

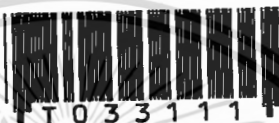
รังสีดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อหน้าต่าง และอุปกรณ์บังแดด

เพื่อการประหยัดพลังงาน

กรณีศึกษา การออกแบบอาคาร “ทาวน์เฮ้าส์” ในจังหวัด กรุงเทพมหานคร

THE EFFECT OF SOLAR RADIATION ON WINDOWS AND SUN  
PROTECTION EQUIPMENT FOR THE CONSERVATION OF ENERGY

CASE STUDY : TOWNHOUSE DESIGN IN BANGKOK METROPOLIS



วชิระ แสงรัศมี

VACHIRA SANGRUTSAMEE

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

บัณฑิตวิทยาลัย

เลขหมู่..... 33111 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขทะเบียน..... 33111  
วัน, เดือน, ปี.- 5 ก.ค. 2542

พ.ศ. 2542

ISBN 974-622-449-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**THE EFFECT OF SOLAR RADIATION ON WINDOWS AND SUN  
PROTECTION EQUIPMENT FOR THE CONSERVATION OF ENERGY  
CASE STUDY : TOWNHOUSE DESIGN IN BANGKOK METROPOLIS**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
1999**

**ISBN 974-622-449-2**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 1999**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                             |                                                                                                                                                 |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์           | รังสีดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อหน้าต่าง และอุปกรณ์บังแดดเพื่อการ<br>ประหยัดพลังงาน กรณีศึกษา : การออกแบบอาคาร<br>“ทาวน์เฮ้าส์” ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร |
| นักศึกษา                    | นายวชิระ แสงรัมย์                                                                                                                               |
| รหัสประจำตัว                | 38062108                                                                                                                                        |
| ปริญญา                      | สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต                                                                                                                       |
| สาขาวิชา                    | สถาปัตยกรรมเขตร้อน                                                                                                                              |
| พ.ศ.                        | 2542                                                                                                                                            |
| อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ | ผศ.ปรีชญา รังสิรักษ์                                                                                                                            |

### บทคัดย่อ

จากการที่ประเทศไทยมีอัตราการขยายตัวของการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นส่วนหนึ่งมาจากอาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮ้าส์มีปริมาณเพิ่มขึ้น อาคารพักอาศัยประเภทอาคารทาวน์เฮ้าส์สร้างในพื้นที่ดินจำกัดมีลักษณะเป็นแถวจำนวนหลายหน่วย ทำให้แต่ละหน่วยของอาคารมีหน้าต่างจำนวนจำกัด ดังนั้นการออกแบบหน้าต่างให้มีประสิทธิภาพในการใช้สอย ในด้านการระบายอากาศ แสงสว่าง และป้องกันความร้อนเพื่อให้เกิดความสบายและประหยัดพลังงาน มีความจำเป็นต่ออาคารทาวน์เฮ้าส์ในแต่ละหน่วยของแถว จึงทำการศึกษาเพื่อหาแนวทางการออกแบบตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ศึกษาสภาพอุณหภูมิในเขตกรุงเทพมหานคร โดยนำข้อมูลสภาพอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยาหาช่วงเวลาที่สภาพอากาศอยู่ในสภาวะที่น่าสบาย และเกิดจิตความสบายโดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานECI (Webb C.G. 1960) พบว่าขอบเขตของสภาวะอุณหภูมิที่สูงเกินจิตความสบายในเขตกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเดือนเมษายน-มิถุนายน เวลา09.00น.-20.00น. ช่วงเดือนกรกฎาคม-กันยายน เวลา09.30น.-19.00น. ช่วงเดือนตุลาคม-มกราคม เวลา10.30น.-17.00น. ช่วงเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม เวลา10.00น.-18.00น.ที่อุณหภูมิเฉลี่ยเกิน  $27.7^{\circ}\text{C}$ (ECI) ค่าอุณหภูมิที่น่าสบายอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ  $25.6^{\circ}\text{C}$ (ECI) สภาพอุณหภูมิที่สูงสุดของแต่ละวันอยู่ที่เวลาประมาณ 14.00 น.

-ศึกษาค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุกรอบอาคาร โดยทำการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อน(U-Value)ของวัสดุต่างๆ พบว่ากระจกใสซึ่งนำมาประกอบประตูหน้าต่างมีค่าการถ่ายเทความร้อนสูงถึง  $5.88 \text{ W/m}^2\text{C}$  มากกว่าค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบประมาณ 1.7 เท่า ผนังก่ออิฐฉาบปูนมีค่าการถ่ายเทความร้อน(U-Value)เท่ากับ  $3.31 \text{ W/m}^2\text{C}$  และหลังคากระเบื้อง



ชีแพคที่ฝ้าเพดานยับยั้งกันความร้อนมีค่าการถ่ายเทความร้อน(U-Value)อยู่ที่  $2.24 \text{ W/m}^2\text{°C}$  แนวทางในการลดค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร โดยเลือกวัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ

- ศึกษารังสีดวงอาทิตย์ที่มีผลกระทบต่อช่องเปิด โดยนำข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ในเขตกรุงเทพมหานคร มาวิเคราะห์หาปริมาณรังสีตรงรังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ในแต่ละทิศ และหาปริมาณความร้อนที่ได้รับจากรังสีดวงอาทิตย์ พบว่ารังสีดวงอาทิตย์เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ความร้อนเพิ่มขึ้นภายในอาคาร ซึ่งรังสีดวงอาทิตย์จะถ่ายเทความร้อนผ่านทางช่องเปิดได้สะดวกและรวดเร็วกว่าทางหลังคาและผนังอาคาร รังสีตรงจากดวงอาทิตย์จะทำให้เกิดความร้อนปริมาณสูงกว่ารังสีกระจายจากท้องฟ้า การนำแสงสว่างมาใช้ภายในอาคารควรออกแบบช่องเปิดให้รับรังสีกระจายจากท้องฟ้า เนื่องจากรังสีกระจายจากท้องฟ้าจะมีคุณภาพแสงสว่างและมีปริมาณความร้อนน้อยกว่ารังสีตรงดวงอาทิตย์

- ศึกษาการออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิด โดยนำข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์และการโคจรของดวงอาทิตย์ที่ส่งผลต่อเขตกรุงเทพมหานคร มาพิจารณาร่วมกับสภาพอุณหภูมิของอากาศ เพื่อหาช่วงเวลาที่ควรให้ร่มเงา และชนิดของอุปกรณ์บังแดดแก่ช่องเปิด พบว่าการให้ร่มเงาแก่ช่องเปิดอาคารควรมีอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารที่ควรพิจารณานำมาใช้ในเบื้องต้นได้แก่ การออกแบบหลังคาที่มีชายคายยื่นบังแดด การออกแบบผนัง ระเบียงยื่นบังแดด การจัดภูมิสถาปัตย์ให้ร่มเงาแก่ช่องเปิด เป็นต้น

- ศึกษาผลกระทบของกระแสลมต่อช่องเปิดรูปแบบต่างๆ โดยศึกษาทฤษฎีการออกแบบช่องเปิดให้สัมพันธ์กับการระบายอากาศ โดยนำข้อมูลกระแสลมในเขตกรุงเทพมหานครมาศึกษา พบว่าการออกแบบช่องเปิดควรให้กระแสลมพัดผ่านร่างกายผู้ใช้อาคารจะช่วยพัดพาความร้อนออกจากร่างกายผู้ใช้อาคาร ช่องเปิดควรอยู่ในระดับช่วงตัวของผู้ใช้อาคาร ทิศที่ควรเจาะช่องเปิดเพื่อรับกระแสลมอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศใต้ ความเร็วของกระแสลมที่อยู่ในสภาวะสบายไม่ควรเกิน  $1.02 \text{ เมตร/วินาที}$  เนื่องจากผู้ใช้อาคารจะรู้สึกลมแรงรบกวนการทำงานและกิจกรรมต่างๆ การออกแบบช่องเปิดแบบ Cross Ventilation หรือ Double sided Ventilation คือมีช่องเปิดให้กระแสลมเข้าและช่องเปิดให้กระแสลมออก จะทำให้มีการระบายอากาศได้ดีกว่าช่องเปิดแบบSingle Sided Vatilation คือมีช่องเปิดด้านเดียว

- ศึกษาอาคารทาวน์เฮาส์ตัวอย่างโดยได้ศึกษาอาคารทาวน์เฮาส์โครงการ K.C. งามอินทรา เพื่อตรวจสอบค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV)ของอาคาร ตรวจสอบประสิทธิภาพการบังแดดของช่องเปิดและอุปกรณ์บังแดด ตรวจสอบภาระการทำความเย็น(Cooling Load) พบว่าอาคารทาวน์เฮาส์ตัวอย่างมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV)สูงถึง  $51 \text{ วัตต์/ตร.ม.}$  ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานที่  $45 \text{ วัตต์/ตร.ม.}$  ค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)ของอาคารตัวอย่างสูงประมาณ  $490 \text{ Btu/h/m}^2$  จากการตรวจสอบอาคารทาวน์เฮาส์ตัวอย่างพบว่า การออกแบบอาคารทาวน์เฮาส์ควรเริ่มต้นด้วยการ

กำหนดทิศการวางอาคารเพื่อให้รับความร้อนจากแสงแดดน้อยที่สุด และรับกระแสลม สร้างสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร วัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อน ช่องเปิดที่สามารถรับกระแสลมและระบายอากาศที่ดี การบังแดดให้กับช่องเปิด หน้า และการนำระบบ Stack Ventilation เข้ามาใช้ เมื่อคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนพบว่าอาคารเสนอแนะมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมลดลงเหลือ 37 วัตต์/ตร.ม. ค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)ลดลงเหลือ 295 Btu/h/m<sup>2</sup> ซึ่งค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load) ลดลงประมาณ 40%

จากกรณีนี้พบว่า มีผลมาจากการเลือกวัสดุที่นำมาประกอบผนังมีค่าการถ่ายเทความร้อน(U-Value)ต่ำคือ ใช้ผนังก่ออิฐโปรงฉาบปูนเรียบมีค่าการถ่ายเทความร้อน(U-Value)เท่ากับ 1.02 W/m<sup>2</sup>°C ซึ่งผนังอาคารตัวอย่างเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบมีค่าการถ่ายเทความร้อน(U-Value)อยู่ที่ 3.31 W/m<sup>2</sup>°C ส่วนหลังคาและฝ้าเพดานวัสดุของอาคารตัวอย่างเป็นหลังคาซีเมนต์-ฝ้าเพดานบุยิปซัมซึ่งมีค่าการถ่ายเทความร้อน(U-Value)เท่ากับ 2.24 W/m<sup>2</sup>°C ส่วนอาคารทาวน์เฮาส์เสนอแนะยังคงใช้วัสดุเดิม แต่มีการเพิ่มฉนวนกันความร้อนที่ฝ้าเพดานและเพิ่มช่องว่างอากาศภายใต้หลังคาทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อน(U-Value)ลดลงเหลือ 0.56 W/m<sup>2</sup>°C สำหรับอุปกรณ์บังแดดของอาคารตัวอย่างมีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด(SC)ประมาณ 0.80 ช่องเปิดส่วนใหญ่ได้รับแสงแดดทำให้ปริมาณความร้อนสูงถึง 171 วัตต์/ม.<sup>2</sup> ส่วนช่องเปิดอาคารทาวน์เฮาส์เสนอแนะมีการออกแบบยื่นชายคา ระเบียงและผนัง ทำให้หน้าต่างอาคารได้รับร่มเงา ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด(SC)ประมาณ 0.54 ปริมาณความร้อนเท่ากับ 125 วัตต์/ม.<sup>2</sup> (กรณีเปรียบเทียบกับที่ทิศได้)

สรุปได้ว่าแสงดวงอาทิตย์มีผลกระทบต่อกรอบของอาคารทำให้เกิดความร้อนภายในอาคารเพิ่มขึ้น การเลือกวัสดุผนัง หลังคาประกอบอาคารควรเลือกวัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อน ซึ่งความร้อนที่ได้จากแสงดวงอาทิตย์ผ่านช่องเปิดได้รวดเร็ว และสะดวกกว่าทางผนัง และหลังคาอาคาร แนวทางการลดค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านทางช่องเปิดคือ การออกแบบให้ช่องเปิดอยู่ในร่มเงา และการเลือกวัสดุช่องเปิดที่มีคุณสมบัติในการถ่ายเทความร้อนได้น้อย

|                       |                                                                                                                                                                 |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Thesis Title</b>   | The Effects of Solar Radiation on Windows and Sun Protection<br>Equipment for the Conservation of Energy<br>Case Study : Townhouse Design in Bangkok Metropolis |
| <b>Student</b>        | Mr. Vachira Sangrutsamee                                                                                                                                        |
| <b>Student ID.</b>    | 38062108                                                                                                                                                        |
| <b>Degree</b>         | Master of Architecture                                                                                                                                          |
| <b>Programme</b>      | Tropical Architecture                                                                                                                                           |
| <b>Year</b>           | 1999                                                                                                                                                            |
| <b>Thesis Advisor</b> | Assist. Prof. Preechaya Rangsiraksa                                                                                                                             |

### ABSTRACT

Thailand expanded in electrical energy than before and come from building of townhouse, the accommodation constructed on many units of land which each unit has windows so to design window to be effective in using, in ventilation, light and hot protection and save energy, it necessary to it to study the way of design in this following step.

- Study temperature in Bangkok by taking atmosphere from department of meteorological during comfort time and more than by comparing with standard ECI, it is declared that scope of temperature in Bangkok mostly in April-June at 9.00-20.00 during July-September at 9.00-19.00, during October-January at 10.30-17.00 and February-March at 10.00-18.00 at average temperature more than 27.7 degree C (ECI) value of vomfort temperature should be about 25.6 degree C, the status of highest condition in each day will be at 14.00 P.M.

- Study thermal transfer of materials surrounded building and calculating U-Value of materials and clear glass which consisted of window and door have high heat transfer to 5.88 W/m.<sup>2</sup> °C than thermal transfer of brick wall about 1.7 times over, wall of brick has U-Value 3.31 W/m.<sup>2</sup> °C and roof C-pac at the ceiling gypsum has U-Value at 2.24 W/m.<sup>2</sup> °C. The trend in reducing thermal transfer value into the building by choosing materials that have low thermal transfer value.

- Study solar radiator effected to open way. and take solar ray information in Bangkok to analyse ray amount from the sun in each direction and find out amount of heat from ray, the ray is part that make heat in the building which ray will transfer thermal by open way convenient and faster than roof and wall. The solar ray will gain higher thermal than sky ray, and the light into

building should be used by open way to receive ray from the sky because sky ray will have more light and less thermal than solar ray.

- Study design of shading equipment with open way by taking solar ray information and direction of sun effected to Bangkok area to consider with temperature to find time for shading and type of equipment to the open way. To shade should be shaded equipment outside the building such as roof that has shaded eaves to design wall, balcony, architect to open way etc.

- Study wind direction and ventilation of open way and study theory of open way and ventilation and take the information in Bangkok wind direction to study. To design should be open for body blowing pass will take the thermal away from user fo building which the sweat will be out of the body, the open way should be at body level, direction to receice wind at South west, South, the velocity of wind should not more than 1.02 metre/second because user will feel windy to attack working and activities, to design cross ventilation should be opened for wind and in and out so the ventilation is better than single sided ventilation.

- Study townhouse sample by studying K.C. project Ramintra townhouse which checking OTTV of the building and check effective of shading of open way and shaded equipment, check cooling load generating, in sample townhouse has OTTV high to  $51 \text{ W/m}^2$  which is over than standard of  $45 \text{ W/m}^2$ . Cooling load of sample building is about  $490 \text{ Btu/h/m}^2$ , from checking sample townhouse, to design townhouse building should start with direction for receiving thermal from the sun at least and receive wind and construct environment out of the building, materials that has heat resistance, open way that can receive wind and good ventilation, to shade with open wind, wall and stack ventilation system into it, after calculating value of thermal transfer, the building to offer has thermal value to  $37 \text{ W/m}^2$  cooling load reduced to  $295 \text{ Btu/h/m}^2$ , which cooling load value reduced to 40%

This case the effect from choosing materials for wall combination that has low U-Value, brick wall has U-Value  $1.02 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  which the wall is brick that has U-Value  $3.31 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ , the roof and wall of sample building is C-pac,gypsum boad which has U-Value equal to  $2.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  townhouse building should be used former materials but increased thermal insulator and increase open space under the roof which reduce U-Value to  $0.56 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ , the equipment of shading has cooefficient about 0.80, most open space has sun ray which high to  $171 \text{ W/m}^2$ , the open space of townhouse building designed as the roof, balcony and wall which the windows received shade, the cooefficient (SC) is about 0.54, thermal value is  $125 \text{ W/m}^2$  (at south direction)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Solar ray effects to frame of building that has thermal in the building more, to choose materials, roof should use insulators which the heat from the sun pass rapidly and convenient than the wall and roof, the trend of reducing ventilation is to design in shading and choose qualified less ventilation open space.



# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ก็เพราะได้รับความเมตตาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์  
ปรีชา รังสิรักษ์, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุภาวดีรัตนมาศ และอาจารย์ชัยยุทธ ศรีเผด็จ ที่ได้ให้คำปรึกษา  
แนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ ดร.สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์ อาจารย์ภูกานา ภูนาสา ที่กรุณาให้คำปรึกษา และให้  
ข้อมูลประกอบแก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ โกสุมภ์ ว่องกสิกร อาจารย์ขจรศักดิ์ เจ้ากรมทอง ซึ่งสนับสนุนส่งเสริม  
ให้ผู้วิจัยได้ทำงานลุล่วงด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้โอกาสผู้วิจัยได้เรียน ให้ทุนสนับสนุน การทำวิจัยใน  
ครั้งนี้ ทำให้ผู้วิจัยได้รับความรู้เพิ่มขึ้น เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ที่ได้ให้การสนับสนุน และให้กำลังใจ  
แก่ผู้วิจัย จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดี

วชิระ แสงรัศมี

# สารบัญ

หน้า

|                                                                     |       |
|---------------------------------------------------------------------|-------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....                                                | I     |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....                                             | IV    |
| กิตติกรรมประกาศ.....                                                | VII   |
| สารบัญ.....                                                         | VIII  |
| สารบัญตาราง.....                                                    | XIII  |
| สารบัญภาพ.....                                                      | XVIII |
| บทที่ 1 บทนำ.....                                                   | 1     |
| 1.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า.....                                   | 1     |
| 1.2 การเพิ่มประชากรและที่อยู่อาศัย.....                             | 5     |
| 1.3 ปริมาณพลังงานความร้อนที่เข้าสู่อาคารพักอาศัย.....               | 6     |
| 1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....                                    | 8     |
| 1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....                                          | 9     |
| 1.6 ขั้นตอนการวิจัย.....                                            | 10    |
| 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการจากการวิจัย.....                    | 11    |
| บทที่ 2 สภาวะความสบายทางด้านอุณหภูมิ.....                           | 12    |
| 2.1 การเปลี่ยนแปลงความร้อนในร่างกายมนุษย์.....                      | 12    |
| 2.2 ร่างกายมนุษย์กับอุณหภูมิ.....                                   | 14    |
| 2.3 มาตรฐานวัดความสบายทางด้านอุณหภูมิ.....                          | 15    |
| 2.4 เกณฑ์ และวิธีการหาค่ามาตรฐานความสบาย ECI.....                   | 19    |
| 2.5 สภาพภูมิอากาศในเขต กรุงเทพมหานคร.....                           | 24    |
| 2.6 ค่าอุณหภูมิสบายในเขต กรุงเทพมหานคร.....                         | 28    |
| บทที่ 3 การถ่ายเทความร้อนของวัสดุกรอบอาคาร เปรียบเทียบกับกระจก..... | 36    |
| 3.1 ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ.....                            | 36    |
| 3.2 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อน.....                               | 36    |
| 3.2.1 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(U-Value) .....       | 37    |
| 3.2.2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC).....                    | 38    |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

|                                                 |    |
|-------------------------------------------------|----|
| 3.3 การหาช่วงเวลา.....                          | 39 |
| 3.4 การวิเคราะห์ วัสดุประกอบผนังอาคาร.....      | 40 |
| 3.5 การวิเคราะห์ วัสดุประกอบหลังคาอาคาร.....    | 46 |
| 3.6 การวิเคราะห์ วัสดุประกอบประตู หน้าต่าง..... | 50 |
| 3.6.1 คุณสมบัติของกระเบื้องชนิดต่างๆ .....      | 51 |
| 3.6.2 ความร้อนที่เข้าสู่อาคารทางกระจก .....     | 54 |

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| บทที่ 4 หน้าต่างที่มีผลต่อความร้อนภายในอาคาร.....                                  | 63 |
| 4.1 หน้าที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนพลังงานของกรอบอาคาร.....                              | 63 |
| 4.2 ลักษณะรูปแบบ ประตู หน้าต่าง.....                                               | 65 |
| 4.2.1 ลักษณะรูปแบบของประตู .....                                                   | 65 |
| 4.2.2 ลักษณะรูปแบบของหน้าต่าง .....                                                | 66 |
| 4.3 คุณสมบัติของช่องเปิด.....                                                      | 70 |
| 4.4 ตำแหน่งหน้าต่างที่มีผลต่อแสงสว่าง.....                                         | 70 |
| 4.5 ช่องเปิดที่มีผลต่อมุมมอง.....                                                  | 72 |
| 4.6 รังสีดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อหน้าต่างกระจก.....                                    | 74 |
| 4.7 การถ่ายเทความร้อนผ่านม่านหน้าต่าง.....                                         | 75 |
| 4.8 ระบายของหน้าต่างในอดีต และปัจจุบันต่อค่าการถ่ายเทความร้อน.....                 | 77 |
| 4.9 ผลของหน้าต่างในอดีต และปัจจุบันต่อค่าการถ่ายเทความร้อน.....                    | 79 |
| 4.10 ขนาดของช่องเปิดที่มีผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อน โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด.....      | 80 |
| 4.11 รังสีตรงดวงอาทิตย์ต้องเข้าภายในทางช่องเปิดทิศต่างๆ ที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด..... | 82 |
| 4.12 ทิศทางช่องเปิดที่เหมาะสม ในสภาพภูมิอากาศ ในเขตกรุงเทพมหานคร.....              | 87 |
| 4.13 สภาพแสงสว่างธรรมชาติ ที่มีผลต่อช่องเปิดในเขตกรุงเทพมหานคร.....                | 88 |
| 4.13.1 สภาพแสงสว่างในเขตกรุงเทพมหานคร .....                                        | 88 |
| 4.13.2 ประสิทธิภาพของแสงสว่างจากธรรมชาติ และแสงสว่างจากสิ่งประดิษฐ์ ...            | 89 |
| 4.13.3 แนวความคิดในการออกแบบระบบแสงสว่าง .....                                     | 91 |
| 4.13.4 การสะท้อนแสงของพื้นที่ภายในอาคาร .....                                      | 93 |
| 4.13.5 ช่องเปิดทำมุมเอียงที่มีผลต่อแสงสว่างภายในอาคาร .....                        | 95 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.14 การคำนวณการออกแบบการส่องสว่างในแนวราบภายในอาคารด้วยแสงธรรมชาติ... | 95  |
| 4.15 การประยุกต์ใช้แสงสว่างธรรมชาติในการออกแบบช่องเปิด.....            | 104 |

|                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------|-----|
| บทที่ 5 รังสีดวงอาทิตย์ และอุปกรณ์บังแดดที่มีผลต่อช่องเปิด..... | 111 |
| 5.1 พลังงานรังสีดวงอาทิตย์.....                                 | 111 |
| 5.2 รังสีดวงอาทิตย์ กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประจำวัน.....      | 113 |
| 5.3 รังสีดวงอาทิตย์ ในเขตกรุงเทพมหานคร.....                     | 114 |
| 5.4 การวางอาคาร ในสภาพภูมิอากาศ ในเขตกรุงเทพมหานคร.....         | 131 |
| 5.4.1 การจัดวางอาคาร .....                                      | 131 |
| 5.4.2 การจัดวางตำแหน่งห้อง .....                                | 133 |
| 5.5 วงโคจรของดวงอาทิตย์ และเครื่องมือวัดมุมของเงา.....          | 135 |
| 5.5.1 วิธีอ่านค่าทางเดินดวงอาทิตย์ .....                        | 137 |
| 5.5.2 การเลือกใช้รูปภาพทางเดินดวงอาทิตย์ (Solar Chart).....     | 138 |
| 5.5.3 เครื่องมือตรวจสอบมุมของเงา (Shadow Angle Protract) .....  | 139 |
| 5.6 การใช้เครื่องมือตรวจสอบเงาที่ปรากฏ.....                     | 140 |
| 5.7 อุปกรณ์บังแดด.....                                          | 142 |
| 5.7.1 วัสดุประกอบอุปกรณ์บังแดด .....                            | 142 |
| 5.7.2 ชนิดของอุปกรณ์บังแดด .....                                | 144 |
| 5.7.3 เงาที่ปรากฏกับชนิดของอุปกรณ์บังแดด .....                  | 145 |
| 5.7.4 ลักษณะอุปกรณ์บังแดดที่มีผลต่อมุมมอง .....                 | 146 |
| 5.8 การคำนวณการบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร.....           | 147 |
| 5.8.1 ขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์บังแดด .....                       | 147 |
| 5.8.2 ทิศทางเดินของดวงอาทิตย์ .....                             | 148 |
| 5.8.3 ความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางของดวงอาทิตย์ และผนังอาคาร ..... | 148 |
| 5.8.4 มุมที่ทำให้เกิดเงา .....                                  | 149 |
| 5.8.5 การคำนวณอุปกรณ์บังแดดแนวนอน .....                         | 150 |
| 5.8.6 การคำนวณอุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง .....                        | 151 |
| 5.8.7 การหาเงาของอาคาร ที่ตกลงบนที่ตั่ง .....                   | 152 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.9 การศึกษาอุปกรณ์บังแดดที่มีผลต่อทิศ ในเขตกรุงเทพมหานคร.....                | 153 |
| บทที่ 6 กระแสลม และการระบายอากาศที่มีผลต่อช่องเปิด.....                       | 169 |
| 6.1 การเปลี่ยนอัตราแรงลม กับลักษณะภูมิประเทศ.....                             | 170 |
| 6.2 รูปแบบกระแสลมที่พัดผ่านอาคาร และช่องเปิด.....                             | 170 |
| 6.3 การจัดวางต้นไม้ ที่มีผลต่อกระแสลม.....                                    | 182 |
| 6.4 กระแสลม และการระบายอากาศ ในเขตกรุงเทพมหานคร.....                          | 183 |
| บทที่ 7 การประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนของ อาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง.....       | 191 |
| 7.1 การจัดผังบริเวณของพื้นที่จัดสรร ในเขตกรุงเทพมหานคร.....                   | 191 |
| 7.2 ลักษณะ อาคารทาวน์เฮ้าส์ในแบบต่างๆ.....                                    | 192 |
| 7.3 ข้อมูลรายละเอียด อาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง.....                            | 194 |
| 7.4 ผลการตรวจสอบ อุปกรณ์บังแดดของ อาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง.....               | 198 |
| 7.5 การตรวจสอบ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ของอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง.... | 212 |
| 7.6 การตรวจสอบค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load) ของอาคารตัวอย่าง.....        | 224 |
| 7.7 ผลการตรวจสอบอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน.....     | 235 |
| บทที่ 8 การเสนอแนะการออกแบบอาคารทาวน์เฮ้าส์.....                              | 237 |
| 8.1 การประกอบกิจกรรมในอาคารทาวน์เฮ้าส์กับความสัมพันธ์ทางด้านอุณหภูมิ.....     | 237 |
| 8.2 แนวทางการออกแบบอาคารทาวน์เฮ้าส์เพื่อการประหยัดพลังงาน.....                | 244 |
| 8.3 รูปแบบอาคารทาวน์เฮ้าส์ที่เสนอแนะ.....                                     | 249 |
| 8.3.1 ขนาดพื้นที่ใช้สอยต่างๆ ของอาคารทาวน์เฮ้าส์.....                         | 249 |
| 8.3.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุประกอบอาคารทาวน์เฮ้าส์.....                 | 250 |
| 8.3.3 รูปแบบอาคารทาวน์เฮ้าส์.....                                             | 250 |
| 8.3.4 รูปแบบอุปกรณ์บังแดดอาคารทาวน์เฮ้าส์ และการตรวจสอบการบังแดด....          | 255 |
| 8.3.5 การตรวจสอบค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) .....                           | 263 |
| 8.3.6 แสดงการตรวจสอบค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)                        |     |
| อาคารเสนอแนะ.....                                                             | 271 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

|                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.4 ข้อเสนอแนะ.....                                                      | 279 |
| บรรณานุกรม.....                                                          | 283 |
| ภาคผนวก .....                                                            | 284 |
| ภาคผนวก ก. ข้อมูลการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น.....                       | 285 |
| ก.1 ข้อมูลตารางในการคำนวณภาระการทำความเย็น(Cooling Load).....            | 286 |
| ก.2 แสดงวิธีการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารตัวอย่าง..... | 282 |
| ก.3 แสดงวิธีการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารเสนอแนะ.....  | 303 |
| ภาคผนวก ข. ข้อมูล และวิธีการคำนวณแสงสว่างธรรมชาติ.....                   | 312 |
| ข.1 นิยามและคำศัพท์เทคนิคระบบแสงสว่าง.....                               | 313 |
| ข.2 การมองเห็นของมนุษย์กับแสงสว่าง.....                                  | 315 |
| ข.3 มาตรฐานวัดความสบายทางแสงสว่าง.....                                   | 315 |
| ข.4 หลักการเบื้องต้นในการออกแบบการส่องสว่างด้วยแสงธรรมชาติ.....          | 316 |
| ประวัติผู้เขียน.....                                                     | 327 |

# สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                                                 | หน้า |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1.1 แสดงจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า และหน่วยจำหน่ายแยกตามประเภท พ.ศ.2534-2538.....                                  | 2    |
| 1.2 จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าเขต บริการของไฟฟ้านครหลวงใน กรุงเทพมหานคร<br>นนทบุรี สมุทรปราการ.....                | 3    |
| 1.3 แสดงสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้เครื่องปรับอากาศในอาคารที่อยู่อาศัย.....                                 | 5    |
| 1.4 แสดงจำแนกครัวเรือน และจำนวนประชากรจากการประมาณ พ.ศ.2533-2558.....                                    | 6    |
| 2.1 แสดงปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของร่างกาย.....                                         | 12   |
| 2.2 แสดงข้อมูลสภาพอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลมเฉลี่ยในเขต กทม. พ.ศ.2509-2538.....                        | 20   |
| 2.3 แสดงค่าอุณหภูมิในช่วงเวลาต่างๆ ของอุณหภูมิกระเปาะแห้ง(DBT).....                                      | 21   |
| 2.4 แสดงค่าอุณหภูมิในช่วงเวลาต่างๆของอุณหภูมิกระเปาะเปียก(WBT).....                                      | 22   |
| 2.5 แสดงค่าอุณหภูมิในเขตกรุงเทพมหานครตามมาตรฐาน(ECI) กรณีสภาพอากาศนิ่ง.....                              | 23   |
| 2.6 แสดงสภาพภูมิอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2509-2538.....                                               | 25   |
| 2.7 แสดงมาตรฐานความสบายทางด้านอุณหภูมิในต่างประเทศ.....                                                  | 29   |
| 2.8 แสดงช่วงอุณหภูมิบ่งบอกความสบายในอุณหภูมิระหว่างตำแหน่งที่ตั้งต่างๆ.....                              | 29   |
| 2.9 แสดงจำนวน เดือน เวลา ที่อุณหภูมิอยู่ในช่วงสภาวะที่น่าสบายทางอุณหภูมิ(ECI).....                       | 32   |
| 3.1 แสดงช่วงเวลาที่ความร้อนผ่านผิววัสดุ(Time Lag) สำหรับส่วนประกอบอาคาร.....                             | 40   |
| 3.2 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมผนังก่ออิฐฉาบปูน.....                                 | 41   |
| 3.3แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมผนังก่ออิฐฉาบปูน2ชั้น.....                             | 41   |
| 3.4 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมผนังก่ออิฐฉาบปูนบุกระเบื้องโมเสค.....                 | 42   |
| 3.5 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมผนังก่ออิฐฉาบปูนยิปซัมบอร์ด.....                      | 42   |
| 3.6 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังคอนกรีต.....                                   | 43   |
| 3.7 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอิฐซีเมนต์บล็อก.....                           | 43   |
| 3.8 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังไม้เนื้อแข็งชั้นเดียว.....                     | 44   |
| 3.9 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังไม้มีช่องอากาศอยู่<br>กลางบุด้วยไม้อัด.....    | 44   |
| 3.10 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ผ่านผนังอาคารแต่ละชนิด.....                                             | 45   |
| 3.11 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคากระเบื้องลอนคู่<br>ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด..... | 46   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่                                                                                                                        | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 3.12 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคากระเบื้องลอนคู่<br>ฝ้าเพดานบุอลูมิเนียมฟอยล์กับยิปซัมบอร์ด.....    | 47   |
| 3.13 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคากระเบื้องซีแพค<br>โมเนียฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด.....                   | 47   |
| 3.14 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคากระเบื้องซีแพค<br>โมเนียฝ้าเพดานอลูมิเนียมฟอยล์กับยิปซัมบอร์ด..... | 48   |
| 3.15 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาคอนกรีต<br>หนา 10 cm. ไม่มีฝ้าเพดาน.....                           | 48   |
| 3.16 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาคอนกรีต<br>ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด.....                                | 49   |
| 3.17 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมหลังคาคอนกรีตบุ โม่เสก<br>ฝ้าเพดานบุอลูมิเนียมฟอยล์กับยิปซัมบอร์ด.....      | 49   |
| 3.18 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ผ่านหลังคา และฝ้าเพดานแต่ละชนิดเข้าสู่อาคาร.....                                               | 50   |
| 3.19 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบบาน<br>วงกบหน้าต่าง ประตู ซึ่งเป็น ไม้เนื้อแข็ง.....                 | 56   |
| 3.20 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบบาน<br>วงกบหน้าต่าง ประตู ซึ่งเป็นอลูมิเนียม.....                    | 56   |
| 3.21 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของความหนา 6 มม.....                                                        | 57   |
| 3.22 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV)ของวัสดุประกอบวงกบและกรอบบาน.....                                                         | 57   |
| 3.23 แสดงการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV)ของกระจกแต่ละชนิดในทิศต่างๆ.....                                                  | 58   |
| 3.24 แสดงข้อเปรียบเทียบระหว่างกระจกใสกับกระจกสีตัดแสง และกระจกสะท้อนแสงถึง<br>ข้อดี และข้อเสีย.....                             | 61   |
| 4.1 แสดงข้อเปรียบเทียบรูปแบบหน้าต่างแต่ละชนิด.....                                                                              | 68   |
| 4.2 แสดงข้อเปรียบเทียบหน้าต่างในอดีต และหน้าต่างที่นิยมใช้ในปัจจุบัน.....                                                       | 80   |
| 4.3 แสดงความถี่ เปอร์เซ็นต์ ความสว่างของท้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร .....                                                         | 88   |
| 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของระดับความสว่างในแนวนอน(ลักซ์) ภายนอกจากการกระจาย<br>ของรังสีดวงอาทิตย์สำหรับเขตกรุงเทพมหานคร..... | 89   |
| 4.5 แสดงค่าประมาณของเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงของสี.....                                                                           | 93   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่                                                                                            | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 5.1 แสดงตำแหน่งห้องต่างๆที่เหมาะสมกับทิส.....                                                       | 133  |
| 5.2 แสดงตัวอย่างการอ่านเครื่องมือตรวจสอบมุมของเงา (Shadow Angle Mask) .....                         | 142  |
| 5.3 แสดงการคำนวณปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากรังสีดวงอาทิตย์กรณี<br>มีอุปกรณ์บังแดดขึ้น 0.50 ม. .... | 154  |
| 5.4 แสดงการคำนวณปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากรังสีดวงอาทิตย์กรณี<br>มีอุปกรณ์บังแดดขึ้น 1.00 ม. .... | 155  |
| 5.5 แสดงการคำนวณปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากรังสีดวงอาทิตย์กรณี<br>มีอุปกรณ์บังแดดขึ้น 1.50 ม. .... | 156  |
| 5.6 แสดงการคำนวณปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากรังสีดวงอาทิตย์กรณี<br>มีอุปกรณ์บังแดดขึ้น 2.00 ม. .... | 157  |
| 5.7 แสดงการคำนวณปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากรังสีดวงอาทิตย์กรณี<br>มีอุปกรณ์บังแดดขึ้น 0.00 ม. .... | 158  |
| 5.8 แสดงชนิดของอุปกรณ์บังแดดที่ป้องกันรังสีตรงได้ดีกับทิศต่างๆ จากมากไปหาน้อย.....                  | 158  |
| 6.1 แสดงความเร็วของลมที่มีผลต่อความรู้สึกของร่างกาย.....                                            | 169  |
| 6.2 แสดงค่าตัวแปร (a) ของสภาพภูมิประเทศในการคิดอัตราแรงลม.....                                      | 170  |
| 6.3 แสดงสัดส่วนของอาคารที่มีผลต่อการเกิดส่วนที่อับลม.....                                           | 173  |
| 7.1 แสดงพื้นที่ใช้สอยของอาคารทาว์นเฮาส์ตัวอย่างและรหัสในการตรวจสอบ.....                             | 195  |
| 7.2 แสดงพื้นที่กรอบ พื้นที่ใช้สอยอาคารทาว์นเฮาส์ตัวอย่าง.....                                       | 196  |
| 7.3 แสดงการตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดอาคารตัวอย่าง.....                                     | 199  |
| 7.4 แสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ด้านหน้าอาคารอยู่ทิศเหนือ.....                     | 215  |
| 7.5 แสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ด้านหน้าอาคารอยู่ทิศใต้.....                       | 216  |
| 7.6 แสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ด้านหน้าอาคารอยู่ทิศตะวันออก....                   | 217  |
| 7.7 แสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ด้านหน้าอาคารอยู่ทิศตะวันตก.....                   | 218  |
| 7.8 แสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ด้านหน้าอาคารอยู่<br>ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ.....    | 219  |
| 7.9 แสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ด้านหน้าอาคารอยู่<br>ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ.....     | 220  |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่                                                                                                            | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 7.10 แสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ด้านหน้าอาคารอยู่ทิศตะวันออกเฉียงใต้.....                         | 221  |
| 7.11 แสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ด้านหน้าอาคารอยู่ทิศตะวันตกเฉียงใต้.....                          | 222  |
| 7.12 แสดงผลการคำนวณค่าภาระในการทำความเย็น (Cooling Load) ของอาคารตัวอย่าง.....                                      | 226  |
| 8.1 แสดงพื้นที่ใช้สอย และการแบ่งส่วนพื้นที่ใช้สอยของอาคารทาวน์เฮ้าส์.....                                           | 249  |
| 8.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่างและอาคารทาวน์เฮ้าส์เสนอแนะ .....            | 263  |
| 8.3 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมอาคารทาวน์เฮ้าส์เสนอแนะทิศเหนือ.....                                                 | 264  |
| 8.4 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมอาคารทาวน์เฮ้าส์เสนอแนะทิศใต้.....                                                   | 265  |
| 8.5 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมอาคารทาวน์เฮ้าส์เสนอแนะทิศตะวันออกเฉียงเหนือ.....                                    | 266  |
| 8.6 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมอาคารทาวน์เฮ้าส์เสนอแนะทิศตะวันตกเฉียงเหนือ.....                                     | 267  |
| 8.7 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมอาคารทาวน์เฮ้าส์เสนอแนะทิศตะวันออกเฉียงใต้.....                                      | 268  |
| 8.8 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมอาคารทาวน์เฮ้าส์เสนอแนะทิศตะวันตกเฉียงใต้.....                                       | 269  |
| 8.9 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น(Cooling Load) ของอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง และอาคารทาวน์เฮ้าส์เสนอแนะ .....  | 278  |
| 8.10 แสดงเวลาที่ควรให้ร่มเงาแก่ช่องเปิดของอาคารในแต่ละทิศ .....                                                     | 282  |
| ก.1 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดวันของแต่ละเดือนในกรุงเทพมหานคร และเชียงใหม่.....                                         | 286  |
| ก.2 แสดง Cooling Load Temperature Differences for Conduction through Glass.....                                     | 286  |
| ก.3 ตัวประกอบความร้อนที่เพิ่มสูงสุดจากดวงอาทิตย์สำหรับกระจก ณ เส้นรุ้งที่ 14 °เหนือ.....                            | 287  |
| ก.4 Cooling Load Factor for Glass without Interior Shading North Latitudes.....                                     | 287  |
| ก.5 Wall Construction Group Description (SI Units).....                                                             | 288  |
| ก.6 Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load for Exterior Wall (SI Units).....             | 289  |
| ก.7 CLF. Correction for Latitude and Month Applied to Walls and Roofs, North Latitude(SI Units).....                | 290  |
| ก.8 Cooling Load Temperature for Calculating Cooling Load from Flat Roofs (SI Units) without Suspended Ceiling..... | 290  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่

หน้า

### ก.9 Cooling Load Temperature for Calculating Load from Flat Roofs

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| (SI Units) with Suspended.....                                                           | 291 |
| ก.10 Rates of Heat Gain from Occupants of Conditioned Spaced.....                        | 291 |
| ก.11 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารตัวอย่างทึบได้.....                      | 295 |
| ก.12 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารตัวอย่างทึบเหนือ.....                    | 296 |
| ก.13 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารตัวอย่างทึบตะวันออก.....                 | 297 |
| ก.14 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารตัวอย่างทึบตะวันตก.....                  | 298 |
| ก.15 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารตัวอย่างทึบตะวันออกเฉียงเหนือ.....       | 299 |
| ก.16 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารตัวอย่างทึบตะวันตกเฉียงเหนือ.....        | 300 |
| ก.17 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารตัวอย่างทึบตะวันออกเฉียงใต้.....         | 301 |
| ก.18 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารตัวอย่างทึบตะวันตกเฉียงใต้.....          | 302 |
| ก.19 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารเสนอแนะทึบได้.....                       | 306 |
| ก.20 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารเสนอแนะทึบเหนือ.....                     | 307 |
| ก.21 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารเสนอแนะทึบตะวันออกเฉียงเหนือ.....        | 308 |
| ก.22 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารเสนอแนะทึบตะวันตกเฉียงเหนือ.....         | 309 |
| ก.23 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารเสนอแนะทึบตะวันออกเฉียงใต้.....          | 310 |
| ก.24 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารเสนอแนะทึบตะวันตกเฉียงใต้.....           | 311 |
| ข.1 แสดงรายชื่อสถาบันมาตรฐานทางด้านแสงสว่าง.....                                         | 315 |
| ข.2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ชั่วโมงการใช้งาน ช่วงเวลาการใช้งานที่ต่างไปจาก 09.00น.-17.00น..... | 319 |
| ข.3 แสดงค่าการส่งผ่านแสง และองค์ประกอบแก้ไข.....                                         | 321 |
| ข.4 แสดงค่าการสะท้อนแสง และองค์ประกอบแก้ไข.....                                          | 322 |
| ข.5 แสดงค่าองค์ประกอบแก้ไขเนื่องจากการสะสมของฝุ่น หรือสิ่งสกปรกที่ช่องเปิด.....          | 323 |



# สารบัญภาพ

| ภาพที่                                                                                                                                        | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1.1 แสดงความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า และการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย.....                                                                           | 3    |
| 1.2 แสดงอัตราการเจริญเติบโตการใช้เครื่องปรับอากาศ.....                                                                                        | 4    |
| 1.3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณของความร้อนที่ผ่านเข้าไปในอาคารพักอาศัยโดยทั่วไป.....                                                             | 7    |
| 1.4 แสดงแผนการดำเนินการวิจัย.....                                                                                                             | 10   |
| 2.1 แสดงการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างมนุษย์ กับสิ่งแวดล้อมในเขตอากาศร้อนชื้น.....                                                              | 13   |
| 2.2 แสดงตัวอย่างการหาค่าอุณหภูมิทุก 2 ชม.จาก Hourly Temperature Calculator Chart.....                                                         | 20   |
| 2.3 แสดงตัวอย่างการหาค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก(WBT) จาก Psychrometric Chart.....                                                                | 22   |
| 2.4 แสดงตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์ และทิศทางกระแสลม ในเขตกรุงเทพมหานคร.....                                                                  | 25   |
| 2.5 แสดงลักษณะสภาพภูมิอากาศ ในเขตกรุงเทพมหานคร.....                                                                                           | 27   |
| 2.6 แสดงอุณหภูมิที่บ่งบอกความสบายในเขตกรุงเทพมหานคร (กรณีสภาพอากาศนิ่ง).....                                                                  | 30   |
| 2.7 แสดงอุณหภูมิที่บ่งบอกความสบายในเขตกรุงเทพมหานคร (กรณีความเร็วเพิ่มขึ้นจาก<br>0.00, 0.05, 1.00, 1.50 ม./วินาที).....                       | 31   |
| 2.8 แสดงการตรวจสอบอุณหภูมิจาก Psychrometric Chart เดือน ม.ค.-มิ.ย.....                                                                        | 33   |
| 2.9 แสดงการตรวจสอบอุณหภูมิจาก Psychrometric Chart เดือน ก.ค.-ธ.ค.....                                                                         | 34   |
| 2.10 แสดงช่วงเวลาการโคจรของดวงอาทิตย์ และสภาพทางอุณหภูมิ °C(ECI) ในเดือน ม.ค.-ธ.ค.....                                                        | 35   |
| 3.1 แสดงลักษณะ และปริมาณความร้อนที่ต้องผ่านกระจก.....                                                                                         | 54   |
| 3.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) ของวัสดุต่างๆ.....                                                                        | 60   |
| 4.1 แสดงลักษณะการเจาะช่องเปิดที่มีผลต่อมุมมอง.....                                                                                            | 65   |
| 4.2 แสดงลักษณะของหน้าต่างแบบต่างๆ.....                                                                                                        | 67   |
| 4.3 แสดงตำแหน่งของหน้าต่างที่มีผลต่อแสงสว่าง.....                                                                                             | 71   |
| 4.4 แสดงลักษณะการเจาะช่องเปิดที่มีผลต่อมุมมอง.....                                                                                            | 73   |
| 4.5 แสดงคลื่นรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งผลกระทบต่อกระจกใส และกระจกเคลือบผิวสะท้อนแสง.....                                                           | 74   |
| 4.6 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความร้อนที่ผ่านเข้าไปในอาคาร ในการเปรียบเทียบ ไม่มีอุปกรณ์บังแดด,<br>มีอุปกรณ์บังแดดภายใน และมีอุปกรณ์บังแดดภายนอก..... | 75   |
| 4.7 แสดงลักษณะมู่ลี่ และผ้าม่านที่ติดหน้าต่างทั่วไป.....                                                                                      | 76   |
| 4.8 แสดงการใช้มู่ลี่สีทึบ และสีสว่างที่มีผลต่อการสะท้อน.....                                                                                  | 76   |
| 4.9 แสดงลักษณะระนาบหน้าต่างที่มีผลต่อผลมุมตกกระทบรังสีดวงอาทิตย์.....                                                                         | 78   |
| 4.10 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ของกระจกใสในระนาบ และทิศทางต่างๆ.....                                                                        | 78   |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่                                                                                                                                                    | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 4.11 แสดงลักษณะหน้าต่าในอดีต และปัจจุบันที่ใช้กันทั่วไป.....                                                                                              | 79   |
| 4.12 แสดงขนาดของหน้าต่ากระจกใส ในทิศทางต่างๆ ที่มีผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวม<br>กรณีไม่มีอุปกรณ์บังแดด ทิศ N, S, E, W.....                              | 81   |
| 4.13 แสดงขนาดของหน้าต่ากระจกใส ในทิศทางต่างๆ ที่มีผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวม<br>กรณีไม่มีอุปกรณ์บังแดด ทิศ NE, NW, SE, SW.....                          | 81   |
| 4.14 แสดงแปลน และรูปตัดรังสีตรงดวงอาทิตย์ที่ส่งผลกระทบต่อทิศเหนือ และทิศใต้.....                                                                          | 83   |
| 4.15 แสดงแปลน และรูปตัดรังสีตรงดวงอาทิตย์ที่ส่งผลกระทบต่อทิศตะวันออกและทิศตะวันตก...84                                                                    |      |
| 4.16 แสดงแปลน และรูปตัดรังสีตรงดวงอาทิตย์ที่ส่งผลกระทบต่อทิศตะวันออกเฉียงใต้<br>และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ.....                                              | 85   |
| 4.17 แสดงแปลน และรูปตัดรังสีตรงดวงอาทิตย์ที่ส่งผลกระทบต่อทิศตะวันออกเฉียงเหนือ<br>และทิศตะวันตกเฉียงใต้.....                                              | 85   |
| 4.18 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ของแสงสว่างในรอบปี(3,007 ชม.) ของความสว่างในแนวนอน(ลักซ์)<br>ภายนอกจากการกระจายรังสีดวงอาทิตย์ .....                               | 89   |
| 4.19 แสดงการเปรียบเทียบแสงสว่างจากธรรมชาติ และแสงสว่างจากสิ่งประดิษฐ์.....                                                                                | 90   |
| 4.20 แสดงการสะท้อนแสง และกระจายแสงจากส่วนต่างๆ ภายในอาคาร ซึ่งเปรียบ<br>เทียบในการใช้สีขาว และสีดำ.....                                                   | 94   |
| 4.21 แสดงผลของช่องเปิดที่ทำมุมเอียง และช่องเปิดที่อยู่ในแนวตั้งที่มีผลต่อแสงสว่าง<br>ภายในอาคาร.....                                                      | 94   |
| 4.22 แสดงตำแหน่งจุดอ้างอิง สำหรับอาคารที่มีหน้าต่าในแนวตั้งบนผนังหนึ่งด้าน.....                                                                           | 96   |
| 4.23 แสดงตำแหน่งจุดอ้างอิงสำหรับอาคารที่มีหน้าต่าในแนวตั้งบนผนังสองด้านตรงข้ามกัน.....                                                                    | 96   |
| 4.24 แสดงปริมาณแสงสว่างที่ต่ำที่สุดที่มีขนาดหน้าต่า 1.00 x1.00 ม. และ 2.00x1.00ม.<br>ในเวลา 9.00 น.-17.00 น. กรณีไม่มีอุปกรณ์บังแดด.....                  | 99   |
| 4.25 แสดงปริมาณแสงสว่างที่ต่ำที่สุดที่มีขนาดหน้าต่า 1.00 x1.00 ม. และ 2.00x1.00ม.<br>ในเวลา 9.00 น.-17.00 น. กรณีมีอุปกรณ์บังแดดแนวนอนยื่นออก 0.50 ม..... | 100  |
| 4.26 แสดงปริมาณแสงสว่างที่ต่ำที่สุดที่มีขนาดหน้าต่า 1.00 x1.00 ม. และ 2.00x1.00ม.<br>ในเวลา 9.00 น.-17.00 น. กรณีมีอุปกรณ์บังแดดแนวนอนยื่นออก 1.00 ม..... | 101  |
| 4.27 แสดงปริมาณแสงสว่างที่ต่ำที่สุดที่มีขนาดหน้าต่า 1.00 x1.00 ม. และ 2.00x1.00ม.<br>ในเวลา 9.00 น.-17.00 น. กรณีมีอุปกรณ์บังแดดแนวนอนยื่นออก 1.50 ม..... | 102  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่                                                                                                                                                     | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 4.28 แสดงปริมาณแสงสว่างที่ต่ำที่สุดที่มีขนาดหน้าต่าง 1.00 x1.00 ม. และ 2.00x1.00ม.<br>ในเวลา 9.00 น.-17.00 น. กรณีมีอุปกรณ์บังแดดแนวนอนยื่นออก 2.00 ม..... | 103  |
| 4.29 แสดงระดับความจ้า(Glare) ที่สายตายอมรับได้ในมุมมองที่แตกต่างกัน.....                                                                                   | 106  |
| 4.30 แสดงแนวทางการออกแบบช่องรับแสงสว่างจากรังสีกระจายดวงอาทิตย์.....                                                                                       | 110  |
| 5.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประจำวัน กับการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์.....                                                                                    | 113  |
| 5.2 แสดงการโคจรของดวงอาทิตย์ที่ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศเหนือ.....                                                                                       | 118  |
| 5.3 แสดงการโคจรของดวงอาทิตย์ที่ทิศตะวันตก และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ.....                                                                                    | 119  |
| 5.4 แสดงการโคจรของดวงอาทิตย์ที่ทิศใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้.....                                                                                           | 120  |
| 5.5 แสดงการโคจรของดวงอาทิตย์ที่ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันออก.....                                                                                     | 121  |
| 5.6 แสดงค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ในทิศเหนือ.....                                                                                                           | 122  |
| 5.7 แสดงค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ในทิศใต้.....                                                                                                             | 123  |
| 5.8 แสดงค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ในทิศตะวันออก.....                                                                                                        | 124  |
| 5.9 แสดงค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ในทิศตะวันตก.....                                                                                                         | 125  |
| 5.10 แสดงค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ.....                                                                                             | 126  |
| 5.11 แสดงค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ในทิศตะวันออกเฉียงใต้.....                                                                                               | 127  |
| 5.12 แสดงค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ.....                                                                                              | 128  |
| 5.13 แสดงค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ในทิศตะวันตกเฉียงใต้.....                                                                                                | 129  |
| 5.14 แสดงผลสรุปค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในทิศต่างๆ.....                                                                                                     | 130  |
| 5.15 แสดงลักษณะการจัดวางอาคาร ที่มีผลต่อการ โคจรดวงอาทิตย์ และกระแสลม.....                                                                                 | 132  |
| 5.16 แสดงการจัดวางห้องที่เหมาะสม กับทิศการ โคจรของดวงอาทิตย์.....                                                                                          | 134  |
| 5.17 แสดงตำแหน่งของโลกที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในรอบปี.....                                                                                       | 135  |
| 5.18 แสดงการเปรียบเทียบทางเดินดวงอาทิตย์ และเงาที่ปรากฏลงบนพื้นราบ.....                                                                                    | 137  |
| 5.19 แสดงตัวอย่างทางเดินดวงอาทิตย์(Solar Chart) .....                                                                                                      | 138  |
| 5.20 แสดงตัวอย่าง มุมของเงาอุปกรณ์บังแดดที่กระทำกับผนัง.....                                                                                               | 139  |
| 5.21 แสดงเครื่องมือตรวจสอบมุมของเงา (Shadow Angle Protract).....                                                                                           | 139  |
| 5.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือตรวจสอบมุมของเงา และจุดเงาที่ปรากฏ.....                                                                              | 140  |
| 5.23 แสดงตัวอย่างสัดส่วนของแผงบังแดด และหน้าต่างของอาคารทาวน์เฮาส์.....                                                                                    | 141  |
| 5.24 แสดงวิธีสร้างจุดที่ปรากฏเงาบนเครื่องมือตรวจสอบมุมของเงาคือต่อแสง.....                                                                                 | 141  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่                                                                                                 | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 5.25 แสดงชนิดอุปกรณ์บังแดดตามระนาบการติดตั้ง.....                                                      | 144  |
| 5.26 แสดงเงาที่ปรากฏบนท้องฟ้า และถ่ายเงาลงบนพื้นที่ราบ.....                                            | 146  |
| 5.27 แสดงมุมอะซิมุท, มุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ และมุมอะซิมุทของผนัง.....                                | 148  |
| 5.28 แสดงลักษณะของมุมเงาในแนวตั้ง( $\theta_1$ ) และมุมเงาในแนวนอน( $\theta_2$ ).....                   | 150  |
| 5.29 แสดงลักษณะตัวแปรการคำนวณหาอุปกรณ์บังแดดแนวนอน และอุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง....                         | 151  |
| 5.30 แสดงการตรวจสอบเงาของอาคาร ที่ตกลงบนพื้นดินทางรูปแปลน และรูปด้าน.....                              | 152  |
| 5.31 แสดงรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่นำมาใช้กัน โดยทั่วไป.....                                            | 159  |
| 5.32 แสดงค่ามุมของดวงอาทิตย์ในทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก.....                                              | 162  |
| 5.33 แสดงค่ามุมของดวงอาทิตย์ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ.....                                               | 163  |
| 5.34 แสดงค่ามุมของดวงอาทิตย์ในทิศใต้.....                                                              | 164  |
| 5.35 แสดงค่ามุมของดวงอาทิตย์ในทิศตะวันตกเฉียงใต้.....                                                  | 165  |
| 5.36 แสดงค่ามุมของดวงอาทิตย์ในทิศเหนือ.....                                                            | 166  |
| 5.37 แสดงค่ามุมของดวงอาทิตย์ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ.....                                                | 167  |
| 5.38 แสดงค่ามุมของดวงอาทิตย์ในทิศตะวันออกเฉียงใต้.....                                                 | 168  |
| 6.1 แสดงความเร็วลมที่ความสูงต่างๆ ที่พัดผ่านย่านเมือง, ชนบท และที่ราบ โลง.....                         | 171  |
| 6.2 แสดงการเคลื่อนไหวของกระแสลมในรูปทรงของอาคารต่างๆ.....                                              | 171  |
| 6.3 แสดงกระแสลมที่พัดผ่านอาคารทางแนวตั้ง และแนวนอน.....                                                | 172  |
| 6.4 แสดงตัวอย่างการหาระยะพื้นที่เขตอับลมของอาคาร.....                                                  | 174  |
| 6.5 แสดงปริมาณกระแสลมต่อทิศทางกระแสลม ที่ทำมุมกับช่องเปิด.....                                         | 175  |
| 6.6 แสดงเปอร์เซ็นต์ความเร็วลมของช่องเปิดด้านเดียวที่มีผลต่อความเร็วลม.....                             | 176  |
| 6.7 แสดงค่าประสิทธิภาพของช่องเปิดแบบต่างๆ.....                                                         | 176  |
| 6.8 แสดงลักษณะกระแสลมที่พัดผ่านตามขนาดของช่องเปิด.....                                                 | 177  |
| 6.9 แสดงกระแสลมที่มีผลต่อการจัดแบ่งผนังกันห้อง.....                                                    | 178  |
| 6.10 แสดงการจัดวางช่องลมเข้า และช่องลมออก.....                                                         | 179  |
| 6.11 แสดงลักษณะของช่องเปิดแบบ Cross Ventilation และแบบ Single Ventilation.....                         | 180  |
| 6.12 แสดงการเปรียบเทียบช่องเปิดแบบ Cross Ventilation กับสัดส่วนช่องเปิดต่อค่าเฉลี่ย<br>ความเร็วลม..... | 180  |
| 6.13 แสดงอุปกรณ์บังแดดที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกระแสลม.....                                             | 181  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่                                                                                           | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 6.14 แสดงระยะห่างของพุ่มไม้ที่มีผลต่อทิศทางของกระแสลม.....                                       | 182  |
| 6.15 แสดงการโคจรของดวงอาทิตย์ ทิศทางกระแสลม แต่ละเดือนในเขต กทม. ....                            | 184  |
| 6.16 แสดงทิศทาง ความเร็ว ความถี่ของกระแสลมในเดือน ม.ค. ถึงมิ.ย. ในเขต กทม. ....                  | 185  |
| 6.17 แสดงทิศทาง ความเร็ว ความถี่ของกระแสลมในเดือน ก.ค. ถึงธ.ค. ในเขต กทม. ....                   | 185  |
| 6.18 แสดงการตรวจสอบอุณหภูมิจาก Bioclimatic Chart ในเขตกทม. ....                                  | 188  |
| 6.19 แสดงค่าความเร็วลม ที่ทำให้เกิดสภาวะน่าสบายในเขต กทม. ....                                   | 189  |
| 7.1 แสดงตัวอย่างการจัดผังบริเวณของหมู่บ้านต่างๆ .....                                            | 192  |
| 7.2 แสดงลักษณะรูปแบบอาคารทาวน์เฮ้าส์ในแบบต่างๆ .....                                             | 193  |
| 7.3 แสดงลักษณะของอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง.....                                                   | 197  |
| 7.4 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดชั้นล่างด้านหน้า ทิศเหนือ –ทิศใต้.....                            | 200  |
| 7.5 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดชั้นล่างด้านหน้า ทิศตะวันออก –ทิศตะวันตก.....                     | 201  |
| 7.6 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดชั้นล่างด้านหน้า ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ<br>ทิศตะวันตกเฉียงใต้..... | 202  |
| 7.7 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดชั้นล่างด้านหน้า ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ<br>ทิศตะวันออกเฉียงใต้..... | 203  |
| 7.8 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดชั้นสองด้านหน้า ทิศเหนือ –ทิศใต้.....                             | 204  |
| 7.9 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดชั้นสองด้านหน้า ทิศตะวันออก –ทิศตะวันตก.....                      | 205  |
| 7.10 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดชั้นสองด้านหน้า ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ<br>ทิศตะวันตกเฉียงใต้..... | 206  |
| 7.11 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดชั้นสองด้านหน้า ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ<br>ทิศตะวันออกเฉียงใต้..... | 207  |
| 7.12 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดชั้นสามด้านหลัง ทิศเหนือ –ทิศใต้.....                            | 208  |
| 7.13 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดชั้นสามด้านหลัง ทิศตะวันออก –ทิศตะวันตก.....                     | 209  |
| 7.14 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดชั้นสามด้านหลัง ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ<br>ทิศตะวันตกเฉียงใต้..... | 210  |
| 7.15 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดชั้นสามด้านหลัง ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ<br>ทิศตะวันออกเฉียงใต้..... | 211  |
| 7.16 แสดงผลสรุปประสิทธิภาพของกรอบอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง.....                                   | 223  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่                                                                                   | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 7.17 แสดงผลสรุปภาระการทำความเย็น(Cooling Load) ของห้องด้านทิศเหนือ.....                  | 227  |
| 7.18 แสดงผลสรุปภาระการทำความเย็น(Cooling Load) ของห้องด้านทิศใต้.....                    | 228  |
| 7.19 แสดงผลสรุปภาระการทำความเย็น(Cooling Load) ของห้องด้านทิศตะวันออก.....               | 229  |
| 7.20 แสดงผลสรุปภาระการทำความเย็น(Cooling Load) ของห้องด้านทิศตะวันตก.....                | 230  |
| 7.21 แสดงผลสรุปภาระการทำความเย็น(Cooling Load) ของห้องด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ.....     | 231  |
| 7.22 แสดงผลสรุปภาระการทำความเย็น(Cooling Load) ของห้องด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ.....      | 232  |
| 7.23 แสดงผลสรุปภาระการทำความเย็น(Cooling Load) ของห้องด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้.....       | 233  |
| 7.24 แสดงผลสรุปภาระการทำความเย็น(Cooling Load) ของห้องด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้.....        | 234  |
| 8.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรม และองค์ประกอบ.....                                    | 238  |
| 8.2 แสดงพฤติกรรม และช่วงเวลาใช้สอย ภายในห้องนอน ที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ.....            | 239  |
| 8.3 แสดงพฤติกรรม และช่วงเวลาใช้สอย ภายในห้องครัว ที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ.....           | 240  |
| 8.4 แสดงพฤติกรรม และช่วงเวลาใช้สอย ภายในห้องอาหาร ที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ.....          | 241  |
| 8.5 แสดงพฤติกรรม และช่วงเวลาใช้สอย ภายในห้องรับแขก-พักผ่อน ที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ..... | 242  |
| 8.6 แสดงพฤติกรรม และช่วงเวลาใช้สอย ภายในห้องน้ำ-ส้วม ที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ.....       | 243  |
| 8.7 แสดงแนวทางการวางอาคารที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร.....               | 244  |
| 8.8 แสดงแนวทางการสร้างสภาพแวดล้อมอาคารให้เย็น โดยการจัดภูมิสถาปัตยกรรม.....              | 245  |
| 8.9 แสดงแนวทางช่องเปิดที่มีช่องลมเข้า-ออก ภายในแต่ละห้อง.....                            | 245  |
| 8.10 แสดงแนวทางการออกแบบการระบายความร้อนออกจากอาคารทาวน์เฮ้าส์.....                      | 246  |
| 8.11 แสดงแนวทางการป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ โดยการออกแบบอุปกรณ์บังแดด.....            | 246  |
| 8.12 แสดงแนวทางการใช้ประโยชน์จากแสงสว่างธรรมชาติ.....                                    | 247  |
| 8.13 แสดงแนวทางการใช้วัสดุหลังคาอาคารทาวน์เฮ้าส์ในการป้องกันความร้อน.....                | 247  |
| 8.14 แสดงแนวทางการใช้วัสดุผนังอาคารทาวน์เฮ้าส์ ในการป้องกันความร้อน.....                 | 248  |
| 8.15 แสดงแนวทางการใช้เครื่องกลช่วยในการปรับสภาพทางอุณหภูมิ และแสงสว่าง.....              | 248  |
| 8.16 แสดงแนวทางการเลือกวัสดุประกอบอาคารทาวน์เฮ้าส์ให้เหมาะสมกับทิศ.....                  | 250  |
| 8.17 แสดงแบบแปลนของอาคารทาวน์เฮ้าส์ ที่ผู้วิจัยเสนอแนะ.....                              | 251  |
| 8.18 แสดงแบบรูปด้านของอาคารทาวน์เฮ้าส์ ที่ผู้วิจัยเสนอแนะ.....                           | 252  |
| 8.19 แสดงแบบรูปตัดของอาคารทาวน์เฮ้าส์ ที่ผู้วิจัยเสนอแนะ.....                            | 253  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่                                                                                                                                           | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 8.20 แสดงทัศนียภาพของอาคารทาวน์เฮาส์ ที่ผู้วิจัยเสนอแนะ.....                                                                                     | 254  |
| 8.21 แสดงลักษณะของอุปกรณ์บังแดดในทิศต่างๆ ที่ผู้วิจัยเสนอแนะ.....                                                                                | 255  |
| 8.22 แสดงรายละเอียดส่วนประกอบอุปกรณ์บังแดดที่ผู้วิจัยเสนอแนะ.....                                                                                | 256  |
| 8.23 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ผู้วิจัยเสนอแนะทางทิศเหนือ.....                                                                               | 257  |
| 8.24 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ผู้วิจัยเสนอแนะทางทิศใต้.....                                                                                 | 258  |
| 8.25 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ผู้วิจัยเสนอแนะทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ.....                                                                  | 259  |
| 8.26 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ผู้วิจัยเสนอแนะทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ.....                                                                   | 260  |
| 8.27 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ผู้วิจัยเสนอแนะทางทิศตะวันออกเฉียงใต้.....                                                                    | 261  |
| 8.28 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ผู้วิจัยเสนอแนะทางทิศตะวันตกเฉียงใต้.....                                                                     | 262  |
| 8.29 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกรอบอาคารทาวน์เฮาส์ตัวอย่าง และอาคาร<br>ทาวน์เฮาส์เสนอแนะ.....                                              | 270  |
| 8.30 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารทาวน์เฮาส์ตัวอย่าง<br>และอาคารทาวน์เฮาส์เสนอแนะของห้องนอน1 ทิศเหนือ.....              | 272  |
| 8.31 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารทาวน์เฮาส์ตัวอย่าง<br>และอาคารทาวน์เฮาส์เสนอแนะของห้องนอน1 ทิศใต้.....                | 273  |
| 8.32 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารทาวน์เฮาส์ตัวอย่าง<br>และอาคารทาวน์เฮาส์เสนอแนะของห้องนอน1 ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ..... | 274  |
| 8.33 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารทาวน์เฮาส์ตัวอย่าง<br>และอาคารทาวน์เฮาส์เสนอแนะของห้องนอน1 ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ.....  | 275  |
| 8.34 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารทาวน์เฮาส์ตัวอย่าง<br>และอาคารทาวน์เฮาส์เสนอแนะของห้องนอน1 ทิศตะวันออกเฉียงใต้.....   | 276  |
| 8.35 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารทาวน์เฮาส์ตัวอย่าง<br>และอาคารทาวน์เฮาส์เสนอแนะของห้องนอน1 ทิศตะวันตกเฉียงใต้.....    | 277  |
| 8.36 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น(Cooling Load) ค่อตารางเมตร ของอาคาร<br>ทาวน์เฮาส์ตัวอย่าง และอาคารทาวน์เฮาส์เสนอแนะ.....                | 278  |
| ข.1 แสดงความลึกของห้อง ความสูงของหน้าต่างและมุมบังแสง.....                                                                                       | 314  |
| ข.2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความกว้างของหน้าต่าง.....                                                                                                  | 314  |
| ข.3 แสดงความส่องสว่าง และความสว่างของท้องฟ้า.....                                                                                                | 317  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่                                                                                                        | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ข.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างในแนวราบกลางแจ้ง กับละติจูดและ<br>ช่วงเวลาใช้งาน.....                     | 319  |
| ข.5 แสดงมุมบังแสงบนหน้าต่าง.....                                                                              | 323  |
| ข.6 แสดงลักษณะของกันสาดหรือบานเกล็ด.....                                                                      | 324  |
| ข.7 แสดงค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติต่ำสุด(MDF)สำหรับอาคารที่มีหน้าต่างในแนวตั้ง<br>บนผนังหนึ่งด้าน.....          | 325  |
| ข.8 แสดงค่าองค์ประกอบแก้ไข(CF( ))เนื่องจากมุมบังแสง สำหรับอาคารที่มีหน้าต่าง<br>ในแนวตั้งบนผนังหนึ่งด้าน..... | 326  |





# บทที่ 1

## บทนำ

จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 5 ได้กล่าวถึงการลดอัตราการใช้พลังงานในประเทศ โดยส่วนรวมและมุ่งเน้นในสาขาอุตสาหกรรม ต่อมาในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 6 ได้ขยายขอบเขตการดำเนินการประหยัดพลังงานในสาขาอาคารพาณิชย์ และอาคารพักอาศัยโดยมีมาตรการส่งเสริมมาตรการจูงใจ และมาตรการการกำกับดูแล ในส่วนของมาตรการกำกับดูแลออกมาในรูปของพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำหรับแผนพัฒนาเศรษฐกิจฉบับที่ 7 และฉบับที่ 8 มุ่งเน้น การจัดหาพลังงานให้เพียงพอับความต้องการ และเร่งรัดให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด ประเทศไทยต้องสูญเสียเงินตราในการนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงจากต่างประเทศเข้ามาใช้ปีละหลายหมื่นล้านบาท สัดส่วนความต้องการ การใช้พลังงานรวมของประเทศเมื่อแยกออกเป็นภาคต่างๆ คือ ภาคเกษตรกรรม ภาคคมนาคมขนส่ง ภาคอุตสาหกรรม และภาคพาณิชย์กรรมกับภาคพักอาศัยนั้น ในภาคพาณิชย์กรรม และภาคพักอาศัยมีสัดส่วนการใช้พลังงานรวมประมาณ หนึ่งในสี่ของการใช้พลังงานรวมทั้งประเทศ จะเห็นได้ว่า สถาปนิกมีบทบาทรับผิดชอบโดยตรงต่อความต้องการ การใช้พลังงานของประเทศในสัดส่วนค่อนข้างสูง

ประเทศไทยได้มีการเปลี่ยนแปลงจากประเทศเกษตรกรรมสู่ประเทศอุตสาหกรรมการพัฒนาอุตสาหกรรม อาคาร บ้านเมือง และที่อยู่อาศัยก็จะมีเพิ่มสูงขึ้น ก็ส่งผลกระทบต่อปริมาณความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นทุกปี สถาปนิกที่ออกแบบอาคารก็มีส่วนกระตุ้นให้ปริมาณความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าของประเทศชาติสูงขึ้น รัฐบาลจึงจำเป็นต้องหามาตรการต่างๆ เพื่อลดปริมาณความต้องการ การใช้กระแสไฟฟ้าและจัดหาแหล่งพลังงานใหม่มารองรับ

### 1.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

ช่วงปี พ.ศ.2539-2538 จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตพื้นที่บริการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 8 ต่อปี มากกว่าของการไฟฟ้าส่วนนครหลวงที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 7 ต่อปี อย่างไรก็ตาม เนื่องจากประเภทบ้านอยู่อาศัยมีสัดส่วนของผู้ใช้ไฟฟ้าสูงสุดจึง คาดว่าในช่วงปี 2539-2549<sup>1</sup> กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ ซึ่งเป็นศูนย์กลางความเจริญของเศรษฐกิจไทย และอยู่ในเขตระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าส่วนนครหลวง จะมีประชากรอพยพเข้ามาศึกษาหางานทำเพิ่มขึ้นในทุกๆปีจึงให้มีการก่อสร้างที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อปี น้อยกว่าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

<sup>1</sup> ศูนย์วิจัยไทยพาณิชย์. “แนวโน้มธุรกิจ พลังงาน พ.ศ.2539.” (กรุงเทพฯ : บริษัทไทยพาณิชย์ จำกัด.

๒๕39) หน้า B-11.ไว้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.1 แสดงจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้า และหน่วยจำหน่ายแยกตามประเภท พ.ศ.2534-2538

| รายการ                              | งบ<br>ประมาณ |           |           |           |           |
|-------------------------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                     | 2534         | 2535      | 2536      | 2357      | 2538      |
| จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าสิ้นปีงบประมาณ      | รวม          |           |           |           |           |
|                                     | 1,377,006    | 1,496,968 | 1,604,034 | 1,699,616 | 1,818,808 |
| บ้านอยู่อาศัย                       | 1,100,978    | 1,200,136 | 1,286,917 | 1,362,625 | 1,457,385 |
| กิจการขนาดเล็ก                      | 249,234      | 269,097   | 286,889   | 305,216   | 328,377   |
| กิจการขนาดกลาง                      | 13,704       | 14,648    | 15,837    | 17,022    | 17,983    |
| กิจการขนาดใหญ่                      | 159          | 194       | 235       | 278       | 309       |
| กิจการเฉพาะอย่าง                    | 591          | 898       | 1,004     | 1,088     | 1,236     |
| ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร | 8,040        | 7,452     | 8,265     | 8,405     | 8,580     |
| ไฟสาธารณะและไฟถนน                   | 4,300        | 4,543     | 4,887     | 4,982     | 4,938     |
| หน่วยจำหน่าย                        | ล้านหน่วย    |           |           |           |           |
|                                     | 19,851.26    | 21,967.62 | 23,849.41 | 26,369.83 | 29,224.92 |
| บ้านอยู่อาศัย                       | 3,809.63     | 4,212.38  | 4,534.36  | 5,059.27  | 5,594.19  |
| กิจการขนาดเล็ก                      | 2,731.73     | 2,948.45  | 3,257.30  | 3,654.90  | 4,073.13  |
| กิจการขนาดกลาง                      | 7,525.00     | 8,537.84  | 8,729.46  | 9,466.61  | 10,294.57 |
| กิจการขนาดใหญ่                      | 4,146.93     | 4,532.37  | 5,277.88  | 5,970.20  | 6,791.52  |
| กิจการเฉพาะอย่าง                    | 647.16       | 692.14    | 934.47    | 1,027.85  | 1,173.30  |
| ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร | 873.32       | 945.86    | 1,009.41  | 1,075.90  | 1,178.91  |
| ไฟสาธารณะและไฟถนน                   | 90.49        | 98.58     | 106.53    | 115.08    | 119.30    |

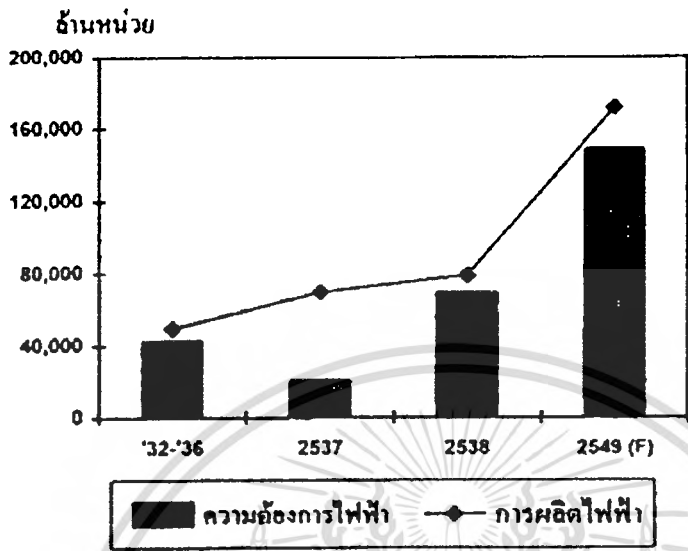
ที่มา : รายงานประจำปี พ.ศ.2538 ,การไฟฟ้านครหลวง

ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยของการไฟฟ้าส่วนนครหลวง จะยังเพิ่มสูงขึ้นตามความเป็นศูนย์กลางความเจริญทางเศรษฐกิจของไทย ในจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทการไฟฟ้าส่วนนครหลวง ในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมา พ.ศ.2529-2538 พบว่า ผู้ใช้ ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในเขตพื้นที่บริการของการไฟฟ้าส่วนนครหลวง มีจำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าในช่วงดังกล่าวเพิ่มขึ้นจาก 792,301 ราย

คิดเป็นร้อยละ 79.3 ของประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตพื้นที่บริการของการไฟฟ้าส่วนนครหลวง ในปี พ.ศ.2529 เป็น 1,457,385 ราย คิดเป็นร้อยละ 80.1 ในปี พ.ศ.2538 และคาดว่าในปี พ.ศ.2549<sup>2</sup>

<sup>2</sup> ศูนย์วิจัยไทยพาณิชย์. “แนวโน้มธุรกิจ พลังงาน พ.ศ.2539.” ( กรุงเทพฯ : บริษัทไทยพาณิชย์ จำกัด, 2539) หน้า B-11.กรณีที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ที่ 2,452,415 ราย คิดเป็นร้อยละ 81 ของประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าในเขตพื้นที่บริการของการไฟฟ้าส่วนนครหลวง เนื่องจากสาเหตุ 2 ประการคือ



ภาพที่ 1.1 แสดงความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้า และการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย

ตารางที่ 1.2 จำนวนผู้ใช้ไฟฟ้าเขตพื้นที่บริการของไฟฟ้านครหลวงในจังหวัด กรุงเทพมหานคร นนทบุรี สมุทรปราการ<sup>3</sup>

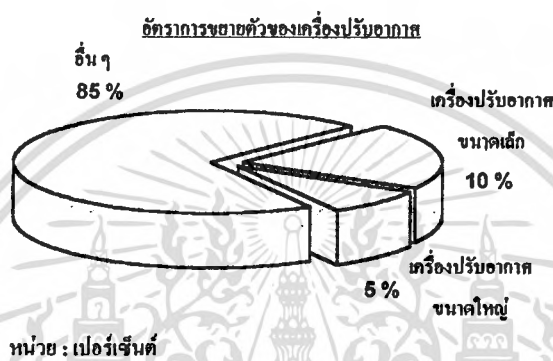
| การไฟฟ้าส่วนนครหลวง |               |                  |        |           |
|---------------------|---------------|------------------|--------|-----------|
| พ.ศ.                | บ้านอยู่อาศัย | ธุรกิจอุตสาหกรรม | อื่น ๆ | รวม       |
| 2529                | 792,301       | 197,994          | 9,408  | 999,709   |
| 2538                | 1,457,385     | 347,905          | 13,518 | 1,818,808 |
| 2549(F)             | 2,452,415     | 553,931          | 22,217 | 3,028,563 |

- ก. การอพยพย้ายถิ่นของคนไทยในชนบทเข้ามาศึกษา และหางานทำในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลทำให้การก่อสร้างที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการที่เพิ่มขึ้น
- ข. ปัจจัยเอื้ออำนวยต่อการประกอบธุรกิจและการลงทุนในภาคอุตสาหกรรมในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลลดลงเช่น ที่ดินมีราคาสูง แรงงานในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีอัตราค่าจ้างสูงกว่า เมื่อเทียบกับค่าแรงงานในส่วนภูมิภาค และปัญหาจราจร เป็นต้น

<sup>3</sup> ศูนย์วิจัยไทยพานิชย์. “แนวโน้มธุรกิจ พลังงาน พ.ศ.2539.” ( กรุงเทพฯ : บริษัทไทยพานิชย์ จำกัด, ๒๕39) หน้า B-11.ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย(กฟผ.) ระบุการเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าในช่วงปี พ.ศ.2537-2544 ในอัตรา 14 เปอร์เซ็นต์ต่อปีคิดเป็น 43,918 เมกะวัตต์ ซึ่งปัจจุบันมีการใช้เครื่องปรับอากาศประมาณ 400,000 เครื่อง หากเครื่องปรับอากาศหนึ่งเครื่องใช้ไฟฟ้า 1,500 วัตต์ หรือคือเป็นความต้องการใช้ไฟฟ้าถึง 600 เมกะวัตต์ ซึ่งตลาดเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กมีอัตราการเติบโตของตลาดรวมประมาณ 10 % ซึ่งในตลาดรวมของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่มีอัตราการเติบโตประมาณ 5 % ดังนั้นจึงต้องมีการวางแผนการใช้

พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ดัง ภาพที่ 1.2



ที่มา : การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พ.ศ.2539

ภาพที่ 1.2 แสดงอัตราการเติบโตการใช้เครื่องปรับอากาศ

จาก ภาพที่ 1.2 อัตราการเติบโตของเครื่องปรับอากาศในประเทศไทยขยายตัวสูงถึง 15 % ต่อปี โดยใน พ.ศ.2537 มีจำนวนเครื่องปรับอากาศ 400,000 เครื่องและคาดว่าในปีพ.ศ.2539-2541 จะมีเครื่องปรับอากาศ รวมทั้งสิ้นประมาณ 2,280,000 เครื่อง

### การใช้ไฟฟ้าในอาคารพักอาศัย

การใช้ไฟฟ้าในอาคารส่วนนครหลวง ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ มีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าในสัดส่วนที่มากกว่าส่วนภูมิภาคในจังหวัดต่างๆ

กรณีที่อยู่อาศัยสมัยใหม่มักมีการปรับอากาศในบางบริเวณ เช่นห้องนอน และห้องนั่งเล่น แต่มักใช้เครื่องปรับอากาศเฉพาะช่วงหลังเลิกงาน และช่วงกลางคืนสัดส่วนและปริมาณการใช้ไฟฟ้าในบ้านอยู่อาศัยทั่วไปดังในตารางที่ 1.3

จากตารางที่ 1.3 การปรับอากาศใช้ไฟฟ้าในสัดส่วนที่สูงมากถึง 71.9% ตู้เย็นและไฟฟ้าแสงสว่างใช้ไฟฟ้าเป็นอันดับรองลงมา การใช้ไฟฟ้าสำหรับบ้านขนาดกลางนี้คิดเป็นเดือนละ 845 กิโลวัตต์-ชม. (หน่วย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.3 แสดงสัดส่วนเปอร์เซ็นต์การใช้เครื่องปรับอากาศในอาคารที่อยู่อาศัย<sup>4</sup>

| อุปกรณ์ / ลักษณะการใช้                                                                                   | ขนาด<br>(กิโลวัตต์) | จำนวน ช.ม.<br>ต่อวัน | กิโลวัตต์<br>ช.ม.<br>ต่อวัน | %    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|------|
| เครื่องปรับอากาศ<br>ห้องนั่งเล่นและห้องนอนเฉลี่ยกัน<br>คอมเพรสเซอร์เดินตามภาระที่ 3 ใน<br>4 ของขนาดพิกัด | 2.25                | 12                   | 20.25                       | 71.9 |
| ตู้เย็น<br>เดิน 75 % ของเวลา                                                                             | 0.30                | 24                   | 5.4                         | 19.2 |
| แสงสว่าง<br>ฟลูออเรสเซนต์ 6 ดวง เปิด เพื่อ<br>ความปลอดภัย 2 ดวง (ตลอดคืน)                                | 6 x 0.05            | 4-8                  | 2.0                         | 7.1  |
| โทรทัศน์                                                                                                 | 0.067               | 3                    | 0.2                         | 0.7  |
| หม้อหุงข้าวไฟฟ้า                                                                                         | 0.60                | 0.25                 | 0.18                        | 0.6  |
| เครื่องซักผ้า                                                                                            | 0.36                | 0.5                  | 0.18                        | 0.5  |
| รวม                                                                                                      |                     |                      | 28.15                       | 100  |

1.2 การเพิ่มประชากรและที่อยู่อาศัย

เมื่อมีประชากรมากขึ้น ความต้องการที่อยู่อาศัยก็มากขึ้น ดังนั้นการวางแผนเพื่อผลิตที่อยู่อาศัยให้พอเพียงกับความต้องการจึงต้องอาศัยข้อมูลประชากร กองวางแผนทรัพยากรมนุษย์ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ พยากรณ์ว่าในอนาคตปี พ.ศ.2563 ประเทศไทยจะมีประชากรประมาณ 70.5 ล้านคน เริ่มต้นปี พ.ศ.2540 ซึ่งเป็นระยะเวลาที่มีประชากร 60.6 ล้านคน

จากตารางที่ 1.4 แสดงการสรุปการประมาณจำนวนครัวเรือนของประเทศไทย ในช่วงปี พ.ศ.2533-2558 ภายในช่วงเวลา 25 ปี จะพบว่าจำนวนครัวเรือนเพิ่มจาก 12,241,000 ครัวเรือน เป็น 21,111,000 ครัวเรือนในขณะที่จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นจาก 53,376,000 คนในปี พ.ศ.2533 เป็น 71,869,000 คน ในปีพ.ศ.2558 เนื่องจากจำนวนครัวเรือนมีอัตราการเจริญเติบโตเร็วกว่าจำนวนประชากร ทำให้ค่าเฉลี่ยขนาดครัวเรือนที่ประมาณได้ลดลงจาก 4.36 เป็น 3.40 คนต่อครัวเรือน

<sup>4</sup> สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์ . “การถ่ายเทความร้อนและการส่งผ่านกระจกในภูมิอากาศของไทย.”  
( กรุงเทพฯ : แผนกวิศวกรรมพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย, 2535 ) หน้า 4.ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.4 แสดงจำแนกครัวเรือนและจำนวนประชากรจากการประมาณ พ.ศ.2533-2558

| รายงาน                      | พ.ศ.   |        |        |        |        |        |
|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                             | 2533   | 2538   | 2543   | 2548   | 2553   | 2558   |
| ครัวเรือน (1,000 ครัวเรือน) | 12,241 | 13,220 | 15,232 | 17,266 | 19,256 | 21,111 |
| ประชากร (1,000 คน)          | 53,376 | 59,264 | 63,106 | 66,586 | 69,527 | 71,869 |
| ครัวเรือนเฉลี่ย             | 4.36   | 4.48   | 4.14   | 3.86   | 3.61   | 3.40   |
| การเปลี่ยนแปลงจำนวน         |        |        |        |        |        |        |
| ครัวเรือนรายปี              | -      | 196    | 402    | -407   | 398    | 371    |

ที่มา : สำนักงานสถิติแห่งชาติ, รายงาน การคาดประมาณจำนวนและ โครงสร้างของครัวเรือนของประเทศไทย พ.ศ.2533-2558

1.3 ปริมาณพลังงานความร้อนที่เข้าสู่อาคารที่พักอาศัย

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศมีผลจากอิทธิพลของดวงอาทิตย์เป็นส่วนใหญ่ รังสีดวงอาทิตย์ส่องมายังโลก ทำให้เกิดความร้อน การหมุนรอบตัวของโลกทำให้แต่ละจุดบนผิวโลกได้รับแสง และไม่ได้รับแสงจากดวงอาทิตย์สลับกันไปทำให้เกิดเวลากลางวัน กลางคืนขึ้น โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรีโดยใช้เวลา 365 วันกับอีก 6 ชั่วโมงต่อ 1 รอบ วงโคจรที่เป็นวงรีทำให้โลกอยู่ใกล้ และห่างดวงอาทิตย์แตกต่างกันไปในแต่ละช่วงของปี ทำให้เกิดฤดูขึ้นบนโลก การหมุนรอบตัวเองของโลก ประกอบการหมุนรอบดวงจันทร์ของโลกทำให้เกิดปรากฏการณ์ทำให้เกิดน้ำขึ้นน้ำลง การพัดของลม มรสุมในช่วงฤดูต่างๆของปีก็เกิดจากการเคลื่อนที่ของโลกสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์เช่นกัน ดังนั้นเมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นว่าปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนโลกนั้นล้วนเกิดจากอิทธิพลของดวงอาทิตย์เสียเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งตัวการทำให้เกิดมีทั้งอยู่ในรูปของแรงดึงดูด และพลังงานของดวงอาทิตย์

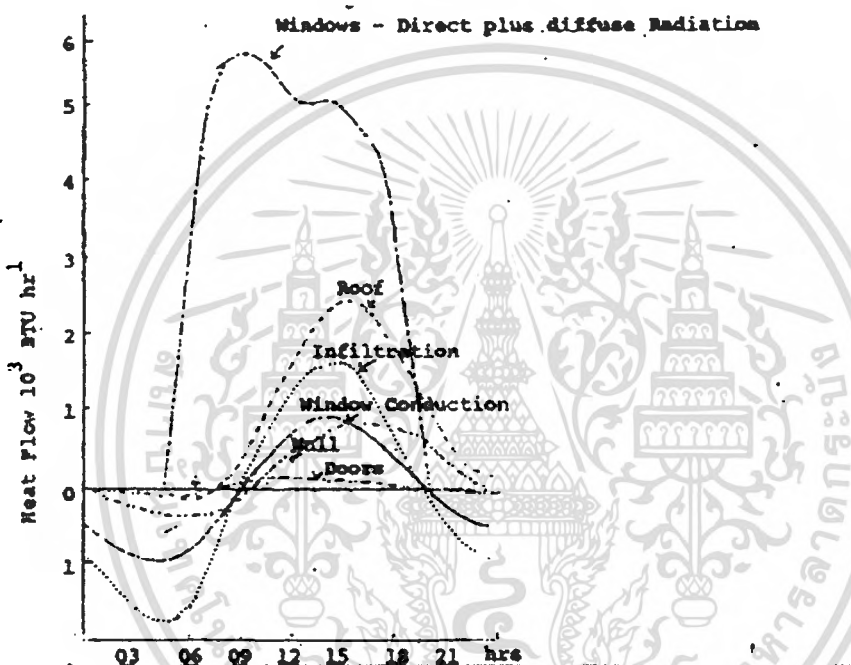
รังสีดวงอาทิตย์ผ่านชั้นของบรรยากาศลงมานั้น นอกจากจะถูกกลืนด้วยโมเลกุลของสารต่างๆ แล้วรังสีดวงอาทิตย์ยังเกิดการสะท้อน เมื่อกระทบกับ โมเลกุลต่างๆ ทำให้ลำแสงที่ส่องลงบนผิวโลกนั้นมีทั้งชนิดที่ส่องมาโดยตรง (เรียกว่ารังสีตรง) และส่วนที่สะท้อนมาจากวัตถุอื่นๆ อีกที่หนึ่ง (เรียกว่ารังสีกระจาย) ค่ารังสีที่ผิวของโลกจะมีค่าเท่ากับรังสีรวมซึ่งเป็นค่ารังสีตรงกับรังสีกระจายรวมกัน ความเข้มของรังสีตรงและรังสีกระจายซึ่งประกอบกันเป็นรังสีรวมนั้น จะแตกต่างกันไปตามสภาพของท้องฟ้าในแต่ละวัน ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสจะมีรังสีตรงประมาณ 90% ( 1,000 W/m<sup>2</sup>) ส่วนในวันที่มีเมฆมากจะมีรังสีกระจายประมาณ 90 % (400 W/m<sup>2</sup>) และมีรังสีตรงเพียง 10 % ( 45 W/m<sup>2</sup>)<sup>5</sup>

<sup>5</sup> อภิชาติ เทอด โยธิน. “อิทธิพลของรังสีดวงอาทิตย์และภูมิอากาศไทย.” ( กรุงเทพฯ : เอกสารประกอบ . มาตรฐาน การออกแบบอาคารที่ประหยัดพลังงาน สำนักงานส่งเสริมและอนุรักษ์พลังงาน, 2530 )  
หน้า 10 ในเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของแสงจากดวงอาทิตย์ทำให้เกิดพลังงานความร้อนกับตัวอาคาร ซึ่งพอจะแยกที่มาของความร้อนที่มีผลต่ออาคารได้ดังนี้

