบ	84
5.2 ผลการศึกษาการปรับมุมของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในแนวตั้ง	84
5.3 คำแนะนำในการใช้อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคาร	85
5.4 การเปรียบเทียบราคาของผ้าม่านหรือมู่ลี่และเหล็กดัดเมื่อเทียบกับอุปกรณ์บังแดด ภายนอกสองแนวแกน	86
5.5 ข้อเสนอแนะ	86
<b>ภาคผนวก.....</b>	<b>87</b>
ตาราง ก. ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน(k)ความหนาแน่น( $\rho$ ) และค่าความร้อนจำเพาะ( $C_p$ )ของวัสดุชนิดต่างๆ	88
ตาราง ข.ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) และค่าการส่งผ่านรังสี ที่ตามองเห็น (Visible transmittance, (Visible transmittance, $\tau_{vis}$ ) ของกระจกต่างๆ	88

**สารบัญ(ต่อ)**

	<b>หน้า</b>
ตาราง ค.ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (ESR) สำหรับอาคารประเภทสถานศึกษา	88
ตาราง จ.ราคาฝ้าม่าน	89
ตาราง ฉ.ราคามู่ลี่	93
ตาราง ช.ราคาเหล็กดัด	94
การออกแบบ .....	97
ราคาอุปกรณ์บังแดดสองแนวแกน.....	98
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ.....	99



## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 การถ่ายเทความร้อนจากรังสีจากอาทิตย์เข้าสู่ตัวอาคารผ่านทางกระจก	1
รูปที่ 1.2 อุปกรณ์บังแดดที่ใช้ในปัจจุบัน	2
รูปที่ 1.3 การปรับอุปกรณ์บังแดดแนวราบ	3
รูปที่ 1.4 การปรับอุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง	3
รูปที่ 1.5 กล่องโฟม EPS	4
รูปที่ 1.6 กระจกใสหนา 6 mm	5
รูปที่ 1.7 บริเวณทำการทดลอง	5
รูปที่ 1.8 ตำแหน่งการตรวจวัด	6
รูปที่ 1.9 โปรแกรม Building Energy Code	7
รูปที่ 1.10 การถ่ายเทความร้อนของกระจก	7
รูปที่ 2.1 ความต้านทานความร้อนรวมของกระจก	14
รูปที่ 2.2 การบอกพิกัดของดาวด้วยมุมอะซิมูท (Azimuth)	19
รูปที่ 2.3 ลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ผ่านประเทศไทย (เหนือเส้นศูนย์สูตร)	20
รูปที่ 2.4 ลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ผ่านประเทศอินโดนีเซีย(ใต้เส้นศูนย์สูตร)	21
รูปที่ 2.5 Building Energy Code, BEC	22
รูปที่ 3.1 การออกแบบอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน	23
รูปที่ 3.2 การปรับอุปกรณ์แนวราบ	23
รูปที่ 3.3 การปรับหมุนอุปกรณ์แนวตั้ง	23
รูปที่ 3.4 กล่องทดลองและกระจกใส	24
รูปที่ 3.5 ตำแหน่งการตรวจวัด	25
รูปที่ 3.6 เครื่องวัดอุณหภูมิ Mini Aquarium LCD Digital	25

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.7 เครื่อง SILAAP-104	26
รูปที่ 3.8 เครื่องวัดความสว่าง (Lux Meter)	26
รูปที่ 3.9 สถานที่ทำการทดลองบริเวณตาดฟ้าตึก IE คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร	27
รูปที่ 3.10 กล้องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด	28
รูปที่ 3.11 ปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด)	29
รูปที่ 3.12 ปรับบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา	29
รูปที่ 3.13 ปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด)	30
รูปที่ 3.14 เปิดอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งหมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา	31
รูปที่ 3.15 ปรับอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา	32
รูปที่ 3.16 การปรับอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง 90 องศา	32
รูปที่ 3.17 ดาวโหลดโปรแกรม Building Energy Code	33
รูปที่ 3.18 การใช้โปรแกรม Building Energy Code ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การบังแดด	34
รูปที่ 3.19 การใช้โปรแกรม Building Energy Code ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การบังแดด	34
รูปที่ 3.20 การใช้โปรแกรม Building Energy Code ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การบังแดด	35
รูปที่ 3.21 การใช้โปรแกรม building energy code ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การบังแดด	35
รูปที่ 3.22 พิกัดของอุปกรณ์บังแดดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด)	36
รูปที่ 3.23 การใช้โปรแกรม Building Energy Code ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การบังแดด	36
รูปที่ 3.24 การใช้โปรแกรม Building Energy Code ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การบังแดด	37
รูปที่ 4.1 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันออก	38
รูปที่ 4.2 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองทางทิศใต้	40
รูปที่ 4.3 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันตก	41

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ	43
รูปที่ 4.5 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันออก	44
รูปที่ 4.6 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองทางทิศใต้	46
รูปที่ 4.7 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันตก	47
รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ	49
รูปที่ 4.9 ผลการตรวจวัดความสว่างภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันออก	50
รูปที่ 4.10 ผลการตรวจวัดความสว่างภายในกล่องทดลองทางทิศใต้	52
รูปที่ 4.11 ผลการตรวจวัดความสว่างภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันตก	53
รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ	55
รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอก สองทิศทาง (SC) เฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ	56
รูปที่ 4.14 การเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ในส่วนของกระจก ในแต่ละทิศ	58
รูปที่ 4.15 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันออก	60
รูปที่ 4.16 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองทางทิศใต้	61
รูปที่ 4.17 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันตก	63
รูปที่ 4.18 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยในแต่ละทิศ	64
รูปที่ 4.19 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันออก	66
รูปที่ 4.20 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองทางทิศใต้	68
รูปที่ 4.21 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันตก	69
รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยในแต่ละทิศ	71
รูปที่ 4.23 ผลการตรวจวัดความสว่างภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันออก	72

## สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.24 ผลการตรวจวัดความสว่างภายในกล่องทดลองทางทิศใต้	74
รูปที่ 4.25 ผลการตรวจวัดความสว่างภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันตก	75
รูปที่ 4.26 การเปรียบเทียบความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยในแต่ละทิศ	77
รูปที่ 4.27 การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองทิศทาง (SC) เฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ	79
รูปที่ 4.28 การเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ในส่วนของกระจก ในแต่ละทิศ	81
รูปที่ 4.29 ราคาต่อตารางเมตรของ ฝ้าบาน มู่ลี่ เหล็กตัด และอุปกรณ์บังแดดสองแนวแกน	83

## สารบัญตาราง

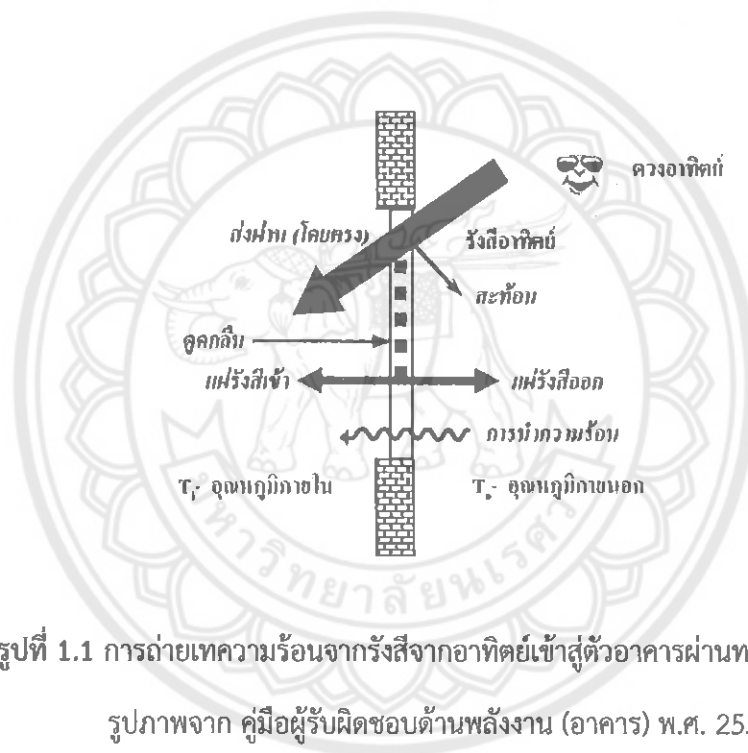
	หน้า
ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	8
ตารางที่ 1.2 รายการงบประมาณสำหรับโครงการ	9
ตารางที่ 2.1 ข้อกำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารแต่ละประเภท	12
ตารางที่ 2.2 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับผนังทึบและกระจก	15
ตารางที่ 5.1 คำแนะนำในการใช้อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคาร ในแต่ละทิศและช่วงเวลา	85



## บทที่ 1

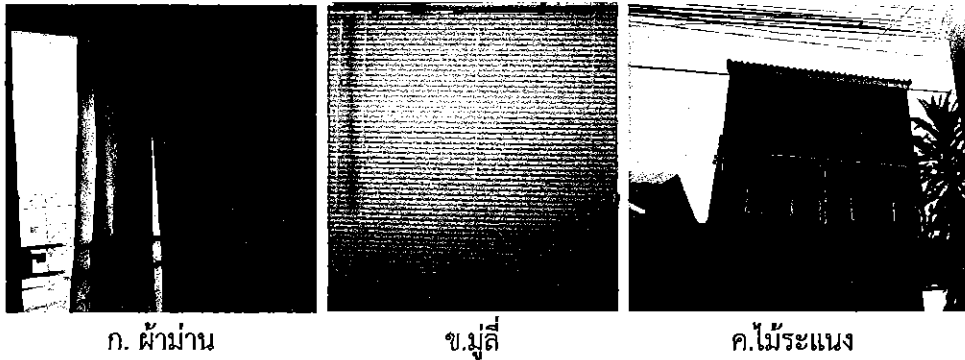
### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ



ปัจจุบันอาคารส่วนใหญ่นิยมติดตั้งกระจกเป็นกรอบอาคารบางส่วนเพื่อต้องการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารและต้องการสร้างทัศนียภาพในการมองเห็นให้กับผู้อยู่อาศัยแต่การนำกระจกมาติดตั้งนั้นกระจกมีข้อเสียบางประการคือกระจกเป็นตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารดังรูป 1.1 และกระจกไม่สามารถสร้างความเป็นส่วนตัวให้กับผู้อยู่อาศัยทำให้จำเป็นต้องติดตั้งกระจกควบคู่กับผ้าม่านหรือมู่ลี่ภายในอาคาร อีกทั้งกระจกไม่มีความแข็งแรงเท่ากับผนังทึบ จากข้อเสียดังกล่าวผู้อยู่อาศัยจึงติดตั้งเหล็กดัดเพื่อป้องกันการโจรกรรมจากภายนอกอาคาร แต่ข้อเสียคือเมื่อเกิดอัคคีภัยเหล็กดัดจะกีดขวางการอพยพออกจากอาคารได้ดังรูป 1.2





ก. ผ้าม่าน

ข. มู่ลี่

ค. ไม้ระแนง



ง. ผ้าม่าน

จ. อັคคีภัย

รูปที่ 1.2 อุปกรณ์บังแดดที่ใช้ในปัจจุบัน

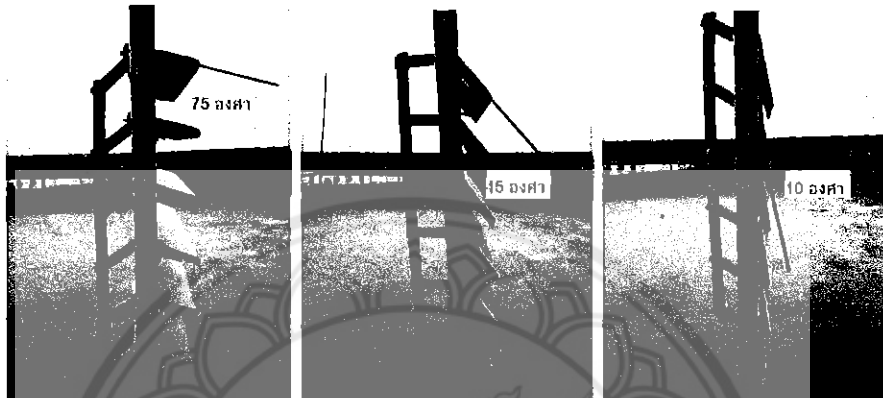
คณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคารที่ทดแทนการใช้ผ้าม่านหรือมู่ลี่ และเหล็กดัดนอกจากนี้สามารถปรับอุปกรณ์บังแดดได้ทั้งแนวราบและแนวตั้งเพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคารและนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร อีกทั้งข้อดีของการปรับอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งเมื่อเกิดอัคคีภัยผู้อยู่อาศัยสามารถเปิดอุปกรณ์บังแดดเพื่อใช้เป็นช่องทางในการอพยพออกจากอาคารได้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

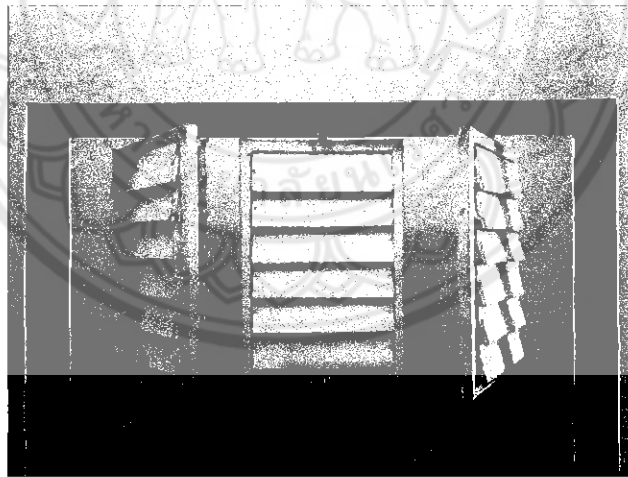
1.2.1 ออกแบบและสร้างอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคารที่สามารถลดความร้อนเข้าสู่อาคาร นำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร ป้องกันการบุกรุกจากบุคคลภายนอกและสามารถเป็นช่องทางอพยพของผู้อยู่อาศัยในกรณีการเกิดอัคคีภัย

### 1.3 ขอบเขตการทำโครงการ

1.3.1 ออกแบบและสร้างอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนที่สามารถปรับอุปกรณ์แนวราบและแนวตั้ง ดังรูป 1.3 และ 1.4 ตามลำดับ

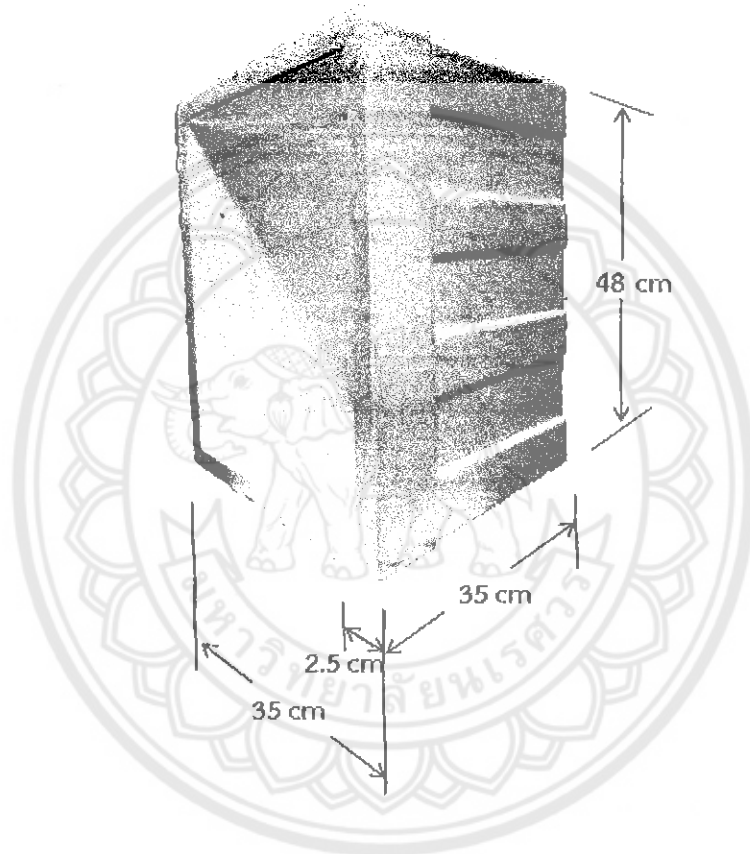


รูปที่ 1.3 การปรับอุปกรณ์บังแดดแนวราบ

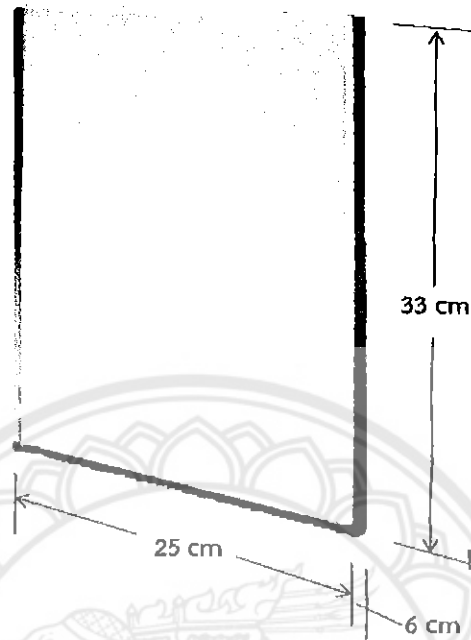


รูปที่ 1.4 การปรับอุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง

1.3.2 กำหนดให้ใช้กล่องโฟม Expanded Polystyrene ขนาด 35x35x48 ซม. และหนา 2.50 ซม. เป็นกล่องทดลองเพื่อทดแทนห้องทดลองและให้ผนังด้านหนึ่งของกล่องทดลองเปิดเป็นช่องเพื่อติดตั้งกระจกใสหนา 6 มิลลิเมตรดังรูป 1.5 และ 1.6 ตามลำดับ

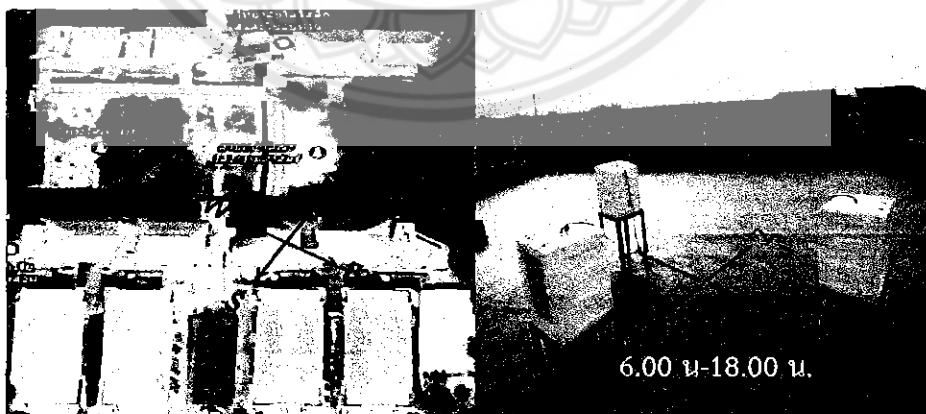


รูปที่ 1.5 กล่องโฟม EPS



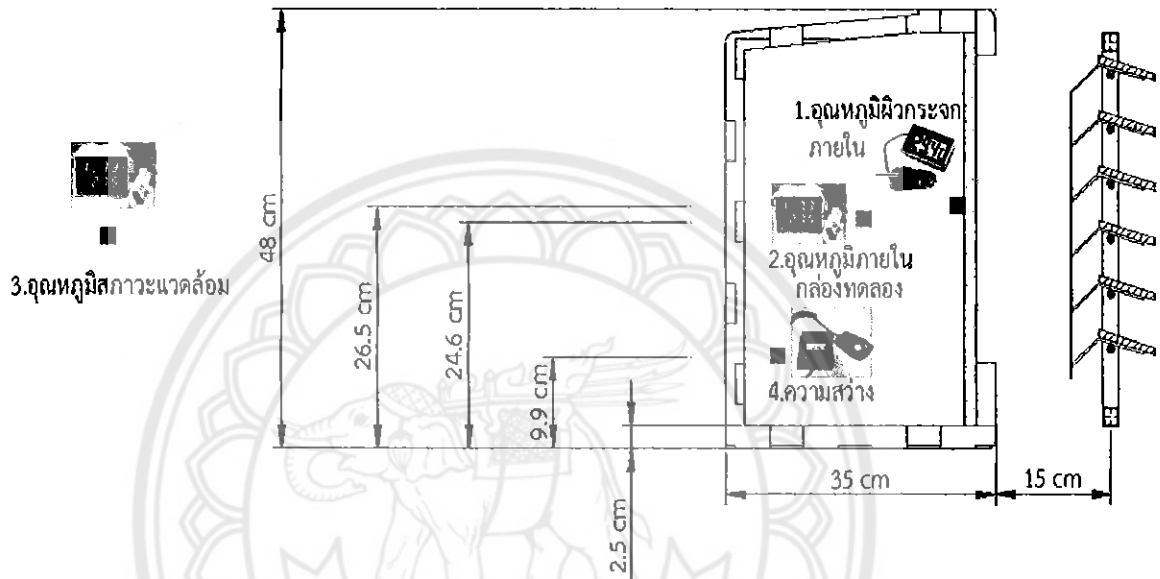
รูปที่ 1.6 กระจกใสหนา 6 mm

1.3.3 สถานที่ทำการทดลองบริเวณตาดฟ้าตึก IE คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยทดลองตั้งแต่วันที่ 6.00 น ถึง 18.00 น. หันกล่องทดลองด้านที่ติดตั้งกระจกใสไปทางทิศตะวันออก ทิศใต้ และ ทิศตะวันตกดังรูป 1.7



รูปที่ 1.7 บริเวณทำการทดลอง

1.3.4 ทำการวัดอุณหภูมิที่ผิวกระจกภายในอุณหภูมิภายในกล่องทดลองอุณหภูมิสภาวะแวดล้อมวัดค่าความสว่างภายในกล่องทดลองและให้อุปกรณ์บังแดดห่างจากกล่องทดลอง 15 cm ทำการตรวจวัดทุกๆ 1 ชั่วโมงดังรูป 1.8



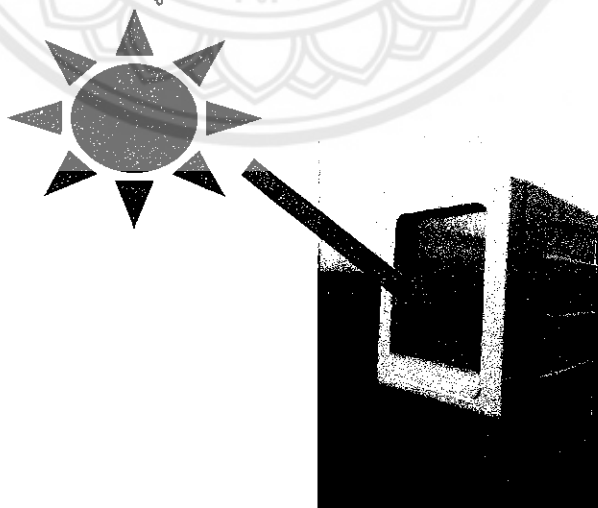
รูปที่ 1.8 ตำแหน่งการตรวจวัด

1.3.5 ทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร (Shading Coefficient for External Shading,  $SC_e$ ) ที่มีการปรับอุปกรณ์ในแนวราบและแนวตั้งในทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตกโดยใช้โปรแกรม Building Energy Code จากกระทรวงพลังงาน ดังรูป 1.9



รูปที่ 1.9 โปรแกรม Building Energy Code

1.3.6 ทำการวิเคราะห์หาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (Overall Thermal Transfer Value, OTTV) ในส่วนของกระจกดังรูป 1.10



รูปที่ 1.10 การถ่ายเทความร้อนของกระจก

#### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.ได้อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคารที่ทดแทนการใช้ผ้าม่านหรือมู่ลี่ และเหล็กดัด อีกทั้งลดความร้อนเข้าสู่อาคารและนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร
- 2.อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคารที่สามารถป้องกันการบุกรุกจากภายนอก และเมื่อเกิดอัคคีภัยผู้อยู่อาศัยสามารถเปิดอุปกรณ์บังแดดเพื่อใช้เป็นช่องทางในการอพยพออกจากอาคาร
- 3.แนะนำแนวทางให้กับสถาปนิก วิศวกร และบุคคลทั่วไป ที่ต้องการนำอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคารไปใช้ในการออกแบบอาคารและได้แนวทางการใช้อุปกรณ์บังแดดที่สร้างขึ้นให้เหมาะสมกับช่วงเวลาในการปรับอุปกรณ์บังแดดและทิศทางการตั้งของอาคาร

#### 1.5 แผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

กิจกรรม	2559					2560			
	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1. ศึกษาทฤษฎีรวมถึงข้อมูลรายละเอียดต่างๆ ของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	←→								
2. ออกแบบอุปกรณ์บังแดดภายนอกและเตรียมอุปกรณ์ในการสร้างอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารที่ใช้ในการทดลอง			←→						
3. สร้างอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารอาคารและทำการทดลอง				←→					
4. เปรียบเทียบค่า OTTV และวิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดลอง						←→			
5. สรุปผล และจัดทำรายงาน								←→	

### 1.6 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงการ

ตารางที่ 1.2 รายการงบประมาณสำหรับโครงการ

ลำดับ	รายการ	จำนวน	ราคา (บาท)
1	กล่องโฟมขนาด48x35x35 ซม.	3 (กล่อง)	600
2	กระจกใสหนา 6 มม.	3 (แผ่น)	225
3	เหล็กฉาก 11/2 นิ้ว	2 (เส้น)	220
4	ไม้มอดูล่า ขนาด 0.75 x 6 เมตร	2(แผ่น)	70
5	น็อตยึดชั้น	1 (ชุด)	40
6	ฉากยึดชั้น	1 (ชุด)	25
7	เหล็กเพลลา	1 (เส้น)	110
8	แป็บโปรง ขนาด 1x1x1.2	2 (เส้น)	240
9	แป็บโปรง ¼ นิ้วx1.2 มม.	1 (เส้น)	105
10	เหล็กแบน	1 (เส้น)	42
11	สีสเปรย์ ATM สีขาว	2 (กระป๋อง)	98
12	ตลับลูกปืน 6204	3 (ตลับ)	90
13	หัววัดอุณหภูมิ	2 (ชุด)	312
14	เทปผ้าเคลลต้าสีแดง	1 (ม้วน)	29
15	ค่าจัดทำรายงาน	3 (เล่ม)	794
	รวม		3,000



## บทที่ 2

### หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

#### 2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ดิเรก ชูวีเชียร และคณะ [1] ได้ทำการศึกษาผลกระทบของอากาศที่มีส่วนช่วยในการลดอุณหภูมิของห้องได้หรือไม่ ทดสอบกับห้องทดลองที่สร้างขึ้นไม่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศและภายในห้องมีช่องระบายอากาศ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กรณี กรณีที่ 1. ห้องที่ติดตั้งกระจกใส กรณีที่ 2. ห้องที่ติดตั้งกระจกใสและมีมู่ลี่แนวตั้งติดตั้งภายใน กรณีที่ 3. ห้องที่ติดตั้งกระจกระบายอากาศและติดตั้งมู่ลี่แนวตั้งภายใน และวัดอุณหภูมิภายในห้องและอุณหภูมิผิวกระจกในช่วงเวลา 6.00 – 18.00 พบว่าอุณหภูมิห้องและอุณหภูมิผิวกระจกของห้องทดลองที่ติดกระจกระบายอากาศและมู่ลี่แนวตั้งมีอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดโดยอุณหภูมิภายในห้องลดลง 9% เมื่อเทียบกับห้องทดลองที่ติดกระจกเพียงอย่างเดียว และอุณหภูมิผิวกระจกลดลง 6% เมื่อเทียบกับห้องทดลองที่ติดเพียงกระจกอย่างเดียวเป็นแนวทางการเลือกติดตั้งกระจกหรือช่องระบายอากาศเพื่อลดอุณหภูมิของห้องที่ไม่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

สันติภาพ เพียนนอก และคณะ [2] ได้ศึกษาประสิทธิภาพวัสดุและช่องว่างของของระแนง โดยสร้างกล่องทดลอง 6 กล่องทดลอง โดยกล่องที่ 1 ใช้โพลีเทนผนังทั้ง 3 ด้านและเปิดช่อง 1 ด้าน กล่องที่ 2,3,4,5 และ 6 ใช้โพลีเทนผนังทั้ง 3 ด้านและใช้แผ่น วิวาบอร์ดหนา 10 มิลลิเมตร และติดตั้งระแนงไม้จริง ไฟเบอร์ซีเมนต์ ไม้พลาสติก และ อลูมิเนียม ที่กล่อง 3,4,5,6 ตามลำดับโดยระแนงอยู่ห่างจากกล่อง 30 เซนติเมตรและวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง จากการทดลองประสิทธิภาพวัสดุ พบว่าอุณหภูมิลดลงเมื่อติดตั้งระแนง ส่วนวัสดุที่ใช้ทำระแนงที่สามารถลดอุณหภูมิมากที่สุดคือ อลูมิเนียมสามารถลดได้ 18% เมื่อเทียบกับกล่องที่ 1 และได้นำวัสดุที่ดีที่สุดจากการทดลองครั้งที่ 1 มาทำการทาสีและวัดอุณหภูมิผิวในของระแนง ด้วยสี ขาวเงา สีขาวด้าน และไม่ทาสี ผลการทดลอง พบว่าอุณหภูมิผิวในของระแนงทาสีขาวเงามีอุณหภูมิต่ำสุดและไม่ทาสีมีอุณหภูมิสูงสุด โดยสีขาวเงาสามารถลดอุณหภูมิได้ 6% และได้ทำการทดสอบห่างของระแนงแต่ละแผ่นโดยใช้อลูมิเนียมทำการทดลองโดย ไม่เว้นระยะห่าง, เว้นระยะห่าง 0.5 นิ้ว, เว้นระยะห่าง 1 นิ้ว และเว้นระยะห่าง 1.5 นิ้ว และทำการวัดอุณหภูมิห้อง ผลการทดลองพบว่า การเว้นระยะห่างมีผลช่วยให้อุณหภูมิต่ำลงโดยที่ระยะ 1.5 นิ้วมีอุณหภูมิต่ำสุด และ ไม่เว้นระยะห่างมีอุณหภูมิสูงสุด โดยเว้นระยะห่างที่ 1.5 นิ้ว ลดอุณหภูมิได้ 2% เมื่อเทียบกับแบบไม่เว้นระยะห่าง

กัญจน์ญานะชัย[3] ทำการทดลองอุปกรณ์บังแดดภายนอกแบบแนวตั้งว่ามีผลต่ออุณหภูมิภายในห้องอย่างไร ทำการทดลองที่สถาบันมะเร็งแห่งชาติที่ห้องสันหนนาการชั้น 2 โดยติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกแบบแนวตั้งวัสดุอลูมิเนียมที่มีค่า สัมประสิทธิ์การบังแดดเท่ากับ 0.15 และวัดอุณหภูมิผิวกระจกก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์บังแดด นำค่าที่เฉลี่ยของอุณหภูมิ มาคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังว่ามีแนวโน้มเป็นอย่างไร จากการทดลองพบว่าการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกช่วยให้แสงอาทิตย์ไม่กระทบกระจกโดยตรงและช่วยลดอุณหภูมิที่ผิวกระจกจึงมีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังหรือ (Overall thermal transfer value, OTTV) จากการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังจาก  $142 \text{ watt / m}^2$  เหลือ  $53 \text{ watt / m}^2$

อรุณศักดิ์ ด่อนดี [4] ทำการทดลองวัสดุและสีของอุปกรณ์บังแดดภายนอกที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร โดยได้สร้างห้องทดลอง 4 ห้องทดลอง การทดลองที่ 1 โดยใช้ห้องทดลองที่ 1,2 ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดที่ทำจากไฟเบอร์ลอนเล็กและห้องทดลองที่ 3,4 ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดที่ทำจากสังกะสีรีดร้อน การทดลองที่ 2 ใช้อุปกรณ์บังแดดที่ทำจากไฟเบอร์ลอนเล็กโดยทาสีอุปกรณ์บังแดดภายนอก (ด้านนอก) ด้วยสีขาวและสีน้ำเงิน การทดลองที่ 3 ใช้อุปกรณ์บังแดดที่ทำจากไฟเบอร์ลอนเล็กโดยทาสีอุปกรณ์บังแดด(ด้านใน) ด้วยสีขาวและสีน้ำเงิน การทดลองที่ 4 ใช้ห้องทดลองที่ 1,2 ติดอุปกรณ์บังแดดภายนอกที่ทำจากไฟเบอร์ลอนเล็กโดยทาสีอุปกรณ์ภายในสีน้ำเงินและภายนอกสีขาว และ ใช้ห้องทดลอง 3,4 ติดอุปกรณ์บังแดดภายนอกที่ทำจากสังกะสีรีดร้อนโดยทาสีอุปกรณ์ภายในสีขาวและภายนอกสีน้ำเงิน ทำการทดลองโดย การทดลองที่ 1 วัดอุณหภูมิผิวภายในของอุปกรณ์บังแดด และการทดลองที่ 2,3,4 ทำการวัดอุณหภูมิห้องทดลอง ผลการทดลองจากการทดลองที่ 1 พบว่าไฟเบอร์ลอนเล็กมีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าสังกะสีรีดร้อน ต่ำกว่า 5% การทดลองที่ 2 พบว่าสีภายนอกของอุปกรณ์บังแดดสีขาวมีอุณหภูมิห้องต่ำกว่าสีน้ำเงิน ต่ำกว่า 2.5% การทดลองที่ 3 พบว่าสีภายในของอุปกรณ์บังแดดสีน้ำเงินมีอุณหภูมิห้องต่ำกว่าสีขาว ต่ำกว่า 5% และการทดลองที่ 4 พบว่าใช้วัสดุไฟเบอร์ลอนเล็กทาสีอุปกรณ์ภายนอกสีขาว ภายในสีน้ำเงิน มีอุณหภูมิต่ำกว่า ใช้สังกะสีรีดร้อนทาสีอุปกรณ์ภายนอกสีน้ำเงิน ภายในสีขาว ต่ำกว่า 7%

จากการทดลองสรุปได้ว่า การเลือกวัสดุและทาสีภายนอกและภายในของอุปกรณ์บังแดดภายนอกมีส่วนช่วยลดอุณหภูมิของห้องทดลอง โดย วัสดุที่ลดอุณหภูมิห้องได้มากที่สุดคือ ไฟเบอร์ลอนเล็ก และการทาสีสว่าง(สีขาว)ที่ภายนอกของอุปกรณ์บังแดดภายนอกช่วยลดอุณหภูมิห้องได้มากที่สุดเนื่องจากสีสว่างมีความสามารถในการสะท้อนแสงทำให้อุณหภูมิอุปกรณ์บังแดดต่ำลง ส่วนการทาสีทึบ(สีน้ำเงิน)ที่ภายในอุปกรณ์บังแดดภายนอกช่วยลดอุณหภูมิห้องได้มากที่สุดเนื่องจากสีทึบมีความสามารถดูดกลืนแสงและอมความร้อนช่วยให้ลดการแผ่รังสีความร้อนจากอุปกรณ์บังแดดภายนอกสู่ตัวอาคาร

## 2.2 การคำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร (OTTV)

ในปัจจุบันการก่อสร้างหรือดัดแปลงอาคาร ที่มีขนาดพื้นที่รวมกันทุกชั้นในหลังเดียวกันตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ต้องมีการออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานตามประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 เกี่ยวกับค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (Overall Thermal Transfer Value, OTTV) ในส่วนที่มีการปรับอากาศในแต่ละประเภทของอาคารต้องมีค่าไม่เกินดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ข้อกำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคารแต่ละประเภท

ประเภทอาคาร/ลักษณะการใช้งานอาคาร	OTTV (W / m <sup>2</sup> ของผนังด้านนอกอาคาร)
สำนักงาน สถานศึกษา	OTTV ≤ 50
ห้างสรรพสินค้า ร้านค้าย่อย ศูนย์การค้า หรือซูเปอร์สโตร์	OTTV ≤ 40
โรงแรม โรงพยาบาล/สถานพักฟื้น	OTTV ≤ 30

ที่มา: ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร พ.ศ.2552

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร (OTTV) คือ ค่าเฉลี่ยที่ถ่วงน้ำหนักของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน (OTTV<sub>i</sub>) รวมกัน ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$OTTV = \frac{(A_{w1} \times OTTV_1) + (A_{w2} \times OTTV_2) + \dots + (A_{wi} \times OTTV_i)}{A_{w1} + A_{w2} + \dots + A_{wi}} \quad (2.1)$$

เมื่อ  $A_{wi}$  คือ พื้นที่ของผนังซึ่งรวมพื้นที่ผนังทึบและพื้นที่หน้าต่างหรือกระจก มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m<sup>2</sup>)

OTTV<sub>i</sub> คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร (W / m<sup>2</sup>)

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน ( $OTTV_i$ ) ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$OTTV_i = (U_w)(1 - WWR)(TD_{eq}) + (U_f)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR) \quad (2.2)$$

เมื่อ	$OTTV_i$ คือ	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกด้านที่พิจารณา มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ( $W / m^2$ )
	$U_w$ คือ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังที่มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ( $W / (m^2 \cdot ^\circ C)$ )
	WWR คือ	อัตราส่วนพื้นที่ของกระจกต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา
	$TD_{eq}$ คือ	ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า (equivalent temperature different) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังที่มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ( $^\circ C$ )
	$U_f$ คือ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจกมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส ( $W / (m^2 \cdot ^\circ C)$ )
	$\Delta T$ คือ	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ( $^\circ C$ )
	SHGC คือ	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องผ่านกระจก
	SC คือ	สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด
	ESR คือ	ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจก มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ( $W / m^2$ )

จากสมการที่ 2.2 สามารถแบ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังและกระจก โดยในพจน์ที่ 1 เป็นสมการการนำความร้อนของผนัง ส่วนพจน์ที่ 2 เป็นการนำความร้อนผ่านของกระจก และพจน์ที่ 3 เป็นแผ่รังสีความร้อนผ่านของกระจก

### 2.2.1 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจก ( $U_f$ )

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจก ( $U_f$ ) ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$U_f = \frac{1}{R_T} \quad (2.3)$$

เมื่อ  $R_T$  คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวมของกระจก (Total Thermal Resistance) มีหน่วยเป็นตารางเมตร-องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ( $(m^2 \cdot ^\circ C) / W$ )

#### 2.2.1.1 ค่าความต้านทานความร้อนรวมของกระจก ( $R_T$ )

การคำนวณค่าความต้านทานความร้อนรวมของกระจก ( $R_T$ ) ดังรูปที่ 2.1 ให้คำนวณจากสมการดังนี้

$$R_T = R_o + \frac{\Delta x}{k} + R_i \quad (2.4)$$

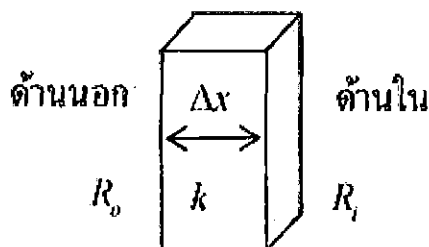
เมื่อ  $R_T$  คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวมของผนังอาคารมีหน่วยเป็นตารางเมตร-องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ( $(m^2 \cdot ^\circ C) / W$ )

$R_o$  คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายนอกอาคาร มีหน่วยเป็นตารางเมตร-องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ( $(m^2 \cdot ^\circ C) / W$ )

$R_i$  คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศภายในอาคารมีหน่วยเป็นตารางเมตร-องศาเซลเซียสต่อวัตต์ ( $(m^2 \cdot ^\circ C) / W$ )

$\Delta x$  คือ ค่าความหนาของกระจก มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m)

$k$  คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของกระจก



รูปที่ 2.1 ความต้านทานความร้อนรวมของกระจก

### 2.2.1.1.1 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ

ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศบนพื้นผิวของกระจกขึ้นอยู่กับเคลื่อนไหวของอากาศที่บริเวณโดยรอบพื้นผิวของกระจกและค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (thermal emittance) ของกระจกตามค่าที่กำหนดในตารางที่ 2.2 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศสำหรับผนังทึบและกระจก

ชนิดของกระจก	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ ( $m^2 \cdot ^\circ C / W$ )	
	ที่ผิวด้านใน ( $R_i$ )	ที่ผิวด้านนอก ( $R_o$ )
กรณีพื้นผิวของกระจกมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง	0.120	0.044
กรณีพื้นผิวของกระจกมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ	0.299	-

ที่มา:ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร พ.ศ.2552

กรณีพื้นผิวผนังมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง ใช้สำหรับพื้นผิวกระจกทั่วไปซึ่งถือว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง กรณีพื้นผิวมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ ให้ใช้เฉพาะกรณีพื้นผิวของกระจกเป็นผิวสะท้อนรังสี เช่น กระจกที่มีการติดฟิล์ม เป็นต้น

### 2.2.1.1.2 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน(k) และคุณสมบัติอื่นๆ ของกระจก

ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของกระจก(Thermal Conductivity,k) ตามที่กำหนดในตารางก. ในภาคผนวกท้ายเล่ม

### 2.2.2 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร ( $\Delta T$ )

ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคาร คือ ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศในของอาคารกับอุณหภูมิกายนอกอาคาร ซึ่งใช้ในการคำนวณการนำความร้อนผ่านกระจก ในสมการคำนวณ OTTV ในสมการที่ 2.1 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายในและภายนอกอาคารสำหรับอาคารที่มีการปรับอากาศแต่ละประเภทให้ใช้ค่าที่กำหนดในตารางที่ 2.6 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.6 ค่าความแตกต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกสำหรับอาคารที่มีการปรับอากาศแต่ละประเภท

ประเภทอาคาร	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร $\Delta T(^{\circ}\text{C})$
สถานศึกษา สำนักงาน	5
โรงแรม หอพัก ศูนย์การค้า สถานบริการ ห้างสรรพสินค้า อาคารชุมชนคน	5
โรงแรม สถานพยาบาล	3

ที่มา:ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร พ.ศ.2552

### 2.2.3 สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (Solar Heat Gain Coefficient, SHGC)

สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ คือ อัตราส่วนของรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านวัสดุผนังและหลังคาส่วนที่เป็นกระจก และก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าภายในอาคารค่าดังกล่าวรวมผลของรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจกโดยตรงกับการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากรังสีอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืนไว้ในกระจกเข้ามาภายในอาคาร ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ให้ใช้ตามที่กำหนดในตาราง ข. ในภาคผนวกท้ายเล่ม โดยพิจารณาจากความหนา และชนิดของกระจก

### 2.2.4 สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกที่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอก (Shading Coefficient for glass with External Shading, SC)

ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร คือ อัตราส่วนของรังสีอาทิตย์ที่ลอดผ่านอุปกรณ์บังแดดไปตกกระทบบังส่วนกระจก ให้คำนวณค่าจากสมการต่อไปนี้

$$SC = SC_g \times SC_s \quad (2.5)$$

เมื่อ SC คือ ผลคูณระหว่างสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกและสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด  
 $SC_g$  คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก  
 $SC_s$  คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร

#### 2.2.4.1 สัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (Shading Coefficient for Glass, $(SC_g)$ )

ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$SC_g = \frac{SHGC_x}{0.87} \quad (2.6)$$

เมื่อ  $SHGC_x$  คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ของกระจกที่ต้องการคำนวณหาค่า  $SC_g$   
 0.87 คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ของกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร



#### 2.2.4.2 สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร (Shading Coefficient for External Shading, $SC_s$ )

ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$SC_s = \frac{E_{ew}}{E_{et\theta}} \quad (2.7)$$

เมื่อ  $E_{ew}$  คือ รังสีรวมของดวงอาทิตย์ที่ผ่านอุปกรณ์บังแดด มาตกกระทบบน กระจกที่พิจารณา มีหน่วย เป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ( $W/m^2$ )

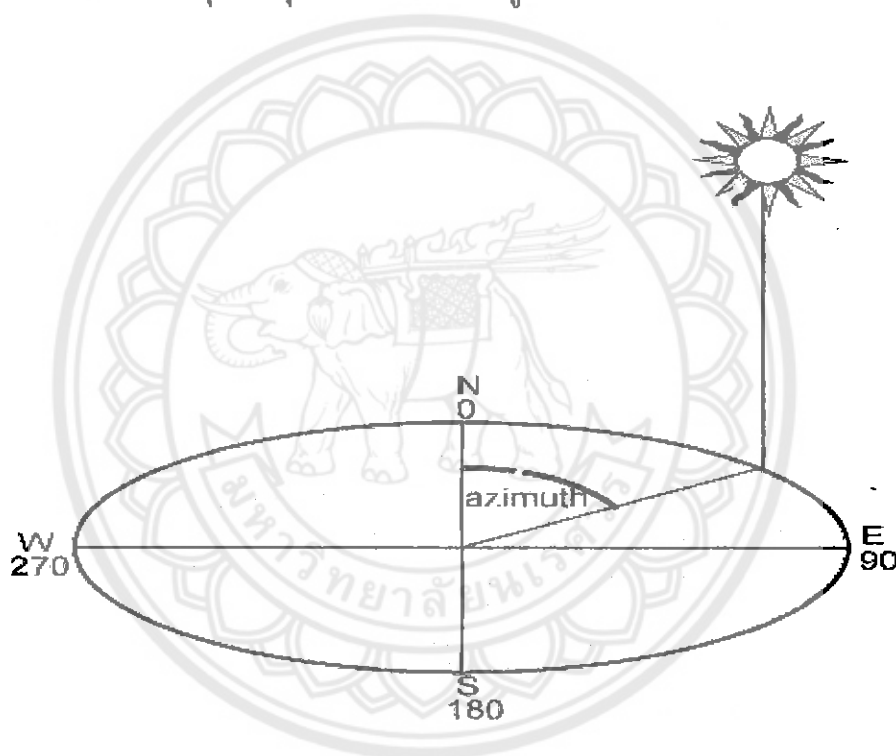
$E_{et\theta}$  คือ รังสีรวมของดวงอาทิตย์ทั้งหมดที่ตกกระทบบน กระจกที่พิจารณาที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ( $W/m^2$ )

#### 2.2.5 ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (Effective Solar Radiation, ESR)

ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน คือ รังสีอาทิตย์รวมที่ตกกระทบบนผนังที่มีมุมเอียงแตกต่างกันในแต่ละทิศทาง การวัดค่ามุมเอียงของผนังอาคาร ให้วัดจากมุมที่ผนังอาคารกระทำกับพื้นผิวโลก โดยผนังในแนวตั้งจะมีค่ามุมเอียงเท่ากับ 90 องศา ขณะที่ผนังในแนวระนาบนอนจะมีค่ามุมเอียงเท่ากับ 0 องศา ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน สำหรับใช้ค่าที่กำหนดในตาราง ค. ในภาคผนวกท้ายเล่มนี้

### 2.3 มุมอะซิมุท (Azimuth)

เนื่องจากค่ามุมอัลติจูดและมุมอะซิมุทในระบบพิกัดแนวขอบฟ้า จะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามการเคลื่อนที่ปรากฏ ณ เวลาต่างๆ ตามผลของการหมุนรอบตัวเองของโลก ดังนั้นระบบพิกัดแนวขอบฟ้า จึงใช้บอกค่าพิกัดของดาว ณ เวลาขณะใด ๆ เท่านั้นมุมอะซิมุท (Azimuth) กำหนดค่าเป็นระยะทางเชิงมุม มีหน่วยเป็นองศา นับเส้นแนวตั้งที่ผ่านจุดขั้วท้องฟ้าทั้งสอง เริ่มต้นทิศเหนือเป็นมุมอะซิมุท 0 องศา เมื่อหมุนตามเข็มนาฬิกา ให้มีมุมอะซิมุทเพิ่มขึ้น จนถึงทิศตะวันออกให้มีมุมอะซิมุทเป็น 90 องศา ทิศใต้ให้มีมุมอะซิมุทเป็น 180 องศา ทิศตะวันตกให้มีมุมอะซิมุทเป็น 270 องศา และเมื่อวนมาถึงทิศเหนืออีกครั้งให้มีมุมอะซิมุทเป็น 360 องศา ดังรูปที่ 2.2

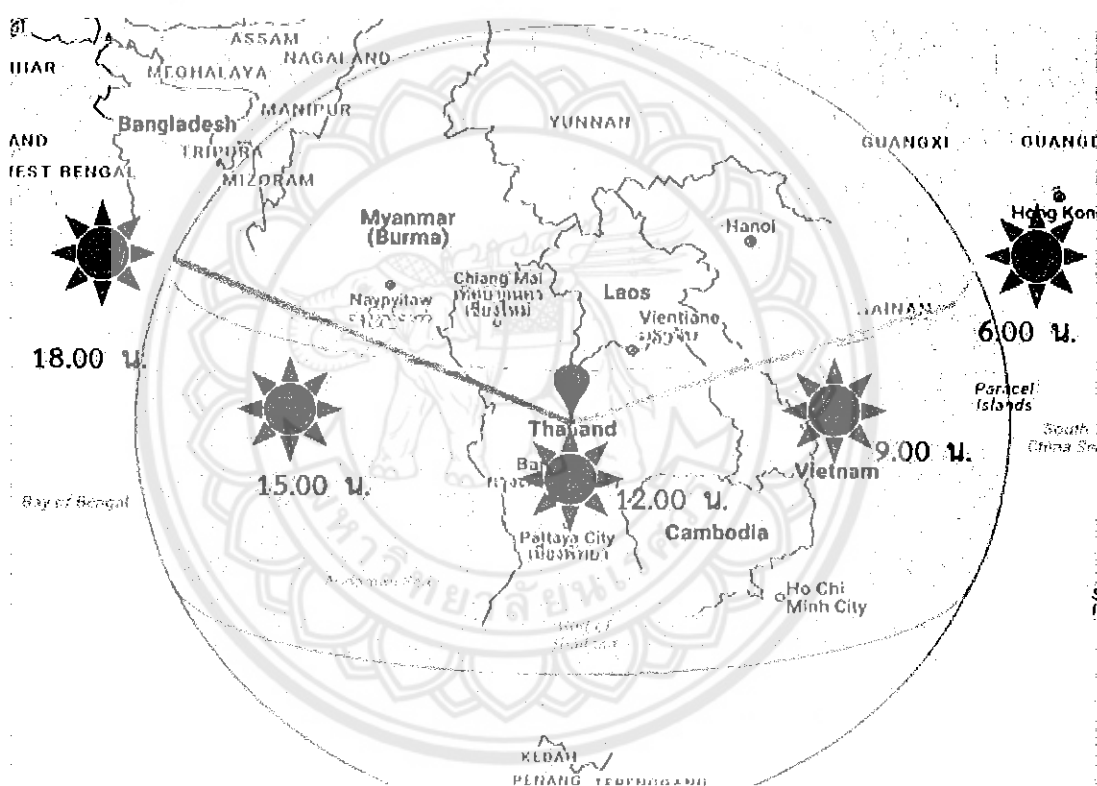


รูปที่ 2.2 การบอกพิกัดของดาวด้วยมุมอะซิมุท (Azimuth)

ที่มา :<https://sites.google.com/site/scoutcyp2/compass>

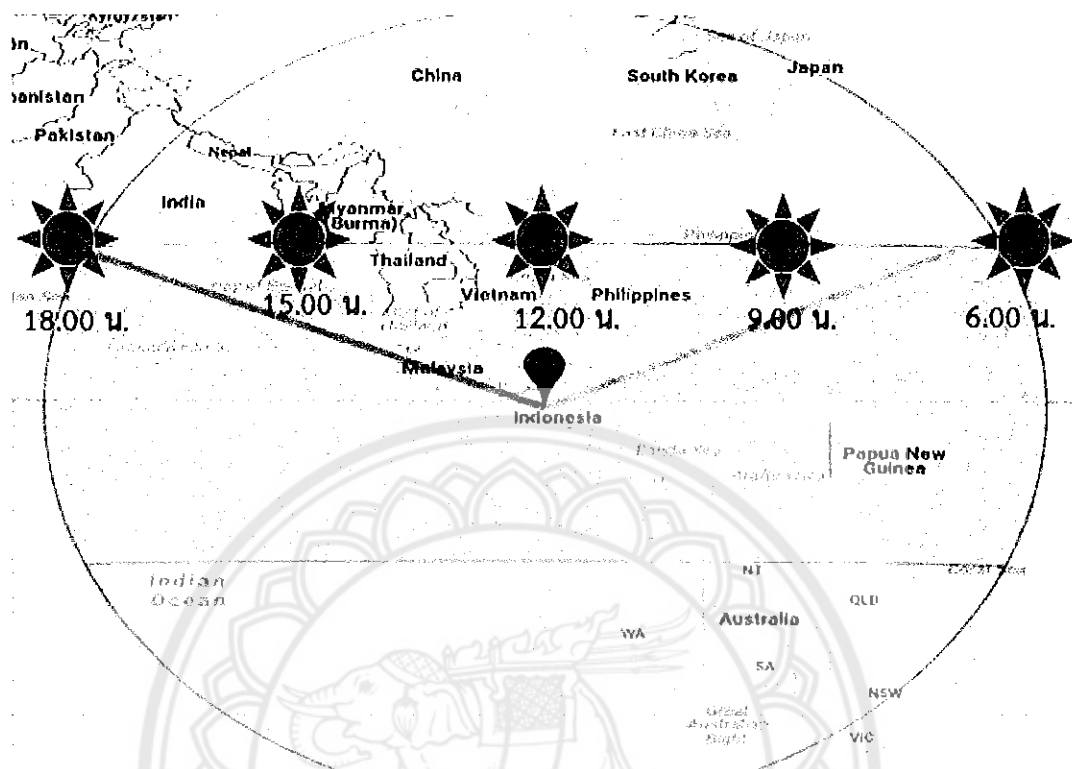
## 2.4 ตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์

จากการศึกษาเว็บไซต์ <http://suncalc.net> พบว่าตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์ในแต่ละประเทศมีความแตกต่างกันซึ่งแบ่งได้ 3 ลักษณะคือ 1.ลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ผ่านประเทศไทยจะอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรทำให้การโคจรของดวงอาทิตย์จากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก โดยจะอ้อมไปทางทิศใต้ และในทิศเหนือจะไม่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากแสงอาทิตย์ดังรูป 2.42 ลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ผ่านประเทศอินโดนีเซียจะอยู่ตรงเส้นศูนย์สูตรดังรูป 2.53. ลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ผ่านประเทศออสเตรเลียจะอยู่ใต้เส้นศูนย์สูตรดังรูป 2.6 ตามลำดับ