1. ความร้อนที่ได้รับจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงที่ส่องมากระทบอาคารโดยตรง
2. ความร้อนที่ได้จากสิ่งแวดล้อม ซึ่งถูกรังสีดวงอาทิตย์กระทำ มีผลทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นทำให้เกิดการสะท้อน และคายความร้อนเข้าสู่อาคาร

ในการศึกษาการประหยัดพลังงานในอาคารนั้น ปกติเราพบว่าการป้องกันความร้อนปริมาณสูงเข้ามาตามส่วนต่างของอาคารเป็นสิ่งที่สำคัญ ดัง ภาพที่ 1.3



ภาพที่ 1.3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณของความร้อนที่ผ่านเข้าไปในอาคารพักอาศัยโดยทางต่าง<sup>6</sup>

จาก ภาพที่ 1.3 แสดงปริมาณความร้อนที่มากที่สุดจะผ่านเข้ามาโดยทางช่องเปิดในรูปของการแผ่รังสีโดยตรงเป็นแสงกระทบและรังสีกระจายจากการสะท้อนของเมฆและฝุ่น โดยปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาเป็น 2 เท่าของปริมาณความร้อนทางหลังคา ดังนั้นอุปกรณ์บังแดดจึงมีความสำคัญต่อการป้องกันความร้อน ปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางหลังคามีปริมาณมากเป็นอันดับรอง เนื่องจากปริมาณความร้อนที่ผ่านทางช่องเปิด ปริมาณความร้อนสามารถเข้ามาในอาคารได้ดีและเร็วกว่าทางหลังคา ปริมาณความร้อนทางหลังคาสามารถป้องกันสะดวกกว่าทางช่องเปิดที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง

<sup>6</sup> สมสิทธิ์ นิตยะ. “การประหยัดพลังงานในอาคารและเมือง.” ( กรุงเทพฯ : การประชุมวิชาการในงานเอกสารปกิณก สมามคมสถาปนิกสยาม, 2529 ) หน้า 17.เรศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาความสำคัญของปัญหาจะเห็นได้ว่าการใช้พลังงานไฟฟ้ามีอัตราการขยายตัวที่สูงและส่งผลต่อการผลิตที่ต้องใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด การใช้พลังงานในอาคารพักอาศัยมีจำนวนผู้ใช้งานที่สุด มีอัตราการขยายตัวสูง และมีจำนวนปริมาณการใช้ที่มาก ในกรุงเทพมหานครมีปริมาณการใช้พลังงานและการเพิ่มประชากรที่สูง ซึ่งส่งผลทำให้อาคารที่พักอาศัยมีการขยายตัว

สูงในเขตชานเมือง ซึ่งอาคาร “ทาวน์เฮ้าส์” เพื่อการอยู่อาศัยมีอัตราการขยายตัวของพื้นที่จัดสรรปริมาณมาก ซึ่งมีการจัดผังอาคารเป็นแถวๆ เพื่อใช้ประโยชน์จากที่ดินให้มีประสิทธิภาพ จึงมีข้อจำกัดในการเลือกที่ตั้งอาคารที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศได้ทุกอาคาร เนื่องจากขนาดสัดส่วนของพื้นที่ เส้นทางสัญจร ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ฯลฯ จึงทำให้อาคารได้รับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ทำให้สูญเสียพลังงานในอาคาร อาคารทาวน์เฮ้าส์มีหน้าต่าง ช่องเปิดใช้ในการรับแสงสว่างจากธรรมชาติ ระบายอากาศ ใช้เปิด-ปิดเพื่อมองทัศนียภาพ ใช้เชื่อมพื้นที่ระหว่างภายในและภายนอก และอื่นๆ ซึ่งมีปริมาณที่จำกัด จึงจำเป็นต้องออกแบบหน้าต่าง ช่องเปิดให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งหน้าต่างเป็นส่วนหนึ่งของอาคารที่ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์มาก มีผลทำให้มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในอาคารในการทำความเย็นให้ผู้อยู่อาศัยอยู่ในสภาวะสบายทางอุณหภูมิ

ผู้วิจัยจึงศึกษา “รังสีดวงอาทิตย์ที่มีผลกระทบต่อกรอบอาคารทาวน์เฮ้าส์ เพื่อการประหยัดพลังงาน ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร”

#### 1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เนื่องจากอาคารประเภท “ทาวน์เฮ้าส์” มีการขยายตัวสูงมากขึ้นในสภาพสังคมเมืองในกทม.และปริมณฑล ซึ่งการออกแบบวางผัง “ทาวน์เฮ้าส์” จึงมีข้อจำกัดในเรื่องการเลือกที่ตั้งอาคาร เพื่อวางอาคารให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศได้ทุกอาคาร เนื่องจากขนาดสัดส่วนของพื้นที่ ทิศทางของดวงอาทิตย์ เส้นทางสัญจร ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ฯลฯ

ในงานวิจัยเรื่องนี้มุ่งที่จะวิเคราะห์ ปริมาณความร้อนจากการรังสีดวงอาทิตย์ในทิศทางต่างๆ ในจังหวัด กทม. เพื่อหาแนวทางการป้องกันความร้อน การศึกษาการวิเคราะห์หน้าต่างและอุปกรณ์บังแดดสำหรับอาคาร “ทาวน์เฮ้าส์” ที่เหมาะสมกับทิศทางในการวางอาคาร 8 ทิศดังนี้

- |                         |                          |                        |
|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| 1. ทิศเหนือ             | 2. ทิศใต้                | 3. ทิศตะวันออก         |
| 4. ทิศตะวันตก           | 5. ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ | 6. ทิศตะวันออกเฉียงใต้ |
| 7. ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ | 8. ทิศตะวันตกเฉียงใต้    |                        |

โดยมีรายละเอียดของวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อศึกษาสภาพภูมิอากาศในจังหวัดกรุงเทพมหานคร ที่มีผลต่อความสบายทางด้านอุณหภูมิ
  2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งผลกับอาคารด้านต่างๆ
  3. เพื่อศึกษาการโคจรของดวงอาทิตย์ เพื่อหาค่ามุมของดวงอาทิตย์ที่มีผลต่ออาคาร ในการป้องกันความร้อนของหน้าต่าง และช่องเปิดในเวลา และเดือนที่เหมาะสม
- นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4. เพื่อศึกษาทำการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวม วัสดุประกอบหน้าต่างการเจาะช่องเปิดต่อผลการถ่ายเทความร้อนในทิศต่างๆดังที่กล่าวมา

5. เพื่อศึกษาปรับปรุงประสิทธิภาพความสัมพันธ์ระหว่าง หน้าต่างและอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมในทิศทางต่างๆ เพื่อลดค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

6. เพื่อศึกษาแนวทางการนำข้อมูลจากที่ศึกษาข้างต้นมาวิเคราะห์ออกแบบอาคาร “ทาวน์เฮ้าส์” เพื่อการป้องกันความร้อน หาแนวทางการเสริมสร้างความสบายในการอยู่อาศัย

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ในส่วนของเนื้อหาในการวิจัยนี้ มุ่งที่จะแก้ปัญหาเรื่องความร้อนเข้าสู่อาคารทางหน้าต่าง, ช่องเปิด ซึ่งจะศึกษากับหน่วยอาคารที่อยู่ ณ ตำแหน่งดังต่อไปนี้ของแถวที่ตั้งอาคาร

ก. หน่วยที่อยู่ช่วงกลางของแถว

ข. หน่วยที่อยู่ช่วงซ้ายของแถว

ค. หน่วยที่อยู่ช่วงขวาของแถว

โดยมีรายละเอียดของขอบเขตดังนี้

1. นำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศจากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา ศึกษาอุณหภูมิ เพื่อหาค่าสบายทางด้านอุณหภูมิของจังหวัดกรุงเทพมหานคร ในช่วง 1 ชั่วโมง และเดือนต่างๆ

2. นำเสนอข้อมูลปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งผลกระทบต่อผนังอาคารด้านต่างๆ โดยนำข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ย เปรียบเทียบหาค่ารังสีดวงอาทิตย์ในเวลา เดือน ที่มีผลต่ออาคารในทิศทางต่างๆต่อพื้นที่

3. นำเสนอการตรวจสอบค่าการถ่ายเทความร้อนในส่วนหน้าต่าง, ช่องเปิดและทิศการตั้งอาคารในทิศต่างๆ เปรียบเทียบปริมาณค่าการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่ (ซึ่งจะเปรียบเทียบในกรณีติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ซึ่งเป็นระบบที่มีตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูง ในส่วนของกระจกประกอบหน้าต่างจะวิเคราะห์เฉพาะกระจกใส ซึ่งนิยมใช้ในอาคารพักอาศัยทั่วไป มีค่าการถ่ายเทความร้อนสูง และราคาสูงกว่ากระจกชนิดอื่น)

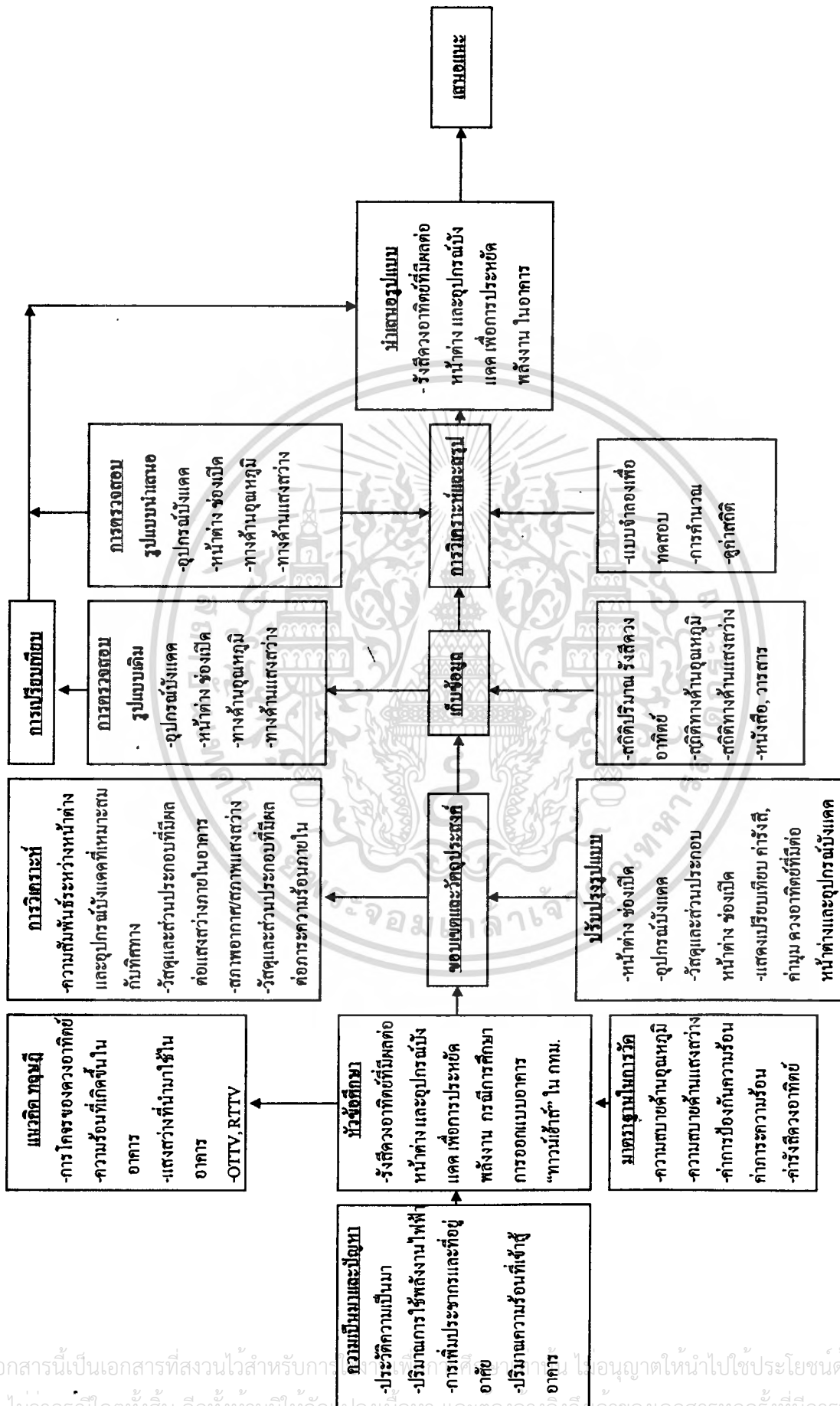
4. นำเสนอการคำนวณการตรวจสอบการโคจรของดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อ หน้าต่าง, ช่องเปิดในเวลา เดือน ที่เหมาะสมในการป้องกันความร้อน

5. นำเสนอการออกแบบ และเปรียบเทียบผลจาก “อาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง” และ “ทาวเฮ้าส์ที่นำ

เสนอ” ในเรื่องการป้องกันความร้อนจากดวงอาทิตย์ในด้านต่างๆ, ค่าการถ่ายเทความร้อน และความสบายทางด้านอุณหภูมิ

6. นำเสนอการป้องกันความร้อนของหน้าต่าง, ช่องเปิด ด้วยอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมกับทิศทาง การวางอาคาร, แสงสว่างที่เหมาะสม และปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ควรป้องกัน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### ภาพที่ 1.4 แสดงแผนการดำเนินการวิจัย

## 1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

1. จะให้เห็นค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งผลต่ออาคารใน เวลา และเดือน ต่อการวางอาคารใน ทิศต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบอาคาร
2. จะให้เห็นค่ามุมของดวงอาทิตย์ที่มากกระทำกับอาคารในทิศทางต่างๆใน เวลาและเดือน ที่ เหมาะสม ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการออกแบบหน้าต่าง ช่องเปิด และอุปกรณ์บังแดดในด้านต่างๆ ของ อาคาร
3. จะให้เห็นค่าปริมาณค่าการถ่ายเทความร้อนของหน้าต่าง, ช่องเปิด, ผนัง ในการเปรียบเทียบ ในการตั้งวางอาคารในทิศต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบช่องเปิด, หน้าต่างและการเลือกวัสดุ ประกอบอาคาร
4. เสนอแนะแนวทางการออกแบบอาคาร “ทาวน์เฮ้าส์” ในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร ซึ่งมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าที่น้อยลง และเสริมสร้างความสบายในการอยู่อาศัย
5. เสนอแนะแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพของหน้าต่าง และอุปกรณ์บังแดด เพื่อลดภาระ การทำความเย็นภายในอาคาร

## บทที่ 2

# สภาวะความสบายทางด้านอุณหภูมิ

### 2.1 การเปลี่ยนแปลงความร้อนในร่างกายมนุษย์

มนุษย์สามารถควบคุมอุณหภูมิภายในร่างกายได้คล้ายคลึงกันได้ การปรับอุณหภูมิในร่างกายอยู่ในลักษณะดังนี้

- อุณหภูมิในเนื้อเยื่อส่วนในจะคงที่
- อุณหภูมิที่ผิวหนังจะเปลี่ยนแปลงไม่คงที่

โลหิตเป็นทางถ่ายเทความร้อน ส่วนที่เกิดจากเนื้อเยื่อภายในออกไปสู่ที่ผิวหนัง โดยที่มีหัวใจคือเครื่องสูบ 80% ของอาหารที่รับประทานเข้าไปจะเปลี่ยนเป็นความร้อนและพลังงานอีก 20% ถูกขับถ่ายออกนอกร่างกาย ร่างกายมนุษย์จะสามารถปรับตัวให้เคยชินเข้ากับดินฟ้าอากาศได้ในเวลาภายหลัง 2-3 อาทิตย์

#### 2.1.1 การเพิ่มความร้อนในร่างกายมนุษย์

1. จากการทำงานหรือ ออกกำลังกาย (การทำงานของกล้ามเนื้อ) ดังตารางที่ 2.1
2. จากการย่อย
3. จากการดึงเครียดของกล้ามเนื้อ หรือการหดตัวของเลือดที่ไหลมาสู่ผิวหนัง

ตารางที่ 2.1 แสดงปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆของร่างกาย<sup>7</sup>

Body Heat Production as a Function of Activity

| Activity   | Heat produced<br>per hour<br>(Btu/hour) | Heat<br>Equivalent<br>to (Watt) |
|------------|-----------------------------------------|---------------------------------|
| Sleeping   | 300                                     | 100                             |
| Light work | 600                                     | 200                             |
| Walking    | 900                                     | 300                             |
| Jogging    | 2400                                    | 800                             |

### 4. จากการดูดซึมพลังงานรังสี

<sup>7</sup> Norbert Lechner. "Heating, Cooling, Lighting Design Methods for Architects." ( Canada : A Wile Interscience Publication, 1991 ) P 27. ข้างานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จากดวงอาทิตย์ หรือการสะท้อนจากดวงอาทิตย์
- จากวัสดุที่ร้อน
- จากไฟฟ้า หรือรังสีความร้อนอื่นๆ

#### 5. การนำความร้อนสู่ร่างกาย

- จากอากาศที่ร้อนกว่าอุณหภูมิที่ผิวหนัง
- จากการสัมผัสวัสดุที่ร้อนกว่า

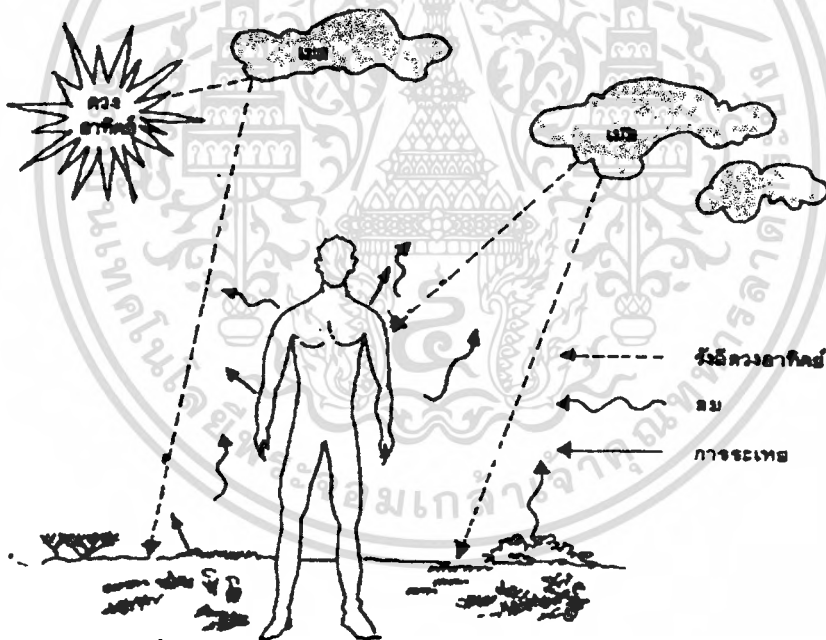
#### 6. จากอากาศอบอุ่น

### 2.1.2 การลดความร้อนในร่างกายมนุษย์

1. โดยการแผ่รังสีออกไปสู่อากาศ หรือสิ่งแวดล้อมที่เย็นกว่า
2. การถ่ายเทความร้อนออกมาด้วยการนำ

2.1 เมื่ออุณหภูมิในอากาศต่ำกว่าอุณหภูมิที่ผิวหนัง (ประมาณ  $36^{\circ}\text{C}$ )

2.2 ด้วยการสัมผัสวัสดุที่เย็นกว่า



ภาพที่ 2.1 แสดงการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างมนุษย์กับสิ่งแวดล้อมในเขตอากาศร้อนชื้น

### 3. การระเหย

3.1 การระเหยจากผิวหนังได้แก่ การระเหยของน้ำในร่างกาย ซึ่งทำให้ร่างกายเย็นลง การระเหยจะเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ในที่ๆมีอากาศแห้ง ทำให้รู้สึกสบายกว่าอากาศชื้น แต่ถ้าแห้งเกินไปจะทำให้สับสน ลมจะมีส่วนช่วยในการระเหยพา เอาความร้อนในร่างกายออกไป

3.2 จากการหายใจเข้าออก เมื่ออุณหภูมิในอากาศสูงกว่าอุณหภูมิในร่างกาย ร่างกายจะถ่ายเทความร้อนโดยการระเหยอย่างเดียว ในที่ซึ่งอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ร่างกายจะถ่ายเทความร้อนได้เร็ว ทำให้รู้สึกสบายถ้าความชื้นสัมพัทธ์สูงถึง 80 - 90 % เหนือจะไม่สามารถระเหยได้ ทำให้ร่างกายไม่สามารถถ่ายเทความร้อนได้เร็ว รู้สึกไม่สบายเหนียวเหนียวตัว ชื้นอับ แต่ในขณะเดียวกันความชื้นก็จะช่วยลดอุณหภูมิในอากาศทำให้เย็นลง ในที่ซึ่งมีทั้งอุณหภูมิสูง และความชื้นสัมพัทธ์สูงด้วยร่างกายจะถ่ายเทความร้อนได้น้อยทำให้รู้สึกร้อนมาก

จาก ภาพที่ 2.1 ร่างกายจะได้รับรังสีความร้อนโดยตรงจากดวงอาทิตย์ โดยการสะท้อนและการคายความร้อนจากพื้นดิน และเมฆ ไม่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างร่างกายกับอากาศโดยการนำความร้อน ตามปกติร่างกายจะถ่ายเทความร้อนโดยการระเหยได้ยาก แต่ถ้ามีลมมาช่วยจะถ่ายเทได้ดีขึ้น

## 2.2 ร่างกายมนุษย์กับอุณหภูมิ

โดยปกติร่างกายมนุษย์จะมีการถ่ายเทความร้อนกับสิ่งแวดล้อมอยู่ตลอดเวลาทั้งนี้เพื่อรักษาอุณหภูมิของร่างกาย ให้อยู่ที่ 37 องศาเซลเซียส การผลิตพลังงานของร่างกายมนุษย์ได้มาจากขบวนการเผาผลาญอาหาร(Metabolism) โดยตรง พลังงานที่ได้นี้ประมาณ 20 % เท่านั้นที่ถูกนำมาใช้ ที่เหลือจะถ่ายเทกับสิ่งแวดล้อมโดยการพา (Convection) การแผ่รังสี(Radiation) การระเหย(Evaporation) และการนำ (Conduction) ซึ่งสามารถแสดงเป็นสูตร “ความสมดุลความร้อนของร่างกาย (The Body's Heat Balance)” ได้ดังนี้<sup>8</sup>

$$M + Ct + Cv + R - E = Q \quad (2.1)$$

เมื่อ

- M = ความร้อนที่ผลิตได้จากขบวนการ Metabolism
- Ct = การเพิ่มหรือการระบายความร้อนโดยการนำ
- Cv = การเพิ่มหรือการระบายความร้อนโดยการพา
- R = การเพิ่มหรือการระบายความร้อนโดยการแผ่รังสี
- E = การระบายความร้อนโดยการระเหย
- Q = การเปลี่ยนความร้อนภายในร่างกาย

นอกจากนี้อัตราการผลิตความร้อนของร่างกายมนุษย์ และการถ่ายเทความร้อนกับสิ่งแวดล้อมยังขึ้นอยู่กับกิจกรรมของแต่ละบุคคล, พื้นที่ผิวหนังของร่างกาย, สภาพความสมบูรณ์ของร่างกาย,

<sup>8</sup> ปรียญา รังสิริรักษ์. “แนวความคิดในเรื่องภาวะความสบาย.” ( กรุงเทพฯ : คณะสถาปัตยกรรม

เพศ, อายุ, อุณหภูมิของอากาศรอบๆ และสภาพของบรรยากาศอีกด้วย กลไกที่ซับซ้อนต่างๆ ภายในร่างกายมนุษย์สามารถช่วยให้มนุษย์ปรับตัวเข้ากับสภาพอากาศที่แตกต่างกันได้ในระดับหนึ่ง กลไกต่างๆ ดังกล่าวจะสัมพันธ์กับผิวหนังของร่างกายซึ่งผิวหนังทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนกับสิ่งแวดล้อม ทำให้มนุษย์เกิดความรู้สึกหนาวหรือร้อน

### ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อสภาวะนำสบายทางด้านอุณหภูมิของมนุษย์คือ

1. ปัจจัยทางด้านตัวบุคคล ได้แก่ อัตราการเผาผลาญอาหารของร่างกาย, เสื้อผ้าที่สวมใส่ เป็นต้น
2. ปัจจัยทางด้านจิตวิทยา ได้แก่ สี, พื้นผิว, แสง เป็นต้น
3. ปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิของอากาศ, ความชื้นของอากาศ, การเคลื่อนไหวของอากาศ และการแผ่รังสีจากบริเวณรอบๆ

จากปัจจัยที่กล่าวมา ในงานวิจัยนี้จะศึกษาปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมซึ่งมีผลโดยตรงต่อความสามารถตรวจสอบได้ และเกี่ยวข้องกับงานทางด้านสถาปัตยกรรมด้วย ส่วนปัจจัยด้านบุคคลนั้น กำหนดหรือปรับเปลี่ยนลำบาก ปัจจัยทางด้านจิตวิทยา นั้นทำการตรวจสอบลำบาก

## 2.3 มาตรฐานวัดความสบายทางด้านอุณหภูมิ

เป้าหมายของการออกแบบทางสถาปัตยกรรม ควรจะอยู่ที่การสร้างหรือการก่อให้เกิดภาวะความสบายสูงสุดแก่ผู้ใช้อาคาร ดังนั้นสิ่งที่ควรพิจารณาเป็นประการแรกก็คือ องค์ประกอบที่สำคัญอันจะมีผลกระทบต่อระดับของภาวะสบายภายในบรรยากาศที่ถูกปิดล้อมเอาไว้ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นอุณหภูมิเฉลี่ยของการแผ่รังสีจากผนังและเพดาน การเคลื่อนไหวของอากาศ ปริมาณโดยทั่วไปของความสว่าง และการกระจายแสงสว่างภายใต้อาณาเขตของการมอง<sup>9</sup>

มีนักวิชาการหลายท่านที่ได้สร้างเกณฑ์เพื่อวัดระดับความสบาย (The Principle of Comfortability) เอาไว้ตัวอย่างเช่น ลาวัวเซียร์ (Lavoisier) นักเคมีได้อธิบายไว้เมื่อปี ค.ศ.1777 ว่า การเพิ่มความหนาแน่นของก๊าซ  $\text{CO}_2$  ในห้องจากการหายใจของคน ทำให้คนรู้สึกอึดอัดในปี ค.ศ.1858 แมกซ์ ฟอน เพทเทนโคเฟอร์ (Max Von Pattenkofer) นักสุขศาสตร์เสนอเกณฑ์ของการวัดค่าความสบายที่ต่างกันออกไปว่า คนหายใจสารที่เป็นพิษออกมาเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของก๊าซ  $\text{CO}_2$  และต่อมาในปี ค.ศ.1905 นักสุขศาสตร์ชื่อ ฟรุ๊กเก (Frugge) ได้เสนอทฤษฎีที่ยังคงใช้ได้อยู่ในปัจจุบันว่า ร่างกายมนุษย์อาจเปรียบได้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่จะต้องถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการ

<sup>9</sup> Grearg Lippsmeir. "Tropenbau Building in the Tropics." (Germany : Verlag Grearg D.W.

Callwey, 1969 ) P.83. งานนี้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงาน ถ้าความร้อนนี้ไม่สามารถระบายออกจากร่างกายได้ เนื่องจากอุณหภูมิโดยรอบสูงก็จะมีผลทำให้รู้สึกอึดอัดไม่สบาย<sup>10</sup>

ความหมายในการค้นหาขนาดมาตรฐานของภาวะความสบายได้ดำเนินสืบเนื่องกันมาเป็นเวลานานถึง 50 ปีมาแล้ว เป็นความพยายามที่จะคิดค้นมาตรฐานอันหนึ่ง ซึ่งรวมผลกระทบขององค์ประกอบต่างๆ ซึ่งมีอิทธิพลต่อ ภาวะความสบายของมนุษย์ มาตรฐานนี้ถูกกล่าวรวมๆ กันมา “ดัชนีอุณหภูมิ (Thermal Indices)” หรือ “มาตรฐานความสบาย (Comfort Scales)”<sup>11</sup> ขึ้นมาโดยการทดลองวัดความรู้สึกของบุคคล และจะถูกประเมินค่าออกมาโดยระเบียบวิธีทางสถิติ มาตรฐานที่ชี้ถึงขนาดของอุณหภูมิเท่าที่มีการค้นคว้ากันมานั้นมีมากมาย แต่ในที่นี้จะกล่าวถึงแบบที่สำคัญเท่านั้น

### 2.3.1 The Effective Temperature Index (ET)

โดย : Haughten , Yaglou และ Miller ปี ค.ศ. 1923-1925

ที่สมาคมวิศวกรการปรับอากาศ การทำความเย็นและการนำความร้อนแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society of Heating and Ventilating Engineers) โดยผลการทดลองวัดความรู้สึกได้ถูกจดบันทึกซึ่งทำให้เกิดเส้น “Equal Comfort Line” บนแผนภาพมาตรฐานนี้ได้ถูกสร้างขึ้น 2 แบบ แบบหนึ่งสำหรับผู้ชายที่สวมเสื้อผ้าธรรมดา และอีกแบบสำหรับผู้สวมเสื้อกั๊ก (เสื้อผ้าสำหรับฤดูร้อน) โดยองค์ประกอบของสภาวะอากาศที่นำมารวมกันได้แก่ อุณหภูมิของอากาศความชื้น และการเคลื่อนไหวของอากาศ

### 2.3.2 The Corrected Effective Temperature Index (CET)

โดย : Vernon ปี ค.ศ. 1962

มาตรฐานนี้ถูกพัฒนามาจากมาตรฐาน ET. โดยรวมเอาผลกระทบของการแผ่รังสีเข้ามาประกอบ Vernon ได้เสนอแนะวิธีการแก้ไขคือ การใช้อุณหภูมิจาก Globe Thermometer มาใช้ใน Nomogram แทนที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature)

### 2.3.3 The Equivalent Warmth Index (EW)

โดย : Bedford ปี ค.ศ. 1936

ที่ประเทศอังกฤษ โดยทดลองจากคนงานโรงงานอุตสาหกรรมจำนวน 200 คน แต่มาตรฐาน EW นี้มีข้อจำกัดคือ มีความแม่นยำเฉพาะช่วงระดับความสบายที่สูงกว่า 35 องศาเซลเซียส ภายใต้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า และระดับความสบายที่สูงกว่า 30 องศาเซลเซียส ภายใต้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า และมองข้ามผลกระทบจากความเย็นของการเคลื่อนไหวของอากาศภายใต้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า

<sup>10</sup> ไพบูลย์ หังสพฤกษ์. “การปรับอากาศ.” (กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาราชวิทยาลัย, 2523 ) หน้า 14.

<sup>11</sup> O.H. Koenigsberger. “Manual of Tropical Housing and Building part on : Climatic Design.”

(Hong Kong : Dai Nippon Prenting Co., 1974) P.47. ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 2.3.4 The Operative Temperature Index (OT)

โดย : Winslow , Herrington และ Gagge ปี ค.ศ. 1937

เป็นมาตรฐานหนึ่งที่ได้มีการพัฒนาขึ้น ในสหรัฐอเมริกา มาตรฐานนี้อาศัยหลักเกณฑ์คล้ายคลึงกับมาตรฐาน EW มาตรฐาน OT นี้ได้รวมเอาผลกระทบจากการแผ่รังสีและอุณหภูมิของอากาศเข้าด้วยกัน แต่ไม่ได้ให้ความสำคัญกับความชื้นและอัตราการเคลื่อนไหวของอากาศจึงกล่าวได้ว่ามาตรฐานนี้ไม่เหมาะสมกับสภาพอุณหภูมิที่สูงกว่า 27 องศาเซลเซียส<sup>12</sup>

### 2.3.5 The Equivalent Temperature Index (Eq T)

โดย : Dufton ปี ค.ศ. 1932

มาตรฐาน EqT นี้ไม่ได้นำผลกระทบของความชื้นมารวมด้วย ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในสภาพอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 24 องศาเซลเซียส<sup>13</sup> ทั้งนี้เนื่องจากที่อุณหภูมิที่สูงกว่า 24 องศาเซลเซียส การระบายความร้อนโดยการระเหยจะชัดเจน

### 2.3.6 The Resultant Temperature Index (RT)

โดย : Missenard ปี ค.ศ. 1948

ในประเทศฝรั่งเศส มาตรฐานนี้ถูกพัฒนาปรับปรุงขึ้นจากมาตรฐาน ET เล็กน้อย มีความเชื่อได้ในสภาพอากาศปานกลาง แต่ไม่เหมาะสมสำหรับสภาพอากาศเมืองร้อน เนื่องจากมาตรฐานอันนี้ไม่ได้รวมผลกระทบของความเย็นอันเนื่องมาจากการเคลื่อนไหวของอากาศที่อุณหภูมิสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 80 %

### 2.3.7 The Equatorial Comfort Index (ECI)

โดย : Webb C.G. ปี ค.ศ. 1960

ที่ประเทศสิงคโปร์ จากการจดบันทึกการตอบสนองความเคยชินของอากาศ พร้อมกับการวัดอุณหภูมิของอากาศ, ความชื้น, และการเคลื่อนไหวของอากาศ Webb พบว่าความสัมพันธ์สามารถเขียนออกมาเป็นสูตรได้ มาตรฐาน ECI นี้เมื่อเขียนเป็น Nomogram ออกมาจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับ Nomogram ECI ตารางจะมาบรรจบเข้าหากัน สำหรับค่าอุณหภูมิสูงซึ่งแสดงให้เห็นว่า ผิวหนังที่เป็นเปียกขึ้นจะมีความรู้สึกร้อนมากขึ้นต่อการเคลื่อนไหวของอากาศในสภาพดังกล่าว

### 2.3.8 The Predicted Four Hour Sweat Rate Index ( $P_4 S_R$ )

โดย : Meardle และผู้ร่วมงาน ปี ค.ศ. 1947

มาตรฐานนี้ถูกพัฒนาขึ้นระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ที่ The Royal Naval Research Establimie Level) และการสวมเสื้อผ้า 2 แบบเพิ่มเข้าไปกับองค์ประกอบของภูมิอากาศ ซึ่งจะอาศัย

<sup>12</sup> ปรีชญา รังสิริรักษ์. “แนวความคิดในเรื่องภาวะความสบาย.” (กรุงเทพฯ : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์) หน้า 18.

<sup>13</sup> เรื่องเดียวกัน, หน้าเดียวกัน.

อัตราการไหลของเหงื่อจากร่างกายเป็นเครื่องชี้ประการหนึ่ง และนอกจากนี้ยังดูที่การเดินของชีพจร กับอุณหภูมิภายในร่างกายอีกด้วย มาตรฐาน P4SR นี้เชื่อถือได้มากที่สุดสำหรับภาวะอุณหภูมิสูง แต่ไม่เหมาะสมกับอุณหภูมิต่ำกว่า 28 องศาเซลเซียส และไม่คำนึงถึงผลกระทบจากความเย็นของการเคลื่อนไหวของอากาศภายใต้ความชื้นระดับสูง<sup>14</sup>

### 2.3.9 The Heat Stress Index (HSI)

โดย : Belding, H.S. และ Hatch, T.F. ปี ค.ศ. 1955

ถูกพัฒนาขึ้นที่ มหาวิทยาลัยพิตซเบิร์ก (University of Pittsburgh) ใน สหรัฐอเมริกา โดยให้ผู้ถูกทดลองทำกิจกรรมที่มีความหนักเบาในระดับต่างๆ ภายใต้สภาพแวดล้อมที่กำหนดให้ และดูปริมาณความร้อนจากขบวนการเผาผลาญอาหาร (Metabolism) เปรียบเทียบกับอัตราการไหลของเหงื่อร่วมกับการเดินของชีพจร และอุณหภูมิภายในร่างกายของผู้ถูกทดลอง มาตรฐาน HSI นี้เชื่อถือได้สำหรับอากาศระหว่าง 27 และ 35 องศาเซลเซียส ภายใต้ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 30 % ถึง 80 % และสำหรับความชื้นในระดับต่ำ ไม่เหมาะสมกับระดับความสบาย (Comfort Zone)

### 2.3.10 The Bioclimatic Chart

โดย : Olgray, V. ปี ค.ศ. 1963

Olgray มีแนวความคิดว่า ไม่มีจุดหนึ่งจุดใดเพียงจุดเดียวใน ความพยายามที่จะสร้างมาตรฐานซึ่งมีรูปลักษณะแบบเดียว ทั้งนี้เนื่องมาจากตัวแปรของปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมแต่ละตัวนั้น ถูกควบคุมได้ด้วยวิธีทางที่แตกต่างกัน ดังนั้น Olgray จึงได้สร้างแผนภาพซึ่งเรียกว่า “Bioclimatic Chart” ขึ้นเป็นมาตรฐาน และแผนภาพดังกล่าวแสดงให้เห็นความต้องการตัวแปรเพิ่มเติมเมื่ออยู่นอกเขตภาวะสบาย (Comfort Zone)

### 2.3.11 The Index of Thermal Stress (ITS)

โดย : Givoni, B. ปี ค.ศ. 1969

มาตรฐาน ITS นี้เป็นการคำนวณอัตราความเย็นที่เป็นผลมาจากการไหลของเหงื่อซึ่งจะรักษาระดับของอุณหภูมิภายใต้สภาพแวดล้อมที่กำหนด สิ่งที่น่าสนใจในการคำนวณได้แก่ปัจจัยของสิ่งแวดล้อม และปัจจัยความรู้สึกของมนุษย์

กล่าวโดยสรุป มาตรฐานวัดความสบายทั้งหลายเท่าที่มีอยู่นี้ ต่างก็มีข้อจำกัดของการปรับใช้ในทางปฏิบัติ และจะมีประโยชน์ก็แต่เฉพาะภายใต้สภาวะที่แตกต่างกันออกไป ปัญหาหรืออุปสรรคเกิดขึ้นจากสองสาเหตุคือ สภาวะอุณหภูมิภายในอาคารที่แตกต่างกัน และความแตกต่างในเรื่องของวิธีการทดลอง ดังนั้น ดัชนีแต่ละอัน จึงมีความถูกต้องและมีประโยชน์ในช่วงของสภาวะที่จำกัด ดังนั้นการเลือกใช้มาตรฐานใดเป็นเกณฑ์จึงต้องดูที่ข้อจำกัดที่เหมาะสมในการนำไปใช้ในแต่ละกรณี

<sup>14</sup> ประทีป มาลากุล, ม.ล. และคณะ. “การประหยัดพลังงานในการออกแบบสถาปัตยกรรม”

เอก (กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527) หน้า 4. ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ มาตรฐานที่อยู่ในเกณฑ์พิจารณาได้แก่ มาตรฐานCET(Corrected Effective Temperature Index) และมาตรฐานECI (Equatorial Comfort Index) เพราะค่าตัวแปรของปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อม 4 ประการนั้น เมื่อประมวลออกมาจะได้เป็นค่าตัวเลขตัวเดียว ซึ่งสามารถพิจารณาได้ชัดเจนว่าสบายหรือไม่อีกทั้งชี้ชัดจำกัดของมาตรฐานทั้งสองอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถจะนำมาใช้ในการวิจัยนี้ได้ ตัวเลขซึ่งใช้ค่าสถิติทางภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา จะสามารถนำมาใช้กับมาตรฐานECI โดยการคำนวณออกมาจากสูตรได้โดยตรง ซึ่งจะแสดงเป็นค่าที่ชัดเจนอันเป็นการง่ายและสะดวกในการทำการวิจัยขั้นต่อไป ดังนั้นในการวิจัยนี้จะถือมาตรฐานECI (Equatorial Comfort Index) เป็นมาตรฐานวัดความสบายทางด้านอุณหภูมิ

## 2.4 เกณฑ์และวิธีการหาค่ามาตรฐานความสบาย ECI<sup>15</sup>

ในปี ค.ศ. 1959 Webb C.G. ได้ทำการทดลองวัดความรู้สึกทางสภาพภูมิอากาศของคนประเทศสิงคโปร์ โดยใช้มาตรฐาน ECI ต่อมาในปี ค.ศ. 1960 Webb ได้พัฒนามาตรฐาน ECI (Equatorial Comfort Index) ขึ้น ลักษณะของ Nomogram ของมาตรฐานทั้งสอง มีลักษณะคล้ายคลึงกันจะแตกต่างกันตรงที่ Nomogram CET จะมีลักษณะตารางเปิดออก ส่วน Nomogram ECI ตารางจะมีลักษณะตารางที่วิ่งเข้ามาบรรจบกันสำหรับค่าอุณหภูมิสูง ( แสดงให้เห็นว่าผิวหนังที่เปียกชื้น จะมีความรู้สึกมากขึ้นต่อการเคลื่อนไหวของอากาศ ในสภาพอุณหภูมิตัวกล่าว) Webb :1960 พบว่าปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมต่างๆ นั้นมีความสัมพันธ์กันในรูปแบบที่สามารถจัดเป็นสูตรได้ดังต่อไปนี้

$$ECI = tw + 0.447(t - tw) - 0.231 \sqrt{v} \quad (2.2)$$

โดยที่ ECI = ค่าอุณหภูมิบ่งบอกความสบายในหน่วยของศาฟาเรนไฮต์  
 tw = อุณหภูมิกระเปาะเปียก (WBT) หน่วยของศาฟาเรนไฮต์  
 t = อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (DBT) หน่วยของศาฟาเรนไฮต์  
 V = ความเร็วของการเคลื่อนไหวของอากาศ (ฟุตต่อนาที)

ค่าอุณหภูมิในตารางทุกๆ 2 ชั่วโมง สามารถหาได้โดยการดูอุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุดประจำวัน จากนั้นเอาค่าที่ได้มาขีดเส้นลงบน Hourly Temperature Calculator Chart และอ่านค่า นำไปจดลงในตาราง

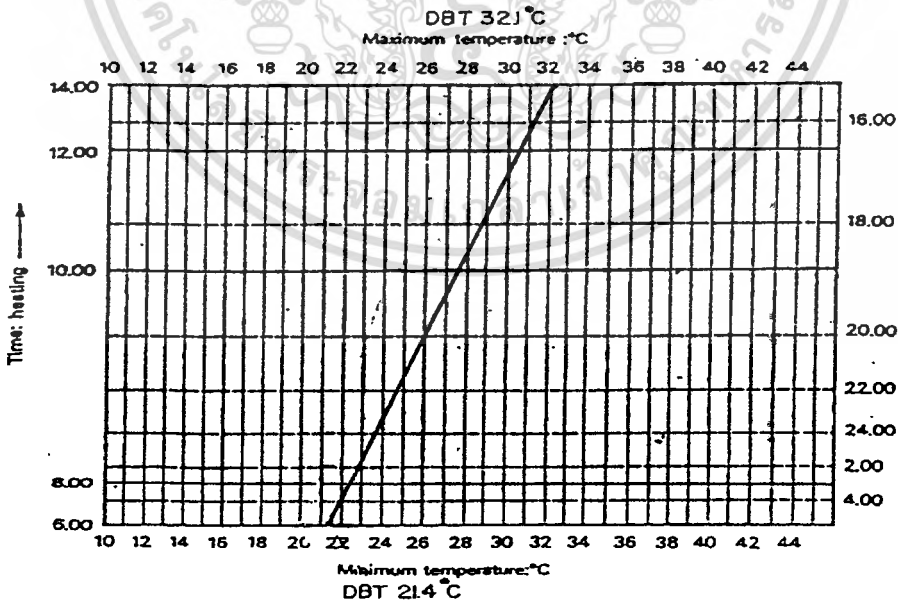
<sup>15</sup> ปรีชญา รังสิริรักษ์. “แนวความคิดในเรื่องภาวะความสบาย.” (กรุงเทพฯ : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์) หน้า 21. ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะเป็นทั้งด้านสินค้าและบริการ หรือทั้งด้านอสังหาริมทรัพย์ การค้าและการบริการ การค้าและการบริการ ไม่ว่าจะเป็นทั้งด้านสินค้าและบริการ หรือทั้งด้านอสังหาริมทรัพย์ การค้าและการบริการ

ตารางที่ 2.2 แสดงข้อมูลสภาพอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลมเฉลี่ย ในเขตกทม.พ.ศ. 2509-2538

Latitude: 13 44 N. Longitude: 100 34 E.

| List                 | Jan  | Feb  | Mar  | Apr  | May  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Oct  | Nov  | Dec  | Year |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Temperature(Celsius) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Mean                 | 26.2 | 27.5 | 28.9 | 29.9 | 29.5 | 28.9 | 28.5 | 28.2 | 27.9 | 27.6 | 27.0 | 25.7 | 28   |
| Mean max.            | 32.1 | 32.8 | 33.9 | 35.0 | 34.3 | 33.3 | 32.9 | 32.6 | 32.5 | 32.1 | 31.8 | 31.4 | 32   |
| Mean min.            | 21.4 | 23.5 | 25.2 | 26.3 | 25.8 | 25.6 | 25.2 | 25.1 | 24.7 | 24.3 | 23.1 | 20.9 | 24   |
| Ext. max.            | 35.6 | 37.0 | 37.8 | 40.0 | 39.5 | 37.7 | 37.8 | 37.0 | 36.0 | 35.3 | 35.1 | 35.2 | 40   |
| Ext. min.            | 11.5 | 14.9 | 15.7 | 20.5 | 22.0 | 22.2 | 22.1 | 21.6 | 22.1 | 18.3 | 14.2 | 10.5 | 10   |
| Relative Humidity(%) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Mean                 | 71   | 75   | 75   | 74   | 77   | 77   | 77   | 78   | 81   | 80   | 74   | 70   |      |
| Mean Max.            | 89   | 91   | 90   | 89   | 91   | 90   | 90   | 91   | 93   | 93   | 89   | 87   |      |
| Mean Min.            | 49   | 53   | 55   | 54   | 59   | 61   | 61   | 62   | 63   | 63   | 56   | 52   |      |
| Ext. Min.            | 26   | 24   | 17   | 23   | 35   | 38   | 40   | 43   | 45   | 36   | 32   | 29   |      |
| Wind (Knots)         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Mean Wind Speed      | 2.4  | 4.0  | 5.0  | 4.3  | 3.5  | 3.6  | 3.5  | 3.5  | 2.3  | 2.0  | 2.3  | 2.4  | 3.23 |
| Prevailing Wind      | NE   | S    | S    | S    | S    | SW   | SW   | SW   | W    | NE   | NE   | NE   |      |
| Max. Wind Speed      | 25   | 32   | 34   | 45   | 41   | 36   | 40   | 42   | 36   | 42   | 37   | 29   |      |
| Rainfall (mm.)       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Mean                 | 8.1  | 18.8 | 29.3 | 63.3 | 213  | 157  | 157  | 205  | 332  | 250  | 44.9 | 9.8  | 1487 |
| Mean Rainy Day       | 1.5  | 2.4  | 2.9  | 5.9  | 15.8 | 16.6 | 17.5 | 19.8 | 20.8 | 16.9 | 5.6  | 1.3  | 127  |
| Daily Maximum        | 25.3 | 60.8 | 88.4 | 76.2 | 249  | 167  | 108  | 129  | 157  | 144  | 117  | 32.0 | 248  |

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา ณ สถานีตรวจอากาศ กรุงเทพมหานคร



HOURLY TEMPERATURE CALCULATOR

ภาพที่ 2.2 แสดงตัวอย่างการหาค่าอุณหภูมิทุก 2 ชม. จาก Hourly Temperature Calculator Chart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





จาก ภาพที่ 2.3 เมื่อนำอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (DBT) และความชื้นสัมพัทธ์(RH) มาหาค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกจาก Psychrometric Chart จะได้ค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกดังในตารางที่ 2.4

**ตัวอย่างการอ่านค่ามาตรฐาน ECI**

จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา ปี พ.ศ. 2509-2538 และค่าอุณหภูมิในช่วงเวลาต่างๆ (อุณหภูมิกระเปาะแห้ง)ของเดือน มกราคม ณ.เวลา 8.00 น. ค่า DBT (Dry Bulb Temperature)และความชื้นคือ

DBT ณ เวลา 8.00 น. = 22.2 °C ( 72.0 °F )  
ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ (RH) ของเดือนมกราคม = 71 %

นำค่าทั้งสองไปอ่านค่า WBT (Wet Bulb Temperature) จาก Psychrometric Chart จะได้

WBT ณ เวลา 8.00 น. = 18.4 °C ( 65.1 °F )

ต่อไปเอาค่า WBT และ DBT ไปเข้าสูตรเพื่อหาค่า ECI ณ เวลาต่างๆ จากสูตร (2.2) จะได้ค่า ECI ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าอุณหภูมิ ของ เขตกทม. ตามมาตรฐาน °C (ECI) กรณีสภาพอากาศนิ่ง ( 0 m/s)

ข้อมูล : อุณหภูมิบ่งบอกความสบายมาตรฐาน °C (ECI) ทุกๆ 2 ชม.ทุกเดือน  
ของเขต กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2509-2538( กรณีสภาพอากาศนิ่ง ) หน่วย : องศาเซลเซียส

| เวลา  | ม.ค.  | ก.พ.  | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค.  | มิ.ย. | ก.ค.  | ส.ค.  | ก.ย.  | ต.ค.  | พ.ย.  | ธ.ค.  |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.00  | 21.46 | 23.32 | 25.07 | 26.68 | 25.84 | 25.84 | 24.84 | 24.85 | 24.71 | 24.36 | 23.12 | 20.90 |
| 2.00  | 20.70 | 22.79 | 24.68 | 25.57 | 25.14 | 24.84 | 24.39 | 24.56 | 24.06 | 24.12 | 22.68 | 19.90 |
| 4.00  | 19.81 | 21.98 | 23.98 | 24.98 | 24.49 | 24.14 | 23.89 | 24.07 | 23.62 | 23.12 | 21.79 | 19.41 |
| 6.00  | 19.41 | 21.68 | 23.32 | 24.37 | 24.14 | 23.94 | 23.65 | 23.66 | 23.21 | 22.92 | 21.28 | 18.86 |
| 8.00  | 20.10 | 22.23 | 24.07 | 25.57 | 24.84 | 24.34 | 24.14 | 24.21 | 24.06 | 23.62 | 22.23 | 19.70 |
| 10.00 | 25.48 | 26.92 | 28.16 | 29.29 | 28.98 | 28.28 | 27.79 | 27.80 | 27.85 | 24.49 | 26.07 | 24.59 |
| 12.00 | 28.37 | 29.16 | 30.29 | 31.59 | 29.12 | 30.11 | 29.57 | 29.54 | 29.54 | 29.19 | 28.35 | 27.37 |
| 14.00 | 29.56 | 30.59 | 31.64 | 32.79 | 32.37 | 31.48 | 31.20 | 30.89 | 30.84 | 30.50 | 29.59 | 28.97 |
| 16.00 | 28.90 | 29.59 | 30.79 | 32.29 | 31.57 | 30.68 | 30.07 | 30.14 | 29.89 | 29.90 | 28.90 | 28.01 |
| 18.00 | 26.68 | 27.35 | 28.90 | 31.12 | 29.57 | 28.68 | 28.79 | 28.34 | 28.34 | 28.25 | 27.01 | 25.88 |
| 20.00 | 23.85 | 25.57 | 26.92 | 27.90 | 27.79 | 27.03 | 26.79 | 26.56 | 26.56 | 26.12 | 24.81 | 23.35 |
| 22.00 | 22.70 | 24.07 | 25.92 | 27.16 | 26.79 | 26.14 | 25.84 | 25.56 | 25.56 | 25.01 | 23.98 | 21.90 |

## 2.5 สภาพภูมิอากาศในเขต กรุงเทพมหานคร

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้ง (Latitude)  $5.5^{\circ}$  ถึง  $20.5^{\circ}$  เหนือและเส้นแวง (Longitude)  $97^{\circ}$  ถึง  $105.5^{\circ}$  ตะวันออก ซึ่งมีกรุงเทพมหานครเป็นเมืองหลวงตั้งอยู่ ณ เส้นรุ้ง (Latitude)  $13^{\circ} 44'$  เหนือ เส้นแวง (Longitude)  $100^{\circ} 34'$  ตะวันออก สภาพอากาศจัดอยู่ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (Hot Humid) จัดเป็นพื้นที่ราบลุ่มตอนกลางของประเทศไทย ซึ่งอยู่บนแหลมอินโดจีน กรุงเทพมหานครตั้งอยู่ในภาคกลางของประเทศไทย

### 2.5.1 ลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อเขตกรุงเทพมหานคร

โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์เป็นวงรี ในขณะที่โคจรไปก็หมุนรอบแกนของโลกไปพร้อมกัน แกนของโลกเอียงที่มุม  $23.5^{\circ}$  กับแกนที่หมุนรอบดวงอาทิตย์ในวันที่ 21 มิถุนายนบริเวณเส้นรุ้งที่  $23.5^{\circ}$  เหนือจะอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุด เมื่อเทียบกับจุดอื่นๆบนโลกในเขตกรุงเทพมหานคร จะเป็นช่วงฤดูร้อนเข้าสู่ฤดูฝน จะสังเกตเห็นว่าเมื่อเวลาเที่ยงวันนั้นดวงอาทิตย์ไม่ได้อยู่ตรงศีรษะ แต่เอียงไปทางทิศเหนือเป็นมุม  $23.5^{\circ}$  สำหรับกรุงเทพมหานครซึ่งอยู่ที่เส้นรุ้งที่  $13.4^{\circ}$  เหนือ นั้นเอียงทำมุมกับทิศเหนือ  $(23.5^{\circ} - 13.4^{\circ}) = 10.1^{\circ}$

ในวันที่ 21 ธันวาคม บริเวณเส้นรุ้งที่  $23.5^{\circ}$  ได้จะอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุดเมื่อเทียบกับจุดอื่นๆบนโลก ในเขตกรุงเทพมหานครจะเป็นช่วงฤดูหนาว ซึ่งจะเห็นดวงอาทิตย์ปรากฏอยู่เอียงไปทางทิศใต้เป็นมุม  $23.5^{\circ}$  สำหรับในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งอยู่ที่เส้นรุ้งที่  $13.4^{\circ}$  เหนือ นั้นเอียงทำมุมกับทิศใต้  $(13.4^{\circ} - (-23.5^{\circ})) = 36.9^{\circ}$  ดวงอาทิตย์จะอ้อมทิศใต้

ในวันที่ 21 มีนาคม และวันที่ 21 กันยายน บริเวณเส้นศูนย์สูตรจะอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุด เทียบกับจุดอื่นๆบนโลกของทุกปีจะสังเกตเห็นว่าเที่ยงวันดวงอาทิตย์อยู่เหนือศีรษะพอดี

ตำแหน่งทิศทางการเดินของดวงอาทิตย์ ณ เขตกรุงเทพมหานครในวันและเวลาต่างๆของปี ดังแสดงใน ภาพที่ 2.4 จะเห็นว่าตั้งแต่ช่วงกลางเดือนเมษายนถึงกลางเดือนสิงหาคม ดวงอาทิตย์จะเอียงไปทางเหนือ โดยจะอ้อมทางเหนือสุดในวันที่ 22 มิถุนายน นอกนั้นเวลาส่วนใหญ่ 8 เดือน ดวงอาทิตย์จะเอียงไปทางทิศใต้ โดยจะอ้อมใต้สุดที่วันที่ 22 ธันวาคม

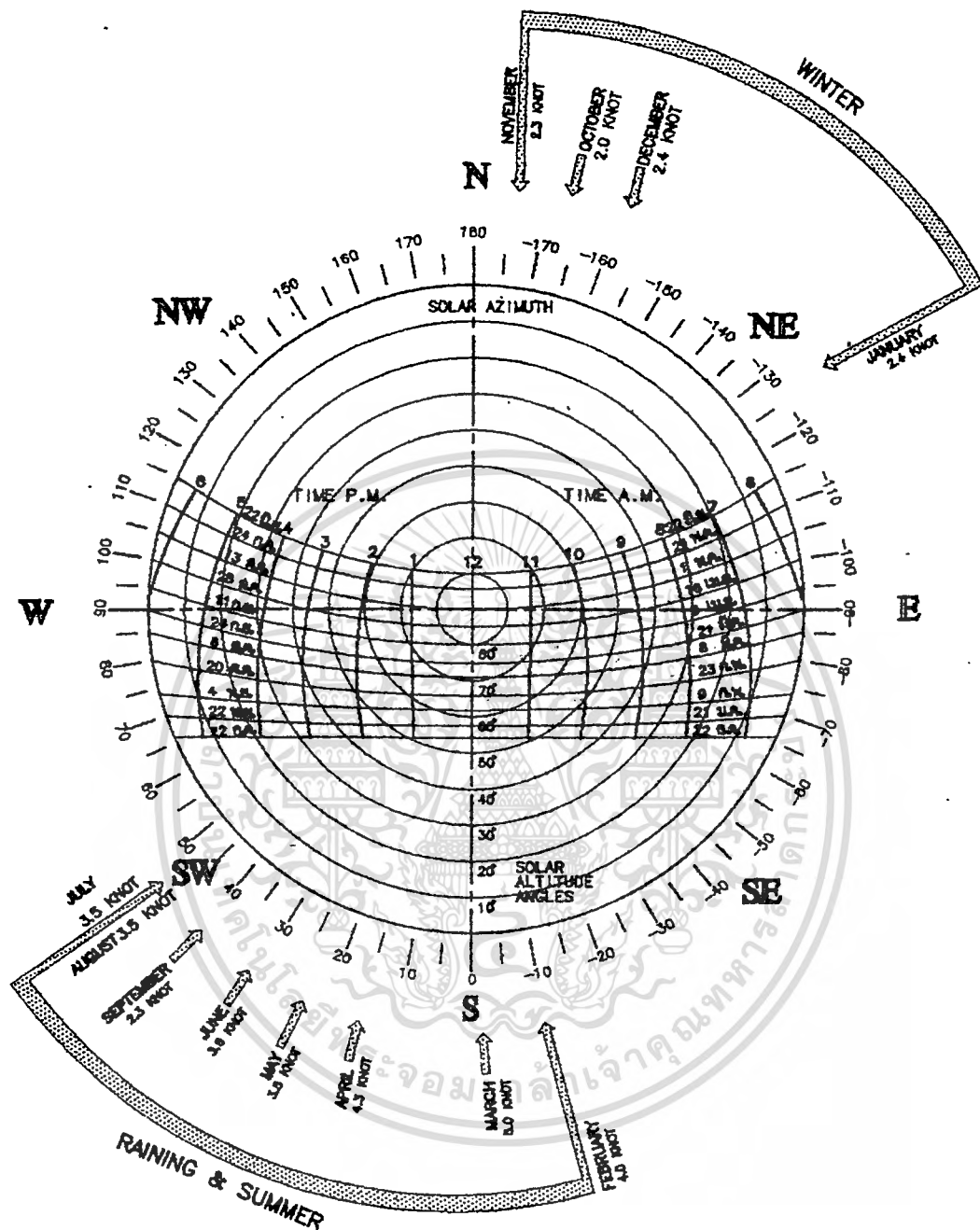
### 2.5.2 ลักษณะภูมิอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร

มีฤดูประจำในเขตกรุงเทพมหานครแบ่งเป็น 3 ฤดูคือ

1. ฤดูฝน : เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม จะได้รับลมมรสุมจากตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งนำเอาฝนจำนวนมากมาจากมหาสมุทรอินเดีย ความร้อนจะไม่เพิ่มมากในฤดูนี้แต่จะมีความชื้นเพิ่มจึ้นมาก ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยประมาณ 1500 มิลลิเมตรต่อปี ความชื้นสัมพัทธ์ในฤดูนี้มีค่าประมาณ 78%



# SOLAR CHARTS AND ANNUAL WIND SPEED



## ANNUAL WIND SPEED

LOCATION : BANGKOK

HEIGHT OF WIND VANE ABOVE GROUND = 31.10 METERS

1 KNOT = 0.514 M./S.

1 KNOT = 30.84 M./M.

ภาพที่ 2.4 แสดงตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์และทิศทางกระแสลม ในเขตกรุงเทพมหานคร

(14° เหนือ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ฤดูหนาว : เริ่มต้นตั้งแต่เดือน พฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม กรุงเทพมหานครจะได้รับลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ในระยะนี้จะมีฝนตกน้อยมาก แม้ว่าจะได้รับอิทธิพลของลมหนาวที่พัดมาจากประเทศจีน แต่ความแตกต่างของอุณหภูมิในเขตกรุงเทพมหานคร สำหรับฤดูหนาวกับฤดูต่างมีน้อย ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในฤดูนี้มีค่าเฉลี่ยประมาณ 71 %

3. ฤดูร้อน : เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน ในระยะนี้อุณหภูมิเฉลี่ยค่อนข้างสูงกว่าในฤดูอื่นๆ เนื่องจากโลกส่วนที่กรุงเทพมหานครตั้งอยู่ จะเอียงใกล้ดวงอาทิตย์ส่วนในปลายฤดูซึ่งคาบเกี่ยวกับฤดูฝน อุณหภูมิจะลดต่ำลง หมุนเวียนไปในรอบใหม่

### 2.5.3 ลักษณะลมประจำฤดูที่มีผลต่อเขตกรุงเทพมหานคร

ซึ่งลมประจำฤดู (Seasonal) ที่ส่งผลกระทบต่อกรุงเทพมหานคร มีดังนี้

1. ลมมรสุมฤดูหนาว เริ่มต้นประมาณเดือนพฤศจิกายนจนถึงประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ อากาศเย็นจากประเทศจีนซึ่งพัดมาจากทิศเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ อากาศจะเย็นมากในระหว่างเดือนธันวาคมและมกราคม ในกรุงเทพมหานครอากาศค่อนข้างสบาย

2. ลมมรสุมฤดูร้อน เมื่อลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนืออ่อนกำลังลงในเดือนกุมภาพันธ์ กระแสลมจากประเทศมหาสมุทร เริ่มพัดเข้าสู่ประเทศไทยในทิศใต้ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันออกเฉียงใต้และเนื่องด้วยระยะนี้เป็นระยะเวลาที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนเข้ามาอยู่ในละติจูดของประเทศไทย จึงเป็นระยะที่ประเทศไทยมีอากาศร้อนอบอ้าวมาก ซึ่งเริ่มตั้งแต่ประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงประมาณกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งทิศทางกระแสลมที่พัดแต่ละเดือนจะเคลื่อนที่ตลอด ดัง ภาพที่ 2.4

### 2.5.4 ปริมาณน้ำฝนในเขตกรุงเทพมหานคร

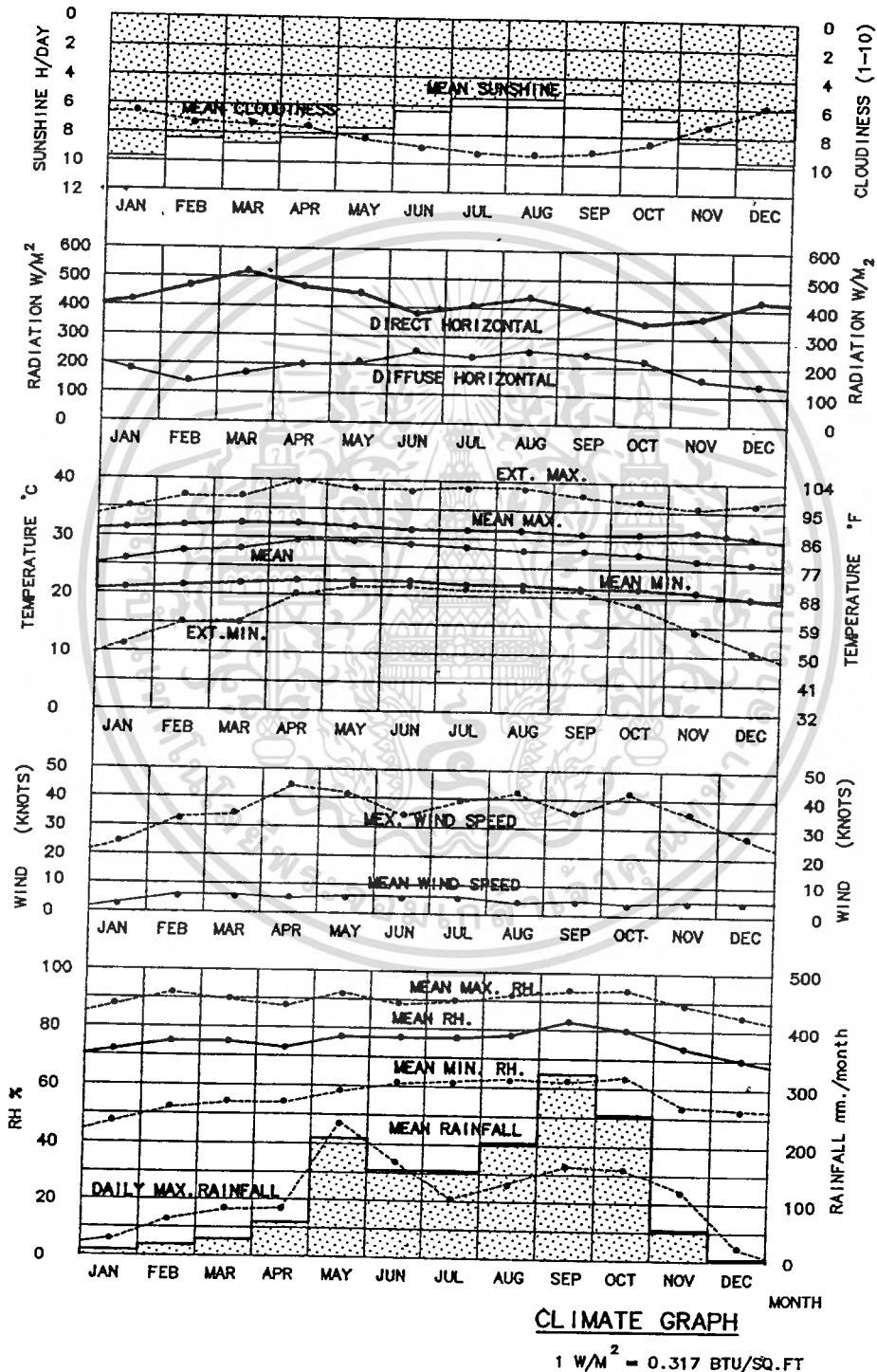
กรุงเทพมหานครมีน้ำฝนตกอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ยตลอดปีมีค่าประมาณ 1478 มิลลิเมตร ฝนที่ตกส่วนใหญ่เป็นฝนตกหนัก ในระยะเวลาสั้นๆ และจะเกิดในเวลาเย็นหรือเช้ามืด เดือนที่มีฝนตกมากที่สุดคือเดือนกันยายน เดือนที่มีฝนตกน้อยที่สุด คือเดือนในช่วงฤดูหนาว และฤดูร้อน ระหว่างเดือนธันวาคม ถึงเดือนเมษายน ฝนจะเริ่มตกตั้งแต่ เดือนพฤษภาคมไป จนถึงเดือนตุลาคม แต่ช่วงกลางเดือนมิถุนายนไปจนถึง เดือนกรกฎาคมจะเป็นระยะเวลาฝนทิ้งช่วงทำให้มีฝนตกน้อย และฝนตกชุกอีกครั้งหนึ่งตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน เฉลี่ยตลอดปีในเขตกรุงเทพมหานคร จะมีฝนตกประมาณ 123 วัน เดือนที่มีปริมาณน้ำฝนตกส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม รวมระยะเวลาประมาณ 6 เดือน

### 2.5.5 ความชื้นสัมพัทธ์ในเขตกรุงเทพมหานคร

ช่วงเดือนธันวาคม และมกราคมเป็นเดือนที่อากาศแห้งที่สุดอยู่ในระหว่าง 70-72 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนในเดือนมีนาคม และเดือนเมษายนลมเริ่มเปลี่ยนเป็นทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศใต้ ความชื้นในอากาศเริ่มสูงขึ้น แต่เนื่องจากอุณหภูมิอากาศอยู่ในระดับสูง ความชื้นสัมพัทธ์จึงไม่สูงมาก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระยนี้ ในระหว่างเดือนมีนาคม และต้นเดือนสิงหาคม ซึ่งเป็นระยะอากาศร้อน ความชื้นสัมพัทธ์ อยู่ในช่วงประมาณ 74-78 เปอร์เซ็นต์ เดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคมความชื้นสัมพัทธ์จะอยู่ในระดับ สูงที่สุดตั้งแต่ 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป



ภาพที่ 2.5 แสดงลักษณะสภาพภูมิอากาศ ในเขตกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 แสดงสภาพภูมิอากาศในเขตกทม.พ.ศ. 2509-2538

Station : Bangkok      latitude : 13° 44' N.      Longitude : 100° 34' E.

| List                                | Jan  | Feb  | Mar  | Apr  | May  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Oct  | Nov  | Dec  | Year |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Solar Radiation (w/m <sup>2</sup> ) | 2538 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Direct Horizontal                   | 416  | 482  | 515  | 486  | 450  | 391  | 423  | 460  | 397  | 335  | 379  | 423  |      |
| Diffuse Horizontal                  | 433  | 144  | 182  | 200  | 222  | 276  | 243  | 275  | 237  | 202  | 150  | 119  |      |
| Global                              | 283  | 338  | 333  | 286  | 228  | 115  | 180  | 185  | 160  | 133  | 229  | 304  |      |
| Temperature(Celsius)                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Mean                                | 26.2 | 27.5 | 28.9 | 29.9 | 29.5 | 28.9 | 28.5 | 28.2 | 27.9 | 27.6 | 27.0 | 25.7 | 28   |
| Mean max.                           | 32.1 | 32.8 | 33.9 | 35.0 | 34.3 | 33.3 | 32.9 | 32.6 | 32.5 | 32.1 | 31.8 | 31.4 | 32   |
| Mean min.                           | 21.4 | 23.5 | 25.2 | 26.3 | 25.8 | 25.6 | 25.2 | 25.1 | 24.7 | 24.3 | 23.1 | 20.9 | 24   |
| Ext. max.                           | 35.6 | 37.0 | 37.8 | 40.0 | 39.5 | 37.7 | 37.8 | 37.0 | 36.0 | 35.3 | 35.1 | 35.2 | 40   |
| Ext. min.                           | 11.5 | 14.9 | 15.7 | 20.5 | 22.0 | 22.2 | 22.1 | 21.6 | 22.1 | 18.3 | 14.2 | 10.5 | 10   |
| Relative Humidity(%)                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Mean                                | 71   | 75   | 75   | 74   | 77   | 77   | 77   | 78   | 81   | 80   | 74   | 70   |      |
| Mean Max.                           | 89   | 91   | 90   | 89   | 91   | 90   | 90   | 91   | 93   | 93   | 89   | 87   |      |
| Mean Min.                           | 49   | 53   | 55   | 54   | 59   | 61   | 61   | 62   | 63   | 63   | 56   | 52   |      |
| Ext. Min.                           | 26   | 24   | 17   | 23   | 35   | 38   | 40   | 43   | 45   | 36   | 32   | 29   |      |
| Wind (Knots)                        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Mean Wind Speed                     | 2.4  | 4.0  | 5.0  | 4.3  | 3.5  | 3.6  | 3.5  | 3.5  | 2.3  | 2.0  | 2.3  | 2.4  | 3.23 |
| Prevailing Wind                     | NE   | S    | S    | S    | S    | SW   | SW   | SW   | W    | NE   | NE   | NE   |      |
| Max. Wind Speed                     | 25   | 32   | 34   | 45   | 41   | 36   | 40   | 42   | 36   | 42   | 37   | 29   |      |
| Rainfall (mm.)                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Mean                                | 8.1  | 18.8 | 29.3 | 63.3 | 213  | 157  | 157  | 205  | 332  | 250  | 44.9 | 9.8  | 1487 |
| Mean Rainy Day                      | 1.5  | 2.4  | 2.9  | 5.9  | 15.8 | 16.6 | 17.5 | 19.8 | 20.8 | 16.9 | 5.6  | 1.3  | 127  |
| Daily Maximum                       | 25.3 | 60.8 | 88.4 | 76.2 | 249  | 167  | 108  | 129  | 157  | 144  | 117  | 32.0 | 248  |

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา ณ.สถานีตรวจอากาศ กรุงเทพมหานคร

2.6 ค่าอุณหภูมิสบาย ในเขต กรุงเทพมหานคร

สำหรับประเทศไทยยังไม่มีผู้วิจัยเพื่อหาค่าความสบายที่เหมาะสมสำหรับคนไทย ผู้วิจัยเสนอแนะแนวทางการศึกษา ผลการทดลองในการศึกษาถึงสภาวะความสบายของประเทศต่างๆ เพื่อนำมาพิจารณาค่าสภาวะความสบายทางด้านอุณหภูมิสำหรับประเทศไทยที่เหมาะสม ซึ่งแสดงออกมาในรูปของอุณหภูมิสมประสงค์ดังตารางที่ 2.7

จากมาตรฐานความสบายทางอุณหภูมิที่บ่งบอกไว้โดยดัชนีต่างๆ กำหนดไว้นั้นยังมี ลักษณะความเคยชินของมนุษย์ และเชื้อชาติ หรือถิ่นฐานเดิมเกี่ยวข้องอยู่ ดังนั้นสภาพความสบายทางด้านอุณหภูมิ จึงแปรไปตามสภาพเส้นรุ้ง( Latitude)ด้วย เช่น Victor Olgyay : 1963, Design with Climate ได้บอกเกี่ยวกับค่าดัชนี Bioclimatic Chart ไว้ว่า ขอบเขตของสภาพความสบายทางด้านอุณหภูมิ จะเพิ่มขึ้น 1 °F ต่อทุกๆ 8 ° ของเส้นรุ้ง(Latitude) สภาพการอันนี้ได้รับการยืนยันจากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 แสดงมาตรฐานความสบายทางด้านอุณหภูมิในต่างประเทศ

| ผู้ทำการทดลอง | สถานที่ทดลอง              | กลุ่มประชากร      | ภาวะความสบาย                             |
|---------------|---------------------------|-------------------|------------------------------------------|
| Rao           | Calcutta<br>(22 ° Nort)   | Indian            | 68 - 76 °F (20 – 24.5 °C)<br>มาตรฐาน ECI |
| Webb          | Singapor<br>(Equatorial ) | Malays<br>Chinese | 77 - 81 °F (25 –27 °C)<br>มาตรฐาน ECI    |
| Ellis         | Singapore<br>(Equatorial) | European          | 72 - 79 °F (22 – 26 °C)<br>มาตรฐาน ECI   |

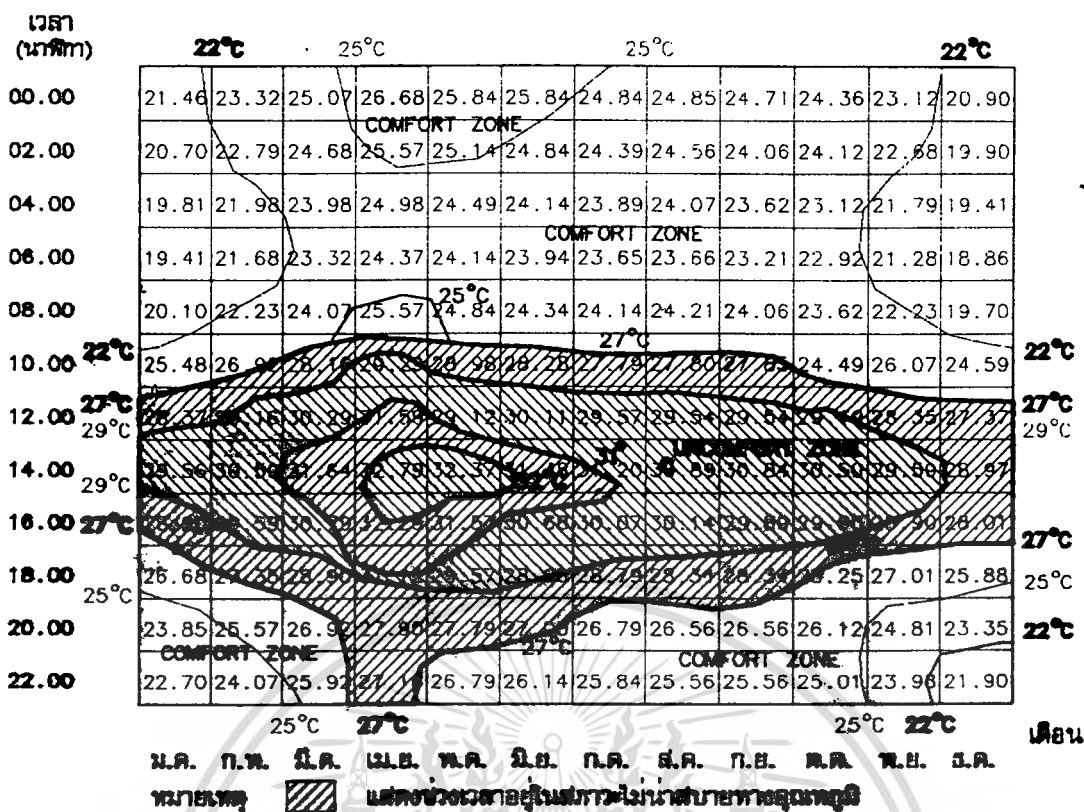
ในการวิจัยนี้จะคำนึงถึงมาตรฐานของชาวพื้นเมืองและตำแหน่งเส้นรุ้งเป็นสำคัญด้วยซึ่งค่าบ่งบอกความสบายทางด้านอุณหภูมิของคนไทยที่ได้ตั้งตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 แสดงช่วงอุณหภูมิบ่งบอกความสบายทางด้านอุณหภูมิระหว่างตำแหน่งที่ตั้งต่างๆ

| ประเทศ    | ตำแหน่งที่ตั้ง | อุณหภูมิต่ำสุด °C | อุณหภูมิสูงสุด °C |
|-----------|----------------|-------------------|-------------------|
| Indonesia | 6 °South       | 20                | 26                |
| Singapore | 0 °            | 25                | 27                |
| Thailand  | 14 ° North     | 22                | 27                |
| India     | 22 ° North     | 20                | 24                |

สำหรับอุณหภูมิที่บ่งบอกความสบายโดย Webb C.G. :1960 สำหรับประเทศสิงคโปร์ที่เสนอแนะไว้คือ 25.6 องศาเซลเซียส ECI สำหรับขีดความสบายที่ได้ผลดีที่สุด และ 27.7 องศาเซลเซียส ECI สำหรับขีดสูงสุดของความสบาย เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าค่ามาตรฐานอุณหภูมิสบายของคนในแต่ละประเทศนั้นแตกต่างกันอยู่บ้าง อันเนื่องมาจากตัวแปรต่างๆ ซึ่งจะต้องมีการทดลองวัดค่าความเคยชินของอากาศและการใช้การประมวลค่าสถิติ เพื่อกำหนดค่าที่ใกล้เคียงความจริงที่สุดออกมา เนื่องจากประเทศสิงคโปร์อยู่ในเขตร้อน ซึ่งมีภูมิอากาศคล้ายคลึงกับประเทศไทย

ดังนั้นสำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจะยอมรับค่าที่เสนอแนะนี้เป็นมาตรฐานวัดความสบายทางอุณหภูมิของคนไทย ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยจะยึดค่าสูงสุดที่ทำให้ผู้อยู่อาศัยยังอยู่ในเกณฑ์ความสบายทางอุณหภูมิ คือ 27.0 องศาเซลเซียส (ECI) ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 77% และเกณฑ์ต่ำสุดไว้ที่ 22.0 องศาเซลเซียส(ECI) ซึ่งจะได้เส้นแสดงอุณหภูมิที่บ่งบอกความสบายในเขต กรุงเทพมหานคร ดัง ภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 แสดงอุณหภูมิที่บ่งบอกความสบายในกรุงเทพมหานคร (ECI) กรณีสภาพอากาศหนึ่ง

ค่าอุณหภูมิบ่งบอกความสบายของเขต กรุงเทพมหานคร ตามมาตรฐาน ECI จะเห็นได้ว่าเมื่อสภาพอากาศหนึ่งอุณหภูมิส่วนใหญ่ในช่วงเวลากลางวัน ตั้งแต่ 09.00 - 19.00 น. จะพบได้ว่าอุณหภูมิอยู่ในช่วงไม่สบายต่อผู้อยู่อาศัยในอาคารบ้านเรือน ซึ่งถ้ามีปริมาณกระแสลมจากธรรมชาติมาช่วยก็สามารถลดอุณหภูมิในช่วงไม่เกิดความสบายได้แต่เป็นส่วนน้อย ถ้ามีกระแสลมมากกว่า 1.50 เมตร/วินาที ทำให้อุณหภูมิลดลง แต่กระแสลมทำความรบกวนผู้อยู่อาศัย และกิจกรรมนั้นๆ

กระแสลมและการระบายอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งของสภาวะความสบายทางด้านอุณหภูมิ ซึ่งมีเหตุผล 3 ประการคือ

1. อากาศที่เคลื่อนไหวจะพัดพาความร้อนที่อยู่รอบๆ ตัวไป
2. อากาศที่เคลื่อนไหวจะพัดพาความชื้น และทำให้เกิดสภาวะที่เหมาะสมขึ้น สำหรับร่างกายที่จะระบายความร้อนโดยการระเหยของน้ำด้วยตัวของมันเองในรูปของเหงื่อ
3. อากาศที่เคลื่อนไหวช่วยไม่ให้เกิดการสะสมของมลภาวะ

ปริมาณของอากาศที่เคลื่อนที่ เพื่อสร้างสภาวะที่เหมาะสมต้องการอยู่ระหว่างความเร็ว 0.051 - 0.077 เมตรต่อวินาที ถ้าความเร็วของอากาศที่ต่ำกว่านี้ มีผลทำให้รู้สึกอากาศไม่ถ่ายเท ถ้าอากาศในห้องมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิที่น่าสบาย แต่กระแสลมที่มีความเร็ว 0.255 - 1.02 เมตรต่อวินาที และพัดเข้ามาอย่างสม่ำเสมอก็สามารถทำให้เรารู้สึกสบายอยู่ได้ อากาศที่เคลื่อนที่เร็วมากกว่า 1.02 เมตรต่อ



ตารางที่ 2.9 แสดงจำนวนเดือน เวลา ที่อุณหภูมิไม่อยู่ในสภาวะที่น่าสบายทางอุณหภูมิ(ECI)

| ช่วงเดือน  | ช่วงเวลาที่อุณหภูมิเกินขีด<br>สภาวะน่าความสะดวก (น.) | จำนวนชั่วโมงที่อุณหภูมิเกิน<br>ขีดสภาวะน่าสะดวก (ชม./วัน) | อุณหภูมิที่สูงที่สุด<br>( °C) |
|------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------|
| มกราคม     | 11.00 - 17.00                                        | 6                                                         | 29.56                         |
| กุมภาพันธ์ | 11.00 - 17.00                                        | 6                                                         | 30.59                         |
| มีนาคม     | 09.00 - 19.00                                        | 10                                                        | 31.64                         |
| เมษายน     | 09.00 - 21.00                                        | 12                                                        | 32.79                         |
| พฤษภาคม    | 09.00 - 21.00                                        | 12                                                        | 32.37                         |
| มิถุนายน   | 09.00 - 20.00                                        | 11                                                        | 31.48                         |
| กรกฎาคม    | 09.00 - 19.00                                        | 10                                                        | 31.20                         |
| สิงหาคม    | 09.00 - 19.00                                        | 10                                                        | 30.89                         |
| กันยายน    | 09.00 - 19.00                                        | 10                                                        | 30.84                         |
| ตุลาคม     | 11.00 - 19.00                                        | 8                                                         | 30.50                         |
| พฤศจิกายน  | 11.00 - 17.00                                        | 6                                                         | 29.59                         |
| ธันวาคม    | 11.00 - 17.00                                        | 6                                                         | 28.97                         |

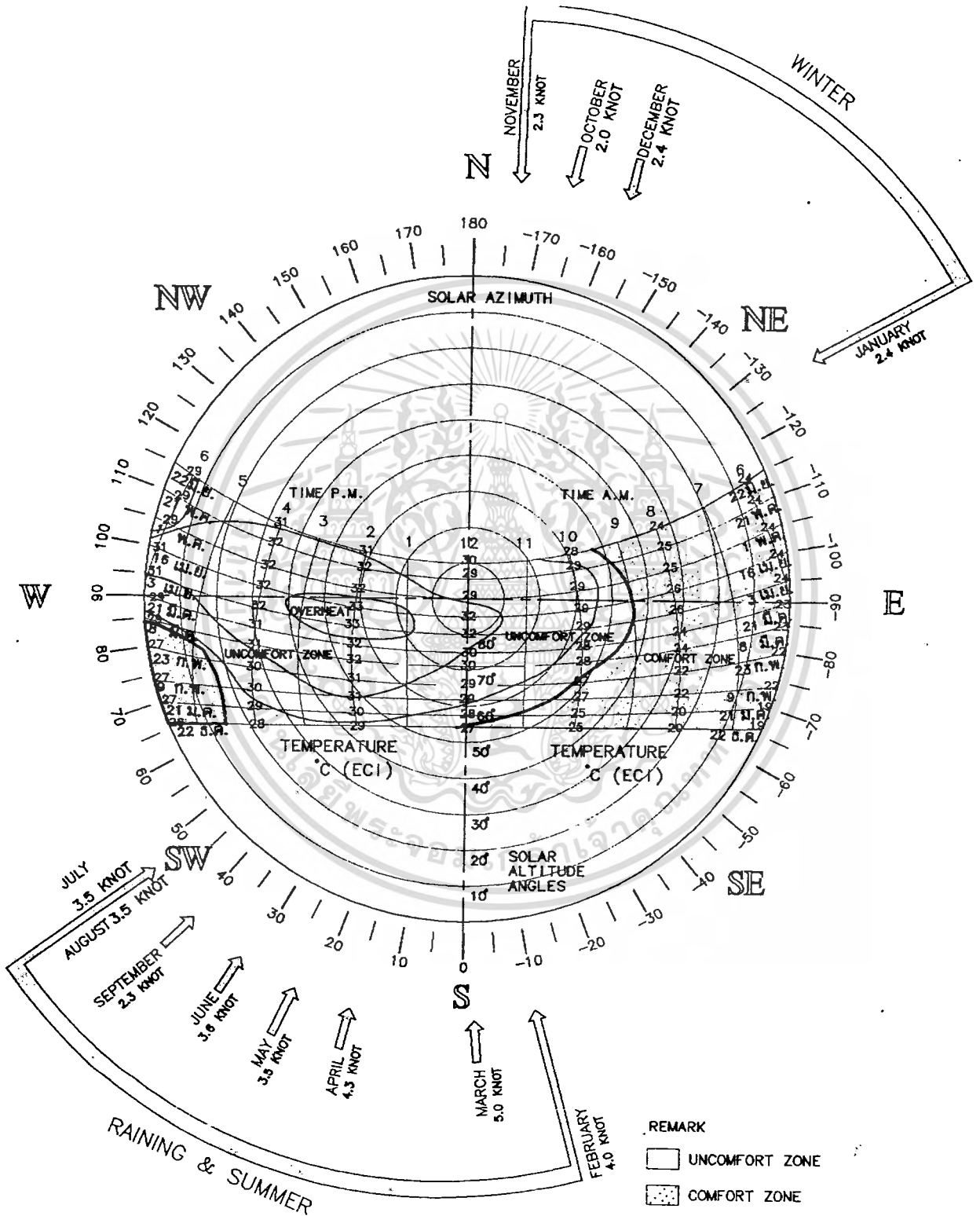
แนวทางการปรับสภาวะความน่าสบายทางอุณหภูมิ ซึ่งกรอบของสภาวะน่าสบายของมนุษย์สามารถถูกกำหนดลงบน Psychrometric Chart สำหรับกรอบนี้จะตกอยู่ในช่วงประมาณระหว่างอุณหภูมิ 20.0 °C (68 °F) ถึง 26.7 °C (80 °F)และช่วงความชื้นสัมพัทธ์ประมาณระหว่าง 20 - 80 % สำหรับในฤดูร้อน หรือภูมิภาคที่มีอากาศร้อน กรอบนี้อาจขยายไปโดยมีอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (DBT) ที่สูงขึ้นเล็กน้อยได้ ดัง ภาพที่ 2.10-2.11 สภาพอากาศที่อยู่นอกกรอบสภาวะน่าสบาย ซึ่งให้เห็นว่ามีความจำเป็นต้องมีการปรับ หรือเปลี่ยนสภาพอากาศ พื้นที่บนแผนรูปภาพที่ ซึ่งสภาพอากาศปรากฏตกอยู่ จะเป็นเครื่องชี้ยุทธวิธีในการออกแบบแต่ละอย่าง ซึ่งจำเป็นสำหรับปรับให้สภาพแวดล้อมของอากาศภายในกลับเข้าไปสู่สภาวะสบาย (Comfort Zone) ถ้าสภาพของอากาศไม่อยู่ในขั้นที่เลวร้ายยุทธวิธีธรรมชาติของการออกแบบโดยใช้ธรรมชาติมาช่วยในการปรับสภาวะอากาศ(Passive Design) สามารถช่วยเสริมให้อยู่ในสภาวะน่าสบายได้ อย่างไรก็ตามเมื่อสภาพอากาศภายนอก เลยจุดสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ ออกไปจากสภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) เมื่อพิจารณาทางด้านตัวอาคารแล้วไม่สามารถจะใช้ธรรมชาติมาช่วยในการออกแบบได้จึงใช้หลักการของระบบเครื่องกล (Active System) นำมาใช้เพื่อให้ได้อุณหภูมิที่น่าสบาย โดยเลือกระบบที่เป็นการประหยัดพลังงานจากการตรวจสอบสภาวะน่าสบายจาก Psychrometric Chart นั้นสภาวะอุณหภูมิในเขตกรุงเทพมหานคร ในช่วงตอนกลางวันสภาพอุณหภูมิจะเกินขีดความสะดวก ในเวลากลางคืนสภาพอุณหภูมิอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสบายมากกว่าเวลากลางวัน ซึ่งทั้งเวลากลางวันและกลางคืนในสภาวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



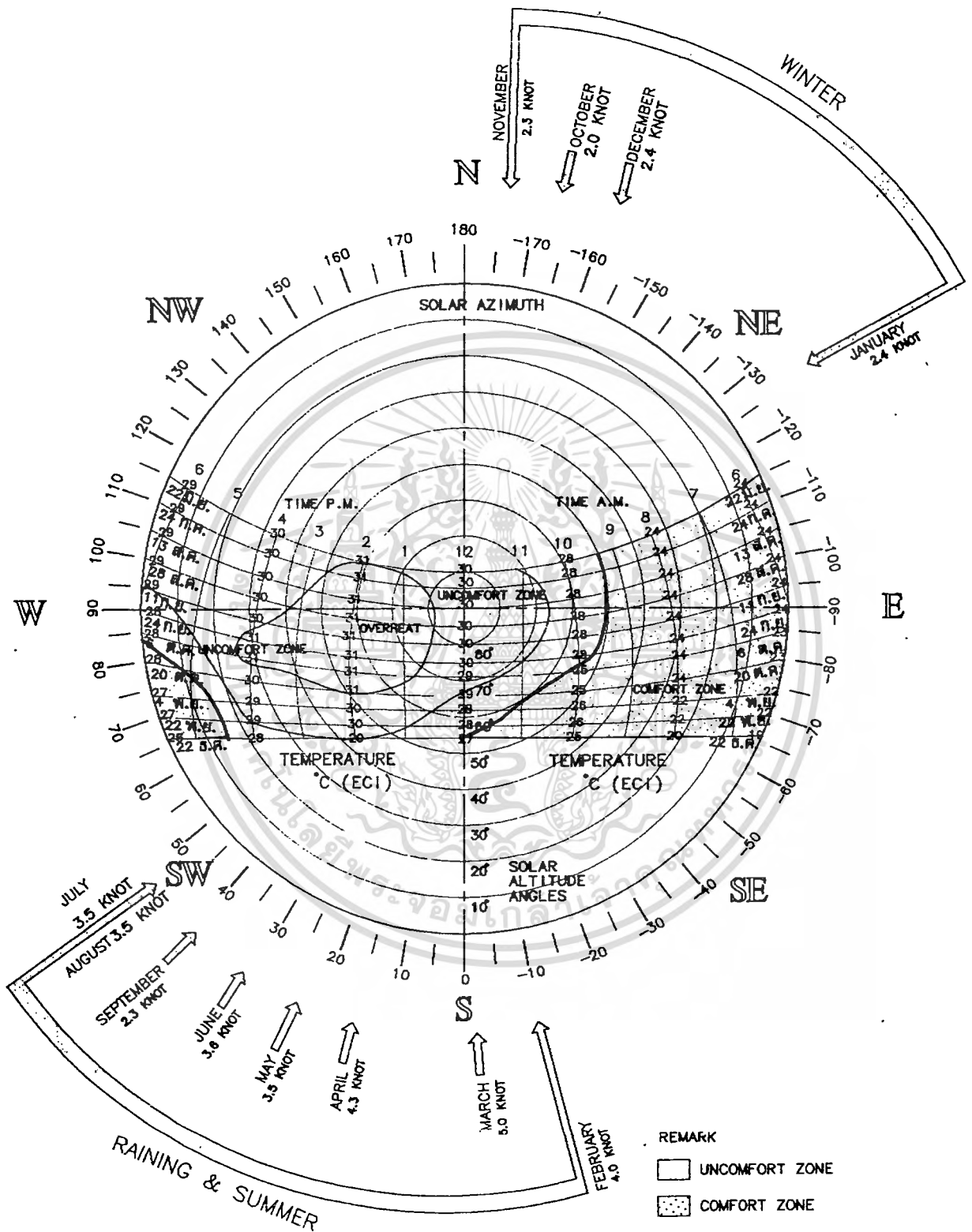
ภูมิอากาศที่เกิดจิตความสบายสามารถจะทำให้อุณหภูมินั้นอยู่ในช่วงสบายได้โดยใช้กระแสลมช่วยในการพัดพาความร้อนออกจากร่างกายมนุษย์, ระบายอากาศออกจากอาคาร และบางช่วงเวลาต้องใช้วิธีการปรับอากาศโดยใช้เครื่องกล



ภาพที่ 2.8 แสดงตรวจสอบอุณหภูมิจาก PSYCHROMETRIC CHART เดือน ม.ค.-มิ.ย.

ในเขตกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

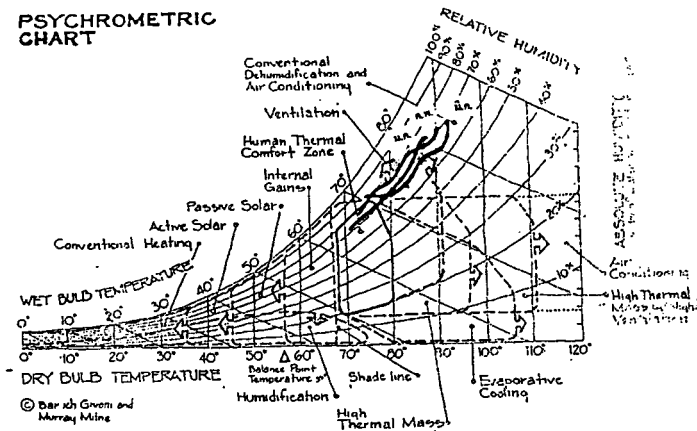


ภาพที่ 2.9 แสดงตรวจสอบอุณหภูมิจาก PSYCHROMETRIC CHART เดือน ก.ค.-ธ.ค.

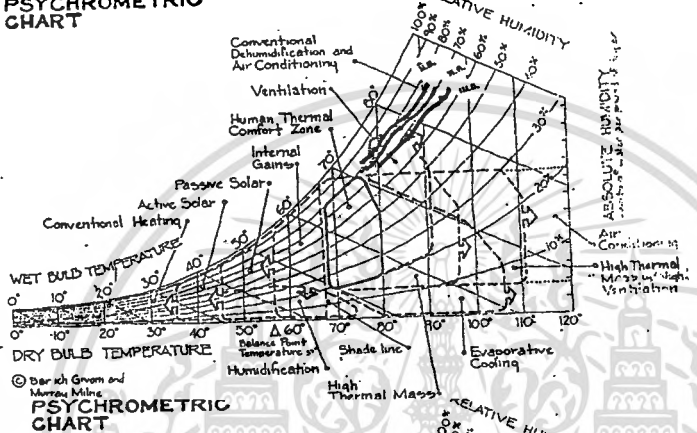
ในเขตกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

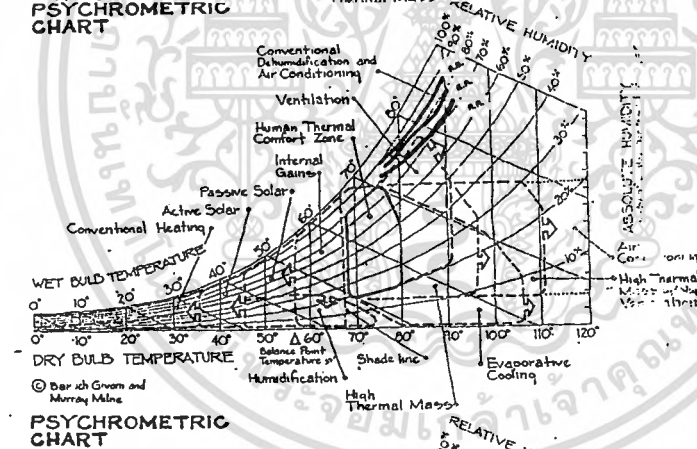
PSYCHROMETRIC CHART



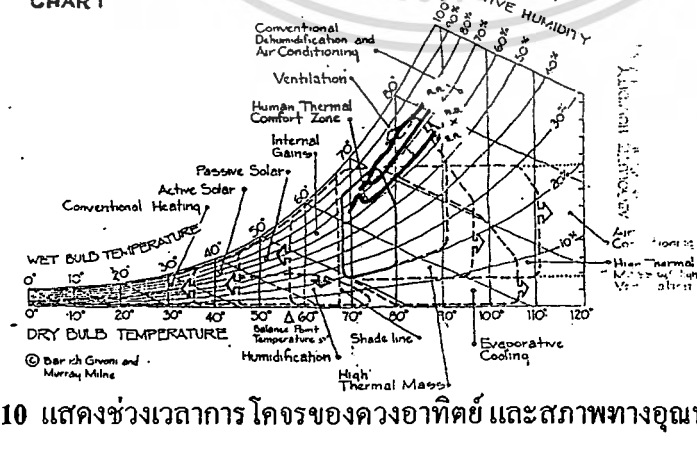
PSYCHROMETRIC CHART



PSYCHROMETRIC CHART



PSYCHROMETRIC CHART



ภาพที่ 2.10 แสดงช่วงเวลาการโคจรของดวงอาทิตย์และสภาพทางอุณหภูมิ °C (ECI)

ในเดือน ม.ค.-ธ.ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# การถ่ายเทความร้อนของวัสดุรอบอาคาร เปรียบเทียบกับกระจก

การเลือกวัสดุควรพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุที่มีผลต่อสภาพภูมิอากาศ สภาพแวดล้อม ราคา คุณสมบัติอื่นๆ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน และงบประมาณด้วย

### 3.1 ลักษณะการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ

ลักษณะการถ่ายเทความร้อน มีลักษณะการถ่ายเทความร้อน 3 ลักษณะ คือ

1. การแผ่รังสี (Radiation) เป็นการเดินทางโดยตรงของพลังงานผ่านที่ว่าง ดังนั้นการถ่ายเทรังสีความร้อนจึงไม่มีตัวกลาง พลังงานรังสีเดินทางจากแหล่งที่ร้อนกว่าในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic waves) ไปสู่ด้านที่เย็นกว่าและถูกดูดซึม (Absorbed) ไป เมื่อมีวัตถุที่ร้อนไม่เท่ากัน หันเข้าสู่กัน ด้านที่ร้อนกว่าจะแผ่รังสีไปสู่ด้านที่เย็นกว่า

2. การพาความร้อน (Convection) เกิดขึ้นเมื่อมีการไหลซึ่งได้แก่ก๊าซหรือของเหลวเข้ามาเกี่ยวข้อง ของไหลเมื่อถูกทำให้ร้อน ( พลังงานความร้อนถูกใส่เพิ่มไปในของไหล ) ของไหลที่บรรจุความร้อนถูกทำให้เคลื่อนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ตัวกลางที่ร้อนเคลื่อนไหลเวียนไปเป็น ผลเนื่องมาจากแรงธรรมชาติ หรือแรงจากเครื่องกลก็ได้โดยธรรมชาติโมเลกุลที่เย็นและหนักกว่าจะตกลง ส่วนโมเลกุลที่ร้อนและเบาจะลอยตัวขึ้นก็จะเกิดการไหลเวียนพาความร้อนเกิดขึ้น

3. การนำความร้อน ( Conduction ) คือการถ่ายเทความร้อนระหว่างโมเลกุลที่ติดข้างเคียงกัน ไม่ว่าจะเป็นโมเลกุลที่อยู่ในสสารเดียวกัน หรือระหว่างสสารสองชนิดที่สัมผัสกันโดยตรง เช่น โมเลกุลของอากาศที่สัมผัสกับสสารที่อุ่น การนำความร้อนเกิดขึ้นเมื่อ โมเลกุลที่อุ่นกว่าสั่นสะเทือน ถ่ายเทพลังงานของมัน ไปยัง โมเลกุลที่เย็นกว่า ตัวกลางของมันเองไม่มีการเคลื่อนที่

### 3.2 การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม

(Overall Thermal Transfer Value Calculation , OTTV )

โดยการพิจารณาถึงองค์ประกอบ ดังนี้

- ก.) การนำความร้อนผ่านผนังทึบ
- ข.) การนำความร้อนผ่านหน้าต่างกระจก
- ค.) การแผ่รังสีผ่านหน้าต่างกระจก

สมการการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ของผนังอาคาร ดังสมการ (3.1) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$OTTV = \frac{(A_w \times U_w \times T_{d_{eq}}) + (A_r \times U_r \times \Delta T) + (A_r \times SC \times SF)}{A_o} \quad (3.1)$$

โดยที่ OTTV = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ( $W/M^2$ )

$A_w$  = พื้นที่เป็นผนังทึบ ( $M^2$ )

$U_w$  = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ ( $W/M^2K$ )

$T_{d_{eq}}$  = ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่เทียบเท่า ( $^{\circ}K$ )

$A_r$  = พื้นที่หน้าต่าง ( $M^2$ )

$U_r$  = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุที่เป็นหน้าต่างหรือผนังโปร่ง ,  
หน้าต่างกระจก ( $W/M^2K$ )

$\Delta T$  = ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายใน ( $^{\circ}K$ )

SC = สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง

SF = ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ ( $W/M^2$ )

$A_o$  = พื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านนอก ( $M^2$ )

$$A_o = A_r + A_w$$

(3.2)

ซึ่งค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคารไม่ควรเกิน 45 วัตต์ต่อตารางเมตร

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาไม่ควรเกิน 25 วัตต์ต่อตารางเมตร

### 3.2.1 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ( U-VALUE )

เป็นส่วนผกผันของค่าความต้านทานความร้อนรวม ( $R_t$ ) เขียนสมการ (3.3)

ได้ดังนี้

$$U = \frac{1}{R_t} \quad (3.4)$$

หากผนังอาคารประกอบด้วยวัสดุมากกว่า 1 ชนิดขึ้นไปค่า  $R_t$  จะสามารถคำนวณได้จากสมการ (3.5) ดังนี้

$$R_t = R_o + \frac{X_1}{k_1} + \frac{X_2}{k_2} + \dots + \frac{X_n}{k_n} + R_i \quad (3.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $R_i$  คือ ความต้านทานความร้อนของอากาศที่ผิวด้านในของผนังอาคาร ( $M^2C/W$ )

$R_o$  คือ ความต้านทานความร้อนที่ผิวด้านนอกของผนังอาคาร ( $M^2C/W$ )

$X_1, X_2, \dots, X_n$  คือ ความหนาของวัสดุที่ประกอบขึ้นเป็นผนังชนิดที่  $1, 2, \dots, n$  ตามลำดับ

$k_1, k_2, \dots, k_n$  คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุชนิดที่  $1, 2, \dots, n$  ตามลำดับ

### 3.2.2 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC)

ในการคำนวณค่า OTTV ค่า SC เกิดจากฟลักซ์รังสีอาทิตย์ (Solar factor, SF) ที่ทะลุผ่านระบบหน้าต่าง ซึ่งอาจประกอบด้วยกระจก และอุปกรณ์บังแดด ต่อฟลักซ์รังสีอาทิตย์ที่ทะลุผ่านกระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร ที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดดใดๆ (ค่าฟลักซ์รังสีอาทิตย์ เป็นผลของฟลักซ์รังสีที่ตกกระทบผ่านหน้าต่างโดยเฉลี่ยสำหรับแนวตั้งของผนังในทิศต่างๆ คือ 160 วัตต์/ตารางเมตร ส่วนแนวนอน คือ 370 วัตต์/ตารางเมตร ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามลักษณะภูมิประเทศที่ตั้ง ในการคำนวณนั้นค่า SF (Solar Factor) ต้องมีการปรับแก้ให้เหมาะสมตามผนังในทิศทางต่างๆ เรียกว่า “ค่าตัวประกอบแก้ไข (Correction factor)” ดังเช่นผนังแนวตั้ง ดังสมการที่ (3.6)

$$SF = 160 \times CF \quad (W/M^2) \quad (3.6)$$

สัมประสิทธิ์การบังแดด(SC)เป็นอัตราส่วนระหว่างความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้าสู่ภายในอาคารทางหน้าต่าง ต่อความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านกระจกหนา 3 มิลลิเมตร ที่ไม่มีการบังแดด แต่โดยปรกติหน้าต่างของอาคาร จะมีส่วนของอุปกรณ์บังแดดด้วย ดังนั้นจึงเขียนเป็นสมการ (3.7) คำนวณได้ดังนี้

$$SC = SC_1 \times SC_2 \quad (3.7)$$

โดยที่  $SC_1$  = เป็นค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก

$SC_2$  = เป็นสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด

ค่า  $SC_1$  จะเป็นค่าที่ผู้ผลิตกระจกกำหนด โดยการประเมินแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบทำมุมกับกระจก 45 องศาจากแนวตั้งฉาก

ค่า  $SC_2$  จะสามารถคำนวณได้จากสมการ (3.8)

$$SC_2 = \frac{A_e \times I_b \times A \times I_d}{A \times i_t} \quad (3.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $A_e$  คือ พื้นที่ของกระจกที่โดนแสง ( $M^2$ )

$A$  คือ พื้นที่รวมของกระจก ( $M^2$ )

$I_D$  คือ ฟลักซ์ของรังสีตรงดวงอาทิตย์ ( $W/M^2$ )

$I_d$  คือ ฟลักซ์ของรังสีกระจายดวงอาทิตย์ ( $W/M^2$ )

$i_t$  คือ ฟลักซ์ของรังสีรวมดวงอาทิตย์ ( $W/M^2$ )

### 3.3 การหน่วงเวลา (Time Lag)

วัสดุเมื่อได้รับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ วัสดุแต่ละชนิดมีความจุความร้อน และการคายความร้อนแตกต่างกันถ้าพิจารณากระเบื้องคอนกรีตหนา 20 ซม. กับไม้หนา 2.5 ซม. โดยให้ความแตกต่างของอุณหภูมิ ระหว่างด้านนอกและด้านในของคอนกรีต ด้านที่อุณหภูมิสูงจะมีการถ่ายเทความร้อนไปหาด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ด้านที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิสูงจะไม่สูงขึ้นในทันที แต่จะค่อยๆอุ่นขึ้นภายหลัง ในระยะเวลาหนึ่งจนถึงจุดอิ่มตัว (Fill up the heat capacity) ซึ่งระยะเวลาที่ใช้กับวัสดุที่เป็นไม้หนา 2.5 ซม.นั้น จะเกิดขึ้นเร็วกว่า ปรากฏการณ์การชลอตัวของการถ่ายเทความร้อนนี้เรียกว่า “การหน่วงเวลา (Time lag)” ซึ่งพบว่าวัสดุที่มีขนาดความจุหรือปริมาตรโดยมวลวัสดุสูง (High capacity materials) มีการหน่วงเวลาของการถ่ายเทความร้อนสูงกว่า วัสดุโดยมวลต่อปริมาตรต่ำ (Low capacity Materials) และปรากฏการณ์ Time lag ที่สิ้นสุดลงเมื่อปริมาตรความจุความร้อน มีการกักเก็บความร้อนเต็มที่ (The storage tank is full) อีกทั้งภายใต้สภาวะคงที่ (Steady-state) ไม่มีการเกิด Time lag (Norbert Lechner, 1991) แต่ในสภาพจริง การหน่วงเวลาของการถ่ายเทความร้อนของวัสดุขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ (Kwang-Woo Kim, 1984 จากวิทยานิพนธ์ประพันธ์ จงปติยัตต์, 1994)

ประโยชน์ของ Time lag ของวัสดุที่เห็นได้ชัดเจน คือ อาคารในแถบภูมิอากาศเขตร้อนแห้ง (Hot and dry climate) มีความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วง 1 วันสูงสุด (Swing temperature) เช่น กลางทะเลทราย ผลของ Time Lag ที่เกิดขึ้นจากมวลของผนังมีคุณสมบัติเป็นฉนวน (Insulating effect of mass) ช่วยให้การถ่ายเทความร้อนถูกกักเก็บในผนังในช่วงเวลากลางวัน และคายความร้อนกลับคืนในช่วงกลางคืน ไม่ทันทีที่ความร้อนจะถ่ายเทเข้าสู่ภายในอาคารทั้งหมด ส่วนในเขตร้อนชื้นแบบประเทศไทยแนวความคิดของ Time lag ช่วยลดการถ่ายเทความร้อนได้บ้างเล็กน้อยเพราะความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างกลางวันและกลางคืนไม่มากพอ

คุณสมบัติในการป้องกันความร้อนของวัสดุคือ ฉนวนความร้อน ซึ่งไม่ยอมให้ปริมาณความร้อนผ่านได้โดยง่ายกับคุณสมบัติในการเป็นตัวหน่วงความร้อน โดยยอมให้ผ่านโดยทิ้งช่วงเวลาหนึ่งก่อนที่จะทะลุผ่านเราเรียกว่า ค่าการหน่วงเวลา (Time lag) ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิดดังแสดงใน ตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงช่วงเวลาที่ความร้อนผ่านผิววัสดุ(Time lag) สำหรับส่วนประกอบอาคาร<sup>17</sup>

| ส่วนของอาคาร                | วัสดุ                                  | ค่าการหน่วงความร้อน<br>(Time Lag) ชม. |
|-----------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| หลังคา                      | แผ่นโลหะ ไม่มีวัสดุกันความร้อน         | 0                                     |
|                             | ไม้เคลือบน้ำมันยางกันความร้อน          | 0.5 - 1.0                             |
|                             | กระเบื้องมีฝ้าเพดานและวัสดุกันความร้อน | 1.5 - 2.5                             |
|                             | คอนกรีตมีฝ้าเพดาน                      | 2.5 - 6.0                             |
| ผนัง                        | ไม้ชั้นเดียวไม่มีวัสดุกันความร้อน      | 0.5 - 1.0                             |
|                             | ไม่มีวัสดุกันความร้อน ( ผนัง 2 ชั้น )  | 1.5 - 3.0                             |
|                             | อิฐ หิน หรือ คอนกรีต                   |                                       |
|                             | หนา 10 cm.                             | 2.3 - 2.6                             |
|                             | หนา 20 cm.                             | 5.0 - 6.0                             |
| ช่องแสงและ<br>ประตูหน้าต่าง | กระจกชั้นเดียว                         | 0                                     |
|                             | กระจก 2 ชั้น                           | 0.0 - 0.5                             |
|                             | ผนังโปร่งแสง ( Glass block )           | 1.0 - 2.1                             |

### 3.4 การวิเคราะห์วัสดุประกอบผนังอาคาร

ปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารเป็นปริมาณที่มาก ส่วนหนึ่งมีผลจากกรอบผนังอาคาร ซึ่งผนังที่จะนำมาวิเคราะห์เป็นผนังที่นิยมใช้กันทั่วไปในอาคารพักอาศัย ดังนี้

1. ผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 10 เซนติเมตร ดังตารางที่ 3.2
2. ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น หนา 20 เซนติเมตร ดังตารางที่ 3.3
3. ผนังก่ออิฐฉาบปูนบุกระเบื้องโมเสก หนา 12 เซนติเมตร ดังตารางที่ 3.4
4. ผนังก่ออิฐฉาบปูนบุยิปซัมบอร์ด หนา 12 เซนติเมตร ดังตารางที่ 3.5
5. ผนังคอนกรีตเสริมเหล็กฉาบปูน หนา 10 เซนติเมตร ดังตารางที่ 3.6
6. ผนังอิฐซีเมนต์บล็อกฉาบปูน หนา 10 เซนติเมตร ดังตารางที่ 3.7
7. ผนังก่ออิฐโปร่งฉาบปูนเรียบ หนา 10 เซนติเมตร ดังตารางที่ 3.8
8. ผนังก่ออิฐโปร่งฉาบปูนเรียบบุยิปซัมบอร์ด หนา 10 เซนติเมตร ดังตารางที่ 3.9

<sup>17</sup> Johni , Yellott. "How materials Reaut to solar Energy. "( Architectural Record, May 1966 )

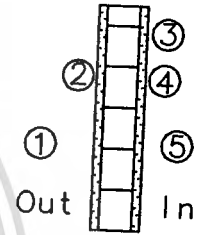


ตารางที่ 3.2 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมผนังก่ออิฐฉาบปูน

| ลำดับที่ | ส่วนประกอบ        | หนา<br>(มม.) | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)<br>(w / m °c ) | ความต้านทานความร้อน (R)<br>(m <sup>2</sup> °c / W ) |
|----------|-------------------|--------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1        | ฟิล์มอากาศด้านนอก |              |                                              | 0.044                                               |
| 2        | ซีเมนต์ฉาบ        | 10           | 0.533                                        | 0.019                                               |
| 3        | อิฐมอญ            | 80           | 0.807                                        | 0.10                                                |
| 4        | ซีเมนต์ฉาบ        | 10           | 0.533                                        | 0.019                                               |
| 5        | ฟิล์มอากาศด้านใน  |              |                                              | 0.120                                               |

$$\text{ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R}_t\text{)} = 0.302 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$$

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)} = 3.31 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

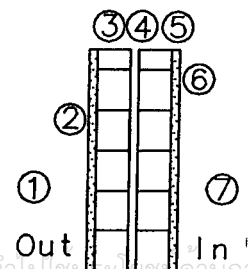


ตารางที่ 3.3 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น

| ลำดับที่ | ส่วนประกอบ         | หนา<br>(มม.) | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)<br>(w / m °c ) | ความต้านทานความร้อน (R)<br>(m <sup>2</sup> °c / W ) |
|----------|--------------------|--------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1        | ฟิล์มอากาศด้านนอก  |              |                                              | 0.044                                               |
| 2        | ซีเมนต์ฉาบ         | 10           | 0.533                                        | 0.019                                               |
| 3        | อิฐมอญ             | 80           | 0.807                                        | 0.100                                               |
| 4        | ช่องว่างอากาศภายใน | 20           |                                              | 0.592                                               |
| 5        | อิฐมอญ             | 80           | 0.807                                        | 0.100                                               |
| 6        | ซีเมนต์            | 10           | 0.533                                        | 0.019                                               |
| 7        | ฟิล์มอากาศด้านใน   |              |                                              | 0.120                                               |

$$\text{ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R}_t\text{)} = 0.994 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$$

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)} = 1.01 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

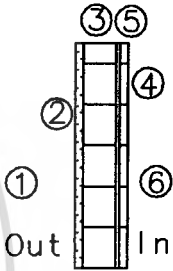


ตารางที่ 3.4 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมผนังก่ออิฐฉาบปูน  
บุกระเบื้องโมเสค

| ลำดับที่ | ส่วนประกอบ        | หนา<br>(มม.) | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)<br>( w / m c ° ) | ความต้านทานความร้อน (R)<br>( m <sup>2</sup> c ° / W ) |
|----------|-------------------|--------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1        | ฟิล์มอากาศด้านนอก |              |                                                | 0.044                                                 |
| 2        | ซีเมนต์ฉาบ        | 10           | 0.533                                          | 0.019                                                 |
| 3        | อิฐมอญ            | 80           | 0.807                                          | 0.100                                                 |
| 4        | กระเบื้องโมเสค    | 12           | 1.299                                          | 0.009                                                 |
| 5        | ซีเมนต์           | 10           | 0.533                                          | 0.019                                                 |
| 6        | ฟิล์มอากาศด้านใน  |              |                                                | 0.120                                                 |

ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R<sub>t</sub>) = 0.311 m<sup>2</sup> c ° / W

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) = 3.21 w / m<sup>2</sup> c °

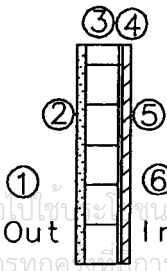


ตารางที่ 3.5 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมผนังก่ออิฐฉาบปูน  
บุยิปซัมบอร์ด

| ลำดับที่ | ส่วนประกอบ        | หนา<br>(มม.) | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)<br>( w / m c ° ) | ความต้านทานความร้อน (R)<br>( m <sup>2</sup> c ° / W ) |
|----------|-------------------|--------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1        | ฟิล์มอากาศด้านนอก |              |                                                | 0.044                                                 |
| 2        | ซีเมนต์           | 10           | 0.533                                          | 0.019                                                 |
| 3        | อิฐมอญ            | 80           | 0.807                                          | 0.100                                                 |
| 4        | ซีเมนต์           | 10           | 0.533                                          | 0.019                                                 |
| 5        | แผ่นยิปซัมบอร์ด   | 12           | 0.191                                          | 0.063                                                 |
| 6        | ฟิล์มอากาศด้านใน  |              |                                                | 0.120                                                 |

ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R<sub>t</sub>) = 0.365 m<sup>2</sup> c ° / W

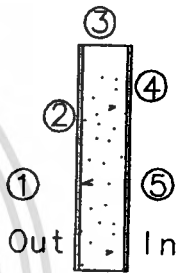
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) = 2.74 w / m<sup>2</sup> c °



ตารางที่ 3.6 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังคอนกรีต

| ลำดับที่ | ส่วนประกอบ        | หนา<br>(มม.) | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)<br>(w / m c°) | ความต้านทานความร้อน (R)<br>(m² c° / W) |
|----------|-------------------|--------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1        | ฟิล์มอากาศด้านนอก |              |                                             | 0.044                                  |
| 2        | ซีเมนต์           | 10           | 0.533                                       | 0.019                                  |
| 3        | คอนกรีต           | 80           | 1.442                                       | 0.055                                  |
| 4        | ซีเมนต์           | 10           | 0.533                                       | 0.019                                  |
| 5        | ฟิล์มอากาศด้านใน  |              |                                             | 0.120                                  |

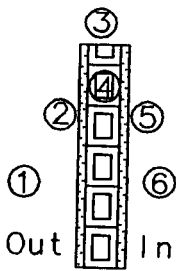
ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R<sub>t</sub>) = 0.257 m² c° / W  
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) = 3.89 w / m² c°



ตารางที่ 3.7 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอิฐซีเมนต์บล็อก

| ลำดับที่ | ส่วนประกอบ            | หนา<br>(มม.) | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)<br>(w / m c°) | ความต้านทานความร้อน (R)<br>(m² c° / W) |
|----------|-----------------------|--------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1        | ฟิล์มอากาศด้านนอก     |              |                                             | 0.044                                  |
| 2        | ซีเมนต์ฉาบ            | 10           | 0.533                                       | 0.019                                  |
| 3        | อิฐซีเมนต์            | 40           | 0.346                                       | 0.087                                  |
| 4        | ช่องอากาศในอิฐซีเมนต์ | 40           |                                             | 0.592                                  |
| 5        | ซีเมนต์ฉาบ            | 10           | 0.533                                       | 0.019                                  |
| 6        | ฟิล์มอากาศด้านใน      |              |                                             | 0.120                                  |

ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R<sub>t</sub>) = 0.881 m² c° / W  
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) = 1.14 w / m² c°

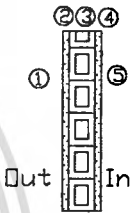


ตารางที่ 3.8 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอิฐ โปรงฉาบปูนเรียบ

| ลำดับที่ | ส่วนประกอบ        | หนา<br>(มม.) | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)<br>(w / m c °) | ความต้านทานความร้อน (R)<br>( m² c ° / W ) |
|----------|-------------------|--------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1        | ฟิล์มอากาศด้านนอก |              |                                              | 0.044                                     |
| 2        | ซีเมนต์ฉาบ        | 10           | 0.533                                        | 0.019                                     |
| 3        | อิฐโปรง           | 80           | 0.116                                        | 0.690                                     |
| 4        | ซีเมนต์ฉาบ        | 10           | 0.533                                        | 0.019                                     |
| 5        | ฟิล์มอากาศด้านใน  |              |                                              | 0.120                                     |

ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R<sub>t</sub>) = 0.892 m² c ° / W

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) = 1.12 w / m² c °

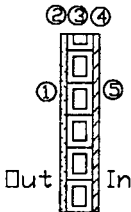


ตารางที่ 3.9 แสดงการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอิฐ โปรงฉาบปูนเรียบ ทุยิปซัมบอร์ด

| ลำดับที่ | ส่วนประกอบ        | หนา<br>(มม.) | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)<br>(w / m c °) | ความต้านทานความร้อน (R)<br>( m² c ° / W ) |
|----------|-------------------|--------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1        | ฟิล์มอากาศด้านนอก |              |                                              | 0.044                                     |
| 2        | ซีเมนต์ฉาบ        | 10           | 0.533                                        | 0.019                                     |
| 3        | อิฐโปรง           | 80           | 0.116                                        | 0.690                                     |
| 4        | ทุยิปซัมบอร์ด     | 9            | 0.191                                        | 0.047                                     |
| 5        | ฟิล์มอากาศด้านใน  |              |                                              | 0.120                                     |

ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R<sub>t</sub>) = 0.920 m² c ° / W

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) = 1.09 w / m² c °



ตารางที่ 3.10 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนังอาคารแต่ละชนิด

| ลำดับ<br>ที่ | ชนิดของผนัง                      | ค่าสัมประสิทธิ์การ<br>ถ่ายเทความร้อน (U)<br>$w / m^2 \cdot ^\circ c$ | ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ( OTTV )<br>$w / m^2$ |               |            |
|--------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------|------------|
|              |                                  |                                                                      | ผนังสีอ่อน                                    | ผนังสีปานกลาง | ผนังสีเข้ม |
| 1.           | ผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น 20 ซม.   | 1.01                                                                 | 10.1                                          | 11.1          | 12.1       |
| 2.           | ผนังก่ออิฐโปร่งฉาบปูนบุฉนวน      | 1.09                                                                 | 10.9                                          | 11.9          | 13.1       |
| 3.           | ผนังก่ออิฐโปร่งฉาบปูนเรียบ       | 1.12                                                                 | 11.2                                          | 12.3          | 13.4       |
| 4.           | ผนังอิฐซีเมนต์บล็อกฉาบปูนเรียบ   | 1.14                                                                 | 13.68                                         | 14.82         | 15.92      |
| 5.           | ผนังก่ออิฐฉาบปูนบุฉนวนบอร์ด      | 2.74                                                                 | 27.4                                          | 30.14         | 32.88      |
| 6.           | ผนังก่ออิฐฉาบปูนบุกระเบื้องโมเสค | 3.21                                                                 | 32.1                                          | 35.3          | 38.5       |
| 7.           | ผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 10 ซม.      | 3.31                                                                 | 33.1                                          | 36.3          | 39.6       |
| 8.           | ผนังคอนกรีต หนา 10 ซม.           | 3.89                                                                 | 38.9                                          | 42.79         | 46.68      |

หมายเหตุ : ผนังสีอ่อน เช่น สีขาว , ผนังสีปานกลาง เช่น สีเขียวอ่อน , ผนังสีเข้ม เช่น ผนังสีน้ำเงิน

สำหรับผนังอาคารค่าพลังงานความร้อนจะแปรไปตามคุณสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุผนัง ( ความเป็นฉนวนความร้อน ) หากวัสดุมีค่าความต้านทานความร้อนที่ดี มีผนังที่หนา สีผิวของผนังเป็นสีอ่อน และมีมวลของผนังน้อย ก็จะสามารถต้านทานพลังงานความร้อนที่จะผ่านเข้ามาในอาคาร ผนังที่นิยมก่อสร้างกันทั่วไปหากไม่มีช่องเปิดที่เป็นกระจก เช่น หน้าต่าง ส่วนใหญ่จะมีค่าการถ่ายเทความร้อนต่อตารางเมตรต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 45 วัตต์/ ตารางเมตร ยกเว้นผนังคอนกรีต หนา 10 ซม. ที่ทาสีปานกลางถึงเข้ม ส่วนใหญ่ใช้เป็นโครงสร้างหลัก ส่วนผนังก่ออิฐฉาบปูน 2 ชั้น หนา 20 ซม. นั้นมีราคาแพงกว่าผนังปกติ 2 เท่า น้ำหนักมาก ไม่ค่อยนิยมส่วนมากทำเป็นผนังทนไฟเป็นส่วนใหญ่ ผนังอิฐซีเมนต์บล็อก ต้านทานความร้อนดี แต่มีปัญหาเรื่องความชื้นที่อิฐซีเมนต์บล็อกจะเก็บความชื้นได้ดีทำให้สีที่ทาลอกออก ไม่สามารถเจาะกำแพงรับแรงเพื่อแขวนรูปภาพได้มาก ในงานวิจัยนี้ ควรมีการปรับปรุงผนังก่ออิฐฉาบปูนโดยบุฉนวนบอร์ดภายในอาคาร รวมความหนา 12 ซม. จะทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนลดลง ราคาเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 100 บาท/ตารางเมตร ส่วนการเลือกใช้ผนังอาคาร ผู้วิจัยเลือกผนังก่ออิฐโปร่งฉาบปูนเรียบ เนื่องจากสามารถต้านทานความร้อนได้ดี ก่อสร้างได้สะดวก ราคาเพิ่มขึ้นจากผนังก่ออิฐฉาบปูนประมาณ 80 บาท/ตารางเมตร ดังแสดงในตารางที่ 3.10 ฉะนั้นในการเลือกชนิดของวัสดุประกอบผนังอาคารควรพิจารณาถึงคุณสมบัติต่างๆ ประกอบด้วย เช่น ความสวยงาม ราคาค่าก่อสร้าง ความมั่นคงแข็งแรง ความร้อนที่ถ่ายเทเข้ามา ความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม เพื่อให้ได้ผนังที่มีคุณภาพประกอบอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การวิเคราะห์วัสดุประกอบหลังคาอาคาร

อาคารทุกหลังจะต้องมีหลังคา เพื่อป้องกันแสงแดด ลม พายุฝน ความสวยงาม หลังคาเป็นส่วนที่รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มากที่สุด ฉะนั้นการออกแบบจึงควรพิจารณาให้สามารถป้องกันความร้อนจากดวงอาทิตย์ ทำให้อุณหภูมิภายในอาคาร การเลือกวัสดุประกอบหลังคาก็เป็นส่วนหนึ่งของการป้องกันค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งในการวิเคราะห์นี้จะวิเคราะห์ชนิดของวัสดุที่ใช้ประกอบหลังคาโดยทั่วไปคือ

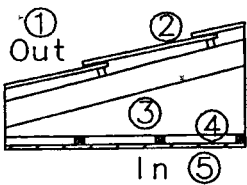
1. หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด ดังตารางที่ 3.11
2. หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานบุอลูมิเนียมฟอยล์กับยิปซัมบอร์ด ดังตารางที่ 3.12
3. หลังคากระเบื้องซีแพคโมเนีย ฝ้าเพดานบุยิปซัมบอร์ด ดังตารางที่ 3.13
4. หลังคากระเบื้องซีแพคโมเนีย ฝ้าเพดานบุอลูมิเนียมฟอยล์กับยิปซัมบอร์ด ดังตารางที่ 3.14
5. หลังคาคอนกรีต หนา 10 เซนติเมตร ดังตารางที่ 3.15
6. หลังคาคอนกรีต หนา 10 เซนติเมตร ฝ้าเพดานบุยิปซัมบอร์ด ดังตารางที่ 3.16
7. หลังคาคอนกรีต หนา 10 เซนติเมตร บุนิโอสเตค ฝ้าเพดานบุอลูมิเนียมฟอยล์กับยิปซัมบอร์ด ดังตารางที่ 3.17

ตารางที่ 3.11 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคากระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด

| ลำดับที่ | ส่วนประกอบ         | หนา<br>(มม.) | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)<br>(w / m c°) | ความต้านทานความร้อน (R)<br>(m² c° / W) |
|----------|--------------------|--------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1        | ฟิล์มอากาศด้านนอก  |              |                                             | 0.055                                  |
| 2        | กระเบื้องลอนคู่    | 10           | 0.198                                       | 0.05                                   |
| 3        | ช่องอากาศใต้หลังคา |              |                                             | 0.165                                  |
| 4        | แผ่นยิปซัมบอร์ด    | 12           | 0.191                                       | 0.06                                   |
| 5        | ฟิล์มอากาศด้านใน   |              |                                             | 0.140                                  |

ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R<sub>t</sub>) = 0.47 m² c° / W

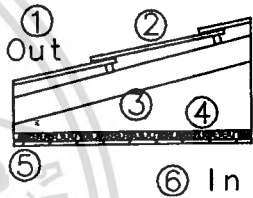
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) = 2.13 w / m² c°



ตารางที่ 3.12 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคากระเบื้องลอนคู่  
ฝ้าเพดานอลูมิเนียมฟอยล์ กับยิบซัมบอร์ด

| ลำดับที่ | ส่วนประกอบ         | หนา<br>(มม.) | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)<br>(w / m c°) | ความต้านทานความร้อน (R)<br>(m² c° / W) |
|----------|--------------------|--------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1        | ฟิล์มอากาศด้านนอก  |              |                                             | 0.055                                  |
| 2        | กระเบื้องลอนคู่    | 10           | 0.198                                       | 0.05                                   |
| 3        | อลูมิเนียมฟอยล์    | 50           | 0.038                                       | 1.315                                  |
| 4        | ช่องอากาศใต้หลังคา |              |                                             | 0.165                                  |
| 5        | แผ่นยิบซัมบอร์ด    | 12           | 0.191                                       | 0.06                                   |
| 6        | ฟิล์มอากาศด้านใน   |              |                                             | 0.140                                  |

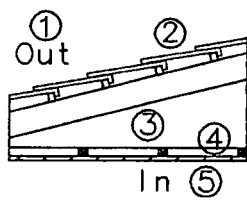
ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R<sub>t</sub>) = 1.762 m² c° / w  
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) = 0.56 w / m² c°



ตารางที่ 3.13 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคากระเบื้องซีแพค โมเนีย  
ฝ้าเพดานยิบซัมบอร์ด

| ลำดับที่ | ส่วนประกอบ         | หนา<br>(มม.) | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)<br>(w / m c°) | ความต้านทานความร้อน (R)<br>(m² c° / W) |
|----------|--------------------|--------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1        | ฟิล์มอากาศด้านนอก  |              |                                             | 0.055                                  |
| 2        | กระเบื้อง C - Pac  | 20           | 0.836                                       | 0.024                                  |
| 3        | ช่องอากาศใต้หลังคา |              |                                             | 0.165                                  |
| 4        | แผ่นยิบซัมบอร์ด    | 12           | 0.191                                       | 0.063                                  |
| 5        | ฟิล์มอากาศด้านใน   |              |                                             | 0.140                                  |

ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R<sub>t</sub>) = 0.447 m² c° / w  
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) = 2.24 w / m² c°

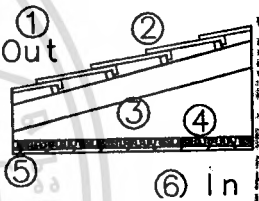


ตารางที่ 3.14 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา  
กระเบื้องซีแพคโมเนีย ฝ้าเพดานอลูมิเนียมฟอยล์กับยิปซัมบอร์ด

| ลำดับที่ | ส่วนประกอบ         | หนา<br>(มม.) | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)<br>(w / m °c ) | ความต้านทานความร้อน (R)<br>( m² c° / W ) |
|----------|--------------------|--------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1        | ฟิล์มอากาศด้านนอก  |              |                                              | 0.055                                    |
| 2        | กระเบื้อง C - Pac  | 20           | 0.836                                        | 0.024                                    |
| 3        | อลูมิเนียมฟอยล์    | 50           | 0.038                                        | 1.315                                    |
| 4        | ช่องอากาศใต้หลังคา |              |                                              | 0.158                                    |
| 5        | แผ่นยิปซัมบอร์ด    | 12           | 0.191                                        | 0.063                                    |
| 6        | ฟิล์มอากาศด้านใน   |              |                                              | 0.140                                    |

ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R<sub>t</sub>) = 1.755 m² c° / W

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) = 0.67 w / m² c°

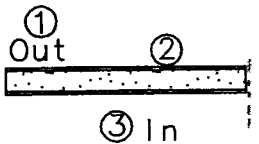


ตารางที่ 3.15 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาคอนกรีต  
หนา 10 cm ไม่มีฝ้าเพดาน

| ลำดับที่ | ส่วนประกอบ        | หนา<br>(มม.) | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)<br>(w / m °c ) | ความต้านทานความร้อน (R)<br>( m² c° / W ) |
|----------|-------------------|--------------|----------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1        | ฟิล์มอากาศด้านนอก |              |                                              | 0.055                                    |
| 2        | คอนกรีต           | 100          | 1.442                                        | 0.069                                    |
| 3        | ฟิล์มอากาศด้านใน  |              |                                              | 0.140                                    |

ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R<sub>t</sub>) = 0.264 m² c° / W

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) = 3.79 w / m² c°



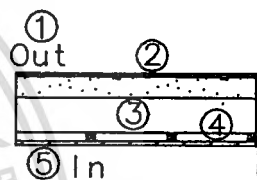


ตารางที่ 3.16 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาคอนกรีต  
ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด

| ลำดับที่ | ส่วนประกอบ         | หนา<br>(มม.) | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)<br>(w / m °C) | ความต้านทานความร้อน (R)<br>(m <sup>2</sup> °C / W) |
|----------|--------------------|--------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1        | ฟิล์มอากาศด้านนอก  |              |                                             | 0.055                                              |
| 2        | คอนกรีต            | 100          | 1.442                                       | 0.069                                              |
| 3        | ช่องอากาศใต้หลังคา |              |                                             | 0.158                                              |
| 4        | แผ่นยิปซัมบอร์ด    | 12           | 0.191                                       | 0.063                                              |
| 5        | ฟิล์มอากาศด้านใน   |              |                                             | 0.14                                               |

ค่าความต้านทานความร้อนรวม ( $R_t$ ) = 0.485 m<sup>2</sup> °C / W

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ( $U$ ) = 2.06 w / m<sup>2</sup> °C

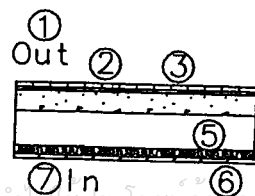


ตารางที่ 3.17 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาคอนกรีตบุไม้อัดฝ้า  
เพดานบุอลูมิเนียมฟอยล์กับยิปซัมบอร์ด

| ลำดับที่ | ส่วนประกอบ         | หนา<br>(มม.) | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)<br>(w / m °C) | ความต้านทานความร้อน (R)<br>(m <sup>2</sup> °C / W) |
|----------|--------------------|--------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1        | ฟิล์มอากาศด้านนอก  |              |                                             | 0.055                                              |
| 2        | กระเบื้องไม้อัด    |              | 1.298                                       | 0.009                                              |
| 3        | คอนกรีต            | 100          | 1.442                                       | 0.069                                              |
| 4        | ช่องอากาศใต้หลังคา |              |                                             | 0.158                                              |
| 5        | อลูมิเนียมฟอยล์    | 50           | 0.038                                       | 1.315                                              |
| 6        | แผ่นยิปซัมบอร์ด    | 12           | 0.191                                       | 0.047                                              |
| 7        | ฟิล์มอากาศด้านใน   |              |                                             | 0.140                                              |

ค่าความต้านทานความร้อนรวม ( $R_t$ ) = 1.793 m<sup>2</sup> °C / W

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ( $U$ ) = 0.557 w / m<sup>2</sup> °C



ตารางที่ 3.18 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านหลังคา และฝ้าเพดานแต่ละชนิดเข้าสู่อาคาร

| ลำดับ<br>ที่ | ชนิดของผนัง                                                | ค่าสัมประสิทธิ์การ<br>ถ่ายเทความร้อน (U)<br><br>$w / m^2 \cdot ^\circ C$ | ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ( OTTV )<br><br>$w / m^2$ |               |            |
|--------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------|------------|
|              |                                                            |                                                                          | ผนังสีอ่อน                                        | ผนังสีปานกลาง | ผนังสีเข้ม |
| 1.           | หลังคาคอนกรีตปูกระเบื้องโมเสค<br>บุฉนวนโฟมกับขีปนํ้าขี้หมู | 0.56                                                                     | 11.14                                             | 13.37         | 15.59      |
| 2.           | หลังคากระเบื้องลอนคู่ ฝ้าเพดานฉนวน<br>โฟมกับขีปนํ้าขี้หมู  | 0.56                                                                     | 11.2                                              | 13.4          | 15.7       |
| 3.           | หลังคา C-Pac ฝ้าเพดานฉนวน<br>โฟมกับขีปนํ้าขี้หมู           | 0.67                                                                     | 13.4                                              | 16.1          | 18.8       |
| 4.           | หลังคาคอนกรีตบุขีปนํ้าขี้หมู                               | 2.06                                                                     | 32.96                                             | 41.2          | 49.4       |
| 5.           | หลังคากระเบื้องลอนคู่บุขีปนํ้า<br>ขี้หมู                   | 2.13                                                                     | 42.6                                              | 51.12         | 59.6       |
| 6.           | หลังคา C-Pac บุษบขี้หมู                                    | 2.24                                                                     | 44.8                                              | 53.8          | 62.7       |
| 7.           | หลังคาคอนกรีตหนา 10 ซม.                                    | 3.79                                                                     | 60.64                                             | 75.8          | 90.96      |

หมายเหตุ : หลังคาสีอ่อน เช่น สีไข่ไก่ สีเหลืองอ่อน , หลังคาสีปานกลาง เช่น สีเขียวอ่อน สีส้ม สีน้ำเงินอ่อน  
หลังคาสีเข้ม เช่น สีแดง สีน้ำเงิน สีน้ำตาล

ผลจากตารางที่ 3.18 วัสดุประกอบหลังคาซึ่งพลังงานความร้อนที่ถ่ายเข้าสู่อาคารทางหลังคาจะเป็นไปในลักษณะเดียวกัน โดยแปรไปตามคุณสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุหลังคาและฝ้าเพดาน สี และความหนาแน่นของมวลหลังคา สำหรับวัสดุหลังคาที่นิยมก่อสร้างกันทั่วไปจะมีค่าการถ่ายเทความร้อนต่อตารางเมตรสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 25 วัตต์ต่อตารางเมตร แต่เมื่อมีการใช้ฉนวนกันความร้อนไม่ว่าจะเป็นฉนวนโฟมกับขีปนํ้าขี้หมู ฉนวนใยแก้ว จะทำให้ค่าของการถ่ายเทความร้อนลดลงเป็นอย่างมาก ซึ่งต่ำกว่า 25 วัตต์ต่อตารางเมตรด้วย ดังนั้นการออกแบบอาคารในส่วนของหลังคาและฝ้าเพดานนั้น สถาปนิกมักมีการออกแบบรูปทรงต่าง ๆ เพื่อความสวยงาม แข็งแรงปกคลุมอาคาร ควรจะติดตั้งฝ้าเพดานที่มีฉนวนกันความร้อนเพิ่มหรือแผ่นสะท้อนแสงฉนวนโฟมกับขีปนํ้าขี้หมู เพื่อให้ความร้อนที่เข้ามาถ่ายเทในอาคารน้อยลง และช่วยลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศ

### 3.6 การวิเคราะห์วัสดุประกอบ ประตู หน้าต่าง

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า หน้าต่างกระจกมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานภายในอาคารเป็นอย่างมากไม่ว่าจะเป็นระบบไฟฟ้า แสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และระบบให้ความร้อนในขณะไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- ใช้ทำกระจกเงา กระจกนิรภัยสำหรับรถยนต์ โดยมีส่วนประกอบอื่นเพิ่ม

## 2. คุณสมบัติกระจกสีตัดแสง ( Heat Absorbing Glass )

กระจกสีตัดแสงเป็นกระจกโปร่งใส ซึ่งสีต่าง ๆ นั้นเกิดจากการเติมออกไซด์ของโลหะ เช่น เหล็ก โคบอลต์ หรือ ซีเลเนียม ลงในส่วนผสมวัตถุดิบ จึงช่วยในการดูดกลืนพลังงานความร้อนได้เป็นอย่างดี

- คุณภาพของกระจกสีตัดแสง กระจกสีตัดแสงสามารถดูดกลืนพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ส่องมากระทบพื้นผิวกระจกได้ถึงร้อยละ 35 - 50 จึงมีส่วนช่วยอย่างมากต่อการลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ กระจกสีตัดแสงยังช่วยในการลดความสว่างจ้าของแสง ที่ส่องผ่านหน้าต่างเข้ามาในอาคารทำให้ได้แสงที่นุ่มนวลสบายตา เพิ่มบรรยากาศที่ร่มเย็นแก่ตัวอาคาร

- สีของกระจกตัดแสง มีให้เลือกใช้ถึง 4 สี คือ

กระจกสีตัดแสงสีเทา ( Coolgray )

กระจกสีตัดแสงสีชาดำ ( Dark Coolgray )

กระจกสีตัดแสงสีบรอนซ์ ( Coolbronze )

กระจกสีตัดแสงสีฟ้า ( Sky Cool )

- การใช้งานของกระจกสีตัดแสง ใช้กับส่วนภายนอกของอาคารทั่วไป อาคารพาณิชย์ และหน้าต่างอาคารบ้านพักอาศัย ใช้กับเครื่องเรือน ฉากกั้น หรือ การตกแต่งภายในอาคาร

- ข้อควรระวังสำหรับการออกแบบและติดตั้งกระจกสีตัดแสง ไม่ควรให้ลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศเป่ากระทบผิวหน้าของกระจกโดยตรง ไม่ควรติดตั้งผ้า幔ที่หนาทึบ หรือวางตู้เหล็กหรือตู้อื่น ๆ ชิดกับแผ่นกระจกที่ติดตั้ง เพราะจะก่อให้เกิดการสะสมความร้อนทำให้กระจกแตกร้าวง่าย ในกรณีที่กระจกสีตัดแสงสะสมความร้อนไว้นานมีอุณหภูมิสูง โอกาสในการแตกร้าวของกระจก เนื่องจากความร้อน ( Thermal Crack ) จะมีมากกว่ากระจกใสธรรมดา

## 3. คุณสมบัติกระจกสะท้อนแสง ( Heat Reflective Glass )

- คุณภาพของกระจกสะท้อนแสง สีของกระจกมีให้เลือกหลายสี และมีคุณสมบัติคล้ายกระจกเงา ก่อให้เกิดทัศนียภาพของอาคารโดดเด่น สามารถสะท้อนรูปลักษณะภายนอกของอาคารตามจินตนาการของผู้ออกแบบ ประหยัดพลังงาน สามารถสกัดกั้นพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ส่องมากระทบทุกช่วงเวลา จึงช่วยลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในระยะสั้นและระยะยาว สร้างความสมดุลระหว่างแสงสว่างที่ส่องผ่านเข้ามาในอาคารกับแสงที่สะท้อนออกสู่ภายนอก จึงช่วยลดความสว่างจ้าของแสงก่อให้เกิดบรรยากาศแห่ง ความรื่นรมย์และสบายตาแก่ผู้พักอาศัย สร้างภาพส่วนตัวโดยการสะท้อนกลับแบบกระจกเงา ชั้นผิวของโลหะที่เคลือบบนกระจกสะท้อนแสงจะสะท้อนแสงกลับทำให้นुकคณภายนอกด้านสว่างกว่ามองผ่านเข้ามาในห้องได้ลำบาก จึงช่วยรักษาความเป็นส่วนตัวไว้ได้เป็นอย่างดี

- การใช้งานของกระจกสะท้อนแสง ใช้กับอาคารสูงระฟ้า และอาคารพาณิชย์ทั่วไป เช่น สำนักงาน ศูนย์กลางแสดงสินค้า และ โรงแรม เป็นต้น ใช้กับอาคารสถานบริการต่าง ๆ เช่น ห้องสมุด พิพิธภัณฑ์ และศูนย์วัฒนธรรม

- ข้อควรระวังสำหรับการใช้งานและบำรุงรักษากระจกสะท้อนแสง ในสภาพการใช้งานทั่วไป ด้านที่มีการเคลือบสารสะท้อนแสงมีความถาวรและคงทนมาก แต่หากถูกวัสดุแข็ง เช่น โลหะ ทำให้เป็นรอยขีดข่วนแล้วประสิทธิภาพของกระจกอาจจะค่อยลงไปบ้าง สิ่งสกปรกและฝุ่นละอองที่มากระทบกระจกสะท้อนแสง จะสังเกตเห็นได้ง่ายกว่าบนกระจกใสหรือบนกระจกสีตัดแสง ทั้งนี้เพราะผิวของกระจกสะท้อนแสงมีคุณสมบัติการสะท้อนได้มากกว่า ฉะนั้นการดูแลรักษาความสะอาดจึงควรอย่างน้อยทุกๆ 2 เดือน เพื่อให้อายุการใช้งานยืนยาวและคุณสมบัติสะท้อนภาพที่สวยงาม กระจกสะท้อนแสงมีประสิทธิภาพการสะท้อนกลับของแสงสูง ฉะนั้นแสงที่สะท้อนออกมาอาจมีผลกระทบต่ออาคาร หรือ ยานพาหนะข้างเคียงได้ กระจกสะท้อนมีประสิทธิภาพการดูดกลืนความร้อนไว้สูง ดังนั้นการแตกร้าวเนื่องจากความร้อน (Thermal Craok) ก็อาจเกิดขึ้นได้ จึงควรทำการศึกษาให้ดีกว่าก่อนนำไปใช้ในงาน ไม่ควรให้ลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศเป่ากระทบผิวหน้าของกระจกโดยตรง รวมทั้งไม่ควรติดผ้าม่านที่หนาทึบ หรือวางตู้เหล็กหรือตู้อื่น ๆ ชิดกับแผ่นกระจกที่ติดตั้ง เพราะจะก่อให้เกิดการสะสมความร้อน ทำให้กระจกแตกร้าวง่ายขึ้น ควรใช้กรอบอลูมิเนียมที่ถูกต้องได้มาตรฐานและควรติดตั้งกระจกตามระบบการติดตั้งกระจกสะท้อนแสง

#### 4. คุณสมบัติของกระจกสูญญากาศ (Double Glass)

กระจกสูญญากาศประกอบไปด้วยชั้นกระจกหลายชั้น มีทั้ง 2, 3, 4 ชั้น ซึ่งจะมีอากาศอยู่ระหว่างชั้นนั้น ๆ

- คุณภาพของกระจกสูญญากาศ ค่าสัมประสิทธิ์รวมการส่งถ่ายความร้อน (U) ของกระจกสูญญากาศจะลดลง เหลือประมาณครึ่งหนึ่งของการใช้กระจกแผ่นเดียว เนื่องจากมีอากาศนั้นเป็นฉนวนระหว่างกระจก ทำให้สามารถลดปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านกระจกต่อหน่วยเวลา เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในห้องลง ประหยัดพลังงาน การใช้กระจกสูญญากาศทำให้สามารถลดขนาดเครื่องทำความเย็นให้ห้องทำงานน้อยลงสามารถลดระดับเสียงที่ผ่านกระจกได้ 30 - 50 %

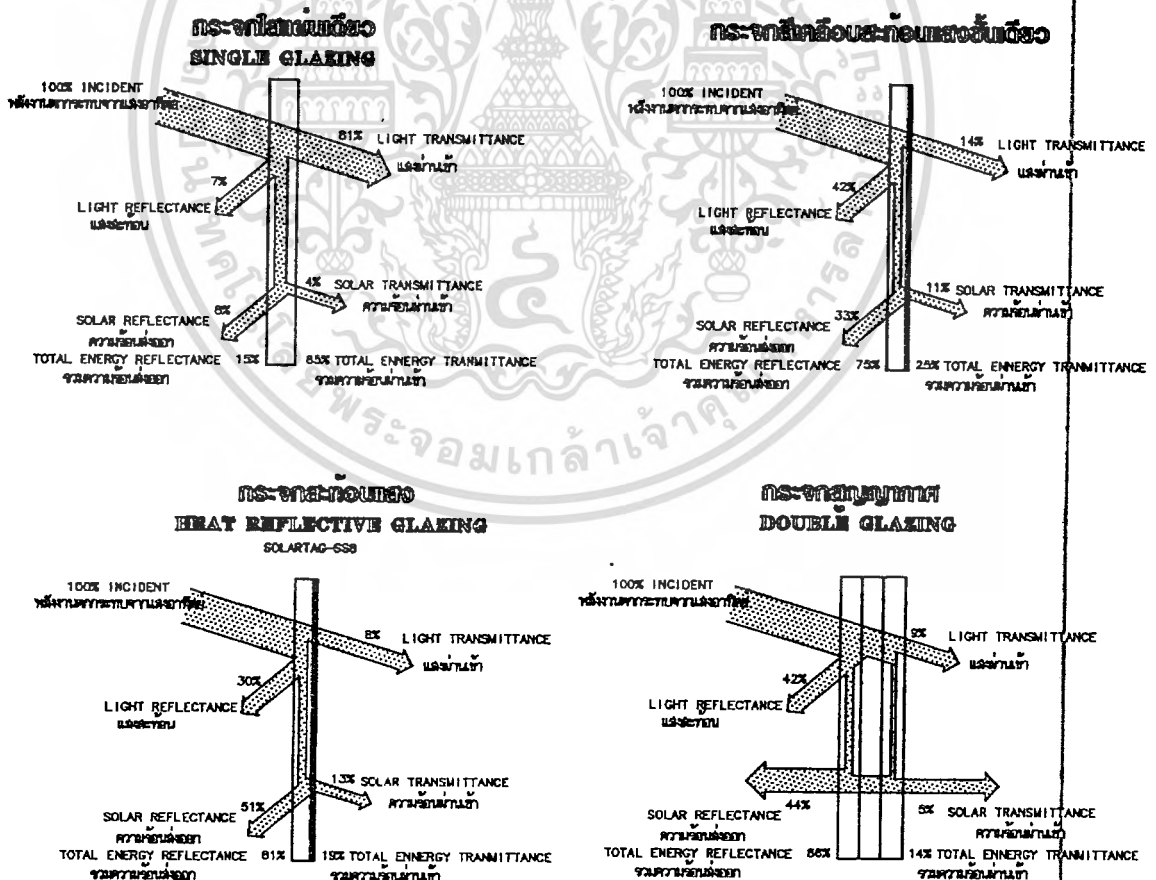
- ขนาดและความหนา ขนาดของกระจกสูญญากาศสามารถออกแบบขนาดใหญ่สุดได้ 2.50x3.50 เมตร ความหนา 14 - 55 มม. ขึ้นอยู่กับจำนวนชั้นของกระจก

- การใช้งานของกระจกสูญญากาศ ใช้ตามสำนักงาน อาคารตกแต่งตามแพชั่น ห้องสมุด พิพิธภัณฑ์ ห้องคอมพิวเตอร์ โรงงานเคมี โรงพยาบาล โรงแรม ธนาคาร และอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6.2 ความร้อนที่เข้าสู่อาคารทางกระจก

เมื่อแสงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดสู่ตัวกลางชนิดต่างๆ นับตั้งแต่ อากาศของเหลววัตถุ โปร่งแสง ฯลฯ จะมีพฤติกรรมแตกต่างกันออกไป นั่นคือทิศทางของแสงจะถูกเปลี่ยนไป เมื่อกระทบ ตัวกลางเหล่านั้น พฤติกรรมต่างๆ ของแสง สามารถอธิบายได้ดัง ภาพที่ 3.1 ซึ่งปรากฏการณ์ที่แสง กระทำต่อวัตถุ การทะลุผ่าน(Transmission) คือ แสงและความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ ส่วนหนึ่ง จะ ทะลุผ่านตัวกลางออกไปอีกด้านหนึ่ง การสะท้อน(Reflection) คือ แสงและความร้อนที่มากับแสงดวง อาทิตย์ส่วนหนึ่งเมื่อกระทบกับตัวกลางจะสะท้อน หักเหไปจากแนวเดิม ส่วนการดูดกลืน (Absorption) คือ แสงและความร้อนจะถูกตัวกลางดูดกลืนความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ไว้ส่วนหนึ่ง ในการที่แสงจากดวงอาทิตย์ตกกระทบวัตถุใดๆที่เป็นวัสดุ โปร่งใส อาจเกิดปรากฏการณ์ทั้งสาม ขึ้น อยู่กับลักษณะพื้นผิวของวัสดุ ความทึบแสงหรือ โปร่งแสงของวัสดุ ขนาดของมุมตกกระทบ (Incident Angle)



ภาพที่ 3.1 แสดงลักษณะ และปริมาณความร้อนที่ส่องผ่านกระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเชิงในเพื่อการค้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับกระจกพลังงานความร้อนที่ผ่านกระจกเข้าสู่อาคารนั้นมี 2 ลักษณะ คือ

1. พลังงานความร้อนที่เข้าสู่อาคารด้วยวิธีนำความร้อน ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารในส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการนำความร้อนของกระจก และค่าอุณหภูมิแตกต่างภายในและภายนอกอาคาร

2. พลังงานความร้อนที่เข้าสู่อาคารด้วยวิธีส่งผ่านความร้อนรังสีอาทิตย์เข้าสู่อาคาร ซึ่งปริมาณความร้อนส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient) ของกระจก อุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร และค่ารังสีอาทิตย์ในแต่ละทิศทางที่กระจกบังรังสีอาทิตย์

สำหรับกระจกที่ใช้กันทั่วไป จะมีระดับของพลังงานความร้อนที่ผ่านกระจกเข้ามาในอาคารแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของกระจกที่ใช้ และทิศทางการรับแสงอาทิตย์ของกระจก กระจกนั้นเป็นส่วนหนึ่งของหน้าต่าง ประตู ประกอบอาคาร ซึ่งส่วนประกอบของหน้าต่างมีหลายอย่าง แต่ในที่นี้จะวิเคราะห์วัสดุที่สำคัญในการถ่ายเทความร้อน คือ วงกบ , กรอบบาน , กระจก ซึ่งมีผลต่อการถ่ายเทความร้อน ดังต่อไปนี้

1. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบบาน , วงกบ หน้าต่าง , ประตู ซึ่งเป็นไม้เนื้อแข็ง ดังตารางที่ 3.19
2. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบบาน , วงกบ อลูมิเนียม ดังตารางที่ 3.20
3. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหนา 6 มม. ดังตารางที่ 3.21
4. แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ของวัสดุประกอบ วงกบ และกรอบบาน ดังตารางที่ 3.22
5. แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดดของกระจกชนิดต่าง ๆ ดังตารางที่ 3.23

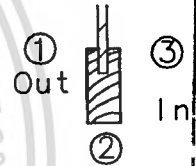
ตารางที่ 3.19 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบบาน , วงกบหน้าต่าง และประตูซึ่งเป็นไม้เนื้อแข็ง

| ลำดับที่ | ส่วนประกอบ             | หนา<br>(มม.) | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)<br>(w / m c°) | ความต้านทานความร้อน (R)<br>(m² c° / W) |
|----------|------------------------|--------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1        | ฟิล์มอากาศด้านนอก      |              |                                             | 0.044                                  |
| 2        | ไม้เนื้อแข็ง , กรอบบาน | 50           | 0.138                                       | 0.362                                  |
| 3        | ไม้เนื้อแข็ง , วงกบ    | 100          | 0.138                                       | 0.725                                  |
| 4        | ฟิล์มอากาศด้านใน       |              |                                             | 0.120                                  |

ค่าความต้านทานความร้อนรวม ( $R_t$ ) กรอบบาน  $0.526 \text{ m}^2 \text{ c}^\circ / \text{W}$  (1+2+4)

วงกบ  $0.889 \text{ m}^2 \text{ c}^\circ / \text{W}$  (1+3+4)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) กรอบบาน  $2.60 \text{ w} / \text{m}^2 \text{ c}^\circ$   
วงกบ  $1.12 \text{ w} / \text{m}^2 \text{ c}^\circ$



ตารางที่ 3.20 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบบาน , วงกบหน้าต่าง และประตูซึ่งเป็นอลูมิเนียม

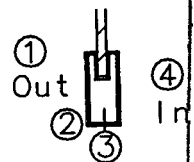
| ลำดับ<br>ที่ | ส่วนประกอบ                | หนา<br>(มม.) | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)<br>(w / m c°) | ความต้านทานความร้อน (R)<br>(m² c° / W) |
|--------------|---------------------------|--------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1            | ฟิล์มอากาศด้านนอก         |              |                                             | 0.044                                  |
| 2            | อลูมิเนียม, กรอบบาน, วงกบ | 5            | 211                                         | 0.001                                  |
| 3            | ช่องอากาศภายในอลูมิเนียม  |              |                                             | 0.592                                  |
| 4            | ฟิล์มอากาศด้านใน          |              |                                             | 0.120                                  |

ค่าความต้านทานความร้อนรวม ( $R_t$ ) กรอบบาน  $0.757 \text{ m}^2 \text{ c}^\circ / \text{W}$

วงกบ  $0.757 \text{ m}^2 \text{ c}^\circ / \text{W}$

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) กรอบบาน  $1.32 \text{ w} / \text{m}^2 \text{ c}^\circ$

วงกบ  $1.32 \text{ w} / \text{m}^2 \text{ c}^\circ$





ตารางที่ 3.21 การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหนา 6 มม.

| ลำดับที่ | ส่วนประกอบ        | หนา<br>(มม.) | สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k)<br>(w / m ° c ) | ความต้านทานความร้อน (R)<br>( m <sup>2</sup> ° c / W ) |
|----------|-------------------|--------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1        | ฟิล์มอากาศด้านนอก |              |                                               | 0.044                                                 |
| 2        | กระจก             | 3            | 1.053                                         | 0.003                                                 |
| 3        | กระจก             | 6            | 1.053                                         | 0.006                                                 |
| 4        | กระจก             | 12           | 1.053                                         | 0.011                                                 |
| 5        | ฟิล์มอากาศด้านใน  |              |                                               | 0.120                                                 |

ค่าความต้านทานความร้อนรวม ( $R_t$ ) กระจก 3 มม. =  $0.167 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$  (1+2+5)

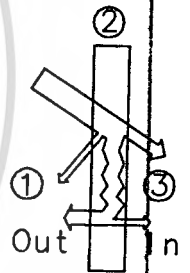
ค่าความต้านทานความร้อนรวม ( $R_t$ ) กระจก 6 มม. =  $0.170 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$  (1+3+5)

ค่าความต้านทานความร้อนรวม ( $R_t$ ) กระจก 12 มม. =  $0.175 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$  (1+4+5)

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ( $U$ ) กระจก 3 มม. =  $5.99 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ( $U$ ) กระจก 6 มม. =  $5.88 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ( $U$ ) กระจก 12 มม. =  $5.71 \text{ W} / \text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$



ตารางที่ 3.22 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV)ของวัสดุประกอบวงกบ และกรอบบาน

| ลำดับ<br>ที่ | ชนิดของผนัง            | ค่าสัมประสิทธิ์การ<br>ถ่ายเทความร้อน (U)<br><br>w / m <sup>2</sup> c | ค่าการถ่ายเทความร้อน ( OTTV )<br><br>w / m <sup>2</sup> |                    |
|--------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------|
|              |                        |                                                                      | สีอ่อน สีขาว สีไขไก่                                    | สีเนื้อไม้ สีเขียว |
| 1.           | กรอบบาน , ไม้เนื้อแข็ง | 1.90                                                                 | 22.8                                                    | 26.6               |
| 2.           | กรอบบาน , อลูมิเนียม   | 1.32                                                                 | 19.8                                                    | 22.4               |
| 3.           | วงกบ , ไม้เนื้อแข็ง    | 1.12                                                                 | 13.44                                                   | 15.60              |
| 4.           | วงกบ , อลูมิเนียม      | 1.32                                                                 | 19.8                                                    | 22.4               |

ตารางที่ 3.23 แสดงการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ของกระจกแต่ละชนิดในทิศต่างๆ

กรณีที่หน้าต่างกระจกกว้าง 1.00ม. ทำมุม 90.0 กับแนวพื้นดิน  
ยาว 1.00 ม.

| ลำดับ | ชนิดของกระจก                 | ความหนา         | ค่า U | ค่า  | ทิศการวางกระจกแนวตั้ง 90 องศา              |       |       |       |       |       |       |       |       | ราคา |              |
|-------|------------------------------|-----------------|-------|------|--------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|--------------|
|       |                              |                 |       |      | HOR                                        | N     | S     | E     | W     | NE    | NW    | SE    | SW    |      |              |
|       |                              |                 |       |      | CF                                         |       |       |       |       |       |       |       |       |      |              |
|       |                              |                 |       |      | 1.00                                       | 0.70  | 1.11  | 1.12  | 1.03  | 0.87  | 0.84  | 1.17  | 1.13  |      |              |
|       |                              |                 |       |      | ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) วัตต์/ตร.ม. |       |       |       |       |       |       |       |       |      | บาทต่อ ตร.ฟ. |
| มม.   | W/m <sup>2</sup> c           | SC <sub>1</sub> |       |      |                                            |       |       |       |       |       |       |       |       |      |              |
| 1     | กระจกใส                      | 3               | 5.99  | 1.00 | 400.0                                      | 142.0 | 207.6 | 209.2 | 194.8 | 169.2 | 164.4 | 217.2 | 210.8 | 17   |              |
|       |                              | 6               | 5.88  | 0.96 | 384.6                                      | 136.9 | 199.9 | 201.4 | 187.6 | 163.0 | 158.4 | 209.1 | 203.0 | 29   |              |
|       |                              | 12              | 5.71  | 0.87 | 350.5                                      | 126.0 | 183.1 | 184.5 | 171.9 | 149.7 | 145.5 | 191.4 | 185.8 | 31   |              |
| 2     | กระจกสีตัดแสง                |                 |       |      |                                            |       |       |       |       |       |       |       |       |      |              |
|       | กระจกสีชา                    | 6               | 5.88  | 0.64 | 266.2                                      | 101.1 | 143.1 | 144.1 | 134.9 | 118.5 | 115.4 | 149.2 | 145.1 | 49   |              |
|       |                              | 12              | 5.71  | 0.47 | 202.5                                      | 81.2  | 112.0 | 112.8 | 106.0 | 94.0  | 91.7  | 116.5 | 113.5 | 122  |              |
|       | กระจกสีชาดำ                  | 6               | 5.88  | 0.66 | 273.6                                      | 103.3 | 146.6 | 147.7 | 138.2 | 121.3 | 118.1 | 153.0 | 148.7 | 32   |              |
|       | กระจกสีน้ำเงิน               | 6               | 5.88  | 0.68 | 281.0                                      | 105.6 | 150.2 | 151.3 | 141.5 | 124.1 | 120.8 | 156.7 | 152.3 | 93   |              |
|       | กระจกสีเขียว                 | 6               | 5.88  | 0.65 | 269.9                                      | 102.2 | 144.8 | 145.9 | 136.5 | 119.9 | 116.8 | 151.1 | 146.9 | 93   |              |
| 3     | กระจกสะท้อนแสง               |                 |       |      |                                            |       |       |       |       |       |       |       |       |      |              |
|       | สีเงินสทาว<br>Solartag-SS114 | 6               | 5.88  | 0.28 | 133.0                                      | 60.8  | 79.1  | 79.6  | 75.5  | 68.4  | 67.0  | 81.8  | 80.0  | 75   |              |
|       |                              | 12              | 5.71  | 0.29 | 135.9                                      | 61.0  | 80.1  | 80.5  | 76.3  | 68.9  | 67.5  | 82.8  | 81.0  | 140  |              |
|       | สีฟ้าเงิน<br>Solartag-TS120  | 6               | 5.88  | 0.32 | 147.8                                      | 65.2  | 86.2  | 86.7  | 82.1  | 73.9  | 72.4  | 89.3  | 87.3  | 75   |              |
|       |                              | 12              | 5.71  | 0.33 | 150.7                                      | 65.5  | 87.2  | 87.7  | 82.9  | 74.5  | 72.9  | 90.3  | 88.2  | 140  |              |
|       | สีฟ้าใส<br>Solartag-TS140    | 6               | 5.88  | 0.52 | 221.8                                      | 87.6  | 121.8 | 122.6 | 115.1 | 101.8 | 99.3  | 126.7 | 123.4 | 75   |              |
|       |                              | 12              | 5.71  | 0.51 | 217.3                                      | 85.7  | 119.1 | 119.9 | 112.6 | 99.5  | 97.1  | 124.0 | 120.8 | 140  |              |
| 4     | กระจก 2 ชั้น                 |                 |       |      |                                            |       |       |       |       |       |       |       |       |      |              |
|       | กระจกสีใส + ใส               | 18              | 1.30  | 0.81 | 306.2                                      | 97.2  | 150.4 | 151.7 | 140.0 | 119.3 | 115.4 | 158.1 | 152.9 | 160  |              |
|       | กระจกสีชาดำ + ใส             | 18              | 1.30  | 0.46 | 176.7                                      | 58.0  | 88.2  | 88.9  | 82.3  | 70.5  | 68.3  | 92.6  | 89.7  | 175  |              |
|       | Solartag-ss108               | 18              | 1.30  | 0.16 | 65.7                                       | 24.4  | 34.9  | 35.2  | 32.9  | 28.8  | 28.0  | 36.5  | 35.4  | 210  |              |

การเลือกวัสดุประกอบหน้าต่าง ประตู นั้นเป็นส่วนหนึ่งของอาคารที่มีการถ่ายเทความร้อนรวมเข้าสู่อาคาร จากการวิเคราะห์ไม่ว่าจะเลือกวัสดุไม้เนื้อแข็ง หรืออลูมิเนียมมาประกอบวงกบ หรือกรอบบานประตู หน้าต่าง มีค่าการถ่ายเทความร้อนน้อยคือประมาณ 13.44 - 26.6 วัตต์ต่อตารางเมตร

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รางเมตร ดังนั้นการเลือกวัสดุจึงขึ้นอยู่กับการออกแบบความเหมาะสม ความชื้น ปริมาณน้ำฝน ราคา ค่าบำรุงรักษา ความสวยงามมากกว่าคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนซึ่งมีปริมาณน้อย

จากตารางที่ 3.23 ผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของกระจกชนิดต่างๆ มีค่าแตกต่างกันไป ซึ่งกระจกใสเป็นกระจกที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนมากที่สุด ซึ่งกระจกใสและกระจกสีตัดแสงจะมีค่าการถ่ายเทความร้อนมากกว่า 100 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งเป็นค่าสูงกว่ามาตรฐานการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านผนัง (OTTV) ไม่เกิน 45 วัตต์ต่อตารางเมตร ส่วนกระจกสะท้อนแสงและกระจก 2 ชั้น จะมีค่าการถ่ายเทความร้อนน้อยกว่า 100 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งค่าการถ่ายเทความร้อนของกระจกดูได้จากค่า SC1 (Shading Coefficient) ของกระจก ซึ่งมีค่าน้อยจะมีการถ่ายเทความร้อนน้อยด้วย

ซึ่งจากการศึกษา การลดค่าการถ่ายเทความร้อนของกระจกควรลดค่า SC1 และ SC2 ซึ่ง SC1 คือ คุณสมบัติของกระจกซึ่งกระจกแต่ละชนิด จะมีค่าการถ่ายเทความร้อนสูง ถ้าไม่มีอุปกรณ์บังแดดให้กับกระจกหน้าต่าง ซึ่งในสภาพภูมิอากาศ และรังสีดวงอาทิตย์ในประเทศไทย ควรมีอุปกรณ์บังแดดให้กับหน้าต่าง กระจก ทุกด้าน เพื่อป้องกันรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง ที่ส่งผลกระทบต่อเพิ่มความร้อนภายในอาคาร ซึ่งการบังแดดให้กับหน้าต่างกระจกคือค่า SC2 ซึ่งยังมีค่าน้อยยิ่งมีคุณสมบัติต่อการป้องกันรังสีตรงดวงอาทิตย์ ซึ่งถ้าไม่มีการป้องกันรังสีดวงอาทิตย์จะมีค่าเท่ากับ 1

ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านกระจกเข้าสู่อาคาร ประกอบด้วยความร้อนจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ การนำความร้อนผ่านกระจก เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในกับภายนอกอาคาร และการแผ่รังสีความร้อนจากการดูดซึมพลังงานความร้อนในเนื้อกระจก ซึ่งกระจกแต่ละชนิดมีค่าปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านกระจกต่างกันซึ่งกระจกใสจะมีค่าปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านกระจกเข้าสู่อาคารสูงกว่ากระจกชนิดอื่นๆ

จาก ภาพที่ 3.2 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุตามชนิดของวัสดุประกอบอาคาร โดยทั่วไป เทียบที่ขนาด 1 ตารางเมตร พบว่า ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกสูงกว่าวัสดุอื่นๆ เมื่อเทียบ กระจกกับผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 10 ซม. กระจกจะมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมสูงกว่า 3 เท่า ของผนังก่ออิฐฉาบปูน เมื่อเทียบกับหลังคากระเบื้องซีแพค โมเนีย บุษบซัมบอร์ด ไม่ติดฉนวนใยหิน จะสูงกว่า 2 เท่าของหลังคา จากข้อมูลคุณสมบัติของกระจกนั้นค่าการถ่ายเทความร้อนรวมสูงกว่าวัสดุประเภทอื่นๆ ดังนั้น แนวทางหนึ่งในการประหยัดพลังงานในอาคารคือการลดความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกระจก ซึ่งมีวิธีการ คือ

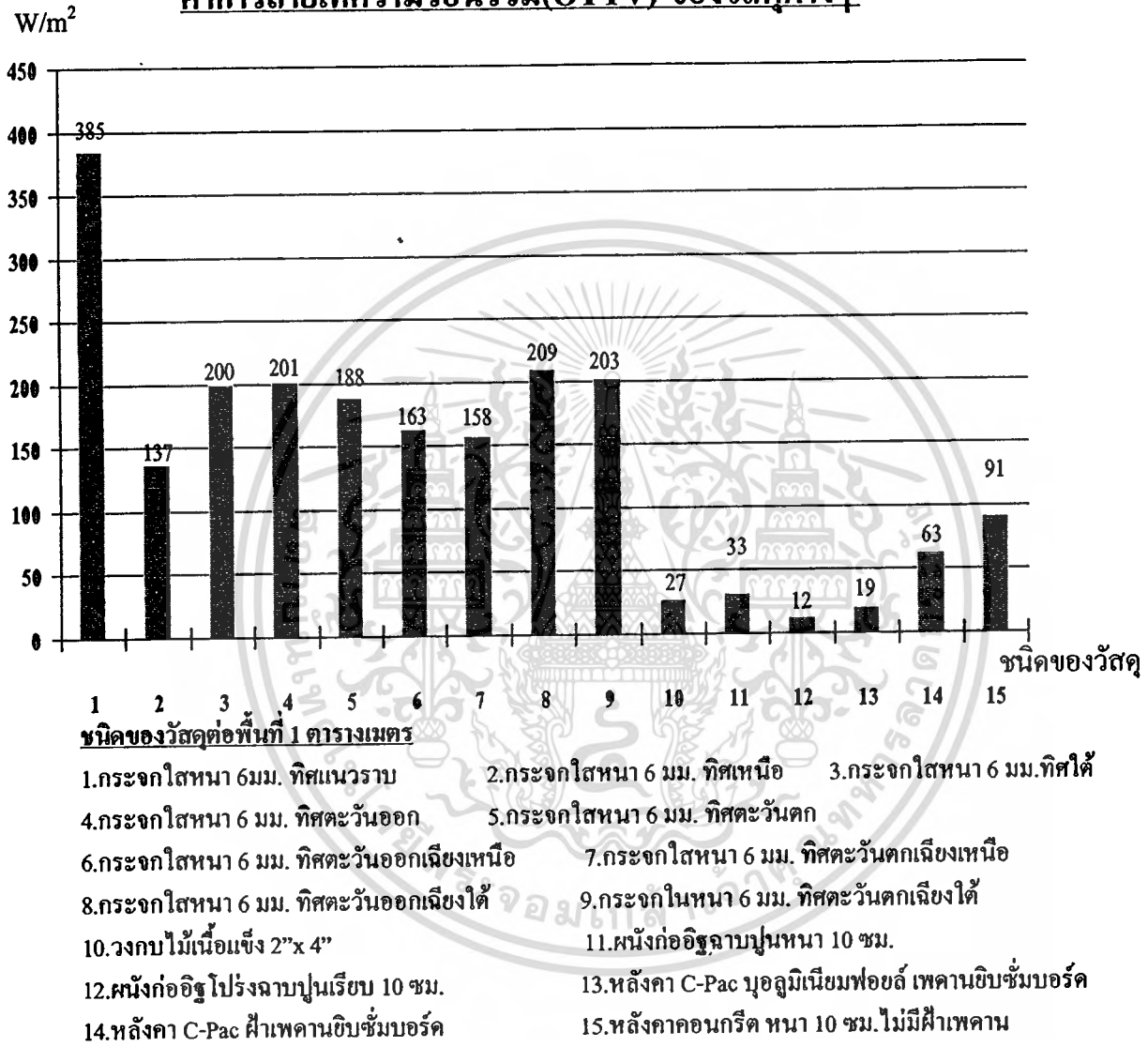
- เลือกกระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC1) ยิ่งมีค่าน้อยกว่า 1 จะมีคุณสมบัติของกระจกในการบังรังสีจากดวงอาทิตย์

- ควรมีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้กับกระจก (SC2) ซึ่งแต่ละทิศการออกแบบอุปกรณ์บังแดดก็ต่างกัน ซึ่งยังมีค่า (SC2) น้อย แสดงว่าอุปกรณ์บังแดดสามารถป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ควรเลือกคุณสมบัติการใช้งาน ให้เหมาะสมกับการใช้งาน เช่น ความปลอดภัยในการใช้งาน ความต้องการปริมาณแสงสว่างจากธรรมชาติ ความเป็นส่วนตัว ฯลฯ

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) ของวัสดุต่างๆ



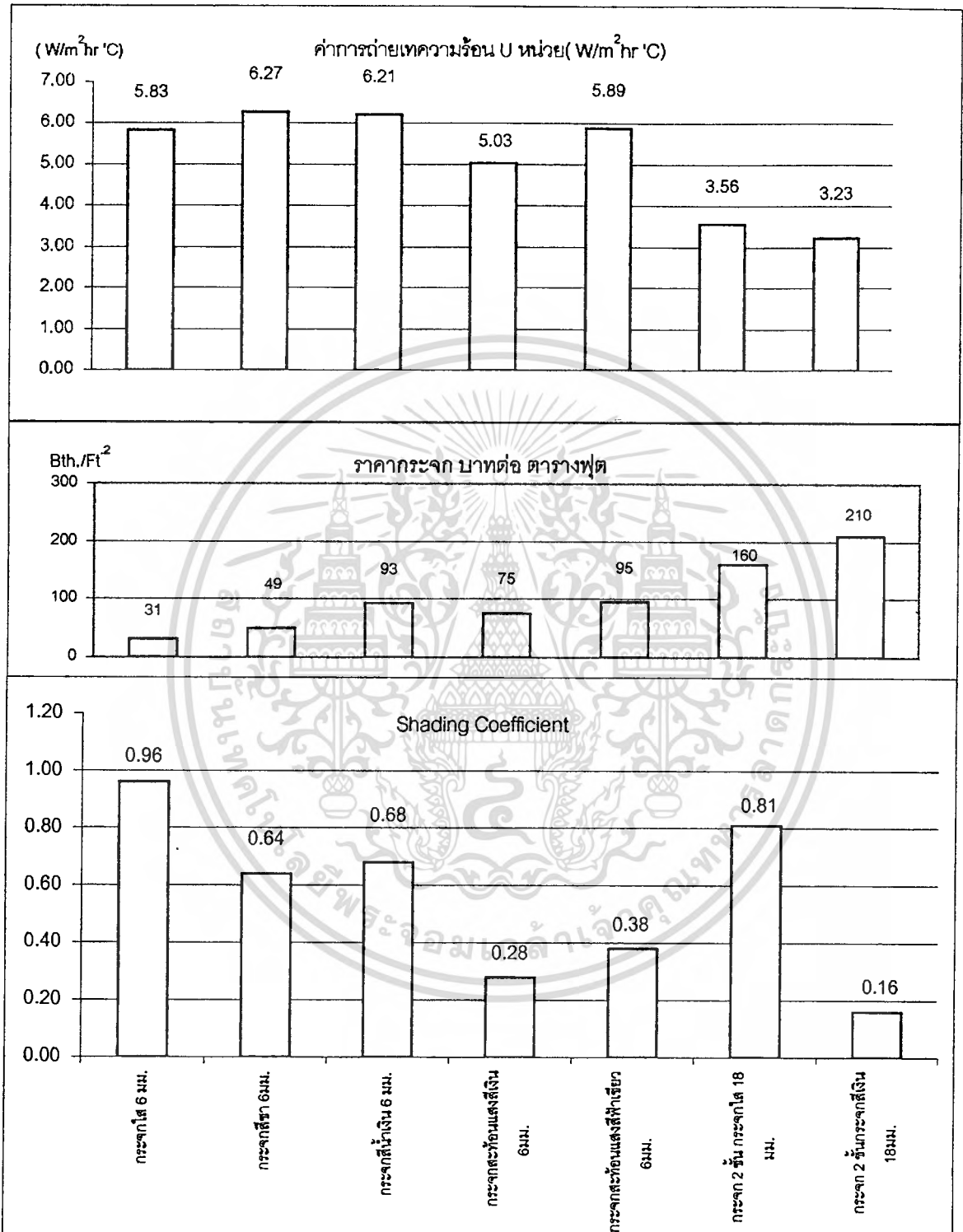
ภาพที่ 3.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) ของวัสดุต่างๆ

ในการศึกษาจะพิจารณาศึกษาหน้าต่างกระจกที่เป็นวัสดุกระจกใส ที่นิยมใช้ทั่วไปในอาคารบ้านพักอาศัย ซึ่งกระจกใส จะมีราคาถูก ได้รับแสงสว่าง มองเห็นทัศนียภาพได้ชัดเจน แต่มีค่าการถ่ายเทความร้อนสูงกว่ากระจกชนิดอื่นๆ ในการป้องกันความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ถ่ายเทผ่านกระจกใสซึ่งเป็นกระจกที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนสูงได้แล้ว กระจกชนิดอื่นๆก็จะมีค่าการถ่ายเทความร้อนน้อยลงตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.24 แสดงข้อเปรียบเทียบระหว่างกระจกใสกับกระจกสีตัดแสงและกระจกสะท้อนแสงถึงข้อดีและข้อเสีย

| กระจกใส                                                                                                                                                                    | กระจกสะท้อนแสงและกระจกสีตัดแสง                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><u>ข้อดี</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- มองเห็นทัศนียภาพได้ดี</li><li>- ราคาถูก นิยมใช้กันทั่วไป</li><li>- ให้แสงสว่างได้ดี</li></ul>                  | <p><u>ข้อดี</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- ความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคารได้น้อยลง</li><li>- ลดปริมาณแสงจากดวงอาทิตย์ทำให้แสงสว่างไม่มากเกินไป</li><li>- สร้างสภาวะความเป็นส่วนตัวในเวลากลางวัน ซึ่งเกิดภาพสะท้อนเมื่อผู้ที่อยู่ด้านนอกจะมองเข้าไปในอาคาร</li><li>- มีสีให้เลือกหลายสี</li></ul>                                                                                                             |
| <p><u>ข้อเสีย</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- ความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคารได้สูง</li><li>- ปริมาณแสงส่องลงมามากทำให้แสงอาจเข้าตาหรือสว่างมากเกินไป</li></ul> | <p><u>ข้อเสีย</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- มองเห็นทัศนียภาพได้ไม่ชัดเจน</li><li>- ความร้อนส่วนหนึ่งถูกสะสมในผิวกระจกทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างผิวใช้อาคารที่อยู่ใกล้ผิวกระจก</li><li>- ควรทำความสะอาดผิวดังกระจกทุก 2 เดือน เพื่อให้การสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์มีคุณภาพดี ความร้อนจะถ่ายเทเข้าสู่อาคารน้อย</li><li>- อาจทำให้แสงเข้าตากับอาคารข้างเคียง</li><li>- ราคาสูงกว่ากระจกใส</li></ul> |



**ภาพที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติของกระจกใส กระจกสีตัดแสง กระจกสะท้อนแสง และกระจก 2 ชั้น ที่มีผลต่อความร้อน**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

# หน้าต่างที่มีผลต่อความร้อนภายในอาคาร

### 4.1 หน้าต่างในการแลกเปลี่ยนพลังงานของกรอบอาคาร

องค์ประกอบของกรอบอาคาร (Envelope) คือส่วนประกอบ ผนัง หลังคา ประตู, หน้าต่าง กรอบอาคารทำหน้าที่ในการเป็นจุดเปลี่ยนระหว่างภายใน และภายนอก ส่วนประกอบของกรอบอาคารถูกคิดโดยหน้าที่ใช้สอยในการแลกเปลี่ยนพลังงาน โดยเป็นดังต่อไปนี้

1. ตัวกรอง(Filter) เปรียบเสมือนการตัดสินใจว่าปริมาณและสภาพของภายนอกชนิดไหนที่ขอมนำเข้ามาในอาคารได้ เราจะพบลักษณะตัวกรองในเปลือกอาคารทุกสภาพอากาศซึ่งมีหลากหลายชนิด เนื่องจากตัวกรองยอมให้ปริมาณและคุณภาพของแสง อากาศและเสียงตามที่ต้องการเข้ามาภายในตัวกรองให้โอกาส สำหรับกระตุนการรับรู้สภาพภายนอกที่เลือกสรรมา เมื่อผู้ใช้อยู่ภายในอาคาร ตัวอย่างเช่น กระจกช่องแสงในโบสถ์ (Stained Glass) ส่งเสริมสีน้ำเงินของท้องฟ้าไม่สามารถรับรู้ได้จากภายใน เพียงแต่สีสรรที่ยอมให้เข้ามา และบ่อยครั้งที่ตัวกรองอยู่ในลักษณะของตัวปรับเปลี่ยนด้วย

2. ตัวเชื่อม(Connectors) เป็นเครื่องบอกความชัดเจนว่า บางสิ่งภายนอกถูกต้อนรับให้เข้ามาภายในมันเป็นลักษณะของสถาปัตยกรรมในภูมิภาคที่มีสภาพอากาศที่ไม่รุนแรง แต่ตัวเชื่อมต่อแสงอาทิตย์เป็นลักษณะเด่นในอาคารที่ทำความร้อนด้วย ดวงอาทิตย์ทุกหนแห่งในท้องถิ่นที่อากาศหนาวเย็น และโดยทั่วไปที่ตัวเชื่อมมักจะมี ตัวปรับเปลี่ยนที่สามารถคอยปรับเปลี่ยนให้ทำหน้าที่เป็นตัวกรองหรือตัวขวางกั้นได้

3. ตัวขวางกั้น(Barrier) เป็นการตัดความสัมพันระหว่างสภาพเลวร้ายภายนอกกับสภาพภายในอย่างสิ้นเชิง ตัวขวางกั้นเป็นลักษณะของสถาปัตยกรรมภูมิอากาศรุนแรง แต่เป็นลักษณะทั่วไปของพื้นที่ที่ต้องการ การควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างแน่นหนา ตัวขวางกั้นต่อฝนเป็นลักษณะอาคารทั่วไปที่มีอยู่ทุกแห่ง ตัวขวางกั้นต่อลมอย่างน้อยที่สุดพบในบางฤดูกาลในทุกสภาพภูมิอากาศ ยกเว้นภูมิอากาศร้อนชื้น ตัวขวางกั้นต่อดวงอาทิตย์มักจะอยู่ในลักษณะของตัวปรับเปลี่ยน(Switch) ถ้าอาคารนั้นไม่ใช่แสงประดิษฐ์โดยทั่วไป หรือมีแหล่งความร้อนที่เกิดจากภายในอาคารมากจนกระทั่งการทำความร้อนด้วยแสงอาทิตย์ไม่เป็นที่ต้องการ (อาคารในภูมิอากาศหนาวเย็น) ในทางปฏิบัติบ่อยครั้งวัฒนธรรมมีอิทธิพลเหนือสภาพอากาศ