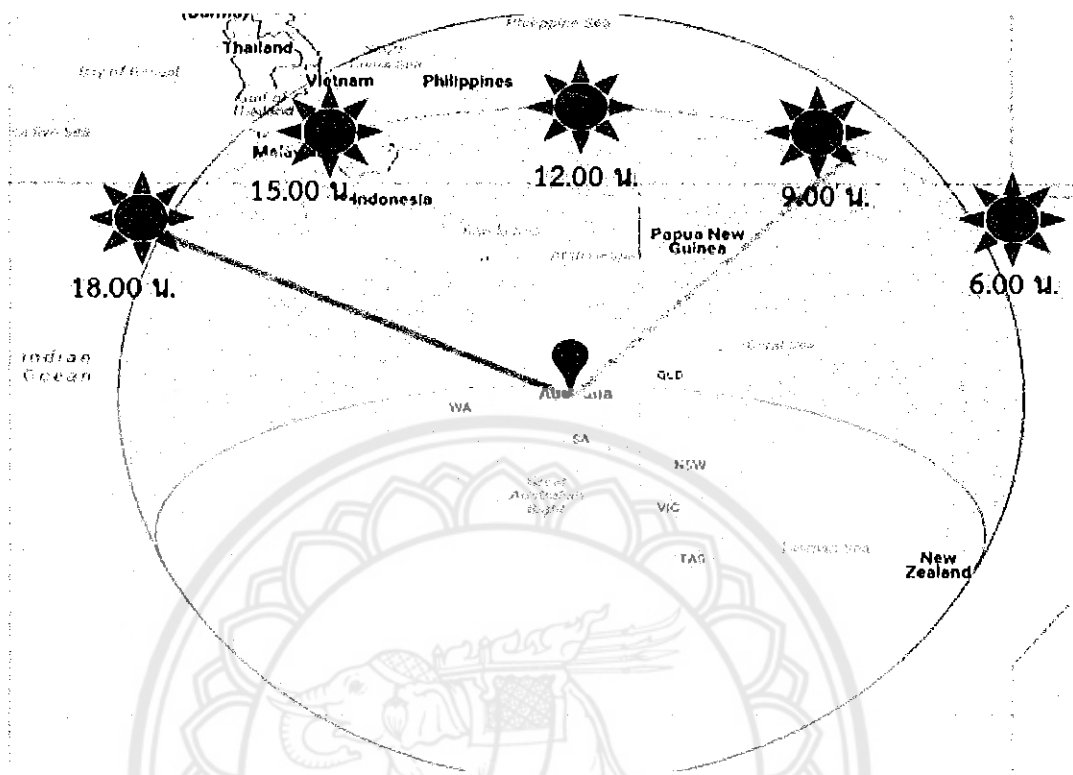
รูปที่ 2.3 ลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ผ่านประเทศไทย (เหนือเส้นศูนย์สูตร)

ที่มา :<http://suncalc.net/#/15.87,100.9925,5/2017.06.08/07:14>



รูปที่ 2.4 ลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ผ่านประเทศอินโดนีเซีย(ได้เส้นศูนย์สูตร)

ที่มา :<http://suncalc.net/#/-0.7893,113.9213,5/2017.06.08/07:12>



รูปที่ 2.5 ลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ผ่านประเทศออสเตรเลีย (ตรงกับเส้นศูนย์สูตร)  
 ที่มา :<http://suncalc.net/#/-25.2744,133.7751,3/2017.06.08/07:12>

2.5 โปรแกรม (Building Energy Code, BEC)



รูปที่ 2.5 Building Energy Code, BEC

ที่มา:กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน

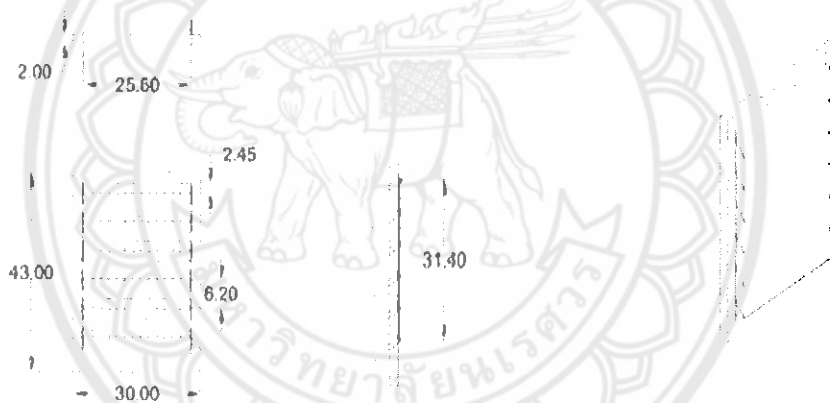
BEC เป็นโปรแกรมที่อำนวยความสะดวกในการตรวจและประเมินการออกแบบอาคารว่า เป็นไปตามที่กฎกระทรวงกำหนดหรือไม่รวมทั้งช่วยสถาปนิกวิศวกร ในการกำหนดแบบอาคารให้เกิด การอนุรักษ์พลังงาน โดยนำค่าต่างๆที่จำเป็นป้อนลงในโปรแกรม เช่น ชนิดของวัสดุก่อสร้างกรอบ อาคารที่ใช้ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างระบบปรับอากาศ เป็นต้น

## บทที่ 3

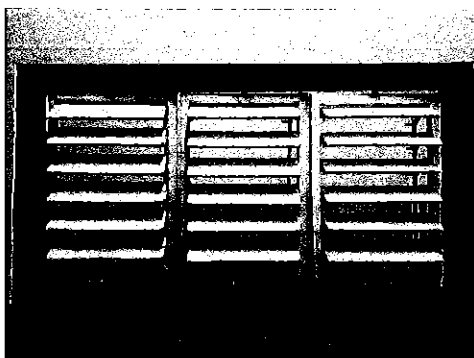
### วิธีดำเนินโครงการ

#### 3.1 การออกแบบและสร้างอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคาร

ออกแบบและสร้างอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคารที่ทดแทนการใช้ผ้าม่านหรือมู่ลี่ เพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคารและนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร และอุปกรณ์บังแดดช่วยลดการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศและหลอดไฟและเหล็กดัดอีกทั้งข้อดีของการปรับอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งเมื่อเกิดอัคคีภัยผู้อยู่อาศัยสามารถเปิดอุปกรณ์บังแดดเพื่อใช้เป็นช่องทางในการอพยพออกจากอาคารได้



รูปที่ 3.1 การออกแบบอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน



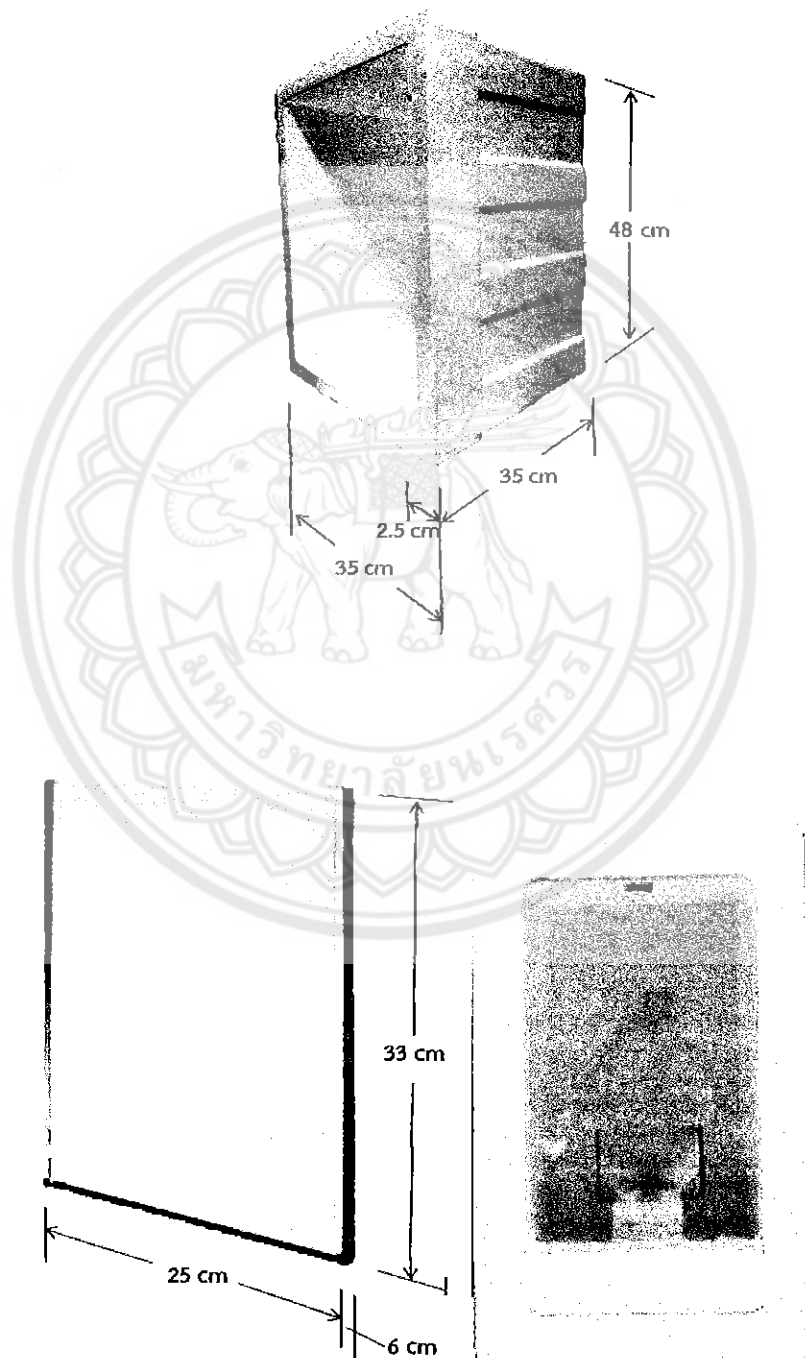
รูปที่ 3.2 การปรับอุปกรณ์แนวราบ



รูปที่ 3.3 การปรับหมุนอุปกรณ์แนวตั้ง

### 3.2 การสร้างกล่องทดลอง

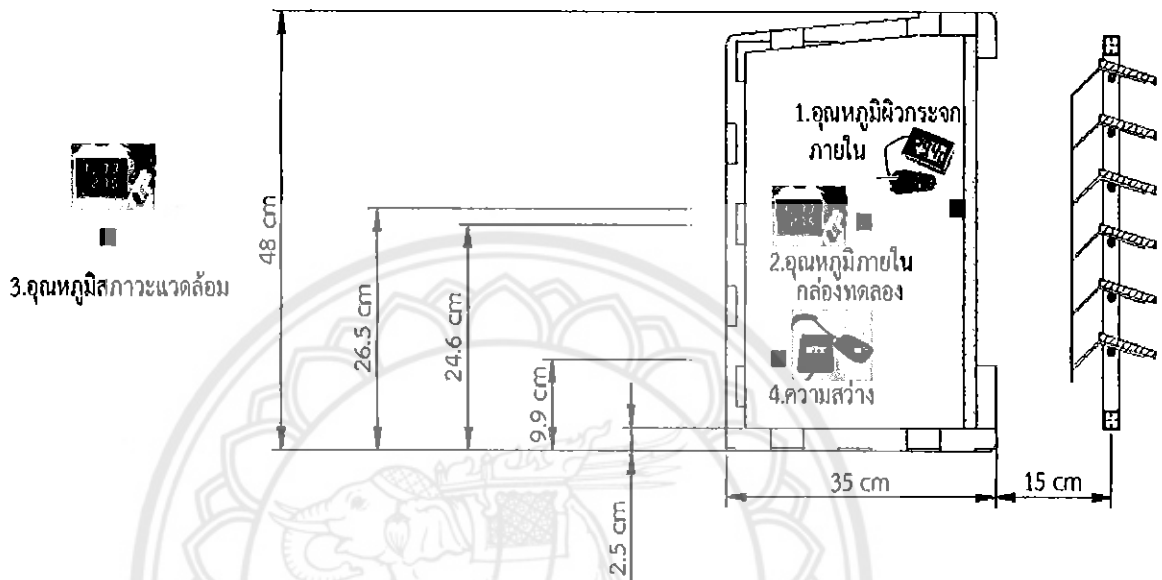
กำหนดให้กล่องโฟม Expanded Polystyrene ใช้แทนห้องทดลองและให้ผนังด้านหนึ่งของกล่องทดลองมีการใช้กระจกใสหนา 6 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.4 กล่องทดลองและกระจกใส



### 3.3 ตำแหน่งการตรวจวัด



รูปที่ 3.5 ตำแหน่งการตรวจวัด

ตำแหน่งที่ 1 ทำการวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองโดยใช้เครื่องมือวัดอุณหภูมิ Mini Aquarium LCD Digital Thermometer Display Fish Tank Water Marine -50~ +70°C ดังแสดงในรูป 3.6



รูปที่ 3.6 เครื่องวัดอุณหภูมิ Mini Aquarium LCD Digital

รูปภาพจาก <http://www.lazada.co.th/mini-aquarium-lcd-digital-thermometer-display-fish-tank-watermarine-50-70c-5152752.html>



ตำแหน่งที่ 2, 3 ทำการวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง และวัดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมโดยใช้เครื่องSILAAP-104 ในการวัดอุณหภูมิ และสามารถวัดอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศได้โดยใช้ร่วมกับคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งโปรแกรม AP-104ดังรูป 3.7



รูปที่ 3.7 เครื่อง SILAAP-104

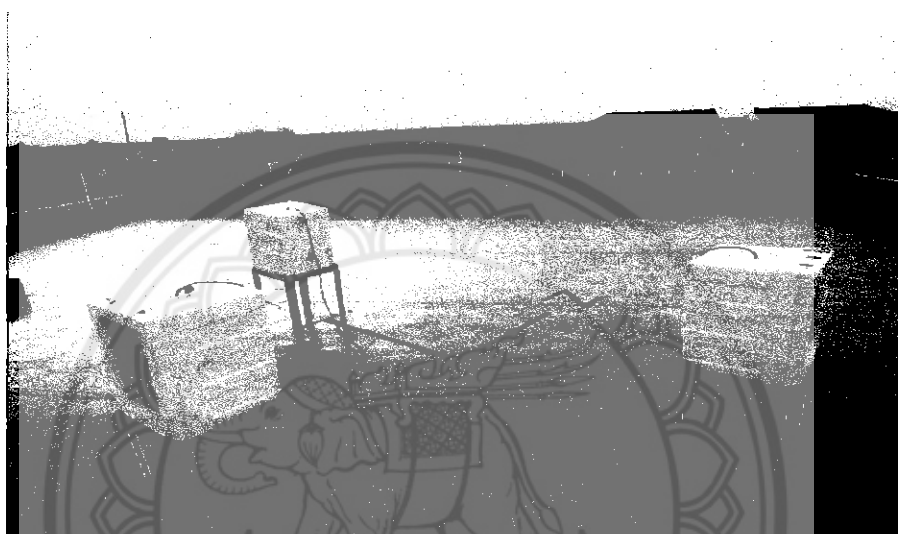
ตำแหน่งที่ 4 ทำการวัดความสว่างภายในกล่องทดลองโดยใช้เครื่องมือวัดความสว่างและเครื่องมือสามารถวัดค่าสูงสุดในช่วง 400,000 Lux และอัตราการวัด 1.5 เท่า / วินาทีความถูกต้อง  $\pm 5\% \pm 10d$  (แสง < 10,000Lux) ดังรูป 3.8



รูปที่ 3.8 เครื่องวัดความสว่าง (Lux Meter)

### 3.4 สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลองบริเวณคาดฟ้าตึก IE คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยหันกระจกของกล่องทดลองไปทาง ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก ดังรูป 3.9



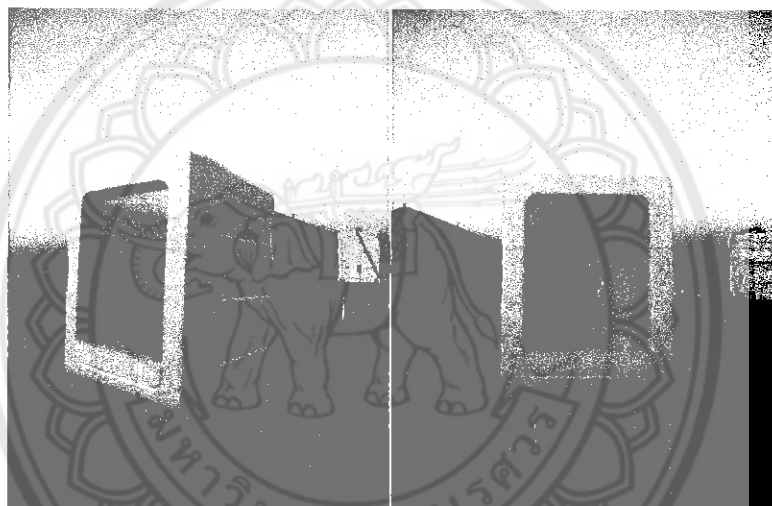
รูปที่ 3.9 สถานที่ทำการทดลองบริเวณคาดฟ้าตึก IE คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

### 3.5 วิธีทำการทดลอง

#### 3.5.1 การทดลองที่ 1 ศึกษาอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคารโดยการปรับมุมของอุปกรณ์ในแนวราบ

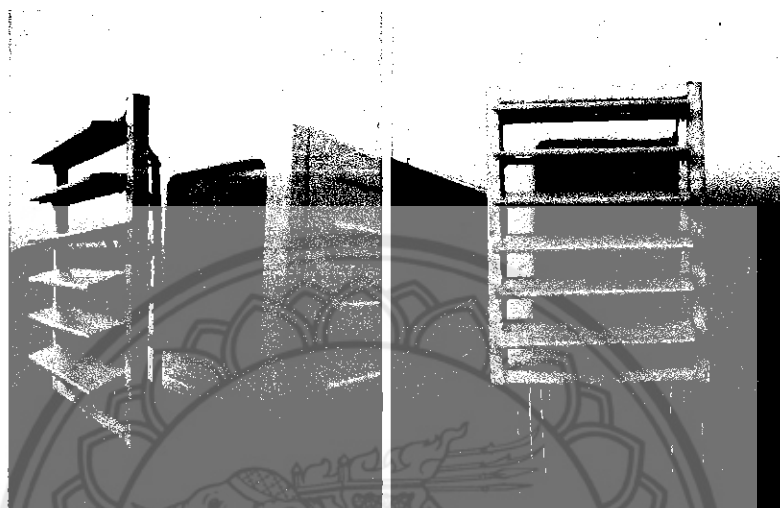
ในการทำการทดลองนี้จะทำการเก็บข้อมูลและกำหนดให้ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนห่างจากกระจกเป็นระยะ 15 ซม. ซึ่งในการทดลองนี้จะแบ่งเป็น 4 กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ทดลองกับกล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคาร ดังรูป 3.10



รูปที่ 3.10 กล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด

กรณีที่ 2 ทดลองกับกล่องทดลองที่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน ซึ่งมีการปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) ดังรูป 3.11



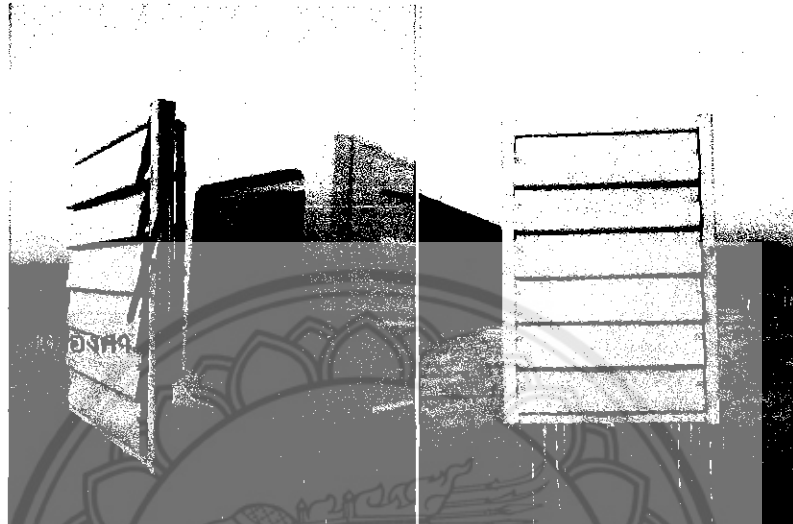
รูปที่ 3.11 ปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด)

กรณีที่ 3 ทดลองกับกล่องทดลองที่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน ซึ่งมีการปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา ดังรูป 3.12



รูปที่ 3.12 ปรับบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา

กรณีที่ 4 ทดลองกับกล่องทดลองที่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร ซึ่งมีการปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) ดังรูป 3.13



รูปที่ 3.13 ปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด)

### 3.5.2 การทดลองที่ 2 ศึกษาอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคาร โดยการปรับมุมของอุปกรณ์ในแนวตั้ง

ในการทดลองนี้ ทำการเก็บข้อมูล โดยการปรับมุมของอุปกรณ์โดยกำหนดให้ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนห่างจากกระจกเป็นระยะ 15 ซม. ซึ่งในการทดลองนี้จะแบ่งเป็น 3กรณี ดังนี้

กรณีที่ 1 ทดลองกับกล่องทดลองที่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน ซึ่งมีการปรับอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งหมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา ดังรูป 3.14



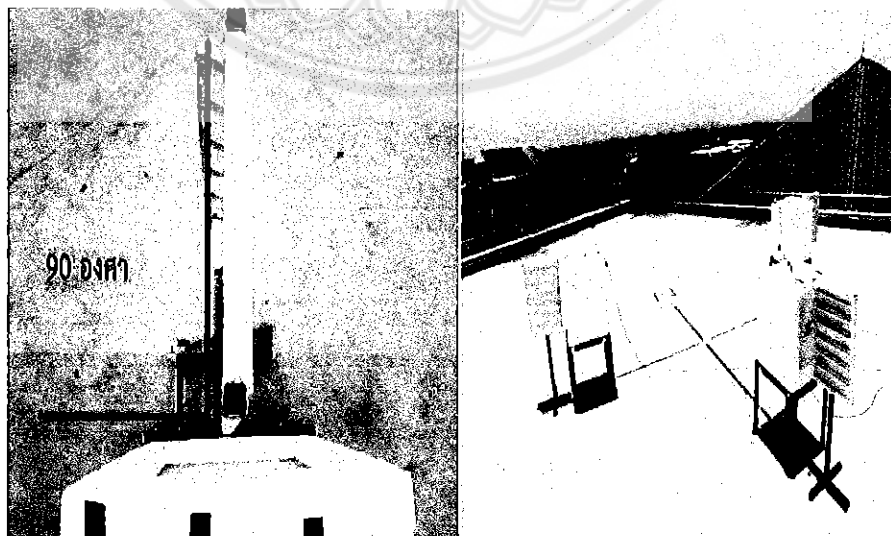
รูปที่ 3.14 เปิดอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งหมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา

กรณีที่ 2 ทำการทดลองกับกล่องทดลองที่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน ซึ่งมีการปรับอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา ดังรูป 3.15



รูปที่ 3.15 ปรับอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา

กรณีที่ 3 ทำการทดลองกับกล่องทดลองที่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน ซึ่งมีการปรับมุมของอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งหมุน 90 องศา ดังรูป 3.16



รูปที่ 3.16 การปรับอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง 90 องศา

### 3.6 ทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด Shading Coefficient,(SC) และ วิเคราะห์หาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร Overall Thermal Transfer Value, (OTTV)

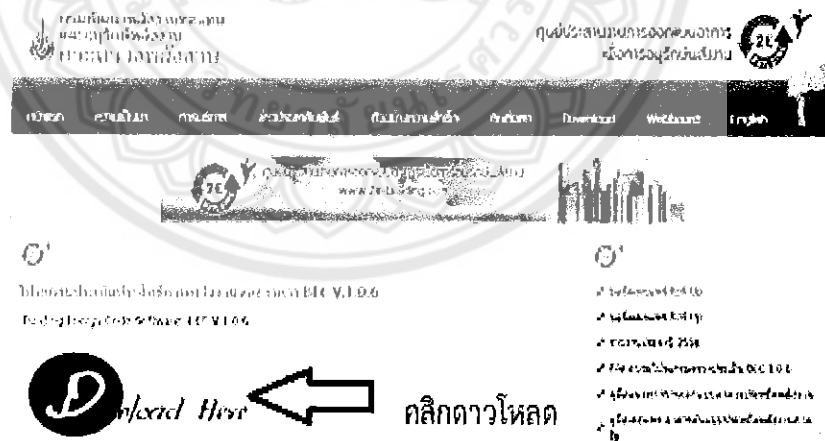
ใช้โปรแกรม Building Energy Code ในการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด(Shading Coefficient,SC) ของอุปกรณ์บังแดดที่ปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด), 45 องศา,10 องศา (ปิดสุด) และปรับอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งหมุนตามเข็มนาฬิกา - ทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา และหมุน 90 องศา

ในที่นี้จะแสดงตัวอย่างวิธีการใช้โปรแกรม และวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดโดยการปรับอุปกรณ์บังแดดในแนวราบ 10 องศา(ปิดสุด) ของชั้นที่ 5 ที่หันไปทางทิศตะวันออกดังนี้

#### 3.6.1 วิธีการใช้โปรแกรม Building Energy Code, BEC

##### ขั้นตอนที่ 1

เข้าเว็บไซต์ <http://www.2ebuilding.com/article.php?cat=download&id=126> เพื่อทำการดาวโหลดโปรแกรม Building Energy Code ดังรูป 3.17

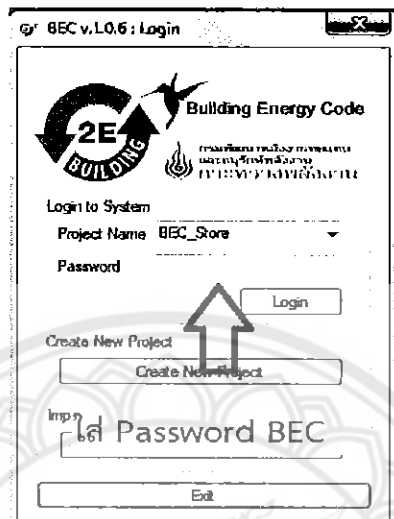


รูปที่ 3.17 ดาวโหลดโปรแกรม Building Energy Code

ที่มา:กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน



ขั้นตอนที่ 2 ทำการเข้าโปรแกรมโดยใส่พาสเวิร์ด BEC ดังรูป รูป 3.18



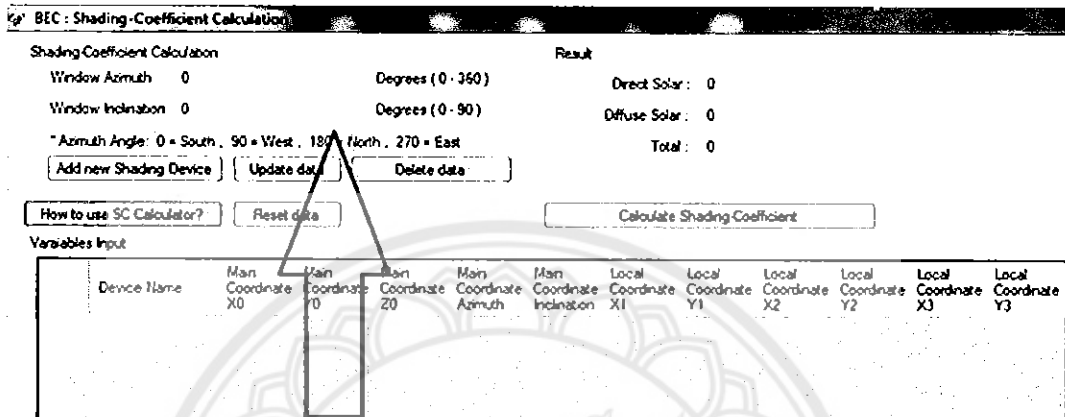
รูปที่ 3.18 การใช้โปรแกรม Building Energy Code ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การบังแดด  
ที่มา:กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน

ขั้นตอนที่ 3 คลิกเลือก Tool แล้วเลือก Shading Coefficient Calculation เพื่อเข้า  
หน้าต่างคำนวณดังรูป 3.19



รูปที่ 3.19 การใช้โปรแกรม Building Energy Code ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การบังแดด  
ที่มา:กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน

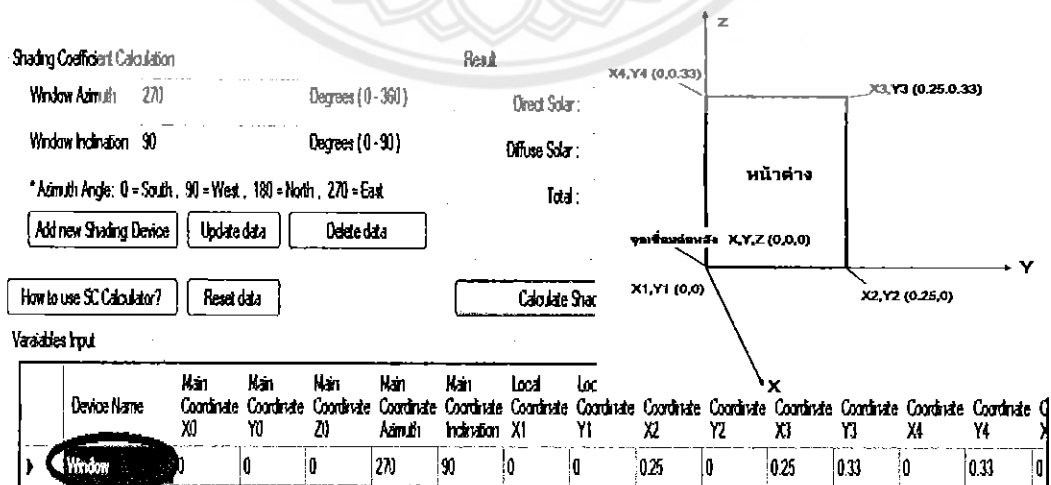
ขั้นตอนที่ 4 ใส่ข้อมูลของกระจกในช่อง Window Azimuth โดยมุม Azimuth ในโปรแกรมจะใช้ทิศได้เป็นหลักหมุนตามเข็มนาฬิกาและใส่ค่ามุมของกระจกที่ตั้งฉากกับผิวโลก 90 องศา และแนวระนาบ 0 องศา ดังแสดงในรูป 3.20



Window Azimuth คือ มุมของกระจกหันหน้าไปทางทิศตะวันออก  
Window Inclination คือ มุมของกระจกกระหะกับผิวโลก 90 องศา

รูปที่ 3.20 การใช้โปรแกรม Building Energy Code ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การบังแดด ที่มา:กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน

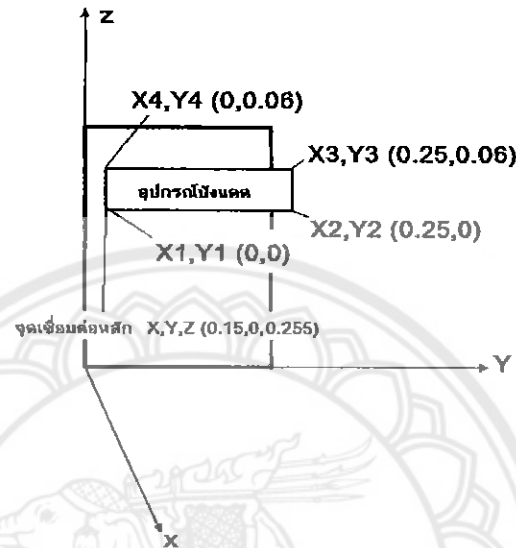
ขั้นตอนที่ 5 กด Add new Shading เพื่อเพิ่มกระจก โดย Main Coordinate คือจุดเชื่อมต่อหลัก, Main Coordinate Azimuth คือมุมที่กระจกหันหน้าไปทางทิศต่างๆแต่ในที่นี้จะยกตัวอย่างอุปกรณ์บังแดดหันหน้าไปทางทิศตะวันออก, Main Coordinate Inclination คือมุมที่กระทำกับผิวโลก 90 องศา และทำการใส่พิกัดของกระจก ดังรูปแสดงใน 3.21



รูปที่ 3.21 การใช้โปรแกรม building energy code ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การบังแดด

ที่มา:กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน

ขั้นตอนที่ 6 ใส่ค่า Coordinate ของอุปกรณ์บังแดดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) ของชั้นที่ 5 ดังแสดงในรูป 3.22 และ 3.23ตามลำดับ



รูปที่ 3.22 พิกัดของอุปกรณ์บังแดดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด)

How to use SC Calculator?

Variables Input

Device Name	Main Coordinate X0	Main Coordinate Y0	Main Coordinate Z0	Main Coordinate Azimuth	Main Coordinate Inclination	Local Coordinate X1	Local Coordinate Y1	Local Coordinate X2	Local Coordinate Y2	Local Coordinate X3	Local Coordinate Y3	Local Coordinate X4	Local Coordinate Y4	Local Coordinate X5	Local Coordinate Y5
Window	0	0	0	270	90	0	0	0.25	0	0.25	0.33	0	0.33	0	0
Device 1	0.15	0	0	270	90	0	0	0.25	0	0.25	0.06	0	0.06	0	0
Device 2	0.15	0	0.06	270	90	0	0	0.25	0	0.25	0.06	0	0.065	0	0
Device 3	0.15	0	0.125	270	90	0	0	0.25	0	0.25	0.06	0	0.065	0	0
Device 4	0.15	0	0.19	270	90	0	0	0.25	0	0.25	0.06	0	0.065	0	0
Device 5	0.15	0	0.255	270	90	0	0	0.25	0	0.25	0.06	0	0.06	0	0
Device 6	0.15	0	0.315	270	90	0	0	0.25	0	0.25	0.06	0	0.07	0	0

รูปที่ 3.23 การใช้โปรแกรม Building Energy Code ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การบังแดด

ที่มา:กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน

ขั้นตอนที่ 7 กด Add new ShadingDevice แต่ละขั้นหลังจากนั้นเมื่อใส่ค่าของอุปกรณ์บังแดดครบทุกชิ้นแล้วกด Update data และกด Calculate Shading จะแสดงค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์ที่ทำการวิเคราะห์ในช่อง Total มีค่าเท่ากับ 0.623577 ดังแสดงในรูป 3.24

Shading Coefficient Calculation

Window Azimuth: 270 Degrees (0 - 360)  
 Window Inclination: 90 Degrees (0 - 90)  
 \* Azimuth Angle: 0 = South, 90 = West, 180 = North, 270 = East

Result  
 Direct Solar: 0.227939  
 Diffuse Solar: 0.395638  
 Total: 0.623577

ในช่อง Total คือค่าผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายของดวงอาทิตย์

Buttons: Add new Shading Device, Update data, Delete data, How to use SC Calculator?, Reset data, Calculate Shading Coefficient

Device Name	Main Coordinate X0	Main Coordinate Y0	Main Coordinate Z0	Main Coordinate Azimuth	Main Coordinate Inclination	Local Coordinate X1	Local Coordinate Y1	Local Coordinate X2	Local Coordinate Y2	Local Coordinate X3	Local Coordinate Y3	Local Coordinate X4	Local Coordinate Y4	Local Coordinate X5	Local Coordinate Y5
Window	0	0	0	270	90	0	0	0.25	0	0.25	0.11	0	0.11	0	0
Device 1	0.15	0	0	270	90	0	0	0.25	0	0.25	0.06	0	0.06	0	0
Device 2	0.15	0	0.06	270	90	0	0	0.25	0	0.25	0.06	0	0.065	0	0
Device 3	0.15	0	0.125	270	90	0	0	0.25	0	0.25	0.06	0	0.065	0	0
Device 4	0.15	0	0.19	270	90	0	0	0.25	0	0.25	0.06	0	0.065	0	0
Device 5	0.15	0	0.255	270	90	0	0	0.25	0	0.25	0.06	0	0.06	0	0
Device 6	0.15	0	0.315	270	90	0	0	0.25	0	0.25	0.06	0	0.07	0	0

รูปที่ 3.24 การใช้โปรแกรม Building Energy Code ในการคำนวณสัมประสิทธิ์การบังแดด  
 ที่มหาวิทยาลัยพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน

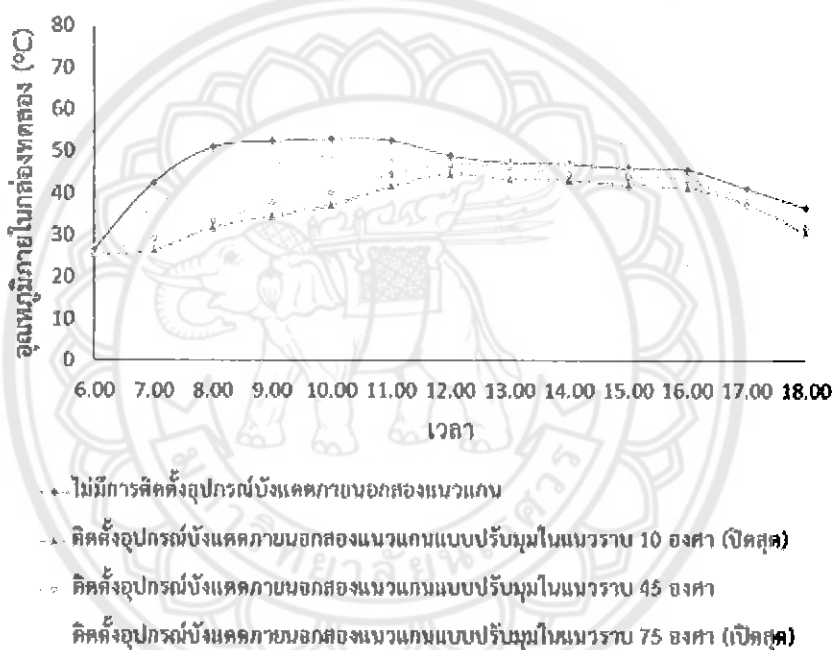
ขั้นตอนที่ 8 นำค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดที่ได้จากการคำนวณจากโปรแกรม Building Energy Code ไปใช้ในการวิเคราะห์หาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกอาคาร Overall Thermal Transfer Value, (OTTV) ในส่วนของกระจก ในทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก โดยใช้สมการที่ 2.2 ในการคำนวณ ตามลำดับ

## บทที่ 4

### ผลการดำเนินงานและวิเคราะห์ผล

#### 4.1 การศึกษาการปรับมุมของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในแนวราบ

##### 4.1.1 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง



รูปที่ 4.1 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันออก

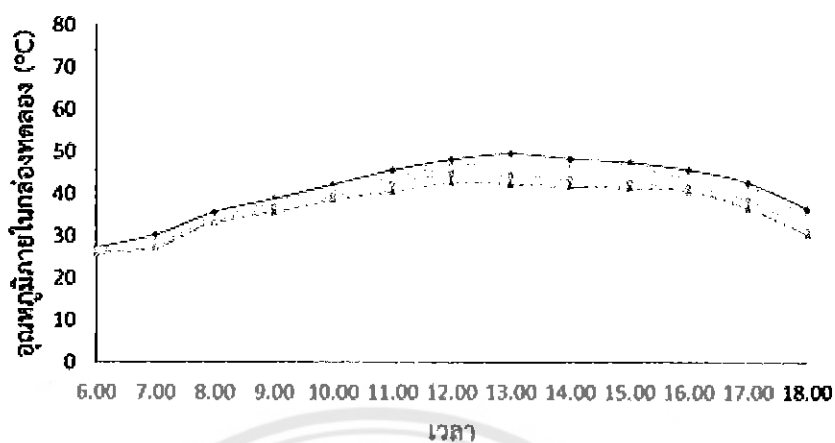
จากการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน ในทิศตะวันออกพบว่า ในทิศตะวันออกกระจกของกล่องทดลองได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงในช่วงเวลา 6.00 น. – 12.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 6.00 น. – 8.00 น. โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 51 °C ที่เวลา 8.00 น. ถัดมามีแนวโน้มคงที่ในช่วงเวลา 8.00 น. - 11.00 น. โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 53 °C ที่เวลา 10.00 น. และหลังจากเวลา 12.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง จนถึงเวลา 18.00 น. เนื่องจากช่วงเวลานี้กระจกของกล่องทดลองไม่ได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง

การตรวจวัดอุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) พบว่ามีแนวโน้มอุณหภูมิใกล้เคียงกับกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน โดยมีแนวโน้มอุณหภูมิที่ต่ำกว่า เนื่องจากอุปกรณ์ช่วยลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกได้บางส่วน และมีอุณหภูมิสูงสุด 48.6 °C ที่เวลา 10.00 น.

อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา พบว่า ในช่วงเวลา 6.00 น. – 11.00 น. มีแนวโน้มอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไม่สูงมากเนื่องจากเป็นช่วงที่อุปกรณ์สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกได้ โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 46.6 °C ที่เวลา 12.00 น. และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไม่สูงมาก,จนถึงเวลา 18.00 น.

อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) พบว่าเส้นแนวโน้มมีค่าใกล้เคียงกับกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์ปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา โดยมีแนวโน้มอุณหภูมิต่ำกว่าเนื่องจาก การปิดอุปกรณ์ส่งผลให้แสงอาทิตย์ลอดผ่านอุปกรณ์มากกระทบกระจกได้น้อยกว่าการปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา และมีอุณหภูมิสูงสุด 44.6 °C ที่เวลา 12.00 น.

สรุป ในทิศตะวันตกอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด), 45 องศา และ 75 องศา(เปิดสุด) เทียบกับกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด พบว่าการปรับบานเกล็ด 10 องศา (ปิดสุด) มีอุณหภูมิลดลงมากที่สุด เนื่องจากสามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกได้ดีที่สุด รองลงมาคือ 45 องศา และ 75 องศา (เปิดสุด) สามารถลดอุณหภูมิได้ 18.94 %, 14.75 % และ 5.99 % โดยการปรับบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) และ 45 องศา สามารถลดอุณหภูมิได้ดีเนื่องจากมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน ดังรูป 4.1



- ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน
- ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมใบแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด)
- ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมใบแนวราบ 45 องศา
- ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมใบแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด)

#### รูปที่ 4.2 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองทางทิศใต้

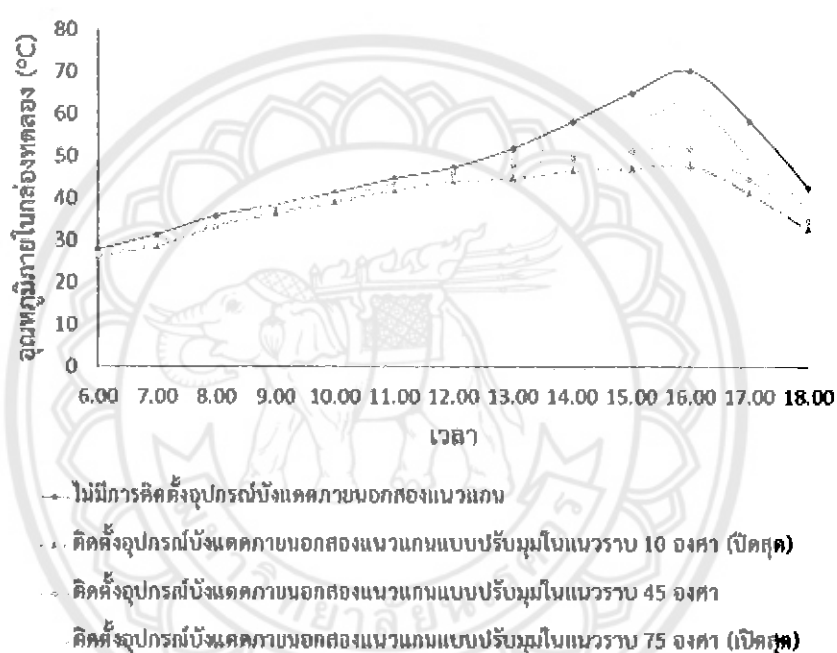
จากการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในทิศใต้พบว่า 6.00 น. - 18.00 น. กระจกของกล่องทดลองได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงมีอุณหภูมิสูงสุด 49.6 °C ที่เวลา 13.00 น. และมีแนวโน้มลดลงหลังเวลา 13.00 น.

อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) มีแนวโน้มอุณหภูมิต่ำกว่ากล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด เนื่องจากการปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกได้บางส่วน และมีอุณหภูมิสูงที่สุด 47.3 °C ที่เวลา 13.00 น.

อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา มีแนวโน้มอุณหภูมิลดลงเนื่องจากสามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกได้มากขึ้น โดยมีอุณหภูมิสูงที่สุด 44.8 °C ที่เวลา 13.00 น.

อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) มีแนวโน้มอุณหภูมิลดลงต่ำที่สุด เนื่องจากสามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกได้มากที่สุด โดยมีอุณหภูมิสูงที่สุด 42.8 °C ที่เวลา 13.00 น.

สรุป ในทิศตะวันตกอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด), 45 องศา และ 75 องศา (เปิดสุด) เทียบกับกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด พบว่าการปรับบานเกล็ด 10 องศา (ปิดสุด) มีอุณหภูมิลดลงมากที่สุด เนื่องจากสามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกได้ดีที่สุด รองลงมาคือ 45 องศา และ 75 องศา (เปิดสุด) สามารถลดอุณหภูมิได้ 11.20 %, 8.42 % และ 3.36 % โดยการปรับบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) และ 45 องศา สามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองและมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน ดังรูป 4.2



รูปที่ 4.3 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันตก

จากการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน ในทิศตะวันตก พบว่าในช่วงเวลา 12.00 น. - 18.00 น. กระจกของกล่องทดลองได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง ต่อมาในช่วงเวลา 12.00 น. - 16.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 70.3 °C ที่เวลา 16.00 น. และลดลงอย่างต่อเนื่องหลังเวลา 16.00 น. เนื่องจากดวงอาทิตย์กำลังเคลื่อนที่ลับขอบฟ้าจึงทำให้อุณหภูมิลดลง

การตรวจวัดอุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) พบว่ามีแนวโน้มอุณหภูมิใกล้เคียงกับกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด โดยมีแนวโน้มอุณหภูมิที่ต่ำกว่า เนื่องจากอุปกรณ์ช่วยลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกได้บางส่วน โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 62.6 °C ที่เวลา 16.00 น.

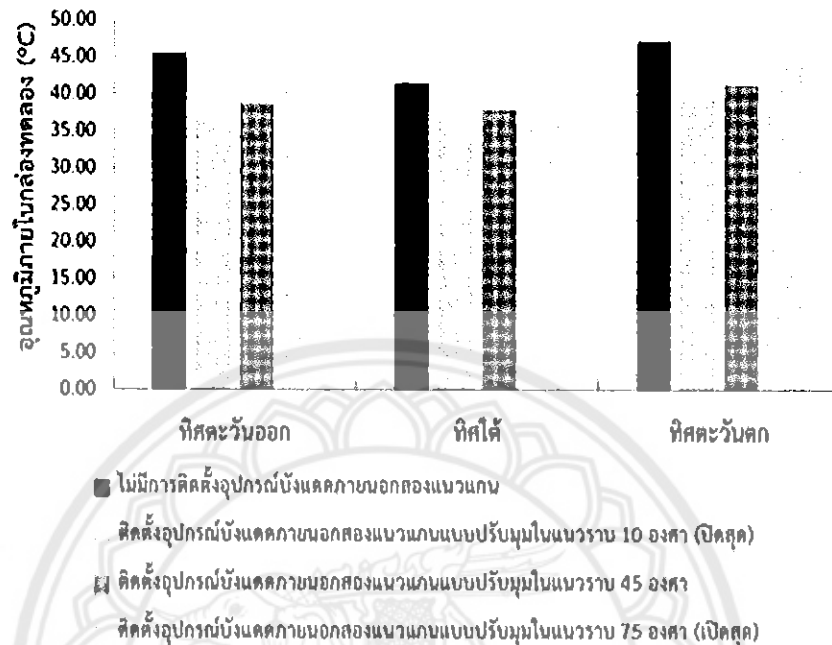


อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา พบว่า ในช่วงเวลา 12.00 น. – 16.00 น. มีแนวโน้มอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไม่สูงมากนัก เนื่องจากอุปกรณ์สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกได้ โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 51.2°C ที่เวลา 16.00 น. และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไม่สูงมากจนถึงเวลา 18.00 น.

อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) พบว่ามีแนวโน้มใกล้เคียงกับกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา โดยมีแนวโน้มอุณหภูมิที่ต่ำกว่าเนื่องจากการปิดอุปกรณ์บังแดดส่งผลให้แสงอาทิตย์ลอดผ่านอุปกรณ์มากกระทบกระจกได้น้อยลง และมีอุณหภูมิสูงสุด 47.8 °C ที่เวลา 18.00 น.

สรุป ในทิศตะวันตกอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด), 45 องศา และ 75 องศา (เปิดสุด) เทียบกับกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด พบว่าการปรับบานเกล็ด 10 องศา (ปิดสุด) มีอุณหภูมิลดลงมากที่สุด เนื่องจากสามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกโดยตรง ร่องลงมาคือ 45 องศา และ 75 องศา (เปิดสุด) สามารถลดอุณหภูมิได้ 16.79 %, 12.39 % และ 7.14 % โดยการปรับบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) และ 45 องศา สามารถลดอุณหภูมิได้ดีโดยมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน ดังรูป 4.3

#### 4.1.2 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ



รูปที่ 4.4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ

เมื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันระหว่างกล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน และกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) , 45 องศา และ 75 องศา (เปิดสุด)

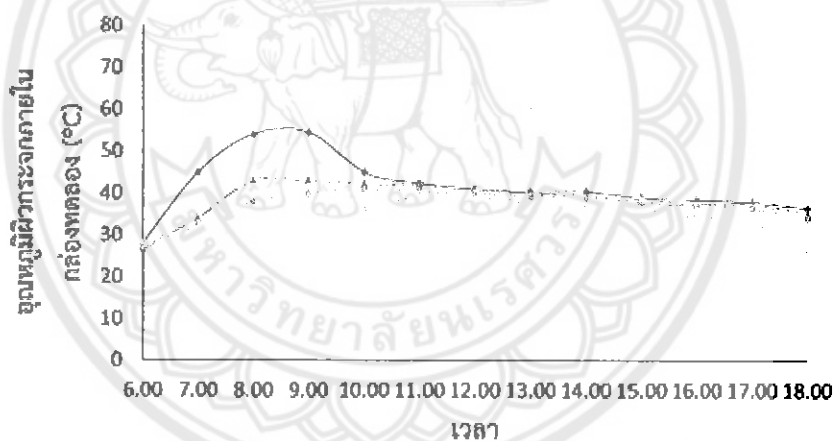
ในทิศตะวันออกพบว่า กล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) สามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 8.62 °C คิดเป็น 18.94 % , การปรับมุมในแนวราบ 45 องศาสามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 6.71 °C คิดเป็น 14.75 % และการปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) สามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 2.72 °C คิดเป็น 5.99 %

ในทิศใต้พบว่า กล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) สามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 4.65 °C คิดเป็น 11.20 % , แบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศา สามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 3.49 °C คิดเป็น 8.42 % และแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) สามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 1.39 °C คิดเป็น 3.36 %

ในทิศตะวันตกพบว่า กล้องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) สามารถลดอุณหภูมิภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 7.92 °C คิดเป็น 16.79 % , แบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศาสามารถลดอุณหภูมิภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 5.85 °C คิดเป็น 12.39 % และแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) สามารถลดอุณหภูมิภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 3.37 °C คิดเป็น 7.14 %

จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันสามารถสรุปได้ว่า กล้องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) สามารถลดอุณหภูมิภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้มากที่สุด ทั้งในทิศตะวันออก ทิศใต้ และ ทิศตะวันตกนั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.4

#### 4.1.3 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล้องทดลอง



- ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน
- - - ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด)
- · · ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศา
- · · ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด)

#### รูปที่ 4.5 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล้องทดลองทางทิศตะวันออก

จากการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล้องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดสองแนวแกนในทิศตะวันออกพบว่า ในทิศตะวันออกกระจกของกล้องทดลองได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงในช่วงเวลา 6.00 น. – 12.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 6.00 น. – 9.00 น. โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 54.5 °C ที่เวลา 9.00 น. ในช่วงเวลา 9.00 น. – 12.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มลดลง และหลังจากเวลา 12.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงเวลา 18.00 น. เนื่องจากช่วงเวลานี้กระจกของกล้องทดลองไม่ได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง

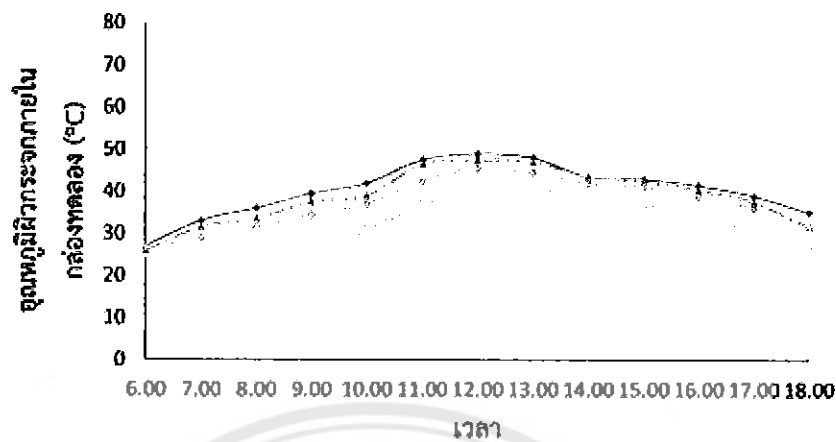
อุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) พบว่าในช่วงเวลา 6.00 น. – 8.00 น. มีแนวโน้มอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากอุปกรณ์บังแดดไม่มีช่องให้อากาศไหลผ่านมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับกระจกได้ สะดวกส่งผลให้มีอุณหภูมิสูงถึง 43 °C ที่เวลา 8.00 น. ถัดมาในช่วงเวลา 8.00 น. – 12.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มคงที่ และลดลงอย่างต่อเนื่องหลังเวลา 12.00 น.

อุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา พบว่า มีแนวโน้มอุณหภูมิใกล้เคียงกับการปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) แต่การปรับบานเกล็ด 45 องศาจะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าการปรับบานเกล็ด 10 องศา เนื่องจากการปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา ทำให้มีช่องให้อากาศไหลผ่านมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับกระจกมีมากขึ้น โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 41 °C ที่เวลา 10.00 น.

อุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) พบว่า มีแนวโน้มอุณหภูมิใกล้เคียงกับการปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา แต่การปรับบานเกล็ด 75 องศา จะมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าการปรับบานเกล็ด 45 องศา เนื่องจากการปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) ทำให้มีช่องให้อากาศไหลผ่านอุปกรณ์ได้มากที่สุด ส่งผลให้การแลกเปลี่ยนความร้อนของอากาศกับกระจกมีมากขึ้น โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 39.5 °C ที่เวลา 11.00 น.

สรุปในทิศตะวันออก อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา(ปิดสุด), 45 องศา และ 75 องศา (เปิดสุด) เทียบกับกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด พบว่าการปรับบานเกล็ด 75 องศา(เปิดสุด) มีอุณหภูมิผิวกระจกที่ต่ำที่สุด เนื่องจากมีช่องให้อากาศไหลผ่านอุปกรณ์จึงทำให้อุณหภูมิลดลง รองลงมาคือ 45 องศา และ 10 องศา (ปิดสุด) สามารถลดได้ 17.13%, 10.87% และ 8.01% ตามลำดับ

การเปิดมุมของบานเกล็ดในแนวราบที่มากขึ้นจะสามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกได้มาก ลดการแผ่รังสีความร้อนของกระจกสร้างความสบายเชิงความร้อนให้ผู้อยู่อาศัย แต่การเปิดมุมของบานเกล็ดในแนวราบที่มากขึ้น ความร้อนจากแสงอาทิตย์ก็สามารถเข้าสู่อาคารได้มากเช่นกัน ดังรูป 4.5



- ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน
- ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด)
- ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศา (เปิดสุด)
- ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด)

#### รูปที่ 4.6 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิตัวจิ้งจกภายในกลุ่มทดลองทางทิศใต้

จากการตรวจวัดอุณหภูมิตัวจิ้งจกภายในกลุ่มทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในทิศใต้พบว่า ในทิศใต้กระจกของกลุ่มทดลองได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงในช่วงเวลา 6.00 น. – 18.00 น. มีอุณหภูมิสูงสุด 49 °C ที่เวลา 12.00 น. และมีแนวโน้มลดลงหลังเวลา 12.00 น.

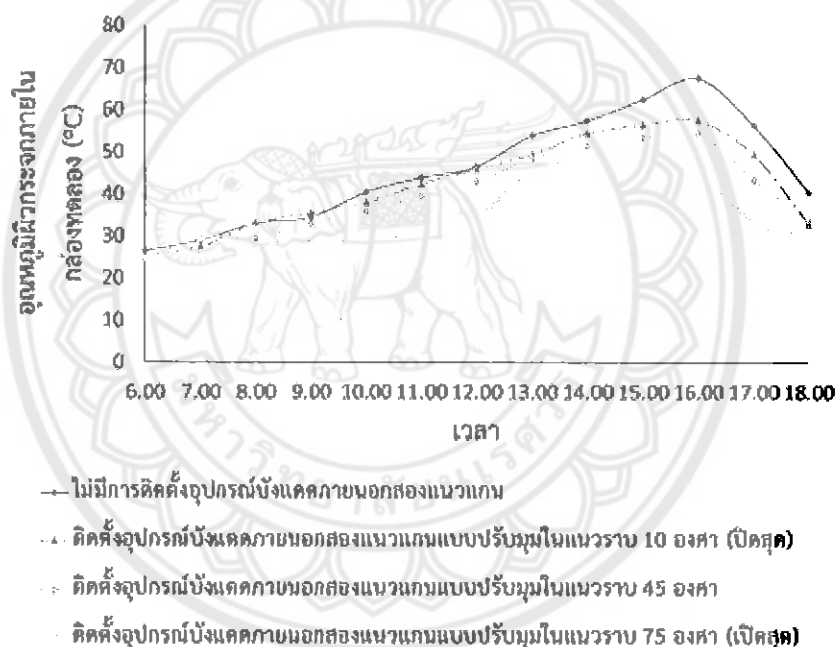
โดยอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) มีแนวโน้มอุณหภูมิใกล้เคียงกับกลุ่มทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน โดยมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า เนื่องจากอุปกรณ์ไม่มีช่องให้อากาศไหลผ่านมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับกระจกได้สะดวก โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 47.5 °C ที่เวลา 12.00 น.

อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา มีแนวโน้มใกล้เคียงกับอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) โดยมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า เนื่องจากอุปกรณ์สามารถมีช่องให้อากาศไหลมากระทบกระจกได้สะดวก โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 45.5 °C ที่เวลา 12.00 น.

อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) มีแนวโน้มใกล้เคียงกับอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา โดยมีอุณหภูมิที่ต่ำที่สุด เนื่องจากตัวอุปกรณ์มีช่องให้อากาศไหลผ่านได้มากที่สุด โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 41 °C ที่เวลา 12.00 น.

สรุปในที่สุดได้ อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (เปิดสุด), 45 องศา และ 75 องศา (เปิดสุด) เทียบกับกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด พบว่าการปรับบานเกล็ด 75 องศา (เปิดสุด) มีอุณหภูมิผิวกระจกที่ต่ำ เนื่องจากมีช่องให้อากาศไหลผ่านอุปกรณ์ไปกระทบกระจกได้มาก รองลงมาคือ 45 องศา และ 10 องศา (ปิดสุด) สามารถลดได้ 10.73 %, 8.30 % และ 3.82 % โดยการปรับบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) และ 45 องศา สามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกได้ดีเนื่องจากมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน

การเปิดมุมของบานเกล็ดในแนวราบที่มากขึ้นจะสามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกได้มาก ลดการแผ่รังสีความร้อนของกระจกสร้างความสบายเชิงความร้อนให้ผู้อยู่อาศัย แต่การเปิดมุมของบานเกล็ดในแนวราบที่มากขึ้น ความร้อนจากแสงอาทิตย์ก็สามารถเข้าสู่อาคารได้มากเช่นกัน ดังรูป 4.6



รูปที่ 4.7 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันตก

จากการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในทิศตะวันตกพบว่า ในที่สุดได้กระจกของกล่องทดลองได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงในช่วงเวลา 12.00 น. - 18.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้น มีอุณหภูมิสูงสุด 54.5 °C ที่เวลา 16.00 น. และหลังจากเวลา 16.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากดวงอาทิตย์กำลังเคลื่อนที่ลับขอบฟ้า

อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (เปิดสุด) พบว่ามีแนวโน้มอุณหภูมิใกล้เคียงกับกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน โดยมีแนวโน้มอุณหภูมิที่ต่ำกว่า เนื่องจากอากาศไม่สามารถไหลผ่านอุปกรณ์ไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับกระจกได้น้อยส่งผลให้อุณหภูมิสูงสุด 57.5 °C ที่เวลา 16.00 น.

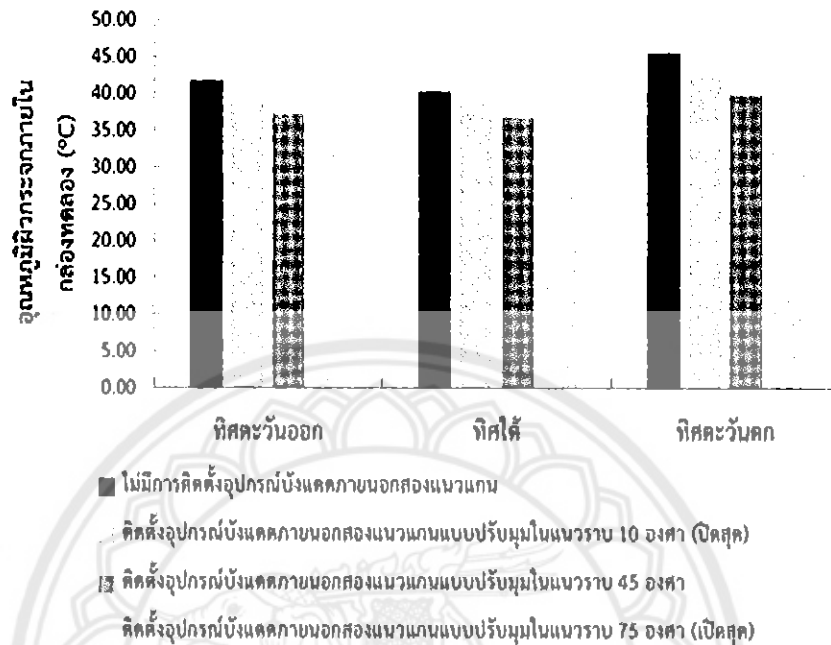
อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา มีแนวโน้มอุณหภูมิใกล้เคียงกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) โดยมีแนวโน้มอุณหภูมิที่ต่ำกว่า เนื่องจากอุปกรณ์มีช่องให้อากาศไหลผ่านไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับกระจกได้มากขึ้นส่งผลให้มีอุณหภูมิสูงสุด  $54.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 16.00 น.

อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) มีแนวโน้มอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดเนื่องจาก อุปกรณ์มีช่องให้อากาศไหลผ่านไปแลกเปลี่ยนความร้อนกับกระจกได้มากที่สุด โดยมีอุณหภูมิสูงสุด  $47.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ที่เวลา 15.00 น.

สรุปในทิศใต้ อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด), 45 องศา และ 75 องศา (เปิดสุด) เทียบกับกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด พบว่าการปรับบานเกล็ด 75 องศา (เปิดสุด) มีอุณหภูมิผิวกระจกที่ต่ำ เนื่องจากมีช่องให้อากาศไหลผ่านอุปกรณ์ไปกระทบกระจกได้มาก รองลงมาคือ 45 องศา และ 10 องศา (ปิดสุด) สามารถลดได้ 23.88 %, 12.24 % และ 7.51 % ตามลำดับ

การเปิดมุมของบานเกล็ดในแนวราบที่มากขึ้นจะสามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกได้มาก ลดการแผ่รังสีความร้อนของกระจกสร้างความสบายเชิงความร้อนให้ผู้อยู่อาศัย แต่การเปิดมุมของบานเกล็ดในแนวราบที่มากขึ้น ความร้อนจากแสงอาทิตย์ก็สามารถเข้าสู่อาคารได้มากขึ้นเช่นกัน ดังรูป 4.7

#### 4.1.4 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ



รูปที่ 4.8 การเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ

จากรูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันระหว่างกล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนและกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) แบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศา และแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด)

ในทิศตะวันออกพบว่า กล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) สามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 3.35 °C คิดเป็น 8.01 % แบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศาสามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 4.54 °C คิดเป็น 10.87 % และแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) สามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 7.15 °C คิดเป็น 17.13%

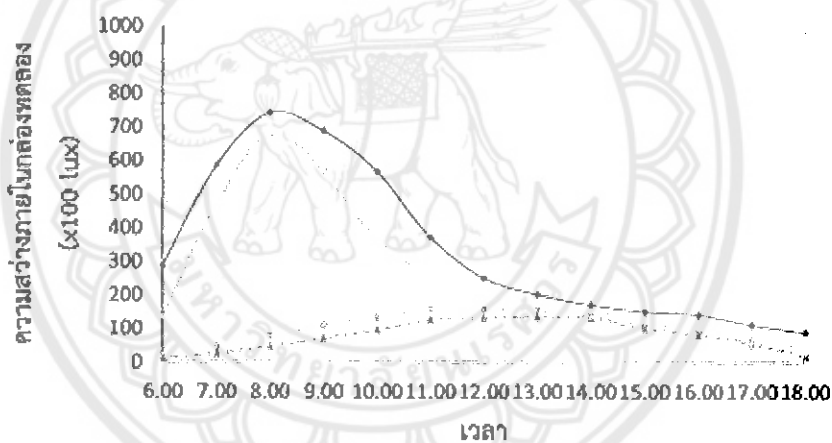
ในทิศใต้พบว่า กล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) สามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 1.54°C คิดเป็น 3.82 % แบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศาสามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 3.35 °C คิดเป็น 8.30 % และแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) สามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 7.96 °C คิดเป็น 19.75 %



ในทิศตะวันตกพบว่า กล้องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) สามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 3.42 °C คิดเป็น 7.51% แบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศาสามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 5.58 °C คิดเป็น 12.24 % และแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) สามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 10.88 °C คิดเป็น 23.88 %

จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันสามารถสรุปได้ว่า กล้องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดสองภายนอกแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) สามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้มากที่สุดทั้งในทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตกนั้น

#### 4.1.5 ผลการตรวจวัดความสว่างภายในห้องทดลอง



- ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน
- - - ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด)
- · · ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศา
- · · ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด)

รูปที่ 4.9 ผลการตรวจวัดความสว่างภายในกล้องทดลองทางทิศตะวันออก

จากการตรวจวัดค่าความสว่างภายในกล้องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในทิศตะวันออกพบว่า กระจกของกล้องทดลองได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงในช่วงเวลา 6.00 น. – 12.00 น. ช่วงเวลา 6.00 น. – 8.00 น. ค่าความสว่างมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีค่าความสว่างสูงที่สุด 74,200 lux ที่เวลา 8.00 น. หลังจากนั้นแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 8.00 น. – 12.00 น. และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ในช่วงเวลา 12.00 น. เป็นต้นไป เนื่องจากกระจกของกล้องทดลองไม่ได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง

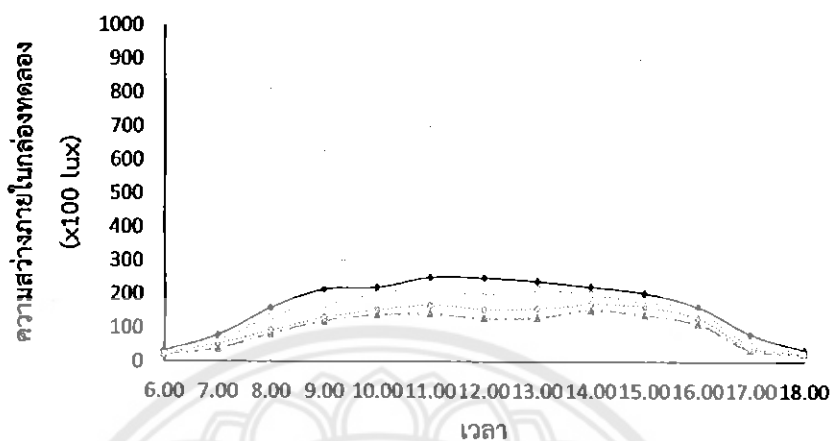
ค่าความสว่างภายในกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) พบว่ามีแนวโน้มอุณหภูมิใกล้เคียงกับกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน โดยมีค่าความสว่างที่ต่ำกว่า เนื่องจากอุปกรณ์สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกได้บางส่วน โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 68,400 lux ที่เวลา 8.00 น.

ค่าความสว่างภายในกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศาพบว่าในช่วงเวลา 6.00 น. – 12.00 น. ค่าความสว่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากในช่วงเวลานี้ อุปกรณ์สามารถป้องกันแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกได้มาก ส่งผลให้ค่าความสว่างภายในกล่องทดลองลดลง โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 16,000 lux ที่เวลา 12.00 น. และมีแนวโน้มลดลงหลังเวลา 12.00 น. เนื่องจากกระจกของกล่องทดลองไม่ได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง

ค่าความสว่างภายในกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (เปิดสุด) มีแนวโน้มค่าความสว่างใกล้เคียงกับกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา โดยมีค่าความสว่างที่ต่ำกว่า เนื่องจากการปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (เปิดสุด) แสงอาทิตย์สามารถลอดผ่านอุปกรณ์มากกระทบกระจกได้น้อยมาก ส่งผลให้ค่าความสว่างภายในกล่องทดลองมีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 13,700 lux ที่เวลา 12.00 น.

สรุปในทิศใต้ อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด), 45 องศา และ 10 องศา (เปิดสุด) เทียบกับกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด พบว่าการปรับบานเกล็ด 75 องศา (เปิดสุด) ค่าความสว่างลดลงน้อยที่สุด เนื่องจากมีช่องให้อากาศไหลผ่าน อุปกรณ์ไปกระทบกระจกได้มาก รองลงมาคือ 45 องศา และ 10 องศา (เปิดสุด) มีค่าความสว่างที่ลดลง 23.13 %, 70.13 % และ 76.25 % ตามลำดับ ดังรูป 4.9

การเปิดมุมของบานเกล็ดในแนวราบที่มากขึ้นส่งผลให้มี ค่าความสว่าง และความร้อนที่เข้าสู่อาคารจากแสงอาทิตย์ที่มากขึ้น แต่อุณหภูมิผิวกระจกลดลง



- ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน
- - - ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (เปิดสุด)
- ..... ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศา
- · - · - ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด)

รูปที่ 4.10 ผลการตรวจวัดความสว่างภายในกล่องทดลองทางทิศใต้

จากการตรวจวัดค่าความสว่างภายในกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในทิศใต้พบว่า กระจกของกล่องทดลองได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงในช่วงเวลา 9.00 น. – 15.00 น. ช่วงเวลา 9.00 น. – 12.00 น. ค่าความสว่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 24,900 lux ที่เวลา 12.00 น. และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องหลังเวลา 12.00 น. – 18.00 น.

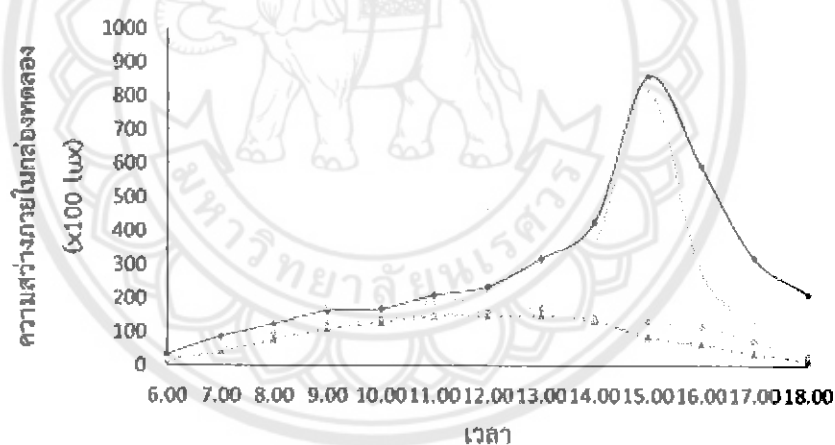
ค่าความสว่างภายในกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) พบว่ามีแนวโน้มอุณหภูมิใกล้เคียงกับกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน โดยมีค่าความสว่างที่ต่ำกว่า เนื่องจากอุปกรณ์สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกได้บางส่วน โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 21,600 lux ที่เวลา 13.00 น.

ค่าความสว่างภายในกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา พบว่ามีแนวโน้มอุณหภูมิใกล้เคียงกับกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) โดยมีค่าความสว่างที่ต่ำกว่า เนื่องจากอุปกรณ์สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกได้มาก โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 16,800 lux ที่เวลา 11.00 น.

ค่าความสว่างภายในกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (เปิดสุด) พบว่ามีแนวโน้มอุณหภูมิใกล้เคียงกับกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา โดยมีค่าความสว่างที่ต่ำที่สุดเนื่องจากปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (เปิดสุด) แสงอาทิตย์สามารถลอดผ่านอุปกรณ์ได้น้อยมาก โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 14,200 lux ที่เวลา 11.00 น.

สรุปในทิศใต้ อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด), 45 องศา และ 10 องศา (เปิดสุด) เทียบกับกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด พบว่าการปรับบานเกล็ด 75 องศา (เปิดสุด) ค่าความสว่างลดลงน้อยที่สุด เนื่องจากมีช่องให้อากาศไหลผ่านอุปกรณ์ไปกระทบกระจกได้มาก รองลงมาคือ 45 องศา และ 10 องศา (เปิดสุด) มีค่าความสว่างที่ลดลง 14.07%, 31.89% และ 41.19% ตามลำดับ ดังรูป 4.10

การเปิดมุมของบานเกล็ดในแนวราบที่มากขึ้นส่งผลให้มี ค่าความสว่าง และความร้อนที่เข้าสู่อาคารจากแสงอาทิตย์ที่มากขึ้น แต่อุณหภูมิผิวกระจกลดลง



- ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน
- x- ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (เปิดสุด)
- o ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศา
- o ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด)

รูปที่ 4.11 ผลการตรวจวัดความสว่างภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันตก

จากการตรวจวัดค่าความสว่างภายในกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในทิศตะวันตกพบว่า กระจกของกล่องทดลองได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงในช่วงเวลา 12.00 น. – 18.00 น. ช่วงเวลา 12.00 น. – 15.00 น. ค่าความสว่างมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 86,000 lux ที่เวลา 15.00 น. และมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 15.00 น. – 18.00 น. เนื่องจากความเข้มของแสงอาทิตย์มีค่าที่อ่อนลง

ค่าความสว่างภายในกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) พบว่ามีแนวโน้มอุณหภูมิใกล้เคียงกับกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน โดยมีค่าความสว่างที่ต่ำกว่า เนื่องจากอุปกรณ์สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกได้บางส่วน โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 81,800 lux ที่เวลา 15.00 น.

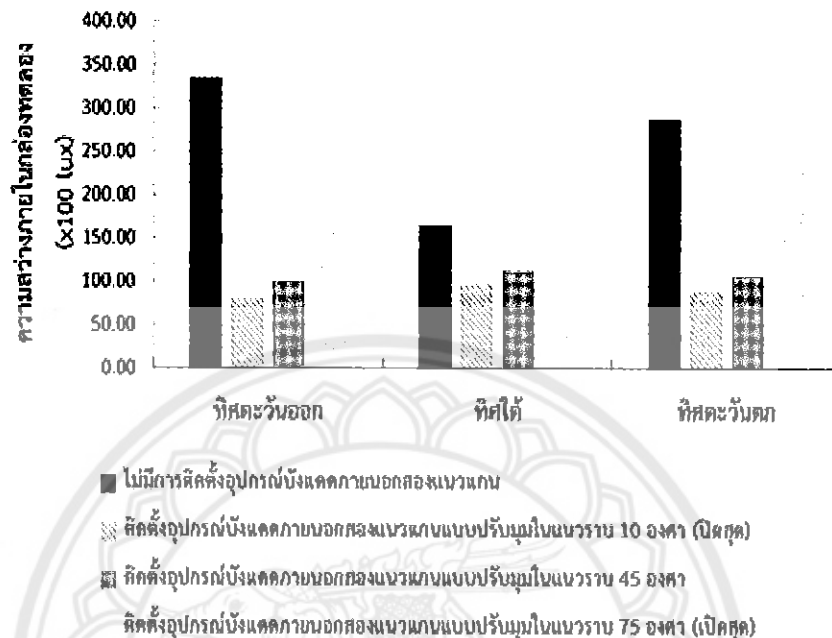
ค่าความสว่างภายในกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศาพบว่าในช่วงเวลา 13.00 น. – 18.00 น. ค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากในช่วงเวลานี้ อุปกรณ์สามารถป้องกันแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกได้มาก ส่งผลให้ค่าความสว่างภายในกล่องทดลองลดลง โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 17,100 lux ที่เวลา 13.00 น.

ค่าความสว่างภายในกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) มีแนวโน้มค่าความสว่างใกล้เคียงกับกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 45 องศา โดยมีค่าความสว่างที่ต่ำกว่า เนื่องจากการปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) แสงอาทิตย์สามารถลอดผ่านอุปกรณ์มากระทบกระจกได้น้อยมาก ส่งผลให้ค่าความสว่างภายในกล่องทดลองมีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 15,100 lux ที่เวลา 13.00 น.

สรุปในทิศใต้ อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมบานเกล็ดในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด), 45 องศา และ 10 องศา (ปิดสุด) เทียบกับกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด พบว่าการปรับบานเกล็ด 75 องศา (เปิดสุด) ค่าความสว่างลดลงน้อยที่สุด เนื่องจากมีช่องให้อากาศไหลผ่าน อุปกรณ์ไปกระทบกระจกได้มาก รองลงมาคือ 45 องศา และ 10 องศา (ปิดสุด) มีค่าความสว่างที่ลดลง 21.00 %, 62.78 % และ 69.12 % ตามลำดับ ดังรูป 4.11

การเปิดมุมของบานเกล็ดในแนวราบที่มากขึ้นส่งผลให้มี ค่าความสว่าง และความร้อนที่เข้าสู่อาคารจากแสงอาทิตย์ที่มากขึ้น แต่อุณหภูมิผิวกระจกลดลง

#### 4.1.6 การเปรียบเทียบความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ



รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ

การเปรียบเทียบความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันระหว่างกล่องทดลองที่ไม่มีกำบังแดดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนและกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) แบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศา และแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด)

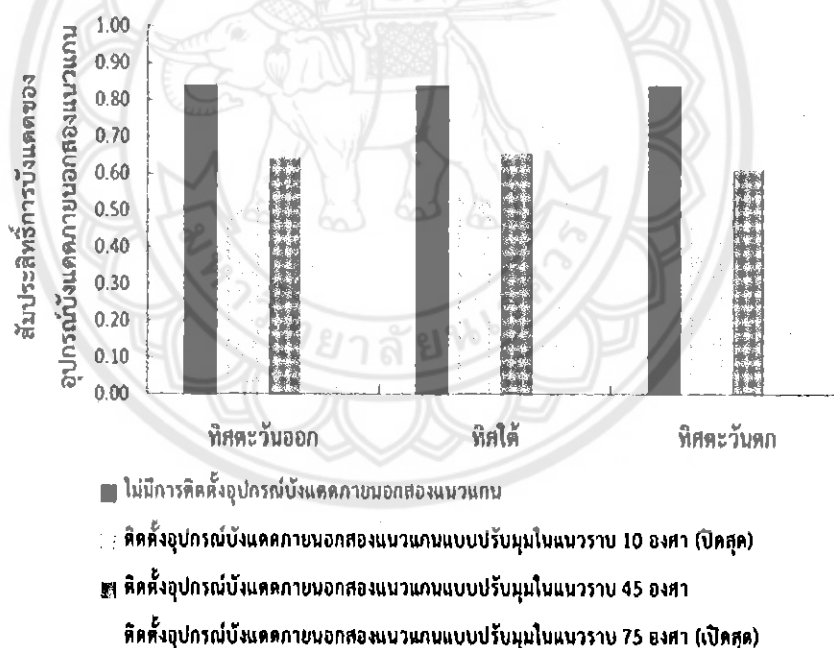
ในทิศตะวันออกพบว่า กล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) สามารถลดความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 25,585 lux คิดเป็น 76.25 % แบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศาสามารถลดความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 23,531 lux คิดเป็น 70.13 % และแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) สามารถลดความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 7,762 lux คิดเป็น 23.13 %

ในทิศใต้พบว่ากล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) สามารถลดความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 6,815 lux คิดเป็น 41.19 % แบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศาสามารถลดความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 5,277 lux คิดเป็น 31.89 % และแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) สามารถลดความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 2,477 lux คิดเป็น 14.97 %

ในทิศตะวันตกพบว่า กล้องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด)สามารถลดความสว่างภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 19,954 lux คิดเป็น 69.12 % แบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศาสามารถลดความสว่างภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 18,123 lux คิดเป็น 62.78 % และแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) สามารถลดความสว่างภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 6,062 lux คิดเป็น 21.00 %

จากการเปรียบเทียบความสว่างภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันสามารถสรุปได้ว่า กล้องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด)สามารถลดความสว่างภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้มากที่สุดทั้งในทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตกนั้น แสดงในรูปที่ 4.12

#### 4.1.7 การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองทิศทาง (SC) เฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ



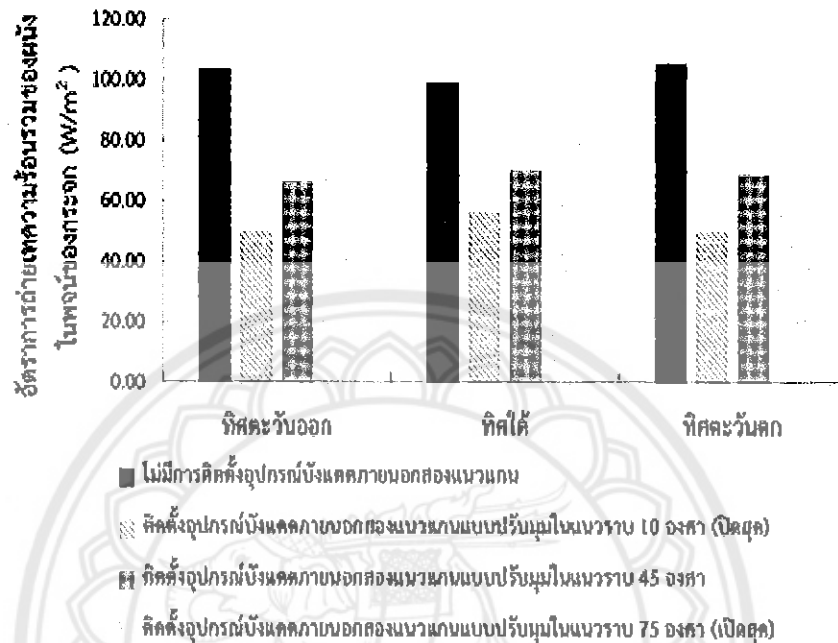
รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองทิศทาง (SC) เฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ

เมื่อทำการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน (SC) ระหว่างกล้องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนและกล้องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) แบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศา และ 75 องศา (เปิดสุด)





#### 4.1.8 การเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ในส่วนของกระจกในแต่ละทิศ



รูปที่ 4.14 การเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ในส่วนของกระจกในแต่ละทิศ

การเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ในส่วนของกระจก ระหว่าง กล้องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนและกล้องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (เปิดสุด) แบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศา และแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด)

ในทิศตะวันออกพบว่า กล้องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (เปิดสุด) สามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้  $53.59 \text{ W/m}^2$  คิดเป็น 51.62 %แบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศาสามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้  $37.42 \text{ W/m}^2$  คิดเป็น 36.04 %และแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) สามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้  $15.36 \text{ W/m}^2$  คิดเป็น 14.80 %

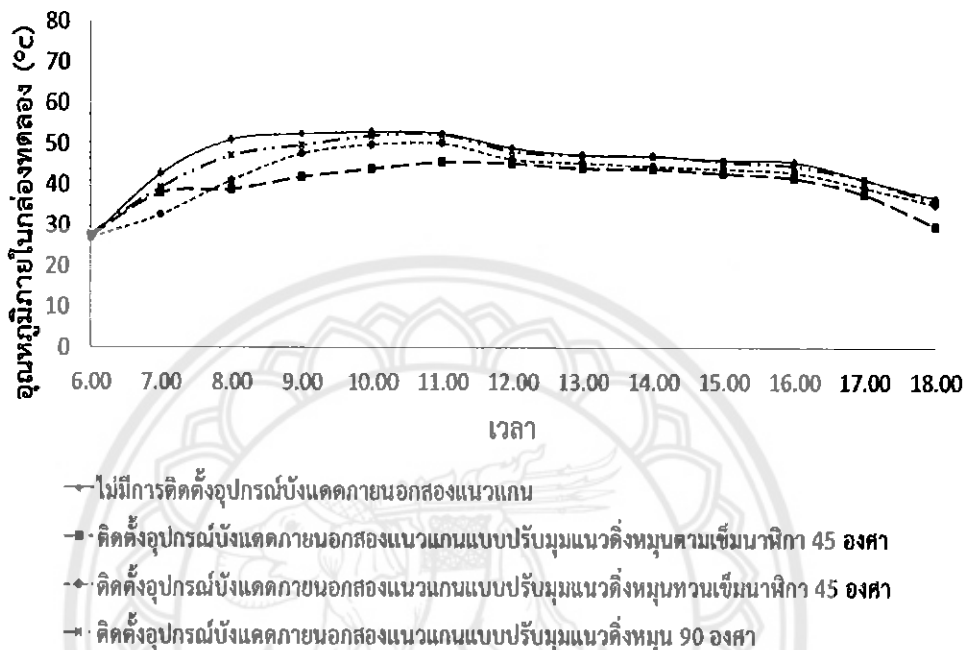
ในทิศใต้พบว่า กล้องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) สามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้  $42.59 \text{ W/m}^2$  คิดเป็น 42.95 % แบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศาสามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้  $28.50 \text{ W/m}^2$  คิดเป็น 28.74 % และแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) สามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้  $11.78 \text{ W/m}^2$  คิดเป็น 11.88 %

ในทิศตะวันตกพบว่า กล้องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) สามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้  $55.68 \text{ W/m}^2$  คิดเป็น 52.65 % แบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศาสามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้  $36.75 \text{ W/m}^2$  คิดเป็น 34.75 % และแบบปรับมุมในแนวราบ 75 องศา (เปิดสุด) สามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้  $16.73 \text{ W/m}^2$  คิดเป็น 15.82 %

จากการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ในส่วนของกระจก สามารถสรุปได้ว่า กล้องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) สามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้มากที่สุดทั้งในทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตกนั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.14

## 4.2 การศึกษาการปรับมุมของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในแนวตั้ง

### 4.2.1 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลอง



รูปที่ 4.15 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันออก

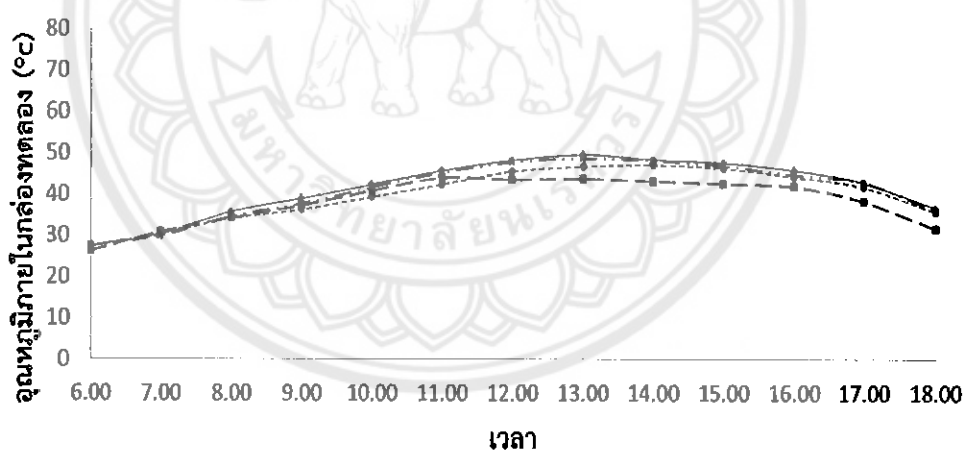
จากการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน ในทิศตะวันออกพบว่า ในทิศตะวันออกกระจกของกล่องทดลองได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงในช่วงเวลา 6.00 น. – 12.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 6.00 น. – 8.00 น. โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 51°C ที่เวลา 8.00 น. ถัดมามีแนวโน้มคงที่ในช่วงเวลา 8.00 น. – 11.00 น. โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 53°C ที่เวลา 10.00 น. และหลังจากเวลา 12.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง จนถึงเวลา 18.00 น. เนื่องจากช่วงเวลานี้กระจกของกล่องทดลองไม่ได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง

อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้ง หมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา พบว่า 6.00 น. – 7.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากช่วงเวลานี้กระจกกระทบกับแสงอาทิตย์โดยตรง หลังเวลา 7.00 น. อุปกรณ์มีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มา กระทบกระจกอุณหภูมิจึงมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยจนถึงเวลา 11.00 น. ส่งผลให้อุณหภูมิสูงถึง 45.6 °C ที่เวลา 11.00 น. และอุณหภูมิมิแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 12.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น. เนื่องจากช่วงเวลานี้กระจกของกล่องทดลองไม่ได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง

อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้ง หมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา พบว่า 6.00 น. – 7.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากช่วงเวลานี้อุปกรณ์สามารถลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกได้ หลังจากเวลา 7.00 น. อุปกรณ์ไม่มีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกอุณหภูมิจึงมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถึงเวลา 11.00 น. ส่งผลให้อุณหภูมิสูงถึง 50.2 °C ที่เวลา 11.00 น. และอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 12.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น.

อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้ง หมุน 90 องศา มีแนวโน้มอุณหภูมิใกล้เคียงกับห้องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน เนื่องจากมีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกได้น้อยมาก โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 52.3 °C ที่เวลา 10.00 น.

สรุปในทิศตะวันออก อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้ง หมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกได้นานที่สุดส่งผลให้อุณหภูมิภายในกล่องทดลองมีค่าต่ำที่สุด ในช่วงเวลา 8.00 น. – 11.00 น. ดังรูป 4.15



- ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน
- - -●- - - ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งหมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา
- - -●- - - ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา
- - -●- - - ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งหมุน 90 องศา

รูปที่ 4.16 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองทางทิศใต้

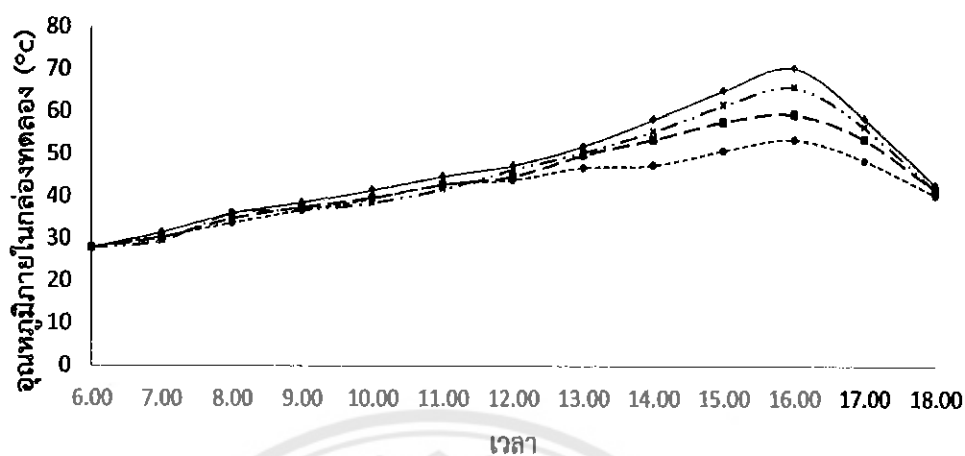
จากการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน ในทิศใต้พบว่า 6.00 น. - 18.00 น. กระจกของกล่องทดลองได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงโดยตรงมีอุณหภูมิสูงสุด 49.6 °C ที่เวลา 13.00 น. และมีแนวโน้มลดลงหลังจากเวลา 13.00 น.

อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้ง หมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา พบว่า 6.00 น. - 12.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้น เนื่องจากช่วงเวลานี้กระจกกระทบกับแสงอาทิตย์โดยตรง โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 47.5 °C ที่เวลา 12.00 น. หลังเวลา 12.00 น. อุปกรณ์มีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกอุณหภูมิจึงมีแนวโน้มคงที่ ถึงเวลา 16.00 น. และอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 16.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น.

อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้ง หมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา พบว่า 6.00 น. - 12.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากช่วงเวลานี้อุปกรณ์สามารถลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกได้ หลังเวลา 12.00 น. อุปกรณ์ไม่มีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกอุณหภูมิจึงมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ถึงเวลา 14.00 น. โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 47.1 °C ที่เวลา 14.00 น. และอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ 14.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น.

อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้ง หมุน 90 องศา มีแนวโน้มอุณหภูมิใกล้เคียงกับห้องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน เนื่องจากมีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกได้น้อยมาก โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 48.7 °C ที่เวลา 14.00 น.

สรุปในที่สุดได้ อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้ง หมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากระทบกระจกได้ ส่งผลให้ให้อุณหภูมิภายในกล่องทดลองมีค่าต่ำ ในช่วงเวลา 12.00 น. - 16.00 น. และอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้ง หมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากระทบกระจกได้ ในช่วงเวลา 6.00 น. - 12.00 น. ส่งผลให้อุณหภูมิภายในกล่องทดลองมีค่าต่ำ ดังรูป 4.16



- ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน
- ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งหมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา
- ▲- ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา
- ◆- ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งหมุน 90 องศา

รูปที่ 4.17 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันตก

จากการตรวจวัดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน ในทิศตะวันตกพบว่าในช่วงเวลา 12.00 น. – 18.00 น. กระจกของกล่องทดลองได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง ในช่วงเวลา 12.00 น. – 16.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 70.3 °C ที่เวลา 16.00 น. และลดลงอย่างต่อเนื่องหลังเวลา 16.00 น. เนื่องจากดวงอาทิตย์กำลังเคลื่อนที่ลับขอบฟ้า

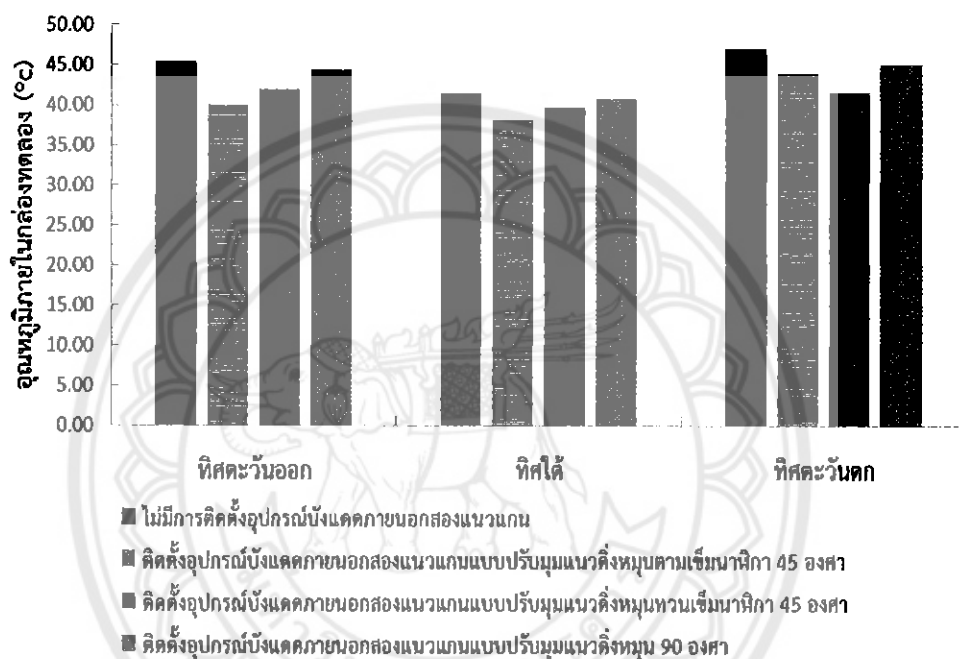
อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา พบว่า 12.00 น. – 16.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงอย่างรวดเร็ว โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 59.4 °C ที่เวลา 16.00 น. และอุณหภูมิมิแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่ 16.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น.

อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา พบว่า 12.00 น. – 16.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างช้าๆ เนื่องจากช่วงเวลานี้อุปกรณ์สามารถลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกได้ โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 53.5 °C ที่เวลา 16.00 น. และอุณหภูมิมิแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 16.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น.

อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุน 90 องศา มีแนวโน้มอุณหภูมิใกล้เคียงกับห้องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน เนื่องจากมีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกได้น้อยมาก โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 65.8 °C ที่เวลา 16.00 น.

สรุปในทิศตะวันตก อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกได้นานที่สุดส่งผลให้อุณหภูมิภายในกล่องทดลองมีค่าต่ำที่สุด ในช่วงเวลา 12.00 น. – 16.00 น.

#### 4.2.2 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ



รูปที่ 4.18 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยในแต่ละทิศ

เมื่อทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันระหว่างกล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนและกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศาแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศา และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศา

ในทิศตะวันออกพบว่า กล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศาสามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 5.45 °C คิดเป็น 11.98%แบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศาสามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 3.50 °C คิดเป็น 7.70 % และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศาสามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 1.02 °C คิดเป็น 2.25

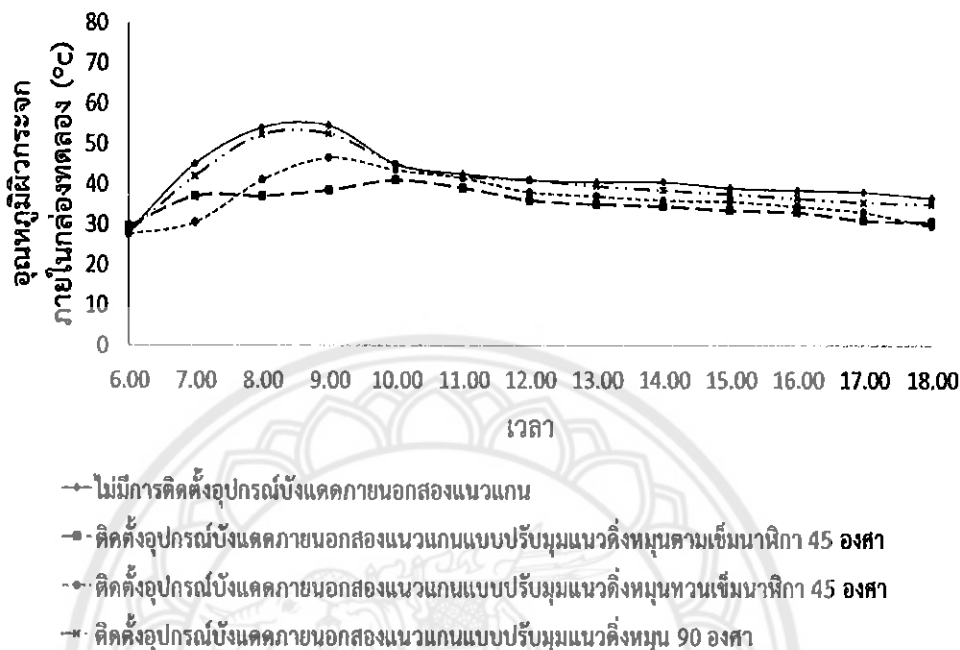
ในทิศใต้พบว่ากล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศาสามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 3.21°C คิดเป็น 7.73% แบบแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศาสามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 1.72 °C คิดเป็น 4.15 %และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศาสามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 0.63 °C คิดเป็น 1.52 %

ในทิศตะวันตกพบว่ากล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศา สามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 3.13 °C คิดเป็น 6.64 %แบบแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศาสามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 5.48 °C คิดเป็น 11.61 % และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศาสามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 2.02 °C คิดเป็น 4.27 %

จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันสามารถสรุปได้ว่า กล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวราบ 10 องศา (ปิดสุด) สามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้มากที่สุด ในทิศตะวันออกและทิศใต้ ส่วนแบบปรับมุมในแนวราบ 45 องศาสามารถลดอุณหภูมิภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้มากที่สุด ในทิศตะวันตก ดังแสดงในรูปที่ 4.18



#### 4.2.3 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลอง



รูปที่ 4.19 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันออก

จากการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดสองแนวแกนในทิศตะวันออกพบว่า ในทิศตะวันออกกระจกของกล่องทดลองได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงในช่วงเวลา 6.00 น. – 12.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 6.00 น. – 9.00 น. โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 54.5 °C ที่เวลา 9.00 น. ในช่วงเวลา 9.00 น. – 12.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มลดลง และหลังจาก 12.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องถึงเวลา 18.00 น. เนื่องจากช่วงเวลานี้กระจกของกล่องทดลองไม่ได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง

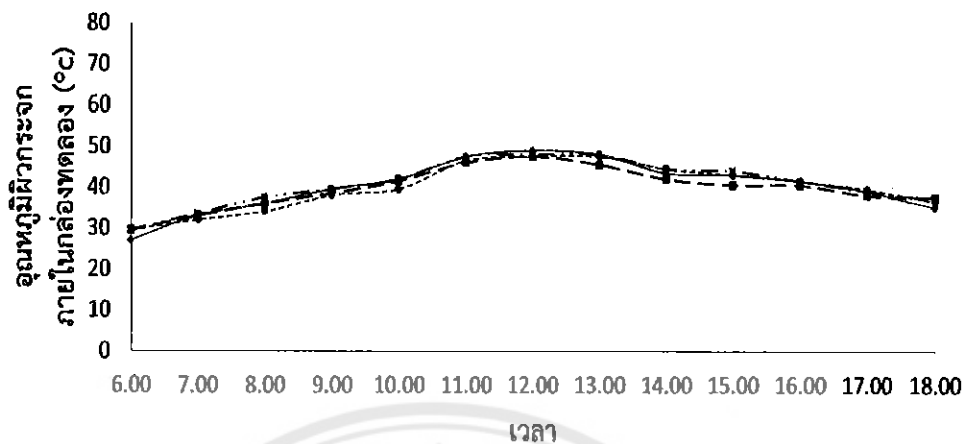
อุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งมุมตามเข็มเข็มนาฬิกา 45 องศา พบว่า 6.00 น. – 7.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากช่วงเวลานี้กระจกกระทบกับแสงอาทิตย์โดยตรง หลังเวลา 7.00 น. อุปกรณ์มีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากกระทบกระจกและอีกด้านของอุปกรณ์ยังเปิดออกสามารถให้อากาศไหลเข้ามากระทบกระจกได้สะดวก อุณหภูมิจึงมีแนวโน้มคงที่ ถึงเวลา 10.00 น. โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 41 °C ที่เวลา 10.00 น. และอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 10.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น.

อุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา พบว่า 6.00 น. – 7.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากช่วงเวลานี้อุปกรณ์มีส่วนช่วยลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกและอีกด้านของอุปกรณ์ยังเปิดออกสามารถให้อากาศไหลเข้ามากกระทบกระจกได้สะดวก หลังเวลา 7.00 น. อุปกรณ์ไม่มีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจก อุณหภูมิจึงมีแนวโน้มสูงขึ้น ถึงเวลา 9.00 น. โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 46.5 °C ที่เวลา 9.00 น. และอุณหภูมิมิแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 9.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น.

อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุน 90 องศา มีแนวโน้มอุณหภูมิกว้างใกล้เคียงกับห้องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน เนื่องจากมีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกได้น้อยมาก โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 52.5 °C ที่เวลา 9.00 น.

สรุปในทิศตะวันออก อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกได้นานที่สุดและมีการเปิดอุปกรณ์ให้อากาศไหลผ่านได้สะดวก ส่งผลให้มีอุณหภูมิผิวกระจกภายในต่ำ ในช่วงเวลา 6.00 น. – 9.00 น. ดังรูป 4.19





- +— ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน
- - ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งหมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา
- · ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา
- · ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งหมุน 90 องศา

รูปที่ 4.20 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองทางทิศใต้

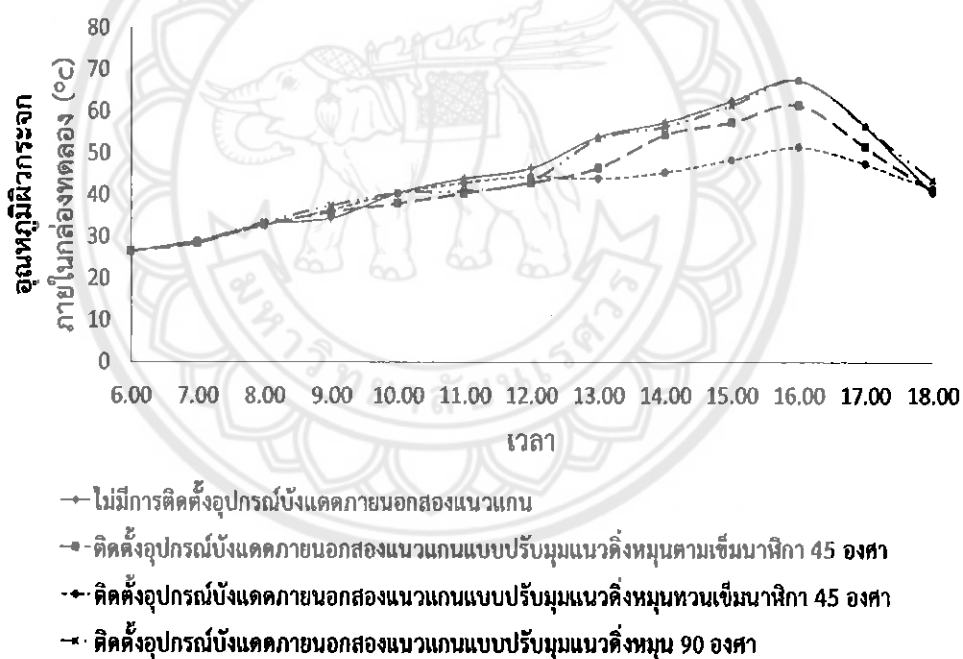
จากการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในทิศใต้พบว่า ในทิศใต้กระจกของกล่องทดลองได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงในช่วงเวลา 6.00 น. - 18.00 น. มีอุณหภูมิสูงสุด 49 °C ที่เวลา 12.00 น. และมีแนวโน้มลดลงหลังเวลา 12.00 น.

อุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา พบว่า 6.00 น.- 12.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากช่วงเวลานี้กระจกกระทบกับแสงอาทิตย์โดยตรง โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 47.5 °C ที่เวลา 12.00 น หลังเวลา 12.00 น. อุปกรณ์มีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกและอีกด้านของอุปกรณ์ยังเปิดออกสามารถให้อากาศไหลเข้ามากระทบกระจกได้สะดวก อุณหภูมิจึงมีแนวโน้มลดลง ถึงเวลา 18.00 น.

อุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา พบว่า 6.00 น. - 12.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มต่ำกว่าว่าการปรับมุมในแนวตั้งหมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา เนื่องจากช่วงเวลานี้อุปกรณ์มีส่วนช่วยลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกและอีกด้านของอุปกรณ์ยังเปิดออกสามารถให้อากาศไหลเข้ามากระทบกระจกได้สะดวก โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 47.5 °C ที่เวลา 12.00 น. และอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 12.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น.

อุณหภูมิผิวกระจกของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งมุม 90 องศา มีแนวโน้มอุณหภูมิใกล้เคียงกับห้องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน เนื่องจากมีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกได้น้อยมาก โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 48 °C ที่เวลา 12.00 น.