4. ตัวปรับเปลี่ยน(Switch) เป็นส่วนประกอบที่มีคุณค่าต่อนักออกแบบ ผู้ที่มีความรู้ต่อสภาพอากาศต่อการเปลี่ยนการใช้สอย และต่อผู้ใช้อาคารไม่สามารถคาดคะเนได้ ยิงนักออกแบบมีความชอบมากที่ว่าอาคารต้องมีลักษณะเฉพาะ และไม่มีการเปลี่ยนของการแสดงแนวคิดเมื่อเวลาผ่านไป การเปลี่ยนแปลงก็จะเกิดขึ้น ตัวปรับเปลี่ยน (Switch) ยอมให้ผู้ออกแบบหยิบยื่นการควบคุมของอาคารไปให้ผู้ใช้อาคาร ถ้าผู้ออกแบบได้พิจารณาอย่างรอบคอบถึงทางเลือกต่างๆ ที่ตัวปรับเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนจันทบุรี ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต  
แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถถูกจัดหาให้ความสำเร็จต่อการควบคุมอาคารของผู้ใช้อาคารก็มีทางเป็นไปได้ ตัวปรับเปลี่ยนได้ชื่อว่าเป็นตัวเปลี่ยนยินยอมหรือไม่ให้แสงอาทิตย์หรือลมเข้ามาภายใน เพื่อเปลือกอาคารสามารถถูกใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่จากสภาพอากาศ แทนที่จะตัดสภาพอากาศออกไป

การปรับเปลี่ยนแสงจากธรรมชาติ (Daylighting Switch) เป็นสิ่งที่เราคุ้นเคยมากที่สุดและเห็นอยู่บ่อย ผ้าใบบังแดดอาจบังแสงอาทิตย์ในบางเวลา และยอมให้ผ่านเป็นบางเวลา ผ้าม่านที่บิที่หน้าต่างจะเปิดให้แสงธรรมชาติเข้ามาเต็มที่ในวันที่มีแดด แต่จะปิดเป็นบางส่วน ในวันที่ท้องฟ้าสว่างแจ่มใส ในเวลากลางคืนก็จะปิดสนิท ม่านที่โปร่งแสงจะเปลี่ยนแสงอาทิตย์ที่สว่างมาเป็นแสงที่กระจายแผ่สำหรับภายในเมื่อเปิดออกก็จะยอมให้เงาแดดเข้ามาภายในห้อง แสงสว่างจากไฟฟ้าสามารถถูกปิดลงในขณะที่แสงธรรมชาติเข้ามาอย่างมากมาย

ตัวปรับเปลี่ยน (Switch) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง และดังนั้นจึงส่งเสริมการตอบสนองระหว่างผู้ใช้อาคารและสภาพแวดล้อม สิ่งนี้โดยทั่วไปจะทำให้ผู้ใช้พึงพอใจสามารถเลือกเปิดสัมผัสอากาศได้ตามต้องการ อย่างไรก็ตามถ้าปราศจากระบบอัตโนมัติจะต้องมีการควบคุมดูแลและการฝึกผู้ใช้ ตัวปรับเปลี่ยนอาจเป็นสิ่งไม่ดีต่อประสิทธิภาพของระบบ

โดยทั่วไปตัวเชื่อม (Connector) เสมือนตัวกลางที่จะก่อให้เกิดการเชื่อมโยงตัวกรอง (Filter) เสมือนตัวกลางการเชื่อมโยงไม่โดยตรงหรือถูกตัวควบคุม (Switch) เสมือนตัวเชื่อมโยงที่ปรับเปลี่ยนได้ และตัวขวางกั้น (Barrier) เสมือนองค์ประกอบที่ใช้แยก ดังนั้นผนังที่บิที่หน้าต่างที่เป็นตัวกรองต่อความร้อน และเย็น และเป็นตัวขวางกั้น ต่อแสง ประตู หน้าต่าง มีลักษณะเป็นตัวปรับเปลี่ยน เพราะว่าสามารถที่จะกันหรือให้เชื่อมต่อได้ตามความประสงค์

ด้วยการที่มีแหล่งพลังงาน และวัสดุก่อสร้างอาคารมากมายประกอบกับอุปกรณ์เครื่องกลที่มีใช้กันอยู่ทำให้การออกแบบอาคารเป็นไปในลักษณะตัวเชื่อม ไม่ว่าจะอยู่บริเวณไหนทั้งๆที่สภาพอากาศอาจจะไม่อำนวยผลที่ตามมาก็คือ การบริโภคพลังงานอย่างมหาศาลในทางกลับกัน ถ้าความต้องการป้องกันสภาพจากภายนอกกลายมาเป็นข้อพิจารณาที่สำคัญ กรอบอาคาร (Envelope) จะมีลักษณะเป็นตัวขวางกั้น ที่เด่นและสามารถใช้ในภูมิอากาศใดๆก็ได้ ผลก็คือ ความพอดีเหมาะสมต่อการใช้ และมีศักยภาพในการใช้แหล่งพลังงานธรรมชาติลดลงไป การออกแบบโดยใช้ตัวเชื่อมตัวกรอง และตัวขวางกั้น รวมถึงตัวปรับเปลี่ยนที่ยอมให้องค์ประกอบเหล่านี้ตอบสนองต่อสภาพเปลี่ยนแปลง ร่วมกันเป็นพื้นฐานในการออกแบบ ลักษณะภายนอกอาคารและสามารถทำให้มันเหมือนมีชีวิตเป็นที่น่าสนใจ อีกประการหนึ่งตัวเชื่อม ตัวกรอง หรือตัวขวางกั้น สำหรับพลังงานธรรมชาติหนึ่งอาจเปลี่ยนหน้าที่ต่อพลังงานธรรมชาติอีกอย่างหนึ่ง เช่นกระจก เป็นตัวเชื่อมต่อแสงธรรมชาติ แต่เป็นตัวขวางกั้นต่อกระแสลม



## 4.2 ลักษณะรูปแบบประตู หน้าต่าง

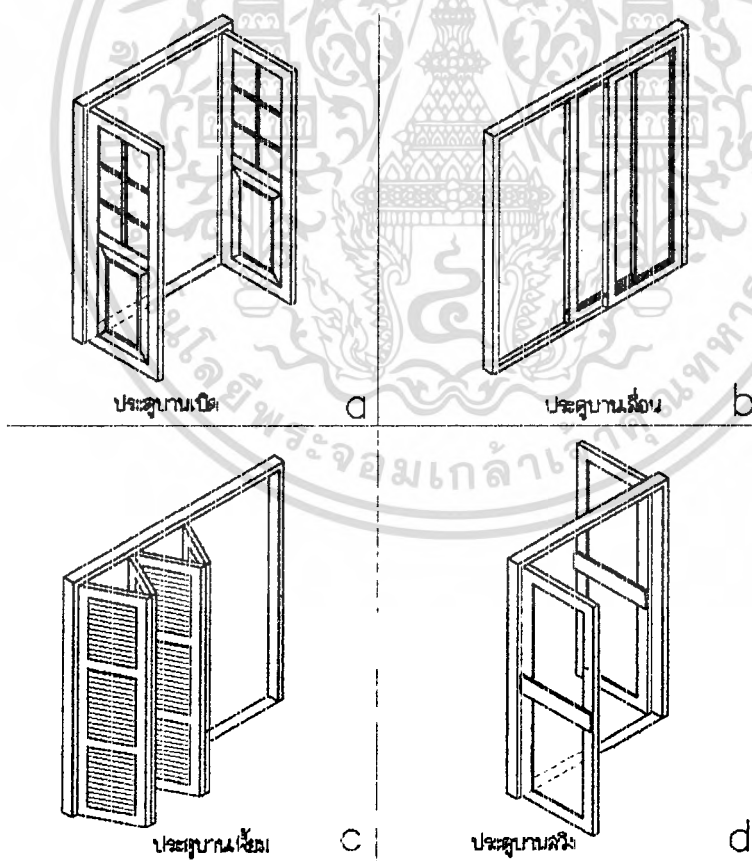
ประตูใช้เป็นทางสัญจรระหว่างภายในกับภายนอก และระหว่างห้อง หน้าต่างเป็นช่องที่เปิดออกเพื่อให้อากาศหมุนเวียนถ่ายเท มองเห็นทัศนียภาพภายนอก และให้ได้รับแสงสว่าง

### 4.2.1 ลักษณะรูปแบบของประตู

#### ขนาดและส่วนประกอบประตู

ประตูที่ใช้กับบ้านพักอาศัยทั่วไปกว้าง 0.90 ม. สูง 2.00 ม. และอาจแคบลงถ้าใช้สำหรับห้องน้ำและห้องขนาดเล็ก เช่น อาจใช้ขนาด 0.70 ม. ถึง 0.80 ม. ส่วนประกอบของประตูบ้านพักอาศัยได้แก่

1. วงกบ ทำหน้าที่เป็นกรอบยึดประตู จึงต้องแข็งแรงถ้าเป็นไม้ใช้ไม้เนื้อแข็ง ขนาดไม่เล็กกว่า 2" x 4" ถ้ายึดประตูกระงกกรอบบานอลูมิเนียม วัสดุที่ใช้อลูมิเนียม
2. บานประตู ซึ่งทำจากวัสดุต่างๆ กันได้แก่ บานประตูไม้อัดสำเร็จรูป บานลูกฟักไม้ ประตูบานเกล็ดไม้ ประตูลูกฟักกระงก หรือประตูสำเร็จรูปที่ทำจาก P.V.C. เป็นต้น
3. อุปกรณ์ประกอบประตู เช่น บานพับ กุญแจประตู กลอน มือจับ ขอรับ-ขอสับ ฯลฯ



ภาพที่ 4.1 แสดงลักษณะของประตูแบบต่างๆ

## ประเภทของประตูที่ใช้กับบ้านพักอาศัย

จำแนกตามลักษณะการเปิด-ปิด ได้ดังนี้

1. ประตูบานเปิดมีทั้งประตูบานเปิดเดี่ยว และบานเปิดคู่ ดัง ภาพที่ 4.1\_a กล่าวคือ สามารถเปิดออกได้ทั้ง 90 องศาและ 180 องศา แล้วแต่ผู้ออกแบบจะกำหนด
2. ประตูบานเลื่อน (Sliding Door) มักใช้เมื่อมีพื้นที่ไม่พอสำหรับบานเปิดหรือต้องการเปิดให้ช่องกว้างกว่าปกติ อาจเป็นบานเลื่อนเดี่ยวหรือคู่ก็ได้ นิยมใช้บานเลื่อนกระจกซึ่งมีกรอบบานและวงกบเป็นอลูมิเนียมชนิดธรรมดา และชนิดสีชา สีดำหรือไม้ ทั้งนี้บริษัทแต่ละบริษัทจะมีชิ้นส่วนอุปกรณ์ประกอบ บานเลื่อนเป็นชุด ได้แก่ รางเลื่อน ทุหัวราง ล้อเลื่อน ยางกันน้ำฝน ฯลฯ ตามลักษณะและน้ำหนักของบานประตูเลื่อน ดัง ภาพที่ 4.1\_b
3. ประตูบานพับ (Fold Door) เป็นประตูซึ่งสามารถเปิดให้ได้ช่องเปิดกว้างมาก เนื่องจากบานประตูขนาดไม่กว้างนัก และพับไปมา ทำให้เมื่อเปิดแล้วกินเนื้อที่น้อย อาจเป็นบานพับ กระจก หรือบานเกล็ดก็ได้ ดัง ภาพที่ 4.1\_c
4. ประตูบานเปิดไปมาได้ 2 ทาง(Double Acting Door) หรือเรียกว่า ประตูสวิง (Swinging Door) ดังแสดงใน ภาพที่ 4.1\_d ผู้ใช้สามารถเปิดประตูชนิดนี้ได้ด้วยการดันหรือดึงก็ได้ เมื่อเปิดแล้วบานประตูจะปิดตัวกลับโดยอัตโนมัติ ซึ่งถ้าเป็นบังตาไม้จะไม่ใช้บานพับสปริง ประตูชนิดนี้นิยมใช้ชนิดกรอบบานและวงกบเป็นอลูมิเนียมลูกฟักกระจก โดยบานพับเป็นเคียวจะฝังอยู่ด้านบานของประตู หรือฝังพื้น

### 4.2.2 ลักษณะรูปแบบของหน้าต่าง

#### ขนาดและส่วนประกอบของหน้าต่าง

ขนาดหน้าต่างที่พอเหมาะได้แก่ ขนาดที่ผู้ใช้สามารถเอื้อมมือออกไปปิด-เปิดได้สะดวก ถ้าเป็นบานเดี่ยว นิยมใช้ขนาดกว้างประมาณ 0.60 ม.ถึง 0.80 ม.ถ้าเป็นบานคู่ความกว้าง 0.45-0.50 ม. ความสูงของบานขึ้นอยู่กับตำแหน่งของวงกบตัวบาน และวงกบตัวล่าง

วงกบตัวล่างทั่วไปควรอยู่สูงจากระดับพื้นห้องประมาณ 0.85-0.90 ม. และวงกบบนควรอยู่ระดับเดียวกับวงกบบนของประตู กล่าวคือ สูงจากระดับพื้นห้อง 2.00 ม. เหนือวงกบบนอาจมีช่องแสงหรือไม่มีก็ได้ ส่วนประกอบของหน้าต่าง สำหรับอาคารบ้านพักอาศัยได้แก่

1. วงกบ นิยมใช้ไม้เนื้อแข็ง เช่น ไม้มะค่า ไม้แดง เป็นต้น ขนาดไม่เล็กกว่า 2" x 4"
2. กรอบบาน มักใช้ไม้สัก เพราะสวยงาม และไม่บิดงอ ขนาด 1 1/4" x 4" (ถ้ากรอบบานเป็นอลูมิเนียม เหล็ก หรือพลาสติก ก็ใช้วงกบที่เป็นวัสดุชนิดเดียวกัน)
3. ลูกฟัก ถ้าเป็นไม้ นิยมใช้ไม้สักหนาไม่น้อยกว่า 3/4" แต่ปัจจุบันนิยมใช้กระจก ทั้งกระจกใสและกระจกสี
4. อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ เช่น บานพับ ทุญแจ กลอน มือจับ ฯลฯ

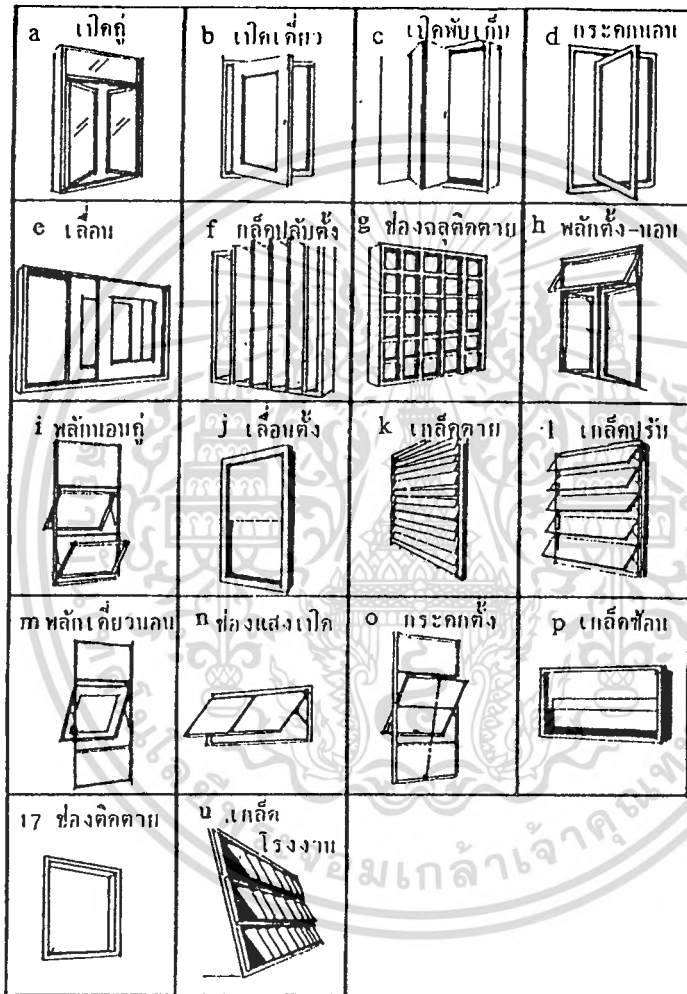
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประเภทของหน้าต่างที่ใช้กับบ้านพักอาศัย

จำแนกตามลักษณะการเปิด-ปิด ได้ดังนี้

1. หน้าต่างบานเปิด (Casement Windows -Side Hung) ดัง ภาพที่ 4.2\_a,b แบ่งตามอุปกรณ์ประกอบบานได้อีกคือ

- บานเปิดที่ใช้บานพับธรรมดา ติดยึดวงกบกับด้านข้างด้านใดด้านหนึ่งของตัวบาน ซึ่งสามารถเปิดได้กว้างถึง 180 องศา และต้องใช้ขอรับ-ขอสับ ช่วยยึดเมื่อเปิดทิ้งไว้ เพื่อกันลมกระแทกหน้าต่าง



ภาพที่ 4.2 แสดงลักษณะของหน้าต่างแบบต่างๆ

- บานเปิดที่ใช้บานพับแบบปรับมุม ซึ่งเมื่อเริ่มใช้ครั้งแรกในประเทศไทย นิยมใช้ยี่ห้อ วิทโก้ (Whitco) บางครั้งจึงเรียกว่าบานพับวิทโก้ใช้ติดยึดวงกบบน และวงกบล่าง กับกรอบบานข้างบนและล่างด้านใดด้านหนึ่งของตัวบาน สามารถเปิดกว้างประมาณ 90 องศา โดยไม่ต้องใช้ขอรับ-ขอสับ หน้าต่างที่ใช้บานพับชนิดนี้ได้รับความนิยมเนื่องจากเปิด-ปิด ง่ายและสะดวก

ถ้าเป็นบานเปิดเดี่ยว มักจะเปิดไปด้านนอกอาคารในทิศทางเดียวกัน ซึ่งถ้าเปิดถูกทิศทางลมจะช่วยดักลมเข้าตัวอาคารได้ ขนาดทั่วไปที่เป็นหน้าต่าง กรอบบานไม้ที่นิยมผลิตจากโรงงานเอ็กสตรีนเป็นเอ็กสตรีนทาสีหรือการใช้น้ำยาเคลือบไม้เพื่อป้องกันการผุพัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด 0.60 x 1.10 ม. แต่ทั้งนี้ถ้าในแบบกำหนดเป็นอย่างอื่นก็สามารถสั่งจากโรงงาน หรือประกอบในที่ก่อสร้างได้

2. หน้าต่างบานกระทุ้ง (Casement Windows-Top Hung) เป็นหน้าต่างชนิดที่มีบานพับชนิดปรับมุมติดอยู่ 2 ด้าน ข้างบนของตัวบานยึดติดกับด้านบนของวงกบข้าง ดัง ภาพที่ 4.2\_h,i,m,n การเปิดใช้ดันด้านล่างของบานออกไป เมื่อเปิดแล้วตัวบานจะทำหน้าที่เป็นกันสาดได้ด้วย ขนาดของบานพับต้องใช้ขนาดใหญ่กว่าบานเปิดด้านข้าง เนื่องจากต้องรับน้ำหนักของตัวบาน

3. หน้าต่างบานพลิก (Pivoted Windows) ดัง ภาพที่ 4.2\_d เป็นหน้าต่างที่มีเดือยเป็นจุดหมุนอยู่ระหว่างกลางของวงกบ ซึ่งอาจเป็นด้านข้าง หรือด้านบนกับล่างตามลักษณะของบานพลิก แนวตั้งหรือแนวนอน

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อเปรียบเทียบรูปแบบหน้าต่างแต่ละชนิด<sup>18</sup>

| ลักษณะข้อดี            | ลักษณะรูปแบบหน้าต่าง ดังรูปภาพที่ 6.1 ประกอบ |    |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------------|----------------------------------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                        | 1                                            | 2  | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 1.ติดตั้งง่าย          | *                                            | *  |   | * | * |   |   |   |   | *  |    | *  | *  | *  |    | *  |    |    |
| 2.ทำความสะอาดง่าย      | *                                            | *  |   | * | * |   |   | * |   | *  |    |    | *  |    |    | *  | *  |    |
| 3.ปรับมุมเหได้         | *                                            | *  |   | * |   |   |   | * | * |    |    | *  | *  | *  | *  |    |    |    |
| 4.ป้องกันฝนขณะเปิดได้  |                                              |    |   |   |   |   |   |   |   | *  |    | *  | *  | *  |    | *  | *  |    |
| 5.ทำเป็นขนาดใหญ่ได้    | *                                            | *  | * |   |   |   | * | * |   |    |    |    |    |    |    |    | *  | *  |
| 6.ไม่ปิดบังการมองเห็น  | *                                            | *  |   | * | * |   |   | * | * | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  |
| 7.มีความปลอดภัย        |                                              |    | * |   |   | * | * |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 8.ลมผ่านได้ดี          | *                                            | *  | * | * |   | * | * | * | * | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  | *  |
| 9.ปรับทิศทางลมเข้าได้  | *                                            | *  |   | * |   | * |   | * | * |    | *  | *  | *  | *  | *  |    |    |    |
| 10.ราคาประหยัด         | *                                            | *  |   |   | * |   |   |   |   | *  | *  |    |    |    |    | *  |    |    |
| 11.บานนิยมทำจากไม้     | *                                            | *  | * |   |   | * | * |   |   | *  |    |    |    | *  | *  |    |    |    |
| 12.บานทำจากอลูมิเนียม  |                                              |    |   | * | * |   | * | * | * | *  | *  | *  | *  | *  | *  |    |    | *  |
| 13.วงกบนิยมทำจากไม้    | *                                            | *  | * |   |   | * | * |   |   | *  | *  | *  |    | *  | *  | *  | *  |    |
| 14.วงกบทำจากอลูมิเนียม |                                              |    |   | * | * |   | * | * | * | *  |    |    | *  | *  | *  |    | *  | *  |
| 15.เหมาะสมกับการตกแต่ง | *                                            | *  | * |   | * | * | * | * |   | *  | *  | *  | *  |    | *  |    | *  |    |
| รวม                    | 11                                           | 11 | 6 | 8 | 7 | 6 | 8 | 9 | 6 | 10 | 7  | 10 | 9  | 11 | 9  | 7  | 7  | 5  |

<sup>18</sup> นรมิตร ถ้วนมงคล, “รวมข้อมูลก่อสร้าง” (กรุงเทพฯ : รุ่งแสงการพิมพ์, 2531) หน้า 258. โยชนด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปิดหน้าต่างบานพลิกแล้ว ตัวบานจะอยู่ภายนอกอาคารครึ่งหนึ่ง และภายในอาคารครึ่งหนึ่ง ดังนั้นถ้าใช้ในบริเวณเดียว ตัวบานจะกีดขวางเนื้อที่ใช้สอยภายในอาคาร จึงไม่นิยมใช้กับตัวอาคารพักอาศัย วัสดุที่ใช้กับบานชนิดนี้ก็เช่นเดียวกับบานเปิด และบานกระทุ้ง

4. หน้าต่างบานเกล็ด (Louvre Windows) หน้าต่างบานเกล็ดกระจกชนิดปรับมุมได้ นิยมใช้กับบ้านพักอาศัยในบริเวณนี้ต้องใช้สัจจรไปมา เนื่องจากไม่เปลืองเนื้อที่เมื่อเปิด และเมื่อปรับมุมให้ลาดพอสมควรก็สามารถกันน้ำได้ สามารถปรับมุมให้รับลมได้มากน้อยตามต้องการด้วย การหมุนมือจับ หรือใช้มือโยก วัสดุยึดเกล็ดกระจกมีทั้งเหล็ก และอลูมิเนียม ซึ่งบริษัทผู้ผลิตจัดทำเป็นชุดประกอบด้วยบานเกล็ดซึ่งมีสปริงยึดกระจกติดวงกบข้างซ้ายและขวา อุปกรณ์ควบคุมการเปิด-ปิดเกล็ดกระจกแบบมือหมุนหรือมือโยกติดกับบานเกล็ดด้านขวา เหล็กฉากหรืออลูมิเนียมฉากกันน้ำฝนด้านบน และด้านล่างของหน้าต่างยึดติดกับวงกบ ดัง ภาพที่ 4.2\_f,k,l

เนื่องจากเมื่อหมุนปิดเกล็ดกระจกแล้ว กระจกบานเกล็ดจะมีส่วนซ้อนทับกันเพื่อกันน้ำฝน เมื่อเปิดปรับมุมกระจกจะสามารถระบายอากาศได้

5. หน้าต่างบานเลื่อน (Sliding Windows) ปัจจุบันบ้านพักอาศัยที่ใช้ระบบปรับอากาศนิยมใช้หน้าต่างบานเลื่อนกระจกกรอบอลูมิเนียมสำเร็จรูปมากขึ้น เนื่องจากไม่เปลืองเนื้อที่ เมื่อเปิด-ปิด (เลื่อน) สะดวก บริษัทผู้ผลิตจะผลิตรอกและรางเลื่อนรวมทั้งอุปกรณ์ชิ้นส่วนต่างของวงกบ และกรอบบานเป็นชุด โดยที่วงกบจะต้องยาวเป็นสองเท่าของช่องเปิด เช่นเดียวกับประตูบานเลื่อน ดังนั้นรูปแบบของหน้าต่างบานเลื่อนจึงมักใช้ร่วมกับช่องกระจกติดตาย 2 ด้าน โดยเปิดเลื่อนตรงกลาง 2 บาน รูปภาพหน้าต่างบานเลื่อน แสดงดัง ภาพที่ 4.2\_c

6. หน้าต่างบานเฟี้ยม แสดงดัง ภาพที่ 4.2\_c เป็นหน้าต่างซึ่งใช้วิธีเปิด-ปิด ด้วยการพับไปมา บานพับจะอยู่ด้านข้างของบานหน้าต่างเล็กๆ แต่ละบาน เช่นเดียวกับประตูบานเฟี้ยม เมื่อเปิดพับแล้วจะเสียเนื้อที่เท่ากับหน้าต่างบานเล็กเพียงบานเดียว ซึ่งทำให้ช่องเปิดกว้างมากเนื่องจากไม่มีวงกบช่วงกลาง แต่การปิด-เปิด ทำได้ยากกว่าหน้าต่างบานเปิดธรรมดา นอกจากหน้าต่างประเภทต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วนั้น ยังมีช่องแสงซึ่งอยู่เหนือช่องประตูหน้าต่าง เพื่อให้แสงสว่างส่องเข้าในอาคารได้ โดยติดกระจกใสหรือกระจกฝ้าติดตาย แต่ถ้าต้องการให้ช่องแสงนั้นระบายอากาศได้ด้วย ก็ติดกระจกสองแผ่นวางให้เหลื่อมกันเพื่อกันฝน โดยให้กระจกแผ่นบนอยู่ด้านนอกอาคาร และระยะห่างของกระจกห่างกันมากพอ หรือติดเป็นบานเกล็ดกระจกติดตาย ลักษณะของหน้าต่างกระจกติดตาย แสดงดัง ภาพที่ 4.2\_p,q

ลักษณะรูปแบบหน้าต่างที่นิยมใช้กันในอาคารในประเทศไทยโดยทั่วไปดัง ภาพที่ 4.2 ซึ่งหน้าต่างที่นิยมใช้กันในประเทศไทยในอาคารพักอาศัยส่วนมากจะเป็นหน้าต่างบานเปิดคู่ หน้าต่างบานเปิดเดี่ยว หน้าต่างบานเลื่อน หน้าต่างบานเกล็ด ฯลฯ ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.1 แสดงข้อเปรียบเทียบรูปแบบหน้าต่าง

### 4.3 คุณสมบัติของช่องเปิดหน้าต่าง

ช่องเปิดนับว่ามีความสำคัญต่อการออกแบบด้วย ทั้งนี้รูปแบบของช่องเปิดมีมากมายขึ้นอยู่กับความต้องการและการใช้สอยพอที่จะแยกออกได้เป็นแบบต่างๆกันดังนี้

1. ช่องเปิดที่ต้องการ ช่องระบายอากาศ ช่องมองทัศนียภาพและช่องรับแสงสว่าง เช่น หน้าต่างบานเปิดเดี่ยว บานเปิดคู่ บานเกล็ดปรับมุม ประตู ช่องเปิดที่ต้องการมองเห็นทัศนียภาพส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุประเภทกระจกใสเพื่อให้มองเห็นทัศนียภาพได้ชัดเจน สามารถเปิดปิดเพื่อระบายอากาศได้

2. ช่องเปิดที่ต้องการ ช่องมองทัศนียภาพ และช่องรับแสงสว่าง เช่น หน้าต่างกระจกติดตาย บานกระจกติดตายสามารถออกแบบเป็นรูปร่างต่างๆ ได้ เพื่อความสวยงามและอาจเลือกใช้กระจกแบบต่างๆ เช่น กระจกสี กระจกฝ้า กระจกใสเป็นต้น ทั้งนี้บานกระจกติดตาย ช่วยให้ได้รับแสงธรรมชาติ แต่ไม่ช่วยในการระบายอากาศ

3. ช่องเปิดที่ต้องการ ช่องระบายอากาศ และช่องรับแสงสว่าง เช่น ช่องอิฐบล็อกจากระบายอากาศ และรับแสงสว่าง ช่องระบายอากาศที่ผนังกำแพงด้านบนเหนือประตูหน้าต่าง การเจาะช่องระบายอากาศที่ผนังนั้น ช่วยให้ระบายอากาศได้รับแสงสว่างจากภายนอกด้วย แต่มีข้อเสียในด้านการป้องกันฝุ่นละอองและแมลงต่างๆ การเจาะช่องผนังก่ออิฐ หรือผนังคอนกรีต สามารถเจาะเป็นรูปทรงต่างๆ ได้มากมายทั้งที่เป็นรูปทรงเรขาคณิต อันได้แก่ รูปทรงสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม วงกลม เป็นต้น ตลอดจนรูปทรงธรรมชาติต่างๆ ได้ตามความต้องการทางความสวยงาม และตามความเหมาะสมด้านการใช้สอย

4. ช่องเปิดที่ต้องการรับแสงสว่าง เช่น ช่องเปิดที่หลังคา (Skylight) ช่องเปิดที่ติดตายด้วยกระจกเหนือประตูหน้าต่าง ช่องแสงบล็อกจากแก้ว (Glass Block) บล็อกแก้วมีลวดลายต่างๆมากมายสามารถติดที่ผนัง หรือเพดาน ค.ศ.ล. ก็ได้ช่วยให้ได้รับแสงตามธรรมชาติจากภายนอก แต่ไม่ช่วยในการระบายอากาศ หรืออาจใช้แทนวัสดุทำผนังได้เพื่อเพิ่มความสวยงามตามความต้องการ ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการทั้งนั้นนอกจากจะช่วยให้ได้รับแสงธรรมชาติแล้ว ยังช่วยป้องกันฝุ่นละอองและแมลงได้ และช่วยให้ความปลอดภัยแก่ภายในด้วย เพราะไม่มีส่วนที่เป็นช่องเปิดอยู่ภายนอกเลย

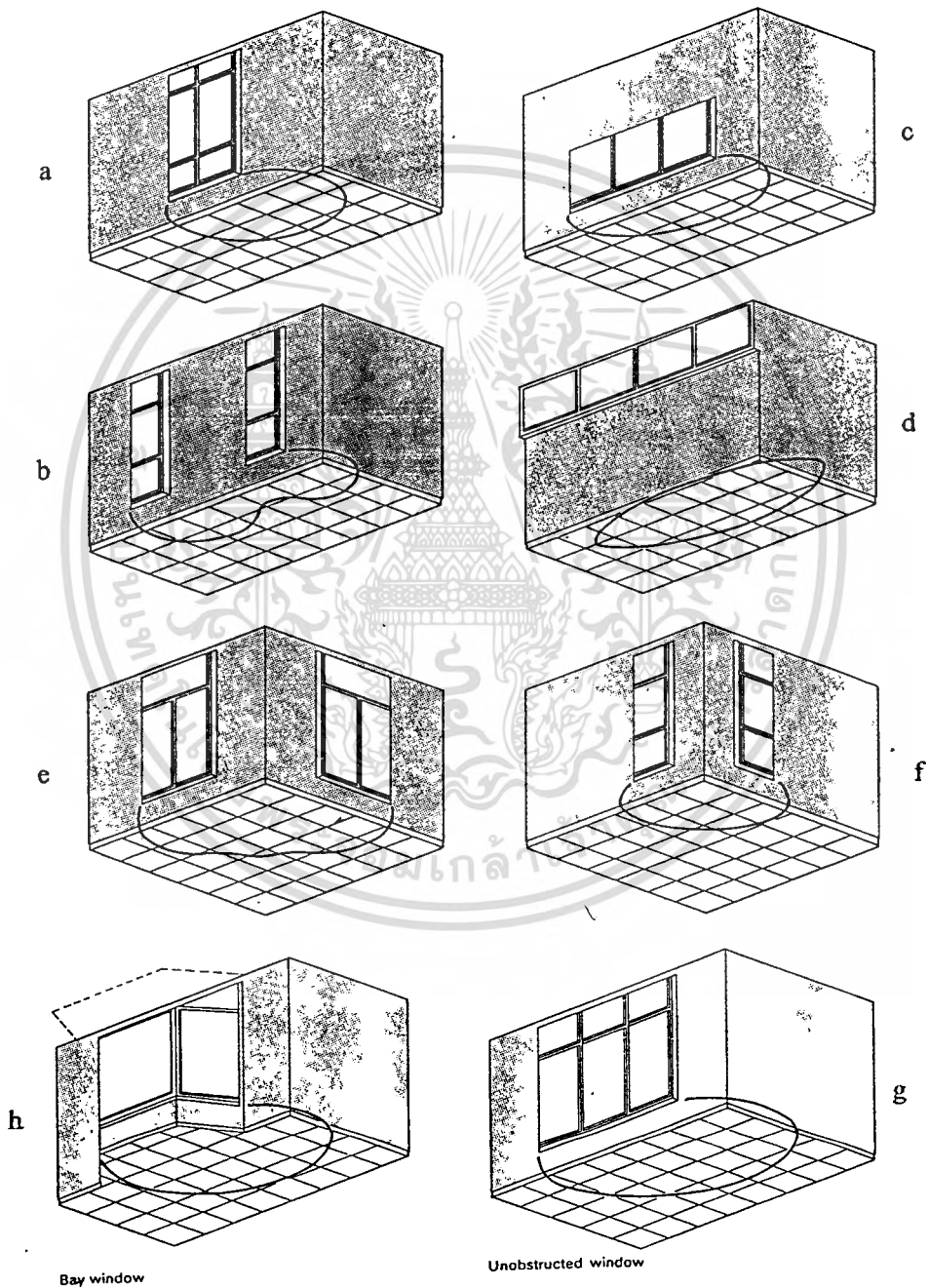
### 4.4 ตำแหน่งของหน้าต่างที่มีผลต่อแสงสว่าง

ตำแหน่งของการเจาะช่องแสง ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการใช้สอย และตำแหน่งของกิจกรรมแต่ละประเภท ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความต้องการ แสงสว่างต่างกันออกไป ลักษณะของช่องเปิดทำให้ลักษณะของแสงที่เข้ามาภายในห้องแตกต่างกันไปดังนี้

- การเปิดช่องหน้าต่างสูง ลักษณะแสงสว่างที่เข้ามาจะมีระยะทางลึก เหมาะที่จะใช้กับห้อง

เอกลีค ต้องการปริมาณแสงสว่างกระจายเข้าไปได้ระยะทางมาก ดัง ภาพที่ 4.3\_a ถ้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะเป็นร้านค้าทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเปิดช่องหน้าต่างต่างสูง 2 ช่องห่างกัน ลักษณะแสงสว่างกระจายเข้ามาได้ระยะทางลึก แสงสว่างระหว่างช่องหน้าต่างทั้งสองช่อง จะขึ้นอยู่กับระยะห่างของช่องแสง 2 ช่อง ถ้าห่างกันมากเกินไประยะแสงสว่างตรงตำแหน่งระแนงหน้าต่างทั้งสองก็จะน้อยลงดัง ภาพที่ 4.3\_b



ภาพที่ 4.3 แสดงตำแหน่งของหน้าต่างที่มีผลต่อแสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลงวันเวลาที่สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเปิดช่องหน้าต่างกว้าง ลักษณะแสงสว่างจะแผ่ตามแนวระนาบได้มาก เหมาะกับห้องที่ต้องการปริมาณแสงในแนวระนาบ ความลึกของห้องน้อยดัง ภาพที่ 4.3\_c
- การเปิดช่องหน้าต่างด้านกว้างสูง ปริมาณแสงสว่างภายในจะสว่างเป็นระนาบกว้างเป็นวงรี มีระยะทางลึกจากแนวผนังทางช่องหน้าต่าง ดัง ภาพที่ 4.3\_d
- การเปิดช่องหน้าต่างตรงหัวมุมผนัง 2 ด้าน ปริมาณแสงสว่างจะมีลักษณะแผ่กระจายเข้าได้ ดีกว่าการเจาะแสงแบบช่องหน้าต่าง 2 ช่องที่ห่างกัน ซึ่งลักษณะแสงสว่างเป็นรูปครึ่งวงกลมดัง ภาพที่ 4.3\_e และ ภาพที่ 4.3\_f
- การเปิดช่องหน้าต่างตรงส่วนที่ผนังยื่นออกไปจากแนวลักษณะปริมาณแสงจะได้รับแสงสว่างเฉพาะส่วนช่องเปิดตรงส่วนนั้นดัง ภาพที่ 4.3\_g
- การเปิดช่องหน้าต่างเพื่อให้ปริมาณแสงสว่างกระจายจากหน้าต่างเข้ามาได้ดีนั้นควรออกแบบช่องหน้าต่างให้มีความกว้าง และความสูงด้วย แต่ควรคำนึงถึงปริมาณความร้อนที่จะส่งผลกระทบต่อด้วย ดัง ภาพที่ 4.3\_h

#### 4.5 ช่องเปิดที่มีผลต่อมุมมอง

การเปิดช่องเปิดควรจะต้องเลือกตำแหน่งที่ต้องการมองเห็นทัศนียภาพจากภายนอกต้องการแสงสว่างจากธรรมชาติ และต้องการระบายอากาศ กรอบช่องเปิดที่ปรากฏจะเป็นตัวทำให้เกิดระยะทางของการมองเห็นทัศนียภาพ ช่องเปิดเป็นตัวเชื่อมระหว่างพื้นที่ภายในและภายนอกอาคาร

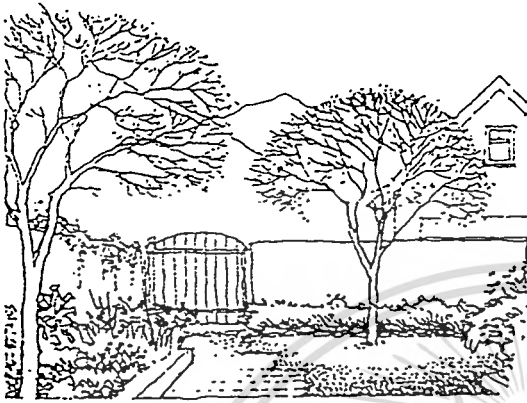
การเจาะช่องเปิดมีผลทางด้านจิตวิทยาในการมองเห็นธรรมชาติ ดังนั้นการเลือกตำแหน่งช่องเปิด ขนาดช่องเปิด และรูปแบบของช่องเปิด มีความสำคัญที่ควรพิจารณาควบคู่กับการออกแบบอาคาร การเจาะช่องเปิดจำนวนน้อย ดัง ภาพที่ 4.4\_a มุมมองของผู้อยู่อาศัยมองเห็นทัศนียภาพภายนอกได้จำกัด ปริมาณแสงสว่างและการระบายอากาศได้ปริมาณน้อย การเจาะช่องเปิดกว้างใหญ่ทั้งผนังทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างภายในและภายนอกอาคาร ดัง ภาพที่ 4.4\_b ทำให้เห็นทัศนียภาพได้ดี การระบายอากาศสะดวก แต่จะมีปัญหาในเรื่องแสงจากดวงอาทิตย์อาจต้องติดตั้งอุปกรณ์บังแดดเพื่อป้องกันความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ การเจาะช่องเปิดบริเวณมุมของอาคารจะทำให้มองเห็นทัศนียภาพที่กว้างและได้ระยะทางดัง ภาพที่ 4.4\_c การเจาะช่องหน้าต่างกว้างตรงมุมและเปิดช่องเปิดทางด้านบน (Skylight) จะทำให้เห็นทัศนียภาพได้ดีมาก แต่ไม่เหมาะสมในเมืองไทยซึ่งมีค่ารังสีตรงจากดวงอาทิตย์ปริมาณสูง และปริมาณน้ำฝนที่ตกทำให้เกิดปัญหาตามมา ถ้าต้องการเปิดช่องหน้าต่างดัง ภาพที่ 4.4\_d ควรจะออกแบบอุปกรณ์ป้องกันน้ำฝน และรังสีตรงจากดวงอาทิตย์

การเจาะช่องเปิดที่กว้างด้านบนเหมาะสำหรับเป็นช่องรับแสงธรรมชาติมากกว่าที่จะมองเห็นทัศนียภาพ ดัง ภาพที่ 4.4\_e ซึ่งสามารถระบายอากาศได้ดีอีกด้วย การเจาะช่องเปิด 2 ช่องที่ไม่ต่อเนื่องกันทำให้ทัศนียภาพขาดความต่อเนื่องกัน ดัง ภาพที่ 4.4\_f แสงธรรมชาติจะสามารถกระจายได้ดี และการระบายอากาศสะดวก การเจาะช่องเปิดด้านข้างดัง ภาพที่ 4.4\_g ทำให้เห็นภาพด้านข้าง การ



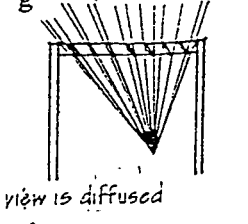
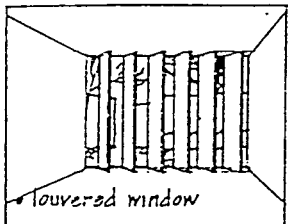
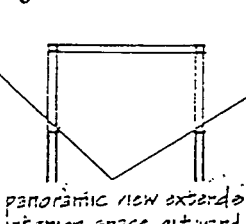
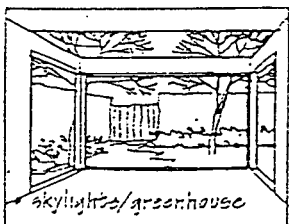
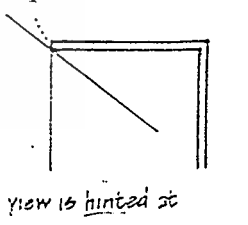
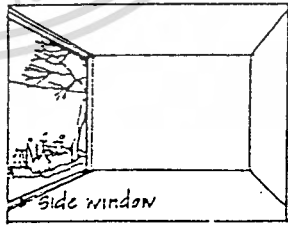
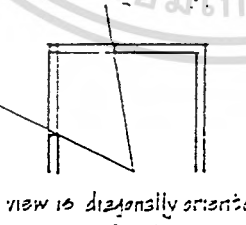
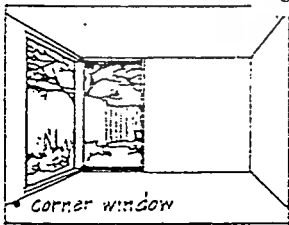
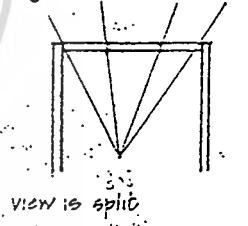
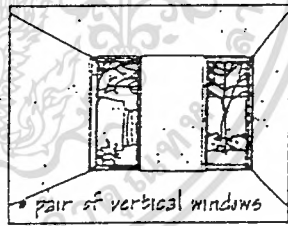
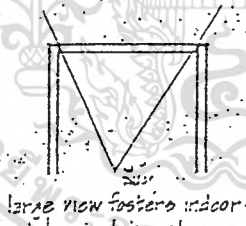
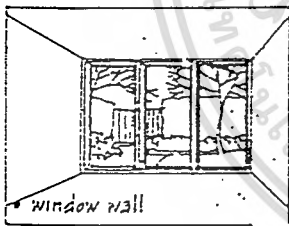
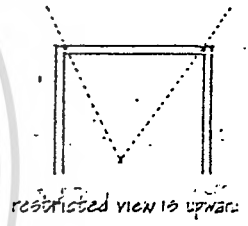
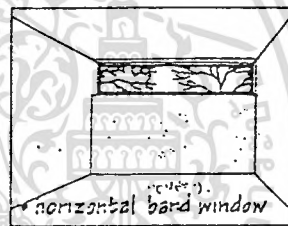
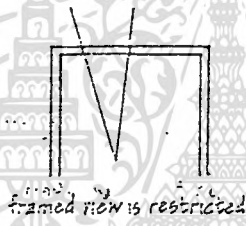
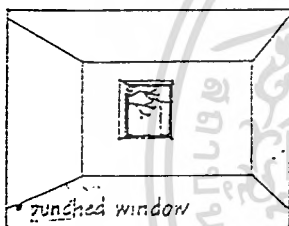
เจาะช่องเปิดหลายช่องเป็นเกล็ดทางตั้ง การระบายอากาศได้ดี แต่มุมมองทัศนียภาพกระจายขาดความต่อเนื่อง จากลักษณะเกล็ดบังตาข้าง ภาพที่ 4.4\_h

การเจาะช่องเปิดควรคำนึงถึงศักยภาพทางด้านมุมมอง ปริมาณความร้อน ปริมาณแสงสว่าง การระบายอากาศ และลักษณะ โครงสร้างด้วยเพื่อให้ได้ช่องเปิดที่มีคุณภาพที่ดีเหมาะสมกับอาคาร



A building's window openings should be positioned not only to satisfy natural light and ventilation requirements but also to frame desirable views. Depending on a site context, these views may be close or distant in nature. Even when desirable views are nonexistent, a pleasant outlook can often be created within a building site.

A window may be created within a wall in a number of ways, depending on the nature of the view and the way it is framed in the wall's construction. It is important to note that the size and location of windows also affects a room's spatial quality, daylighting, and potential heat loss or gain.



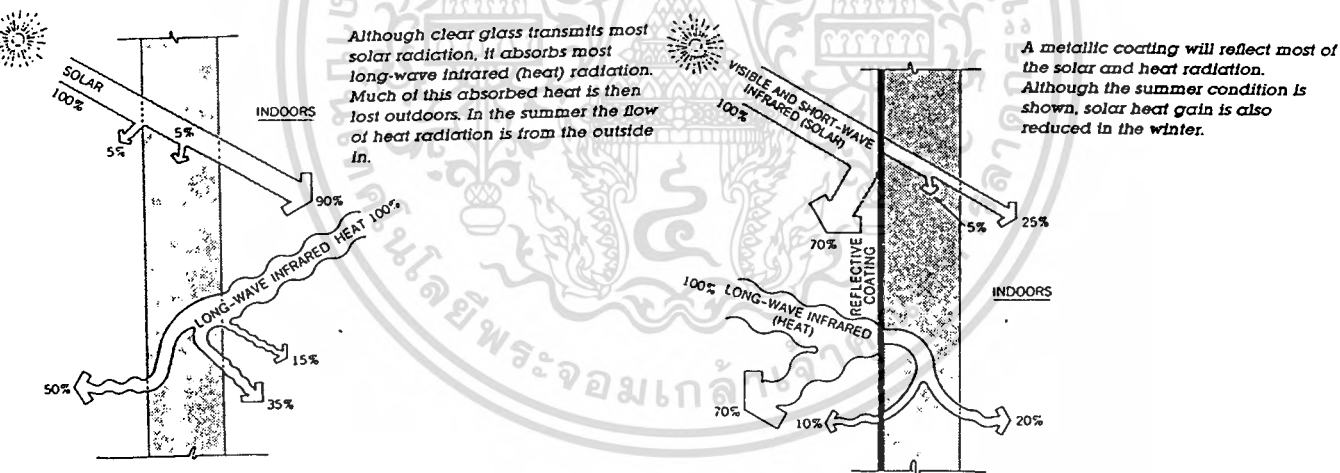
ภาพที่ 4.4 แสดงลักษณะการเจาะช่องเปิด ที่มีผลต่อมุมมอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนเนื้อหาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.6 รังสีดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อหน้าต่างกระจก

รังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งผลกระทบต่อหน้าต่างกระจก 2 รูปแบบคือ หนึ่งรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ สองรังสีกระจายจากเมฆหมอก ฝุ่นละอองบนท้องฟ้า ซึ่งในการศึกษาจะป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากมีปริมาณพลังงานความร้อนที่มากับรังสีตรงปริมาณความร้อนมาก ซึ่งรังสีดวงอาทิตย์จะกระทำในรูปแบบของรังสีคลื่นสั้น (Shortwave radiation) ตกกระทบพื้นผิว และเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาว (Longwave radiation) รังสีตกกระทบบางส่วนก็จะถูกดูดซึม และบางส่วนก็จะสะท้อนออกไป (Reflected) ปริมาณของรังสีที่ตกกระทบบนพื้นผิวจะเท่ากับปริมาณรังสีที่ถูกดูดซึม (Adsorbed) โดยพื้นผิวนั้นรวมกับปริมาณรังสีที่สะท้อนออกไป

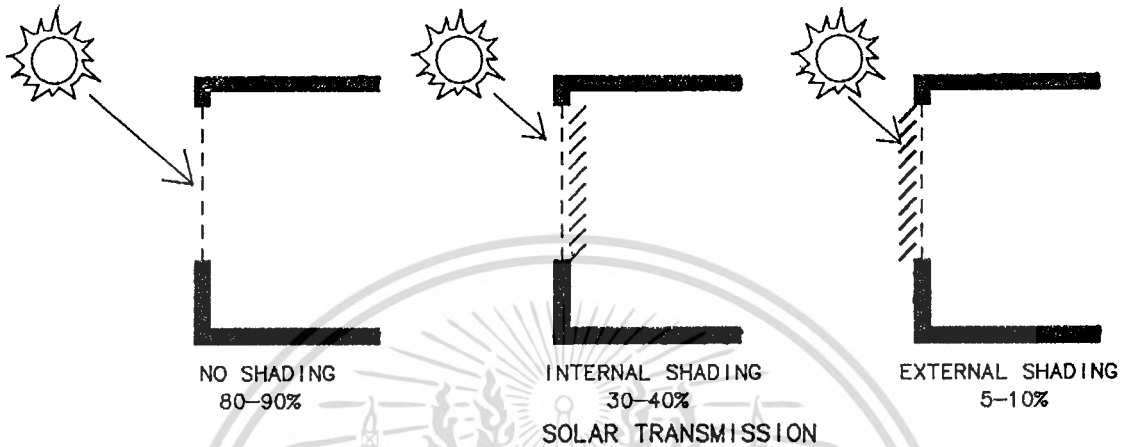
รังสีจากดวงอาทิตย์เป็นรังสีคลื่นสั้น (Shortwave energy) วัตถุภายในดูดซึมรังสีคลื่นสั้นนี้ และคายเป็นคลื่นยาว(Longwave) หรืออินฟราเรด(Infrared) ออกมากระจกมีคุณสมบัติโปร่งใสต่อรังสีคลื่นสั้น แต่ไม่ยอมให้รังสีคลื่นยาว(Longwave) ทะลุผ่านไปได้สะดวก ดังนั้นความร้อนส่วนใหญ่จะถูกกักไว้ในพื้นที่ภายในจะทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นด้วย การเคลือบผิวกระจกสะท้อนแสงภายนอก รังสีคลื่นยาวที่จะผ่านเข้ามาภายในอาคารนั้นลดน้อยลง ดัง ภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 แสดงคลื่นรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งผลกระทบต่อกระจกใส และกระจกเคลือบผิวสะท้อนแสง

หน้าต่างที่มีการบังแดดจะทำให้ค่าความร้อนที่เข้ามาภายในลดลง การออกแบบหน้าต่างกระจกใสที่มีอุปกรณ์บังแดด ปริมาณค่าความร้อนที่ผ่านเข้ามาในอาคารถึง 80-90 % ซึ่งถ้ามีอุปกรณ์บังแดดภายในอาคารจะทำให้ความร้อนเข้ามาภายในอาคารประมาณ 30-40% และถ้ามีการออกแบบ

อุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารความร้อนที่จะผ่านเข้ามาภายในอาคารประมาณ 5-10% ดัง ภาพที่ 4.6<sup>19</sup>



ภาพที่ 4.6 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความร้อนที่ผ่านเข้ามาภายในอาคาร ในการเปรียบเทียบ ไม่มีอุปกรณ์บังแดด,มีอุปกรณ์บังแดดภายใน และมีอุปกรณ์บังแดดภายนอก

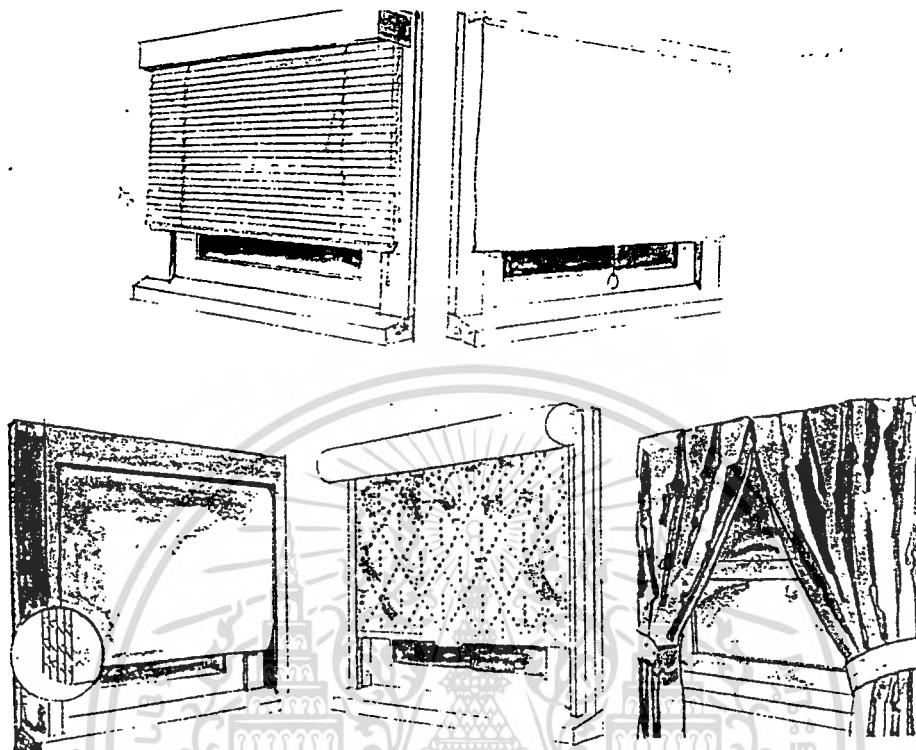
#### 4.7 การถ่ายเทความร้อนผ่านม่านหน้าต่าง

ขณะที่หน้าต่างกระจกก็ยังคงมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อผู้ที่อยู่อาศัยในอาคาร ในแง่ของรูปลักษณ์ความสวยงาม และการมองเห็นภายนอกอาคาร ดังนั้นผู้อยู่อาศัยแก้ปัญหาของแสงอาทิตย์ที่ส่องตรงเข้ามาทางหน้าต่าง และต้องการความเป็นส่วนตัวภายในอาคาร โดยการใช้ผ้าม่าน หรือมู่ลี่ในขณะเดียวกัน ปริมาณแสงสว่างก็น้อยลงด้วย จุดเด่นในการการใช้ม่าน คือ การปรับเปลี่ยนได้โดยการพับหรือหมุน มีผลในการบังแดด และป้องกันความร้อนให้ลดลง ม่านหน้าต่างที่ปรับได้สามารถแก้ไขปรับตามรังสีดวงอาทิตย์แบบตรงได้จะมีราคาแพง การออกแบบเพื่อปรับสภาวะความนุ่มนวลของแสง และการต้องการความเป็นส่วนตัว การควบคุมได้ง่ายรูปแบบของการใช้งานมีหลายรูปแบบ ซึ่งรูปแบบยังสามารถควบคุมการเปลี่ยนความร้อนผ่านทางหน้าต่างด้วย

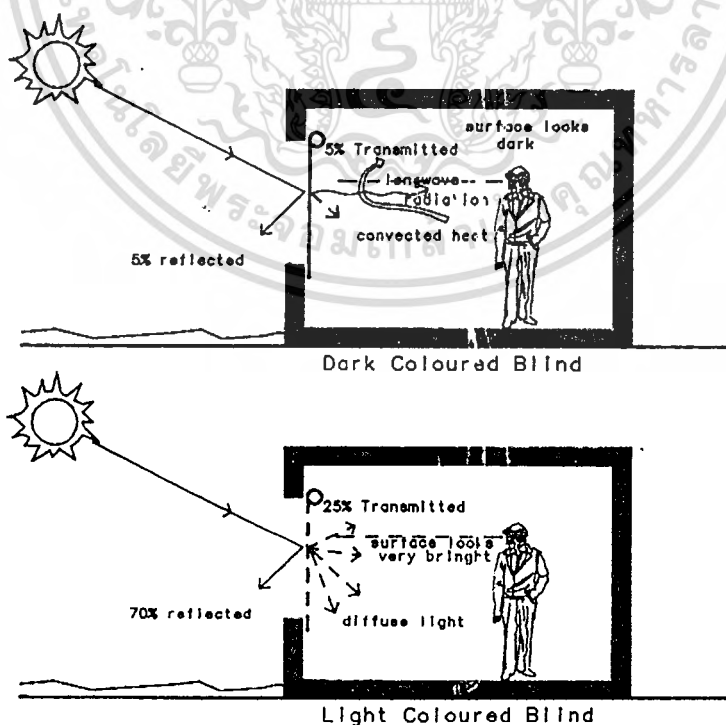
ม่านหน้าต่างเหล่านี้มีผลทำให้การใช้พลังงานในการปรับอากาศให้น้อยลง เนื่องจากรังสีความร้อนที่ผ่านเข้ามาภายในน้อยลง สามารถปรับปริมาณแสงสว่างได้ดี โดยประมาณม่านหน้าต่าง หรือมู่ลี่ปรับมุมได้สามารถสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ได้ประมาณ 40 % สามารถพับหรือหมุนเก็บได้ เมื่อต้องการ

<sup>19</sup> Benjamin H. Evans. "Daylight in Architecture" (New York: AIA, 1981) P.70. ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มองทัศนียภาพจากภายนอกหน้าต่าง ซึ่งม่านหน้าต่างและมู่ลี่จากวัสดุสังเคราะห์สามารถบังแดดได้ดี ทำให้ปริมาณแสงสะท้อนประมาณ 60% แต่ถ้าหุ้มม่านหน้าต่าง หรือมู่ลี่ปิดหน้าต่างจะทำให้ภายในแสงสว่างลดลงปริมาณมาก ราคาจะถูกกว่าม่านหน้าต่าง หรือมู่ลี่เกิดลึบปรับมุม



ภาพที่ 4.7 แสดงลักษณะมู่ลี่ และผ้าม่านที่ติดหน้าต่างทั่วไป



ภาพที่ 4.8 แสดงการใช้มู่ลี่สีทึบและสีสว่างที่มีผลต่อการสะท้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ้าม่าน ส่วนมากนิยมติดตั้งภายในอาคารบริเวณ หน้าต่าง ประตู ซึ่งมีการใช้กับอาคารบ้านพักอาศัย เพื่อป้องกันแสงแดดต้องการความเป็นส่วนตัว และตกแต่งภายในเพื่อความสวยงาม

ภาพที่ 4.8 แสดงการใช้มู่ลี่ทึบและสีสว่าง จะเห็นได้ว่าการใช้มู่ลี่ลักษณะสีทึบจะทำให้ปริมาณแสงภายในอาคารลดน้อยลง ปริมาณแสงที่ถูกมู่ลี่ดูดซับมีปริมาณสูงทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกับผู้อยู่อาศัยทำให้รู้สึกไม่สบายทั้งทางแสงสว่าง มุมมอง ปริมาณความร้อนและความเป็นส่วนตัว เมื่อใช้มู่ลี่ลักษณะสีสว่างซึ่งสามารถสะท้อนแสงออกสู่ภายนอกได้ จะทำให้ปริมาณแสงสะท้อนออกสู่ภายนอกปริมาณ 70 % แต่ปริมาณแสงที่สะท้อนเข้ามาในอาคาร 25 % ทำให้ภายในอาคารนั้นได้รับปริมาณแสงทำให้ห้องมีแสงสว่าง แต่ปริมาณรังสีที่ผ่านเข้ามาสู่กระจกทำให้ความร้อนมีปริมาณสูง ทำให้ผู้ใช้อาคารต้องเสียค่าพลังงานในการปรับอากาศ ซึ่งจะได้ปริมาณแสงสว่างมุมมองเห็นน้อย สามารถลดปริมาณความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ได้บางส่วน

#### ข้อดีของการใช้ม่านหน้าต่าง

1. ราคาติดตั้งไม่สูงมากเมื่อเทียบกับอุปกรณ์บังแดด
2. ป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์
3. บำรุงรักษาสะดวก
4. สามารถปรับเปลี่ยนความต้องการความเป็นส่วนตัวและมองเห็นทัศนียภาพภายนอก
5. ตกแต่งให้สวยงาม

#### ข้อเสียของการใช้ม่านหน้าต่าง

1. ปริมาณความร้อนถูกดูดซับไว้ที่ม่าน ซึ่งจะส่งผลต่อการแลกเปลี่ยนความร้อน
2. ปริมาณแสงสว่างลดลง
3. ไม่ทนทานเป็นแหล่งสะสมฝุ่นละออง
4. ทำให้การระบายอากาศไม่สะดวก

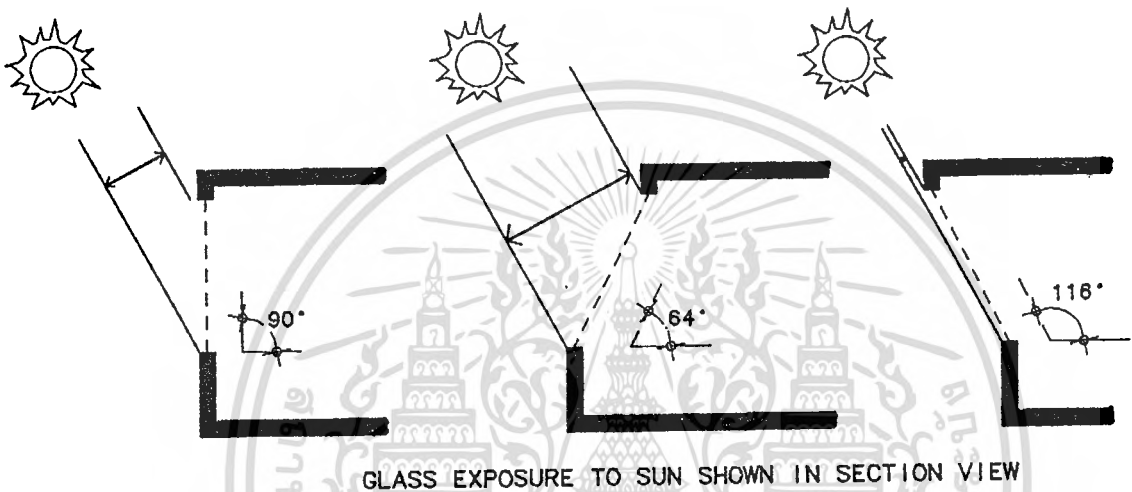
### 4.8 ระบายของหน้าต่างกระจกใสที่มีผลต่อความร้อนภายในอาคาร

การปรับระนาบหน้าต่างเฉียงจะมีผลต่อพื้นที่และค่ารังสีดวงอาทิตย์ส่งผลได้รับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์มากขึ้น ซึ่งหน้าต่างที่มีระนาบ 90 องศา กับพื้นจะได้รับค่ารังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบระนาบหน้าต่างมากกว่า หน้าต่างที่มีระนาบมากกว่า 90 องศา ซึ่งสะดวกในการใช้สอยและได้มุมมองระดับสายตาหน้าต่างที่มีระนาบมากกว่า 90 องศา กับพื้นจะได้รับรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบระนาบหน้าต่างน้อยกว่า มุมมองถูกบังกั้นให้มองมุมต่ำลงจากระดับสายตา การใช้สอยพื้นที่ควรจัดให้เหมาะสมกับระนาบหน้าต่าง หน้าต่างที่มีระนาบต่ำกว่า 90 องศา กับพื้นจะได้รับรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบระนาบหน้าต่างมาก จะทำให้ความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารมากขึ้นทำให้เพิ่มภาระการทำความเย็นในอาคาร มุมมองถูกบังกั้นให้มองมุมสูงกว่าระดับสายตา การใช้สอยพื้นที่ควรจัดให้เหมาะสม

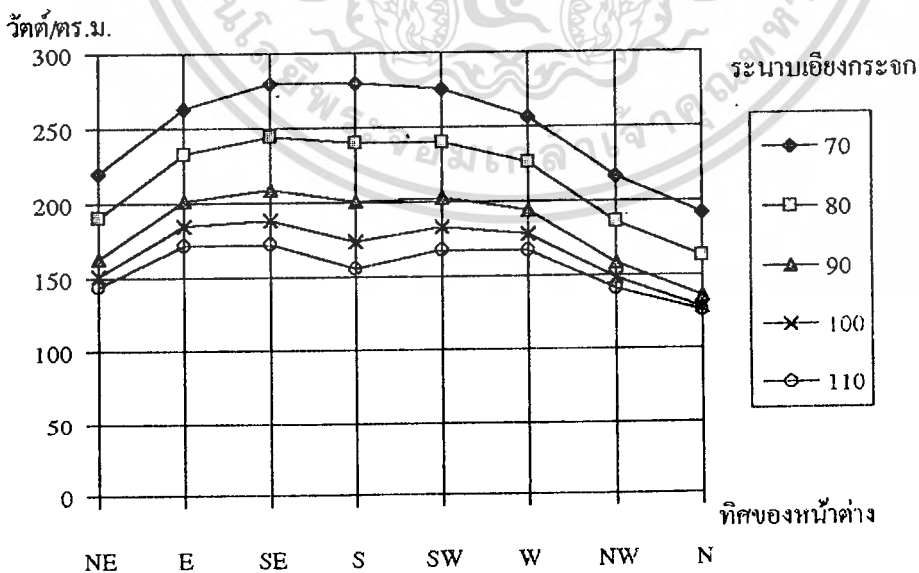
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่เสียประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมกับระนาบหน้าต่าง ซึ่ง ภาพที่ 4.9 แสดงระนาบหน้าต่างที่ต่างกัน ต่อผลกระทบรังสีดวงอาทิตย์ ตกกระทบนานหน้าต่างที่มุมต่างกัน

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกใสที่มีระนาบหน้าต่างเอียงทำมุมต่างๆ จะมีค่าถ่ายเทความร้อนแตกต่างกันดัง ภาพที่ 4.10 ซึ่งถ้าหน้าต่างกระจกใสขนาด 1.00x1.00 ม.หนา 5 มม. เอียงทำมุมมากกว่า 90 องศา กับพื้นดินจะมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมน้อยลง ถ้ามุมของระนาบหน้าต่างกระจกใสเอียงทำมุมน้อยกว่า 90 องศา กับพื้นจะมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมมากขึ้น



ภาพที่ 4.9 แสดงลักษณะระนาบหน้าต่างที่มีผลต่อมุมตกกระทบบังสีดวงอาทิตย์



ภาพที่ 4.10 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกใสในระนาบ และทิศทางต่างๆ

#### 4.9 ผลของหน้าต่างในอดีต และปัจจุบันต่อค่าการถ่ายเทความร้อน

หน้าต่างในอดีตมักทำจากวัสดุประเภทไม้เนื้อแข็ง ซึ่งหาได้สะดวก ราคาถูกแต่ปัจจุบันไม้เนื้อแข็งราคาสูงขึ้น วัสดุเทคโนโลยีพัฒนามากขึ้น วัสดุใหม่ๆคุณภาพดีขึ้น ราคาถูกลงทำให้มีการพัฒนาหน้าต่างเปลี่ยนจากหน้าต่างทั้งบานประกอบด้วยไม้เนื้อแข็งเป็นส่วนใหญ่ มาเป็นหน้าต่างที่ประกอบด้วยกระจกเป็นส่วนมาก ส่วนไม้และอลูมิเนียมเป็นส่วนน้อย ซึ่งกระจกมีคุณสมบัติโปร่งใส มองเห็นทัศนียภาพได้ดี แสงสว่างส่องผ่านได้ดี ซึ่งในปัจจุบันนิยมใช้มาก ซึ่ง ภาพที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบวัสดุประกอบหน้าต่างและรูปแบบหน้าต่างในอดีตและปัจจุบัน

##### หน้าต่างในอดีต

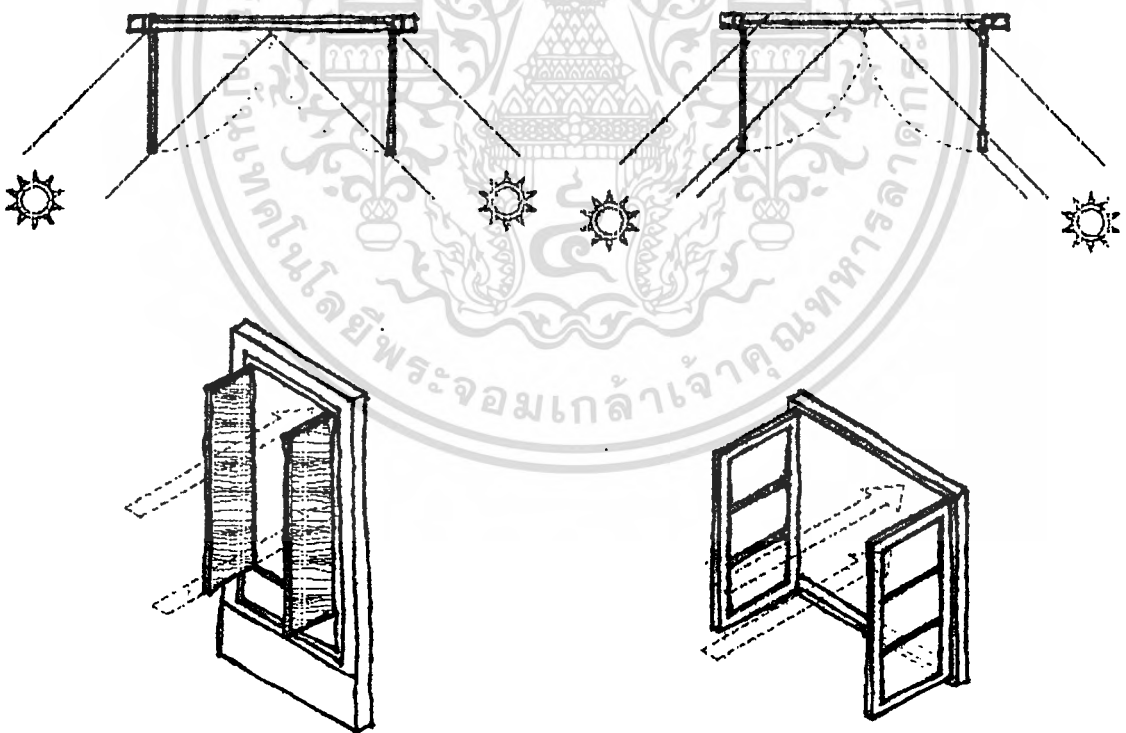
$$U = 1.90 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}, Q = 26.6 \text{ W/m}^2$$

##### หน้าต่างบานเปิด ไม้เกล็ด

##### หน้าต่างที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

$$U = 5.80 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}, Q = 137 \text{ W/m}^2$$

##### หน้าต่างเป็นเปิดกระจกใส



ภาพที่ 4.11 แสดงลักษณะหน้าต่างในอดีตและปัจจุบันที่ใช้กันทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงข้อเปรียบเทียบหน้าต่างในอดีต และหน้าต่างที่นิยมใช้ปัจจุบัน

| หน้าต่างที่นิยมใช้ในอดีต                                                    | หน้าต่างที่นิยมใช้ในปัจจุบัน                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>ข้อดี</b>                                                                | <b>ข้อดี</b>                                                               |
| - การป้องกันรังสีตรงดวงอาทิตย์ได้                                           | - ได้รับปริมาณแสงสว่างดี                                                   |
| - ค่าการถ่ายเทความร้อนน้อย $U = 1.90 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ | - บำรุงรักษาสะดวก                                                          |
| - สามารถระบายอากาศได้เมื่อเปิด-ปิด                                          | - มองเห็นทัศนียภาพได้ดี                                                    |
| - ต้องการความเป็นส่วนตัวและมองวิวได้เมื่อปิด-เปิด                           | - ราคาถูกกว่าไม้เมื่อเทียบกับกระจกใส                                       |
|                                                                             | - น้ำหนักเบากว่าหน้าต่างในอดีต                                             |
|                                                                             | - ระบายอากาศได้เมื่อเปิดช่องเปิด                                           |
| <b>ข้อเสีย</b>                                                              | <b>ข้อเสีย</b>                                                             |
| - แมลง สัตว์ ทำความรบกวนได้เมื่อเปิด                                        | - ถ้าต้องการระบายอากาศโดยการเปิด                                           |
| - บำรุงรักษาทำความสะอาดยุ่งยาก                                              | - ป้องกันรังสีตรงดวงอาทิตย์ไม่ได้                                          |
| - ปัจจุบันราคาไม้เนื้อแข็งราคาสูง                                           | - ค่าการถ่ายเทความร้อนสูง $U = 5.80 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ |
| - เมื่อเปิดจะไม่สามารถมองเห็นทัศนียภาพ                                      | - ถ้าต้องการความเป็นส่วนตัวต้องติดผ้าม่าน                                  |

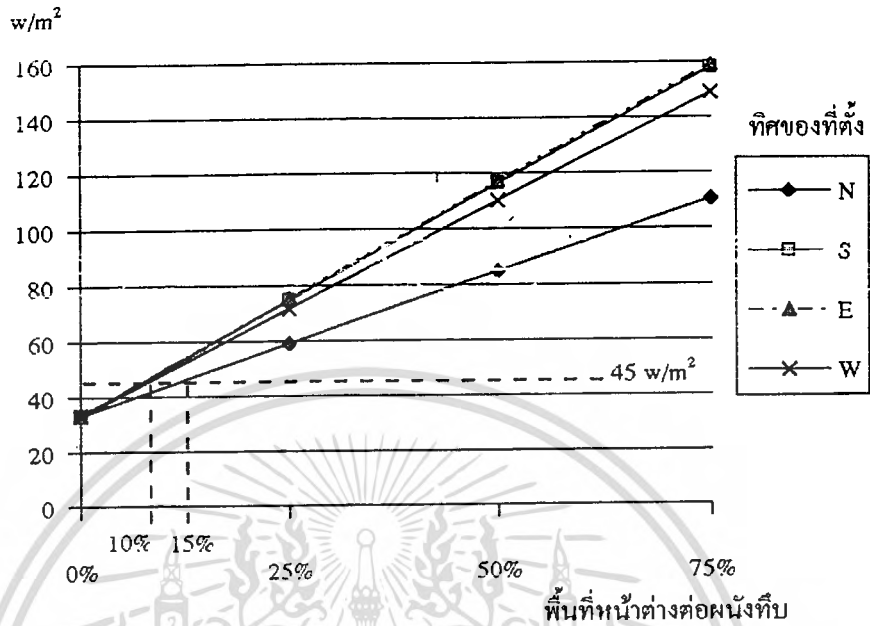
#### 4.10 ขนาดของช่องเปิดที่มีผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด

การพิจารณาวัสดุประกอบผนังอาคารในการถ่ายเทความร้อนซึ่งค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารตามมาตรฐานพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ได้กำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร (OTTV) ไม่เกิน 45 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งในพิจารณาค่าการถ่ายเทความร้อนของช่องเปิดหน้าต่างขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุประกอบผนัง ชนิดของกระจก ทิศทางการเปิดและอุปกรณ์บังแดด ซึ่งในที่นี้จะยังไม่คิดถึงการใช้อุปกรณ์บังแดดให้กับหน้าต่างกระจก และในการพิจารณาชนิดของกระจกจะคิดถึงกระจกใสเป็นสำคัญ เนื่องจากมีค่าการถ่ายเทความร้อนสูง ในการศึกษาจะเปรียบเทียบที่ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบหนา 10 ซม. ซึ่งมีค่า  $U = 3.31 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  และกระจกใสหนา 6 มม. ซึ่งมีค่า  $U = 5.88 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  เมื่อพิจารณาการเจาะช่องเปิดที่เป็นกระจกใสหนา 6 มม. กับผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบที่มีผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อน ในกรณีไม่มีอุปกรณ์บังแดดให้กับหน้าต่างกระจกใส จะพบว่า

- ด้านทิศเหนือ ขนาดของช่องเปิดที่เป็นกระจกใสไม่ควรเกิน 15 % ของพื้นที่ผนัง
- ด้านทิศใต้ ขนาดของช่องเปิดที่เป็นกระจกใสไม่ควรเกิน 10 % ของพื้นที่ผนัง
- ด้านทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก ขนาดของช่องเปิดที่เป็นกระจกใสไม่ควรเกิน 10 % ของพื้นที่ผนัง

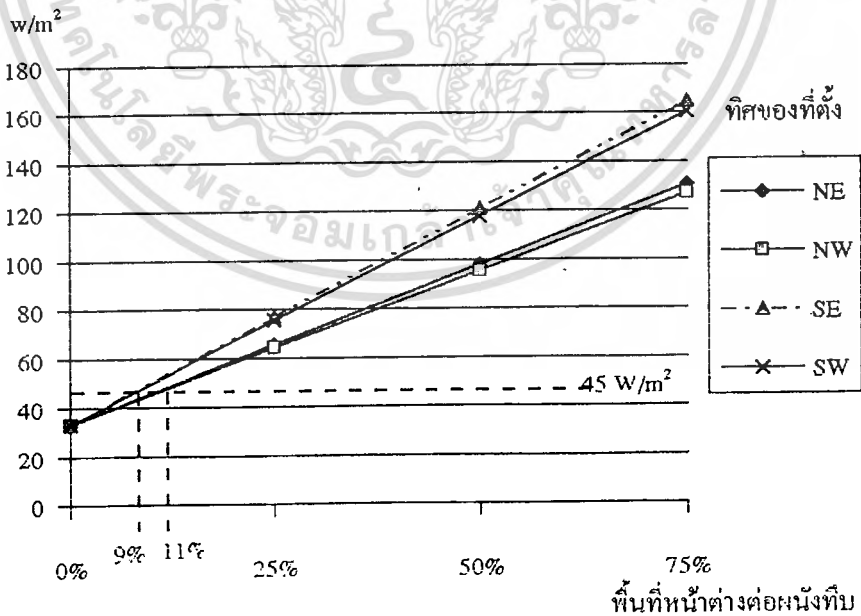
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





พื้นที่หน้าตางกระจกใส ค่อม้งทึบอ้อมอ้อมอ้อม

ภาพที่ 4.12 แสดงขนาดของหน้าตางกระจกใสในทิศต่างๆที่มีผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวม  
กรณีไม่มีอุปกรณบังแดด ทิศ N, S, E, W



พื้นที่หน้าตางกระจกใส ค่อม้งทึบอ้อมอ้อมอ้อม

ภาพที่ 4.13 แสดงขนาดของหน้าตางกระจกใสในทิศต่างๆที่มีผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวม

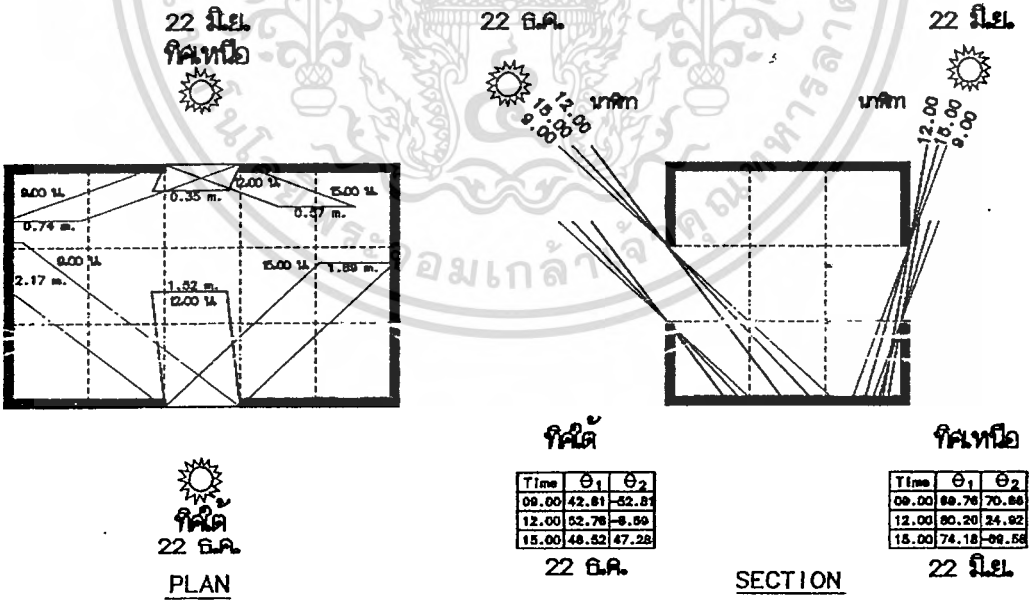
เอกสารนี้เป็นเอกสารกรณีไม่มีอุปกรณบังแดด ทิศ NE, NW, SE, SW ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ขนาดของช่องเปิดที่เป็นกระจกใส ไม่ควรเกิน 11 % ของพื้นที่ผนังด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้-ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ขนาดของช่องเปิดที่เป็นกระจกใสไม่ควรเกิน 9 % ของพื้นที่ผนัง ซึ่งแสดงใน ภาพที่ 4.12-4.13

#### 4.11 รังสีตรงดวงอาทิตย์ส่องเข้าภายใน ทางช่องเปิดทิศต่างๆที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด

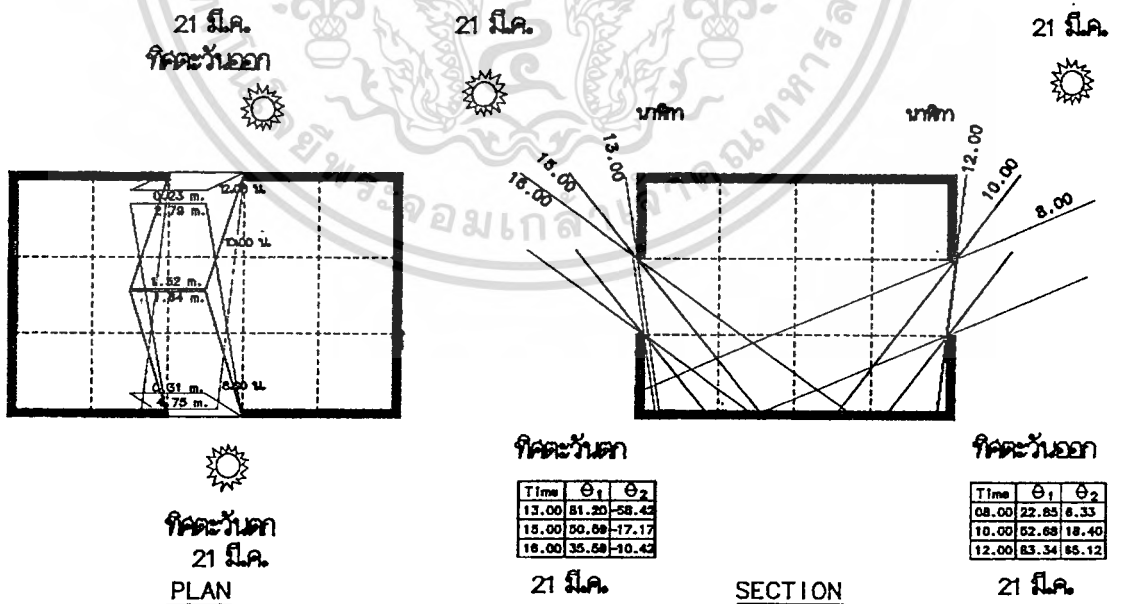
ในการไม่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดดป้องกันรังสีตรงดวงอาทิตย์ส่งผลกระทบกับหน้าต่างกระจกใสในด้านต่างๆ ซึ่งค่าความร้อนที่มาพร้อมกับรังสีตรงดวงอาทิตย์มีปริมาณสูง ซึ่งรังสีตรงดวงอาทิตย์จะส่งผลกระทบกับหน้าต่างที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดดทำให้แสงเข้าไปสู่ภายในได้ระยะทาง ตามทิศทางต่างดัง ภาพที่ 4.14-4.17 แสดงให้เห็นระยะของรังสีดวงอาทิตย์ ส่องเข้าภายในอาคารในทิศต่างๆ โดยระยะนั้นแปรเปลี่ยนไปในทิศต่างๆ ซึ่งปริมาณรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ที่ส่องเข้ามาภายในอาคาร ทำให้เกิดความสว่างซึ่งความสว่างที่มาพร้อมรังสีตรงจะมีค่าปริมาณความร้อนที่มาพร้อมรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ปริมาณสูง ไม่เหมาะสมในการนำแสงสว่างที่เกิดจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์มาใช้ในการออกแบบในประเทศไทย เนื่องจาก ปริมาณความร้อนที่เข้ามาทับรังสีตรงดวงอาทิตย์มีปริมาณมาก คุณภาพของแสงสว่างมีความแปรปรวน ตามรังสีดวงอาทิตย์การควบคุมได้ยาก ความจ้าของแสงที่ทำให้เกิดความระคายเคืองตา(Glare) รังสีตรงจากดวงอาทิตย์จะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้อาคาร ซึ่งทุกทิศมีระยะทางที่รังสีตรงส่องผ่านหน้าต่างเข้ามาภายในอาคาร ซึ่งทิศเหนือจะมีระยะทางน้อยกว่าทิศอื่นๆ ซึ่งทิศเหนือจะได้รับรังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นในการออกแบบช่องเปิดที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในเขต กทม. ควรมีอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิดอาคารเพื่อเป็นการลดปริมาณความร้อนที่มากับรังสีตรงดวงอาทิตย์เข้าสู่ภายใน เพื่อป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์รบกวนผู้ใช้อาคาร โดยรับรังสีกระจายจากท้องฟ้าเป็นส่วนใหญ่ เพื่อช่วยในการใช้ลดในการใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้แสงสว่าง

| ทิศเหนือ |             |                                          |                           |                           |
|----------|-------------|------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| เวลา     | วันเดือน    | ระยะทางแสงอาทิตย์จากช่องเปิด<br>หน่วย ม. | ID<br>(W/m <sup>2</sup> ) | Id<br>(W/m <sup>2</sup> ) |
| 9.00     | 22 มิถุนายน | 0.74                                     | 69.07                     | 84.15                     |
| 12.00    | 22 มิถุนายน | 0.35                                     | 60.36                     | 161.38                    |
| 15.00    | 22 มิถุนายน | 0.57                                     | 25.07                     | 130.85                    |
| ทิศใต้   |             |                                          |                           |                           |
| เวลา     | วันเดือน    | ระยะทางแสงอาทิตย์จากช่องเปิด<br>หน่วย ม. | ID<br>(W/m <sup>2</sup> ) | Id<br>(W/m <sup>2</sup> ) |
| 9.00     | 22 ธันวาคม  | 2.17                                     | 203.42                    | 65.45                     |
| 12.00    | 22 ธันวาคม  | 1.52                                     | 295.37                    | 92.02                     |
| 15.00    | 22 ธันวาคม  | 1.69                                     | 471.90                    | 86.56                     |



ภาพที่ 4.14 แสดงแปลน และรูปตัด รังสีตรงดวงอาทิตย์ ที่ส่งผลกระทบต่อทิศเหนือ และทิศใต้

| ทิศตะวันออก |           |                                          |                           |                           |
|-------------|-----------|------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| เวลา        | วันเดือน  | ระยะทางแสงอาทิตย์จากช่องเปิด<br>หน่วย ม. | ID<br>(W/m <sup>2</sup> ) | Id<br>(W/m <sup>2</sup> ) |
| 8.00        | 21 มีนาคม | 4.75                                     | 181.65                    | 60.85                     |
| 10.00       | 21 มีนาคม | 1.64                                     | 211.48                    | 128.05                    |
| 12.00       | 21 มีนาคม | 0.23                                     | 47.74                     | 151.70                    |
| ทิศตะวันตก  |           |                                          |                           |                           |
| เวลา        | วันเดือน  | ระยะทางแสงอาทิตย์จากช่องเปิด<br>หน่วย ม. | ID<br>(W/m <sup>2</sup> ) | Id<br>(W/m <sup>2</sup> ) |
| 13.00       | 21 มีนาคม | 2.79                                     | 62.78                     | 148.39                    |
| 15.00       | 21 มีนาคม | 1.52                                     | 234.99                    | 124.96                    |
| 16.00       | 21 มีนาคม | 0.31                                     | 269.64                    | 95.33                     |

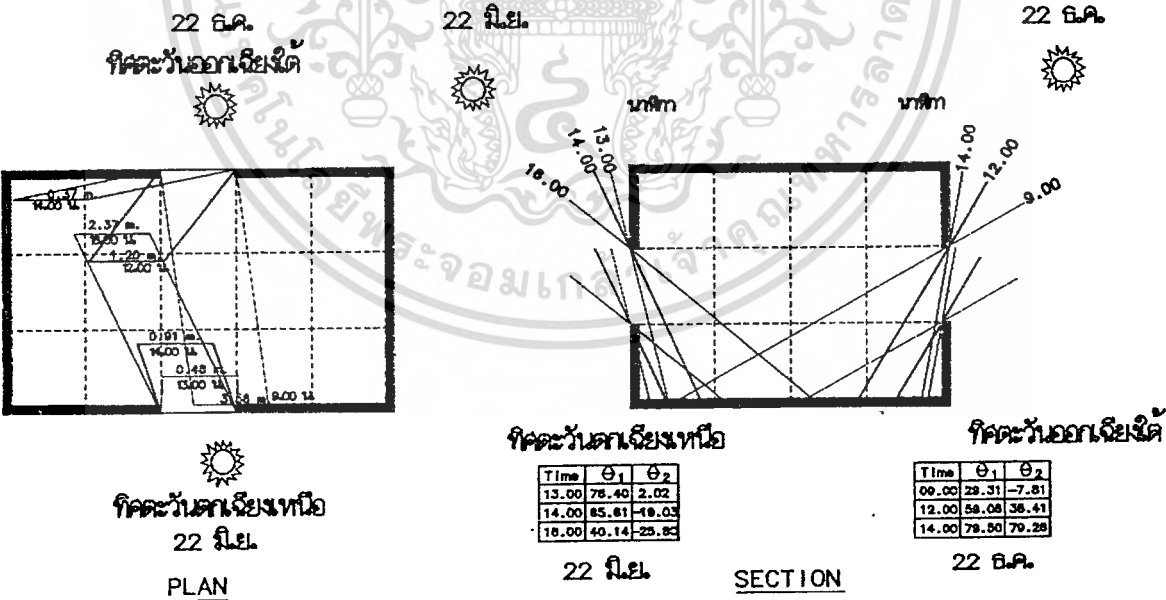


ภาพที่ 4.15 แสดงแปลน และรูปตัด รังสีตรงดวงอาทิตย์ ที่ส่งผลกระทบต่อทิศตะวันออก และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไปว่ากรณีใดบ้าง ลึกทั้งห้วงปีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

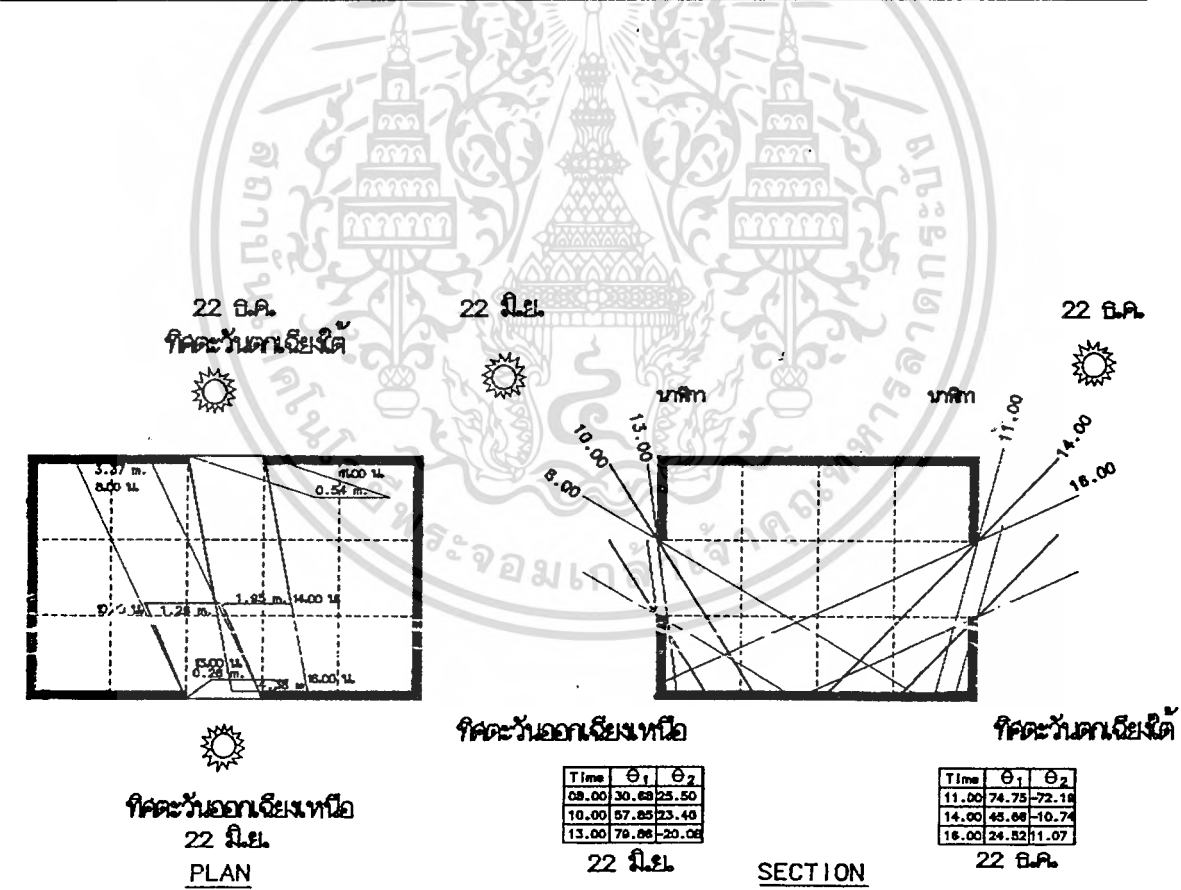
| ทิศตะวันออกเฉียงใต้  |             |                                          |                           |                           |
|----------------------|-------------|------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| เวลา                 | วันเดือน    | ระยะทางแสงอาทิตย์จากช่องเปิด<br>หน่วย ม. | ID<br>(W/m <sup>2</sup> ) | Id<br>(W/m <sup>2</sup> ) |
| 9.00                 | 22 ธันวาคม  | 3.56                                     | 333.38                    | 65.45                     |
| 12.00                | 22 ธันวาคม  | 1.20                                     | 232.99                    | 92.02                     |
| 14.00                | 22 ธันวาคม  | 0.37                                     | 45.0                      | 101.01                    |
| ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ |             |                                          |                           |                           |
| เวลา                 | วันเดือน    | ระยะทางแสงอาทิตย์จากช่องเปิด<br>หน่วย ม. | ID<br>(W/m <sup>2</sup> ) | Id<br>(W/m <sup>2</sup> ) |
| 13.00                | 22 มิถุนายน | 0.45                                     | 78.02                     | 164.3                     |
| 14.00                | 22 มิถุนายน | 0.91                                     | 95.68                     | 151.27                    |
| 16.00                | 22 มิถุนายน | 2.37                                     | 36.32                     | 102.13                    |



ภาพที่ 4.16 แสดงแปลน และรูปตัด รังสีตรงดวงอาทิตย์ ที่ส่งผลกระทบต่อทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ |             |                                          |                           |                           |
|-----------------------|-------------|------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| เวลา                  | วันเดือน    | ระยะทางแสงอาทิตย์จากช่องเปิด<br>หน่วย ม. | ID<br>(W/m <sup>2</sup> ) | Id<br>(W/m <sup>2</sup> ) |
| 8.00                  | 22 มิถุนายน | 3.37                                     | 162.63                    | 58.65                     |
| 10.00                 | 22 มิถุนายน | 1.26                                     | 173.75                    | 107.37                    |
| 13.00                 | 22 มิถุนายน | 0.26                                     | 2.75                      | 164.30                    |
| ทิศตะวันตกเฉียงใต้    |             |                                          |                           |                           |
| เวลา                  | วันเดือน    | ระยะทางแสงอาทิตย์จากช่องเปิด<br>หน่วย ม. | ID<br>(W/m <sup>2</sup> ) | Id<br>(W/m <sup>2</sup> ) |
| 11.00                 | 22 ธันวาคม  | 0.54                                     | 103.92                    | 78.52                     |
| 14.00                 | 22 ธันวาคม  | 1.95                                     | 210.33                    | 101.01                    |
| 16.00                 | 22 ธันวาคม  | 4.36                                     | 240.39                    | 60.80                     |



ภาพที่ 4.17 แสดงแปลน และรูปตัด รังสีตรงดวงอาทิตย์ที่ส่งผลกระทบต่อทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.12 ทิศทางการเปิดช่องเปิดที่เหมาะสมในสภาพภูมิอากาศในเขต กทม.

การพิจารณาเลือกวัสดุประกอบหน้าต่าง ประตู ควรจะเลือกวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) ต่ำ ส่วนกระจกนั้นควรดูค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) เพิ่มด้วยเพราะเป็นค่าการบังแดดของกระจก ในอดีตหน้าต่างเป็นบานไม้ทึบ ซึ่งมีข้อดีคือ มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) ต่ำ ทำให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนต่ำ เมื่อเปิดหน้าต่าง 90 องศาบานหน้าต่างก็จะเป็นอุปกรณ์บังแดดด้วย แต่มีข้อเสียที่ว่า มุมมองออกสู่ภายนอกมีมุนน้อย ส่วนในปัจจุบันเทคโนโลยีพัฒนาขึ้นมากมีการผลิตกระจกซึ่งเป็นวัสดุใส สามารถมองเห็นทะลุผ่านได้มาประกอบเป็นหน้าต่างซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) สูง ทำให้มีค่าการส่งถ่ายความร้อนของกระจกได้มาก แต่มีข้อดีที่ว่าสามารถในการมองเห็นได้สะดวก การเลือกเปิดช่องเปิดหน้าต่างที่เหมาะสมกับทิศ มีปัจจัยหลายๆ อย่างมากมาย เช่น มุมมอง การถ่ายเทความร้อน การใช้สอย ความสวยงาม ฯลฯ แต่ข้อเสนอแนะในที่นี้จะคำนึงถึงค่าการถ่ายเทความร้อน ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ และทิศทางกระแสลม เป็นหลัก ซึ่งมีข้อเสนอแนะ

- ทิศเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ปริมาณรังสีตรงดวงอาทิตย์มีปริมาณน้อยกว่าทิศอื่นๆ ส่วนมากจะเป็นรังสีกระจาย จึงมีคุณภาพในด้านด้านแสงสว่าง การระแกลมพัดผ่านในบางช่วงสามารถออกแบบช่องเปิดได้ดีกับทุกรูปแบบ

- ทิศใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ จะมีปริมาณกระแสลมในฤดูร้อนพัดผ่านมาก จึงควรเปิดช่องเปิดรับกระแสลมเพื่อระบายอากาศภายในอาคาร ส่วนทางด้านปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มีปริมาณมาก ถ้าจะให้ความร้อนของทิศนี้น้อย ควรออกแบบอุปกรณ์บังแดดป้องกันรังสีดวงอาทิตย์กับช่องเปิดหน้าต่างด้วย

- ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ไม่ควรเปิดช่องเปิดไม่จำเป็นเนื่องจากจะได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ปริมาณมากทั้งปี ทิศทางของกระแสลมที่พัดผ่านน้อย เหมาะกับช่องเปิดที่ต้องการใช้ประโยชน์จากแสงดวงอาทิตย์ เช่น ห้องน้ำส้วม ต้องการแสงสว่างเพื่อการฆ่าเชื้อ ต้องการระบายอากาศ และรับแสงสว่าง

- ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงใต้ ไม่เหมาะกับช่องเปิดที่มีการรับกระแสลม เพราะจะมีทิศทางของกระแสลมน้อย แต่มีข้อดีที่ว่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งผลกระทบต่อผู้นั่ง ทิศตะวันออกเฉียงใต้จะได้รับรังสีตรงดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาเช้า ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาว ซึ่งในช่วงเวลาเช้าสภาพอุณหภูมิยังไม่สูงมาก ส่วนทิศตะวันตกเฉียงเหนือ จะได้รับรังสีกระจายจากดวงอาทิตย์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งผู้วิจัยเสนอแนะว่า การเลือกออกแบบอาคารที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ การวางอาคารหันด้านยาวไป 2 ทิศนี้จะเหมาะสม

ในการออกแบบช่องเปิด หน้าต่าง ควรจะมีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิด เพื่อป้องกันความร้อนจากรังสีตรงดวงอาทิตย์ซึ่งมีปริมาณมาก ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งช่องเปิดจะได้รับค่าความร้อนจากรังสีตรงได้สะดวก และถ่ายเทเข้าสู่ภายในได้ดี

แนวทางการแก้ไขอาจออกแบบอุปกรณ์บังแดดเพิ่มเติม หรืออาจจะออกแบบหน้าต่างให้มีการบังแสงแดดด้วยก็ได้ ซึ่งการออกแบบหน้าต่างให้มีการบังแดดได้ด้วย จะมีประโยชน์ในการปรับเปลี่ยนทั้ง มุมมอง ความเป็นส่วนตัว การมองออกสู่ภายนอก การป้องกันรังสีดวงอาทิตย์ รับปริมาณแสงสว่าง และการปรับมุมของบานหน้าต่างให้ได้รับกระแสลมด้วย

4.13 สภาพแสงสว่างธรรมชาติ ที่มีผลต่อช่องเปิด ในเขตกรุงเทพมหานคร

4.13.1 สภาพแสงสว่าง ในเขตกรุงเทพมหานคร

การเปลี่ยนแปลงของแสงอาทิตย์ ตามเวลาและฤดูกาลซึ่งแบ่งออกเป็นการหาค่าเฉลี่ยความส่องสว่าง ความสว่างในสภาวะต่างๆ ของท้องฟ้า เช่นท้องฟ้าแจ่มใส ท้องฟ้าเมฆมาก และท้องฟ้ามีด การศึกษาแสงที่ได้จากดวงอาทิตย์โดยตรง แสงที่ได้จากการสะท้อนของท้องฟ้าในเขต กรุงเทพมหานคร ค่าเฉลี่ยในรอบปีของสภาพท้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร โดยมากเป็นท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน (Cloudy Sky) ซึ่งค่าระดับความสว่างในเขต กทม.แสดงได้ดังตารางที่ 4.3

แสงธรรมชาติที่ใช้ในการให้ความสว่างในอาคารสำหรับในเขตกรุงเทพมหานคร ได้แก่ แสงที่กระจายจากท้องฟ้า (Diffuse Light or Daylight) เป็นหลัก แสงอาทิตย์โดยตรง (Direct Beam Sunlight) ไม่ควรนำมาใช้ในการให้แสงสว่างโดยตรง เนื่องจากความเข้มของแสงอยู่ในระดับที่สูงมาก ซึ่งจะทำให้เกิดแสงจ้า (Glare) เข้าตา ค่าเฉลี่ยในรอบปีของสภาพท้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร โดยมากเป็นท้องฟ้าแบบที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน (Cloud Sky) ซึ่งค่าระดับความสว่างในเขต กรุงเทพมหานคร แสดงในตารางที่ 4.4 และ ภาพที่ 4.18 <sup>20</sup>

สถิติของค่าระดับความสว่างสำหรับในกรุงเทพมหานคร แสดงให้เห็นค่าความสว่างระดับ 10,000 ลักซ์ขึ้นไป มีค่าความถี่ถึง 99% ของเวลากลางวัน และ 15,000 ลักซ์ขึ้นไปมีค่าความถี่ 93% จะเห็นได้ว่าสำหรับในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีเมฆในท้องฟ้ามากเป็นส่วนใหญ่ของเวลา แต่ท้องฟ้าสว่างเป็นเวลาส่วนใหญ่ โอกาสใช้แสงสว่างธรรมชาติส่องสว่างมีมาก

ตารางที่ 4.3 แสดงความถี่ เปอร์เซนต์ ความสว่างของท้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร

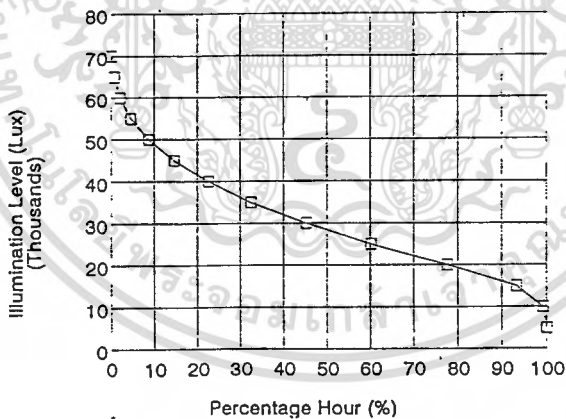
| Cloudiness Index (CI) | ความถี่ (ทั้งหมด 4,320ชม.) | เปอร์เซ็นต์ |
|-----------------------|----------------------------|-------------|
| (0) Clear Sky         | 3                          | 0.07        |
| (1-5) Scattered Cloud | 88                         | 20          |
| (6-9) Broken Cloud    | 1,619                      | 37.5        |
| (10) Overcast Sky     | 456                        | 10.4        |

<sup>20</sup> Surapong Chirarattananon, “Practical Daylight in Tropical Thailand” (Bangkok : AIT, 1996) P.2  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของระดับความสว่างในแนวนอน(ลักซ์) ภายนอกจากการกระจาย ของรังสีดวงอาทิตย์ สำหรับเขตกรุงเทพมหานคร

| เวลา  | มีนาคม | มิถุนายน | กันยายน | ธันวาคม |
|-------|--------|----------|---------|---------|
| 8.00  | 17,754 | 25,816   | 23,426  | 9,392   |
| 9.00  | 24,552 | 34,214   | 30,384  | 12,655  |
| 10.00 | 27,668 | 41,396   | 35,059  | 14,980  |
| 11.00 | 29,387 | 46,672   | 37,848  | 15,464  |
| 12.00 | 27,085 | 46,630   | 38,840  | 18,010  |
| 13.00 | 24,532 | 41,990   | 36,906  | 21,209  |
| 14.00 | 22,053 | 34,133   | 29,867  | 20,184  |
| 15.00 | 19,276 | 25,944   | 23,186  | 15,925  |
| 16.00 | 13,944 | 15,988   | 15,145  | 9,718   |



ภาพที่ 4.18 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ของแสงสว่างในรอบปี (3,007 ชม.)ของแสงสว่างในแนวนอน (ลักซ์) ภายนอกจากการกระจายรังสีดวงอาทิตย์

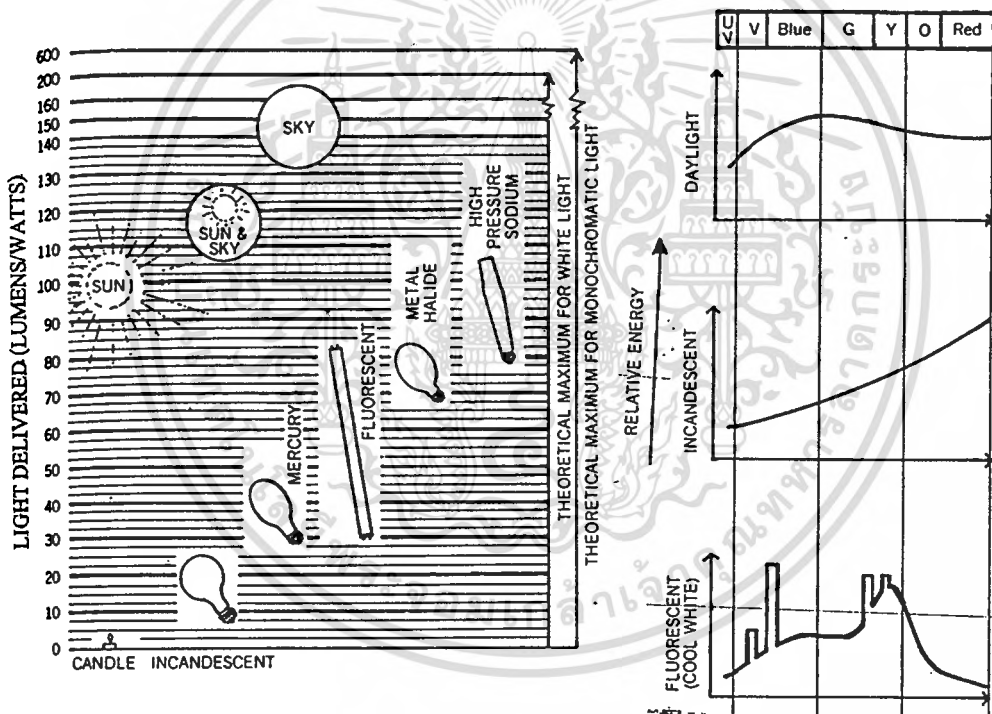
4.13.2 ประสิทธิภาพของ แสงสว่างจากธรรมชาติ และแสงสว่างจากสิ่งประดิษฐ์

สำหรับภูมิอากาศในประเทศไทยแสงธรรมชาติในช่วงกลางวันนั้นมีมากพอเพียงตลอดปีในการพิจารณาแสงธรรมชาติ ผู้ออกแบบต้องแบ่งแยกพิจารณาแสงธรรมชาติซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ เอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. แสงแดด (Sunlight)

ข. แสงสว่างธรรมชาติ (Daylight)

ในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย การทำความเย็นให้กับอาคารจำเป็นต้องตลอดปี ในการออกแบบอาคารให้เข้ากับภูมิอากาศของประเทศไทย จึงจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงแสงแดด เข้ามาภายในอาคาร เพื่อป้องกันความร้อนเข้ามาในอาคาร (Heat gain) และแสงแดดที่ตกตั้งฉากกับ พื้นผิวมีความส่องสว่าง 6,000-10,000 ฟุตแคนเดอรฺ์(Footcandles) ในขณะที่ความต้องการแสงสว่าง ภายในอาคารอยู่ประมาณ 10-100 ฟุตแคนเดอรฺ์ (Footcandles) เท่านั้นซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของการใช้งานในส่วนต่างๆของอาคาร แต่การนำแสงสว่างธรรมชาติ (Daylight) เพื่อมาส่องสว่างพื้นที่ใช้งาน นั้นเป็นสิ่งที่จำเป็นยิ่งในการช่วยประหยัดพลังงานแก่อาคาร ทั้งนี้เนื่องจากแสงสว่างธรรมชาติมีประสิทธิภาพ(Efficacy)สูงกว่าแสงประเภทอื่น



ภาพที่ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบแสงสว่างจากธรรมชาติและแสงสว่างจากสิ่งประดิษฐ์<sup>21</sup>

จาก ภาพที่ 4.19 จะเห็นว่าแสงสว่างธรรมชาติที่มาจากท้องฟ้ามีมีประสิทธิภาพสูงกว่า แสงแดด และแสงประดิษฐ์จากหลอดไฟประเภท Incandescent และหลอด Fluorescent ดังนั้นใน

<sup>21</sup> Norbert Lechner, "Heating Cooling Lighting Design Methods for Architecture" (Pried and

ปริมาณแสงที่เท่ากัน พลังงานความร้อนจากการส่องสว่างจากแหล่งต่างๆ นั้นแสงสว่างธรรมชาติจะมีประสิทธิภาพสูงกว่า แสงประดิษฐ์ (Artificial light) การนำแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร จึงจำเป็น การช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับแสงประดิษฐ์ ลดปริมาณความร้อน (Heat gain) ที่เกิดจาก แสงประดิษฐ์ซึ่งเป็นการลดภาระการทำความเย็น (Cooling load) แก่อาคาร เข้ามาทางด้านข้างหน้าต่าง

ส่วนอาคารขนาดใหญ่ที่แผ่ราบ พื้นที่หลังคา ส่วนใหญ่สามารถออกแบบให้น้ำแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารได้ ทั้งนี้และทั้งนั้นต้องระมัดระวังมิให้แสงแดดเข้ามาภายใน เนื่องจากแสงธรรมชาติมีประสิทธิภาพมากกว่าหลอดไฟ Fluorescent ถึงประมาณสองเท่า การใช้แสงธรรมชาติอย่างถูกวิธีจึงเป็นการประหยัดทั้งพลังงานแสงสว่าง และพลังงานที่ใช้ในการปรับอากาศให้กับอาคาร

#### 4.13.3 แนวความคิดในการออกแบบระบบแสงสว่าง

การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูง ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงเรื่องต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. เลือกใช้ความสว่างที่เหมาะสม ความสว่างที่ใช้ในงานแต่ละประเภทควรเลือกใช้ในระดับที่เหมาะสม ไม่ควรให้ความสว่างสูงมากเกินไป เพราะจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมาก ในขณะเดียวกัน ต้องไม่ต่ำเกินไปด้วย เพราะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลงอย่างมาก คุณภาพของงานลดลง ระดับความสว่างที่จะเลือกใช้จะขึ้นอยู่กับ

- ความยากง่ายของงาน ได้แก่ขนาดของชิ้นงาน(ใหญ่-เล็ก) คุณภาพของงาน(หยาบ-ละเอียด)
- ความรวดเร็วในการทำงาน (เรื่อยๆ / แบ่งเวลา)
- อายุของผู้ปฏิบัติงาน เป็นคนหนุ่มสาวหรือเป็นคนมีอายุแล้ว
- สภาพแวดล้อมรอบๆชิ้นงาน สภาพแวดล้อม ช่วยส่งให้เห็นชิ้นงานได้เด่นชัดได้ง่าย

2. เลือกใช้หลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูง หลอดไฟเป็นอุปกรณ์ต้นทางที่จะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นแสงสว่าง ประสิทธิภาพของหลอดไฟที่จะบอกถึงความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นแสงสว่าง จะวัดออกมาในเทอมของ “ประสิทธิภาพแสง (Luminous Efficacy)” โดยมีหน่วยวัดเป็น ลูเมนต่อวัตต์

ประสิทธิภาพแสงของหลอดไฟจะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ ดังนี้

- ชนิดของหลอดไฟ
- ขนาดกำลังไฟฟ้าของหลอด
- อุปกรณ์ที่ต้องการใช้งานร่วมกัน เช่น บัลลาสต์ร์ อิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ

3. เลือกใช้โคมไฟที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสงสูง โคมไฟ คืออุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมแสงให้ส่องไปในทิศทางที่ต้องการ และช่วยลดแสงจ้าบาดตาที่เกิดจากหลอดไฟ (Glare) ประสิทธิภาพของโคมไฟในทางแสงสว่างที่จะบอกให้ทราบถึงสมรรถนะของโคมไฟนั้นจะพูดกันในเทอมของสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสงของโคมไฟ (Coefficient of Utilization : CU)

$$CU = \frac{\text{ปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างที่พื้นที่ทำงานได้รับ}}{\text{ปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างจากหลอดไฟ}} \quad (4.1)$$

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสงของโคมไฟ (U) จะสูงหรือต่ำจะขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ ดังนี้

- ลักษณะการกระจายแสงของโคมไฟ (กว้าง-แคบ, ขึ้นบน-ลงล่าง- ออกด้านข้าง)
- ค่าการสะท้อนแสงของส่วนต่างๆ ของห้องเช่น เพดาน ผนัง พื้น ถ้ามีค่าการสะท้อนแสงสูง

จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ แสงสูงตามไปด้วย

- ขนาดของห้อง (กว้าง ยาว สูง ความสูงของพื้นที่ทำงาน ระยะห้อยของโคมไฟจากเพดาน)

4. เลือกใช้วัสดุที่มีค่าตัวประกอบการสะท้อนแสงสูง เนื่องจากปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างที่ตกบนพื้นที่ทำงานส่วนหนึ่งจะได้มาจากโคมไฟโดยตรง แต่อีกส่วนหนึ่งจะได้มาจากการสะท้อนจากส่วนต่างๆ ของห้อง ดังนั้นควรใช้วัสดุหรือสีที่มีค่าตัวประกอบการสะท้อนแสงสูง ซึ่งค่าตัวประกอบการสะท้อนแสง สำหรับอาคารที่อยู่อาศัยมีดังนี้<sup>22</sup>

|                   |       |   |
|-------------------|-------|---|
| เพดาน             | 60-90 | % |
| ผ้าม่าน (ผืนใหญ่) | 35-60 | % |
| ผนัง              | 35-60 | % |
| พื้น              | 15-35 | % |

5. เลือกวิธีการให้แสงที่เหมาะสม การให้แสงสว่างในอาคารอาจแบ่งออกได้สามลักษณะคือ

ก. การให้แสงสว่างทั่วไป(General lighting)มีความสว่างสม่ำเสมอเกือบเท่ากันตลอดพื้นที่

ข. การให้แสงสว่างเฉพาะพื้นที่ (Non-uniform lighting) เป็นการให้แสงโดยการรวมพื้นที่ทำงานเป็นกลุ่มๆ โดยแต่ละกลุ่มจะต้องการความสว่างที่ไม่เท่ากันเหล่านี้จะมีระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่แยกวงจรกันอย่างอิสระทำให้สามารถควบคุมการเปิด-ปิด ใช้งานแยกกันได้

ค. การให้แสงสว่างที่ขึ้นงานและโดยรอบ(Task/ Ambient light) เป็นการให้แสงสว่างเฉพาะพื้นที่แบบหนึ่ง โดยผนวกการให้แสงเฉพาะจุด คือขึ้นงานรวมกับการให้แสงสว่างทั่วไป แต่แตกต่างจากการให้แสงสว่างเฉพาะพื้นที่

6. ใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์ เนื่องจากแสงอาทิตย์เป็นแสงธรรมชาติ การควบคุมทำได้ไม่ยาก เหมือนแสงจากหลอดไฟอย่างไรก็ตาม แสงอาทิตย์นี้ไม่ต้องซื้อหามา จึงควรนำมาใช้ประโยชน์ร่วมกับแสงจากหลอดไฟด้วย

<sup>22</sup> กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, “ระบบไฟฟ้ากำลัง และการส่องสว่างด้วยไฟฟ้า” (กรุงเทพ : กรม

7. กำหนดช่วงระยะเวลาบำรุงรักษาที่เหมาะสม ระบบไฟฟ้าแสงสว่างก็เหมือนกับเครื่องจักร และอุปกรณ์อื่นๆ ที่มีการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน
8. เลือกใช้วิธีการควบคุมที่เหมาะสม การควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้าแสงสว่าง อาจทำได้โดยใช้คนหรืออุปกรณ์ควบคุม

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าประมาณของเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงของสี<sup>23</sup>

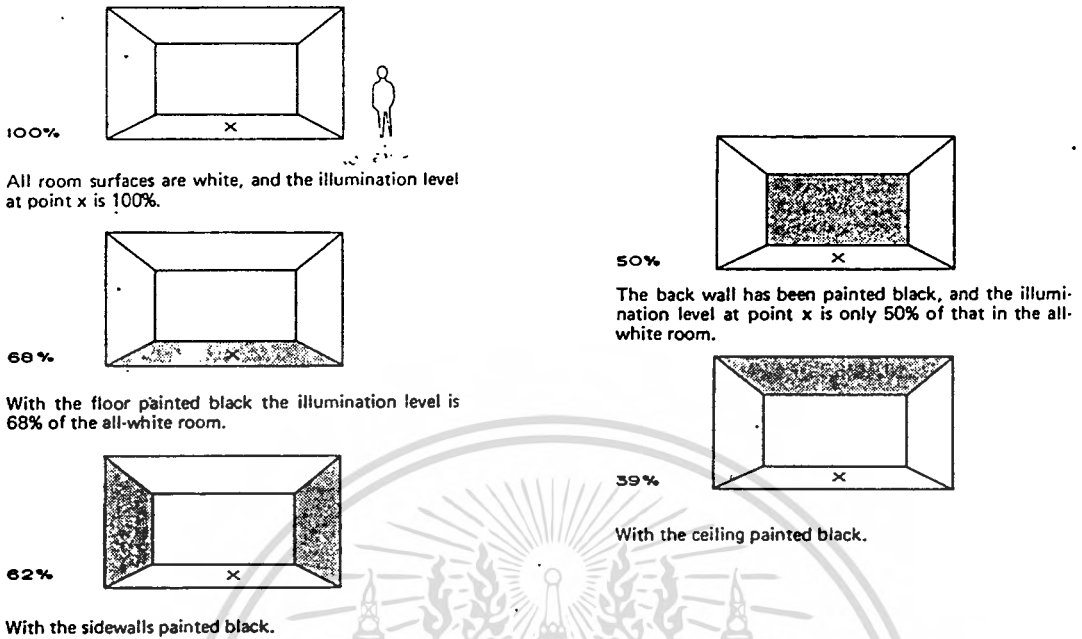
ค่าประมาณของเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงของสี

| สี         | เปอร์เซ็นต์การสะท้อน |
|------------|----------------------|
| ขาว        | 75                   |
| ขาวตะกั่ว  | 70                   |
| เหลืองอ่อน | 65                   |
| เหลืองแก่  | 50                   |
| เขียวอ่อน  | 48                   |
| เทา        | 48                   |
| น้ำตาลอ่อน | 43                   |
| ส้ม, แดง   | 23                   |
| เขียวแก่   | 16                   |
| น้ำเงินแก่ | 11                   |
| ดำ         | 0.4                  |

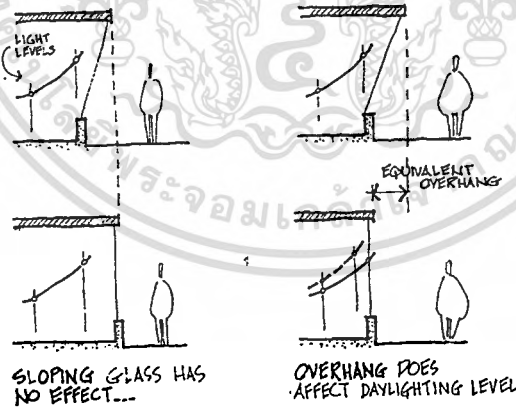
#### 4.13.4 การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคาร

การตกแต่งพื้นผิวภายในอาคารมีผลต่อการควบคุมความสว่างภายในอาคาร ซึ่งสีของพื้นผิว และลักษณะของพื้นผิวจะมีการสะท้อน และกระจายแสงสว่างภายในห้องจาก พื้นผนัง เพดาน จะมีผลต่อความสว่างในอาคารซึ่งจาก ภาพที่ 4.20 แสดงให้เห็นถึงพื้นผิวของห้องที่มีผลต่อแสงสว่างจากหน้าต่างซึ่งฝ้าเพดานจะมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการสะท้อนแสงสว่างซึ่งในการเลือกใช้สีของฝ้าเพดานควรเลือกใช้สีอ่อน เช่นสีขาว ส่วนพื้นห้องสามารถออกแบบเลือกสีต่างๆ ได้ตามความต้องการออกแบบซึ่งจะมีผลต่อการสะท้อนแสงสว่างภายในห้องน้อย

<sup>23</sup> Joseph F. MC.Partland, "How to Design Electrical Systems" (McGraw-Hill Book Company,



ภาพที่ 4.20 แสดงการสะท้อนแสงและกระจายแสงจากส่วนต่างๆภายในอาคาร ซึ่งเปรียบเทียบในการใช้สีขาวและสีดำ<sup>24</sup>



ภาพที่ 4.21 แสดงผลของช่องเปิดที่ทำมุมเอียง และช่องเปิดที่อยู่ในแนวคั้งที่มีผลต่อแสงสว่างภายในอาคาร<sup>25</sup>

<sup>24</sup> Robert T. Packard, "Architectural Graphic Standard" (New York : The American Institute of Architects, 1990)P.70

<sup>25</sup> Benjamin H. Evans, "Daylight in Architecture" (New York: AIA, 1981) P.76

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.13.5 ช่องเปิดทำมุมเอียงที่มีผลต่อแสงสว่างภายในอาคาร

ช่องหน้าต่างกระจกที่ทำมุมเอียง ที่นำมาใช้ในการออกแบบการรับแสงสว่างจากธรรมชาติ การทำมุมเอียงของกระจกเข้าสู่ภายใน ไม่มีผลต่อระดับความสว่างภายใน ซึ่งความสว่างจะเท่ากับ หน้าต่างกระจกที่ตั้งฉากกับแนวนอน ซึ่งถ้ามีการเอียงกระจกออกสู่ภายนอกอาคารจะมีผลทำให้แสง สว่างลดลง เหมือนกับมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอนมาป้องกันรังสีดวงอาทิตย์ ดัง ภาพที่ 4.21

#### 4.14 การคำนวณการออกแบบการส่องสว่างในแนวราบภายในอาคารด้วยแสงธรรมชาติ

ความสว่างบนระนาบในแนวราบภายในอาคารตามมาตรฐานทั่วไป จะกำหนดเป็นค่าความ สว่างต่ำสุดที่ยังเพียงพอสำหรับการใช้งาน การออกแบบการส่องสว่างตามวิธีของ คณะกรรมการ มาตรฐานแสงสว่างสากล (Commission International de L'Eclairage : CIE) ก็เป็นวิธีการคำนวณค่า ความสว่างต่ำสุดโดยประมาณ ซึ่งผลที่ได้ยังคงมีค่าใกล้เคียง หรือเท่ากับค่าความสว่างต่ำสุดตามมาตรฐาน และจากหลักการที่ว่าสายตามนุษย์ไม่สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของความสว่างที่ต่างกัน น้อยกว่า 20% ได้ ดังนั้นการหาค่าความสว่างตามวิธีของ คณะกรรมการมาตรฐานแสงสว่างสากล (Commission International de L'Eclairage : CIE) จึงสามารถนำมาใช้ในการออกแบบการส่องสว่าง ภายในอาคารด้วยแสงธรรมชาติได้ ซึ่งมีมาตรฐานความสว่าง และหลักการออกแบบในภาคผนวก ข.

##### 1. อาคารที่มีหน้าต่างแนวตั้ง (Vertical Window)

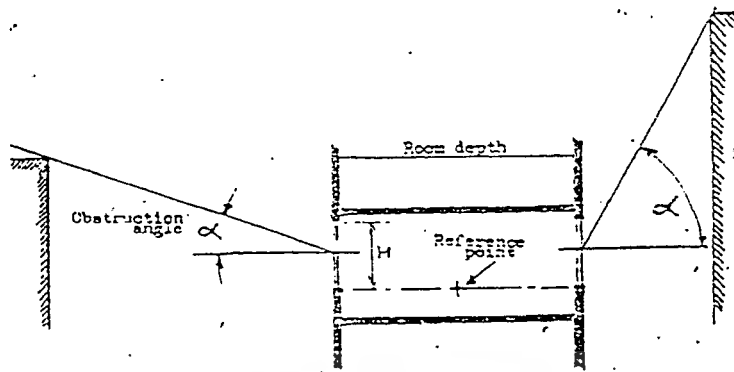
อาคารประเภทนี้ ยังสามารถแบ่งออกได้อีก 2 แบบคือ

ก. อาคารที่มีหน้าต่างในแนวตั้งบนผนังหนึ่งด้าน (Vertical Window in One Wall) ตามวิธี ของ คณะกรรมการมาตรฐานแสงสว่างสากล (Commission International de L'Eclairage : CIE) ค่า ความสว่างที่คำนวณได้ จะเป็นค่าความสว่างต่ำสุดที่จุดอ้างอิงบนระนาบในแนวราบที่อยู่สูงจากพื้น 90 ซม. และอยู่ในแนวห่างจากผนังด้านตรงข้ามหน้าต่าง 60 ซม. ดังแสดงใน ภาพที่ 4.22 โดยมีข้อ สมมติฐานเบื้องต้น ดังนี้

1. หน้าต่างอยู่บนผนังด้านยาวของห้อง
2. ขอบบนสุดของหน้าต่างจะอยู่ต่ำจากเพดานลงมา 30 ซม.
3. ขอบล่างสุดของหน้าต่างจะอยู่สูงจากพื้นขึ้นมา 90 ซม.
4. ค่าการสะท้อนแสงภายในอาคารมีค่าคงที่ คือ เพดาน 70% ผนัง 50% และพื้น 15%

ข. อาคารที่มีหน้าต่างในแนวตั้งบนผนังสองด้านตรงข้ามกัน (Vertical Window in Opposite Walls) ตามวิธีของ คณะกรรมการมาตรฐานแสงสว่างสากล (Commission International de L'Eclairage : CIE) ค่าความสว่างที่คำนวณได้ จะเป็นค่าความสว่างต่ำสุดที่จุดอ้างอิงบนระนาบในแนวราบภายใน อาคาร ซึ่งจะอยู่สูงจากพื้น 90 ซม. และอยู่ในแนวกึ่งกลางระหว่างหน้าต่างทั้งสอง ดังแสดงใน ภาพที่ 4.23 โดยมีข้อสมมติฐานเบื้องต้นเช่นเดียวกับในกรณีอาคารที่มีหน้าต่างในแนวตั้งบนผนังหนึ่งด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศจัดทำขึ้น เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่นใด การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากสำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ อาจก่อให้เกิดความเสียหายได้



ภาพที่ 4.22 แสดงตำแหน่งจุดอ้างอิงสำหรับอาคารที่มีหน้าต่างในแนวตั้งบนผนังหนึ่งด้าน



ภาพที่ 4.23 แสดงตำแหน่งจุดอ้างอิงสำหรับอาคารที่มีหน้าต่างในแนวตั้งบนผนังสองด้านตรงข้ามกัน

อาคารทั้งสองลักษณะ มีแนวทางการคำนวณหาค่าความสว่างที่จัดอ้างอิง ดังนี้

1. หาอัตราส่วนความลึกของห้อง
2. หาเปอร์เซ็นต์ความกว้างของหน้าต่าง
3. จากอัตราส่วนความลึกของห้อง เปอร์เซ็นต์ความกว้างของหน้าต่าง และจากภาคผนวก

ภาพที่ ข.7 จะได้ องค์ประกอบแสงธรรมชาติค่าสุด (MDF)

4. จากอัตราส่วนความลึกของห้อง และจาก ภาคผนวกภาพที่ ข.8 จะได้ องค์ประกอบแก้ไข

เนื่องจากมุมบ่งแสงจากภายนอกอาคาร ( $CF(\infty)$ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5. หองศ์ประกอบแก้ไขเนื่องจาก ความสามารถส่งผ่านแสงได้ของหน้าต่าง (CF(t) ได้จาก ภาคผนวกตารางที่ ข.4

6. หองศ์ประกอบแก้ไขเนื่องจากความสกปรกของหน้าต่างที่เกิดจากภายในอาคารและภายนอกอาคาร (CF(Km) จากภาคผนวกตารางที่ ข.5

7. คำนวณ เปอร์เซนต์แสงที่ผ่านกันสาด หรือบานเกล็ดเข้าสู่อาคาร (eff) ได้ จากภาคผนวก สมการที่ ข.7 หรือ ข.8

8. หาค่าความสว่างของแสงธรรมชาติบนพื้นราบกลางแจ้ง(Eho)ได้จากภาคผนวกภาพที่ ข.3

9. คำนวณหา ค่าอ้งศ์ประกอบแสงธรรมชาติในแนวราบ (DF h) ได้ จากสมการที่ 4.2

$$DF h = MDF \times CF (OC) \times CF(t) \times CF(Km) \times eff \quad (4.2)$$

10. คำนวณหา ค่าความสว่างต่ำสุดที่จุดอ้างอิงภายในอาคาร (Ehi) ได้

2. ตัวอย่างการคำนวณแสงสว่างภายในอาคารที่มีหน้าต่างในแนวดิ่ง

ห้องหนึ่งขนาด 5.00x5.00x3.00 เมตร มีหน้าต่าง 1 ด้านขนาด 1.00 เมตร สูง 1.00 เมตร ซึ่งหน้าต่างเป็นกระจกใส ตัวอาคารมีกันสาดบังแดดยื่น 1.00 เมตร ซึ่งไม่มีมุมบังแสงจากอาคารตรงข้ามหน้าต่าง ถ้าคิดชั่วโมงการใช้งานคิดเป็น 95% ของช่วงเวลา 9.00-17.00 น. และมีการทำความสะอาดกระจกทุกๆ 6 เดือน ค่าความสว่างที่จุดอ้างอิงภายในอาคารจะเป็นเท่าไร

1. หาอัตราส่วนความลึกของห้อง (Rd)

$$\begin{aligned} Rd &= \text{ความกว้างของห้อง} / \text{ความสูงของหน้าต่างเหนือระดับพื้นที่ใช้งาน} \\ Rd &= 5 / (3.00 - 1.00 - 1.00) \\ &= 5 \end{aligned}$$

2. หาเปอร์เซนต์ความกว้างของหน้าต่าง (%Ww)

$$\begin{aligned} \%Ww &= (\text{ความกว้างของห้อง} / \text{ความยาวของห้อง}) \times 100 \% \\ &= (1.00 / 5.00) \times 100 \\ &= 20 \% \end{aligned}$$

3. จากภาคผนวกภาพที่ ข.4 จะได้อ้งศ์ประกอบแสงธรรมชาติต่ำสุด (MDF) = 0.4%

4. จากภาคผนวกภาพที่ ข.6 จะได้อัตราประกอบแก้ไขเนื่องจากมุมบังแสงจากภายนอกอาคาร (CF(10°)) เท่ากับ 1.00 (ไม่มีมุมบังแสงจากภายนอกอาคาร)

5. เนื่องจากความสามารถในการส่งผ่านแสงของกระจกใสธรรมดา (t) = 85% ดังนั้น ตารางที่ ข.4 จะได้อัตราประกอบแก้ไข เนื่องจากความสามารถในการส่งผ่านแสงของกระจกใสธรรมดา (CF (85%)) เท่ากับ 1.00

6. จากภาคผนวก ตารางที่ ข.5 จะได้อัตราประกอบแก้ไข เนื่องจากความสกปรกของหน้าต่าง

$$(CF(Km)) = 0.80$$

7. เนื่องจากกันสาดยื่นออกจากอาคาร 1.00 เมตรในแนวราบ ดังนั้น จากภาคผนวกสมการที่ ข.7

$$\begin{aligned} \text{eff} &= \frac{(\sqrt{1 + (1.0/1.0)^2} - (1.0 - 1.0)) \times 100\%}{1} \\ &= 41\% \text{ หรือ } 0.41 \end{aligned}$$

8. จากภาคผนวกภาพที่ ข.4 จะได้อัตราความสว่างของแสงธรรมชาติพื้นราบกลางแจ้ง (Eho)  
= 11,400 ลักซ์

9. คำนวณค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติในแนวราบ (Dfh) ได้จากสมการที่ 4.2

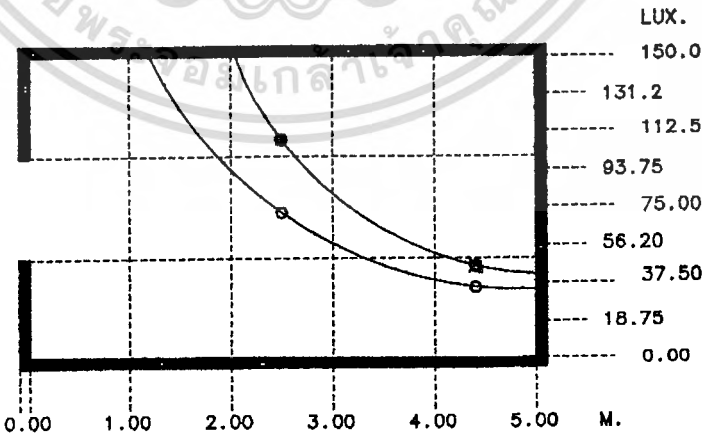
$$Dfh = 0.4 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.41 = 0.13$$

10. คำนวณค่าความสว่างต่ำสุดที่จุดอ้างอิงภายในอาคาร (Ehi) ได้จากภาคผนวก สมการที่ ข.4

$$\begin{aligned} Ehi &= (0.13 \times 11400) / 10 \\ &= 14.8 \text{ ลักซ์} \end{aligned}$$

การคำนวณแสงธรรมชาติต่ำสุด ในเวลากลางวันภายในห้อง กรณีไม่มีอุปกรณ์บังแดด

| กรณีหน้าต่างกว้าง 1.00 ม. สูง 1.00 ม.                                                                                                          | กรณีหน้าต่างกว้าง 2.00 ม. สูง 1.00 ม.                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ความสว่างที่ระยะ 4.40 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                    | ความสว่างที่ระยะ 4.40 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                   |
| $DFh = MDF \times CF(\infty) \times CF(t) \times CF(Km) \times eff$<br>$DFh = 0.4 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 1.0$<br>$DFh = 0.32$ | $DFh = MDF \times CF(\infty) \times CF(t) \times CF(Km) \times eff$<br>$DFh = 0.5 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 1.0$<br>$DFh = 0.4$ |
| $Ehi = (Dfh \times Eho) / 100$<br>$Ehi = (0.32 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 36.5 \text{ Lux.}$                                               | $Ehi = (Dfh \times Eho) / 100$<br>$Ehi = (0.4 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 45.6 \text{ Lux.}$                                               |
| ความสว่างที่ระยะ 2.50 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                    | ความสว่างที่ระยะ 2.50 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                   |
| $DFh = 0.8 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 1.0$<br>$DFh = 0.64$                                                                        | $DFh = 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 1.0$<br>$DFh = 0.8$                                                                        |
| $Ehi = (0.64 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 73 \text{ Lux.}$                                                                                   | $Ehi = (0.8 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 91.2 \text{ Lux.}$                                                                                 |
| ความสว่างที่ระยะ 0.90 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                    | ความสว่างที่ระยะ 0.90 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                   |
| $DFh = 2.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 1.0$<br>$DFh = 1.76$                                                                        | $DFh = 2.6 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 1.0$<br>$DFh = 2.08$                                                                       |
| $Ehi = (1.76 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 200.6 \text{ Lux.}$                                                                                | $Ehi = (2.08 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 237.1 \text{ Lux.}$                                                                               |
| สัญลักษณ์                                                   | สัญลักษณ์                                                 |

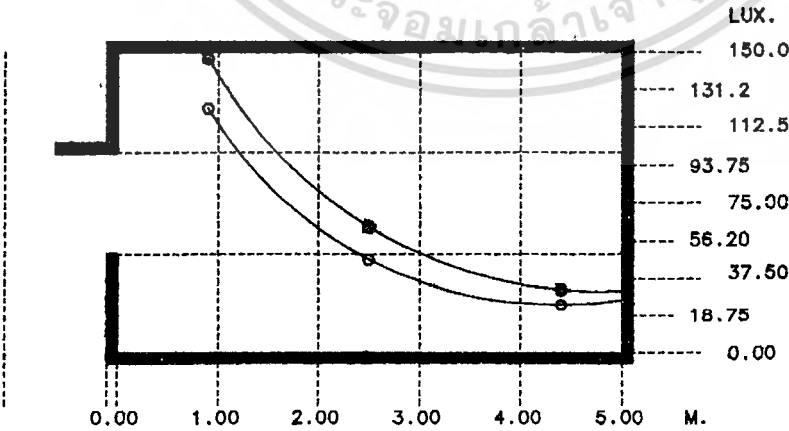


ภาพที่ 4.24 แสดงปริมาณแสงสว่างที่ต่ำที่สุดที่มีขนาดหน้าต่าง 1.00x1.00 ม. และ 2.00 x1.00 ม. ในเวลา 9.00-17.00 น. กรณีไม่มีอุปกรณ์บังแดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณแสงธรรมชาติต่ำสุดในเวลากลางวันภายในห้องกรณีมีอุปกรณ์บังแดดแนวนอนยื่น 0.50ม.

| กรณีหน้าต่างกว้าง 1.00 ม. สูง 1.00 ม.                                                                                                               | กรณีหน้าต่างกว้าง 2.00 ม. สูง 1.00 ม.                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ความสว่างที่ระยะ 4.40 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                         | ความสว่างที่ระยะ 4.40 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                          |
| $DFh = MDF \times CF(\varnothing) \times CF(t) \times CF(Km) \times eff$<br>$DFh = 0.4 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.62$<br>$DFh = 0.2$ | $DFh = MDF \times CF(\varnothing) \times CF(t) \times CF(Km) \times eff$<br>$DFh = 0.5 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.62$<br>$DFh = 0.25$ |
| $Ehi = (Dfh \times Eho) / 100$<br>$Ehi = (0.2 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 22.8 \text{ Lux.}$                                                     | $Ehi = (Dfh \times Eho) / 100$<br>$Ehi = (0.25 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 28.5 \text{ Lux.}$                                                     |
| ความสว่างที่ระยะ 2.50 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                         | ความสว่างที่ระยะ 2.50 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                          |
| $DFh = 0.8 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.62$<br>$DFh = 0.4$                                                                             | $DFh = 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.62$<br>$DFh = 0.5$                                                                              |
| $Ehi = (0.4 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 45.6 \text{ Lux.}$                                                                                       | $Ehi = (0.5 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 57 \text{ Lux.}$                                                                                          |
| ความสว่างที่ระยะ 0.90 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                         | ความสว่างที่ระยะ 0.90 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                          |
| $DFh = 2.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.62$<br>$DFh = 1.09$                                                                            | $DFh = 2.6 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.62$<br>$DFh = 1.29$                                                                             |
| $Ehi = (1.09 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 124.3 \text{ Lux.}$                                                                                     | $Ehi = (1.29 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 147.1 \text{ Lux.}$                                                                                      |
| สัญลักษณ์                                                        | สัญลักษณ์                                                        |



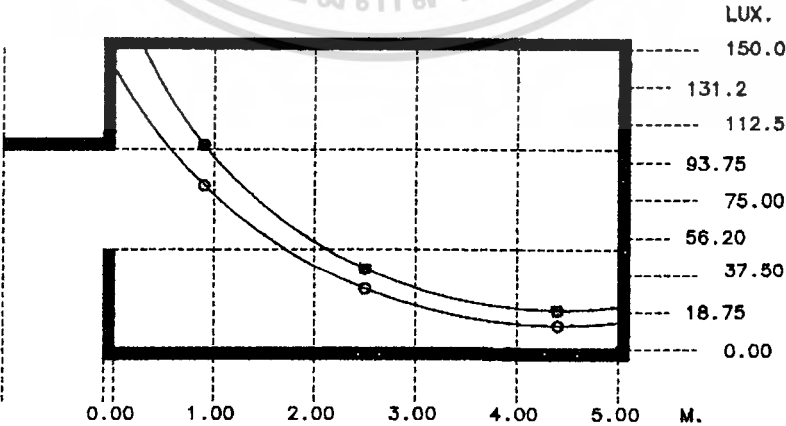
ภาพที่ 4.25 แสดงปริมาณแสงสว่างที่ต่ำที่สุดที่มีขนาดหน้าต่าง 1.00x1.00 ม. และ 2.00 x1.00 ม.

ในเวลา 9.00-17.00 น. กรณีมีอุปกรณ์บังแดดแนวนอนยื่นออก 0.50 ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ทางการพาณิชย์ที่จัดทำขึ้นโดยผู้จัดทำเพื่อประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณแสงธรรมชาติต่ำสุดในเวลากลางวันภายในห้องกรณีมีอุปกรณ์บังแดดแนวนอนยื่น 1.00ม.

| กรณีหน้าต่างกว้าง 1.00 ม. สูง 1.00 ม.                                                                                                           | กรณีหน้าต่างกว้าง 2.00 ม. สูง 1.00 ม.                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ความสว่างที่ระยะ 4.40 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                     | ความสว่างที่ระยะ 4.40 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                     |
| $DFh = MDF \times CF(\infty) \times CF(t) \times CF(Km) \times eff$<br>$DFh = 0.4 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.41$<br>$DFh = 0.13$ | $DFh = MDF \times CF(\infty) \times CF(t) \times CF(Km) \times eff$<br>$DFh = 0.5 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.41$<br>$DFh = 0.16$ |
| $E_{hi} = (D_{fh} \times E_{ho}) / 100$<br>$E_{hi} = (0.13 \times 11400) / 100$<br>$E_{hi} = 14.8 \text{ Lux.}$                                 | $E_{hi} = (D_{fh} \times E_{ho}) / 100$<br>$E_{hi} = (0.16 \times 11400) / 100$<br>$E_{hi} = 18.2 \text{ Lux.}$                                 |
| ความสว่างที่ระยะ 2.50 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                     | ความสว่างที่ระยะ 2.50 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                     |
| $DFh = 0.8 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.41$<br>$DFh = 0.26$                                                                        | $DFh = 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.41$<br>$DFh = 0.33$                                                                        |
| $E_{hi} = (0.26 \times 11400) / 100$<br>$E_{hi} = 29.6 \text{ Lux.}$                                                                            | $E_{hi} = (0.33 \times 11400) / 100$<br>$E_{hi} = 37.6 \text{ Lux.}$                                                                            |
| ความสว่างที่ระยะ 0.90 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                     | ความสว่างที่ระยะ 0.90 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                     |
| $DFh = 2.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.41$<br>$DFh = 0.72$                                                                        | $DFh = 2.6 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.41$<br>$DFh = 0.85$                                                                        |
| $E_{hi} = (0.72 \times 11400) / 100$<br>$E_{hi} = 82.1 \text{ Lux.}$                                                                            | $E_{hi} = (0.85 \times 11400) / 100$<br>$E_{hi} = 96.9 \text{ Lux.}$                                                                            |
| สัญลักษณ์                                                    | สัญลักษณ์                                                   |



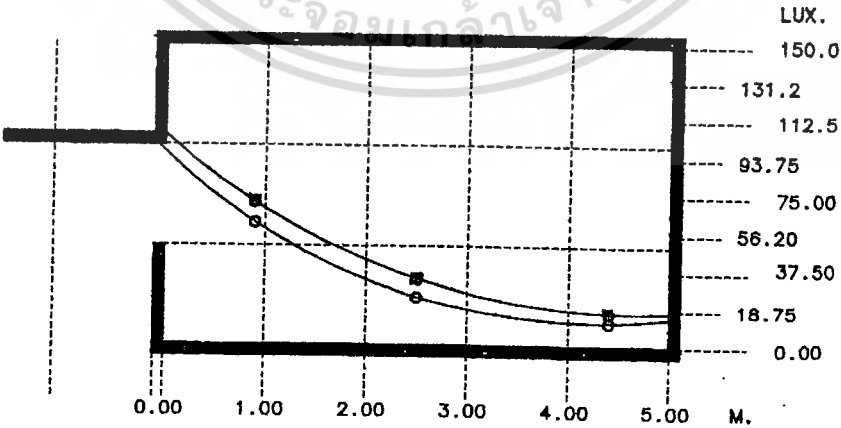
ภาพที่ 4.26 แสดงปริมาณแสงสว่างที่ต่ำที่สุดที่มีขนาดหน้าต่าง 1.00x1.00 ม. และ 2.00 x1.00 ม.

ในเวลา 9.00-17.00 น. กรณีมีอุปกรณ์บังแดดแนวนอนยื่นออก 1.00 ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ภายใต้การบังคับของกฎหมาย โดยผู้จัดทำขอสงวนสิทธิ์ในประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณแสงธรรมชาติต่ำสุดในเวลากลางวันภายในห้องกรณีมีอุปกรณ์บังแดดแนวนอนยื่น 1.50ม.

| กรณีหน้าต่างกว้าง 1.00 ม. สูง 1.00 ม.                                                                                                         | กรณีหน้าต่างกว้าง 2.00 ม. สูง 1.00 ม.                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ความสว่างที่ระยะ 4.40 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                   | ความสว่างที่ระยะ 4.40 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                    |
| $DFh = MDF \times CF(\infty) \times CF(t) \times CF(Km) \times eff$<br>$DFh = 0.4 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.3$<br>$DFh = 0.1$ | $DFh = MDF \times CF(\infty) \times CF(t) \times CF(Km) \times eff$<br>$DFh = 0.5 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.3$<br>$DFh = 0.12$ |
| $Ehi = (Dfh \times Eho) / 100$<br>$Ehi = (0.1 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 11.4 \text{ Lux.}$                                               | $Ehi = (Dfh \times Eho) / 100$<br>$Ehi = (0.12 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 13.7 \text{ Lux.}$                                               |
| ความสว่างที่ระยะ 2.50 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                   | ความสว่างที่ระยะ 2.50 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                    |
| $DFh = 0.8 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.3$<br>$DFh = 0.2$                                                                        | $DFh = 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.3$<br>$DFh = 0.24$                                                                        |
| $Ehi = (0.2 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 22.8 \text{ Lux.}$                                                                                 | $Ehi = (0.24 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 27.4 \text{ Lux.}$                                                                                 |
| ความสว่างที่ระยะ 0.90 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                   | ความสว่างที่ระยะ 0.90 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                    |
| $DFh = 2.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.3$<br>$DFh = 0.53$                                                                       | $DFh = 2.6 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.30$<br>$DFh = 0.62$                                                                       |
| $Ehi = (0.53 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 60.4 \text{ Lux.}$                                                                                | $Ehi = (0.62 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 70.7 \text{ Lux.}$                                                                                 |
| สัญลักษณ์                                                  | สัญลักษณ์                                                  |



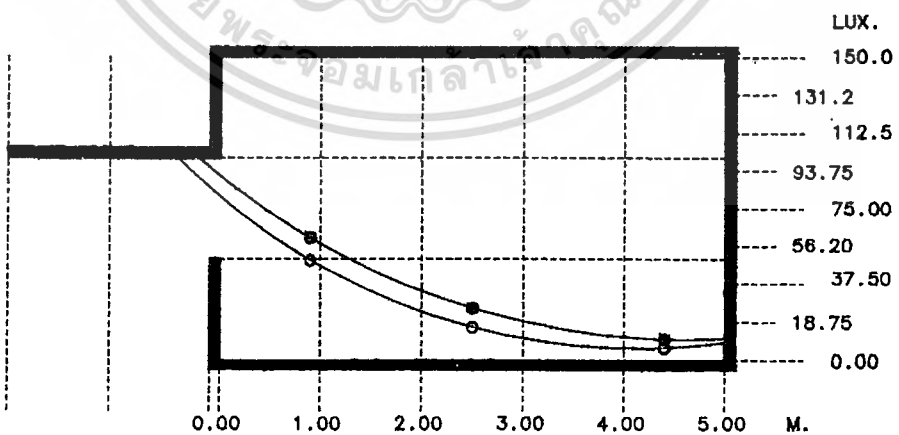
ภาพที่ 4.27 แสดงปริมาณแสงสว่างที่ต่ำที่สุดที่มีขนาดหน้าต่าง 1.00x1.00 ม. และ 2.00 x1.00 ม.

ในเวลา 9.00-17.00 น. กรณีมีอุปกรณ์บังแดดแนวนอนยื่นออก 1.50 ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณแสงธรรมชาติต่ำสุดในเวลากลางวันภายในห้องกรณีมีอุปกรณ์บังแดดแนวนอนยื่น 2.00ม.

| กรณีหน้าต่างกว้าง 1.00 ม. สูง 1.00 ม.                                                                                                           | กรณีหน้าต่างกว้าง 2.00 ม. สูง 1.00 ม.                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ความสว่างที่ระยะ 4.40 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                     | ความสว่างที่ระยะ 4.40 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                    |
| $DFh = MDF \times CF(\infty) \times CF(t) \times CF(Km) \times eff$<br>$DFh = 0.4 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.24$<br>$DFh = 0.08$ | $DFh = MDF \times CF(\infty) \times CF(t) \times CF(Km) \times eff$<br>$DFh = 0.5 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.24$<br>$DFh = 0.1$ |
| $Ehi = (DFh \times Eho) / 100$<br>$Ehi = (0.08 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 9.1 \text{ Lux.}$                                                 | $Ehi = (DFh \times Eho) / 100$<br>$Ehi = (0.1 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 11.4 \text{ Lux.}$                                                |
| ความสว่างที่ระยะ 2.50 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                     | ความสว่างที่ระยะ 2.50 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                    |
| $DFh = 0.8 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.24$<br>$DFh = 0.15$                                                                        | $DFh = 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.24$<br>$DFh = 0.2$                                                                        |
| $Ehi = (0.15 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 17.1 \text{ Lux.}$                                                                                  | $Ehi = (0.2 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 22.8 \text{ Lux.}$                                                                                  |
| ความสว่างที่ระยะ 0.90 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                     | ความสว่างที่ระยะ 0.90 ม. จากระยะจากหน้าต่าง                                                                                                    |
| $DFh = 2.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.24$<br>$DFh = 0.42$                                                                        | $DFh = 2.6 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 0.24$<br>$DFh = 0.50$                                                                       |
| $Ehi = (0.42 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 47.9 \text{ Lux.}$                                                                                  | $Ehi = (0.50 \times 11400) / 100$<br>$Ehi = 57 \text{ Lux.}$                                                                                   |
| สัญลักษณ์                                                    | สัญลักษณ์                                                  |



ภาพที่ 4.28 แสดงปริมาณแสงสว่างที่ต่ำที่สุดที่มีขนาดหน้าต่าง 1.00x1.00 ม. และ 2.00 x1.00 ม.

ในเวลา 9.00-17.00 น. กรณีมีอุปกรณ์บังแดดแนวนอนยื่นออก 2.00 ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการค้า ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้เพื่อการค้าโดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการคำนวณแสงสว่างที่มีผลต่อช่องเปิด ซึ่งในการคำนวณเป็นปริมาณแสงสว่างที่เกิดขึ้นต่ำสุดในช่วงเวลากลางวัน ปริมาณแสงที่เกิดขึ้น 95 % ถือได้ว่ามีปริมาณแสงสว่างที่เกิดขึ้นมากกว่าที่คำนวณไว้ ซึ่งจากการคำนวณพบว่าบริเวณพื้นที่ที่เปิดช่องเปิดมาก ปริมาณแสงสว่างก็มีความสว่างมาก และค่าความสว่างจะมากที่สุดที่บริเวณใกล้ช่องเปิด ยิ่งห่างจากช่องเปิดปริมาณแสงสว่างก็จะลดลงตามลำดับ ซึ่งในการเปิดช่องเปิดความลึกของระยะแสงสว่างสามารถใช้ประโยชน์ได้ถึง ประมาณ 2.00 ม. ซึ่งมีค่าความสว่างเกิน 150 ลักซ์ ตลอดเวลา แต่การที่เปิดช่องเปิดเพื่อรับแสงสว่างมาใช้งานนั้น ต้องคำนึงถึงค่าความร้อนที่ผ่านเข้ามา และคุณภาพของแสงสว่างด้วย ซึ่งการเปิดช่องเปิดโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ปริมาณความร้อนที่มากับรังสีตรงดวงอาทิตย์มีปริมาณสูง คุณภาพของแสงสว่างแปรปรวนตลอดวัน เนื่องจากเป็นแสงที่เกิดจากรังสีตรงดวงอาทิตย์ ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามเวลา เดือนสภาพของอากาศ และแสงอาจรบกวนผู้ใช้สอยภายในอาคาร

ในการเปิดช่องเปิดและมีอุปกรณ์บังแดดป้องกันรังสีตรงดวงอาทิตย์นั้นทำให้ปริมาณแสงสว่างภายในอาคารลดลง ซึ่งแสงสว่างที่ได้จากดวงอาทิตย์เป็นแสงที่กระจายท้องฟ้า และจากสภาพแวดล้อม คุณภาพของแสงแปรปรวนน้อยกว่าแสงสว่างที่ได้จากรังสีตรงดวงอาทิตย์ ความจ้าของแสงไม่รบกวนผู้ใช้สอยอาคารเหมือนช่องเปิดที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด ปริมาณความร้อนที่มากับรังสีตรงดวงอาทิตย์ส่งผลกระทบต่อช่องเปิดลดลง ซึ่งระยะที่สามารถใช้ประโยชน์จากแสงสว่างอยู่บริเวณตำแหน่งที่อยู่ใกล้ช่องเปิด หน้าต่าง ถึงระยะห่างจากหน้าต่างประมาณ 0.80 เมตร ซึ่งมีปริมาณความสว่างเกิน 100 ลักซ์ ตลอดกลางวัน ในการออกแบบช่องเปิดเพื่อใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ โดยมีอุปกรณ์บังแดดนั้นเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในประเทศไทย เนื่องจากปริมาณแสงสว่างมีความแปรปรวนน้อยกว่าปริมาณความร้อนที่ส่งผลกระทบต่อช่องเปิดลดลง สามารถป้องกันน้ำฝน ลดความจ้า (Glare) ของแสงที่ทำให้เกิดการระคายเคืองตา ได้ดีกว่าช่องเปิดที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด ในการนำประโยชน์จากแสงสว่างธรรมชาติมาใช้กับห้องต่างๆ นั้น มีปัจจัยแปรผันหลายอย่างเช่น ปริมาณแสงสว่างที่ต้องการในกิจกรรมนั้น กิจกรรมบางอย่างยอมรับการเปลี่ยนแปลงระดับความส่องสว่างตามสภาพภายนอกได้ไม่มากนัก ดังนั้นยังจำเป็นต้องใช้แสงสว่างจากสิ่งประดิษฐ์ในการให้ความสว่างเพิ่มเติม ในบางช่วงเวลาโดยเฉพาะในช่วงเวลากลางคืน ซึ่งในช่วงเวลากลางวันสามารถใช้ประโยชน์จากแสงสว่างจากธรรมชาติได้ ซึ่งยิ่งเปิดช่องเปิดมาก ปริมาณแสงสว่างก็จะมีค่าการส่องสว่างมากตาม

#### 4.15 การประยุกต์ใช้แสงสว่างธรรมชาติในการออกแบบช่องเปิด

การออกแบบเพื่อให้สามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นเรื่องที่ไม่ง่ายนัก เพราะผู้ออกแบบจะต้องเผชิญกับปัญหาหลายประการ ทั้งในขั้นตอนการออกแบบ การเลือกวัสดุ ตลอดจนถึงการใช้งานตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้แสงสว่างธรรมชาติในอาคารที่สำคัญ พอสรุปได้ดังนี้



### 1. ความแปรปรวนของสภาพท้องฟ้า

ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะมีสภาพแสงแดดจัดเกือบตลอดทั้งปี ซึ่งทำให้น่าจะมีความเหมาะสมในการนำแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร แต่เนื่องจากสภาพท้องฟ้าส่วนใหญ่จะมีความแปรปรวนเกือบตลอดวัน ทำให้กลายเป็นปัญหาที่สำคัญในการควบคุมทั้งคุณภาพ และปริมาณแสงสว่างธรรมชาติที่จะนำมาใช้ในอาคาร แนวทางในการแก้ปัญหาความแปรปรวนของท้องฟ้านี้สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

ก. การใช้แสงสะท้อนจากท้องฟ้า (Diffuse Light) วิธีการนี้เป็นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุ โดยการหลีกเลี่ยงแสงโดยตรง จากดวงอาทิตย์ที่มีความแปรปรวนและควบคุมได้ยาก ทางออกหนึ่งที่เหมาะสมคือ การใช้แสงสะท้อนจากท้องฟ้า หรือที่เรียกว่า แสงเหนือ ซึ่งมีความสม่ำเสมอมากกว่า แทนการใช้แสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์

ข. การกำหนดกิจกรรมในพื้นที่ที่มีการนำแสงสว่างธรรมชาติมาใช้อย่างเหมาะสม โดยพิจารณา

จากกิจกรรม หรือประโยชน์ใช้สอยในพื้นที่นั้นๆ ว่าสามารถยอมรับความแปรปรวนของสภาพแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นในระดับมากน้อยเพียงใด กิจกรรมแต่ละกิจกรรมมีความต้องการระดับส่องสว่างที่แตกต่างกัน โดยบางกิจกรรมจะยอมรับการเปลี่ยนแปลงระดับการส่องสว่างตามสภาพแสงภายนอกได้ไม่มากนัก เช่น ห้องประชุม ห้องจัดแสดงงาน เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ต้องการ การควบคุมระดับการส่องสว่างให้มีค่าคงที่ ในขณะที่กิจกรรมบางประเภทยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงของระดับการส่องสว่างได้บ้าง ในกรณีที่ ไม่รบกวนประสิทธิภาพในการทำกิจกรรมนั้นๆ เช่น ทางเดิน หรือบริเวณทำงาน

ค. การใช้เทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาความไม่สม่ำเสมอของสภาพแสงธรรมชาติที่เข้ามาในอาคาร ยกตัวอย่าง เช่น การใช้ม่านกระจาย (Diffuse Curtain) ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องใช้แสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ เพื่อช่วยในการกระจายแสงให้มีความสม่ำเสมอมากขึ้น

### 2. ความต้องการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในทุกทิศทาง

ปัญหาหนึ่งที่ผู้ออกแบบจะต้องพบในการนำแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารก็คือ ความพยายามที่จะนำเอาแสงสว่างธรรมชาติมาใช้โดยไม่มีขีดจำกัดได้ทุกทิศทางของอาคาร ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการใช้แสงสะท้อนจากท้องฟ้า การพิจารณากิจกรรมที่สอดคล้องกับสภาพแสง และการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม เช่นเดียวกัน กับปัญหาข้อแรก

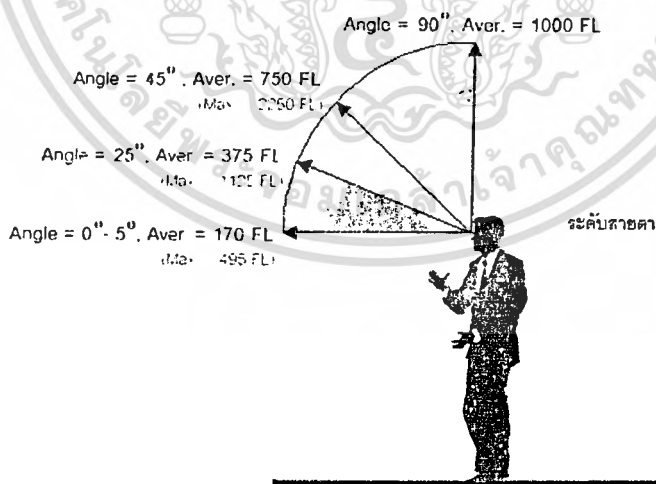
### 3. การควบคุมความจ้าของแสงที่ทำให้เกิดการระคายเคืองตา (Glare)

เมื่อพิจารณาจากความสามารถของสายตามนุษย์ในการยอมรับความสว่าง หรือความจ้าของแสง จะพบว่า ขึ้นอยู่กับทิศทางของมุมมองที่แสงสว่างนั้นเข้าสู่สายตา<sup>26</sup> ถ้ามุมมองเป็นมุมเงยที่มีองศาของ การมองยิ่งมากก็จะยิ่งทำให้สายตา สามารถยอมรับความจ้าเป็นได้มากขึ้น

ก. การคำนึงถึงมุมมองของสายตาของผู้ใช้อาคาร วัตถุประสงค์หลักของการออกแบบ ช่องหน้าต่างประการหนึ่งก็คือ การเปิดมุมมองเพื่อสร้างความต่อเนื่องระหว่างภายใน และภายนอก อาคาร ธรรมชาติของมนุษย์ต้องการปรับเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมรอบตัว ผู้ออกแบบจึง ต้องมีความเข้าใจในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุต่างๆที่จะช่วยทำให้มองผ่านทางช่องหน้าต่างได้ ชัดเจนสบายตา

ข. การเลือกประเภทของแสงโดยคำนึงถึงความจ้าของแสงที่ผ่าน เข้ามาสู่สายตาของผู้ใช้ อาคาร ในทางทฤษฎีแล้วช่องแสงที่อยู่สูงกว่าระดับสายตา ยิ่งมาก ก็จะยิ่งทำให้สามารถใช้กระจกที่ ยอมให้แสงผ่านเข้ามาได้มาก เพราะสายตาของมนุษย์จะยอมรับความสว่างได้มากกว่า ทางหนึ่งในการ แก้ปัญหานี้คือ การกำหนดตำแหน่งของช่องแสงให้อยู่สูงขึ้นจากเดิม เพื่อลดปัญหาความจ้าของ แสงที่ทำให้เกิดความระคายเคืองตาต่อสายตาของผู้ใช้อาคาร และยังมีผลทำให้สามารถดึงแสงสว่าง ธรรมชาติเข้ามาได้ลึกกว่าเดิมอีกด้วย

ค. การออกแบบ และควบคุมสภาพแวดล้อมทั้งภายใน และภายนอกอาคาร โดยคำนึงถึง การสะท้อนแสงจากภายนอกเข้ามาภายในอาคาร ไม่ให้มีแสงเข้ามามากจนรบกวนสายตาของผู้ใช้ อาคาร แนวทางนี้เป็นการแก้ปัญหาด้วยการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอกให้มีความเหมาะสมต่อ การใช้งานในอาคาร



ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย โดยประมาณของความสว่างที่สายตายอมรับได้ หน่วยเป็น Footlamberts  
ภาพที่ 4.29 แสดงระดับความจ้า(Glare) ที่สายตายอมรับได้ ในมุมมองที่แตกต่างกัน

<sup>26</sup> สุนทร บุญญธิการ,รศ.ดร. “การประยุกต์ใช้แสงสว่างธรรมชาติในอาคาร” (กรุงเทพ : คณะ

สถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541) หน้า 40.

ง. การนำแสงสว่างธรรมชาติมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการแก้ปัญหาที่สำคัญที่สุด โดยคำนึงถึงศักยภาพสูงสุดในการนำแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร ในที่นี้หมายถึงความสามารถในการออกแบบ เพื่อนำแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารได้ลึกมากที่สุด จากแนวของกรอบอาคารที่เป็นช่องแสงในทางทฤษฎีพบว่า ปริมาณความสว่างของแสงที่ตกลงบนพื้นที่ทำงาน (Working Plane) ใดๆ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบของแสงบนระนาบนั้นๆ

### แนวทางในการประยุกต์ใช้แสงสว่างธรรมชาติในการออกแบบ

#### 1. การเลือกชนิดของกิจกรรมให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอย

ในการพิจารณานำแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาใช้งานภายในอาคารใดๆ ควรคำนึงถึงกิจกรรมการใช้งาน พื้นที่ส่วนนั้นๆ ว่ามีความเหมาะสมเพียงใดโดยทั่วไปอาจสามารถจัดแบ่งหมวดหมู่ของกิจกรรมภายในอาคาร ตามลักษณะการใช้แสงสว่างธรรมชาติให้ผสมผสานกับงานระบบที่ใช้ควบคุมอาคารเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานสูงสุด และคงไว้ซึ่งคุณภาพชีวิตที่มีแก่ผู้ใช้อาคาร มีดังนี้

ก. พื้นที่ส่วนแพสซีฟ (Passive Zone) คือ บริเวณที่ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมภายในได้ค่อนข้างมาก ทำให้สามารถนำเอาแสงสว่างธรรมชาติมาใช้ได้มากที่สุด โดยยังคงไว้ซึ่งความเหมาะสมในการใช้งาน และสภาวะน่าสบายที่สมบูรณ์ กิจกรรมในพื้นที่ส่วนแพสซีฟ (Passive Zone) จะเป็นกิจกรรมที่ไม่ต้องการระบบสภาวะแวดล้อมที่คงที่ตลอดเวลา แต่ในทางตรงกันข้ามกลับต้องการเปลี่ยนแปลงให้อยู่ในระดับที่ผู้ใช้อาคารสามารถรับรู้ความเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมภายนอกได้ ในขณะที่เดียวกันกิจกรรมภายในพื้นที่สามารถติดต่อกับภายนอกอาคารได้โดยตรง ในบางครั้งพื้นที่ส่วนนี้จึงทำหน้าที่เสมือนทางเชื่อมต่อระหว่างภายนอก กับภายใน พื้นที่ส่วนแพสซีฟ (Passive Zone) ได้แก่

- โถงทางเข้า และ โถงติดต่อประชาสัมพันธ์
- ทางเดินและทางสัญจรต่างๆ
- บริเวณเก็บของ และส่วนรับส่งของ
- ส่วนพักผ่อน

ข. พื้นที่ส่วนกึ่งแพสซีฟ (Semi-Passive Zone) คือ บริเวณที่ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมภายในได้ ในระดับปานกลาง เป็นพื้นที่ที่มีระบบการควบคุมสภาวะภายในอาคารอยู่ในระดับค่อนข้างปกติ โดยยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงในเรื่องของแสงสว่างตามสภาพท้องฟ้าภายนอกได้บ้าง อย่างไรก็ตามแสงสว่างธรรมชาติที่นำมาใช้กับส่วนนี้ ควรจะมีการควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์เหมาะสม ในการออกแบบจะเน้นการนำเอาแสงสะท้อนจากท้องฟ้ามาใช้เป็นหลัก ทั้งนี้เพราะแสงสะท้อนจากท้องฟ้ามีความแปรปรวนน้อยกว่าแสงอาทิตย์โดยตรงจากดวงอาทิตย์มาก อีกทั้งยังมีคุณภาพของแสงดีกว่า และมีความร้อนเข้าสู่อาคารน้อยกว่าแสงตรงจากดวงอาทิตย์อีกด้วย การประหยัดพลังงานส่วนใหญ่จึงได้มาจากการลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลากลางวัน ในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงเวลาทำงานจะสามารถนำแสงสว่างจากธรรมชาติมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพึ่งไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์น้อยลง การคำนวณขนาดของช่องแสงต่างๆ ควรทำการวิเคราะห์เพื่อหาขนาดของช่องเปิดที่เหมาะสม เพื่อสกัดกั้นความร้อนจากภายนอกให้เข้ามาภายในน้อยที่สุด แต่ให้ได้ประโยชน์สูงสุด จากแสงสว่างธรรมชาติ พื้นที่ภายในอาคารที่จำกัดอยู่ในส่วนนี้เช่น

- พื้นที่สำนักงาน
- พื้นที่ส่วนอ่านหนังสือ
- พื้นที่ห้องแสดงงานบางส่วนที่ไม่ต้องการ การควบคุมอย่างสมบูรณ์

ค. พื้นที่ส่วนควบคุม (Control Zone) คือบริเวณที่ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมภายในได้น้อยที่สุด พื้นที่ส่วนควบคุมจะเป็นพื้นที่ ที่ไม่ต้องการอิทธิพลจากสภาวะอากาศภายนอกเลย แต่จะให้การควบคุมด้วยระบบเครื่องกลทั้งหมด เพื่อให้สามารถควบคุมการทำงานได้อย่างอิสระ ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้แสงธรรมชาติกับพื้นที่ต่างๆ ในส่วนนี้ได้เลย พื้นที่ในส่วนนี้ เช่น

- ห้องประชุม และห้องสัมมนา
- ห้องจัดแสดงงาน ส่วนที่ต้องการ การควบคุมอย่างสมบูรณ์

#### 1. การเลือกใช้ชนิดของช่องแสงตามความเหมาะสม

เนื่องจากความต้องการใช้แสงสว่างภายในอาคารโดยทั่วไปแล้ว ก็คือความต้องการให้มีแสงที่เพียงพอต่อการใช้งานในระดับที่ไม่มาก หรือน้อยจนเกินไป ดังนั้นในการใช้แสงสว่างธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพ จึงไม่ใช้การนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารให้เกิดความสว่างขึ้นที่จุดใดจุดหนึ่ง เพียงจุดเดียว โดยไม่คำนึงถึงระดับของการส่องสว่าง หากแต่เป็นการนำแสงสว่างธรรมชาติให้เข้ามาสู่ภายในอาคาร ณ ตำแหน่งต่างๆในระดับที่เหมาะสม โดยพยายามให้แสงสว่างตามธรรมชาติส่องเข้าถึงในทุกพื้นที่ แต่ในความเป็นจริงแล้วจะพบว่า การออกแบบให้เกิดสภาพดังกล่าวไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดของตำแหน่งช่องเปิด ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะอยู่ที่ขอบอาคาร ทำให้สามารถดึงแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารได้ แต่เฉพาะพื้นที่ใกล้ขอบอาคารเท่านั้น ดังนั้นในทางปฏิบัติ จึงพยายามออกแบบให้มีการดึงแสงสว่างเข้าไปใช้ภายในอาคาร ให้ลึกจากของอาคารมากที่สุด เท่าที่จะเป็นไปได้ และให้มีการกระจายของแสงที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ ชนิดของช่องแสง โดยทั่วไปสามารถ จำแนกออกเป็น 3 ประเภทได้แก่

ก. ช่องแสงด้านข้าง ช่องแสงที่พบในอาคารโดยทั่วไปส่วนใหญ่คือ ช่องแสงหรือหน้าต่างด้านข้างในอาคารทั่วไปไม่มีหน้าต่างด้านข้าง แต่เพียงอย่างเดียว พบว่าจะมีแสงสว่างธรรมชาติในระดับที่ เพียงพอต่อการใช้งานอยู่ในระยะประมาณ 2-3 เมตร จากหน้าต่าง เนื่องจากหน้าต่างด้านข้างอยู่ในตำแหน่งที่คนทั่วไปสามารถทนต่อความจ้าของแสง เมื่อมองในแนวระดับได้เพียง 170 ฟุตแลมเบิร์ต หน้าต่างด้านข้างยังมีประโยชน์ที่สำคัญประการหนึ่ง คือ การสร้างทัศนวิสัย และมุมมองที่ดีในการสัมผัสกับธรรมชาติ และการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมภายนอก

ข. ช่องแสงด้านบน การใช้แสงด้านบนจะทำให้สามารถนำแสงสว่างธรรมชาติมาใช้  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในอาคาร ได้มากกว่าช่องแสงด้านข้าง เพราะจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ และพื้นที่ ที่มีแสงสว่างธรรมชาติเพียงพอต่อการใช้งานให้มีมากกว่า นอกจากนี้แล้วช่องแสงด้านบนยังอยู่ในตำแหน่งที่คนทั่วไปสามารถรับความจ้าได้มากกว่า ข้อดีของการใช้ช่องแสงด้านบนคือ สภาพลมฟ้าอากาศ น้ำฝน และปริมาณรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ที่ส่งผลทางด้านความร้อน ทางช่องแสงด้านบน ส่วนการใช้ช่องแสงเหนือหน้าต่างนั้นสามารถใช้ได้ดีกับบริเวณที่เป็นของอาคาร และการกระจายของแสงสว่างจะขึ้นอยู่กับทิศทางของช่องแสง ชนิดของวัสดุ และ สี ประกอบ ดังนั้นจึงควรมีการออกแบบช่องแสงด้านบนให้ลักษณะต่างๆ โดยพิจารณาปัจจัยในหลายๆ ด้านประกอบกัน เพื่อให้ได้รูปแบบที่เหมาะสมในการนำแสงสว่างธรรมชาติเข้าสู่อาคาร แนวทางหนึ่งในการออกแบบช่องเปิด เพื่อการดึงแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร ที่มีประสิทธิภาพ และน่าสนใจได้แก่ การใช้ช่องแสงเหนือหน้าต่าง ร่วมกับหน้าต่างด้านข้าง ซึ่งจะช่วยให้มีแสงสว่างธรรมชาติเข้าสู่อาคารได้มากขึ้น แต่มีข้อเสียคือ จะทำให้ความสูงของชั้นมีค่ามากขึ้น ส่งผลให้กรอบมีพื้นที่มากขึ้นด้วย

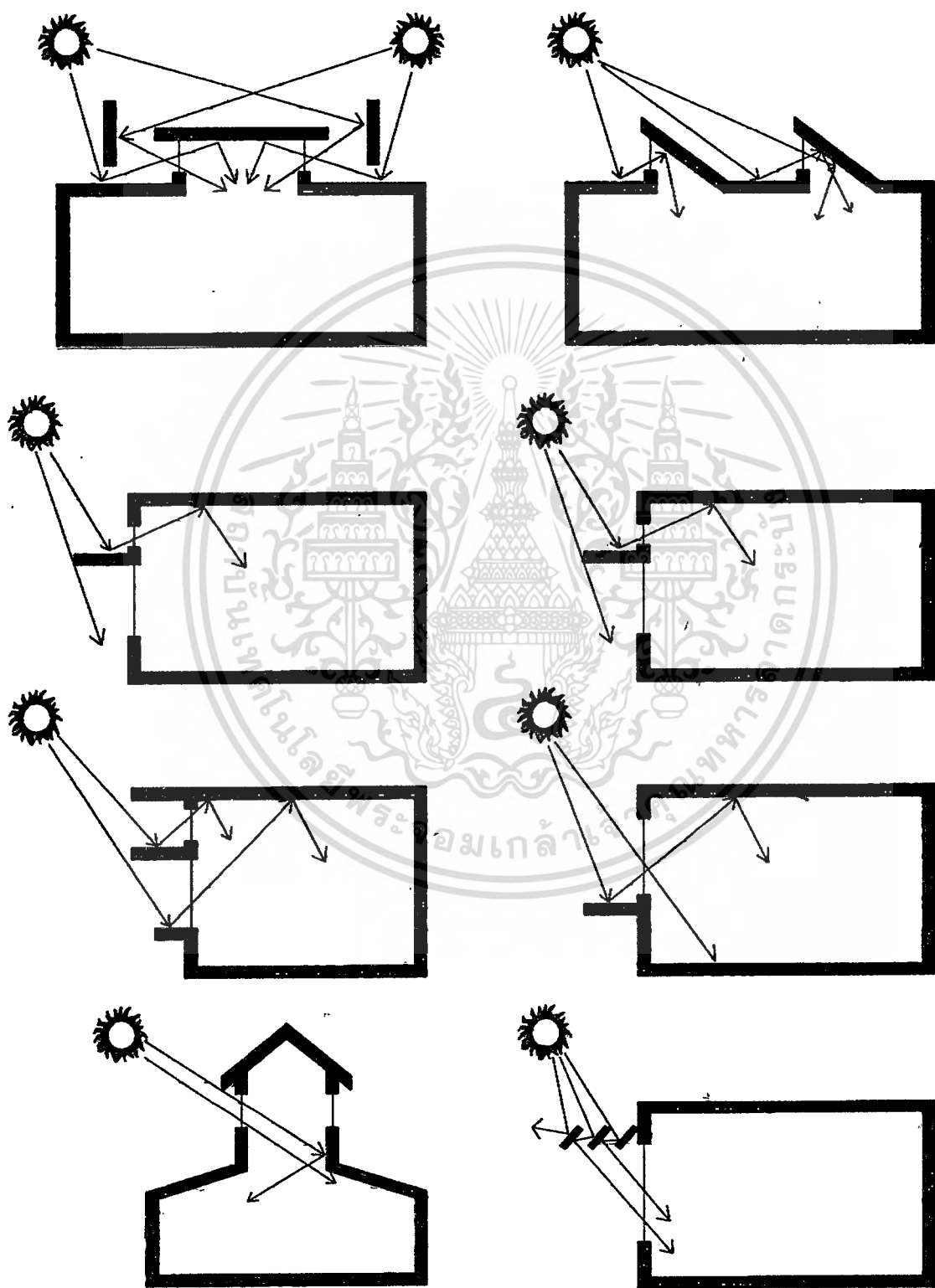
ก. แผงสะท้อนแสง ช่องแสงอีกชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการดึงแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารก็คือ การใช้แผงสะท้อนแสง (Light shelf) ทั้งภายในและภายนอกอาคาร ซึ่งจะช่วยให้สามารถดึงแสงสว่างธรรมชาติเข้าสู่อาคารได้มาก ในทางทฤษฎี แล้วพื้นผิวของแผงสะท้อนแสง และเพดานภายในอาคาร ควรมีลักษณะมันเงา เพื่อให้เกิดการสะท้อนแสงเข้าสู่ภายในอาคารได้มาก แต่ในทางปฏิบัติแล้ว ผู้ออกแบบอาจไม่สามารถเลือกใช้พื้นผิวที่มีลักษณะดังกล่าวได้ ในหลายกรณี ทำให้ความสามารถในการสะท้อนแสงของแผงสะท้อนแสงลดน้อยลง ประกอบกับปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ความสะอาดของพื้นผิว ซึ่งมีผลโดยตรง ต่อความสามารถในการสะท้อนแสงของพื้นผิว ทำให้มีปัญหาในการดูแลรักษาพื้นผิวให้สะอาดอยู่เสมออีกด้วย

#### 1. ตำแหน่งของช่องแสงด้านบน

การกำหนดตำแหน่งของช่องแสงด้านบนที่เหมาะสม เป็นแนวทางหนึ่งในการปรับปรุง เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากช่องแสงด้านบนได้โดยไม่ต้องเพิ่มความสูงของฝ้าเพดาน การออกแบบในลักษณะดังกล่าว ทำให้สามารถดึงแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารได้ลึกมากขึ้น และยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอาคารสูงได้ แต่หากออกแบบให้ช่องแสงด้านบนอยู่ลึกเข้าไปในอาคารยิ่งมาก ก็จะทำให้สามารถดึงแสงสว่างธรรมชาติเข้าไปในอาคารได้ลึกมากขึ้น แต่ในการออกแบบ ดังกล่าวจะสามารถปรับใช้ได้กับอาคารที่มีความสูงไม่มากนัก ซึ่งในสภาพแวดล้อม ลมฟ้าอากาศ ในประเทศไทย ช่องแสงด้านบน ควรมีการป้องกันน้ำฝน ฝุ่นละออง และปริมาณความร้อนจากรังสีตรงดวงอาทิตย์

ในการออกแบบช่องรับแสงสว่างธรรมชาติ ในเขตกรุงเทพมหานครให้เหมาะสม นั้นควรออกแบบช่องรับแสง โดยมีการป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ป้องกันน้ำฝน การทำความสะอาด และความปลอดภัย ซึ่งช่องรับแสงควรจะได้รับ แสงสว่างจากรังสีกระจายดวงอาทิตย์ จากท้องฟ้า และสภาพแวดล้อม ซึ่งมีคุณภาพของแสงดีกว่ารังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ความแปรปรวนของแสงน้อย

ความร้อนที่มากับรังสีกระจายน้อยกว่ารังสีตรงดวงอาทิตย์ ช่วยลดความจ้าของแสงที่จะทำความรบกวนสายตา ซึ่งแนวทางในการออกแบบช่องแสงเพื่อรับรังสีกระจายดวงอาทิตย์ จากสภาพแวดล้อมแสดงดัง ภาพที่ 4.30 แสดงแนวทางการออกแบบช่องรับแสงทางด้านข้าง และด้านบน เพื่อรับรังสีกระจายดวงอาทิตย์ จากสภาพแวดล้อม



เอกสารภาพที่ 4.30 ที่แสดงแนวทางการออกแบบช่องรับแสงสว่างจากรังสีกระจายดวงอาทิตย์ บนชั้นด้านการค้า ไม่ว่าจะเป็นใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# รังสีดวงอาทิตย์ และอุปกรณ์บังแดดที่มีผลต่อช่องเปิด

ดวงอาทิตย์มีผลกระทบต่ออาคารและที่ตั้ง ซึ่งสามารถมองแยกได้ 2 ประเด็น คือ

1. พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Radiation) ประกอบไปด้วย

-รังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Radiation)

-รังสีดวงอาทิตย์ที่มาถึงชั้นบรรยากาศของโลกถูกทำให้กระจัดกระจายโดยฝุ่นละอองและ

เมฆในท้องฟ้า (Diffuse Radiation)

-รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นผิวข้างเคียงอาคารและสะท้อนสู่อาคาร (Reflected Radiation)

ผู้ออกแบบอาคารคุ้นเคยต่อแสงแดดที่มาจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง (Direct Solar Radiation) แต่ในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นที่ท้องฟ้าเต็มไปด้วยฝุ่นเมฆและละอองไอน้ำทำให้รังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ (Diffuse Solar Radiation) นั้นมีปริมาณสูง ถึงแม้ว่าเปลือกอาคารจะไม่ได้ถูกแสงแดดโดยตรง อุณหภูมิของเปลือกอาคารนั้นๆยังมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอากาศอยู่ดี ทั้งนี้เนื่องจากรังสีที่กระจายจากท้องฟ้าและรังสีที่สะท้อนจากพื้นผิวข้างเคียงโดยรอบอาคาร อาคารข้างเคียงมีผลต่อปริมาณความร้อนที่สะท้อนสู่ผนังและหลังคา

2. มุมและวงโคจรของดวงอาทิตย์ (Solar Geometry) ทิศทางการขึ้นและตกของดวงอาทิตย์ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการออกแบบวางทิศทางอาคาร

### 5.1 พลังงานรังสีดวงอาทิตย์

โลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์เป็นระยะทาง 150 ล้านกิโลเมตร พลังงานที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์เกือบทั้งหมดหรือมากกว่าร้อยละ 99.77 ของพลังงานทำให้เกิดลักษณะลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ พลังงานแหล่งอื่นๆ เช่น ความร้อนที่ได้รับจากกระบวนการสลายตัวโดยแผ่กัมมันตภาพรังสี (Radioactive Decay) ภายในเปลือกโลก พลังงานจากดวงดาวอื่นๆ และแรงดึงดูดของดวงอาทิตย์ ซึ่งดวงอาทิตย์ปล่อยพลังงานในอัตรา  $3.83 \times 10^{26}$  กิโลวัตต์ และจากปริมาณดังกล่าว ส่วนที่ตกกระทบโลกมีอัตรา  $1.79 \times 10^{14}$  กิโลวัตต์<sup>27</sup>

#### 5.1.1 การแผ่รังสีดวงอาทิตย์

การแผ่รังสีดวงอาทิตย์สามารถแบ่งตามชนิดได้ 2 ชนิดคือ

<sup>27</sup> ชัยวิทย์ มิลาวิชานาโน, "ฟิสิกส์ของพลังงานแสงแดด" (สงขลา : ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยา

1. รังสีคลื่นสั้น (Short Wave) ซึ่งตามมนุษย์สามารถมองเห็นได้ (Visible Rays) มีอยู่ถึงร้อยละ 44 ของรังสีทั้งหมด อยู่ในความยาวคลื่นระหว่าง 0.4 -0.7 ไมโครเมตร เป็นความร้อนที่อยู่ในแสงสว่างเป็นรังสีจากดวงอาทิตย์ ซึ่งสะท้อนจากพื้นผิวที่มีสีอ่อนและผิวที่เป็นมันสีดำ จะเป็นสีที่ดูดซึมรังสีนี้

2. รังสีคลื่นยาว (Long- Wave) เป็นรังสีที่มนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ รังสีคลื่นยาวอยู่ในช่วงคลื่นระหว่าง 0.7-1.5 ไมโครเมตร มีอยู่ถึงร้อยละ 37 ของรังสีทั้งหมด เมื่อดวงอาทิตย์ส่องแสงผ่านวัตถุที่ก่อสร้างอาคาร เช่น ผนัง หลังคา เป็นต้น ทำให้เกิดความร้อน วัตถุที่สะท้อนรังสีนี้คือ วัตถุที่มีผิวมันและที่เป็นกระจก สำหรับวัตถุที่มีผิวอ่อนจะสะท้อนความร้อนออกน้อยกว่าวัตถุผิวมัน

ส่วนรังสีอินฟราเรดไกล (Infra - Red) จะมีความยาวคลื่นมากกว่า 1.5 ไมโครเมตร มีอยู่ร้อยละ 12 ของรังสีทั้งหมด

### 5.1.2 ลักษณะรังสีที่รับจากดวงอาทิตย์

รังสีดวงอาทิตย์เมื่อกระทบกับพื้นดิน วัสดุ บรรยากาศจะถูกเปลี่ยนรูปด้วยกระบวนการต่างๆ ดังนี้

1. การกระจาย (Scattering) เป็นกระบวนการที่อนุภาคเล็กๆ และ โมเลกุลของก๊าซในอากาศ แพร่กระจายในส่วนมีการแผ่รังสีตกกระทบทุกทิศทาง การกระจายเกิดขึ้นโดยที่ไม่ต้องเปลี่ยนรูปพลังงาน

2. การดูดกลืน (Absorption) หมายถึง กระบวนการแผ่รังสีที่ตกกระทบไปยังสสาร ส่วนหนึ่งยังคงอยู่ในสสารและเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานรูปอื่น โดยเฉพาะสสารชนิดที่ยอมให้แสงผ่านได้ ตัวอย่างเช่น แสงอาทิตย์ที่ตกกระทบด้านใดด้านหนึ่งของอาคาร บริเวณส่วนนั้นจะดูดกลืนรังสีไว้ และกลายเป็นพลังงานที่ให้ความร้อนแก่วัตถุในส่วนต่างๆ ที่อยู่ภายนอก

3. การสะท้อน (Reflection) การสะท้อนเกิดขึ้นเมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบกับวัตถุและถูกสะท้อนจากผิวพื้น โลกและบรรยากาศได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์เพียงร้อยละ 65 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 35 ถูกสะท้อนเข้าสู่อากาศ การสะท้อนแตกต่างกันไปตามผิวพื้นต่างๆ คิดเป็นร้อยละของรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบ เมื่อรังสีนั้นตกถึงผิวพื้น เมฆเป็นตัวการที่สำคัญที่สุดในการสะท้อนรังสีของดวงอาทิตย์ รังสีที่ได้รับจากดวงอาทิตย์สามารถแบ่งออกตามลักษณะที่ได้รับจากสภาพแวดล้อมต่างๆ ดังนี้

1. รังสีคลื่นสั้นที่แผ่ลงมาโดยตรง (Direct solar short wave radiation)

2. รังสีคลื่นสั้นที่กระจายผ่านเมฆหมอกออกมา(Diffuse short wave red sky fault)

3. รังสีคลื่นสั้นที่สะท้อนออกมาจากพื้นดิน (Short wave reflected from ground)

4.รังสีคลื่นยาวจากพื้นดินและวัตถุที่ร้อน(Long wave radiation from heated ground &

object)

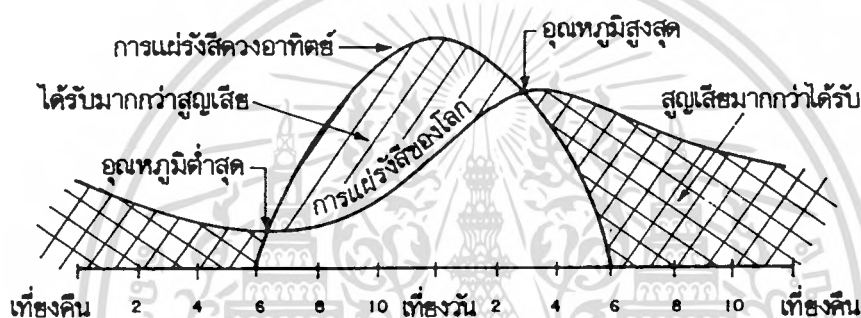
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5.รังสีคลื่นยาวเกิดจากการแลกเปลี่ยนระหว่างวัตถุและท้องฟ้า (Outgoing long wave radiation exchange between object & sky) ซึ่งเกิดจากหลักการสมดุลของรังสีจากดวงอาทิตย์ หมายถึง การสมดุลระหว่างรังสีที่ผิวพื้นโลกได้ และรังสีที่ส่งออกไป

## 5.2 รังสีดวงอาทิตย์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประจำวัน



ภาพที่ 5.1 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประจำวันกับการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิประจำวัน (Mean Daily March )หรือวัฏจักรอุณหภูมิ(Cycle of Air temperature) เกิดขึ้นจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับ การแผ่รังสีของโลก การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เริ่มขึ้นเวลาประมาณ 6.00 น. และปริมาณรังสีที่โลกได้รับจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆถึงเวลา 12.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่โลกได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์มากที่สุด จากนั้นปริมาณรังสีจะลดน้อยลงตามลำดับ ขณะที่พื้นโลกได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์พื้นโลกจะแผ่รังสีออกไปด้วย รังสีที่โลกส่งกลับไปเป็นรังสีคลื่นยาวทำให้เกิดพลังงานความร้อน ดังนั้นความร้อนส่วนใหญ่ที่บรรยากาศชั้นล่างได้รับเนื่องจากการแผ่รังสีของโลกอย่างไรก็ตามขีดสูงสุดของอุณหภูมิประจำวันไม่ใช่เป็นขีดสูงสุดที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ (เที่ยงวัน) แต่เป็นเวลาระหว่าง 14.00 น.-16.00 น. ที่เป็นเช่นนี้เพราะในระหว่างเวลา12.00 น. -14.00 น. โลกยังคงได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์อยู่ แม้ว่าปริมาณที่ได้รับจะไม่เท่าเดิม ในช่วงเวลานี้กล่าวได้ว่า โลกได้รับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์มากกว่าพลังงานความร้อนที่โลกสูญเสียไป แต่หลังจากเวลา 15.00 น. โลกจะสูญเสียพลังงานความร้อนมากกว่าพลังงานความร้อนที่ได้รับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้รับจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิจะลดลงตามลำดับจนถึงขีดต่ำสุด เวลา 6.00 น. ดังแสดงใน ภาพที่ 5.1

5.3 รังสีดวงอาทิตย์ใน จังหวัดกรุงเทพมหานคร

พลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบรังสีตรง และแบบรังสีกระจาย พลังงานแสงอาทิตย์แบบรังสีตรงมีทิศทางแผ่รังสีแบบตรงจากดวงอาทิตย์เมื่อตกบนวัตถุสะท้อนแสง เช่น กระจกสะท้อนขึ้นและให้ค่ามุมตกเท่ากับมุมสะท้อน ในวันที่อากาศแจ่มใส เช่น หลังคาฝนตกใหม่ๆ ท้องฟ้ามีสีน้ำเงินเข้ม แสงอาทิตย์จะประกอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบรังสีตรงเป็นส่วนใหญ่ พลังงานแบบรังสีกระจายกำเนิดจากตัวกลางอื่น ซึ่งรับแสงอาทิตย์มาแล้วส่งรังสีต่อ เช่น เมฆบนท้องฟ้าในวันซึ่งท้องฟ้าคลุ้มพลังงานแสงอาทิตย์ประกอบด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบรังสีกระจายเป็นส่วนใหญ่ เช่น ช่วงระหว่างหน้าฝน สำหรับประเทศไทยอัตราส่วนของรังสีแบบกระจายและพลังงานทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.2-0.5 ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมดซึ่งเท่ากับ พลังงานแสงอาทิตย์แบบรังสีตรงบวกกับรังสีกระจายประมาณ 16,000-18,000 กิโลจูล / ม<sup>2</sup> /วัน

ข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ในจังหวัดกรุงเทพมหานคร<sup>28</sup>

ในการนำข้อมูลมาพิจารณาปริมาณกำลังรังสีดวงอาทิตย์ในกรุงเทพมหานคร วัน เดือนที่นำมาพิจารณาดังนี้

- วันที่เวลาเป็นสมดุลย์ (Equinox) ที่มีเวลากลางวันและกลางคืนเท่ากัน คือ วันที่ 21 มีนาคม และวันที่ 23 กันยายน
- วันที่มีเวลากลางวันยาวนานกว่าเวลากลางคืน (Summer Solstice) ในฤดูร้อนคือ วันที่ 21มิถุนายน
- วันที่มีเวลากลางคืนยาวนานกว่ากลางวัน (Winter Solstics) ในฤดูหนาว คือ วันที่ 22 ธันวาคม

ซึ่งข้อมูลนี้ได้นำมาใช้ในการคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV/RTTV) ด้วยสัญลักษณ์ต่างๆใน รูปภาพที่ 5.2 -5.5 คือ

|   |               |    |                         |
|---|---------------|----|-------------------------|
| N | = ทิศเหนือ    | NE | = ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ |
| S | = ทิศใต้      | NW | = ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ  |
| E | = ทิศตะวันออก | SE | = ทิศตะวันออกเฉียงใต้   |

<sup>28</sup> สำนักงานพลังงานแห่งชาติ, “ การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร” ( กรุงเทพฯ : กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ,2535) หน้า 85.