สรุปในทิศใต้ อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งมุมตามเข็มนาฬิกา 45 องศา สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากระทบกระจกได้นานที่สุดและมีการเปิดอุปกรณ์ให้อากาศไหลผ่านได้สะดวก ส่งผลให้อุณหภูมิภายในกล่องทดลองมีค่าต่ำ ในช่วงเวลา 12.00 น. – 16.00 น. และ อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งมุมทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากระทบกระจกได้นานที่สุดและมีการเปิดอุปกรณ์ให้อากาศไหลผ่านได้สะดวก ส่งผลให้อุณหภูมิภายในกล่องทดลองมีค่าต่ำ ในช่วงเวลา 6.00 น. – 12.00 น. ดังรูป 4.20



รูปที่ 4.21 ผลการตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันตก

จากการตรวจวัดอุณหภูมิภายในผิวกระจกภายในกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในทิศตะวันตกพบว่า ในทิศใต้กระจกของกล่องทดลองได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง ในช่วงเวลา 12.00 น. – 18.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้น มีอุณหภูมิสูงสุด 54.5 °C ที่เวลา 16.00 น. และหลังจากเวลา 16.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากดวงอาทิตย์ใกล้จะลับขอบฟ้า

อุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา พบว่า 12.00 น. – 16.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้นเนื่องจากช่วงเวลานี้กระจกกระทบกับแสงอาทิตย์โดยตรงโดยมีอุณหภูมิสูงถึง 61.5 °C ที่เวลา 16.00 น. และอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 16.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น.

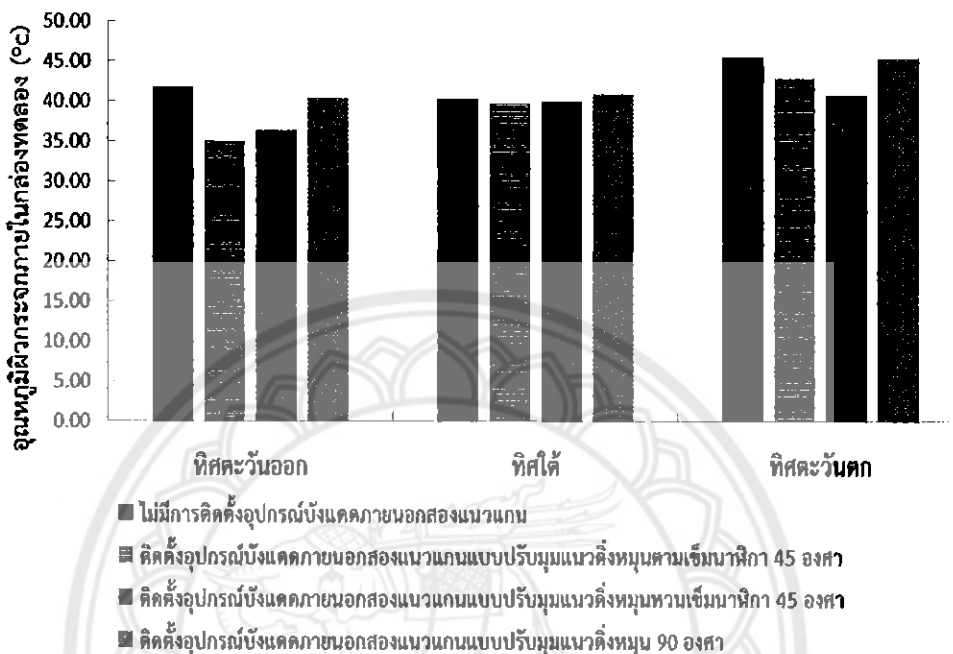
อุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา พบว่า 12.00 น. – 16.00 น. อุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากช่วงเวลานี้อุปกรณ์มีส่วนช่วยลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกและอีกด้านของอุปกรณ์ยังเปิดออกสามารถให้อากาศไหลเข้ามากระทบกระจกได้สะดวก โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 41.5 °C ที่เวลา 16.00 น. และอุณหภูมิมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 16.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น.

อุณหภูมิของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุน 90 องศา มีแนวโน้มอุณหภูมิใกล้เคียงกับห้องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน เนื่องจากมีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกได้น้อยมาก โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 67.5 °C ที่เวลา 16.00 น.

สรุปในทิศตะวันตก อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากระทบกระจกได้นานที่สุดและมีการเปิดอุปกรณ์ให้อากาศไหลผ่านได้สะดวก ส่งผลให้มีอุณหภูมิผิวกระจกภายในต่ำ ในช่วงเวลา 12.00 – 16.00 น. ดังรูป 4.21

#### 4.2.4 ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันในแต่ละ

ทิศ



รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายในผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยในแต่ละทิศ

จากรูปที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันระหว่างกล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนและกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศาแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศา และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศา

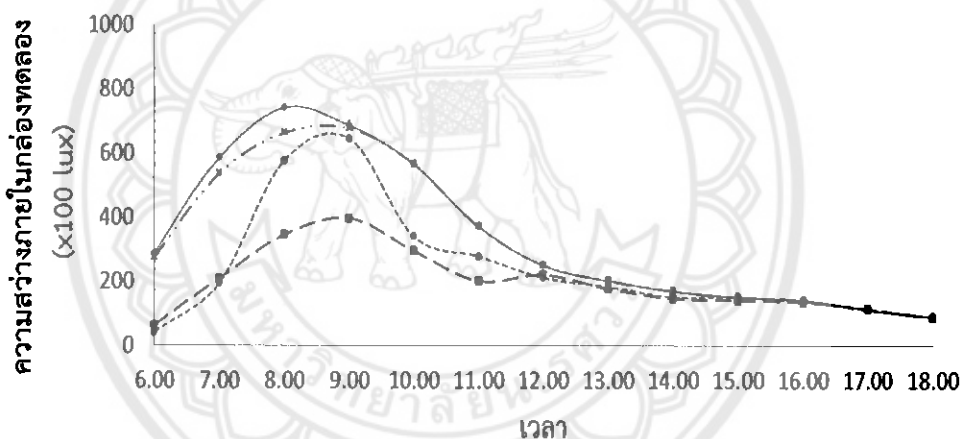
ในทิศตะวันออกพบว่า กล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศา สามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 6.73 °C คิดเป็น 16.11 % แบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศาสามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 5.29 °C คิดเป็น 12.67 % และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศาสามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 1.36 °C คิดเป็น 3.26%

ในทิศใต้พบว่า กล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศา สามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 0.62 °C คิดเป็น 1.53 % แบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศาสามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 0.35 °C คิดเป็น 0.86 % และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศาสามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 0.58 °C คิดเป็น 1.43 %

ในทิศตะวันตกพบว่า กล้องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุม แนวตั้งไปทางขวา 45 องศา สามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 2.65 °C คิดเป็น 5.82 % แบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศาสามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 4.72 °C คิดเป็น 10.35 % และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศาสามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 0.15 °C คิดเป็น 0.34%

จากการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันสามารถสรุปได้ว่า กล้องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศา สามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้มากที่สุด ในทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ส่วนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศาสามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้มากที่สุด ในทิศตะวันตก

#### 4.2.5 ผลการตรวจวัดความสว่างภายในกล้องทดลอง



- ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน
- - - ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งหมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา
- · · ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา
- · - · - ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งหมุน 90 องศา

รูปที่ 4.23 ผลการตรวจวัดความสว่างภายในกล้องทดลองทางทิศตะวันออก

จากการตรวจวัดค่าความสว่างภายในกล้องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในทิศตะวันออกพบว่า กระจกของกล้องทดลองได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงในช่วงเวลา 6.00 น. – 12.00 น. ช่วงเวลา 6.00 น. – 8.00 น. ค่าความสว่างมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีค่าความสว่างสูงที่สุด 74,200 lux ที่เวลา 8.00 น. หลังจากนั้นแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 8.00 น. – 12.00 น. และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ในช่วงเวลา 12.00 น. เป็นต้นไป เนื่องจากกระจกของกล้องทดลองไม่ได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง

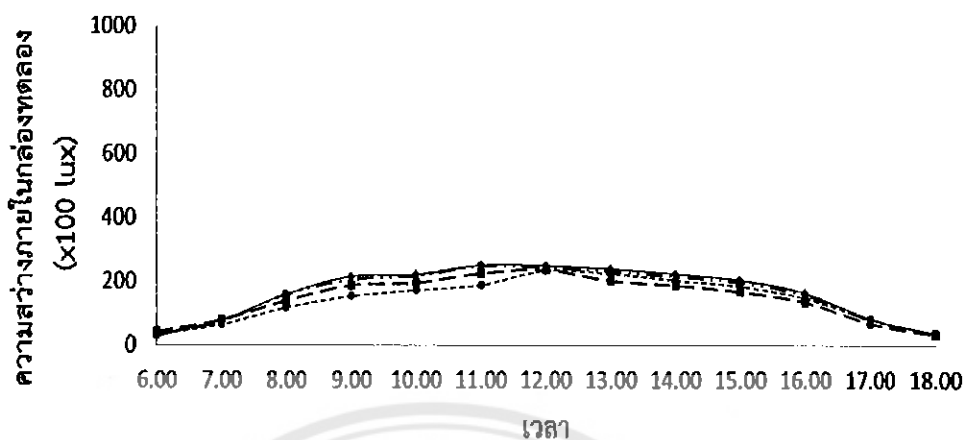
ค่าความสว่างกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้ง หมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา พบว่า 6.00 น. – 9.00 น. ค่าแสงสว่างมีแนวโน้มสูงขึ้น มีค่าความสว่างสูงสุด 39,800 lux ที่เวลา 9.00 น. หลังเวลา 9.00 น. อุปกรณ์มีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากกระทบกระจกค่าความสว่างจึงมีแนวโน้มลดลง ถึงเวลา 11.00 น. และค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 12.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น. เนื่องจากช่วงเวลานี้กระจกของกล่องทดลองไม่ได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง

ค่าความสว่างกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้ง หมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา พบว่า 6.00 น. – 7.00 น. ค่าความสว่างมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างช้าๆ เนื่องจากช่วงเวลานี้อุปกรณ์สามารถลดแสงอาทิตย์มากกระทบกระจกได้ หลังเวลา 7.00 น. อุปกรณ์ไม่มีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากกระทบกระจกค่าความสว่างจึงมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วถึงเวลา 9.00 น. โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 64,600 lux ที่เวลา 9.00 น. และค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 9.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น.

ค่าความสว่างของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้ง หมุน 90 องศา มีแนวโน้มค่าความสว่างใกล้เคียงกับห้องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน เนื่องจากมีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากกระทบกระจกได้น้อยมาก โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 67,800 lux ที่เวลา 9.00 น.

สรุปในทิศตะวันออก อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้ง หมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา มีค่าแสงสว่างมากที่สุด ในช่วงเวลา 6.00 น. – 9.00 น. และ การปรับมุมในแนวตั้ง หมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกและนำสามารถนำแสงเข้ามาภายในกล่องทดลองได้ ในช่วงเวลา 9.00 น. – 12.00 น. ดังรูป 4.23





- ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน
- ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งหมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา
- ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา
- ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งหมุน 90 องศา

รูปที่ 4.24 ผลการตรวจวัดความสว่างภายในกล่องทดลองทางทิศใต้

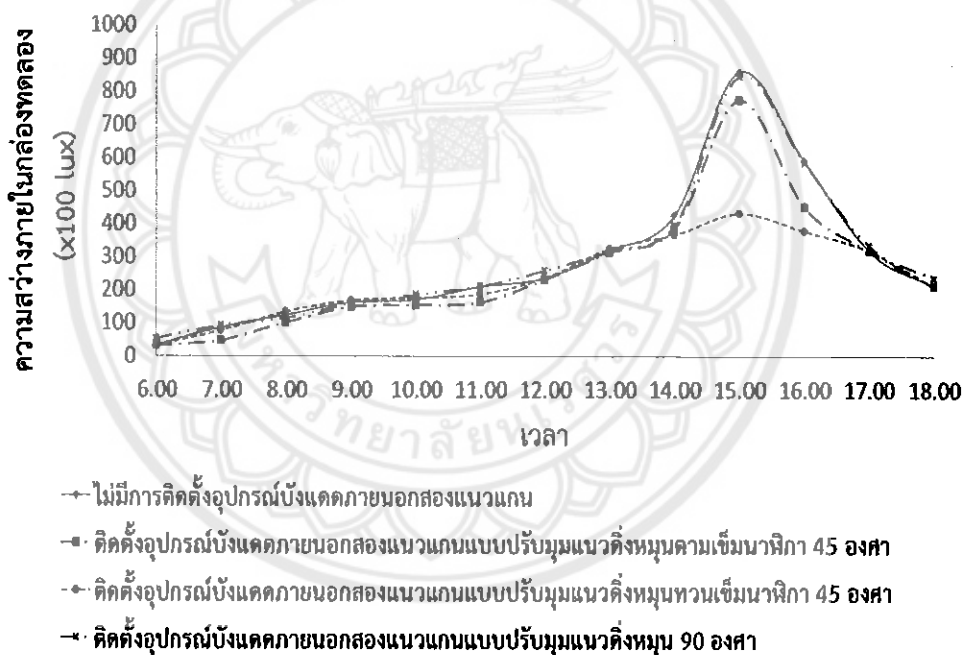
จากการตรวจวัดค่าความสว่างภายในกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในทิศใต้พบว่า กระจกของกล่องทดลองได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงในช่วงเวลา 9.00 น. – 15.00 น. ช่วงเวลา 9.00 น. – 12.00 น. ค่าความสว่างมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 24,900 lux ที่เวลา 12.00 น. และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องหลังจากเวลา 12.00 น. – 18.00 น.

ค่าความสว่างของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา พบว่า 6.00 น. – 12.00 น. ค่าแสงสว่างมีแนวโน้มสูงขึ้น มีค่าความสว่างสูงสุด 23,600 lux ที่เวลา 12.00 น. หลังจากเวลา 12.00 น. อุปกรณ์มีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกค่าความสว่างจึงมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 12.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น.

ค่าความสว่างของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา พบว่า 6.00 น. – 12.00 น. ค่าความสว่างมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างช้าๆ เนื่องจากช่วงเวลานี้ อุปกรณ์สามารถลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกได้ โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 23,400 lux ที่เวลา 12.00 น. หลังจากเวลา 12.00 น. อุปกรณ์ไม่มีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกค่าความสว่างจึงมีแนวโน้มลดลงน้อยกว่าการปรับมุมในแนวตั้งไปหมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา ค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ 12.00 น. จนถึงเวลา 18.00 น.

ค่าความสว่างของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งมุม 90 องศา มีแนวโน้มค่าความสว่างใกล้เคียงกับห้องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน เนื่องจากมีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากระทบกระจกได้น้อยมาก โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 24,400 lux ที่เวลา 12.00 น.

สรุปในทิศใต้ อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งมุมตามเข็มนาฬิกา 45 องศา สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากระทบกระจกและนำสามารถนำแสงเข้ามาภายในกล่องทดลองได้ ในช่วงเวลา 12.00 – 18.00 น. และ อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งมุมทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากระทบกระจกและนำสามารถนำแสงเข้ามาภายในกล่องทดลองได้ ในช่วงเวลา 6.00 – 12.00 น. ดังรูป 4.24



รูปที่ 4.25 ผลการตรวจวัดความสว่างภายในกล่องทดลองทางทิศตะวันตก

จากการตรวจวัดค่าความสว่างภายในกล่องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในทิศตะวันตกพบว่า กระจกของกล่องทดลองได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงในช่วงเวลา 12.00 น. – 18.00 น. ช่วงเวลา 12.00 น. – 15.00 น. ค่าความสว่างมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 86,000 lux ที่เวลา 15.00 น. และมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงเวลา 15.00 น. – 18.00 น. เนื่องจากความเข้มของแสงอาทิตย์มีค่าที่อ่อนลง

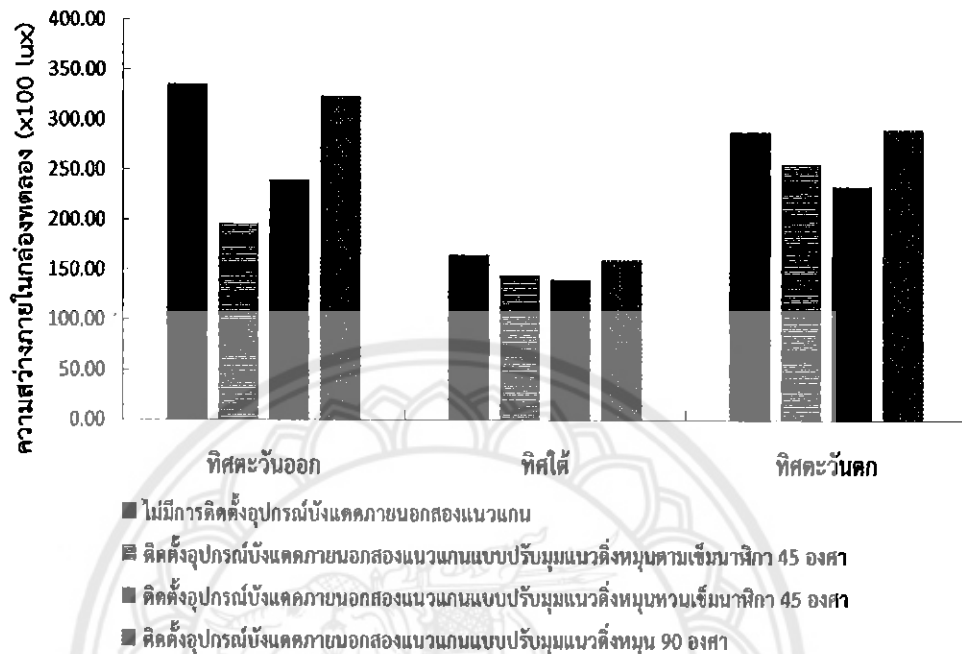
ค่าความสว่างของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุนตามเข็มนาฬิกา 45 องศา พบว่า 12.00 น. – 15.00 น. ค่าแสงสว่างมีแนวโน้มสูงขึ้น มีค่าความสว่างสูงสุด 77,400 lux ที่เวลา 15.00 น. หลังเวลา 15.00 น. อุปกรณ์มีส่วนในการลดแสงอาทิตย์มากกระทบกระจกค่าความสว่างจึงมีแนวโน้มลดลง ถึงเวลา 18.00 น.

ค่าความสว่างของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา พบว่า 12.00 น. – 15.00 น. ค่าความสว่างมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างช้าๆ เนื่องจากช่วงเวลานี้อุปกรณ์สามารถลดแสงอาทิตย์มากกระทบกระจกได้ โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 43,200 lux ที่เวลา 15.00 น. หลังเวลา 15.00 น. ค่าความสว่างมีแนวโน้มลดลงถึงเวลา 18.00 น.

ค่าความสว่างของกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุน 90 องศา มีแนวโน้มค่าความสว่างใกล้เคียงกับห้องทดลองที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน เนื่องจากมีส่วนช่วยในการลดแสงอาทิตย์มากกระทบกระจกได้น้อยมาก โดยมีค่าความสว่างสูงสุด 84,600 lux ที่เวลา 15.00 น.

สรุปในทิศตะวันตก อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนปรับมุมในแนวตั้งหมุนทวนเข็มนาฬิกา 45 องศา สามารถลดแสงอาทิตย์ที่มากกระทบกระจกและนำสามารถนำแสงเข้ามาภายในกล่องทดลองได้ ในช่วงเวลา 12.00 น. – 16.00 น. ดังรูป 4.25

#### 4.2.6 ผลการเปรียบเทียบความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ



รูปที่ 4.26 การเปรียบเทียบความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยในแต่ละทิศ

การเปรียบเทียบความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันระหว่างกล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนและกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศาแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศา และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศา

ในทิศตะวันออกพบว่า กล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศาสามารถลดความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 13,977 lux คิดเป็น 41.66 % แบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศาสามารถลดความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 9,492 lux คิดเป็น 28.29 % และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศาสามารถลดความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 1,162 lux คิดเป็น 3.46 %

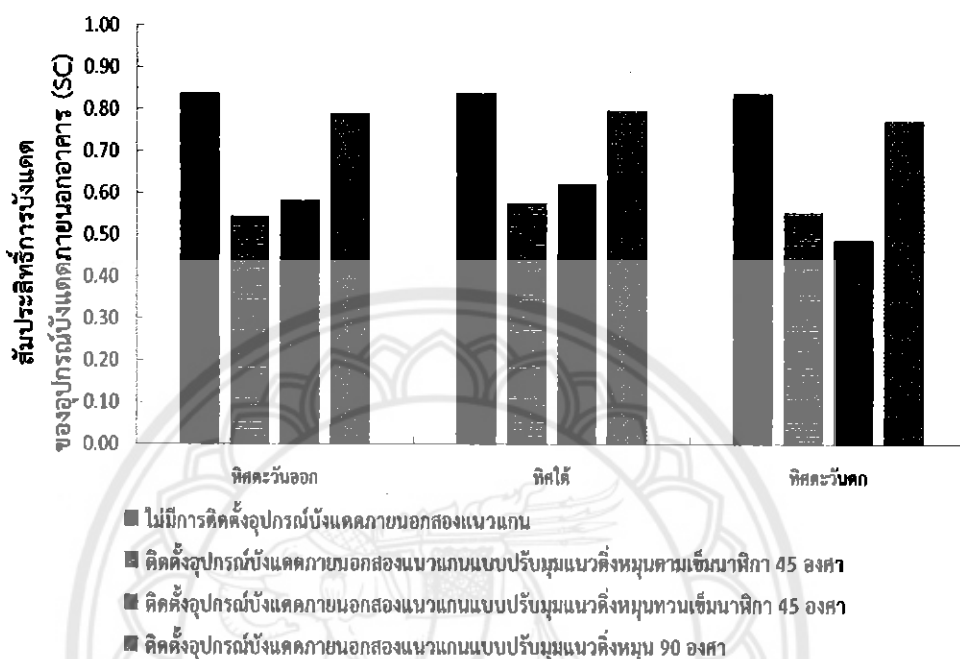
ในทิศใต้พบว่ากล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศาสามารถลดความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 2,008 lux คิดเป็น 12.13 % แบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศาสามารถลดความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 2,431 lux คิดเป็น 14.69 % และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศาสามารถลดความสว่างภายในกล่องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 485 lux คิดเป็น 2.93 %

ในทิศตะวันตกพบว่า กล้องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศาสามารถลดความสว่างภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 1,231 lux คิดเป็น 11.19 % แบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศาสามารถลดความสว่างภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 5,415 lux คิดเป็น 18.76 % และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศาสามารถลดความสว่างภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้ 292 lux คิดเป็น 1.01 %

จากการเปรียบเทียบความสว่างภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันสามารถสรุปได้ว่า กล้องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศาสามารถลดความสว่างภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้มากที่สุดในวันออก และแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศาสามารถลดความสว่างภายในกล้องทดลองเฉลี่ยตลอดวันได้มากที่สุดในวันได้และทิศตะวันตกดังแสดงในรูปที่ 4.26



#### 4.2.7 การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองทิศทาง (SC) เฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ



รูปที่ 4.27 การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองทิศทาง (SC) เฉลี่ยตลอดวันในแต่ละทิศ

เมื่อทำการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน (SC) ระหว่างกล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนและกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศาแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศา และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศา

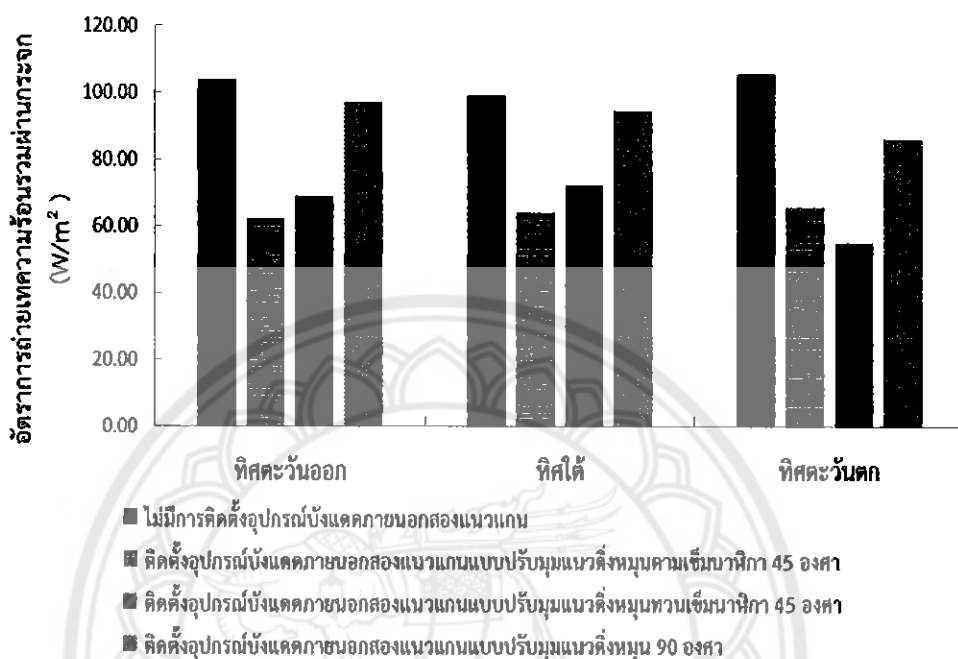
ในทิศตะวันออกพบว่า กล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศา มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนต่ำกว่ากล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนถึง 0.30 คิดเป็น 35.18 % แบบแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศา มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนต่ำกว่ากล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนถึง 0.25 คิดเป็น 30.38 % และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศา มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนต่ำกว่ากล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนเพียง 0.05 คิดเป็น 5.82 %

ในทศได้พบว่า กล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศา มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนต่ำกว่ากล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนถึง 0.26 คิดเป็น 31.45 % แบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศา มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนต่ำกว่ากล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนถึง 0.22 คิดเป็น 25.75 % และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศา มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนต่ำกว่ากล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนเพียง 0.04 คิดเป็น 4.89 %

ในทศตะวันตกพบว่า กล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศา มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนต่ำกว่ากล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนถึง 0.28 คิดเป็น 33.92% แบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศา มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนต่ำกว่ากล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนถึง 0.35 คิดเป็น 41.78 % และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศา มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนต่ำกว่ากล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนเพียง 0.06 คิดเป็น 7.59 %

จากการเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน (SC) สามารถสรุปได้ว่า กล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศา มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนต่ำที่สุดในทศตะวันออกและทศใต้ ส่วนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศา มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนต่ำที่สุดในทศตะวันตกดังแสดงในรูปที่ 4.27

#### 4.2.8 การเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ในส่วนของ กระจกในแต่ละทิศ



รูปที่ 4.28 การเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ในส่วนของกระจกในแต่ละทิศ

การเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ในส่วนของกระจก ระหว่าง กล่องทดลองที่ไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนและกล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศาแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศา และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศา

ในทิศตะวันออกพบว่า กล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศาสามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้  $41.63 \text{ W/m}^2$  คิดเป็น 40.10 %แบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศาสามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้  $34.73 \text{ W/m}^2$  คิดเป็น 33.45 % และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศาสามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้  $6.57 \text{ W/m}^2$  คิดเป็น 6.32 %

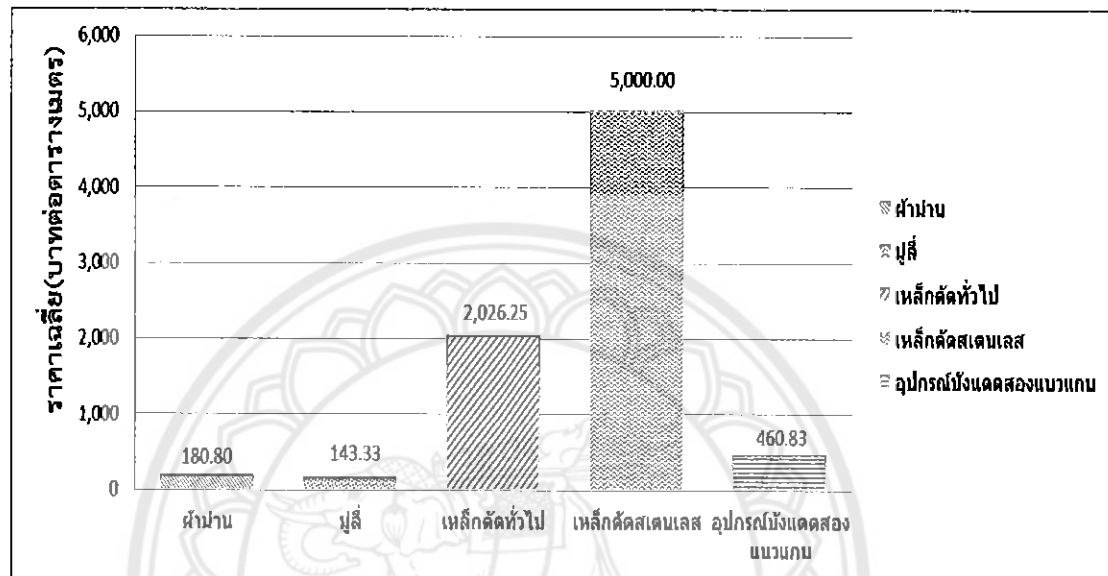


ในทิศใต้พบว่า กล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุม แนวตั้งไปทางขวา 45 องศาสามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้  $35.08 \text{ W / m}^2$  คิดเป็น 35.38 % แบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศาสามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้  $26.75 \text{ W / m}^2$  คิดเป็น 26.97 % และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศาสามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้  $4.67 \text{ W / m}^2$  คิดเป็น 4.70 %

ในทิศตะวันตกพบว่า กล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุม แนวตั้งไปทางขวา 45 องศาสามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้  $39.89 \text{ W / m}^2$  คิดเป็น 37.72 % แบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศาสามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้  $50.71 \text{ W / m}^2$  คิดเป็น 47.96 % และแบบปรับมุมแนวตั้ง 90 องศาสามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้  $19.58 \text{ W / m}^2$  คิดเป็น 18.51 %

จากการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ในส่วนของกระจก สามารถสรุปได้ว่า กล่องทดลองที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางขวา 45 องศาสามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้มากที่สุดในทิศตะวันออกและทิศใต้ ส่วนแบบปรับมุมแนวตั้งไปทางซ้าย 45 องศาสามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังในส่วนของกระจกได้มากที่สุดในทิศตะวันออกดังแสดงในรูปที่ 4.28

#### 4.3 การเปรียบเทียบราคาฝ้าม่าน มู่ลี่ เหล็กดัด และอุปกรณ์บังแดดสองแนวแกนที่สร้างขึ้น



รูปที่ 4.29 ราคาต่อตารางเมตรของ ฝ้าม่าน มู่ลี่ เหล็กดัด และอุปกรณ์บังแดดสองแนวแกน

จากกราฟที่ 4.29 ราคาเฉลี่ยต่อตารางเมตรของอุปกรณ์บังแดดภายในเช่น ฝ้าม่านหรือ มู่ลี่ มีราคาเฉลี่ย 180.80 และ 143.33 บาท ส่วนราคาเฉลี่ยต่อตารางเมตรของเหล็กดัดทั่วไปและเหล็กดัดสเตนเลส มีราคาเฉลี่ย 2,026.25 และ 5,000 บาท (ข้อมูลราคาเมื่อวันที่ 2 มีนาคม 2560) สามารถดูรายละเอียดได้ที่ภาคผนวก จ,ฉ และ ช ตามลำดับ

ผนังกระจกมีการติดตั้งม่านหรือมู่ลี่เพื่อสร้างความเป็นส่วนตัวของผู้อยู่อาศัยและนิยมติดตั้งคู่กับเหล็กดัดเพื่อป้องกันการบุกรุกจากภายนอก โดยการติดตั้งม่านหรือมู่ลี่คู่กับการติดตั้งเหล็กดัดจะมีราคาสูงเมื่อเทียบกับการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนซึ่งมีราคาเพียง 460.83 บาทต่อตารางเมตร

## บทที่ 5

### บทสรุป

#### 5.1 ผลการศึกษาการปรับมุมของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในแนวราบ

- 1) การปรับมุมอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในแนวราบให้มีองศาที่น้อยลง สามารถช่วยป้องกันแสงอาทิตย์ตกกระทบกระจกได้มากทำให้ความร้อนและแสงสว่างเข้าสู่อาคารได้น้อยลงส่งผลให้อุณหภูมิและความสว่างภายในห้องทดลองมีค่าต่ำลง
- 2) เมื่อปรับมุมอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในแนวราบให้มีองศาเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศผ่านกระจกได้มากซึ่งช่วยลดการสะสมความร้อนภายในกระจกส่งผลให้อุณหภูมิผิวกระจกภายในห้องทดลองมีค่าลดลง
- 3) สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน (SC) มีค่าต่ำลง เมื่อปรับมุมอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในแนวราบให้มีองศาที่น้อยลง เนื่องจากแสงอาทิตย์ตกกระทบกระจกได้น้อย ส่งผลให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ในส่วนของกระจกมีค่าต่ำลงเช่นกัน

#### 5.2 ผลการศึกษาการปรับมุมของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในแนวตั้ง

- 1) อุณหภูมิภายในห้องจะมีค่าลดลงเมื่อปรับมุมอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในแนวตั้งให้เหมาะสมกับทิศทาง และช่วงเวลา เนื่องจากสามารถป้องกันแสงอาทิตย์ตกกระทบกระจกได้มาก แต่ยังมีพื้นที่เปิดรับแสงสว่างเข้าสู่อาคารส่งผลให้ความสว่างภายในห้องทดลองมีค่าสูงขึ้นสูงขึ้น
- 2) เมื่อปรับมุมอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในแนวตั้งให้เหมาะสมกับทิศทาง และช่วงเวลา สามารถลดอุณหภูมิผิวกระจกภายในห้องทดลองได้มาก เพราะนอกจากการป้องกันแสงอาทิตย์ตกกระทบกระจกแล้ว ยังช่วยเพิ่มพื้นที่ให้อากาศไหลเวียนผ่านกระจกซึ่งเป็นการลดการสะสมความร้อนภายในกระจก
- 3) เมื่อปรับมุมอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนในแนวตั้งให้เหมาะสมกับทิศทาง และช่วงเวลา ทำให้แสงอาทิตย์ตกกระทบกระจกได้น้อย ส่งผลให้สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน (SC) มีค่าต่ำลงเป็นผลให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ในส่วนของกระจกมีค่าต่ำลงเช่นกัน

### 5.3 คำแนะนำในการใช้อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคาร

จากผลการศึกษาสามารถให้คำแนะนำในการใช้อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคารในแต่ละทิศและช่วงเวลาอย่างเหมาะสมดังตารางที่ 5.1 ทั้งนี้การเลือกใช้อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน ตามคำแนะนำขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้แสงสว่างภายในอาคารของผู้ใช้

ตารางที่ 5.1 คำแนะนำในการใช้อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนสำหรับอาคาร  
ในแต่ละทิศและช่วงเวลา

ทิศ	เวลา	คำแนะนำ
ตะวันออก	6.00 น.-12.00 น.	อุปกรณ์บังแดดสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวตั้งตามเข็มนาฬิกา 0-45 องศา และปรับมุมในแนวราบ 10-45 องศา
	12.00 น.-18.00 น.	เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่กระจกไม่ได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง จึงสามารถเลือกใช้ตามความต้องการของผู้ใช้
ใต้	6.00 น.-11.00 น.	อุปกรณ์บังแดดสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวตั้งทวนเข็มนาฬิกา 0-45 องศา และปรับมุมในแนวราบปิดสุด 10 องศา
	11.00 น.-18.00 น.	อุปกรณ์บังแดดสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวตั้งตามเข็มนาฬิกา 0-45 องศา และปรับมุมในแนวราบปิดสุด 10 องศา
	6.00 น.-18.00 น.	อุปกรณ์บังแดดสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวตั้ง 0 องศา และปรับมุมในแนวราบ 10-45 องศา
ตะวันตก	6.00 น.-12.00 น.	เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่กระจกไม่ได้รับแสงอาทิตย์โดยตรง จึงสามารถเลือกใช้ตามความต้องการของผู้ใช้
	12.00 น.-18.00 น.	อุปกรณ์บังแดดสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวตั้งทวนเข็มนาฬิกา 0-45 องศา และปรับมุมในแนวราบ 10-45 องศา

นอกจากนี้ในช่วงเวลากลางคืน หรือผู้อาศัยไม่อยู่ในที่พักอาศัย สามารถใช้อุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวตั้ง 0 องศา และล็อกอุปกรณ์ เพื่อทำหน้าที่แทนเหล็กคัตช่วยป้องกันการบุกรุกจากบุคคลภายนอก และกรณีเกิดเหตุอัคคีภัยสามารถเลือกใช้อุปกรณ์บังแดดสองแนวแกนแบบปรับมุมในแนวตั้ง 90 องศา เพื่อเป็นช่องทางในการหลบหนีออกจากอาคารผ่านทางหน้าต่างได้

#### 5.4 การเปรียบเทียบราคาของผ้าฝ้ายหรือมูลี่และเหล็กตัดเมื่อเทียบกับอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกน

การติดตั้งผ้าฝ้ายหรือมูลี่ร่วมกับเหล็กตัดที่ผนังกระจกมีราคาวัสดุเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2,169 – 5,180 บาทต่อตารางเมตร ซึ่งมีราคาสูงมากเมื่อเทียบกับอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวแกนโดยมีราคาเพียง 460.83 บาทต่อตารางเมตร

#### 5.5 ข้อเสนอแนะ

1) ควรมีการศึกษาพัฒนาในเรื่องกลไกในการควบคุมอุปกรณ์บังแดดภายนอกสองแนวสำหรับอาคารจากภายในอาคาร

2) ควรมีการศึกษาพัฒนาโดยการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ที่บานเกล็ด เพราะนอกจากจะสามารถป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารแล้วยังสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ได้





ตาราง ก. ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน(k)ความหนาแน่น( $\rho$ )และค่าความร้อนจำเพาะ( $C_p$ )  
ของวัสดุชนิดต่างๆ

วัสดุ	K (W/ (m. °C))	$\rho$ (kg / m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/ (kg. °C))
กระจกใส	0.960	2500	0.88

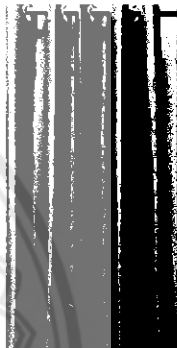


ตาราง ข.ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) และค่าการส่งผ่านรังสีที่ตา  
มองเห็น (Visible transmittance, ( Visible transmittance,  $\tau_{vis}$  ) ของกระจกต่างๆ

ความหนา ของกระจก (mm)	ชนิดของกระจก	ค่าการส่งผ่าน รังสีที่ตามองเห็น ( $\tau_{vis}$ )	ค่าสัมประสิทธิ์การ ถ่ายเทความร้อน จากรังสีอาทิตย์ (SHGC)
กระจกชั้นเดียว ไม่เคลือบผิว			
6	กระจกใส	0.88	0.73

ตาราง ค.ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อน (ESR) สำหรับอาคารประเภทสถานศึกษา

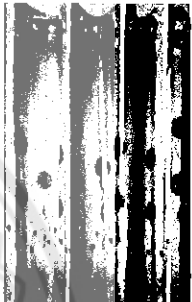
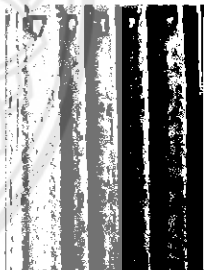

มุมเอียง(องศา)	ค่ารังสีอาทิตย์ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนตามทิศของผนัง (W / m <sup>2</sup> )		
	ตะวันออก	ใต้	ตะวันตก
90	244.53	267.41	234.58

## ตาราง จ.ราคาผ้า幔

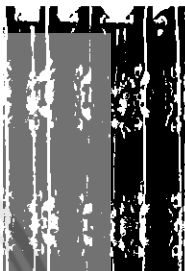


แบบ ที่	ชื่อผ้า幔	ขนาด (cm)	บาท/ตาราง เมตร	
1	ผ้า幔สีม่วง กันแสง	180x160	150	
2	ผ้าสีน้ำตาล	150x150	147	
3	ผ้าสีฟ้ากันแสง	193x140	148	



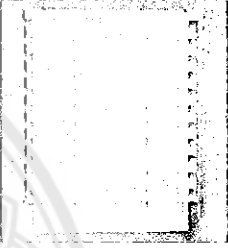
## ตาราง จ.ราคาผ้า幔(ต่อ)

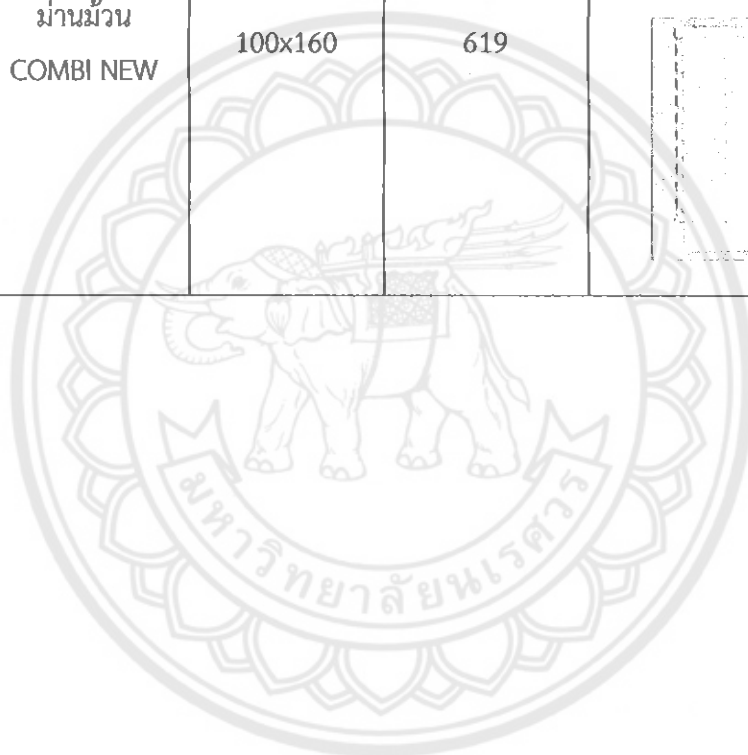
แบบ ที่	ชื่อผ้า幔	ขนาด (cm)	บาท/ตาราง เมตร	
4	ผ้าปอมปอมสี เขียว	120x180	121	
5	ผ้ากำมะหยี่สีส้ม	200x250	120	
6	ผ้ามินิฟาวเวอร์สี น้ำตาล	180x180	118	

## ตาราง จ.ราคาผ้า幔(ต่อ)

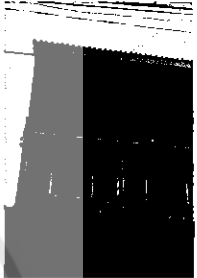

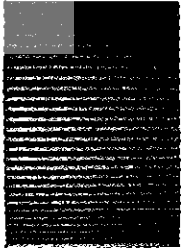
แบบ ที่	ชื่อผ้า幔	ขนาด (cm)	บาท/ตาราง เมตร	
7	ผ้ากำมะหยี่สี น้ำตาล	212x170	120	
8	ผ้า幔ลาย ดอกไม้	200x180	120	
9	ผ้าสีครีม	170x203	145	

## ตาราง จ.ราคาผ้าม่าน(ต่อ)

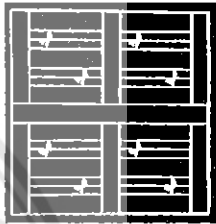
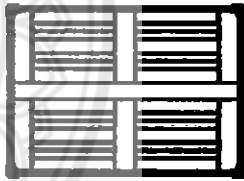
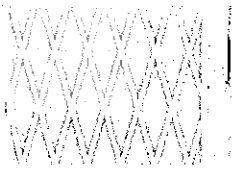
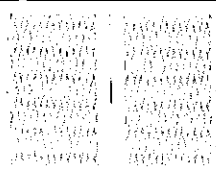
แบบ ที่	ชื่อรุ่น	ขนาด (cm)	บาท/ตาราง เมตร	
	ม่านม้วน COMBI NEW	100x160	619	



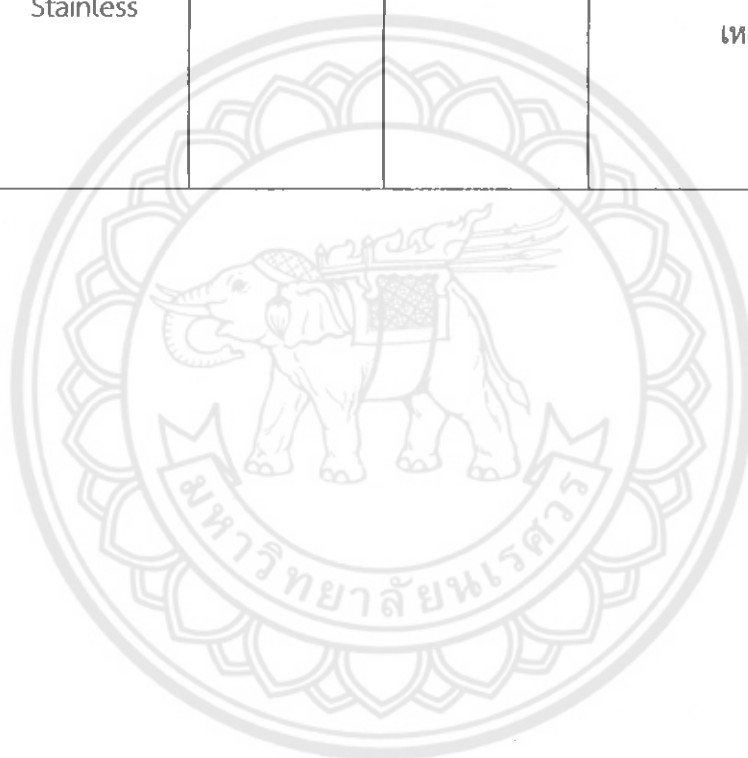
## ตาราง ๑.ราคามูลี่

แบบ ที่	ชื่อมูลี่	ขนาด (cm)	บาท/ตาราง เมตร	
1	มูลี่ ไวนิล	70x130	175	
2	มูลี่ PVC PRINCESSHAPPILY	80x200	119	
3	มูลี่จับ EASY SHADE	90x180	136	

## ตาราง ข.ราคาเหล็กดัด

แบบ ที่	เหล็กดัด	ขนาด (cm)	บาท/ตาราง เมตร	
1	เหล็กดัดหน้าต่าง S.D.BRILLIANT	130x120	891	
2	เหล็กดัดหน้าต่าง LIGHT BROWN	130x120	1,019	
3	หน้าต่างนิรภัย สำเร็จรูป	102x66	4,313	
4	หน้าต่างนิรภัย สำเร็จรูป	154x128	1822	

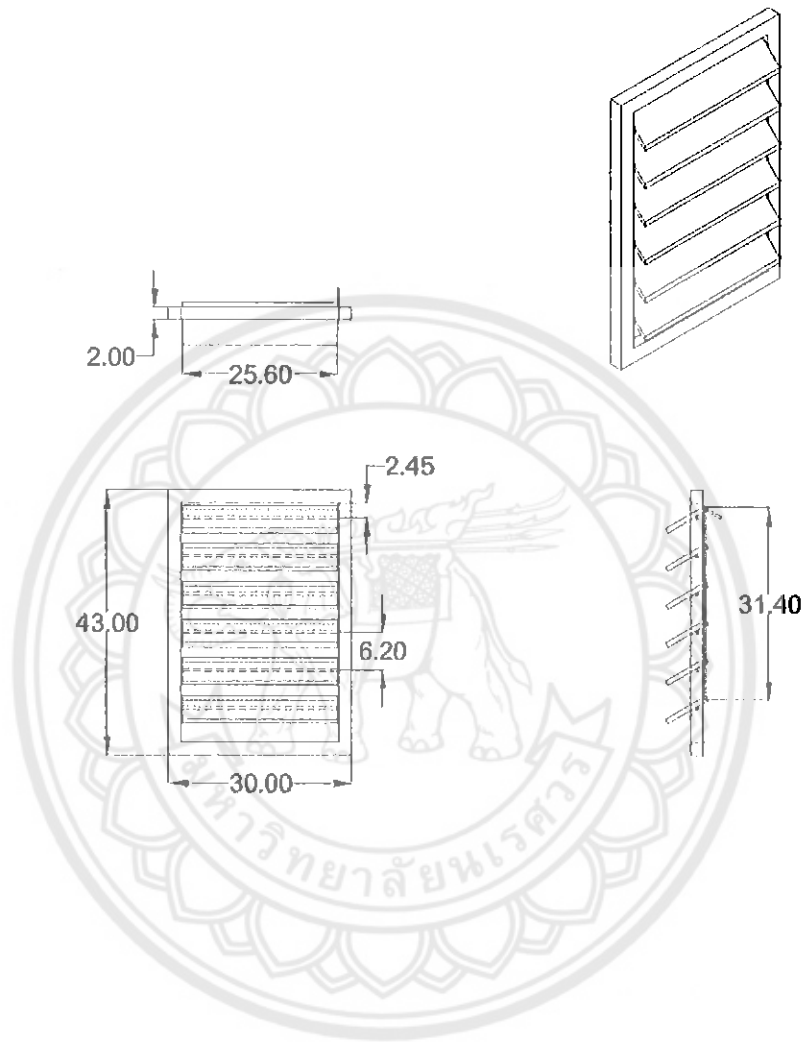
แบบ ที่	เหล็กตัด	ขนาด (cm)	บาท/ตาราง เมตร	
5	เหล็กตัดหน้าต่าง Stainless	130x120	5,000-7,000	ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลวดลายของ เหล็กตัด



## อ้างอิง

- 1.ดิเรก ชูวิเชียร, ปรีดา จันทวงษ์ (2555) .การศึกษาผลกระทบของอากาศด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งมาบนเกล็ดแนวตั้งภายใต้สภาวะอากาศแบบร้อนชื้น ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องต้นกำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- 2.สันติภาพ เพียนนอก ,ชำนานบุญญาพุทธิพงศ์ (2558). ประสิทธิภาพวัสดุและการเว้นช่องว่างเพื่อการลดความร้อนด้วยระแนงแนวนอนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- 3.กัญจน์ญาณะชัย, อีรุฒิ คุหาเปรมะ, พวงมุกดา วายุภักตร์ (2550). การศึกษาการลดภาวะความร้อน จากอุปกรณ์กันแดดภายนอกอาคารในพื้นที่หน้าต่างกระจก เพื่อประหยัดพลังงานการศึกษาการลดภาวะความร้อน จากอุปกรณ์กันแดดภายนอกอาคารในพื้นที่หน้าต่างกระจก เพื่อประหยัดพลังงาน
- 4.นายอรุณศักดิ์ ต่อนดี. (2555). การศึกษาเปรียบเทียบวัสดุและสีของอุปกรณ์บังแดดที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารภาควิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
- 5.วัตอุณหภูมินิ Mini Aquarium LCD Digital <http://www.lazada.co.th/mini-aquarium-lcd-digital-thermometer-display-fish-tank-watermarine-50-70c-5152752.html>  
สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2559
- 6.เทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด DIGICON DP-88  
[http://qcline.com/p\\_1652\\_16927\\_46058\\_DIGICON-DP88.htm](http://qcline.com/p_1652_16927_46058_DIGICON-DP88.htm)  
สืบค้นเมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2559
- 7.เหล็กตัด  
<https://www.homepro.co.th/category/80448?gclid=CKminb3RzNOCFY4WaAod-t4NCA>  
สืบค้นเมื่อวันที่ 2 มีนาคม 2560
- 8.ผ้าม่านสำเร็จรูป Rb home <https://www.facebook.com/RBhome8/?fref=ts>  
สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2560

### การออกแบบ





### ราคาอุปกรณ์บังแดดสองแนวแกน

1.เหล็กเพลารวมทั้งหมด 1.68 m ราคา 31 บาท

2.ไม้ระแนง 6 แผ่นเท่ากับ 1.53 m ราคา 9 บาท

3.แป๊บโปรงทั้งหมด 1.46 m ราคา 26 บาท

รวมเป็นเงิน 66 บาท ต่อ 1 บาน

ราคาอุปกรณ์บังแดดเฉลี่ย เท่ากับ 461 บาทต่อตารางเมตร



### ประวัติผู้ดำเนินโครงการ

ชื่อ : นายวินัย สังค  
 วัน เดือน ปีเกิด : 20 ตุลาคม 2537  
 ประวัติการศึกษา  
 ระดับประถมศึกษา : โรงเรียนบ้านคลองท้ายยั้ง อำเภอ พรานกระต่าย  
 จังหวัด กำแพงเพชร  
 ระดับมัธยมศึกษา : โรงเรียนพรานกระต่ายพิทยาคม อำเภอ พรานกระต่าย  
 จังหวัด กำแพงเพชร  
 ปีที่สำเร็จการศึกษา : 2560

ชื่อ : นายกฤติน แสงเมือง  
 วัน เดือน ปีเกิด : 6 มกราคม 2538  
 ประวัติการศึกษา  
 ระดับประถมศึกษา : โรงเรียนอนุบาลธรรมรัตน์ อำเภอ พรานกระต่าย  
 จังหวัด กำแพงเพชร  
 ระดับมัธยมศึกษา : โรงเรียนพรานกระต่ายพิทยาคม อำเภอ พรานกระต่าย  
 จังหวัด กำแพงเพชร  
 ปีที่สำเร็จการศึกษา : 2559

ชื่อ : นายภาณุรุทร แก้วงาม  
 วัน เดือน ปีเกิด : 14 กุมภาพันธ์ 2538  
 ประวัติการศึกษา  
 ระดับประถมศึกษา : โรงเรียนพิสิทธิ์พิทยาคม อำเภอ ชนแดน  
 จังหวัด เพชรบูรณ์  
 ระดับมัธยมศึกษา : โรงเรียนนครสวรรค์ อำเภอ เมือง  
 จังหวัด นครสวรรค์  
 ปีที่สำเร็จการศึกษา : 2559