W = ทิศตะวันตก SW = ทิศตะวันตกเฉียงใต้

ID = ปริมาณกำลังรังสีตรงดวงอาทิตย์

Id = ปริมาณกำลังรังสีกระจายดวงอาทิตย์

IT = ปริมาณกำลังรังสีรวมดวงอาทิตย์

$\theta_1$  = มุมที่ทำให้เกิดร่มเงาในแนวตั้ง

$\theta_2$  = มุมที่ทำให้เกิดร่มเงาในแนวราบ

ส่วน ภาพที่ 5.2 -5.5 แสดงการโคจรของดวงอาทิตย์ ตามเดือนและเวลาต่างๆ ในทิศต่างๆ

ในเขตกรุงเทพมหานคร

ภาพที่ 5.6 -5.13 แสดงค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในทิศต่างๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร ส่วน

ภาพที่ 5.14 แสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ทุกทิศในเขตกรุงเทพมหานคร

จากข้อมูลแสดงค่าเฉลี่ยรังสีรวมดวงอาทิตย์ทิศต่างๆในเดือน มีนาคม, มิถุนายน, กันยายน และธันวาคม จะเห็นได้ว่ามีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่มีผลกระทบกับอาคารมาน้อยตามทิศต่างๆ ตามลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้

|                                       |          |                 |
|---------------------------------------|----------|-----------------|
| 1. ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (South-East)   | = 168.13 | วัดต์/ตารางเมตร |
| 2. ทิศตะวันออก (East)                 | = 167.17 | วัดต์/ตารางเมตร |
| 3. ทิศใต้ (South)                     | = 165.78 | วัดต์/ตารางเมตร |
| 4. ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (South-West)    | = 158.23 | วัดต์/ตารางเมตร |
| 5. ทิศตะวันตก (West)                  | = 152.55 | วัดต์/ตารางเมตร |
| 6. ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (North-East) | = 130.36 | วัดต์/ตารางเมตร |
| 7. ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (North-West)  | = 108.60 | วัดต์/ตารางเมตร |
| 8. ทิศเหนือ (North)                   | = 102.94 | วัดต์/ตารางเมตร |

### ทิศตะวันออกเฉียงใต้

ในช่วงเวลาเช้าถึงเวลาบ่าย จะได้รับรังสีดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปี ซึ่งปริมาณรังสีตรงจากดวงอาทิตย์จะส่งผลถึง 71 %ของรังสีกระจาย ดังนั้นในทิศนี้ ถ้ามีช่องเปิดควรมีอุปกรณ์บังแดดเป็นอย่างดี เพื่อป้องกันปริมาณความร้อนที่จะเพิ่มขึ้นจากรังสีตรงดวงอาทิตย์ ซึ่งเดือนที่ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด คือเดือน ธันวาคม ซึ่งเป็นเดือนที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ เนื่องจากเป็นฤดูหนาว ดัง ภาพที่ 5.5 และ ภาพที่ 5.11

ช่วงเวลาที่ควรป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 8.00-13.00 น.

### ทิศตะวันออก

จะได้รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ตลอดปี แต่ในเฉพาะช่วงเวลาเช้า ถึงเวลาเที่ยง ซึ่งปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่จะมีปริมาณมากในเดือน มีนาคม ซึ่งควรมีการป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาเช้าถึงเที่ยงให้กับช่องเปิด ซึ่งในช่วงเวลาเที่ยงไปแล้วจะได้รับรังสีตรงดวงอาทิตย์เฉลี่ยประมาณ 56 % ของปริมาณรังสีตรงดวงอาทิตย์ จะสูงในช่วงเวลา 9.00 - 10.00 น. ดัง ภาพที่ 5.5 และ ภาพที่ 5.8

ช่วงเวลาที่ควรป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 8.00-12.00 น.

### ทิศใต้

มีปริมาณรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ปริมาณมากถึง 74% ของรังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ ซึ่งมีปริมาณมากในเดือน ธันวาคม ในทิศใต้มีการออกแบบช่องเปิดของอาคารควรมีอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิดเพื่อป้องกัน รังสีตรงจากดวงอาทิตย์ที่ส่งผลให้ความร้อนเพิ่มขึ้น และเป็นการป้องกันน้ำฝนได้ด้วย เวลาที่ปริมาณรังสีตรงจากดวงอาทิตย์สูงสุดเวลา 12.00 น. ดัง ภาพที่ 5.4 และ ภาพที่ 5.7

ช่วงเวลาที่ควรป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 8.00 - 17.00 น.

### ทิศตะวันตกเฉียงใต้

จะได้รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ตลอดปี ในช่วงเวลาก่อนเที่ยงถึงเวลาเย็น ซึ่งปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่ 65% เป็นรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ เมื่อมีการเปิดช่องเปิดเพื่อรับกระแสลม ระบายอากาศ จึงควรมีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิดเป็นอย่างยิ่ง ช่วงเวลาที่ปริมาณรังสีตรงจากดวงอาทิตย์สูงสุดที่เวลาประมาณ 15.00 น. ดัง ภาพที่ 5.4 และ ภาพที่ 5.13

ช่วงเวลาที่ควรป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 11.00 - 17.00 น.

### ทิศตะวันตก

จะได้รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ทั้งปีในช่วงเวลาเที่ยง ถึงเวลาเย็น ซึ่งช่วงเวลาที่ปริมาณรังสีสูงสุดที่เวลา 16.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่สภาพอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในรอบเวลากลางวัน ดังนั้นในการออกแบบช่องเปิดจึงไม่ควรเปิดช่องเปิดทางด้านทิศตะวันตก เป็นอย่างยิ่ง จะเป็นการเพิ่มความร้อนให้กับภายในอาคาร ถ้าจำเป็นต้องเปิด ควรออกแบบช่องเปิดที่มีอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิดด้วย หรือออกแบบด้านทิศตะวันตกเป็นห้องน้ำ-ส้วมเพื่อช่วยในการป้องกันความร้อนบางส่วนให้กับอาคาร ในช่วงเวลาเช้าถึงเที่ยง ทางทิศนี้จะได้รับรังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ตลอดปี ดัง ภาพที่ 5.3 และ ภาพที่ 5.9

ช่วงเวลาที่ควรป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 12.00 - 17.00 น.

### ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

จะได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์จากช่วงเวลาเช้าถึงเวลาบ่ายตลอดทั้งปี สภาพปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ 59% เป็นรังสีกระจายเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งช่วงเวลาที่ปริมาณรังสีตรงดวงอาทิตย์มากที่สุดที่เวลา 9.00 น. การออกแบบช่องเปิดอาคารควรมีอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิดด้วย ดัง ภาพที่ 5.3 และ ภาพที่ 5.10

ช่วงเวลาที่ควรป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 8.00 - 11.00 น.

### ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

จะได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ตลอดปีในช่วงเวลาก่อนเที่ยง ถึงเวลาเย็น ซึ่งปริมาณรังสีส่วนใหญ่ 78% เป็นรังสีกระจายดวงอาทิตย์ ซึ่งเวลาที่รังสีตรงดวงอาทิตย์สูงในช่วงเวลา 14.00 น. เป็นช่วงเวลาที่สภาพทางอุณหภูมิสูงในเวลากลางวัน ดังนั้นจึงควรมีการป้องกันความร้อนที่มากับรังสีตรงดวงอาทิตย์โดยการออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิดด้วย ดัง ภาพที่ 5.2 และ ภาพที่ 5.12

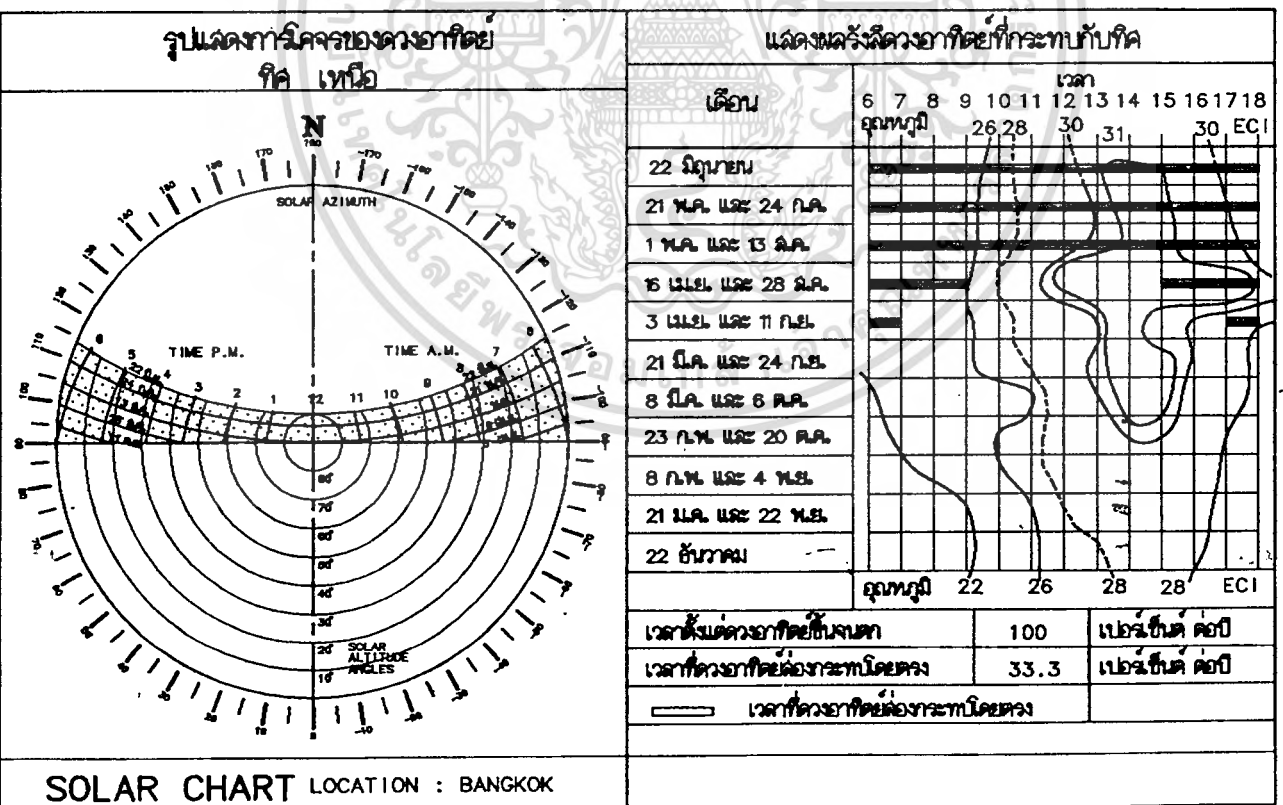
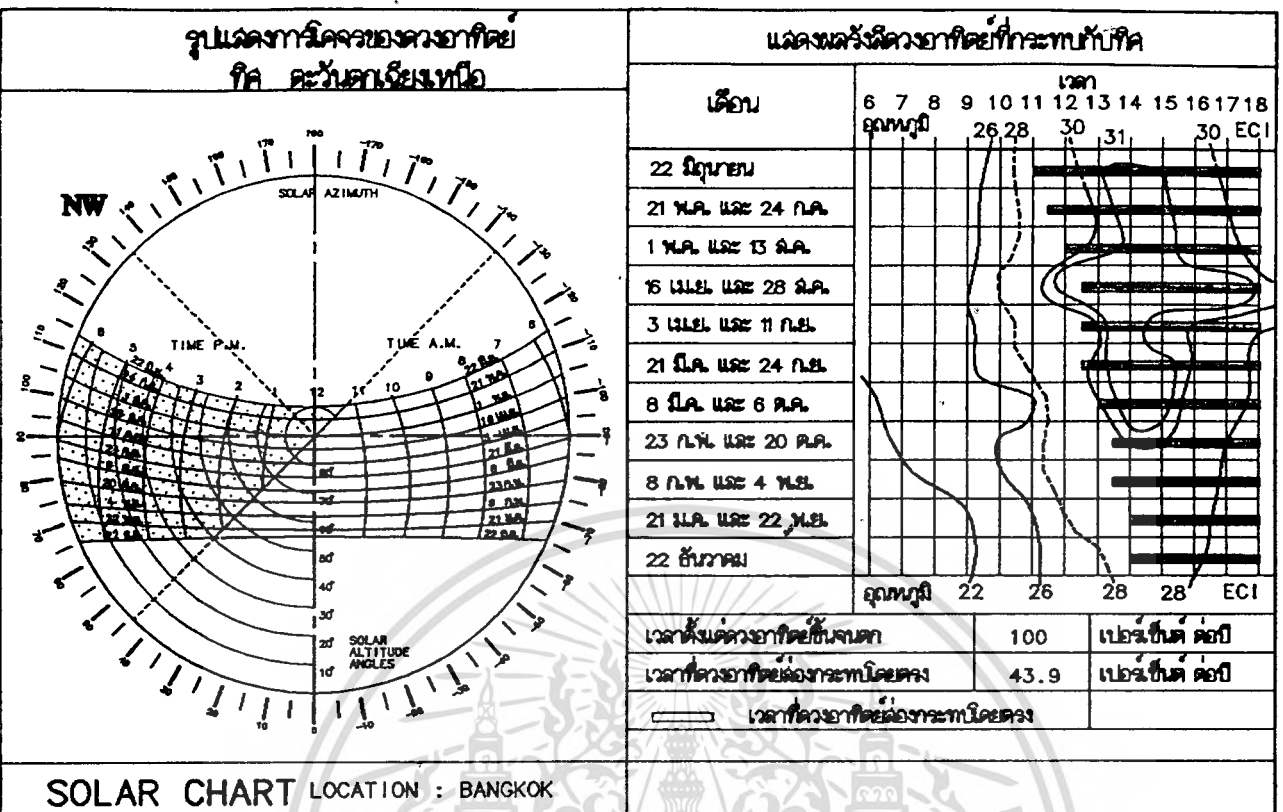
ช่วงเวลาที่ควรป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 12.00 - 17.00 น.

### ทิศเหนือ

จะได้รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์น้อยสุด ซึ่งส่วนใหญ่จะได้รับรังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ประมาณ 70 % ของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งเดือนที่มีปริมาณรังสีรวมจากดวงอาทิตย์มากที่สุดคือเดือนมิถุนายน ซึ่งในการออกแบบอาคารทิศเหนือ นั้นเหมาะสมกับ การออกแบบช่องเปิดเพื่อรับแสงสว่างจากธรรมชาติมากที่สุด เนื่องจากปริมาณแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ เนื่องจากเป็นแสงกระจายจากดวงอาทิตย์ เวลาที่ปริมาณรังสีรวมสูงในช่วงเวลา 13.00 น. ซึ่งในการออกแบบช่องเปิดจะมีอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิดมีขนาดน้อยกว่าทิศอื่นๆ ดัง ภาพที่ 5.2 และ ภาพที่ 5.6

ช่วงเวลาที่ควรป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ 8.00 - 17.00 น.

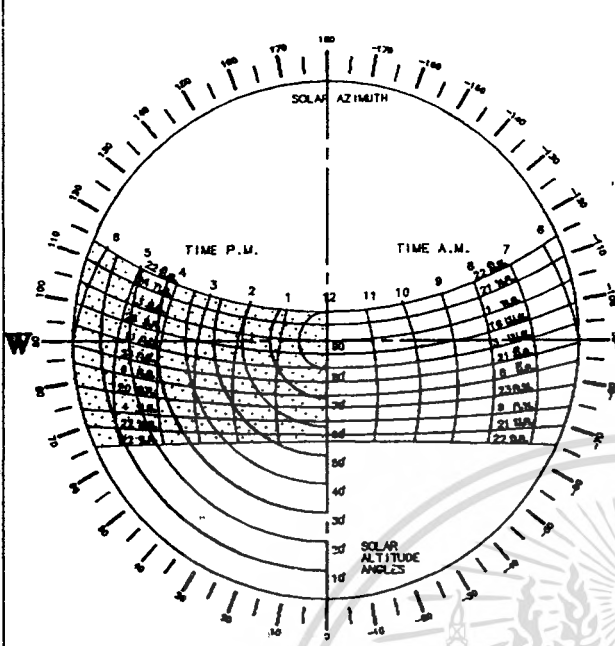
รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ส่งผลกระทบต่ออาคารนั้น จะมีรังสีตรงที่ส่งมาจากดวงอาทิตย์จะมีปริมาณความร้อนที่มากับแสงด้วยเป็นปริมาณมาก ส่วนรังสีกระจายจากดวงอาทิตย์จะสะท้อนจากสภาพแวดล้อมโดยรอบ ซึ่งปริมาณความร้อนที่มากับแสงจะน้อยกว่ารังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นในการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงานในเขตกรุงเทพมหานคร จึงควรมีการลดความร้อนที่เกิดจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในทิศต่างๆจะมีปริมาณไม่เท่ากัน ในการเลือกวางอาคารให้เหมาะสมควรพิจารณาปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ของทิศนั้นๆ ด้วย



ภาพที่ 5.2 แสดงการโคจรของดวงอาทิตย์ที่ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศเหนือ

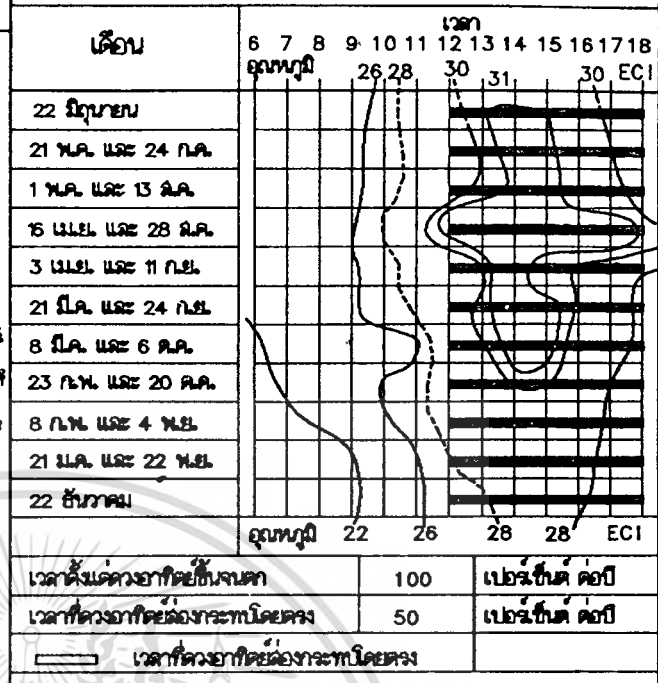
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแสดงการโคจรของดวงอาทิตย์  
ทิศ ตะวันตก

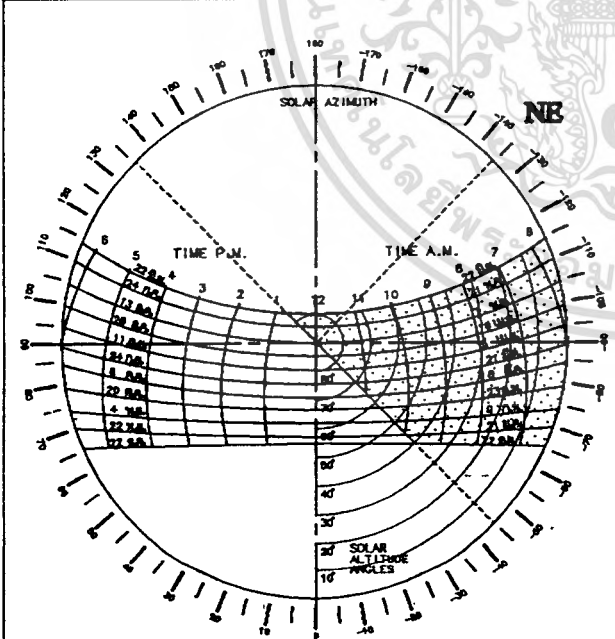


SOLAR CHART LOCATION : BANGKOK

แสดงผลรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทบกับทิศ

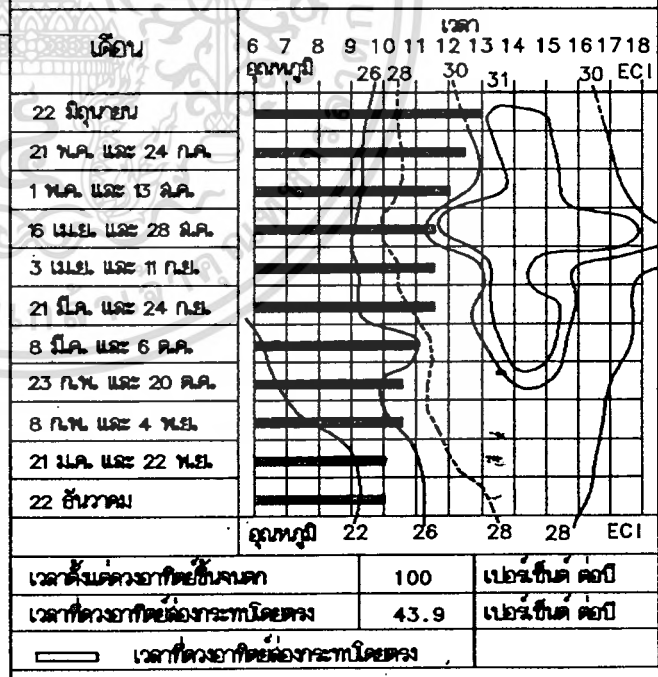


รูปแสดงการโคจรของดวงอาทิตย์  
ทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือ



SOLAR CHART LOCATION : BANGKOK

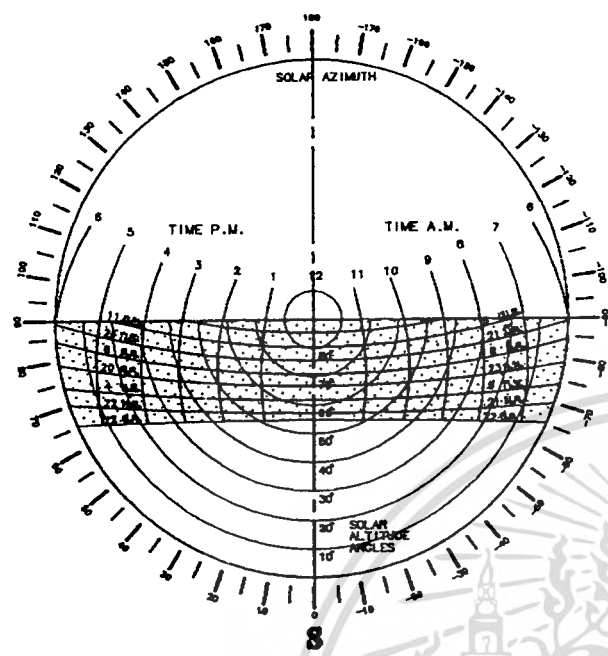
แสดงผลรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทบกับทิศ



ภาพที่ 5.3 แสดงการโคจรของดวงอาทิตย์ที่ ทิศตะวันตก และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

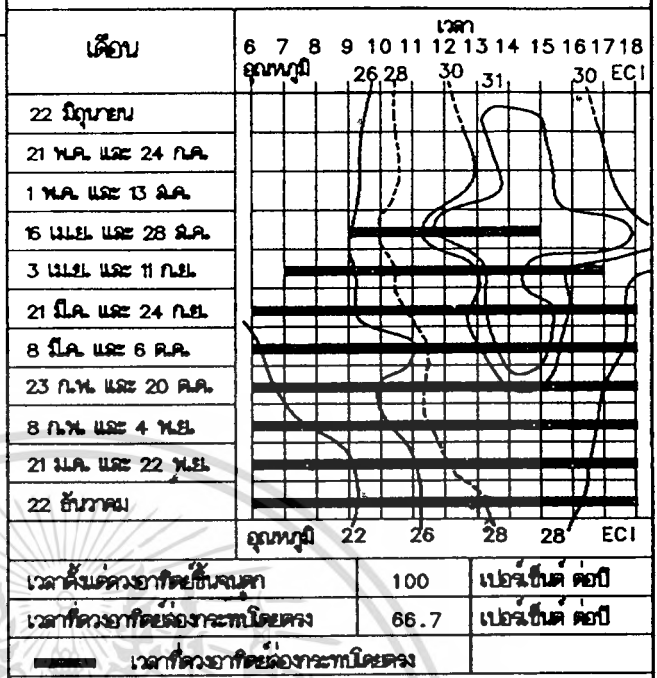
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแผนการโคจรของดวงอาทิตย์  
ทิศ ได้

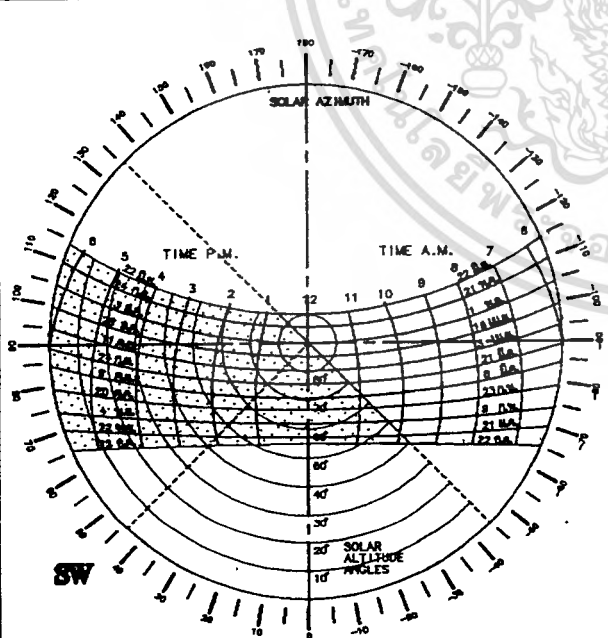


SOLAR CHART LOCATION : BANGKOK

แผนผังรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทบกับทิศ

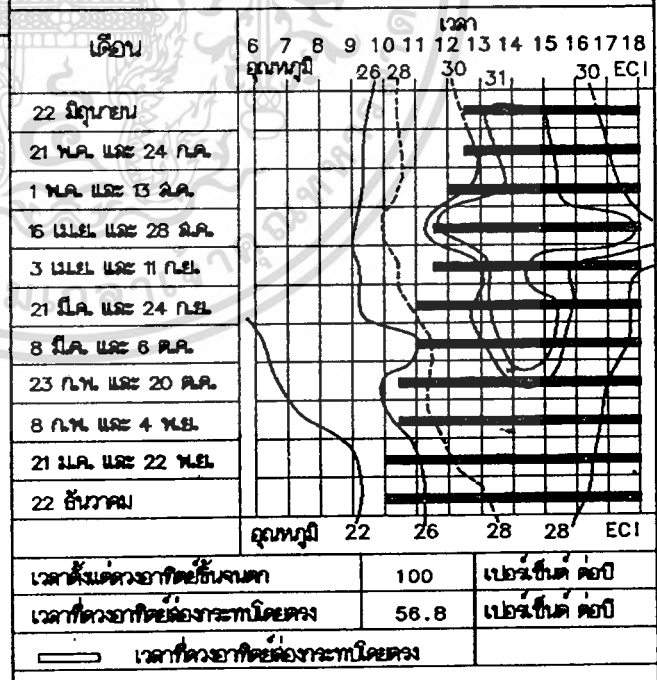


รูปแผนการโคจรของดวงอาทิตย์  
ทิศ ตะวันตกเฉียงใต้



SOLAR CHART LOCATION : BANGKOK

แผนผังรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทบกับทิศ

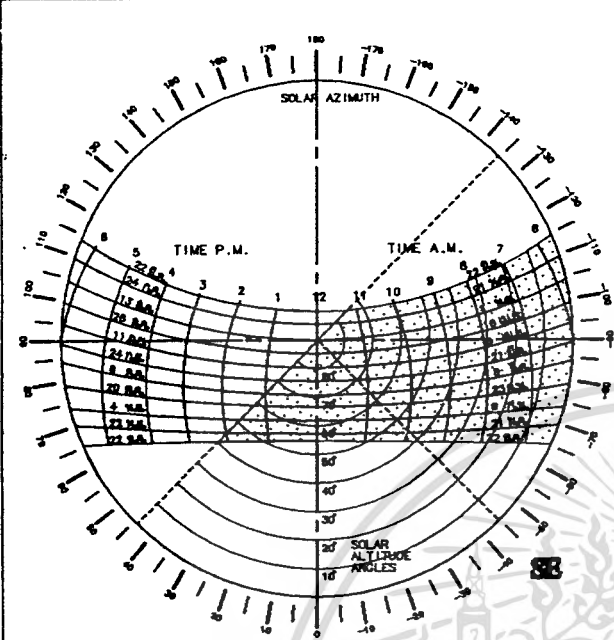


ภาพที่ 5.4 แสดงการโคจรของดวงอาทิตย์ที่ ทิศได้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

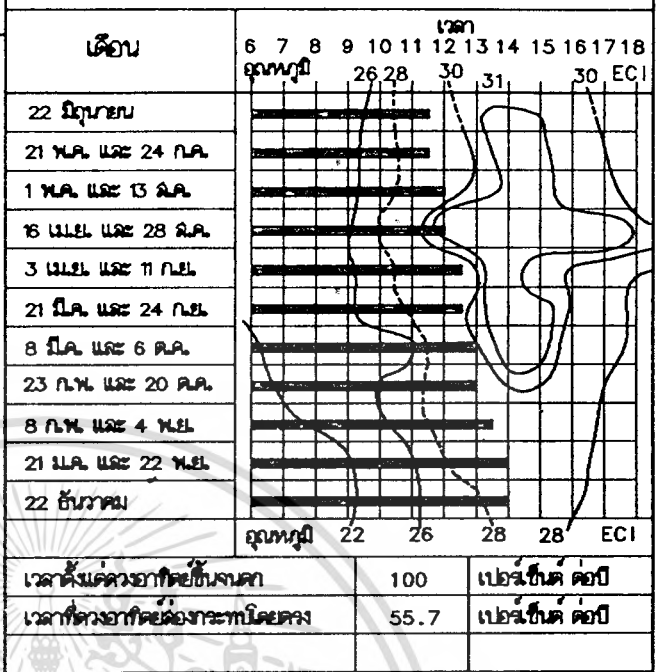


รูปแสดงการโคจรของดวงอาทิตย์  
ทิศ ตะวันออกเฉียงใต้

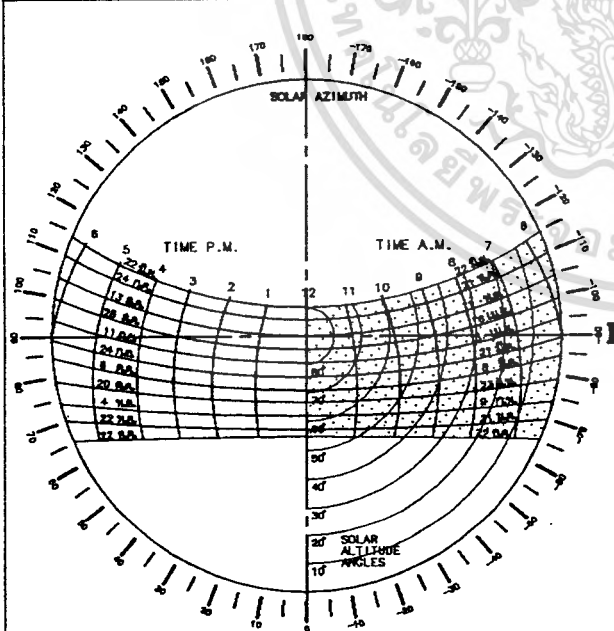


SOLAR CHART LOCATION : BANGKOK

แสดงผลรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทบกับทิศ

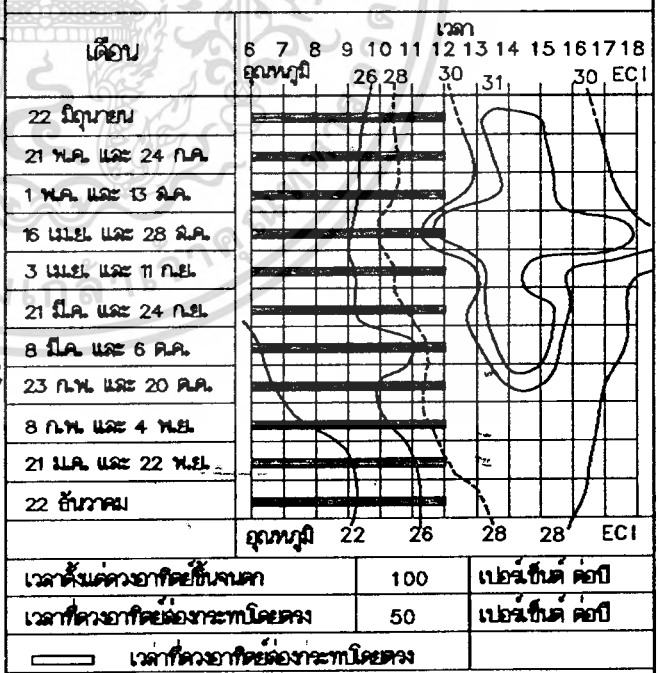


รูปแสดงการโคจรของดวงอาทิตย์  
ทิศ ตะวันออก



SOLAR CHART LOCATION : BANGKOK

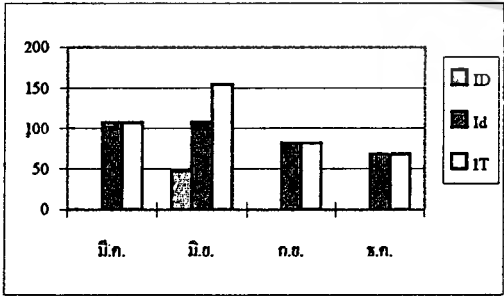
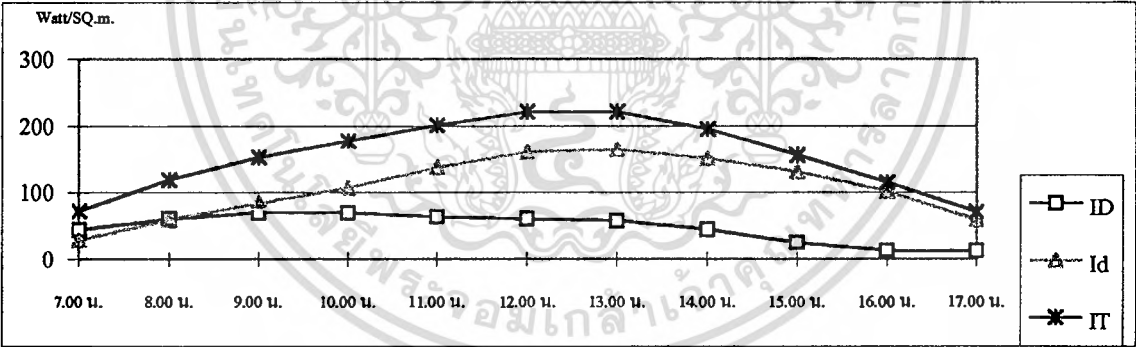
แสดงผลรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทบกับทิศ



ภาพที่ 5.5 แสดงการโคจรของดวงอาทิตย์ที่ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันออก

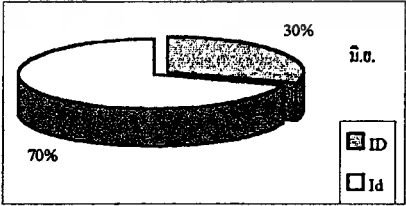
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Azimuth = 180                                                 |                                      |                                       | ทิศเหนือ                              |         |         |         |          |          |                                              |          |          |          |          |                     |        |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|---------------------|--------|
| เดือน                                                         | 21                                   | มีนาคม                                | เวลา                                  | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น.            |        |
| Tilt Angle = 90                                               | Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 0.00  | Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 107.19 | Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 107.19 | ⊕ 1     | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                |        |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | ⊕ 2     | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                |        |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | ID      | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                |        |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | Id      | 22.70   | 60.85   | 101.05   | 128.05   | 145.08                                       | 151.70   | 148.39   | 142.63   | 124.96   | 95.33               | 58.39  |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | IT      | 22.70   | 60.85   | 101.05   | 128.05   | 145.08                                       | 151.70   | 148.39   | 142.63   | 124.96   | 95.33               | 58.39  |
| เดือน                                                         | 22                                   | มิถุนายน                              | เวลา                                  | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น.            |        |
| Tilt Angle = 90                                               | Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 47.07 | Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 107.82 | Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 154.89 | ⊕ 1     | 35.69   | 58.06   | 69.76    | 75.85    | 78.96                                        | 80.20    | 79.96    | 78.14    | 74.18    | 66.58               | 51.89  |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | ⊕ 2     | 68.90   | 70.50   | 70.66    | 68.39    | 59.82                                        | 24.92    | -42.98   | -64.04   | -69.58   | -70.80              | -70.09 |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | ID      | 43.58   | 60.15   | 69.07    | 69.71    | 63.25                                        | 60.36    | 57.11    | 44.31    | 25.07    | 13.18               | 12.01  |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | Id      | 28.85   | 58.65   | 84.15    | 107.37   | 138.03                                       | 161.38   | 164.30   | 151.27   | 130.85   | 102.13              | 59.00  |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | IT      | 72.43   | 118.80  | 153.22   | 177.08   | 201.28                                       | 221.74   | 221.41   | 195.58   | 155.92   | 115.31              | 71.01  |
| เดือน                                                         | 23                                   | กันยายน                               | เวลา                                  | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น.            |        |
| Tilt Angle = 90                                               | Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 0.00  | Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 81.74  | Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 81.74  | ⊕ 1     | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                |        |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | ⊕ 2     | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                | 0.00   |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | ID      | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                | 0.00   |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | Id      | 24.90   | 66.65   | 95.72    | 114.72   | 126.59                                       | 132.48   | 114.25   | 80.97    | 68.03    | 49.88               | 24.98  |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | IT      | 24.90   | 66.65   | 95.72    | 114.72   | 126.59                                       | 132.48   | 114.25   | 80.97    | 68.03    | 49.88               | 24.98  |
| เดือน                                                         | 22                                   | ธันวาคม                               | เวลา                                  | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น.            |        |
| Tilt Angle = 90                                               | Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 0.00  | Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 67.92  | Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 67.92  | ⊕ 1     | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                |        |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | ⊕ 2     | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                | 0.00   |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | ID      | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                | 0.00   |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | Id      | 15.95   | 43.77   | 65.45    | 71.72    | 78.52                                        | 92.02    | 101.69   | 101.01   | 86.56    | 60.80               | 29.58  |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | IT      | 15.95   | 43.77   | 65.45    | 71.72    | 78.52                                        | 92.02    | 101.69   | 101.01   | 86.56    | 60.80               | 29.58  |
| ผลรวมปริมาณกำลังรังสีตรงดวงอาทิตย์ (ID) : (W/m <sup>2</sup> ) |                                      |                                       |                                       |         |         |         |          | 11.77    | ผลรวมปริมาณกำลังรังสีกระจายดวงอาทิตย์ (Id) = |          |          |          |          | 91.17               |        |
| ผลรวมปริมาณกำลังรังสีรวมดวงอาทิตย์ (IT) : (W/m <sup>2</sup> ) |                                      |                                       |                                       |         |         |         |          | 102.94   |                                              |          |          |          |          | (W/m <sup>2</sup> ) |        |



กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แต่ละเดือน

กราฟแสดงปริมาณรังสีตรง รังสีกระจาย และรังสีรวมของเดือน มี.ย.

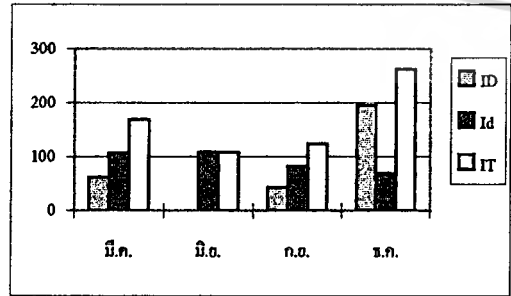
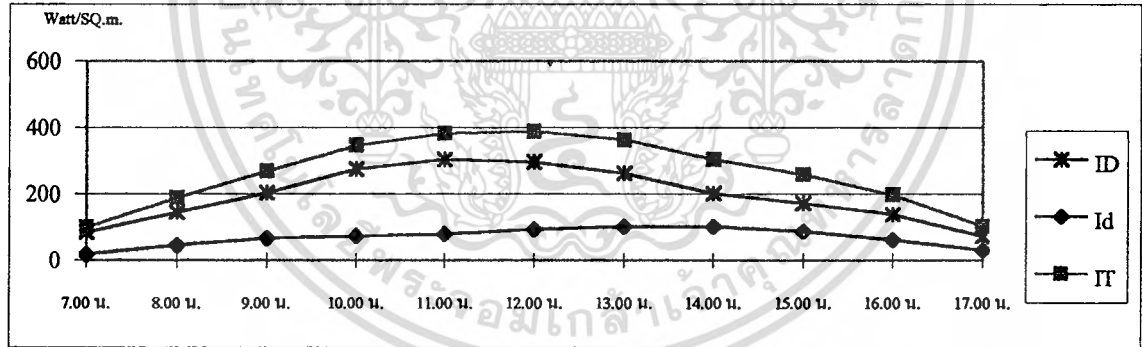


กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณรังสีตรง และปริมาณรังสีกระจาย เดือนที่มีรังสีรวมมากที่สุด

ภาพที่ 5.6 แสดงค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ใน ทิศเหนือ

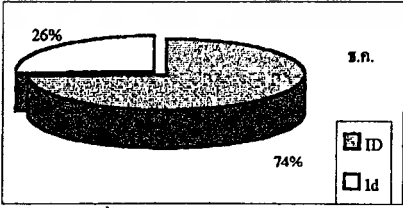
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Azimuth = 0                                                                                                                               |     |          | ทิศใต้ |         |         |         |          |          |                                              |          |          |          |          |          |                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------|--------|---------|---------|---------|----------|----------|----------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------|
| เดือน                                                                                                                                     | 21  | มีนาคม   | เวลา   | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |                     |
| Tilt Angle = 90<br>Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 61.29<br>Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 107.19<br>Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 168.48 | ⊕ 1 |          | 73.55  | 75.26   | 75.62   | 75.77   | 75.84    | 75.86    | 75.86                                        | 75.83    | 75.75    | 75.59    | 75.17    |          |                     |
|                                                                                                                                           | ⊕ 2 |          | -87.56 | -83.67  | -78.81  | -71.60  | -58.10   | -24.88   | 31.58                                        | 60.67    | 72.83    | 79.58    | 84.25    |          |                     |
|                                                                                                                                           | ID  |          | 5.81   | 20.14   | 42.66   | 70.37   | 92.07    | 102.97   | 102.14                                       | 90.89    | 72.60    | 49.58    | 24.92    |          |                     |
|                                                                                                                                           | Id  |          | 22.70  | 60.85   | 101.05  | 128.05  | 145.08   | 151.70   | 148.39                                       | 142.63   | 124.96   | 95.33    | 58.39    |          |                     |
| IT                                                                                                                                        |     | 28.51    | 80.99  | 143.71  | 198.42  | 237.15  | 254.67   | 250.53   | 233.52                                       | 197.56   | 144.91   | 83.31    |          |          |                     |
| เดือน                                                                                                                                     | 22  | มิถุนายน | เวลา   | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |                     |
| Tilt Angle = 90<br>Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 0.00<br>Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 107.82<br>Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 107.82  | ⊕ 1 |          | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |          |                     |
|                                                                                                                                           | ⊕ 2 |          | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |          |                     |
|                                                                                                                                           | ID  |          | 0.00   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |          |                     |
|                                                                                                                                           | Id  |          | 28.85  | 58.65   | 84.15   | 107.37  | 138.03   | 161.38   | 164.30                                       | 151.27   | 130.85   | 102.13   | 59.00    |          |                     |
| IT                                                                                                                                        |     | 28.85    | 58.65  | 84.15   | 107.37  | 138.03  | 161.38   | 164.30   | 151.27                                       | 130.85   | 102.13   | 59.00    |          |          |                     |
| เดือน                                                                                                                                     | 23  | กันยายน  | เวลา   | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |                     |
| Tilt Angle = 90<br>Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 42.02<br>Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 81.74<br>Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 123.77  | ⊕ 1 |          | 71.67  | 74.10   | 74.78   | 75.08   | 75.21    | 75.26    | 75.24                                        | 75.13    | 74.90    | 74.39    | 72.89    |          |                     |
|                                                                                                                                           | ⊕ 2 |          | -85.95 | -81.82  | -76.40  | -67.86  | -50.74   | -9.14    | 41.38                                        | 63.90    | 74.21    | 80.32    | 84.74    |          |                     |
|                                                                                                                                           | ID  |          | 6.58   | 13.75   | 36.10   | 50.11   | 51.90    | 68.37    | 74.97                                        | 62.65    | 52.22    | 34.18    | 11.44    |          |                     |
|                                                                                                                                           | Id  |          | 24.90  | 66.65   | 95.72   | 114.72  | 126.59   | 132.48   | 114.25                                       | 80.97    | 68.03    | 49.88    | 24.98    |          |                     |
| IT                                                                                                                                        |     | 31.48    | 80.40  | 131.82  | 164.83  | 178.49  | 200.85   | 189.22   | 143.62                                       | 120.25   | 84.06    | 36.42    |          |          |                     |
| เดือน                                                                                                                                     | 22  | ธันวาคม  | เวลา   | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |                     |
| Tilt Angle = 90<br>Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 195.15<br>Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 67.92<br>Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 263.07 | ⊕ 1 |          | 9.33   | 31.21   | 42.61   | 48.56   | 51.58    | 52.76    | 52.46                                        | 50.58    | 46.52    | 38.73    | 23.67    |          |                     |
|                                                                                                                                           | ⊕ 2 |          | -64.68 | -59.83  | -52.81  | -42.44  | -27.19   | -6.59    | 15.75                                        | 34.26    | 47.28    | 56.08    | 62.08    |          |                     |
|                                                                                                                                           | ID  |          | 82.65  | 144.95  | 203.42  | 273.91  | 302.27   | 295.37   | 260.30                                       | 202.17   | 171.90   | 136.71   | 73.00    |          |                     |
|                                                                                                                                           | Id  |          | 15.95  | 43.77   | 65.45   | 71.72   | 78.52    | 92.02    | 101.69                                       | 101.01   | 86.56    | 60.80    | 29.58    |          |                     |
| IT                                                                                                                                        |     | 98.60    | 188.72 | 268.87  | 345.63  | 380.79  | 387.39   | 361.99   | 303.18                                       | 258.46   | 197.51   | 102.58   |          |          |                     |
| ผลรวมปริมาณกำลังรังสีตรงดวงอาทิตย์ (ID) : (W/m <sup>2</sup> )                                                                             |     |          |        |         |         |         |          | 74.62    | ผลรวมปริมาณกำลังรังสีกระจายดวงอาทิตย์ (Id) = |          |          |          |          |          | 91.17               |
| ผลรวมปริมาณกำลังรังสีรวมดวงอาทิตย์ (IT) : (W/m <sup>2</sup> )                                                                             |     |          |        |         |         |         |          | 165.78   |                                              |          |          |          |          |          | (W/m <sup>2</sup> ) |



กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แต่ละเดือน

กราฟ แสดงปริมาณรังสีตรง รังสีกระจาย และรังสีรวมของเดือน ธ.ค.

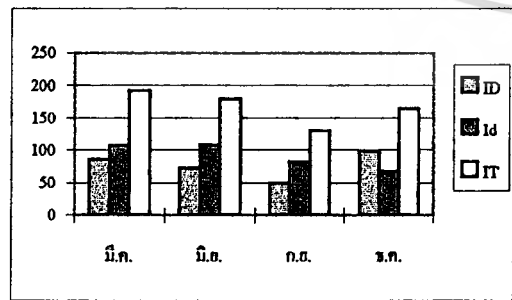
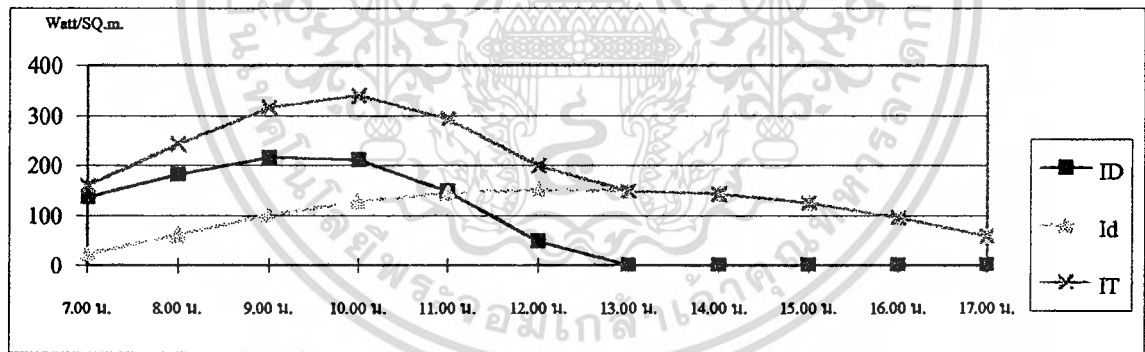


กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณรังสีตรง และปริมาณรังสีกระจาย เดือนที่มีรังสีรวมมากที่สุด

ภาพที่ 5.7 แสดงค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ใน ทิศใต้

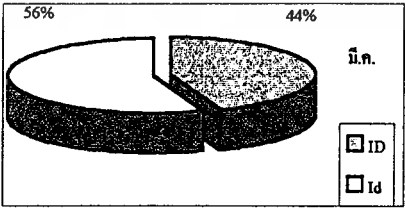
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Azimuth = -90                                                 |                                      |                                       |                                       | ทิศ ตะวันออก |         |         |         |          |          |                                              |          |          |          |          |          |                     |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------|
| เดือน                                                         | 21                                   | มีนาคม                                |                                       | เวลา         | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |                     |
| Tilt Angle = 90                                               | Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 85.55 | Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 107.19 | Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 192.74 | ⊕ 1          | 8.20    | 22.85   | 37.66   | 52.68    | 67.93    | 83.34                                        | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | ⊕ 2          | 2.44    | 6.33    | 11.19   | 18.40    | 31.90    | 65.12                                        | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | ID           | 136.61  | 181.65  | 215.65  | 211.48   | 147.91   | 47.74                                        | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | Id           | 22.70   | 60.85   | 101.05  | 128.05   | 145.08   | 151.70                                       | 148.39   | 142.63   | 124.96   | 95.33    | 58.39    |                     |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | IT           | 159.31  | 242.50  | 316.70  | 339.53   | 292.99   | 199.44                                       | 148.39   | 142.63   | 124.96   | 95.33    | 58.39    |                     |
| เดือน                                                         | 22                                   | มิถุนายน                              |                                       | เวลา         | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |                     |
| Tilt Angle = 90                                               | Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 72.04 | Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 107.82 | Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 179.86 | ⊕ 1          | 15.49   | 29.60   | 43.58   | 57.52    | 71.46    | 85.41                                        | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | ⊕ 2          | -21.09  | -19.50  | -19.34  | -21.60   | -30.18   | -65.08                                       | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | ID           | 112.97  | 169.84  | 196.81  | 176.01   | 108.77   | 28.04                                        | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | Id           | 28.85   | 58.65   | 84.15   | 107.37   | 138.03   | 161.38                                       | 164.30   | 151.27   | 130.85   | 102.13   | 59.00    |                     |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | IT           | 141.82  | 228.49  | 280.96  | 283.38   | 246.80   | 189.42                                       | 164.30   | 151.27   | 130.85   | 102.13   | 59.00    |                     |
| เดือน                                                         | 23                                   | กันยายน                               |                                       | เวลา         | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |                     |
| Tilt Angle = 90                                               | Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 48.68 | Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 81.74  | Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 130.42 | ⊕ 1          | 12.07   | 26.76   | 41.65   | 56.76    | 72.10    | 87.57                                        | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | ⊕ 2          | 4.05    | 8.18    | 13.60   | 22.14    | 39.26    | 80.86                                        | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | ID           | 92.91   | 95.67   | 149.22  | 123.19   | 63.50    | 11.01                                        | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | Id           | 24.90   | 66.65   | 95.72   | 114.72   | 126.59   | 132.48                                       | 114.25   | 80.97    | 68.03    | 49.88    | 24.98    |                     |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | IT           | 117.81  | 162.32  | 244.94  | 237.91   | 190.09   | 143.49                                       | 114.25   | 80.97    | 68.03    | 49.88    | 24.98    |                     |
| เดือน                                                         | 22                                   | ธันวาคม                               |                                       | เวลา         | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |                     |
| Tilt Angle = 90                                               | Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 97.76 | Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 67.92  | Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 165.67 | ⊕ 1          | 4.45    | 19.40   | 34.92   | 51.08    | 67.83    | 84.98                                        | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | ⊕ 2          | 25.33   | 30.17   | 37.19   | 47.56    | 62.81    | 83.41                                        | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | ID           | 120.97  | 249.39  | 268.05  | 250.47   | 155.31   | 31.13                                        | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | Id           | 15.95   | 43.77   | 65.45   | 71.72    | 78.52    | 92.02                                        | 101.69   | 101.01   | 86.56    | 60.80    | 29.58    |                     |
|                                                               |                                      |                                       |                                       | IT           | 136.92  | 293.16  | 333.50  | 322.19   | 233.83   | 123.15                                       | 101.69   | 101.01   | 86.56    | 60.80    | 29.58    |                     |
| ผลรวมปริมาณกำลังรังสีตรงดวงอาทิตย์ (ID) · (W/m <sup>2</sup> ) |                                      |                                       |                                       |              |         |         |         |          | 76.01    | ผลรวมปริมาณกำลังรังสีกระจายดวงอาทิตย์ (Id) = |          |          |          |          |          | 91.17               |
| ผลรวมปริมาณกำลังรังสีรวมดวงอาทิตย์ (IT) · (W/m <sup>2</sup> ) |                                      |                                       |                                       |              |         |         |         |          | 167.17   |                                              |          |          |          |          |          | (W/m <sup>2</sup> ) |



กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แต่ละเดือน

กราฟ แสดงปริมาณรังสีตรง รังสีกระจาย และรังสีรวมของเดือน มี.ค.

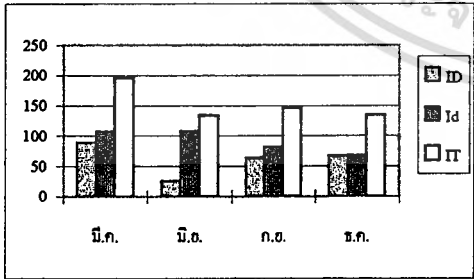
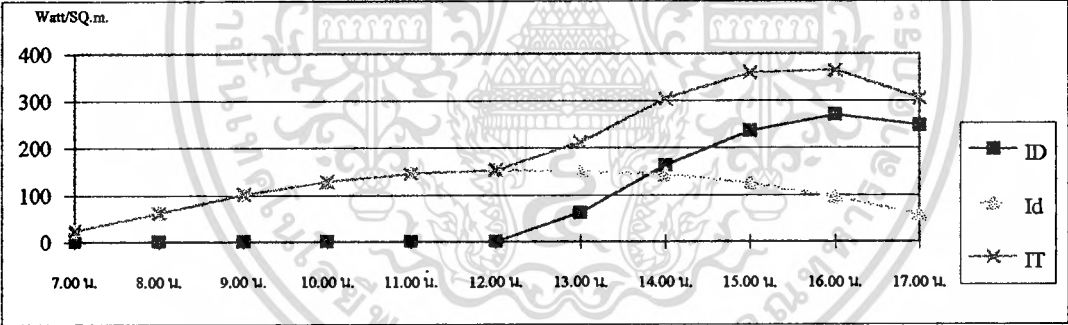


กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณรังสีตรง และปริมาณรังสีกระจาย เดือนที่มีรังสีรวมมากที่สุด

ภาพที่ 5.8 แสดงค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ใน ทิศตะวันออก

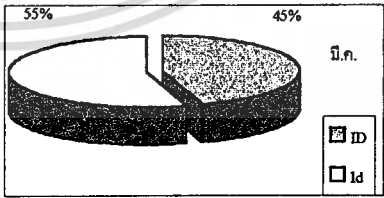
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Azimuth = 90                                                  |    |          | ทิศ ตะวันตก |         |         |         |          |          |                                              |          |          |          |          |                     |  |
|---------------------------------------------------------------|----|----------|-------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|---------------------|--|
| เดือน                                                         | 21 | มีนาคม   | เวลา        | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น.            |  |
| Tilt Angle                                                    | -  | 90       | ⊖ 1         | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 81.20    | 65.81    | 50.59    | 35.59    | 20.81               |  |
|                                                               |    |          | ⊖ 2         | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | -58.42   | -29.33   | -17.17   | -10.42   | -5.75               |  |
|                                                               |    |          | ID          | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 62.78    | 161.71   | 234.99   | 269.64   | 247.53              |  |
|                                                               |    |          | Id          | 22.70   | 60.85   | 101.05  | 128.05   | 145.08   | 151.70                                       | 148.39   | 142.63   | 124.96   | 95.33    | 58.39               |  |
|                                                               |    |          | IT          | 22.70   | 60.85   | 101.05  | 128.05   | 145.08   | 151.70                                       | 211.17   | 304.34   | 359.95   | 364.97   | 305.92              |  |
| Total ID = (W/m <sup>2</sup> )                                |    |          | 88.79       |         |         |         |          |          |                                              |          |          |          |          |                     |  |
| Total Id = (W/m <sup>2</sup> )                                |    |          | 107.19      |         |         |         |          |          |                                              |          |          |          |          |                     |  |
| Total IT = (W/m <sup>2</sup> )                                |    |          | 195.98      |         |         |         |          |          |                                              |          |          |          |          |                     |  |
| เดือน                                                         | 22 | มิถุนายน | เวลา        | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น.            |  |
| Tilt Angle                                                    | -  | 90       | ⊖ 1         | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 80.63    | 66.68    | 52.74    | 36.80    | 24.78               |  |
|                                                               |    |          | ⊖ 2         | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 47.02    | 25.97    | 20.42    | 19.20    | 19.91               |  |
|                                                               |    |          | ID          | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 53.23    | 90.99    | 67.31    | 37.87    | 33.16               |  |
|                                                               |    |          | Id          | 28.85   | 58.65   | 84.15   | 107.37   | 138.03   | 161.38                                       | 164.30   | 151.27   | 130.85   | 102.13   | 59.00               |  |
|                                                               |    |          | IT          | 28.85   | 58.65   | 84.15   | 107.37   | 138.03   | 161.38                                       | 217.53   | 242.26   | 198.16   | 140.00   | 92.16               |  |
| Total ID = (W/m <sup>2</sup> )                                |    |          | 25.69       |         |         |         |          |          |                                              |          |          |          |          |                     |  |
| Total Id = (W/m <sup>2</sup> )                                |    |          | 107.82      |         |         |         |          |          |                                              |          |          |          |          |                     |  |
| Total IT = (W/m <sup>2</sup> )                                |    |          | 133.50      |         |         |         |          |          |                                              |          |          |          |          |                     |  |
| เดือน                                                         | 23 | กันยายน  | เวลา        | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น.            |  |
| Tilt Angle                                                    | -  | 90       | ⊖ 1         | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 76.93    | 61.54    | 46.35    | 31.39    | 16.65               |  |
|                                                               |    |          | ⊖ 2         | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | -48.62   | -26.10   | -15.79   | -9.68    | -5.26               |  |
|                                                               |    |          | ID          | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 66.04    | 127.91   | 184.60   | 200.40   | 124.24              |  |
|                                                               |    |          | Id          | 24.90   | 66.65   | 95.72   | 114.72   | 126.59   | 132.48                                       | 114.25   | 80.97    | 68.03    | 49.88    | 24.98               |  |
|                                                               |    |          | IT          | 24.90   | 66.65   | 95.72   | 114.72   | 126.59   | 132.48                                       | 180.29   | 208.88   | 252.63   | 250.28   | 149.22              |  |
| Total ID = (W/m <sup>2</sup> )                                |    |          | 63.93       |         |         |         |          |          |                                              |          |          |          |          |                     |  |
| Total Id = (W/m <sup>2</sup> )                                |    |          | 81.74       |         |         |         |          |          |                                              |          |          |          |          |                     |  |
| Total IT = (W/m <sup>2</sup> )                                |    |          | 145.67      |         |         |         |          |          |                                              |          |          |          |          |                     |  |
| เดือน                                                         | 22 | ธันวาคม  | เวลา        | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น.            |  |
| Tilt Angle                                                    | -  | 90       | ⊖ 1         | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 77.77    | 60.76    | 44.24    | 28.35    | 13.07               |  |
|                                                               |    |          | ⊖ 2         | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 73.43    | 137.71   | 186.17   | 203.25   | 137.75              |  |
|                                                               |    |          | ID          | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 73.43    | 137.71   | 186.17   | 203.25   | 137.75              |  |
|                                                               |    |          | Id          | 15.95   | 43.77   | 65.45   | 71.72    | 78.52    | 92.02                                        | 101.69   | 101.01   | 86.56    | 60.80    | 29.58               |  |
|                                                               |    |          | IT          | 15.95   | 43.77   | 65.45   | 71.72    | 78.52    | 92.02                                        | 175.12   | 238.72   | 272.73   | 264.05   | 167.33              |  |
| Total ID = (W/m <sup>2</sup> )                                |    |          | 67.12       |         |         |         |          |          |                                              |          |          |          |          |                     |  |
| Total Id = (W/m <sup>2</sup> )                                |    |          | 67.92       |         |         |         |          |          |                                              |          |          |          |          |                     |  |
| Total IT = (W/m <sup>2</sup> )                                |    |          | 135.03      |         |         |         |          |          |                                              |          |          |          |          |                     |  |
| ผลรวมปริมาณกำลังรังสีตรงดวงอาทิตย์ (ID) · (W/m <sup>2</sup> ) |    |          |             |         |         |         |          | 61.38    | ผลรวมปริมาณกำลังรังสีกระจายดวงอาทิตย์ (Id) = |          |          |          |          | 91.17               |  |
| ผลรวมปริมาณกำลังรังสีรวมดวงอาทิตย์ (IT) · (W/m <sup>2</sup> ) |    |          |             |         |         |         |          | 152.55   |                                              |          |          |          |          | (W/m <sup>2</sup> ) |  |



กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แต่ละเดือน

กราฟ แสดงปริมาณรังสีตรง รังสีกระจาย และรังสีรวมของเดือน มี.ค.

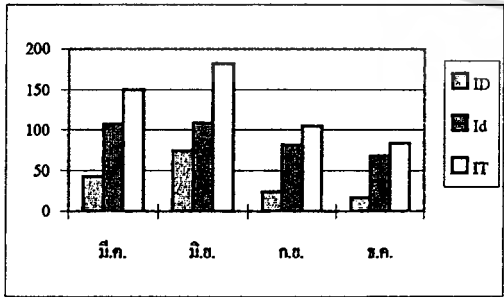
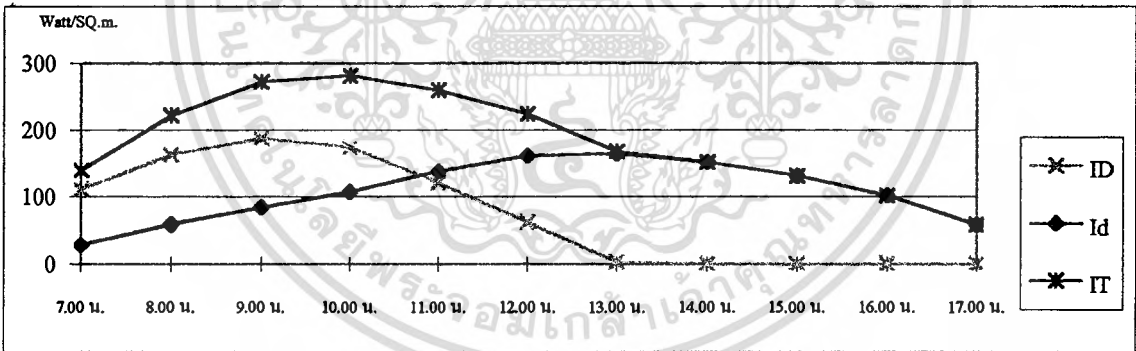


กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณรังสีตรง และปริมาณรังสีกระจาย เดือนที่มีรังสีรวมมากที่สุด

ภาพที่ 5.9 แสดงค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ใน ทิศตะวันตก

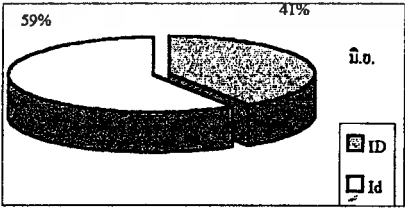
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Azimuth = -135                                                                                                                            |     |          | ทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือ |         |         |         |          |          |                                              |          |          |          |          |          |                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|----------|------------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------|
| เดือน                                                                                                                                     | 21  | มีนาคม   | เวลา                   | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |                     |
| Tilt Angle = 90<br>Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 42.57<br>Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 107.19<br>Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 149.77 | ☉ 1 |          | ID                     | 12.02   | 33.83   | 53.68   | 70.22    | 83.82    | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                                                                                                           | ☉ 2 |          | Id                     | 47.44   | 51.33   | 56.19   | 63.40    | 76.90    | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                                                                                                           |     |          | IT                     | 92.48   | 114.21  | 122.33  | 99.78    | 39.49    | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                                                                                                           |     |          | Id                     | 22.70   | 60.85   | 101.05  | 128.05   | 145.08   | 151.70                                       | 148.39   | 142.63   | 124.96   | 95.33    | 58.39    |                     |
|                                                                                                                                           |     |          | IT                     | 115.18  | 175.06  | 223.38  | 227.83   | 184.57   | 151.70                                       | 148.39   | 142.63   | 124.96   | 95.33    | 58.39    |                     |
| เดือน                                                                                                                                     | 22  | มิถุนายน | เวลา                   | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |                     |
| Tilt Angle = 90<br>Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 74.72<br>Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 107.82<br>Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 182.54 | ☉ 1 |          | ID                     | 15.79   | 30.68   | 44.89   | 57.85    | 69.44    | 79.86                                        | 82.51    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                                                                                                           | ☉ 2 |          | Id                     | 23.91   | 25.50   | 25.66   | 23.40    | 14.82    | -20.08                                       | -82.89   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                                                                                                           |     |          | IT                     | 110.69  | 162.63  | 188.00  | 173.75   | 121.64   | 62.51                                        | 2.75     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                                                                                                           |     |          | Id                     | 28.85   | 58.65   | 84.15   | 107.37   | 138.03   | 161.38                                       | 164.30   | 151.27   | 130.85   | 102.13   | 59.00    |                     |
|                                                                                                                                           |     |          | IT                     | 139.54  | 221.28  | 272.15  | 281.12   | 259.67   | 223.89                                       | 167.05   | 151.27   | 130.85   | 102.13   | 59.00    |                     |
| เดือน                                                                                                                                     | 23  | กันยายน  | เวลา                   | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |                     |
| Tilt Angle = 90<br>Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 23.53<br>Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 81.74<br>Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 105.27  | ☉ 1 |          | ID                     | 18.03   | 39.79   | 58.92   | 74.63    | 87.61    | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                                                                                                           | ☉ 2 |          | Id                     | 49.05   | 53.18   | 58.60   | 67.14    | 84.26    | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                                                                                                           |     |          | IT                     | 61.04   | 57.93   | 79.99   | 51.67    | 8.20     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                                                                                                           |     |          | Id                     | 24.90   | 66.65   | 95.72   | 114.72   | 126.59   | 132.48                                       | 114.25   | 80.97    | 68.03    | 49.88    | 24.98    |                     |
|                                                                                                                                           |     |          | IT                     | 85.94   | 124.58  | 175.71  | 166.39   | 134.79   | 132.48                                       | 114.25   | 80.97    | 68.03    | 49.88    | 24.98    |                     |
| เดือน                                                                                                                                     | 22  | ธันวาคม  | เวลา                   | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |                     |
| Tilt Angle = 90<br>Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 15.94<br>Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 67.92<br>Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 83.85   | ☉ 1 |          | ID                     | 11.79   | 49.93   | 76.28   | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                                                                                                           | ☉ 2 |          | Id                     | 70.32   | 75.17   | 82.19   | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                                                                                                           |     |          | IT                     | 55.77   | 73.85   | 45.70   | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |
|                                                                                                                                           |     |          | Id                     | 15.95   | 43.77   | 65.45   | 71.72    | 78.52    | 92.02                                        | 101.70   | 101.01   | 86.56    | 60.80    | 29.58    |                     |
|                                                                                                                                           |     |          | IT                     | 71.72   | 117.62  | 111.15  | 71.72    | 78.52    | 92.02                                        | 101.70   | 101.01   | 86.56    | 60.80    | 29.58    |                     |
| ผลรวมปริมาณกำลังรังสีตรงดวงอาทิตย์ (ID) · (W/m <sup>2</sup> )                                                                             |     |          |                        |         |         |         |          | 39.19    | ผลรวมปริมาณกำลังรังสีกระจายดวงอาทิตย์ (Id) = |          |          |          |          |          | 91.17               |
| ผลรวมปริมาณกำลังรังสีรวมดวงอาทิตย์ (IT) · (W/m <sup>2</sup> )                                                                             |     |          |                        |         |         |         |          | 130.36   |                                              |          |          |          |          |          | (W/m <sup>2</sup> ) |



กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แต่ละเดือน

กราฟ แสดงปริมาณรังสีตรง รังสีกระจาย และรังสีรวมของเดือน มี.ย.

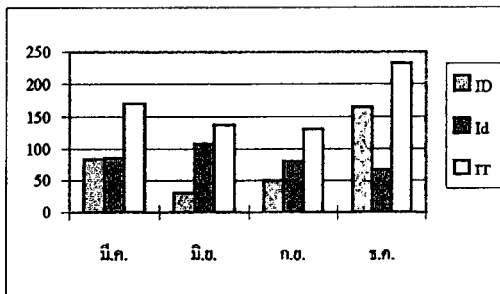
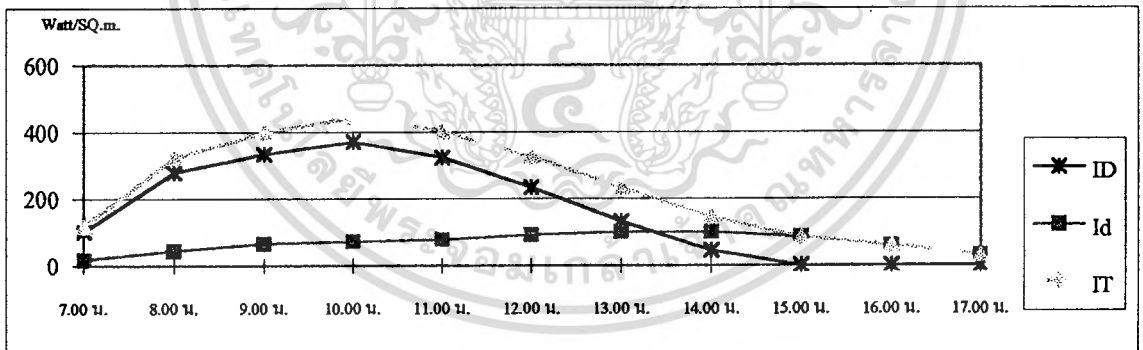


กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณรังสีตรง และปริมาณรังสีกระจาย เดือนที่มีรังสีรวมมากที่สุด

ภาพที่ 5.10 แสดงค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือ

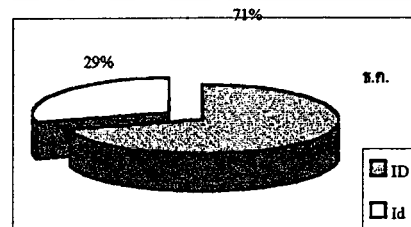
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| Azimuth = -45                                                 |    |          | ทิศ ตะวันออกเฉียงใต้ |         |         |         |          |          |          |          |          |                                              |          |          |  |                     |  |
|---------------------------------------------------------------|----|----------|----------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------------------------------------|----------|----------|--|---------------------|--|
| เดือน                                                         | 21 | มีนาคม   | เวลา                 | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น. | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น.                                     | 16.00 น. | 17.00 น. |  |                     |  |
|                                                               |    |          | ☉ 1                  | 11.06   | 28.21   | 42.34   | 54.31    | 65.06    | 75.39    | 86.07    | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     |  |                     |  |
| Tilt Angle                                                    | =  | 90       | ☉ 2                  | -42.56  | -38.67  | -33.81  | -26.60   | -13.10   | 20.12    | 76.58    | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     |  |                     |  |
| Total ID = (W/m <sup>2</sup> )                                |    | 84.49    | ID                   | 100.71  | 142.69  | 182.65  | 199.30   | 169.69   | 106.57   | 27.83    | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     |  |                     |  |
| Total Id = (W/m <sup>2</sup> )                                |    | 86.14    | Id                   | 22.70   | 60.85   | 101.05  | 128.05   | 145.08   | 151.70   | 114.25   | 80.97    | 68.03                                        | 49.88    | 24.98    |  |                     |  |
| Total IT = (W/m <sup>2</sup> )                                |    | 170.63   | IT                   | 123.41  | 203.54  | 283.70  | 327.35   | 314.77   | 258.27   | 142.08   | 80.97    | 68.03                                        | 49.88    | 24.98    |  |                     |  |
| เดือน                                                         | 22 | มิถุนายน | เวลา                 | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น. | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น.                                     | 16.00 น. | 17.00 น. |  |                     |  |
|                                                               |    |          | ☉ 1                  | 32.54   | 51.21   | 64.25   | 74.79    | 84.33    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     |  |                     |  |
| Tilt Angle                                                    | =  | 90       | ☉ 2                  | -66.10  | -64.50  | -64.34  | -66.61   | -75.18   | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     |  |                     |  |
| Total ID = (W/m <sup>2</sup> )                                |    | 29.48    | ID                   | 49.06   | 77.57   | 90.32   | 75.17    | 32.19    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     |  |                     |  |
| Total Id = (W/m <sup>2</sup> )                                |    | 107.82   | Id                   | 28.85   | 58.65   | 84.15   | 107.37   | 138.03   | 161.38   | 164.30   | 151.27   | 130.85                                       | 102.13   | 59.00    |  |                     |  |
| Total IT = (W/m <sup>2</sup> )                                |    | 137.30   | IT                   | 77.91   | 136.22  | 174.47  | 182.54   | 170.22   | 161.38   | 164.30   | 151.27   | 130.85                                       | 102.13   | 59.00    |  |                     |  |
| เดือน                                                         | 23 | กันยายน  | เวลา                 | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น. | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น.                                     | 16.00 น. | 17.00 น. |  |                     |  |
|                                                               |    |          | ☉ 1                  | 15.77   | 31.95   | 45.36   | 56.90    | 67.46    | 77.81    | 88.73    | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     |  |                     |  |
| Tilt Angle                                                    | =  | 90       | ☉ 2                  | -40.95  | -36.82  | -31.40  | -22.86   | -5.74    | 35.86    | 83.68    | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     |  |                     |  |
| Total ID = (W/m <sup>2</sup> )                                |    | 49.58    | ID                   | 70.35   | 77.37   | 131.04  | 122.54   | 81.59    | 56.13    | 6.31     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     |  |                     |  |
| Total Id = (W/m <sup>2</sup> )                                |    | 81.74    | Id                   | 24.90   | 66.65   | 95.72   | 114.72   | 126.59   | 132.48   | 114.25   | 80.97    | 68.03                                        | 49.88    | 24.98    |  |                     |  |
| Total IT = (W/m <sup>2</sup> )                                |    | 131.32   | IT                   | 95.25   | 144.02  | 226.76  | 237.26   | 208.18   | 188.61   | 120.56   | 80.97    | 68.03                                        | 49.88    | 24.98    |  |                     |  |
| เดือน                                                         | 22 | ธันวาคม  | เวลา                 | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น. | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น.                                     | 16.00 น. | 17.00 น. |  |                     |  |
|                                                               |    |          | ☉ 1                  | 4.27    | 17.48   | 29.31   | 39.92    | 49.67    | 59.06    | 68.69    | 79.50    | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     |  |                     |  |
| Tilt Angle                                                    | =  | 90       | ☉ 2                  | -19.67  | -14.84  | -7.81   | 2.56     | 17.81    | 38.41    | 60.75    | 79.26    | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     |  |                     |  |
| Total ID = (W/m <sup>2</sup> )                                |    | 165.34   | ID                   | 102.08  | 278.81  | 333.38  | 370.79   | 323.56   | 232.99   | 132.14   | 45.00    | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     |  |                     |  |
| Total Id = (W/m <sup>2</sup> )                                |    | 67.92    | Id                   | 15.95   | 43.77   | 65.45   | 71.72    | 78.52    | 92.02    | 101.70   | 101.01   | 86.56                                        | 60.80    | 29.58    |  |                     |  |
| Total IT = (W/m <sup>2</sup> )                                |    | 233.26   | IT                   | 118.03  | 322.58  | 398.83  | 442.51   | 402.08   | 325.01   | 233.84   | 146.01   | 86.56                                        | 60.80    | 29.58    |  |                     |  |
| ผลรวมปริมาณกำลังรังสีตรงดวงอาทิตย์ (ID) : (W/m <sup>2</sup> ) |    |          |                      |         |         |         |          | 82.22    |          |          |          | ผลรวมปริมาณกำลังรังสีกระจายดวงอาทิตย์ (Id) = |          |          |  | 85.90               |  |
| ผลรวมปริมาณกำลังรังสีรวมดวงอาทิตย์ (IT) : (W/m <sup>2</sup> ) |    |          |                      |         |         |         |          | 168.13   |          |          |          |                                              |          |          |  | (W/m <sup>2</sup> ) |  |



กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แต่ละเดือน

กราฟ แสดงปริมาณรังสีตรง รังสีกระจาย และรังสีรวมของเดือน ร.ค.



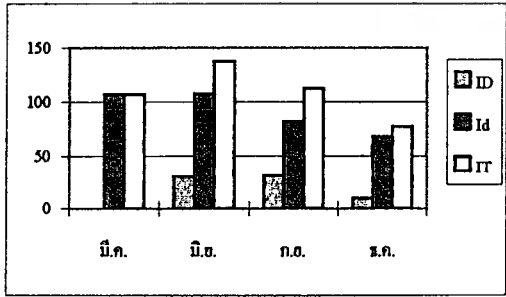
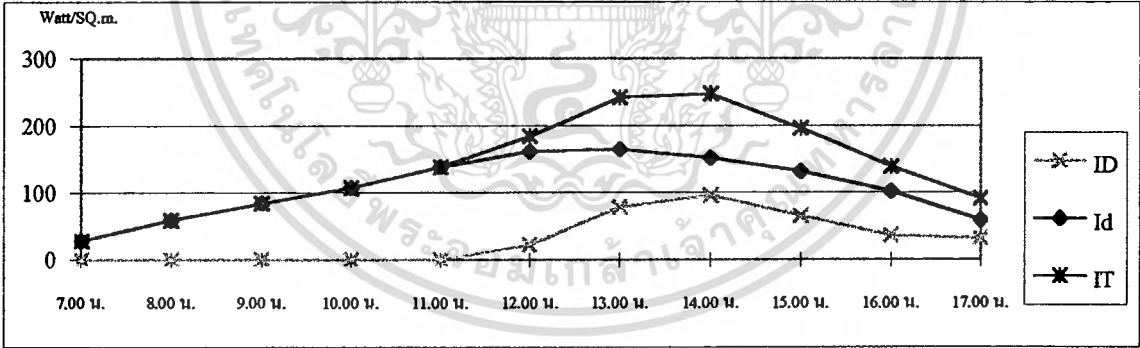
กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณรังสีตรง และปริมาณรังสีกระจาย เดือนที่มีรังสีรวมมากที่สุด

ภาพที่ 5.11 แสดงค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในทิศ ตะวันออกเฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

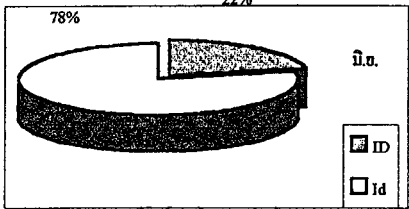


| Azimuth = 135                                                 |  |  |  | ทิศ ตะวันตกเฉียงเหนือ |         |         |         |          |          |          |                                              |          |          |          |          |                     |  |
|---------------------------------------------------------------|--|--|--|-----------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|---------------------|--|
| เดือน 21 มีนาคม                                               |  |  |  | เวลา                  | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น. | 13.00 น.                                     | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |                     |  |
|                                                               |  |  |  | ☉ 1                   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 82.08    | 68.12    | 51.12    | 30.87    |                     |  |
| Tilt Angle = 90                                               |  |  |  | ☉ 2                   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | -74.33   | -62.17   | -55.42   | -50.75   |                     |  |
| Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 0.00                           |  |  |  | ID                    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |                     |  |
| Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 107.19                         |  |  |  | Id                    | 22.70   | 60.85   | 101.05  | 128.05   | 145.08   | 151.70   | 148.39                                       | 142.63   | 124.96   | 95.33    | 58.39    |                     |  |
| Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 107.19                         |  |  |  | IT                    | 22.70   | 60.85   | 101.05  | 128.05   | 145.08   | 151.70   | 148.39                                       | 142.63   | 124.96   | 95.33    | 58.39    |                     |  |
| เดือน 22 มิถุนายน                                             |  |  |  | เวลา                  | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น. | 13.00 น.                                     | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |                     |  |
|                                                               |  |  |  | ☉ 1                   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 86.26    | 76.40                                        | 65.61    | 53.57    | 40.14    | 25.61    |                     |  |
| Tilt Angle = 90                                               |  |  |  | ☉ 2                   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 69.92    | 2.02                                         | -19.03   | -24.58   | -25.80   | -25.09   |                     |  |
| Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 30.01                          |  |  |  | ID                    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 22.85    | 78.02                                        | 95.68    | 65.32    | 36.32    | 31.94    |                     |  |
| Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 107.82                         |  |  |  | Id                    | 28.85   | 58.65   | 84.15   | 107.37   | 138.03   | 161.38   | 164.30                                       | 151.27   | 130.85   | 102.13   | 59.00    |                     |  |
| Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 137.83                         |  |  |  | IT                    | 28.85   | 58.65   | 84.15   | 107.37   | 138.03   | 184.23   | 242.32                                       | 246.95   | 196.17   | 138.45   | 90.94    |                     |  |
| เดือน 23 กันยายน                                              |  |  |  | เวลา                  | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น. | 13.00 น.                                     | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |                     |  |
|                                                               |  |  |  | ☉ 1                   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 78.94    | 64.18    | 46.14    | 24.98    |                     |  |
| Tilt Angle = 90                                               |  |  |  | ☉ 2                   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | -71.10   | -60.79   | -54.68   | -50.26   |                     |  |
| Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 30.64                          |  |  |  | ID                    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 46.15    | 93.61    | 117.54   | 79.76    |                     |  |
| Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 81.74                          |  |  |  | Id                    | 24.90   | 66.65   | 95.72   | 114.72   | 126.59   | 132.48   | 114.25                                       | 80.97    | 68.03    | 49.88    | 24.98    |                     |  |
| Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 112.38                         |  |  |  | IT                    | 24.90   | 66.65   | 95.72   | 114.72   | 126.59   | 132.48   | 114.25                                       | 127.12   | 161.64   | 167.42   | 104.74   |                     |  |
| เดือน 22 ธันวาคม                                              |  |  |  | เวลา                  | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น. | 13.00 น.                                     | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |                     |  |
|                                                               |  |  |  | ☉ 1                   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 86.81    | 66.77    | 34.94    |                     |  |
| Tilt Angle = 90                                               |  |  |  | ☉ 2                   | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | -87.72   | -78.93   | -72.92   |                     |  |
| Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 9.34                           |  |  |  | ID                    | 0.00    | 0.00    | 0.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00                                         | 0.00     | 10.03    | 47.06    | 45.70    |                     |  |
| Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 67.92                          |  |  |  | Id                    | 15.95   | 43.77   | 65.45   | 71.72    | 78.52    | 92.02    | 101.70                                       | 101.01   | 86.56    | 60.80    | 29.58    |                     |  |
| Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 77.26                          |  |  |  | IT                    | 15.95   | 43.77   | 65.45   | 71.72    | 78.52    | 92.02    | 101.70                                       | 101.01   | 96.59    | 107.86   | 75.28    |                     |  |
| ผลรวมปริมาณกำลังรังสีตรงดวงอาทิตย์ (ID) : (W/m <sup>2</sup> ) |  |  |  |                       |         |         |         |          | 17.50    |          | ผลรวมปริมาณกำลังรังสีกระจายดวงอาทิตย์ (Id) = |          |          |          |          | 91.17               |  |
| ผลรวมปริมาณกำลังรังสีรวมดวงอาทิตย์ (IT) : (W/m <sup>2</sup> ) |  |  |  |                       |         |         |         |          | 108.67   |          |                                              |          |          |          |          | (W/m <sup>2</sup> ) |  |



กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แต่ละเดือน

กราฟ แสดงปริมาณรังสีตรง รังสีกระจาย และรังสีรวมของเดือน มิ.ย.



กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณรังสีตรง และปริมาณรังสีกระจาย เดือนที่มีรังสีรวมมากที่สุด

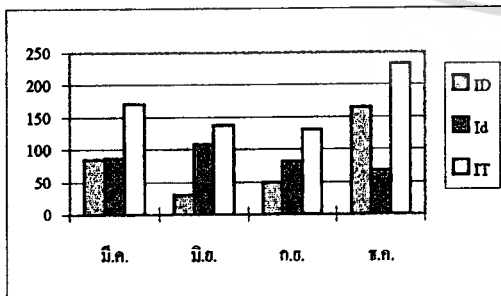
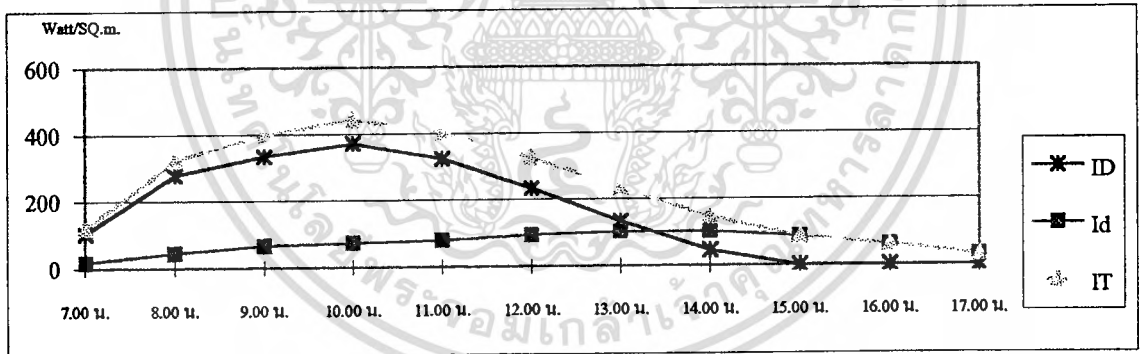
ภาพที่ 5.12 แสดงค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในทิศ

ตะวันตกเฉียงเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

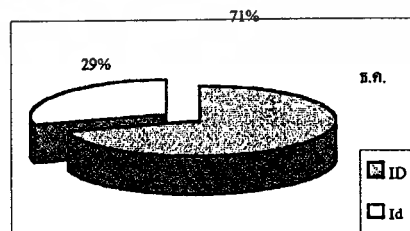


| Azimuth = -45                                               |                                       |                                       |                                       | ทิศ ตะวันออกเฉียงใต้ |         |         |         |          |          |                                              |          |          |          |          |          |  |  |  |                     |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|--|---------------------|
| เดือน                                                       | 21                                    | มีนาคม                                |                                       | เวลา                 | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |  |  |  |                     |
| Tilt Angle = 90                                             | Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 84.49  | Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 86.14  | Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 170.63 | ⊙ 1                  | 11.06   | 28.21   | 42.34   | 54.31    | 65.06    | 75.39                                        | 86.07    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |  |  |  |                     |
|                                                             |                                       |                                       |                                       | ⊙ 2                  | -42.56  | -38.67  | -33.81  | -26.60   | -13.10   | 20.12                                        | 76.58    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |  |  |  |                     |
|                                                             |                                       |                                       |                                       | ID                   | 100.71  | 142.69  | 182.65  | 199.30   | 169.69   | 106.57                                       | 27.83    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |  |  |  |                     |
|                                                             |                                       |                                       |                                       | Id                   | 22.70   | 60.85   | 101.05  | 128.05   | 145.08   | 151.70                                       | 114.25   | 80.97    | 68.03    | 49.88    | 24.98    |  |  |  |                     |
|                                                             |                                       |                                       |                                       | IT                   | 123.41  | 203.54  | 283.70  | 327.35   | 314.77   | 258.27                                       | 142.08   | 80.97    | 68.03    | 49.88    | 24.98    |  |  |  |                     |
| เดือน                                                       | 22                                    | มิถุนายน                              |                                       | เวลา                 | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |  |  |  |                     |
| Tilt Angle = 90                                             | Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 29.48  | Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 107.82 | Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 137.30 | ⊙ 1                  | 32.54   | 51.21   | 64.25   | 74.79    | 84.33    | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |  |  |  |                     |
|                                                             |                                       |                                       |                                       | ⊙ 2                  | -66.10  | -64.50  | -64.34  | -66.61   | -75.18   | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |  |  |  |                     |
|                                                             |                                       |                                       |                                       | ID                   | 49.06   | 77.57   | 90.32   | 75.17    | 32.19    | 0.00                                         | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |  |  |  |                     |
|                                                             |                                       |                                       |                                       | Id                   | 28.85   | 58.65   | 84.15   | 107.37   | 138.03   | 161.38                                       | 164.30   | 151.27   | 130.85   | 102.13   | 59.00    |  |  |  |                     |
|                                                             |                                       |                                       |                                       | IT                   | 77.91   | 136.22  | 174.47  | 182.54   | 170.22   | 161.38                                       | 164.30   | 151.27   | 130.85   | 102.13   | 59.00    |  |  |  |                     |
| เดือน                                                       | 23                                    | กันยายน                               |                                       | เวลา                 | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |  |  |  |                     |
| Tilt Angle = 90                                             | Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 49.58  | Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 81.74  | Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 131.32 | ⊙ 1                  | 15.77   | 31.95   | 45.36   | 56.90    | 67.46    | 77.81                                        | 88.73    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |  |  |  |                     |
|                                                             |                                       |                                       |                                       | ⊙ 2                  | -40.95  | -36.82  | -31.40  | -22.86   | -5.74    | 35.86                                        | 83.68    | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |  |  |  |                     |
|                                                             |                                       |                                       |                                       | ID                   | 70.35   | 77.37   | 131.04  | 122.54   | 81.59    | 56.13                                        | 6.31     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00     |  |  |  |                     |
|                                                             |                                       |                                       |                                       | Id                   | 24.90   | 66.65   | 95.72   | 114.72   | 126.59   | 132.48                                       | 114.25   | 80.97    | 68.03    | 49.88    | 24.98    |  |  |  |                     |
|                                                             |                                       |                                       |                                       | IT                   | 95.25   | 144.02  | 226.76  | 237.26   | 208.18   | 188.61                                       | 120.56   | 80.97    | 68.03    | 49.88    | 24.98    |  |  |  |                     |
| เดือน                                                       | 22                                    | ธันวาคม                               |                                       | เวลา                 | 7.00 น. | 8.00 น. | 9.00 น. | 10.00 น. | 11.00 น. | 12.00 น.                                     | 13.00 น. | 14.00 น. | 15.00 น. | 16.00 น. | 17.00 น. |  |  |  |                     |
| Tilt Angle = 90                                             | Total ID = (W/m <sup>2</sup> ) 165.34 | Total Id = (W/m <sup>2</sup> ) 67.92  | Total IT = (W/m <sup>2</sup> ) 233.26 | ⊙ 1                  | 4.27    | 17.48   | 29.31   | 39.92    | 49.67    | 59.06                                        | 68.69    | 79.50    | 0.00     | 0.00     | 0.00     |  |  |  |                     |
|                                                             |                                       |                                       |                                       | ⊙ 2                  | -19.67  | -14.84  | -7.81   | 2.56     | 17.81    | 38.41                                        | 60.75    | 79.26    | 0.00     | 0.00     | 0.00     |  |  |  |                     |
|                                                             |                                       |                                       |                                       | ID                   | 102.08  | 278.81  | 333.38  | 370.79   | 323.56   | 232.99                                       | 132.14   | 45.00    | 0.00     | 0.00     | 0.00     |  |  |  |                     |
|                                                             |                                       |                                       |                                       | Id                   | 15.95   | 43.77   | 65.45   | 71.72    | 78.52    | 92.02                                        | 101.70   | 101.01   | 86.56    | 60.80    | 29.58    |  |  |  |                     |
|                                                             |                                       |                                       |                                       | IT                   | 118.03  | 322.58  | 398.83  | 442.51   | 402.08   | 325.01                                       | 233.84   | 146.01   | 86.56    | 60.80    | 29.58    |  |  |  |                     |
| ผลรวมปริมาณกำลังรังสีตรงดวงอาทิตย์ (ID) (W/m <sup>2</sup> ) |                                       |                                       |                                       |                      |         |         |         |          | 82.22    | ผลรวมปริมาณกำลังรังสีกระจายดวงอาทิตย์ (Id) = |          |          |          |          |          |  |  |  | 83.90               |
| ผลรวมปริมาณกำลังรังสีรวมดวงอาทิตย์ (IT) (W/m <sup>2</sup> ) |                                       |                                       |                                       |                      |         |         |         |          | 168.13   |                                              |          |          |          |          |          |  |  |  | (W/m <sup>2</sup> ) |



กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แต่ละเดือน

กราฟ แสดงปริมาณรังสีตรง รังสีกระจาย และรังสีรวมของเดือน ธ.ค.



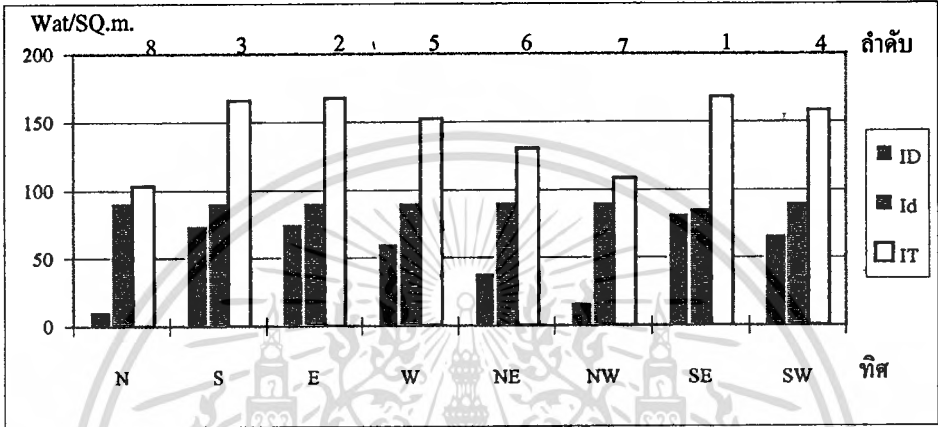
กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณรังสีตรง และปริมาณรังสีกระจาย เดือนที่มีรังสีรวมมากที่สุด

ภาพที่ 5.13 แสดงค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในทิศ ตะวันตกเฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| แสดงผลรวมปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ 4 เดือน หน่วย วัดต่อตารางเมตร |        |          |        |         |        |         |        |        |         |
|--------------------------------------------------------------|--------|----------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|
| มีนาคม                                                       |        | มิถุนายน |        | กันยายน |        | ธันวาคม |        |        |         |
| ทิศ                                                          | N      | S        | E      | W       | NE     | NW      | SE     | SW     | Total   |
| ID                                                           | 11.77  | 74.62    | 76.01  | 61.38   | 39.19  | 17.5    | 82.22  | 67.06  | 429.75  |
| Id\                                                          | 91.17  | 91.17    | 91.17  | 91.17   | 91.17  | 91.17   | 85.9   | 91.17  | 724.09  |
| IT                                                           | 102.94 | 165.78   | 167.17 | 152.55  | 130.36 | 108.67  | 168.13 | 158.23 | 1153.83 |

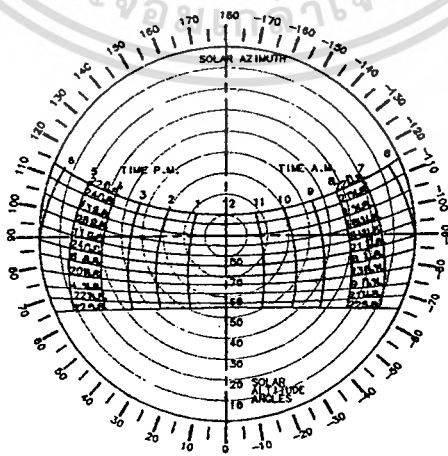
ตาราง แสดงผลรวมปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละเดือน ในทิศต่างๆ



กราฟแสดงค่า ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละทิศ



กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์ปริมาณรังสีตรง และปริมาณรังสีกระจายดวงอาทิตย์เฉลี่ยทุกทิศ



รูปภาพ แสดงการ โคจรของดวงอาทิตย์ ในเขตกรุงเทพมหานคร

ภาพที่ 5.14 แสดงผลสรุป ค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในทิศต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.4 การจัดวางอาคาร ในสภาพภูมิอากาศใน เขตกรุงเทพมหานคร

### 5.4.1 การจัดวางอาคาร.

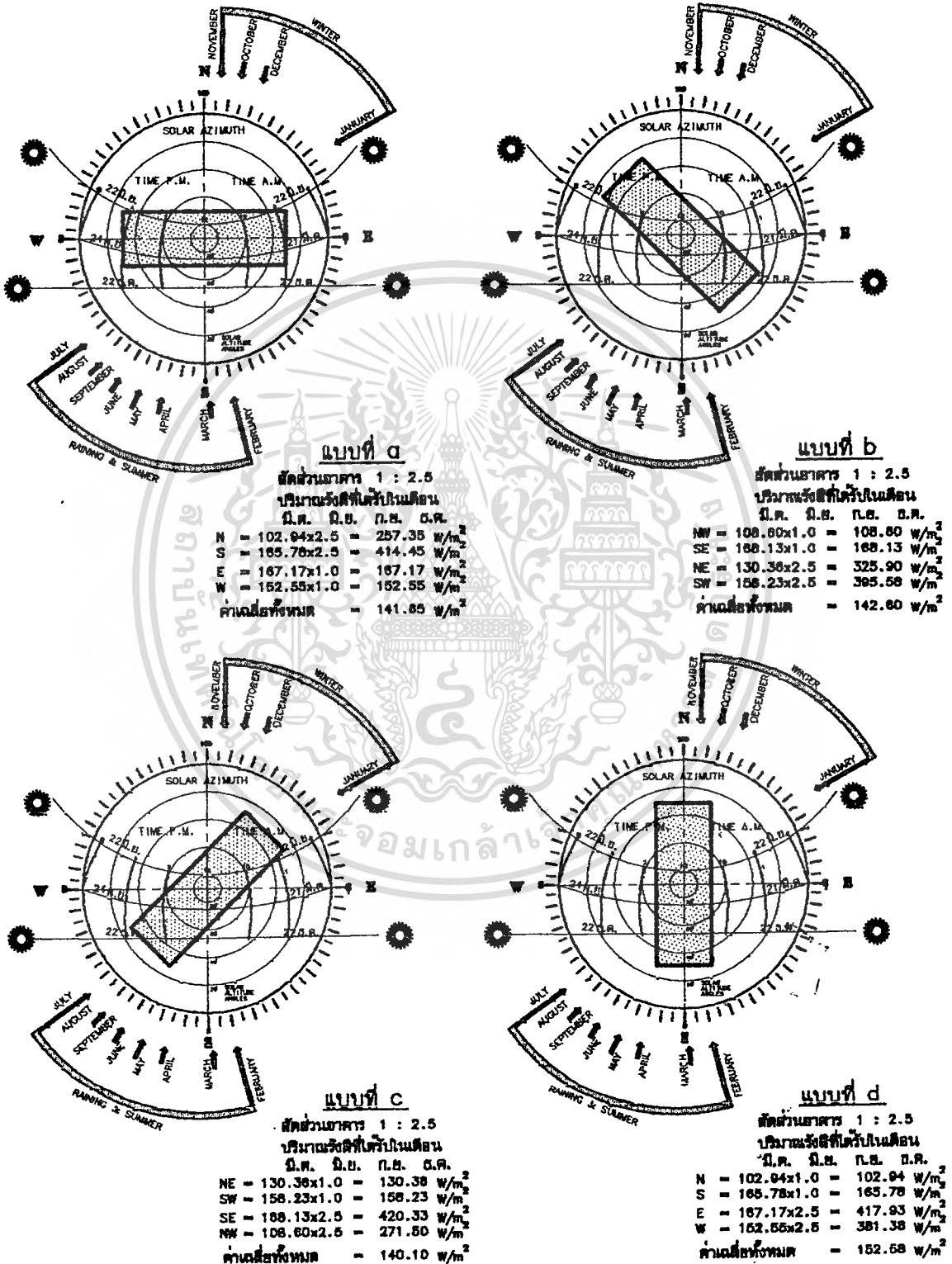
ลักษณะของอาคารส่วนมากจะหันด้านหน้าออกสู่ถนนใหญ่ รูปทรงอาคารจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมโดยส่วนใหญ่ อาคารทาว์เฮ้าส์จะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีด้านยาว ไปตามแนวของถนนเป็นด้านหน้า (ใน 1 แถวของอาคารทาว์เฮ้าส์ การคิดเปรียบเทียบกับขนาดหน่วยอาคารทาว์เฮ้าส์ หน้ากว้าง 5.00 ม. ด้านข้าง 20.00 ม. ซึ่งในหนึ่งแถวมีจำนวน 10 หน่วย)

- การจัดวางอาคารให้มีด้านยาวของอาคารตั้งรับทิศเหนือ และทิศใต้ ทำให้ด้านยาวของอาคารได้รับแสงแดดน้อยในฤดูร้อน จะได้รับลมที่พัดจากทิศใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้อย่างเต็มที่ แสงแดดจะอ้อมเหนือในเดือน พฤษภาคม ถึง มิถุนายน ส่วนในฤดูหนาวจะได้รับลมหนาวจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และแสงแดดจะอ้อมทางทิศใต้ ในเดือน ธ.ค., ม.ค., ก.พ. เหมาะในการวางอาคารประเภทออกแบบโดยใช้ระบบระบายอากาศโดยธรรมชาติ และประเภทที่ใช้ระบบระบายอากาศโดยเครื่องกล ดัง ภาพที่ 5.15\_a

- การจัดวางอาคารให้มีด้านยาวของอาคาร ตั้งรับทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้ด้านยาวของอาคารได้รับลมอย่างเต็มที่ทั้งในฤดูร้อน และในฤดูหนาว ส่วนแสงแดดจะได้รับในมุมเฉียง แต่อาคารที่หันไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ช่วงเวลา 11.00 น.ไปแล้วจะได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากในช่วงบ่าย ซึ่งส่งผลให้ห้องที่วางในทิศทางนี้มีอุณหภูมิสูงขึ้นในช่วงเวลาเย็นจนถึงเวลาค่ำ ต้องมีการป้องกันรังสีดวงอาทิตย์ที่ดี ก็จะทำให้อุณหภูมิในห้องลดลง เหมาะในการออกแบบอาคารที่ระบายอากาศโดยธรรมชาติ ดัง ภาพที่ 5.15\_b

- การจัดวางอาคารให้มีด้านยาวของอาคาร ตั้งรับทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทำให้ด้านยาวของอาคารตั้งรับกระแสน้อย ทั้งฤดูหนาวและฤดูร้อน รังสีตรงจากดวงอาทิตย์มีปริมาณมาก แต่ช่วงเวลานี้เป็นเวลาตอนเช้า อุณหภูมิของอากาศยังอยู่ในช่วงสภาวะสบาย ยังมีอุณหภูมิไม่สูงมาก และในเวลาบ่าย ด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือจะได้รับแสงแดดปริมาณมาก แต่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนใหญ่จะได้รับรังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ การจัดวางอาคารแบบนี้ ผู้วิจัยเสนอแนะว่า สมควรในการจัดวางอาคารแบบนี้ ในการออกแบบอาคารปรับอากาศโดยเครื่องกล เนื่องจากต้องการกระแสลมในการระบายอากาศน้อย ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ส่งผลกระทบน้อยกว่าทั้ง 4 แบบ และในช่วงเวลารับรังสีตรงดวงอาทิตย์ในเดือน ธ.ค., ม.ค., ก.พ., มี.ค. ในเวลาช่วงเช้าสภาพทางอุณหภูมิยังไม่สูง ในช่วงบ่ายจะรับรังสีกระจายในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ซึ่งมีปริมาณรังสีตรงจากดวงอาทิตย์น้อย ดัง ภาพที่ 5.15\_c ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับทิศทางการวางอาคารที่ดีที่สุด (Optimum Orientation) คือให้ด้านทิศใต้ของอาคารหันเอียง 5 องศาของทิศตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่ง รศ. ตรีงใจ บุรณสมภพ และ ผศ.มนัส อารยพัฒน์ ได้กล่าวไว้ในหนังสือการออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ทางผู้วิจัยเห็นด้วยกับการจัดวางเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารดังกล่าวในการออกแบบอาคารแบบระบายอากาศโดยธรรมชาติ และอาคารที่หันด้านยาวตั้งรับทิศเหนือ และทิศใต้ ส่วนอาคารระบายอากาศโดยเครื่องกล(เครื่องปรับอากาศ) ควรหันอาคารด้านยาวตั้งรับทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือจะเหมาะสมกว่า



ภาพที่ 5.15 แสดงลักษณะการจัดวางอาคารที่มีผลต่อการโคจรของดวงอาทิตย์และกระแสลม  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-การจัดวางอาคารให้มีด้านยาวของอาคารตั้งรับทิศตะวันออกและทิศตะวันตกไม่เหมาะสม  
เลย ในสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย จะทำให้อาคารมีพื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ปริมาณมากทั้งปี และ  
ได้รับกระแสลมในฤดูร้อนและฤดูหนาวน้อย ดัง ภาพที่ 5.15\_d

5.4.2 การจัดวางตำแหน่งห้อง

การจัดวางห้องต่างๆ สำหรับที่อยู่อาศัยมีลักษณะและขนาดที่ขึ้นอยู่กับจำนวนผู้อยู่อาศัย  
สถานที่ตั้ง ความต้องการ อาชีพ ตลอดจนงบประมาณของผู้อยู่อาศัยอาคารที่อยู่อาศัยมีหลายประเภท  
ที่เรียกต่างๆ กันดังนี้ บ้านเดี่ยว บ้านแฝด เรือนแถว ห้องแถว เทวาลัย อาคารชุด แฟลต อพาร์เมนต์  
และคอนโดมิเนียม ถึงแม้อาคารสำหรับที่อยู่อาศัยมีชื่อเรียกต่างๆ กัน ส่วนประกอบในแต่ละหน่วยแต่  
ละครอบครัวจะคล้ายกัน ประกอบด้วย ห้องนอน ห้องรับแขก ห้องอาหาร ห้องครัว และห้องน้ำ เป็น  
หลัก ห้องอื่นๆ เป็นเพียงส่วนประกอบเพื่อให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นตามฐานะ และความต้องการของเจ้าของ  
เช่น ห้องนอนคนใช้ ห้องนั่งเล่น ห้องสมุด ฯลฯ จำนวนห้อง ขนาดของห้องก็ขึ้นอยู่กับฐานะ และ  
ความต้องการของเจ้าของเช่นกัน ห้องต่างๆ จำนวนห้อง ขนาดของห้องก็ขึ้นอยู่กับฐานะและความ  
ต้องการ ห้องต่างๆจะใช้ประโยชน์ได้สมบูรณ์ ผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงหน้าที่ และกิจกรรมที่จะใช้  
ในห้องนั้นๆ ตลอดจนเวลาใช้งาน และจึงลำดับความสำคัญ จัดวางห้องลงบนทิศทางต่างๆ ดังแสดง  
ในตารางที่ 5.1 และ ภาพที่ 5.16

ตารางที่ 5.1 แสดงตำแหน่งห้องต่างๆที่เหมาะสมกับทิศ

| ชื่อห้อง \ ชื่อทิศ | N |   |   | S |   |   | E |   |   | W |   |   | NE |   |   | NW |   |   | SE |   |   | SW |   |   |
|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|
|                    | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1  | 2 | 3 | 1  | 2 | 3 | 1  | 2 | 3 | 1  | 2 | 3 |
| 1. ห้องนอน         | + |   | = | + | * | = | + |   | = |   |   |   | +  |   | = | +  |   |   | +  | * | = | *  |   |   |
| 2. ห้องรับแขก      | + |   | = | + | * | = | + | * | = |   |   |   | +  | * | = | +  |   |   | +  | * | = | *  |   |   |
| 3. ห้องอาหาร       | + |   | = | + | * | = | + | * | = |   |   |   | +  | * | = | +  |   |   | +  | * | = | *  |   |   |
| 4. ห้องน้ำส้วม     |   |   | = | + |   | = | + | * | = | + | * |   | +  |   | = | +  |   |   | +  |   | = |    | + | = |
| 5. ห้องทำงาน       | + | - | = |   | - |   |   | - |   |   | - |   | +  | - | = | +  | - |   |    | - |   |    | - |   |
| 6. ห้องโถง         |   | * | = |   | * | = |   | * | = |   | * |   |    | * | = |    |   |   |    |   | = |    |   |   |
| 7. ห้องครัว        |   |   |   |   |   |   | + | * | = | + | * | = |    | * | = | +  | * | = | +  |   | = | +  |   | = |

สัญลักษณ์หมายเลขและ เครื่องหมาย แสดงถึง

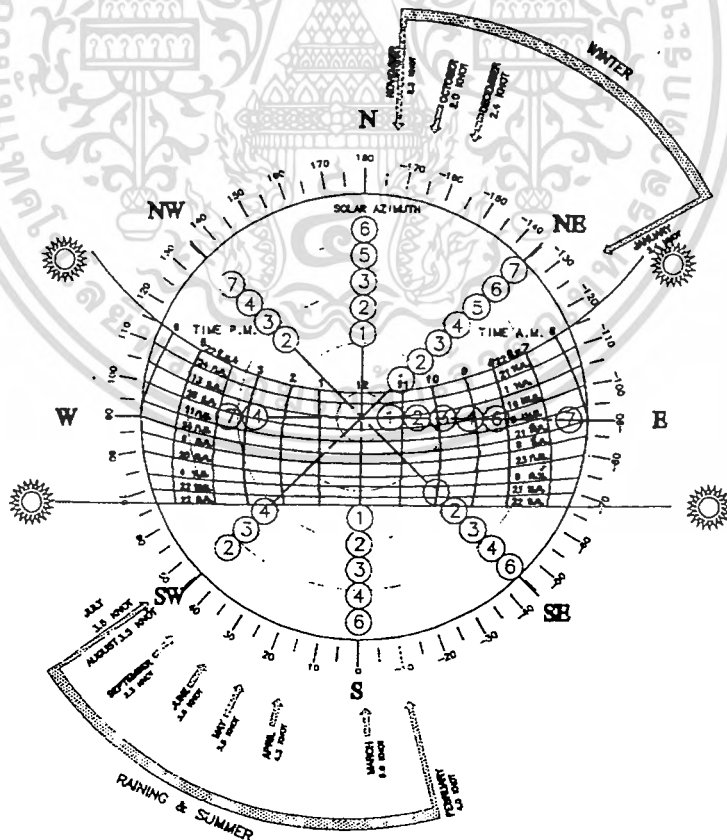
- 1. + ข้อเสนอแนะของ ดร.ใจ บุณยสมบัติ , ผศ. “การออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน
- 2. \* ข้อเสนอแนะของ สมศรี กาญจนสุด “พื้นฐานสถาปัตยกรรม”
- 3. = ข้อเสนอแนะของ ผู้วิจัย
- ไม่มีข้อเสนอแนะของผู้นั้น

1. ห้องนอน เป็นห้องที่ต้องการความสบาย ใช้เป็นที่นอน และที่พักผ่อน เวลาที่ใช้ในห้องจะเป็นเวลากลางคืน ระยะเวลาประมาณ 19.00 - 06.00 น. ควรอยู่ในทิศที่ได้รับลมในฤดูร้อน เพื่อช่วยในการลดอุณหภูมิลง และไม่ควรได้รับรังสีตรงดวงอาทิตย์มาก ดังเช่น ทิศตะวันตกจะได้รับรังสีตรงดวงอาทิตย์มาก ผนังจะเก็บความร้อนไว้ พอถึงช่วยเวลาค่ำผนังก็จะคายความร้อนออกมาซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการนอนพักผ่อนจะทำให้ผู้นอนในห้องสูงเกินความสบาย

2. ห้องรับแขก ห้องนี้มักจะทำกิจกรรมร่วมกับห้องอาหาร ซึ่งกิจกรรมที่ทำในห้องจะเป็นช่วงเวลาตอนเช้า และตอนเย็น ในช่วงตอนเช้าใช้งานในระยะเวลาสั้นๆ เพราะเป็นเวลาที่ต้องเร่งรีบออกไปทำงาน นอกจากเป็นบ้านที่เจ้าของบ้านมีอาชีพพิเศษใช้บ้านเป็นที่ทำงาน ควรวางตำแหน่งที่ไม่ได้รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ในช่วงเย็น

3. ห้องอาหาร เป็นห้องที่ใช้งานในเวลา ตอนเช้า และตอนเย็น ซึ่งห้องนี้จะใช้กิจกรรมร่วมกับห้องรับแขก ดังนั้นจึงควรอยู่ในตำแหน่งใกล้เคียงกัน ควรวางตำแหน่งเช่นเดียวกับห้องรับแขก

4. ห้องน้ำส้วม เป็นห้องที่ใช้มากในเวลาเช้า และเวลาค่ำ ห้องน้ำส้วมจะต้องมีการระบายอากาศที่ดี และได้รับแสง ควรอยู่ริมอาคารในทิศตะวันตก ทิศตะวันออก เพื่อป้องกันความร้อนให้แก่ห้องอื่นๆ ด้วย



หมายเลขแสดงตำแหน่งของห้องดังตารางที่ 5.1

ภาพที่ 5.16 แสดงการจัดวางห้องที่เหมาะสมกับทิศการโคจรของดวงอาทิตย์

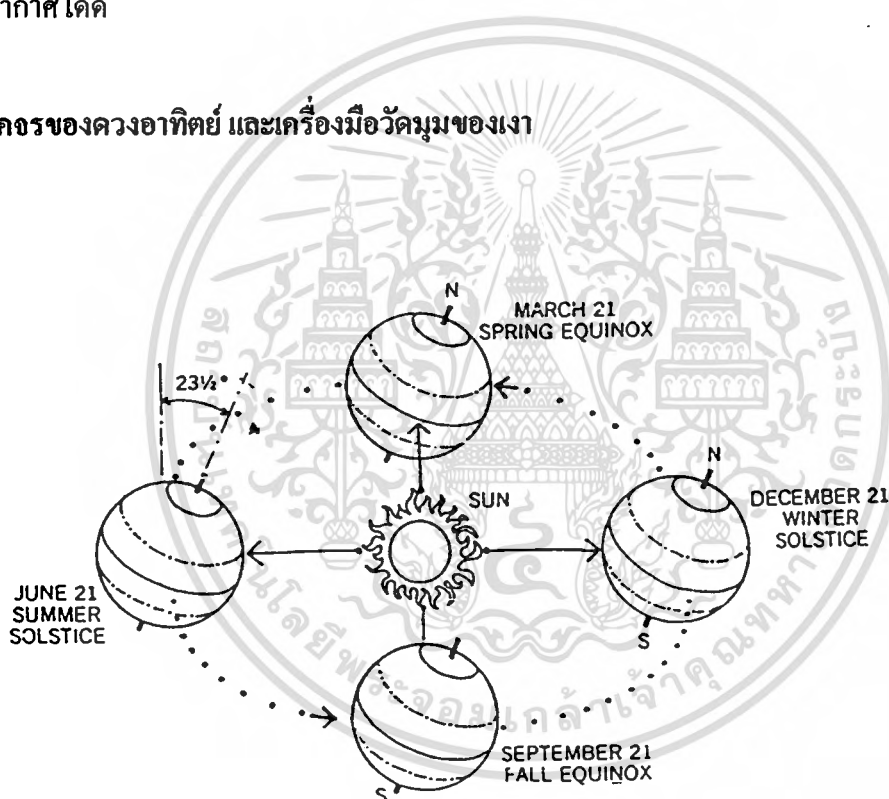
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ห้องทำงาน เป็นห้องที่ต้องการความสงบ การใช้สอยจะใช้ในช่วงเวลาตอนเย็นเป็นส่วนใหญ่ ควรมียุณภูมิที่เหมาะสม กระแสลมที่พัดผ่านอาจมีผลทำให้การทำงานไม่สะดวกนัก จึงควรพิจารณาทิศที่เหมาะสม เช่นทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และทิศเหนือ เป็นต้น

6. ห้องโถง จะอยู่ทิศใดนั้นต้องดูปัจจัยในการออกแบบประกอบ เช่นต้องการรับแสงสว่าง และต้องการระบายอากาศภายในอาคารด้วย ทิศที่เหมาะสมเช่น ทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นต้น

7. ห้องครัว เป็นห้องที่ใช้ในช่วงเวลาเช้า และเวลาเย็น ที่ต้องควรอยู่ท้ายลม อยู่หลังบ้าน เพราะลักษณะครัวไทยจะมีกลิ่นรบกวนขณะปรุงอาหาร ควรเป็นห้องที่อยู่ริมเพื่อรับแสงแดด และระบายอากาศได้ดี

### 5.5 วงโคจรของดวงอาทิตย์ และเครื่องมือวัดมุมของเงา



ปรากฏการณ์ Summer Solstice, Winter Solstice และ Equinox  
( Mechanical and Electrical Equipment for Building,1992 )

ภาพที่ 5.17 แสดงตำแหน่งของโลกที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในรอบปี

โลกมีวงโคจรเป็นวงรี ซึ่งมีระยะห่างจากดวงอาทิตย์มากที่สุด(วันที่มีเวลากลางวันยาวนานกว่ากลางคืน) ในวันที่ 21 มิถุนายน เรียกตำแหน่งที่วันนี้ว่า ซัมเมอร์โซลสติล (Summer Solistice) เนื่องจากเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการติ/ษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแกนของโลกเอียงทำมุม 23.5 องศากับแนวตั้ง ทำให้บริเวณเหนือเส้นศูนย์สูตรเอียงเข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุด เป็นผลทำให้คนอยู่ ณ เส้นรุ้ง 23.5 องศาเหนือ จะเห็นดวงอาทิตย์ตรงศีรษะพอดีในเวลาเที่ยงวัน เมื่อโลกโคจรเปลี่ยนตำแหน่งไปจนถึงวันที่ 21 กันยายน หรือเรียกตำแหน่งของโลกในวันนี้ว่า อิกวิน็อก (Equinox) โดยที่เวลากลางวันเท่ากับเวลากลางคืน ณ ตำแหน่งเส้น ศูนย์สูตร และเช่นเดียวกัน คนที่อยู่บนเส้นศูนย์สูตรจะเห็นดวงอาทิตย์อยู่ตรงศีรษะพอดีในเวลาเที่ยง โลกจะโคจรไปเรื่อยๆ โดยจะหันซีกโลกได้เข้าหาดวงอาทิตย์ จนถึงวันที่ 21 ธันวาคม โลกจะหันซีกโลกเหนือออกจากดวงอาทิตย์มากที่สุดตำแหน่งของโลกในวันนี้เรียกว่า วินเตอร์โซลิสตีส (Winter Solistice) พื้นที่ในซีกโลกเหนือจะเป็นฤดูหนาว และจะเห็นดวงอาทิตย์ค้อยู่ไปทางใต้ หลังจากนั้นโลกจะหันซีกโลกเหนือกลับเข้าหาดวงอาทิตย์ ในวันที่ 21 มีนาคม โลกไปสู่ตำแหน่งที่เรียกว่า อิกวิน็อก (Equinox) และหลังจากนี้ก็จะ โคจรรวนกลับที่เดิมอีกครั้ง

ตำแหน่งการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ ครบหนึ่งรอบใช้เวลา 1 ปี อัตราพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกบนพื้นโลกจะแปรผันในช่วง  $\pm 3\%$  และโดยเฉลี่ยอัตราพลังงานแสงอาทิตย์จะตกบนบรรยากาศของโลก เท่ากับ 1353 วัตต์/ตร.ม. รูปที่แสดงตำแหน่งของโลกที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในรอบปี ดังแสดงใน ภาพที่ 5.17<sup>29</sup>

#### ตำแหน่งดวงอาทิตย์และเครื่องมือวัดมุมของเงา (Solar Shadow Angle Protractor)

มนุษย์เราอาศัยอยู่บนพื้นโลกซึ่งเกี่ยวข้องกับดวงอาทิตย์เป็นอย่างมาก การทำความเข้าใจในเรื่องทางเดินของดวงอาทิตย์มีวิธีทำความเข้าใจได้อย่างง่ายๆ สมมติให้โลกมีขนาดเท่ากับผลส้มลูกใหญ่ แล้วผ่าครึ่งได้สองซีกเท่าๆกัน นำซีกหนึ่งมาจะได้ส่วนโค้งของผลส้มอยู่เป็นส่วนล่าง เมื่อเข้าใจลักษณะการวางของผลส้มแล้วให้สมมติตำแหน่งที่เป็นจุดยืนตรงกลางของผลส้ม จะเห็นได้ว่ายืนอยู่บนที่ราบที่เป็นวงกลม แล้วแบ่งที่ราบที่เป็นวงกลมเป็นสี่ส่วนเท่าๆกันจุดยืนอยู่บนเส้นที่ตัดกันเส้นสองเส้นที่ตัดผ่านกันนี้จะเส้นแสดงทิศเหนือ-ทิศใต้ อีกเส้นหนึ่งเป็นเส้นแสดงทิศตะวันออก-ทิศตะวันตก เมื่อเข้าใจที่ราบที่เป็นวงกลมมีเส้นทิศทั้งสี่ทิศพร้อมทั้งมีจุดยืนแล้ว ซึ่งขึ้นทางทิศตะวันออกเดินทางสูงขึ้นไปตามเส้นโค้งของท้องฟ้าผ่านจุดยืน และทางตามเส้นโค้งต่ำลงมาทิศตะวันตก ดังภาพที่ 5.18

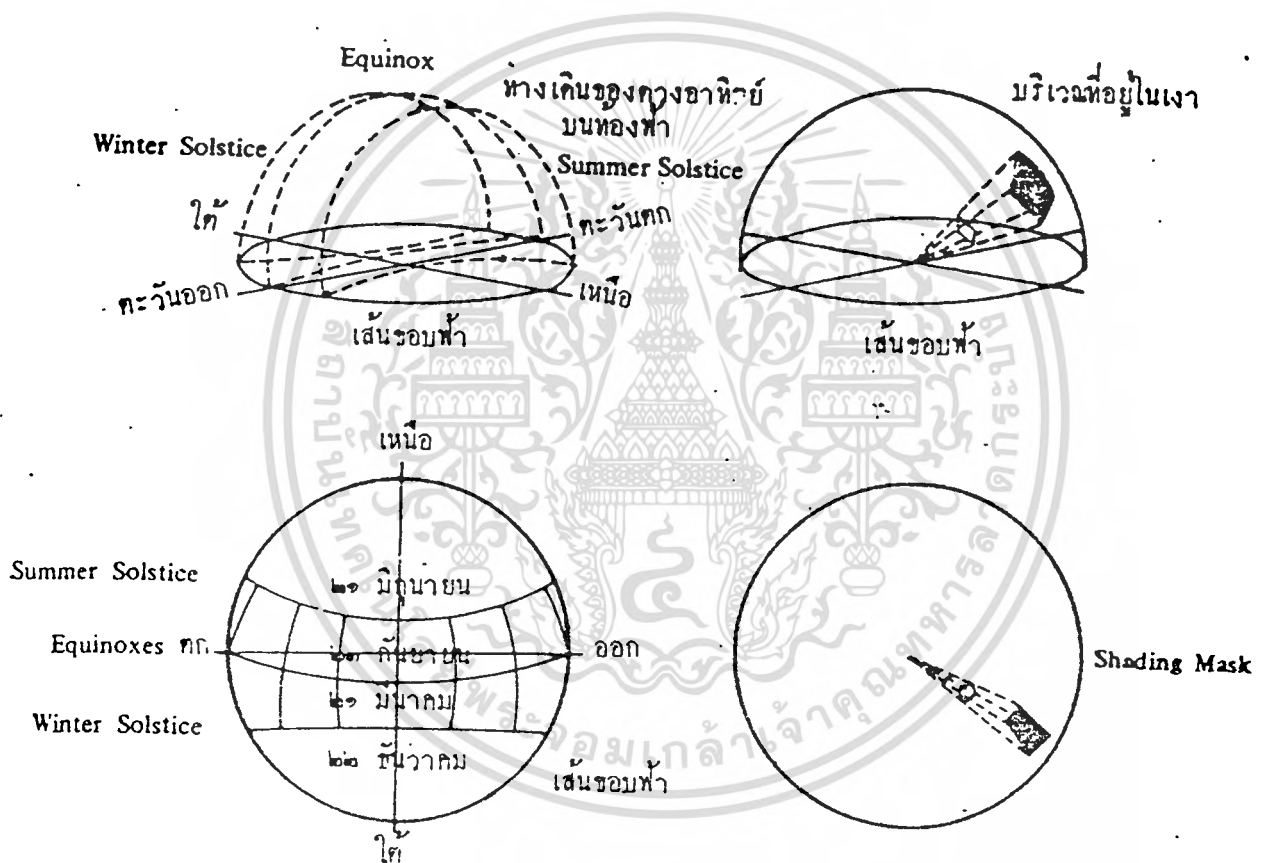
- รูปทางเดินของดวงอาทิตย์ (Solar Chart) คือ ทางเดินของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าครึ่งทรงกลมที่กำหนดให้เห็นบนพื้นราบเส้นต่างๆ ที่ปรากฏดัง ภาพที่ 5.19 คือ

- จุดศูนย์กลางของรูปภาพใช้แทนที่ตำแหน่งที่ผู้มองยืนอยู่ (Observer's Position or O.P.)

<sup>29</sup> มานิจ ทองประเสริฐ รศ. คร. “แสงอาทิตย์กับอาคาร” (กรุงเทพฯ : การประชุมทางวิชาการเรื่องการ



- เส้นซึ่งขนานกับเส้นรอบวงที่ขยายจาก  $0^{\circ}$  ถึง  $90^{\circ}$  เป็นเส้นที่บอกมุมสูงอัลติจูด (Altitude)
- เส้นโค้งที่ผ่านกลางรูปภาพ คือวันที่และเดือนกำกับอยู่ ได้แก่เส้นทางเดินของดวงอาทิตย์ในรอบปี
- เส้นซึ่งตัดกับทางเดินดวงอาทิตย์ออกเป็นส่วนๆ ได้แก่เส้นบอกเวลา มีตัวเลขกำกับบอกเวลาตั้งแต่เที่ยง ถึง หกโมงเช้าและเย็น
- ตัวหนังสือ บอกทิศได้เขียนไว้ที่เส้นรอบวงของรูป



ภาพที่ 5.18 แสดงการเปรียบเทียบทางเดินดวงอาทิตย์ และเงาที่ปรากฏลงบนพื้นราบ

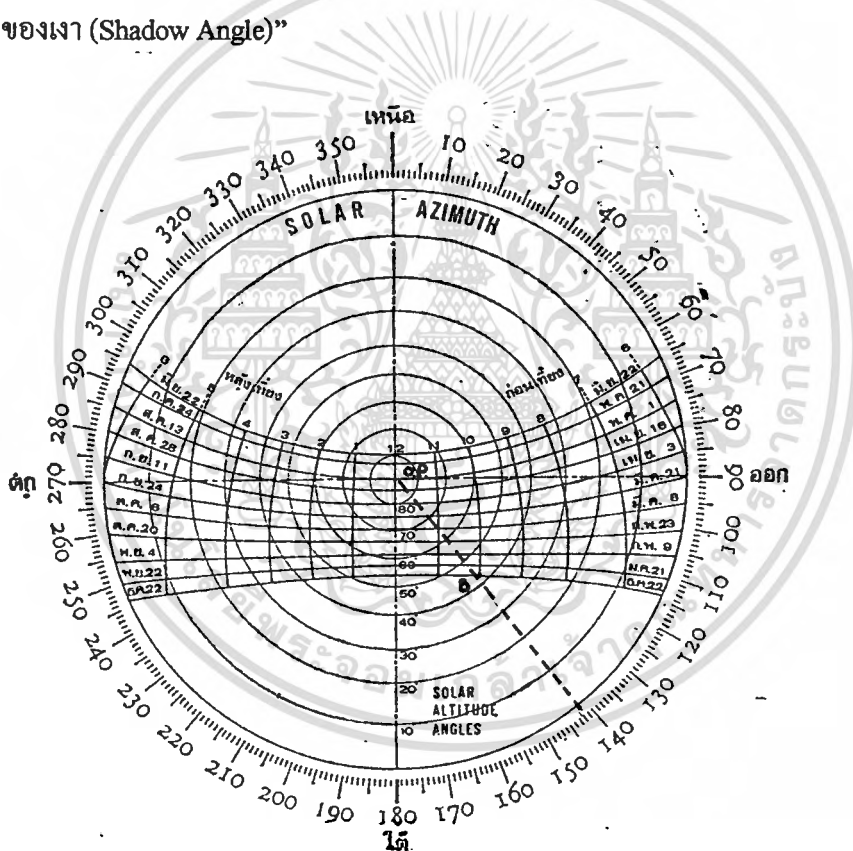
### 5.5.1 วิธีอ่านค่าทางเดินดวงอาทิตย์

ตัวอย่างจาก ภาพที่ 5.19 ถ้าต้องการทราบตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เมื่อวันที่ 22 ธันวาคม เวลา 10.00 น.ที่กรุงเทพมหานคร จุดที่ทำเครื่องหมาย B คือจุดที่บอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่ต้องการทราบจุดนี้อยู่ระหว่างเส้นรอบวงขนาน  $40^{\circ}$  กับ  $50^{\circ}$  อ่านค่า Altitude =  $42^{\circ}$  จากศูนย์กลางเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลงนามไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลากเส้นผ่าน B ไปยังเส้นรอบวง ขนาดมุมจากเส้นเหนือได้ ถึงเส้นที่ลากใหม่อ่านได้  $142^\circ$  นั่นคือมุมอะซิมัท(Azimuth) =  $142^\circ$  ซึ่งจากรูปที่ 5.20 จะแสดงลักษณะของเงาที่เกิดบนผนังที่ใช้อุปกรณ์บังแดด

### 5.5.2 การเลือกใช้รูปภาพทางเดินดวงอาทิตย์ (Solar Chart)

สำหรับการหมุนของเงาที่ สถานที่อยู่ห่างกันไม่เกินเส้นรุ้ง (Latitude)  $2.5^\circ$  อาจใช้รูปภาพทางเดินดวงอาทิตย์ที่เส้นรุ้งใกล้เคียงที่สุดมุมของเงาจะผิดเพี้ยนเล็กน้อย<sup>30</sup> แสงอาทิตย์จะต้องเข้าในอาคารเวลาใด และเพียงใดหรือต้องการทราบว่าจะควรยื่นชายคาออกเท่าใด จึงจะบังมิให้แสงอาทิตย์ต้องเข้าในอาคารรวมไปถึงการออกแบบเครื่องบังแดด ซึ่งใช้บังแดดตามเวลาที่ต้องการอย่างได้ผลจำเป็นต้องการทราบ “มุมของเงา (Shadow Angle)”



แผนที่แสงแดด (Solar Chart) ที่เส้นรุ้ง  $14^\circ$  เหนือ

ภาพที่ 5.19 แสดงตัวอย่างทางเดินดวงอาทิตย์ (Solar Chart)

<sup>30</sup> คณะวิจัยการก่อสร้าง, “แสงอาทิตย์และเงาที่เกี่ยวข้องกับอาคาร” (กรุงเทพฯ : สถาบันวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย 2529) หน้า 21.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

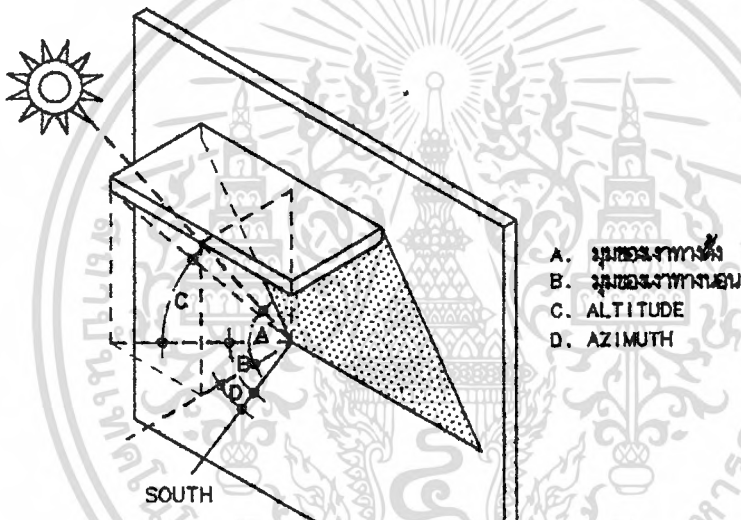
### 5.5.3 เครื่องมือตรวจสอบมุมของเงา (Shadow Angle Protractor)

เครื่องมือที่ใช้ช่วยในการหามุมของเงา (Shadow Angle) นี้เรียกว่า “Shadow Angle Protractor” มีลักษณะเป็นรูปครึ่งวงกลม ดัง ภาพที่ 5.21 ประกอบด้วย

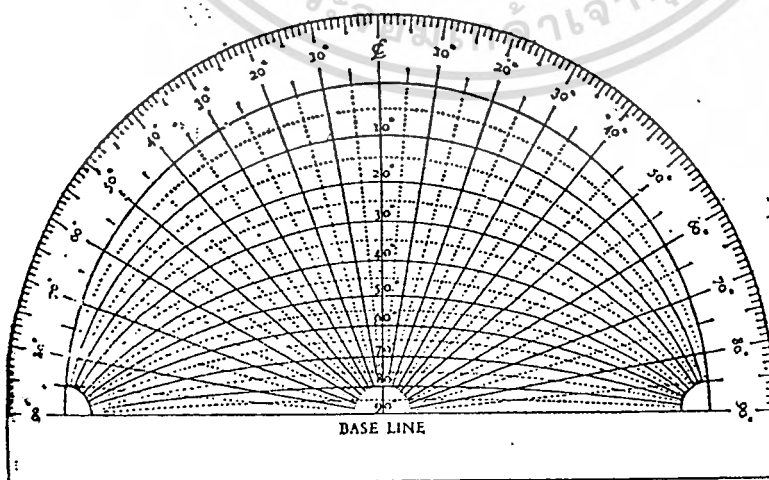
- เส้นฐาน (Base Line) ใช้แทนด้านของผนังที่ต้องการทราบเงา
- เส้นกึ่งกลาง (Center Line) ซึ่งเขียนย่อเป็น CL เป็นเส้นที่ใช้ชี้ไปยังองศาที่ผนังนั้นชี้ไป
- เส้นโค้งมีตัวเลข  $0^{\circ}$  ถึง  $90^{\circ}$  กำกับอยู่ เป็นเส้นที่บอกขนาดมุมของเงาทางตั้ง (Vertical Shadow Angle)

Shadow Angle)

- เส้นรัศมี มีตัวเลขบอกขนาดมุมอยู่ที่เส้นรอบวง เป็นเส้นที่บอกขนาดมุมของเงาทางนอน (Horizontal Shadow Angle)



ภาพที่ 5.20 แสดงตัวอย่างมุมของเงาอุปกรณ์บังแดดที่กระทำกับผนัง



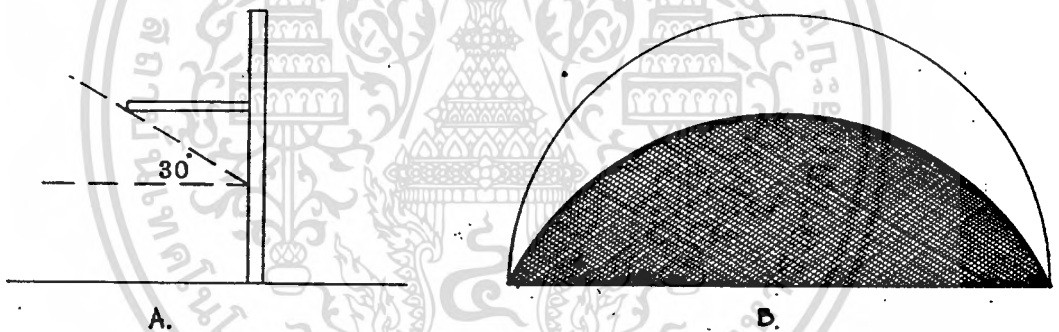
ภาพที่ 5.21 แสดงเครื่องมือตรวจสอบมุมของเงา (Shadow Angle Protractor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหามุมของเงาได้โดยซ้อน เครื่องมือตรวจสอบมุมของเงา(Shadow Angle Protractor) ไว้บนรูปแสดงทางเดินดวงอาทิตย์ (Solar Chart) โดยศูนย์กลางของทั้งสองทับกันพอดี และหมุนให้เส้นฐานหันไปยังทิศทางที่ขนานกับผนังด้านที่ต้องการหามุมของเงาเส้นโค้ง และเส้นรัศมีที่ผ่านตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในวันและเวลาที่ต้องการทราบ จะบอกขนาดมุมของเงาของแผงบังแดดที่จะป้องกันแสงอาทิตย์โดยตรงไว้พอดี

## 5.6 การใช้เครื่องมือตรวจสอบเงาที่ปรากฏ (Protractor Shading Mask)

การหาจุดเงาที่ปรากฏ (Shading Mask) โดยได้ขนาดดวงจากเครื่องมือตรวจสอบมุมของเงาจะช่วยในการตรวจสอบว่า เมื่อใดแสงอาทิตย์จะส่องเข้าในอาคาร หรือออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้ได้ขนาดตามประโยชน์ใช้สอยเงาที่ปรากฏในเครื่องตรวจสอบจุดเงาที่ปรากฏ (Shading Protractor) เพียงแต่ถ้าทำจุดที่ปรากฏ (Shading Mask) จะสะดวกในการตรวจสอบมากขึ้น แต่ถ้าชำนาญแล้วจะอ่านจาก เครื่องมือตรวจสอบมุมของเงา(Shading Angle Protractor) โดยตรงก็ได้



ภาพแสดงมุมของเงาแนวตั้ง  $30^\circ$  ปรากฏในมาตรวงกลมเป็นแผงบังแดดแนวนอนจะให้มุมของเงาแนวตั้ง  $30^\circ$

ภาพแสดงมุมของเงาแนวตั้ง  $30^\circ$  เงาที่ปรากฏในภาพจะเป็นส่วนที่อยู่ในร่ม

ภาพที่ 5.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องมือตรวจสอบมุมของเงา และจุดเงาที่ปรากฏ

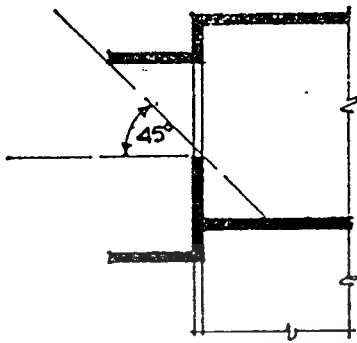
วิธีการตรวจสอบว่า แสงแดดจะส่องเข้ามาในอาคารเมื่อใด

ตัวอย่าง อาคารทาวน์เฮาส์แห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานครมีขนาดหน้าต่าง และที่บังแดดดังปรากฏใน ภาพที่ 5.23 หน้าต่างนี้หันไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทำมุมห่างจากทิศเหนือ  $20^\circ$  อยากทราบว่าเวลาใดของเดือนใดบ้างที่แสงแดดจะส่องเข้าในหน้าต่างนี้

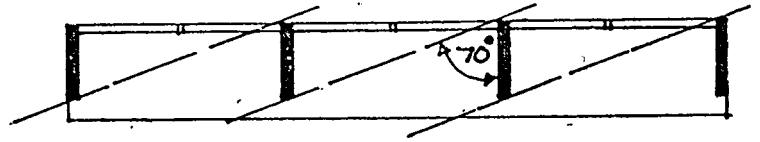
จาก ภาพที่ 5.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบ ว่าเวลาใดแสงแดดจะต้องเข้าในอาคาร

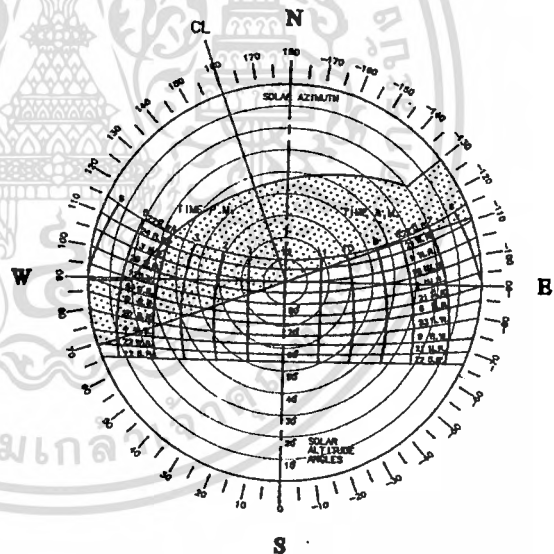
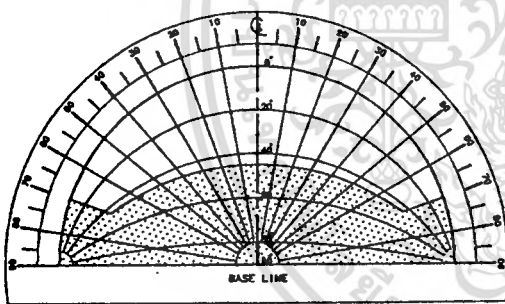


รูปตัด



แปลน

ภาพที่ 5.23 แสดงตัวอย่างสำคัญของแผงบังแดด และหน้าต่างของอาคารทาวน์เฮาส์



ภาพที่ 5.24 แสดงวิธีสร้างจุดที่ปรากฏเงาบนเครื่องมือตรวจสอบมุมของเงาต่อแสง

**รูปตัด** ลากเส้นผ่านส่วนยื่นมากที่สุดของแผงบังแดดทางนอนลงมาดวงกบกลางของหน้าต่าง วัดมุมของเงาทางตั้งไว้  $45^\circ$  ซึ่งแสดงว่าถ้ามุมของเงาทางตั้งมากกว่านี้จะไม่มีการแสงแดดต้องเข้าหน้าต่าง

**เลขรูปแปลน** ลากเส้นผ่านส่วนยื่นมากที่สุดของแผงบังแดดทางตั้งไปจรดวงกบของอีกด้านหนึ่งวัดมุม

ของเงาทางนอนได้ 70° ซึ่งแสดงว่าถ้ามุมของเงาทางนอนมากกว่านี้จะไม่มีการแสดงแสงแดดต้องเข้าหน้าต่างเลยใช้กระดาษบางๆ ทับลงบนเครื่องตรวจสอบมุมของเงา(Shadow Angle Protractor) เขียนเส้นโค้งตามเส้นโค้ง 45° และเส้นรัศมี 70° ระบายสีลงในบริเวณที่อยู่ในเงา ลากเส้นฐานและเส้น CL(Center Line) สิ่งที่เราเขียนขึ้นใหม่นี้เรียกว่า “จุดเงาที่ปรากฏ (Shading Mask) วางกระดาษบางนี้ทับลงบนรูปภาพทางเดินดวงอาทิตย์ (Solar Chart) ให้เส้นฐานหันไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และ CL (Center Line) 20° จากเหนือพอดิ ดูว่าตำแหน่งของดวงอาทิตย์เมื่อเวลาใด เดือนใดบ้างที่อยู่นอกจุดที่ปรากฏเงา(Shading Mask) ส่วนที่อยู่นอกจุดปรากฏคือช่วงเวลาที่แดดส่องผ่านหน้าต่างเข้าไปได้ ดัง ภาพที่ 5.24 จะเห็นได้ว่า ช่วงเวลาที่แดดจะส่องผ่านหน้าต่างเข้าไปได้ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 แสดงตัวอย่างการอ่านเครื่องมือตรวจสอบมุมของเงา(Shadow Angle Mask)

| วัน                                        | เวลา                          |
|--------------------------------------------|-------------------------------|
| 22 มิถุนายน                                | 16.00 น. ถึง เวลาพระอาทิตย์ตก |
| 21 พฤษภาคม และ 23 กรกฎาคม                  | 16.08 น. ถึง เวลาพระอาทิตย์ตก |
| 20 เมษายน และ 23 สิงหาคม                   | 16.21 น. ถึง เวลาพระอาทิตย์ตก |
| 21 มีนาคม และ 23 กันยายน                   | 16.50 น. ถึง เวลาพระอาทิตย์ตก |
| 20 กุมภาพันธ์ และ 22 ตุลาคม                | 17.10 น. ถึง เวลาพระอาทิตย์ตก |
| ในวันที่ 17 พฤศจิกายน ถึง วันที่ 15 มกราคม |                               |
| ไม่มีแสงอาทิตย์โดยตรงส่องมาที่ผนังด้านนี้  |                               |

5.7 อุปกรณ์บังแดด

อุปกรณ์บังแดด คือ วัตถุที่บังแสงที่ทำหน้าที่บังแสงจากดวงอาทิตย์ ทั้งนี้อาจเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้าง เช่น ห้องชั้นบนที่ยื่นล้ำออกมาจากห้องชั้นล่าง ชายคาที่ยื่นยาวออกมา หรือส่วนการก่อสร้างเพื่อการบังแดดโดยเฉพาะ เช่น ตรีปทางแนวตั้ง ตรีปทางแนวนอน บานเกล็ด ม่านหรือ สิ่งอื่นๆ ในบริเวณ เช่น ต้นไม้ อาคารข้างเคียง เป็นต้น

5.7.1 วัสดุประกอบอุปกรณ์บังแดด

วัสดุที่ประกอบเป็นอุปกรณ์บังแดดหรือกันแดดชนิดต่างๆ อาจแบ่งตามลักษณะของการใช้งานได้ดังนี้

1. การใช้งานแบบถาวร

อุปกรณ์บังแดดแบบนี้มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน คงทนถาวร ค่าก่อสร้างสูงแต่เสียค่าบำรุงรักษา ค่าซ่อมแซมน้อย คำนวณค่าเมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาวัสดุเหล่านี้ได้แก่

1.1 คอนกรีตเสริมเหล็ก ส่วนใหญ่มักทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างอาคารเนื่องจากมีความแข็งแรงรับน้ำหนักได้ดี เช่นทำเป็นผนังรับน้ำหนัก ซึ่งทำหน้าที่เป็นโครงสร้างและผนังอาคารที่กันแดดไปในตัว วัสดุนี้นี้มีความคงทนถาวรต่อสภาพดินฟ้าอากาศดี ปัญหาเรื่องการดูแลรักษาไปได้มาก สภาพทำเป็นกันแดดได้เกือบทุกลักษณะจะเป็นบานเกล็ด แผงทางตั้ง แผงทางนอน แผงโค้ง หรือชายคายื่นยาวมาจากตัวอาคาร และอื่นๆ

1.2 โลหะประเภทอลูมิเนียม หรือเหล็กชุบอลูมิเนียม นิยมใช้ในลักษณะชายคายื่นยาวออกมาเหนือหน้าต่าง หรือเป็นเกล็ดบังแดดนอกหน้าต่างอีกชั้นหนึ่ง หรือเป็นมู่ลี่หมุนปรับมุมใช้บังแดดภายในอาคาร มีราคาสูง น้ำหนักเบา เพราะสามารถทำได้บางมาก คงทน ติดตั้งง่าย ขนส่งสะดวก ทำเป็นแบบสำเร็จรูปได้

1.3 ไฟเบอร์กลาส เป็นวัสดุสังเคราะห์ทางเคมี ใช้เป็นวัสดุมุงหลังคาบางส่วน และเป็นแผงกันแดดได้มีลักษณะพิเศษ คือกันแดดและความร้อนได้แต่ให้แสงผ่านบางส่วนได้ มีหลายสี ทำให้แสงที่ผ่านทะลุมีสีสรรตามสีของไฟเบอร์กลาส นอกจากทำให้มีบรรยากาศแล้ว ยังสามารถทำรูปทรงต่างๆ ได้ตามต้องการ ข้อเสีย คือไฟเบอร์กลาสมีคุณภาพดีทนต่อสภาพลมฟ้าอากาศแต่มีราคาสูงมาก ส่วนที่ราคาถูกลงไปมักมีคุณภาพยังไม่ได้มาตรฐาน เมื่อโดนความร้อนสูงจากแดด อาจจะร้าวเป็นริ้วรอย และสีเปลี่ยนไป ไม่ใช่เหมือนเดิม

1.4 กระเบื้องกระดาศ หรือกระเบื้องแอสเบสตอสซีเมนต์ เป็นวัสดุที่ไม่สุกอร่อนง่ายทนต่อการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ แต่อาจแตกหักง่ายเมื่อถูกระทบ กระแทกแรงๆ มีทั้งกระเบื้องเรียบและกระเบื้องลอน ใช้กันแดดโดยมีโครงสร้างไม้เหล็ก หรือเป็นแบบสำเร็จรูปติดตั้งกับอาคารได้เลย

1.5 ไม้ ถึงแม้ธรรมชาติของไม้จะไม่คงทนต่อแดดและฝน ซึ่งทำให้สุกอร่อนง่ายแต่ก็มีสีน้ำมันและน้ำยาเคลือบไม้เพื่อช่วยให้คงสภาพแข็งแรงได้นานขึ้น การก่อสร้างทำได้ง่ายใช้ในลักษณะบานพลิก บานเกล็ด ทางตั้งทางนอน หรือตีเว้นห่างแบบไม้ระแนง

## 2. การใช้งานแบบชั่วคราว

เครื่องมือกันแดดแบบนี้ จะมีอายุการใช้งานไม่นานนัก ชำรุดง่าย ต้องมีการซ่อมแซม และเปลี่ยนวัสดุอยู่เสมอ แต่ราคาถูก ติดตั้งรื้อถอนได้ง่าย ให้ความรู้สึกละบายและบรรยากาศแบบพักผ่อน เป็นธรรมชาติ วัสดุเหล่านี้ได้แก่

2.1 ไม้ไผ่ ใช้ในลักษณะเป็นมู่ลี่ม้วน มีรอกติดกับชายคา ห้อยลงมาจากชายคาโดยตรง ใช้ดึงม้วนขึ้นลงได้ หรือจะใช้เป็นแบบห้อยเฉยๆ ใช้ไม้ค้ำยันก็ได้ ไม้ไผ่ให้ความรู้สึกละบายเป็นธรรมชาติดี กันแดดได้พอสมควร แต่ไม่สามารถกันน้ำฝน

2.2 ผ้าใบ ใช้ในลักษณะเช่นเดียวกับไม้ไผ่ หรือใช้เป็นโครงเหล็ก หลังคาผ้าใบมีความคงทนและกันฝนได้ดี สามารถประดิษฐ์ด้วยสี และเพิ่มชายคาเพื่อเพิ่มความสวยงาม

### 5.7.2 ชนิดของอุปกรณ์บังแดด

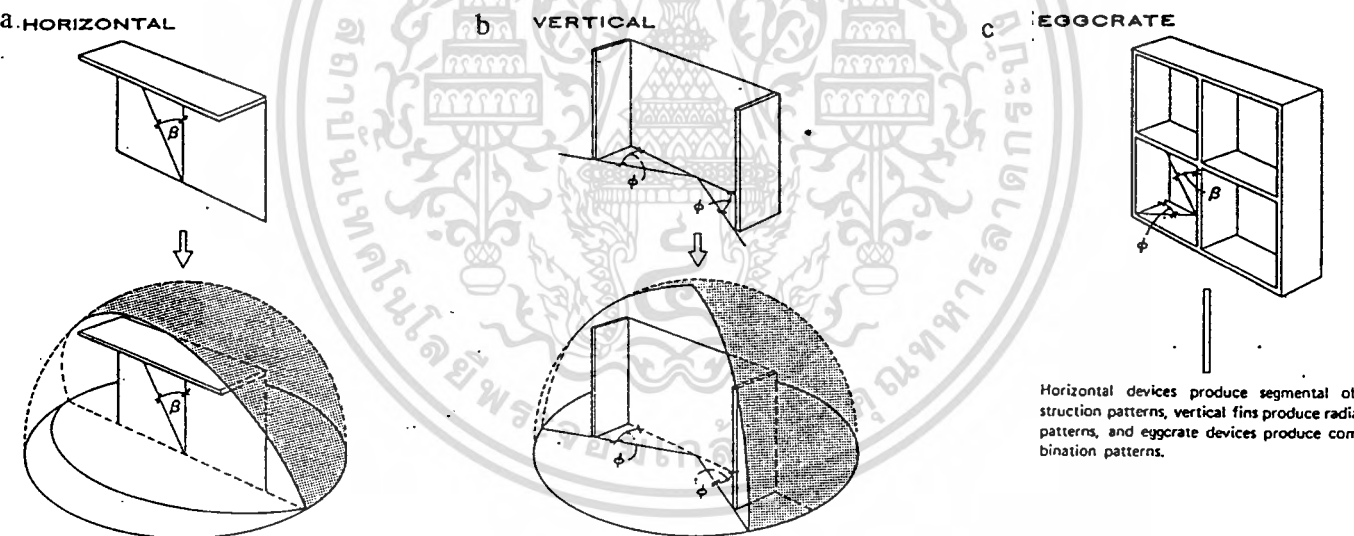
รูปแบบของช่องเปิด และอุปกรณ์กันแดด ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการควบคุมปริมาณทิศทางและลักษณะการกระจายแสงที่เข้าสู่อาคาร

รูปแบบที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. ช่องเปิดที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด
2. ช่องเปิดที่มีอุปกรณ์บังแดด

ช่องเปิดที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดอยู่ที่ค่า Shading Coefficient ( $SC_2$ ) ของกระจก ทิศทางของช่องเปิด พื้นที่ช่องเปิด ตำแหน่งการเปิด และจังหวะของช่องเปิด ช่องเปิดที่มีอุปกรณ์บังแดดนั้นสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ตามลักษณะการทำงานของอุปกรณ์บังแดด คือ

- อุปกรณ์บังแดดที่สามารถปรับทิศทางได้
- อุปกรณ์บังแดดที่สามารถปรับทิศทางได้อัตโนมัติ
- อุปกรณ์บังแดดที่มีการกำหนดทิศทางและการจัดวางไว้อย่างตายตัว



ภาพที่ 5.25 แสดงชนิดของอุปกรณ์บังแดดตามระนาบการติดตั้ง

ลักษณะของอุปกรณ์บังแดดเป็นโครงสร้างภายนอกอาคารมีผลต่อการเกิดเงาบนพื้นที่ของผนัง หรือหน้าต่าง โดยทั่วไปอุปกรณ์บังแดดสามารถแบ่งตามลักษณะระนาบที่ติดตั้งได้เป็น 3 ลักษณะคือ



1. อุปกรณ์บังแดดแนวนอน (Horizontal Overhang) เป็นอุปกรณ์บังแดดที่ยื่นออกจากอาคารในแนวนอน หรือขนานกับพื้นดิน เช่น ชายคา กันสาดต่างๆ แผงทางนอน เกล็ดนอน ดัง ภาพที่ 5.25\_a

2. อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง (Vertical Louver or Fin) เป็นอุปกรณ์บังแดดที่ยื่นออกจากอาคารหรือด้านข้างของหน้าต่างในแนวตั้งฉากกับพื้นดิน เช่น กระจังทางตั้ง เกล็ดทางตั้ง เป็นต้น ดัง ภาพที่ 5.25\_b

3. อุปกรณ์บังแดดแบบผสม หรือแบบตาราง (Eggcreate or Overhang with Fin) เป็นอุปกรณ์บังแดดที่ยื่นออกจากอาคารที่มีทั้งแนวตั้ง และแนวนอนผสมกันในลักษณะต่างๆ เช่น กระจังที่เป็นกล่องรอบหน้าต่าง ดัง ภาพที่ 5.25\_c

### 5.7.3 เงาที่ปรากฏกับชนิดของอุปกรณ์บังแดด

วัตถุทึบแสงใดๆ ก็ตามที่เกิดขึ้นระหว่างลำแสงอาทิตย์ และจุด O.P.(Observer Point) ดัง ภาพที่ 5.26 ซึ่งอยู่ที่จุดศูนย์กลางของรูปภาพจะทำให้เกิดเงาบน O.P. โดยทางกลับกัน ถ้าเราฉายแสงจากจุด O.P. ไปยังวัตถุทึบแสงที่กั้นอยู่ เงาของวัตถุนั้นจะไปปรากฏบนผิวของท้องฟ้า ซึ่งถ้าดวงอาทิตย์ส่องแสงจากบริเวณที่เงานั้นจับอยู่ที่จุด O.P. จะอยู่ในเงา ดัง ภาพที่ 5.26 ทางเดินของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าครึ่งวงกลม ถูกกำหนดให้เห็นบนแปลนพื้นราบในรูปของทางเดินดวงอาทิตย์ (Solar Chart) ถ้าเรากำหนดเงาที่ปรากฏบนท้องฟ้าลงบนแปลนพื้นที่ราบเช่นเดียวกับทางเดินดวงอาทิตย์ เราก็สามารถทราบได้ว่า เมื่อมีวัตถุทึบแสงบังแสงอาทิตย์ไว้จะปรากฏเงาบนพื้นที่ราบอย่างไร เงาที่ปรากฏบนแปลนพื้นราบเรียกว่า “จุดเงาที่ปรากฏ (Shading Mask)” โดยที่บริเวณที่เงาปรากฏเป็นบริเวณที่ดวงอาทิตย์ส่องแสงไม่ถึงจุด O.P. (Observer Point) เพราะมีวัตถุทึบแสงกั้นไว้ ดังนั้นถ้าเอาจุดเงาที่ปรากฏ (Shading Mask) ทับกับรูปทางเดินดวงอาทิตย์ (Solar Chart) ให้จุด O.P. ทับกันพอดี เราก็สามารถทราบได้ว่าเวลาใดบ้างที่แสงอาทิตย์ส่องไม่ถึงจุด O.P. หรือนัยหนึ่งก็คือ เวลาใดบ้างที่อุปกรณ์บังแดดนั้นๆ บังแสงอาทิตย์ไว้ได้

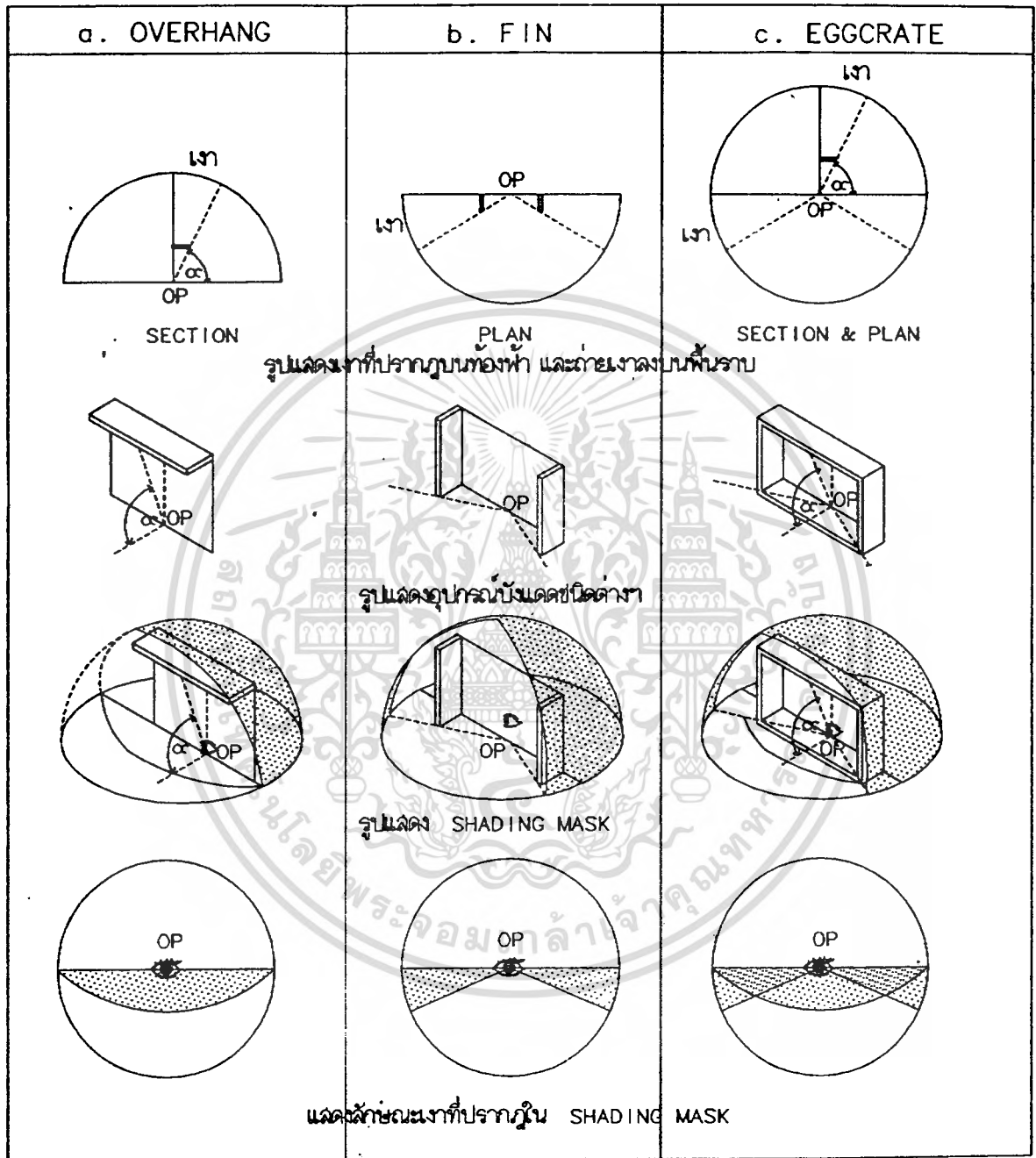
ประโยชน์ของจุดที่เงาปรากฏ (Shading Mask) ใช้สำหรับตรวจสอบ หรือออกแบบอุปกรณ์บังแดดว่าจะให้เงามากน้อยเพียงใด และลักษณะใดเพื่อให้อุปกรณ์บังแดดนั้นๆ ทำงานได้ผล ลักษณะของอุปกรณ์แต่ละชนิดก็จะเกิดเงาที่ต่างกันตามชนิดของอุปกรณ์บังแดด ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. อุปกรณ์บังแดดแนวนอน (Horizontal Overhang) ซึ่งสามารถตรวจสอบจุดเงาที่ปรากฏดัง ภาพที่ 5.26\_a สามารถป้องกันแสงทางแนวตั้งได้ดี

2. อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง (Vertical Louver or Fin) ซึ่งสามารถตรวจสอบจุดเงาที่ปรากฏดัง ภาพที่ 5.26\_b ซึ่งสามารถบังแสงทางแนวนอนได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุปกรณ์บังแดดแบบผสม หรือค้ำราง (Eggcrate or Overhang with Fin) ซึ่งสามารถตรวจสอบจุดเงาที่ปรากฏดัง ภาพที่ 5.26\_c ซึ่งสามารถป้องกันแสงได้ทั้งทางแนวตั้งและแนวนอน



ภาพที่ 5.26 แสดงเงาที่ปรากฏบนท้องฟ้า และถ่ายเงาลงบนพื้นที่ราบ

#### 5.7.4 ลักษณะอุปกรณ์บังแดดที่มีผลต่อมุมมอง

การมองทัศนียภาพภายนอกอาคารทางหน้าต่าง ประตู นั้นทำให้เกิดการเชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ภายในและภายนอกอาคาร ซึ่งมุมมองการมองของมนุษย์สามารถมองมุมกว้างได้ประมาณ 130 องศา ซึ่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นมุมมองที่เห็นได้ดี การใช้อุปกรณ์บังแดดทำให้มุมมองทัศนียภาพภายนอกลดลง ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์บังแดด ดังเช่น

1. อุปกรณ์บังแดดชนิดราบ (Overhang) จะสามารถมองเห็นทัศนียภาพทางด้านกว้างได้สะดวก แต่มุมมองขึ้นลงจะถูกอุปกรณ์บังแดดแนวราบบังคับ ทัศนียภาพดัง ภาพที่ 5.26\_a
2. อุปกรณ์บังแดดชนิดตั้ง (Fin) จะทำให้จำกัดมุมมองทางด้านกว้าง ทำให้มองเห็นภาพได้จำกัด แต่มุมมองทางด้านล่าง และด้านบนสามารถมองเห็นได้สะดวก ดัง ภาพที่ 5.26\_b
3. อุปกรณ์บังแดดชนิดผสม (Eggcrate) ซึ่งเป็นตารางเป็นการผสมระหว่างอุปกรณ์บังแดดชนิดตั้ง และชนิดราบ จึงทำมุมมองทัศนียภาพจำกัดทั้งทางข้าง ด้านบน และด้านล่าง ถ้ามีจำนวนตารางจำนวนมาก ภาพทัศนียภาพจะถูกบังจนขาดความต่อเนื่องของทัศนียภาพ แต่ข้อดีสามารถป้องกันรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงได้ดีมาก ดัง ภาพที่ 5.26\_c

## 5.8 การคำนวณการบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร

### 5.8.1 ขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์บังแดด

1. กำหนดเวลาที่ใช้ในการออกแบบ แสงจากดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาเช้า และใกล้เวลาค่ำมีประโยชน์ในการช่วยฆ่าเชื้อโรค ให้แสงสว่างและให้ความอบอุ่นในฤดูหนาว แต่ในเวลาสายถึงบ่าย อุณหภูมิโดยเฉลี่ยค่อนข้างสูง ไม่ควรให้แสงแดดเข้ามาในอาคาร จึงควรออกแบบอุปกรณ์บังแดดในช่วงเวลาดังกล่าวให้มากที่สุด ข้อควรพิจารณาเลือกเวลา หรือเดือนที่จะออกแบบอุปกรณ์บังแดดคือ
  - อุณหภูมิเฉลี่ยรายชั่วโมง ของที่ตั้งหรือจังหวัดที่ตั้ง
  - ทิศทางของผนังอาคาร ว่ามีความสัมพันธ์กับแนวทางเดินของดวงอาทิตย์อย่างไร เพื่อจะสามารถเลือกเดือน (ฤดูที่จะใช้อุปกรณ์บังแดดได้ และพิจารณาถึงทิศทางลม)
  - เวลาใช้สอยอาคาร การใช้อาคารตั้งแต่เวลาใด ถึงเวลาใด ออกแบบให้มีขนาดเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม มุมของดวงอาทิตย์

2. มุมของเงาที่จะบังแสงดวงอาทิตย์โดยตรง จากเครื่องมือรูปภาพทางเดินดวงอาทิตย์(Solar Chart) ที่ตั้งอาคาร ทิศทางลม ทิศทางผนังอาคาร จะกำหนดวันที่ เดือน ที่จะบังแสงของดวงอาทิตย์โดยตรง เวลาที่จะออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้แก่อาคาร ก็สามารถคำนวณค่ามุมที่ทำให้เกิดเงาทั้งแนวตั้ง และแนวนอน

3. ออกแบบขนาดอุปกรณ์บังแดดและเลือกชนิดของอุปกรณ์บังแดด เมื่อทราบขนาดของมุมที่ทำให้เกิดเงาทั้งในแนวตั้งและแนวนอนแล้ว ก็จะทำให้การออกแบบ โดยอาศัยมุมเงาทั้งสองเป็นหลัก ซึ่งมุมเงาทั้งสองนี้จะเกี่ยวข้องกับส่วนของความกว้างความลึก ความยาวและความสูงของอุปกรณ์บังแดด ที่เหมาะสมสามารถบังแสงอาทิตย์โดยตรงในเวลาที่ต้องการบังแดดมีความสวยงาม แข็งแรงเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5.8.2 ทิศทางเดินของดวงอาทิตย์

ตำแหน่งหรือทิศทางของดวงอาทิตย์พิจารณาได้จากมุม 2 มุม ดัง ภาพที่ 5.27 คือ

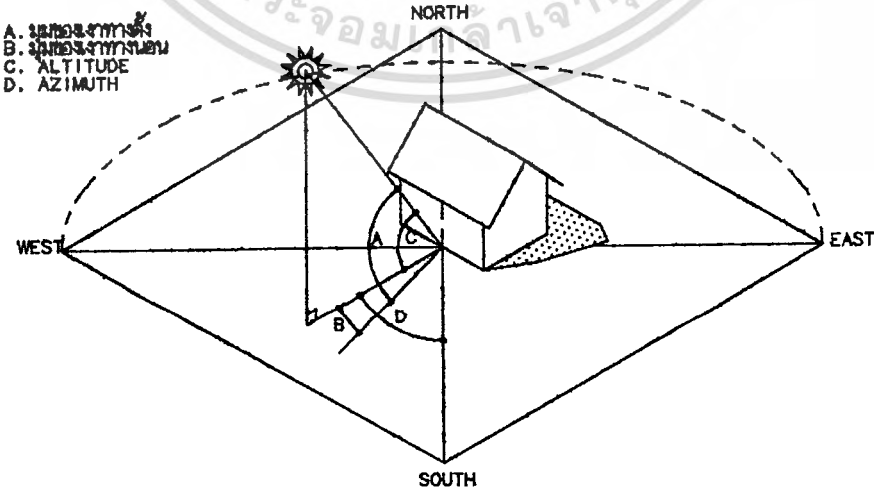
1. มุมดวงอาทิตย์ในแนวตั้ง หรือมุม อลติจูด(Altitude Angle :  $\alpha$  ) คือมุมที่แนวรังสีตรงของดวงอาทิตย์หรือแนวแสงแดดกระทำกับแนวระดับของพื้นโลกหรือระนาบขอบฟ้า โดยมุม(Altitude Angle) มีค่าอยู่ระหว่าง  $0^\circ$  ถึง  $90^\circ$

2. มุมดวงอาทิตย์ในแนวราบ หรือมุมอะซิมุท (Azimuth :  $\gamma_s$  ) คือมุมที่ระนาบดวงอาทิตย์ในแนวตั้งที่ตั้งฉากกับพื้นโลก กระทำมุมกับแนวทิศเหนือหรือทิศใต้ของโลก มุมอะซิมุท(Azimuth) ที่อ่านได้จากรูปภาพทางเดินดวงอาทิตย์(Solar Chart) จะอ้างอิงกับทิศเหนือ และวัดตามเข็มนาฬิกาตลอด ดังนั้นค่ามุมนี้จึงมีค่าตั้งแต่  $0^\circ$  ถึง  $360^\circ$  กรณีการศึกษามุมอะซิมุท(Azimuth) วัดอ้างอิงกับทิศใต้ โดยมีเครื่องหมายบวกและลบ คือ วัดตามเข็มนาฬิกา (ทิศตะวันตกจะเป็นบวก) และวัดทวนเข็มนาฬิกา(ทิศตะวันออกจะเป็นลบ) ดังนั้นค่ามุมอะซิมุท(Azimuth) จึงมีค่าอยู่ระหว่าง  $0^\circ$  ถึง  $\pm 180^\circ$

สมการค่ามุมอะซิมุท (Azimuth :  $\pm \gamma_s$  ) ที่อ้างอิงทิศเหนือควรเปลี่ยนมาอ้างอิงทิศใต้ดังสมการที่ 5.1

$$\text{มุมอะซิมุท (Azimuth : } \pm \gamma_s) = (\text{ค่ามุมอะซิมุทจาก Solar Chart}) - 180 \tag{5.1}$$

### 5.8.3 ความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางของดวงอาทิตย์และผนังอาคาร



ภาพที่ 5.27 แสดงมุมอะซิมุท, มุมอลติจูดของดวงอาทิตย์และมุมอะซิมุทของผนัง

ทิศทางของผนังอาคาร สามารถพิจารณาจากมุมอะซิมุทของผนัง(Wall Azimuth Angle:  $\Upsilon_w$ ) ซึ่งคือมุมที่ระนาบในแนวดิ่งผ่านเส้นตั้งฉากของผนังอาคารที่ชี้ออกสู่ภายนอกกระทำกับทิศใต้ ผลต่างของมุมอะซิมุทของดวงอาทิตย์และมุมอะซิมุทของผนัง จะกำหนดเรียกว่ามุม อะซิมุท ระหว่างผนัง และดวงอาทิตย์ ( $\Upsilon$ )

#### 5.8.4 มุมที่ทำให้เกิดเงา

มุมที่ทำให้เกิดเงา คือ มุมที่แนวรังสีตรงดวงอาทิตย์กระทำกับอุปกรณ์บังแดด มุมนี้แยกออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. มุมที่ทำให้เกิดเงาในแนวดิ่ง ( $\theta_1$ ) คือมุมที่แนวรังสีตรงดวงอาทิตย์กระทำกับระนาบที่ตั้งฉากกับหน้าต่าง มุมนี้สามารถใช้ประกอบการคำนวณอิทธิพลของอุปกรณ์บังแดดแนวนอน (Overhang) ที่มีผลต่อการเกิดเงาสูง-ต่ำ บนหน้าต่าง ดัง ภาพที่ 5.28\_a

2. มุมที่ทำให้เกิดเงาในแนวนอน ( $\theta_2$ ) คือมุมที่ระนาบของดวงอาทิตย์ในแนวดิ่งที่ตั้งฉากกับหน้าต่างมุมนี้ สามารถใช้ประกอบการคำนวณอิทธิพลของอุปกรณ์บังแดดแนวดิ่ง(Fin) ที่มีผลต่อการเกิดเงาซ้าย-ขวาบนหน้าต่างดัง ภาพที่ 5.28\_b

สูตรค่าการคำนวณเงาในแนวดิ่ง ( $\theta_1$ ) และมุมเงาในแนวนอน ( $\theta_2$ ) สามารถคำนวณได้ดังสมการ (5.2)-(5.3)

$$\theta_1 = \tan^{-1}(\tan \alpha \times \sec \theta_2) \quad (5.2)$$

หรือ

$$\theta_1 = \tan^{-1}(\tan \alpha \times \cos \theta_2) \quad (5.3)$$

การหามุมเงาในแนวนอน ( $\theta_2$ )

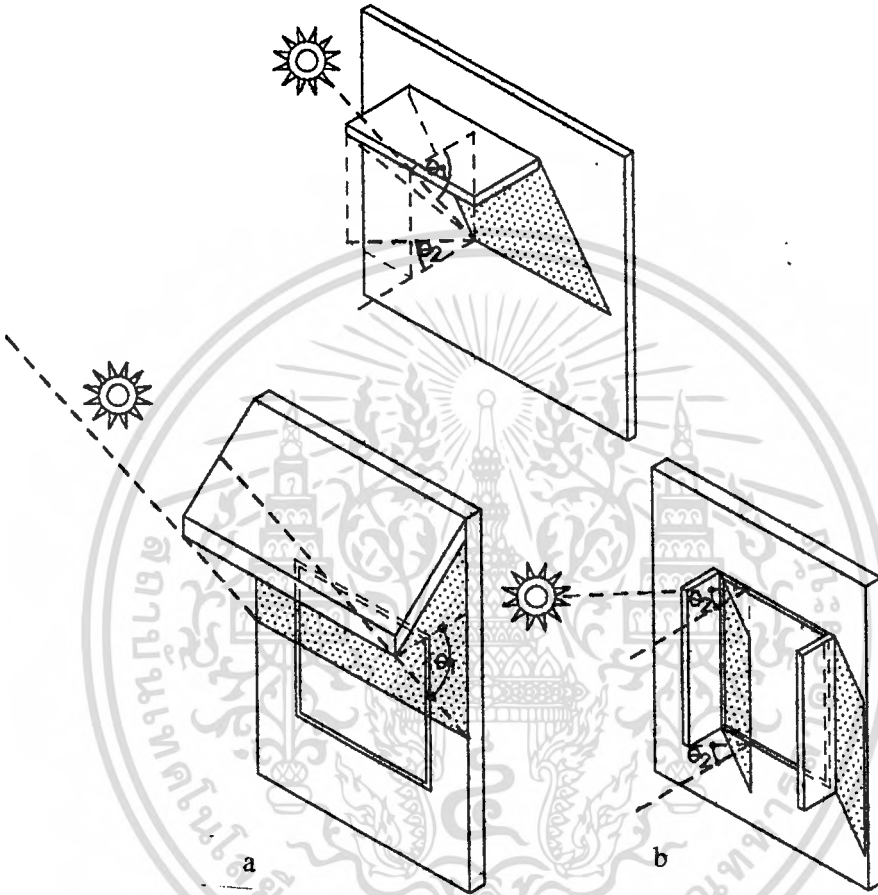
$$\theta_2 = \Upsilon = \Upsilon_s - \Upsilon_w \quad (5.4)$$

เครื่องหมายและค่ามุม  $\theta_1$  และ  $\theta_2$  กำหนดไว้คือ

1.  $\theta_1$  มีค่าเป็นบวก(+) เสมอ อยู่ระหว่าง 0-90 องศา ถ้ามุมมีค่ามากกว่า 90 องศาแสดงว่าดวงอาทิตย์อยู่ด้านหลังของผนัง

2.  $\theta_2$  มีค่าเป็นบวก(+) และ ลบ(-) อยู่ระหว่าง -90 ถึง +90 องศา ถ้ามุมมีค่านอกเหนือจากนี้แสดงว่า ดวงอาทิตย์อยู่ด้านหลังของผนัง ข้อสังเกตเครื่องหมายมุม คือ

- เครื่องหมายมุม  $\theta_2$  จะมีค่าเป็นบวก(+) เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ทางขวามือของผู้ที่มองออกจากหน้าต่าง
- เครื่องหมายมุม  $\theta_2$  จะมีค่าเป็นลบ(-) เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ทางซ้ายมือของผู้ที่มองออกจากหน้าต่าง



ภาพที่ 5.28 แสดงลักษณะของมุมเงยในแนวตั้ง ( $\theta_1$ ) และมุมเงยในแนวนอน ( $\theta_2$ )

#### 5.8.5. การคำนวณอุปกรณ์บังแดดแนวนอน (Overhange)

การคำนวณอุปกรณ์บังแดดแนวนอน

$$A_{s1} = P_1 ((\cos \phi_1 (\tan \theta_1) + (\sin \phi_1)) \quad (5.5)$$

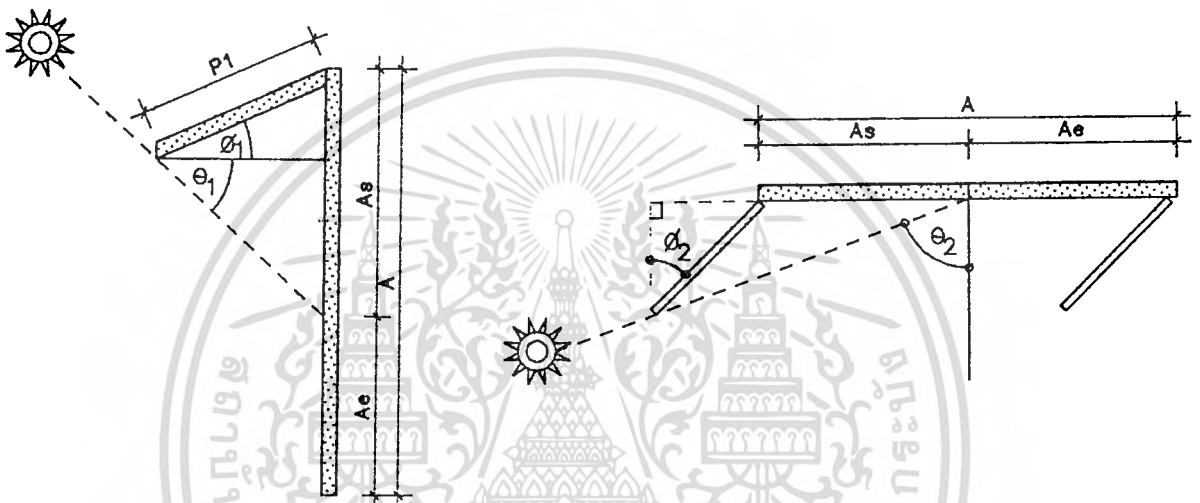
$$A_{e1} = A - A_{s1} \quad (5.6)$$

โดยที่

$A_{s1}$  = ระยะที่เกิดเงาของอุปกรณ์บังแดดแนวนอน (ม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- $A_{e1}$  = ระยะที่กระทบรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง (ม.)  
 $R_1$  = ระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดในแนวนอนต่อ พื้นที่ความสูงของผนัง (ม.)  
 $A$  = ระยะความสูงของผนังทั้งหมด (ม.)  
 $P_1$  = ระยะยื่นออกของอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน (ม.)  
 $\phi_1$  = ค่ามุมของอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน (องศา)  
 $\theta_1$  = ค่ามุมเงาในแนวตั้งของรังสีดวงอาทิตย์ (องศา)



ภาพที่ 5.29 แสดงลักษณะตัวแปรการคำนวณหา อุปกรณ์บังแดดแนวนอน (Overhang) และ อุปกรณ์แนวตั้ง (Fin)

#### 5.8.6. การคำนวณอุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง (Fin)

การคำนวณอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง

$$A_{s2} = P_2 ((\cos \phi_2 (\tan \theta_2) - (\sin \phi_2))) \quad (5.7)$$

$$A_{e2} = A - A_{s2} \quad (5.8)$$

โดยที่

$A_{s2}$  = ระยะที่เกิดเงาของอุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง (ม.)

$A_{e2}$  = ระยะที่กระทบรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงแนวตั้ง (ม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- $R_2$  = ระยะขึ้นของอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งต่อ พื้นที่ความกว้างของผนัง (ม.)  
 $A$  = ระยะความสูงของผนังทั้งหมด (ม.)  
 $P_2$  = ระยะขึ้นออกของอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง (ม.)  
 $\phi_2$  = ค่ามุมของอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง (องศา)  
 $\theta_2$  = ค่ามุมเงาในแนวราบของรังสีดวงอาทิตย์ (องศา)

### 5.8.7 การหาเงาของอาคารที่ตกลงบนที่ต้ง

วิธีการตรวจสอบเงาที่ตกลงบนพื้นดินได้ตามขั้นตอน

1. นำข้อมูลมุมทางแนวราบของดวงอาทิตย์ ( $\theta_2$ ) เวลาต่างๆที่ต้องการตรวจสอบ
2. นำความสูงของอาคาร และข้อมูลมุมทางแนวตั้งของดวงอาทิตย์ ( $\theta_1$ ) เวลาต่างๆที่ต้องการ

คำนวณ คำนวณตามสมการที่ 5.9-5.10

$$\tan \theta_1 = h / L \quad (5.9)$$

$$L = h / \tan \theta_1 \quad (5.10)$$

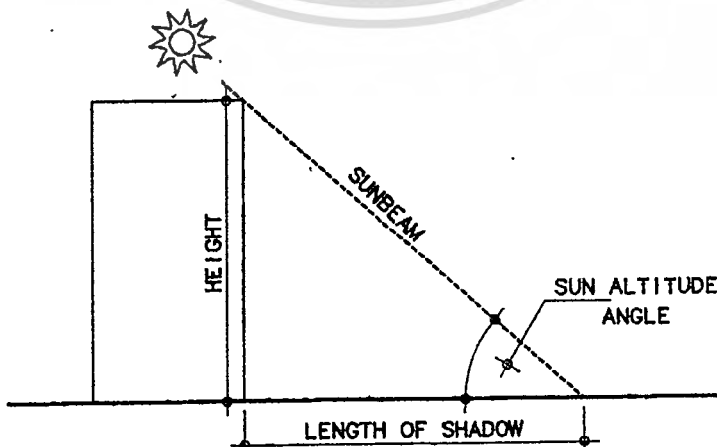
โดยที่

$\theta_1$  = มุมทางแนวตั้งของดวงอาทิตย์

$h$  = ความสูงของอาคาร

$L$  = ความยาวของเงาที่ตกลงบนพื้น

3. เมื่อได้ค่ามุม แล้วนำมาเขียนลงแปลน จะได้ดังรูปภาพที่ 5.30 ซึ่งก็จะได้ระยะของเงาตัวอาคารในเวลาที่ต้องการ



ภาพที่ 5.30 แสดงการตรวจสอบเงาของอาคารที่ตกลงบนพื้นดินทางรูปแปลน และรูปด้าน  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารทูลงวนเวลาหรับการเขงานเพื่การศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 5.9 การศึกษาอุปกรณ์บังแดดที่มีผลต่อทิศในเขตกรุงเทพมหานคร

ชนิดของอุปกรณ์บังแดด แบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ

1. อุปกรณ์บังแดดชนิดราบ (Overhang)
2. อุปกรณ์บังแดดชนิดตั้ง (Fin)
3. อุปกรณ์บังแดดชนิดผสม (Overhang & Fin)

ซึ่งจากการคำนวณขนาดของอุปกรณ์บังแดดตามระยะที่กำหนด โดยมีขนาดหน้าต่างกว้างยาว (1.00x1.00 ม.) ชนิดของกระจกเป็นกระจกใสหนา 6 มม. ค่า  $SC1 = 0.96$  ได้ผลดังตารางที่ 5.3-5.7 พบว่าผลของการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์บังแดดให้กับหน้าต่างกระจกใส พบว่าส่วนใหญ่ อุปกรณ์บังแดดชนิดผสม (Overhang & Fin or Eggcrate) จะมีค่าการถ่ายเทความร้อนน้อยกว่าชนิดอื่น ซึ่งเหมาะสมกับทุกทิศ แต่ในสภาพความต้องการประโยชน์ใช้สอยในการมองมุมจากภายในอาคารสู่ภายนอก อุปกรณ์บังแดดชนิดผสมอาจจะมีผลให้สภาพมุมมองถูกบัง ซึ่งเมื่อพิจารณาอุปกรณ์บังแดดชนิดที่ใช้งานได้ดีอันดับรองมาคือ อุปกรณ์บังแดดชนิดราบ (Overhang) ซึ่งสามารถจะใช้งานได้ดีกับทุกทิศ (ซึ่งทิศเหนือ ค่าการบังแดดของอุปกรณ์บังแดดชนิดราบ (Overhang) และอุปกรณ์บังแดดชนิดตั้ง (Fin) จะมีค่าใกล้เคียงกัน) อุปกรณ์บังแดดชนิดราบ (Overhang) เมื่อติดตั้งเหนือหน้าต่างจะบังมุมมองน้อยกว่าอุปกรณ์บังแดดชนิดผสม และชนิดตั้ง ซึ่งอุปกรณ์บังแดดทั้ง 3 ชนิดนั้นสามารถนำมาประยุกต์ และออกแบบได้อีกหลายแบบ

คุณสมบัติของอุปกรณ์บังแดดในสภาพแวดล้อมในประเทศไทยมีประโยชน์ ดังนี้

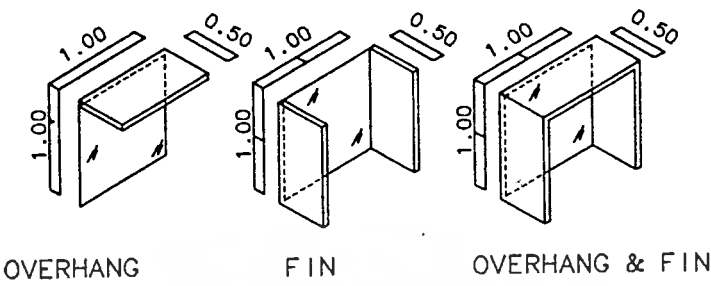
- ป้องกันปริมาณรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้น
- ป้องกันน้ำฝน
- ป้องกันความปลอดภัย
- ช่วยบังคับทิศทางกระแสลม

ข้อเสียของอุปกรณ์บังแดดคือ

- มีผลทำให้มุมมองของช่องเปิดลดลง
- ปริมาณแสงสว่างลดลง
- มีผลทำให้เปลือกเนื้อที่ และค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น
- ขวางกันกระแสลม

ซึ่งในการเลือกใช้อุปกรณ์บังแดด ควรดูหน้าที่และประโยชน์ใช้สอยที่ต้องการสูงสุด ในการเลือกใช้อุปกรณ์บังแดด

ตารางที่ 5.3 แสดงการคำนวณปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากรังสีดวงอาทิตย์ กรณีมีอุปกรณ์บังแดดยื่น 0.50 ม.

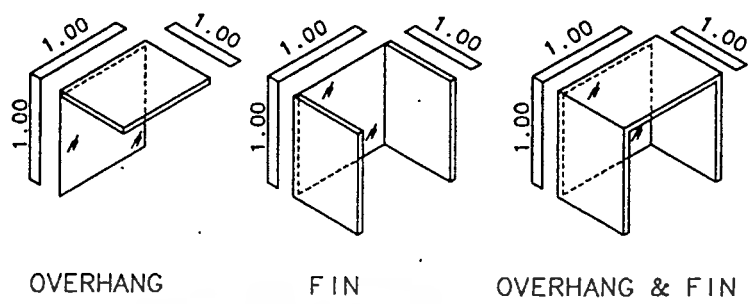


|                                |       |       |       |                      |       |       |           |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-----------|-------|
| วัสดุ กระฉกโลหะหนา 6 มม.       |       |       |       | ชนิดของอุปกรณ์บังแดด |       |       | OVERHANG  |       |
| หน้าต่างกระฉกขนาด 1.00x1.00 ม. |       |       |       | อุปกรณ์บังแดดขนาด    |       |       | 0.50 เมตร |       |
| ตัวแปร                         | ทิศ   |       |       |                      |       |       |           |       |
|                                | NE    | E     | SE    | S                    | SW    | W     | NW        | N     |
| SF                             | 138.7 | 179.0 | 186.9 | 178.2                | 180.7 | 171.5 | 134.3     | 111.3 |
| SC <sub>1</sub>                | 0.96  | 0.96  | 0.96  | 0.96                 | 0.96  | 0.96  | 0.96      | 0.96  |
| SC <sub>2</sub>                | 0.824 | 0.775 | 0.733 | 0.689                | 0.736 | 0.785 | 0.835     | 0.896 |
| SC                             | 0.791 | 0.744 | 0.704 | 0.661                | 0.707 | 0.754 | 0.802     | 0.860 |
| Q (W/m <sup>2</sup> )          | 139.2 | 162.7 | 161.1 | 147.2                | 157.2 | 158.8 | 137.2     | 125.2 |

|                                |       |       |       |                      |       |       |           |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-----------|-------|
| วัสดุ กระฉกโลหะหนา 6 มม.       |       |       |       | ชนิดของอุปกรณ์บังแดด |       |       | FIN       |       |
| หน้าต่างกระฉกขนาด 1.00x1.00 ม. |       |       |       | อุปกรณ์บังแดดขนาด    |       |       | 0.50 เมตร |       |
| ตัวแปร                         | ทิศ   |       |       |                      |       |       |           |       |
|                                | NE    | E     | SE    | S                    | SW    | W     | NW        | N     |
| SF                             | 138.7 | 179.0 | 186.9 | 178.2                | 180.7 | 171.5 | 134.3     | 111.3 |
| SC <sub>1</sub>                | 0.96  | 0.96  | 0.96  | 0.96                 | 0.96  | 0.96  | 0.96      | 0.96  |
| SC <sub>2</sub>                | 0.843 | 0.870 | 0.848 | 0.758                | 0.866 | 0.892 | 0.847     | 0.904 |
| SC                             | 0.809 | 0.835 | 0.814 | 0.728                | 0.831 | 0.856 | 0.813     | 0.868 |
| Q (W/m <sup>2</sup> )          | 141.7 | 178.9 | 181.7 | 159.2                | 179.8 | 176.3 | 138.7     | 126.2 |

|                                |       |       |       |                      |       |       |                |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|----------------|-------|
| วัสดุ กระฉกโลหะหนา 6 มม.       |       |       |       | ชนิดของอุปกรณ์บังแดด |       |       | OVERHANG & FIN |       |
| หน้าต่างกระฉกขนาด 1.00x1.00 ม. |       |       |       | อุปกรณ์บังแดดขนาด    |       |       | 0.50 เมตร      |       |
| ตัวแปร                         | ทิศ   |       |       |                      |       |       |                |       |
|                                | NE    | E     | SE    | S                    | SW    | W     | NW             | N     |
| SF                             | 138.7 | 179.0 | 186.9 | 178.2                | 180.7 | 171.5 | 134.3          | 111.3 |
| SC <sub>1</sub>                | 0.96  | 0.96  | 0.96  | 0.96                 | 0.96  | 0.96  | 0.96           | 0.96  |
| SC <sub>2</sub>                | 0.765 | 0.730 | 0.684 | 0.617                | 0.695 | 0.752 | 0.792          | 0.885 |
| SC                             | 0.734 | 0.701 | 0.657 | 0.592                | 0.667 | 0.722 | 0.760          | 0.850 |
| Q (W/m <sup>2</sup> )          | 131.3 | 155.0 | 152.3 | 135.0                | 150.1 | 153.4 | 131.5          | 124.1 |

ตารางที่ 5.4 แสดงการคำนวณปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากรังสีดวงอาทิตย์ กรณีมีอุปกรณ์บังแดด ยื่น 1.00 ม.



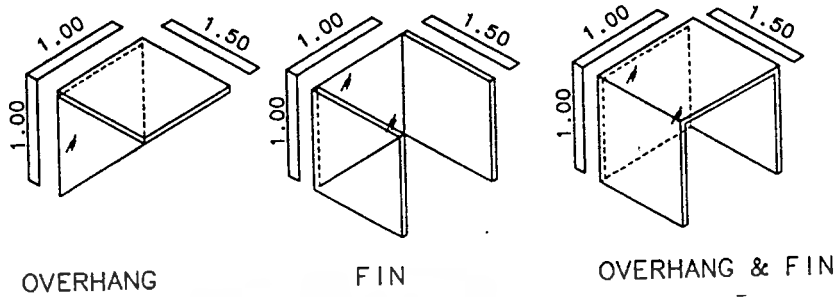
|                                |       |       |       |                      |       |       |           |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-----------|-------|
| วัสดุ กระฉกโลหะหนา 6 มม.       |       |       |       | ชนิดของอุปกรณ์บังแดด |       |       | OVERHANG  |       |
| หน้าต่างกระฉกขนาด 1.00x1.00 ม. |       |       |       | อุปกรณ์บังแดดขนาด    |       |       | 1.00 เมตร |       |
| ตัวแปร                         | ทิศ   |       |       |                      |       |       |           |       |
|                                | NE    | E     | SE    | S                    | SW    | W     | NW        | N     |
| SF                             | 138.7 | 179.0 | 186.9 | 178.2                | 180.7 | 171.5 | 134.3     | 111.3 |
| SC <sub>1</sub>                | 0.96  | 0.96  | 0.96  | 0.96                 | 0.96  | 0.96  | 0.96      | 0.96  |
| SC <sub>2</sub>                | 0.760 | 0.671 | 0.625 | 0.579                | 0.633 | 0.691 | 0.790     | 0.889 |
| SC                             | 0.730 | 0.644 | 0.600 | 0.556                | 0.608 | 0.663 | 0.758     | 0.853 |
| Q (W/m <sup>2</sup> )          | 130.8 | 144.8 | 141.5 | 128.5                | 139.4 | 143.2 | 131.3     | 124.4 |

|                                |       |       |       |                      |       |       |           |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-----------|-------|
| วัสดุ กระฉกโลหะหนา 6 มม.       |       |       |       | ชนิดของอุปกรณ์บังแดด |       |       | FIN       |       |
| หน้าต่างกระฉกขนาด 1.00x1.00 ม. |       |       |       | อุปกรณ์บังแดดขนาด    |       |       | 1.00 เมตร |       |
| ตัวแปร                         | ทิศ   |       |       |                      |       |       |           |       |
|                                | NE    | E     | SE    | S                    | SW    | W     | NW        | N     |
| SF                             | 138.7 | 179.0 | 186.9 | 178.2                | 180.7 | 171.5 | 134.3     | 111.3 |
| SC <sub>1</sub>                | 0.96  | 0.96  | 0.96  | 0.96                 | 0.96  | 0.96  | 0.96      | 0.96  |
| SC <sub>2</sub>                | 0.781 | 0.779 | 0.764 | 0.666                | 0.777 | 0.811 | 0.802     | 0.894 |
| SC                             | 0.750 | 0.748 | 0.733 | 0.639                | 0.746 | 0.779 | 0.770     | 0.858 |
| Q (W/m <sup>2</sup> )          | 133.6 | 163.3 | 166.5 | 143.4                | 164.2 | 163.0 | 133.0     | 125.0 |

|                                |       |       |       |                      |       |       |                |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|----------------|-------|
| วัสดุ กระฉกโลหะหนา 6 มม.       |       |       |       | ชนิดของอุปกรณ์บังแดด |       |       | OVERHANG & FIN |       |
| หน้าต่างกระฉกขนาด 1.00x1.00 ม. |       |       |       | อุปกรณ์บังแดดขนาด    |       |       | 1.00 เมตร      |       |
| ตัวแปร                         | ทิศ   |       |       |                      |       |       |                |       |
|                                | NE    | E     | SE    | S                    | SW    | W     | NW             | N     |
| SF                             | 138.7 | 179.0 | 186.9 | 178.2                | 180.7 | 171.5 | 134.3          | 111.3 |
| SC <sub>1</sub>                | 0.96  | 0.96  | 0.96  | 0.96                 | 0.96  | 0.96  | 0.96           | 0.96  |
| SC <sub>2</sub>                | 0.714 | 0.629 | 0.581 | 0.550                | 0.599 | 0.664 | 0.765          | 0.885 |
| SC                             | 0.685 | 0.604 | 0.558 | 0.528                | 0.575 | 0.637 | 0.734          | 0.850 |
| Q (W/m <sup>2</sup> )          | 124.5 | 137.5 | 133.8 | 123.6                | 133.4 | 138.7 | 128.1          | 124.1 |

เอกสารนี้ให้ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้โดยไม่ผ่านการอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 แสดงการคำนวณปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากรังสีดวงอาทิตย์ กรณีมีอุปกรณ์บังแดด ยื่น 1.50 ม.



|                                    |       |       |       |                      |       |       |           |       |
|------------------------------------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-----------|-------|
| วัสดุ กระงะกิโลหนา 6 มม.           |       |       |       | ชนิดของอุปกรณ์บังแดด |       |       | OVERHANG  |       |
| หน้าต่างกระงะกิโลขนาด 1.00x1.00 ม. |       |       |       | อุปกรณ์บังแดดขนาด    |       |       | 1.50 เมตร |       |
| ตัวแปร                             | ทิศ   |       |       |                      |       |       |           |       |
|                                    | NE    | E     | SE    | S                    | SW    | W     | NW        | N     |
| SF                                 | 138.7 | 179.0 | 186.9 | 178.2                | 180.7 | 171.5 | 134.3     | 111.3 |
| SC <sub>1</sub>                    | 0.96  | 0.96  | 0.96  | 0.96                 | 0.96  | 0.96  | 0.96      | 0.96  |
| SC <sub>2</sub>                    | 0.736 | 0.624 | 0.583 | 0.564                | 0.594 | 0.647 | 0.772     | 0.885 |
| SC                                 | 0.707 | 0.599 | 0.560 | 0.541                | 0.570 | 0.621 | 0.741     | 0.850 |
| Q (W/m <sup>2</sup> )              | 127.6 | 136.6 | 134.1 | 125.9                | 132.6 | 136.0 | 129.0     | 124.1 |

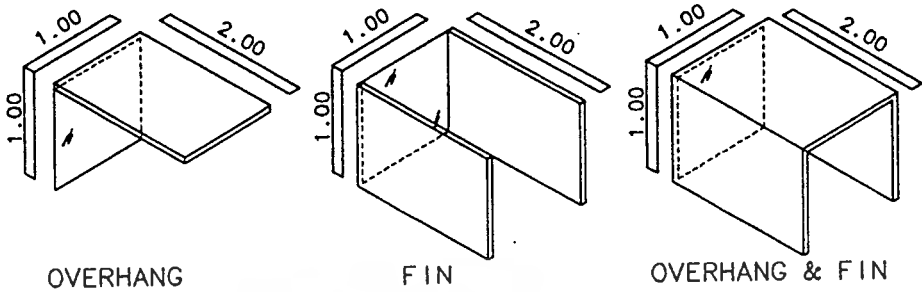
|                                    |       |       |       |                      |       |       |           |       |
|------------------------------------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-----------|-------|
| วัสดุ กระงะกิโลหนา 6 มม.           |       |       |       | ชนิดของอุปกรณ์บังแดด |       |       | FIN       |       |
| หน้าต่างกระงะกิโลขนาด 1.00x1.00 ม. |       |       |       | อุปกรณ์บังแดดขนาด    |       |       | 1.50 เมตร |       |
| ตัวแปร                             | ทิศ   |       |       |                      |       |       |           |       |
|                                    | NE    | E     | SE    | S                    | SW    | W     | NW        | N     |
| SF                                 | 138.7 | 179.0 | 186.9 | 178.2                | 180.7 | 171.5 | 134.3     | 111.3 |
| SC <sub>1</sub>                    | 0.96  | 0.96  | 0.96  | 0.96                 | 0.96  | 0.96  | 0.96      | 0.96  |
| SC <sub>2</sub>                    | 0.751 | 0.711 | 0.700 | 0.626                | 0.710 | 0.757 | 0.793     | 0.890 |
| SC                                 | 0.721 | 0.683 | 0.672 | 0.601                | 0.682 | 0.727 | 0.761     | 0.854 |
| Q (W/m <sup>2</sup> )              | 129.5 | 151.7 | 155.0 | 136.6                | 152.7 | 154.1 | 131.8     | 124.6 |

|                                    |       |       |       |                      |       |       |                |       |
|------------------------------------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|----------------|-------|
| วัสดุ กระงะกิโลหนา 6 มม.           |       |       |       | ชนิดของอุปกรณ์บังแดด |       |       | OVERHANG & FIN |       |
| หน้าต่างกระงะกิโลขนาด 1.00x1.00 ม. |       |       |       | อุปกรณ์บังแดดขนาด    |       |       | 1.50 เมตร      |       |
| ตัวแปร                             | ทิศ   |       |       |                      |       |       |                |       |
|                                    | NE    | E     | SE    | S                    | SW    | W     | NW             | N     |
| SF                                 | 138.7 | 179.0 | 186.9 | 178.2                | 180.7 | 171.5 | 134.3          | 111.3 |
| SC <sub>1</sub>                    | 0.96  | 0.96  | 0.96  | 0.96                 | 0.96  | 0.96  | 0.96           | 0.96  |
| SC <sub>2</sub>                    | 0.704 | 0.589 | 0.548 | 0.550                | 0.572 | 0.625 | 0.764          | 0.885 |
| SC                                 | 0.676 | 0.565 | 0.526 | 0.528                | 0.549 | 0.600 | 0.733          | 0.850 |
| Q (W/m <sup>2</sup> )              | 123.2 | 130.6 | 127.9 | 123.6                | 128.7 | 132.4 | 127.9          | 124.1 |

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินส่วนราชการสงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้เพื่อการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 แสดงการคำนวณปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากรังสีดวงอาทิตย์ กรณีมีอุปกรณ์บังแดด ยื่น 2.00 ม.



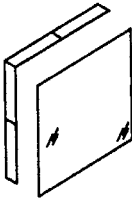
|                                |       |       |       |                      |       |       |           |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-----------|-------|
| วัสดุ กระงกโลหะหนา 6 มม.       |       |       |       | ชนิดของอุปกรณ์บังแดด |       |       | OVERHANG  |       |
| หน้าต่างกระงกขนาด 1.00x1.00 ม. |       |       |       | อุปกรณ์บังแดดขนาด    |       |       | 2.00 เมตร |       |
| ตัวแปร                         | ทิศ   |       |       |                      |       |       |           |       |
|                                | NE    | E     | SE    | S                    | SW    | W     | NW        | N     |
| SF                             | 138.7 | 179.0 | 186.9 | 178.2                | 180.7 | 171.5 | 134.3     | 111.3 |
| SC <sub>1</sub>                | 0.96  | 0.96  | 0.96  | 0.96                 | 0.96  | 0.96  | 0.96      | 0.96  |
| SC <sub>2</sub>                | 0.726 | 0.600 | 0.563 | 0.558                | 0.575 | 0.625 | 0.765     | 0.885 |
| SC                             | 0.697 | 0.576 | 0.540 | 0.536                | 0.552 | 0.600 | 0.734     | 0.850 |
| Q (W/m <sup>2</sup> )          | 126.2 | 132.6 | 130.5 | 125.1                | 129.3 | 132.5 | 128.0     | 124.1 |

|                                |       |       |       |                      |       |       |           |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-----------|-------|
| วัสดุ กระงกโลหะหนา 6 มม.       |       |       |       | ชนิดของอุปกรณ์บังแดด |       |       | FIN       |       |
| หน้าต่างกระงกขนาด 1.00x1.00 ม. |       |       |       | อุปกรณ์บังแดดขนาด    |       |       | 2.00 เมตร |       |
| ตัวแปร                         | ทิศ   |       |       |                      |       |       |           |       |
|                                | NE    | E     | SE    | S                    | SW    | W     | NW        | N     |
| SF                             | 138.7 | 179.0 | 186.9 | 178.2                | 180.7 | 171.5 | 134.3     | 111.3 |
| SC <sub>1</sub>                | 0.96  | 0.96  | 0.96  | 0.96                 | 0.96  | 0.96  | 0.96      | 0.96  |
| SC <sub>2</sub>                | 0.721 | 0.667 | 0.665 | 0.604                | 0.675 | 0.719 | 0.783     | 0.531 |
| SC                             | 0.692 | 0.640 | 0.638 | 0.580                | 0.648 | 0.690 | 0.752     | 0.510 |
| Q (W/m <sup>2</sup> )          | 125.5 | 144.0 | 148.7 | 132.8                | 146.7 | 147.9 | 130.6     | 124.2 |

|                                |       |       |       |                      |       |       |                |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|----------------|-------|
| วัสดุ กระงกโลหะหนา 6 มม.       |       |       |       | ชนิดของอุปกรณ์บังแดด |       |       | OVERHANG & FIN |       |
| หน้าต่างกระงกขนาด 1.00x1.00 ม. |       |       |       | อุปกรณ์บังแดดขนาด    |       |       | 2.00 เมตร      |       |
| ตัวแปร                         | ทิศ   |       |       |                      |       |       |                |       |
|                                | NE    | E     | SE    | S                    | SW    | W     | NW             | N     |
| SF                             | 138.7 | 179.0 | 186.9 | 178.2                | 180.7 | 171.5 | 134.3          | 111.3 |
| SC <sub>1</sub>                | 0.96  | 0.96  | 0.96  | 0.96                 | 0.96  | 0.96  | 0.96           | 0.96  |
| SC <sub>2</sub>                | 0.700 | 0.569 | 0.535 | 0.550                | 0.563 | 0.610 | 0.763          | 0.885 |
| SC                             | 0.672 | 0.546 | 0.514 | 0.528                | 0.540 | 0.586 | 0.732          | 0.850 |
| Q (W/m <sup>2</sup> )          | 122.7 | 127.2 | 125.5 | 123.6                | 127.2 | 130.1 | 127.8          | 124.1 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

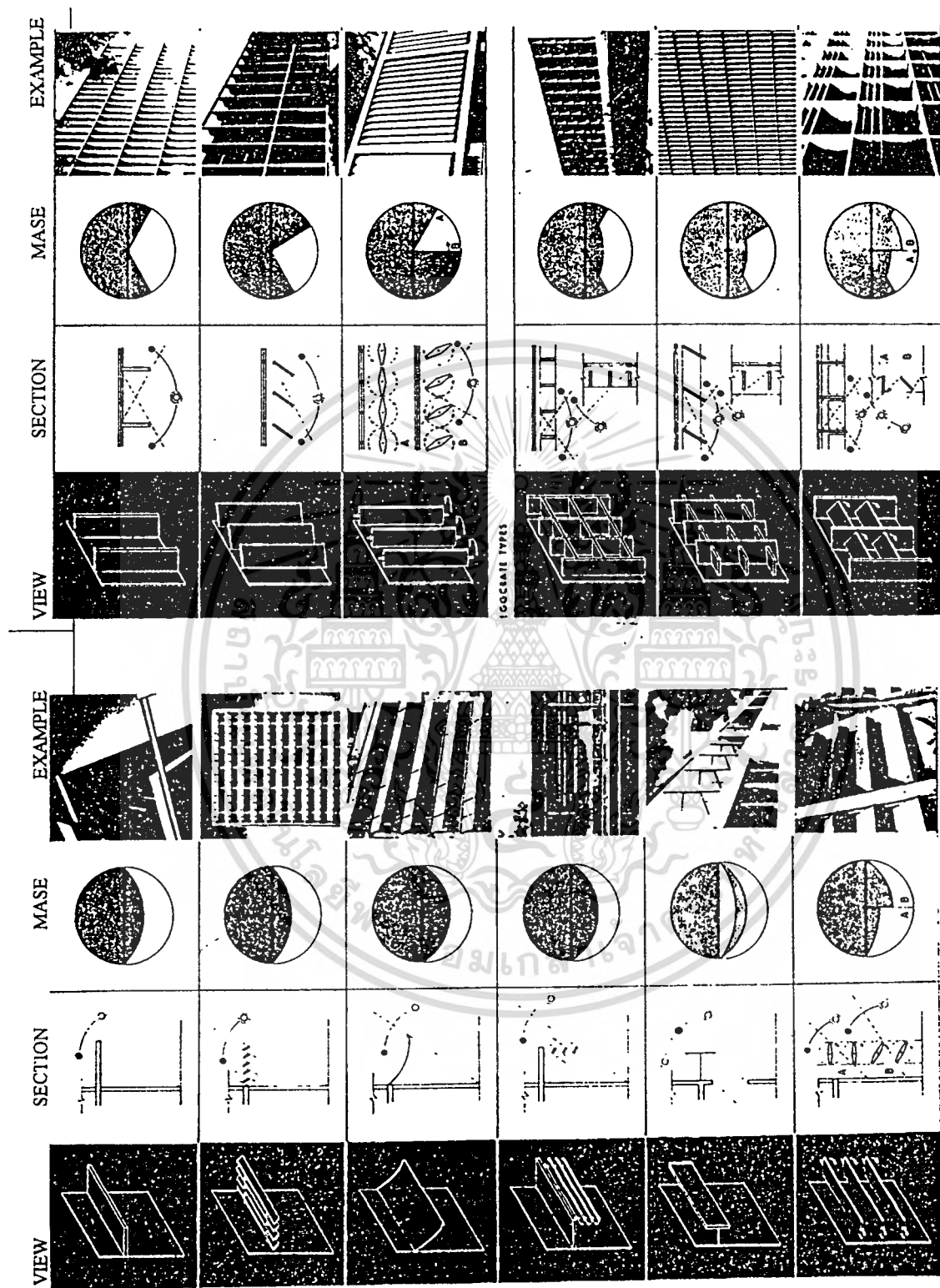
ตารางที่ 5.7 แสดงการคำนวณปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นจากรังสีดวงอาทิตย์ กรณีมีอุปกรณ์บังแดด ยื่น 0.00 ม.



| วัสดุ กระฉกใสหนา 6 มม.         |       |       |       | ชนิดของอุปกรณ์บังแดด |       |       | -         |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-----------|-------|
| หน้าต่างกระฉกขนาด 1.00x1.00 ม. |       |       |       | อุปกรณ์บังแดดขนาด    |       |       | 0.00 เมตร |       |
| ตัวแปร                         | ทิศ   |       |       |                      |       |       |           |       |
|                                | NE    | E     | SE    | S                    | SW    | W     | NW        | N     |
| SF                             | 138.7 | 179.0 | 186.9 | 178.2                | 180.7 | 171.5 | 134.3     | 111.3 |
| SC <sub>1</sub>                | 0.96  | 0.96  | 0.96  | 0.96                 | 0.96  | 0.96  | 0.96      | 0.96  |
| SC <sub>2</sub>                | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00                 | 1.00  | 1.00  | 1.00      | 1.00  |
| SC                             | 0.791 | 0.744 | 0.704 | 0.661                | 0.707 | 0.754 | 0.802     | 0.860 |
| Q (W/m <sup>2</sup> )          | 163.0 | 201.4 | 209.1 | 199.9                | 203.0 | 187.6 | 158.4     | 136.9 |

ตารางที่ 5.8 แสดงชนิดของอุปกรณ์บังแดดที่ป้องกันรังสีตรงได้ดี กับทิศต่างๆ จากมากไปหาน้อย

| ทิศ                | ชนิดของอุปกรณ์บังแดดที่มีได้ผลดีกับทิศ จากมากไปหาน้อย |                                   |                                   |
|--------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| เหนือ              | <input type="checkbox"/> Eggcrate                     | <input type="checkbox"/> Fin      | <input type="checkbox"/> Overhang |
| ใต้                | <input type="checkbox"/> Eggcrate                     | <input type="checkbox"/> Overhang | <input type="checkbox"/> Fin      |
| ตะวันออก           | <input type="checkbox"/> Eggcrate                     | <input type="checkbox"/> Overhang | <input type="checkbox"/> Fin      |
| ตะวันตก            | <input type="checkbox"/> Eggcrate                     | <input type="checkbox"/> Overhang | <input type="checkbox"/> Fin      |
| ตะวันออกเฉียงเหนือ | <input type="checkbox"/> Eggcrate                     | <input type="checkbox"/> Overhang | <input type="checkbox"/> Fin      |
| ตะวันออกเฉียงใต้   | <input type="checkbox"/> Eggcrate                     | <input type="checkbox"/> Overhang | <input type="checkbox"/> Fin      |
| ตะวันตกเฉียงเหนือ  | <input type="checkbox"/> Eggcrate                     | <input type="checkbox"/> Overhang | <input type="checkbox"/> Fin      |
| ตะวันตกเฉียงใต้    | <input type="checkbox"/> Eggcrate                     | <input type="checkbox"/> Overhang | <input type="checkbox"/> Fin      |



ภาพที่ 5.31 แสดงรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่นำมาใช้กันโดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้เหมาะสมกับขนาดของหน้าต่าง ซึ่งแปรผันตามขนาดของหน้าต่าง และชนิดของอุปกรณ์บังแดด ซึ่งในการออกแบบชนิดของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสม ในการเลือกใช้งานในอาคารพักอาศัย นั้นอุปกรณ์บังแดดชนิดราบ (Overhang) มีความเหมาะสมทั้งทางด้านการสามารถในการใช้งานทุกทิศทาง มีผลกระทบต่อมุมมองออกสู่ภายนอกน้อยกว่าชนิดอื่น สามารถป้องกันน้ำฝนได้ หน้าต่างในอาคารพักอาศัยโดยส่วนใหญ่จะมีความสูงประมาณ 1.10 ม. รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดชนิดราบ (Overhang) ควรมีขนาดที่เหมาะสมตามทิศ เพื่อการป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (ซึ่งส่งผลกระทบต่อความร้อนภายในอาคาร) ซึ่งผู้ออกแบบสามารถเปลี่ยนแปลงตามรูปแบบอาคาร ชนิดของอุปกรณ์บังแดด ขนาดของหน้าต่าง ช่องเปิด และเวลาที่ใช้ในการออกแบบ

ค่ามุมรังสีดวงอาทิตย์ในเขต กทม. ของทิศต่างๆ นั้นเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาต่างๆ ของเดือน จากข้อมูลการโคจรของดวงอาทิตย์ในเขต กทม. ซึ่งผู้วิจัยได้นำข้อมูลมาเขียนเป็นค่ามุมของการโคจรของดวงอาทิตย์ แยกค่ามุมของเงาทางตั้ง ( $\theta_1$ ) และมุมของเงาทางแนวนอน ( $\theta_2$ ) พร้อมทั้งขนาดระยะ ซึ่งสามารถหาขนาดของ ระยะของเงาทั้งทางตั้ง และทางนอน ตามตำแหน่งของทิศต่างๆ ซึ่งเดือนที่นำมาพิจารณาของแต่ละทิศนั้น ศึกษาจากการโคจรของดวงอาทิตย์ ในแต่ละทิศ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์จะแตกต่างกัน ซึ่งมุมของดวงอาทิตย์ ณ ตำแหน่งทิศต่างๆ จะคิดจากเวลาที่ดวงอาทิตย์ต้องมายังโลกมีระยะเวลากลางวัน และกลางคืน 12 ชม. เท่ากัน ดวงอาทิตย์จะอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรพอดี คือวันที่ 21 มีนาคม ซึ่งเรียกว่า Spring Equinox และวันที่ 23 กันยายน ซึ่งเรียกว่า Autumn Equinox วันที่ 21 มิถุนายน ซึ่งเรียกว่า Summer Solstics นั้นซีกโลกเหนือจะเบนเข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุด ดังนั้นจึงเป็นกลางฤดูร้อน กลางวันจะมีระยะเวลายาวนานที่สุด ส่วนในวันที่ 22 ธันวาคม ซึ่งเรียกว่า Winter Solstics ซีกโลกเหนือเบนออกจากดวงอาทิตย์มากที่สุด กลางคืนจะมีระยะเวลายาวนานที่สุด เป็นระยะกลางฤดูหนาว ซึ่งจากเหตุผลดังที่กล่าวมา ในการหาค่ามุมของเงา ในทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ จึงหาค่ามุมของเงาที่เดือน มิถุนายน ซึ่งดวงอาทิตย์จะอ้อมทางทิศเหนือสุด ในทิศตะวันออก ทิศตะวันตก คิดในวันที่ 21 มีนาคม ซึ่งดวงอาทิตย์จะอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ส่วนในทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ คิดในวันที่ 22 ธันวาคม ซึ่งเป็นเดือนที่ดวงอาทิตย์อ้อมได้มากที่สุด จาก ภาพที่ 5.32 - 5.38 มีวิธีการใช้งานดังนี้

#### วิธีการหาค่ามุมของเงาทางตั้ง ( $\theta_1$ )

1. นำอุปกรณ์บังแดดชนิดนอน (Overhang) วางตรงตำแหน่งจุดกลางเส้น Base Line
2. เลื่อนอุปกรณ์บังแดดชนิดนอน(Overhang) ตามช่อง 1 ช่องเท่ากับ 1X (โดยสามารถจะแปร 1 ช่องเท่ากับ 1 ม. หรือ 1 ช่องเท่ากับ 0.50 ม. ก็ได้) เลื่อนตามขนาดความสูงของขนาดช่องเปิด
3. แล้วดูว่าช่วงเวลา (Time) ไหนที่มุมของเงา ตัดกับอุปกรณ์บังแดด เส้นที่มุมของเวลา (Time) ที่ไม่ตัดกับอุปกรณ์บังแดด แสดงว่าช่วงเวลานั้น อุปกรณ์บังแดดไม่สามารถจะป้องกันรังสีตรงดวงอาทิตย์ได้ และดูระยะตำแหน่งมุมของเงาทางตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



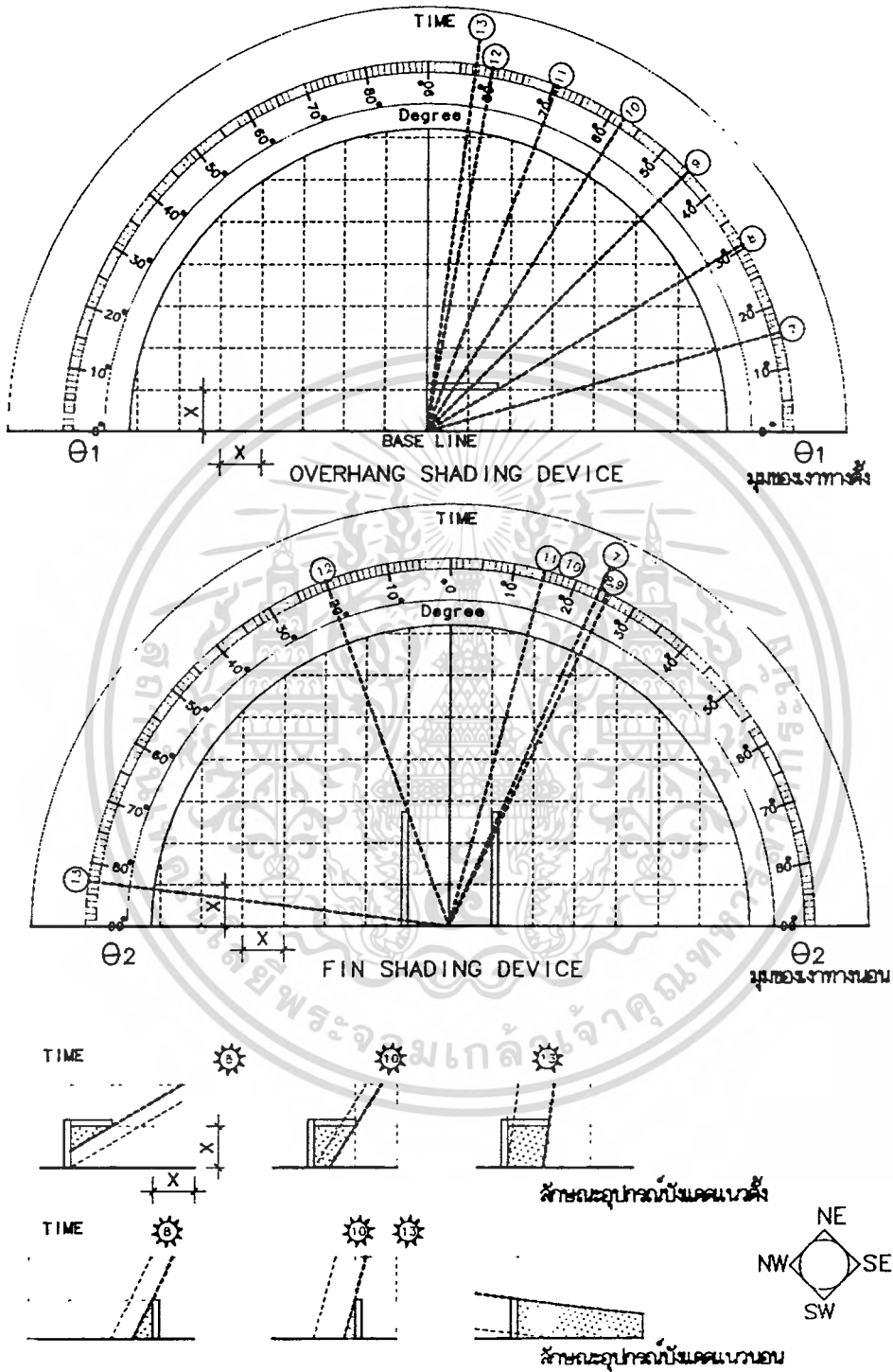
### วิธีการหาค่ามุมของเงาทางนอน (Θ<sub>2</sub>)

1. นำอุปกรณ์บังแดดชนิดตั้ง (Fin) วางตรงตำแหน่งจุดกึ่งกลางเส้น Base Line
2. ดูว่าช่วงเวลา (Time) ไหนที่มุมของเงาตัดกับอุปกรณ์บังแดด เส้นที่มุมของเวลา (Time) ที่ไม่ตรง แสดงว่าช่วงเวลานั้นอุปกรณ์บังแดดไม่สามารถจะป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ และ ดูระยะตำแหน่งมุมของเงาทางนอน





|                        |             |
|------------------------|-------------|
| ทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือ | 22 มิถุนายน |
|                        |             |

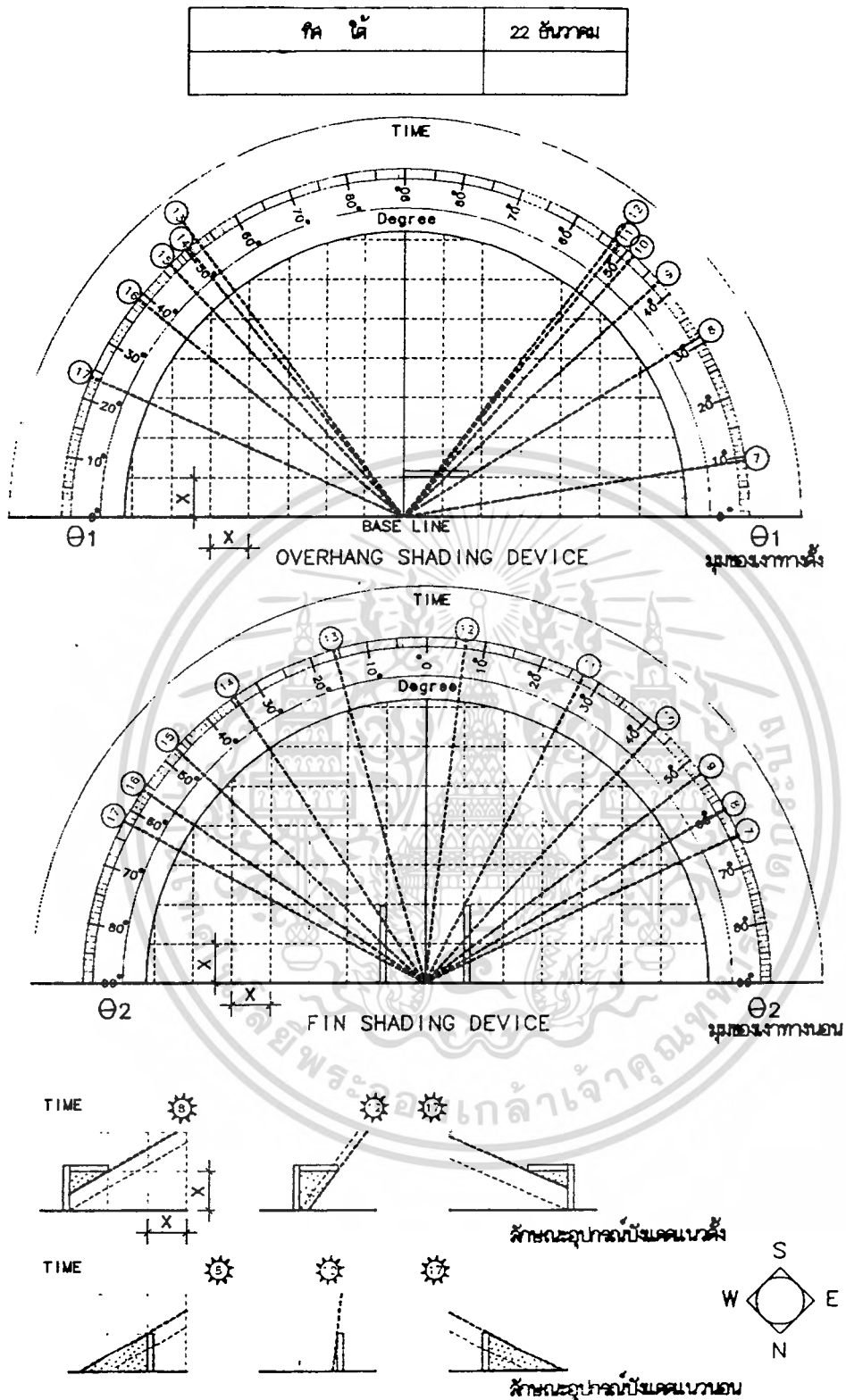


ช่วงเวลาที่ควรป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์

8.00 – 11.00 น.

ภาพที่ 5.33 แสดง ค่ามุมของ ดวงอาทิตย์ในทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ช่วงเวลาที่ควรป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์

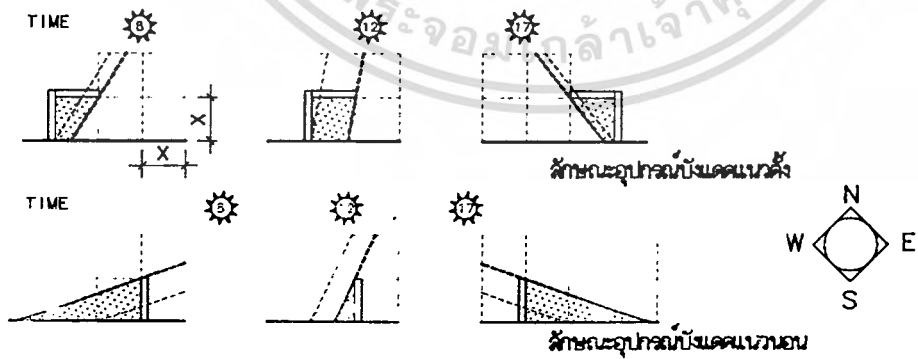
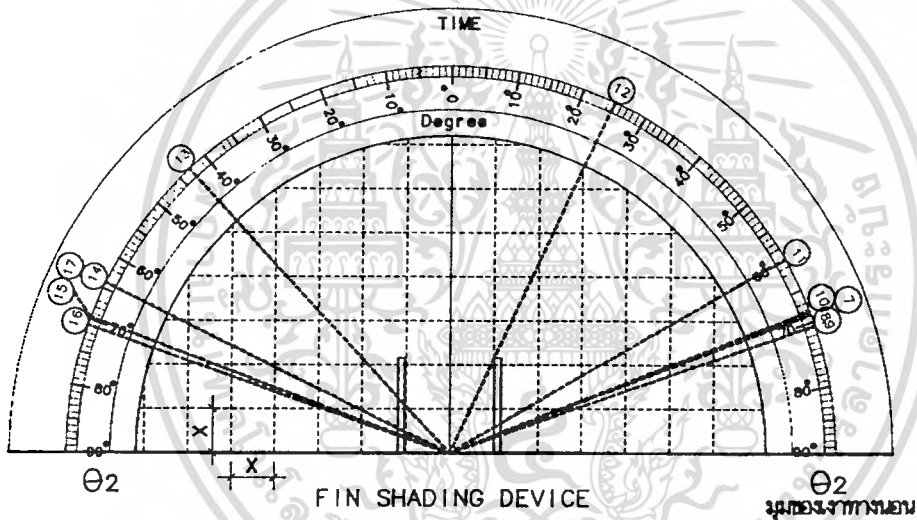
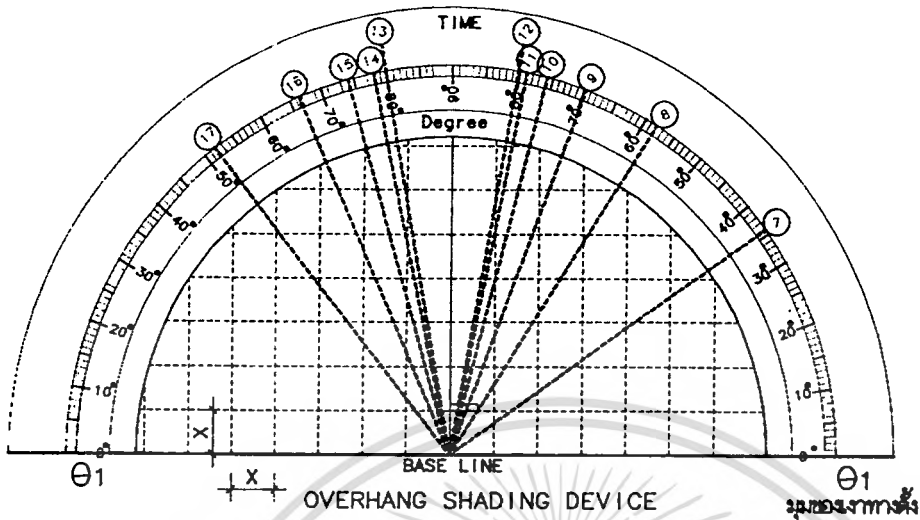
8.00 – 17.00 น.

ภาพที่ 5.34 แสดง ค่ามุมของ ดวงอาทิตย์ในทิศใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



|           |             |
|-----------|-------------|
| ทิศ เหนือ | 22 มิถุนายน |
|           |             |

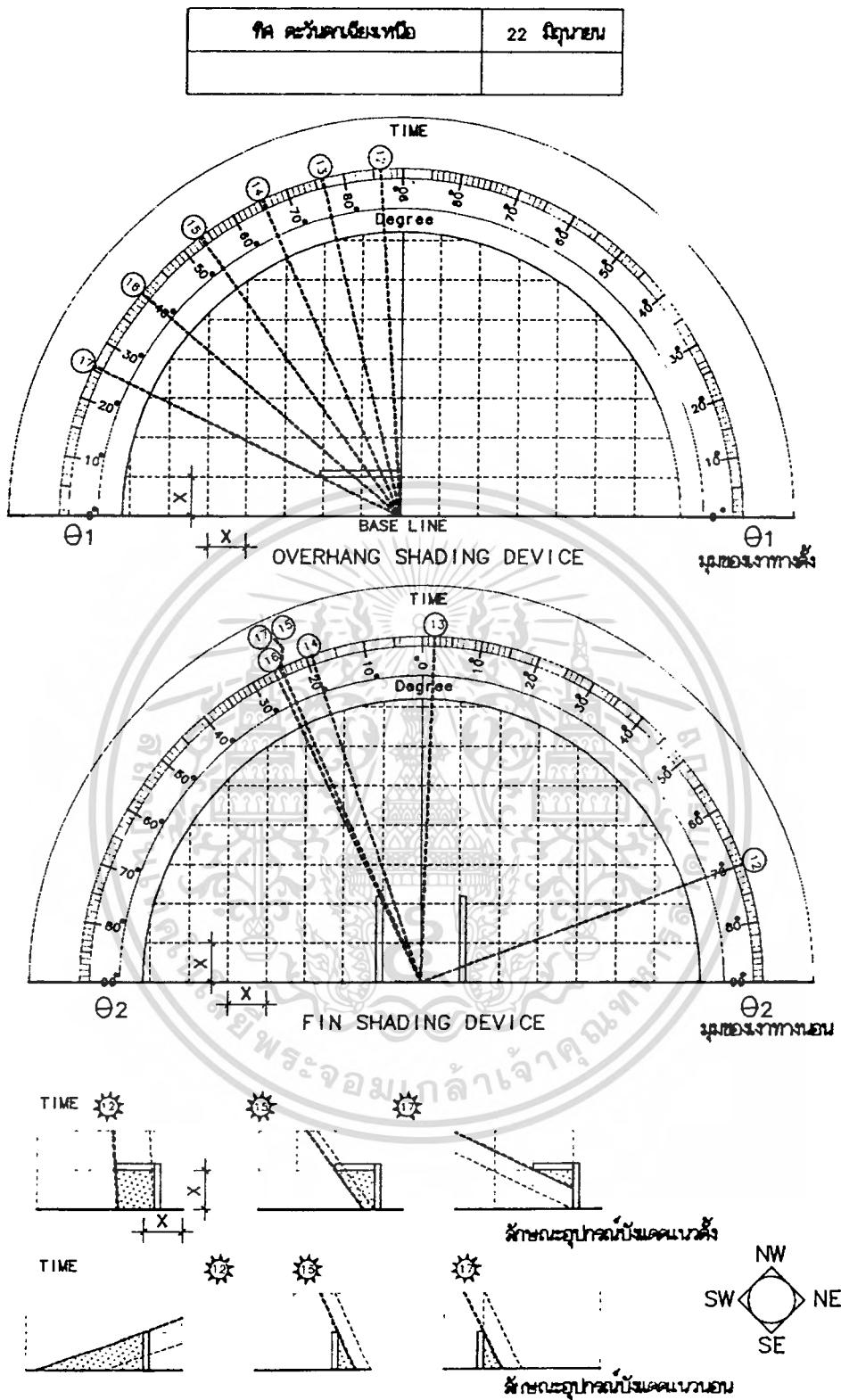


ช่วงเวลาที่ควรป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์

8.00 – 17.00 น.

ภาพที่ 5.36 แสดง ค่ามุมของ ดวงอาทิตย์ในทิศ เหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

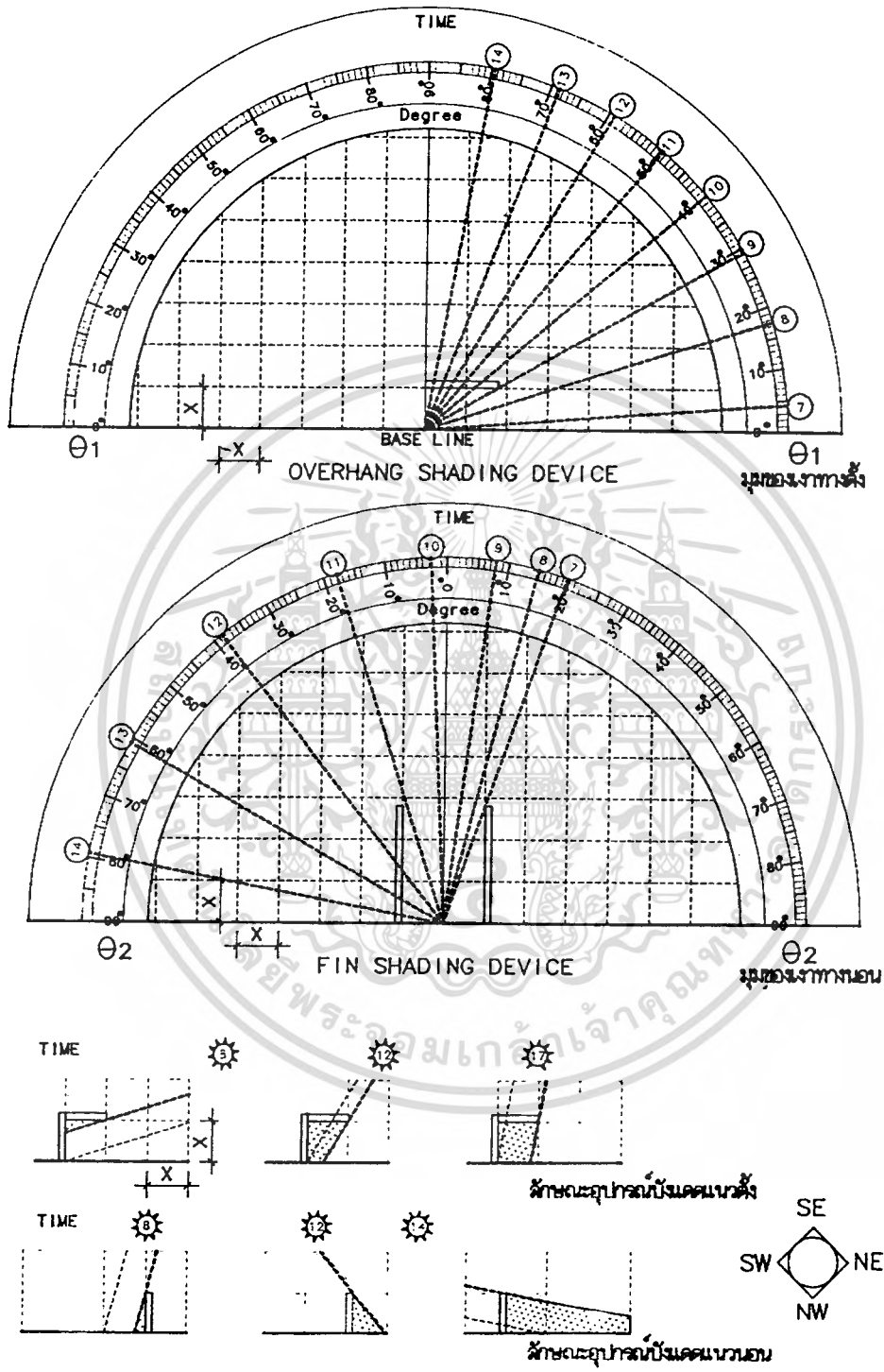


ช่วงเวลาที่ควรป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์

11.00 – 17.00 น.

ภาพที่ 5.37 แสดง ค่ามุมของ ดวงอาทิตย์ในทิศ ตะวันตกเฉียงเหนือ

|                      |            |
|----------------------|------------|
| ทิศ ตะวันออกเฉียงใต้ | 22 ธันวาคม |
|                      |            |



ช่วงเวลาที่ควรป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์

8.00 – 13.00 น.

ภาพที่ 5.38 แสดง ค่ามุมของ ดวงอาทิตย์ในทิศ ตะวันออกเฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กระแสนลมและการระบายอากาศ ที่มีผลต่อช่องเปิด

กระแสนลม คือ อากาศที่เคลื่อนไหวเกิดขึ้นได้ดังนี้

- 1. ความแตกต่างของอุณหภูมิ
- 2. ความแตกต่างของความกดอากาศ

ลมเป็นปัจจัยสำคัญทางด้านภูมิอากาศ ในฤดูหนาวลมจะแทรกซึมเข้ามาในอาคารและทำให้เย็นเกินไป ภูมิอากาศร้อนขึ้นลมจะช่วยลดความไม่สบายของอากาศที่ขึ้นมากโดยจะช่วยทำให้เหนือที่ผิวผนังระบายเร็วขึ้น ในอากาศร้อนแห้งลมจะช่วยให้การระบายของน้ำทำให้อากาศมีความชื้นเพิ่มขึ้น การที่ผู้ออกแบบจะใช้ลมมาช่วยปรับและควบคุมสภาวะน่าสบายนั้น สามารถตัดสินใจจากข้อมูลของ

- 1. ทิศทางของกระแสนลม (Wind Direction) ที่เกิดขึ้น
- 2. ความเร็วลม (Wind Speed)
- 3. ความถี่ที่เกิด (Wind Frequency)

กระแสนลมที่จะใช้ประโยชน์ในการระบายอากาศภายในอาคาร ควรใช้ความเร็วลมประมาณ 16 - 30 เมตรต่อวินาที ดังแสดงในตารางที่ 8.1

ตารางที่ 6.1 แสดงความเร็วของลมที่มีผลต่อความรู้สึกของร่างกาย

| ความเร็วลม            | ลักษณะ                              |
|-----------------------|-------------------------------------|
| 15 เมตรต่อวินาที      | พอสังเกตได้ แต่ยังไม่รู้สึกมากนัก   |
| 16 - 30 เมตรต่อวินาที | กำลังสบายดี                         |
| 31 - 60 เมตรต่อวินาที | สบายโดยทั่วไป ต้องระวังสุขภาพ       |
| 61 - 90 เมตรต่อวินาที | ลมแรงขึ้น ต้องระวังสุขภาพให้มากขึ้น |
| 91 เมตรขึ้นไป         | ลมแรงเกินไป เป็นอันตรายต่อสุขภาพ    |

ที่มา : ศรีใจ บุณยสมภพ. “การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย” (กรุงเทพฯ : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร 2514) , หน้า 103.

## 6.1 การเปลี่ยนอัตราแรงลม กับลักษณะภูมิประเทศ

ปัจจุบันมีอาคารสูงในกรุงเทพมหานครเพิ่มขึ้นมาก แรงลมจึงมีส่วนสำคัญ เมื่อความสูงเพิ่ม แรงลมก็เพิ่มขึ้น การออกแบบอาคารสูงจึงต้องคิดถึงรูปอาคาร โครงสร้างและการเลือกใช้วัสดุ สำหรับเป็นส่วนประกอบภายนอกอาคารให้สามารถต้านทานแรงลม ความขรุขระของผิวพื้นโลกจะเป็นเครื่องถ่วงทำให้กำลังลมลดลง แรงลมในระดับต่ำจะช้าลงโดยผิวที่ขรุขระ แรงลมจะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับสูงขึ้น การเปลี่ยนความเร็วของลมซึ่งสัมพันธ์กับความสูงนี้เรียกว่า “Wind gradient” ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศ

การประมาณความเร็วของลมในระดับความสูงต่าง ๆ ที่มีผลแตกต่างกันไปตามความสูงและความแตกต่างของพื้นผิวบริเวณที่ตั้งอาคารนั้น ซึ่งพื้นผิวในที่นี้หมายถึง บริเวณที่ตั้งที่เป็นเมืองมีอาคารสิ่งก่อสร้างมาก หรือบริเวณทุ่งหญ้าโล่ง ซึ่งแรงลมจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงความพื้นผิวที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถประมาณได้ดังสมการดังนี้<sup>31</sup>

$$V_2 = V_1(H_2 / H_1)^n \quad (6.1)$$

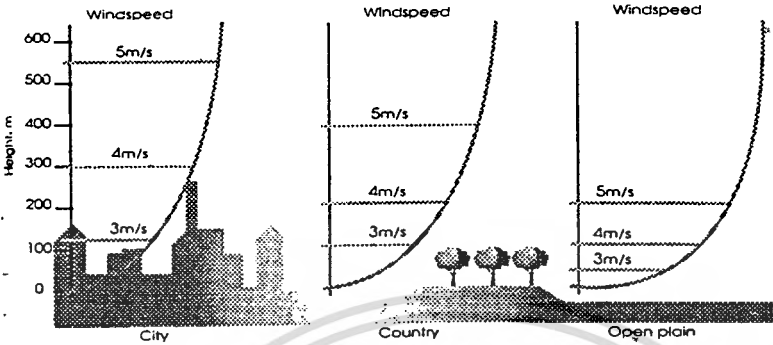
โดยที่  $V_2$  = ความเร็วลมที่ความสูง  $H_2$   
 $V_1$  = ความเร็วลม (ค่าข้อมูลความเร็ว ในระดับความสูง  $H_1$ )  
 $H_2$  = ความสูง  
 $H_1$  = ความสูงลาด (ค่าข้อมูลความสูง ในระดับความเร็ว  $V_1$ )  
 $n$  = ค่าตัวแปรของสภาพภูมิประเทศดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 แสดงค่าตัวแปร (a) ของสภาพภูมิประเทศในการคิดอัตราแรงลม

| สภาพแวดล้อมบริเวณรอบอาคาร      | ตัวแปร (n) |
|--------------------------------|------------|
| ไม่มีสิ่งปกคลุม, พื้นเรียบ     | 0.10       |
| มีสิ่งปกคลุมเล็กน้อย, ทุ่งโล่ง | 0.16       |
| ทุ่งโล่งสลับต้นไม้เตี้ย        | 0.18       |
| ต้นไม้สูงสลับต้นไม้เตี้ย       | 0.20       |
| ป่าทึบ                         | 0.30       |
| ในตัวเมือง                     | 0.40       |

<sup>31</sup> Henry J. Cowan, “Handbook of Architectural Technology” (New York : Van Nostrand Reinhold, 1991) , p.135.

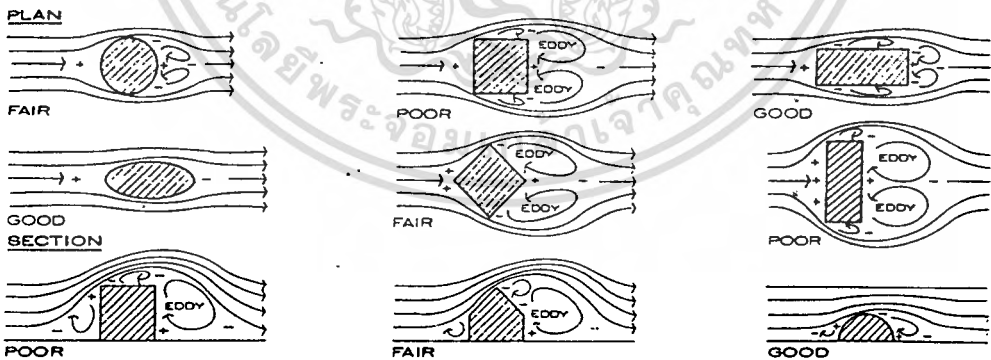
ในจังหวัดกรุงเทพมหานครซึ่งในเขตชั้นในมีอาคารสูงต่ำสลับกัน กระแสลมในระดับต่ำจึงมีความเร็วลมต่ำ การพิจารณาความเร็วลมในการออกแบบอาคารในกรุงเทพมหานคร ควรคำนึงถึงสภาพภูมิอากาศของพื้นที่โดยรอบ ความสูงของอาคาร และความเร็วลม ดังใน ภาพที่ 6.1



ภาพที่ 6.1 แสดงความเร็วลมที่ความสูงต่างๆ ที่พัดผ่านย่านเมือง, ชนบทและที่ราบโล่ง <sup>32</sup>

6.2 รูปแบบกระแสลมที่พัดผ่านอาคาร และช่องเปิด

การออกแบบอาคารในเขตร้อน ควรคำนึงถึงการถ่ายเทอากาศตามธรรมชาติให้มากที่สุด เพื่อลดการใช้พลังงานจากเครื่องกล แต่ไม่สูญเสียสภาพความสบายไป การออกแบบให้กระแสลมระบายความร้อนที่ดี กระแสลมควรพัดผ่านเข้ามาในห้องโดยรอบร่างกายผู้อยู่อาศัย เพื่อเพิ่มความสบายให้แก่ร่างกายทำให้ได้รับอากาศบริสุทธิ์จากภายในห้องช่วยลดความร้อนและความชื้น



กระแสลมพัดเข้ามาปะทะอาคาร(+) และส่วนที่อับลม (-)

ภาพที่ 6.2 แสดงการเคลื่อนไหวของกระแสลมในรูปทรงของอาคารต่างๆ

<sup>32</sup> TG. Czdabra, Energy Efficient Design of Building in Thailand (Bangkok : Thai Gypsum Products Public Limited, 1995), P.26.  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การระบายอากาศ เป็นการเคลื่อนย้ายอากาศซึ่งเมื่อมีกระแสลมพัดผ่านอาคาร ลดพัดล้อมรอบอาคารส่วนที่กระแสลมพัดมาปะทะที่ผนังเรียกว่า เป็นเขตความกดอากาศสูง (+) ด้านท้ายลมของอาคารเรียกว่า เขตความกดอากาศต่ำ (-) เรียกว่า “Wind Shadow”

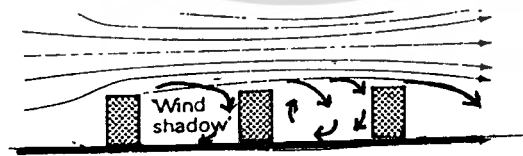
รูปทรงของอาคารมีผลต่อการเคลื่อนไหวของกระแสลม การไหลของกระแสลมจะโค้งตามรูปทรงของกรอบอาคาร ถ้ารูปทรงอาคารนั้นโค้ง แต่ถ้ามีอาคารมีมุมของรูปทรงจะทำให้กระแสลมเบนทิศทางออกไป ทำให้เกิดพื้นที่อับลมของกรอบรูปทรงมากขึ้นดัง ภาพที่ 6.2 แรงลมก่อให้เกิดการระบายอากาศภายในอาคาร โดยเกิดความกดดันที่แตกต่างกันที่ส่วนต้นและปลายของกระแสลม และความแตกต่างของอุณหภูมิควมอยู่ด้วย ทั้งนี้การระบายอากาศภายในอาคารจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับสภาพของบรรยากาศ และรูปแบบของอากาศ

### 6.2.1 การระบายอากาศโดยอาศัยแรงลม (Ventilation by wind forces)<sup>33</sup>

อาคารเป็นที่กีดกันทางลมแต่ไม่ได้หยุดกระแสลมเสียเลย ตรงตัวอาคารด้านรับลมเปลี่ยนทิศทางลมและมีแรงกดดันสูง ลักษณะของกระแสลมพัดอ้อมอาคารมีรูปแบบผิดแผกไปตามรูปเรขาคณิตของตัวอาคารและเปลี่ยนรูปแบบไปตามความแรงของกระแสลมในแนวโค้งมีทิศทางลมที่อ้อมตัวอาคาร ดัง ภาพที่ 6.3



แสดงกระแสลมพัดผ่านผังอาคารที่ตั้งตรงกันเรียงกัน แสดงกระแสลมพัดผ่านผังอาคารที่ตั้งสลับกัน



แสดงกระแสลมพัดผ่านรูปด้านตัวอาคารที่ตั้งเรียงกัน

ภาพที่ 6.3 แสดง กระแสลมที่พัดผ่านอาคารทางแนวตั้ง และแนวนอน

<sup>33</sup> Victor Olgyay “Design with climate”, Princeton. (New J. ersey : Princeton University Press.

กระแสลมที่พัดผ่านอาคารเป็นแนวเดียวกัน ถ้าอาคารมีความสูงเท่ากันและตั้งอยู่ในระดับ  
 ห่างที่เท่ากันทำให้อาคารที่อยู่ด้านหลัง เกิดพื้นที่อับลม ซึ่งถ้าต้องการวางผังอาคารให้ได้รับกระแส  
 ลมเกือบทุกอาคารควรจัดวางอาคารสลับกัน ถ้าจำเป็นต้องวางผังอาคารเรียงกันและให้รับกระแสลม  
 ด้วยนั้น ควรพิจารณาเขตอับลม (Wind shadow) ของอาคารที่บังลม โดยพิจารณาความกว้าง ความ  
 ยาวและความสูงของอาคารที่บังกระแสลมซึ่งจะหาเขตอับลม (Wind shadow) ได้ดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 แสดงสัดส่วนของอาคารที่มีผลต่อการเกิดส่วนที่อับลม<sup>34</sup>

| Building form | Width (W) | Height (H) | Roof pitch | Wind shadow length (x H) |     | 8A  | 16A | 24A | Wind direction |
|---------------|-----------|------------|------------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|----------------|
|               |           |            |            | 2A                       | 4A  |     |     |     |                |
| A             | A         | 0°         |            | 2½                       | 3½  | 5½  | 8   | 8½  |                |
| 2A            | A         | 0°         |            | 2                        | 2½  | 3½  | 6   | 7   |                |
| 3A            | A         | 0°         |            | 2½                       | 3½  | 4½  | 5½  | 5½  |                |
| A             | 2A        | 0°         |            | 5½                       | 8½  | 11½ | 16½ | 18  |                |
| A             | 3A        | 0°         |            | 6½                       | 11½ | 16½ | 18½ | 20½ |                |
| 2A            | 2A        | 45°        |            | 2½                       | 5½  | 9½  | 13½ | 15  |                |
| 2A            | 1.6A      | 30°        |            | 3                        | 4   | 6½  | 10  | 13  |                |
| 2A            | 1.5A      | 15°        |            | 3                        | 5½  | 8½  | 11½ | 14½ |                |
| 2A            | 1.5A      | 15°        |            | 2½                       | 4½  | 6½  | 11  | 13½ |                |

จากตารางที่ 6.3 สามารถจะอธิบายวิธีการตรวจสอบเขตอับลม (Wind Shadow) ได้ดัง

ภาพที่ 6.4

ตัวอย่าง มีอาคารหลังหนึ่ง

สัญลักษณ์ในรูปภาพที่ 8.6

ความกว้าง W = 3 ม.= A

ความยาว L = 6 ม.= 2A

ความสูง H = 3 ม.= A

พื้นที่อับลม = 2.5 H

∴ พื้นที่อับลมอยู่ห่างจากด้านหลังของอาคาร 7.5 ม.

W = ความกว้างของอาคาร

L = ความยาวของอาคาร

A = สัดส่วนความกว้างต่อความ

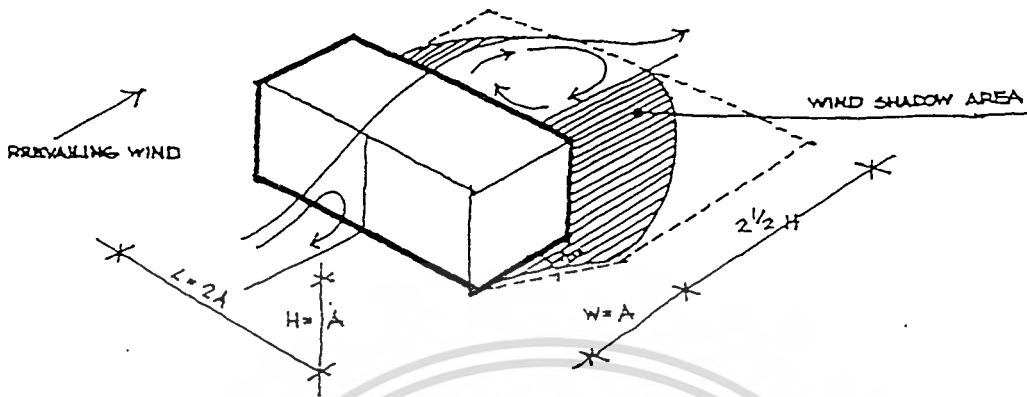
สูง, ความกว้างต่อความยาว

<sup>34</sup> R.H. Evan. "Natural Air Flow Around Building" (Texas Engineering Experiment Station,

Report59, March 1957), P.34.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สำนักงานส่งเสริมการศึกษานานาชาติไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6.4 แสดงตัวอย่างการหาระยะพื้นที่เขตอับลมของอาคาร

### 6.2.2 ลักษณะการพัดผ่านช่องเปิดของกระแสลม

ปริมาณ และทิศทางของกระแสลมที่พัดมากระทบช่องเปิด<sup>35</sup>

การวิเคราะห์กระแสลมที่พัดผ่านเข้ามาในอาคารนั้นเปรียบเทียบกับสองลักษณะ คือ

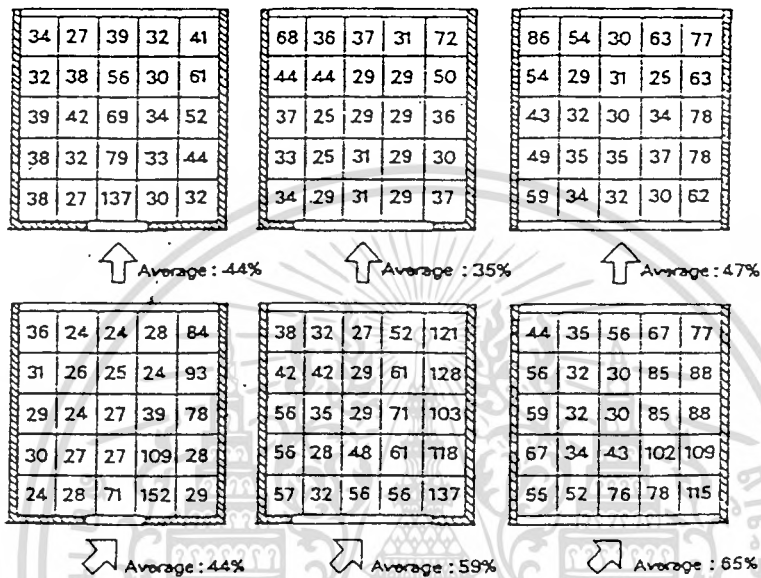
- กระแสลมพัดตั้งฉากกับช่องเปิด
- กระแสลมพัดทำมุม  $45^\circ$  องศา กับช่องเปิด

กระแสลมพัดตั้งฉากกับช่องเปิดนั้นจะทำให้กระแสลมพัดเข้าสู่อาคารแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดของช่องเปิด ดังเช่น ขนาดช่องเปิด 1 ส่วนใน 5 ส่วนจะสามารถรับกระแสลมได้ 44%, ขนาดช่องเปิด 3 ส่วนใน 5 ส่วนจะสามารถรับกระแสลมได้ 35%, ขนาดช่องเปิดทั้งพื้นที่ที่รับลมเปิดรับทั้งหมด จะสามารถรับกระแสลมได้ 47% ซึ่งส่วนช่องเปิดทางลมออกนี้คงที่เปิดทั้งหมด ดังภาพที่ 6.5

จาก ภาพที่ 6.5 จะเห็นได้ว่ากระแสลมพัดผ่านทำมุม  $45^\circ$  องศา กับช่องเปิดนั้นจะทำให้กระแสลมพัดเข้าสู่อาคารแตกต่างกัน กระแสลมที่พัดมาตั้งฉากกับหน้าต่าง ( $90^\circ$ ) กระแสลมที่พัดทำมุม  $45^\circ$  สามารถรับกระแสลมได้มากกว่า ความเร็วลมภายในอาคารก็มากกว่า ยกเว้นช่องเปิดที่มี

<sup>35</sup> Suthaya Kitprasert. "Passive Energy Efficiency for High Density Housing in a Tropical Climate" (New York : Renesselaer Polytechnic Institute 1985), P.77.

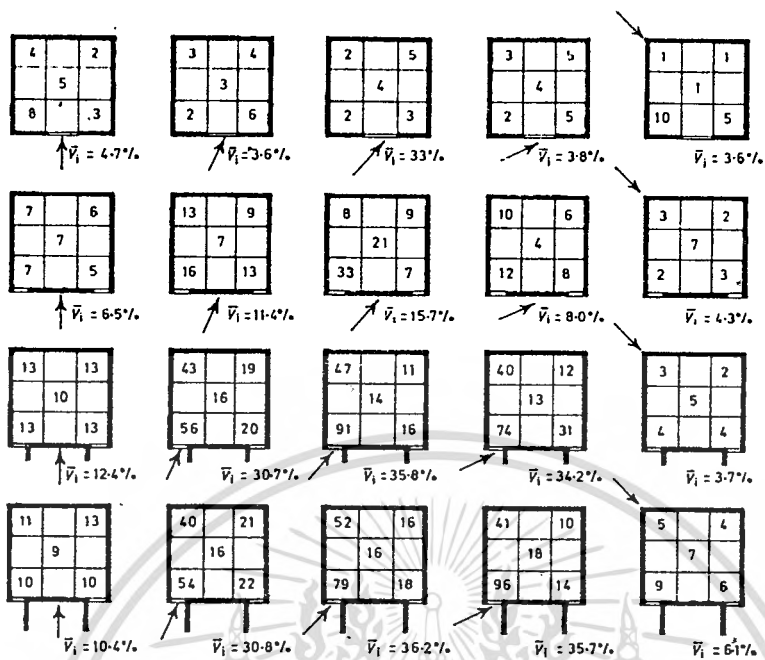
อัตราส่วน 1 ส่วนต่อ 5 จะรับกระแสลมได้ 44 % ถ้าช่องเปิด 3 ส่วนใน 5 ส่วนจะรับกระแสลมได้ 59 % และถ้าเปิดช่องเปิดทั้งหมดจะรับกระแสลมได้ 65 % ของกระแสลมได้ 65 % ของกระแสลมที่พัดมา 100 %



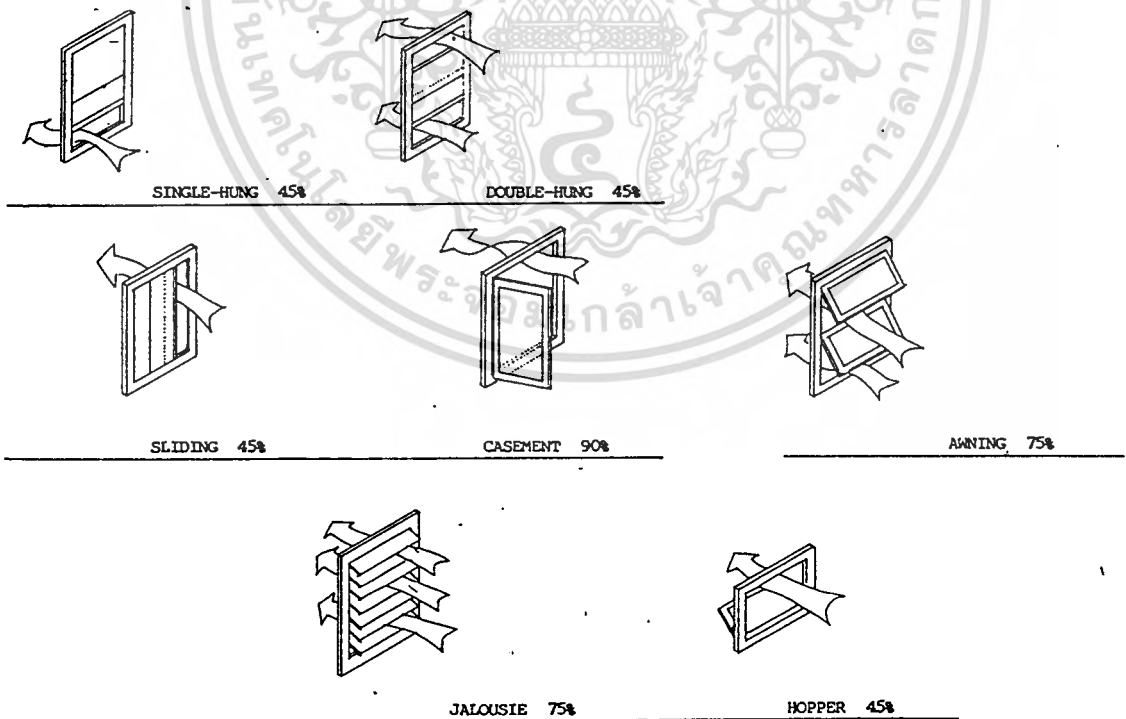
ภาพที่ 6.5 แสดงปริมาณกระแสลมต่อทิศทางกระแสลมที่ทำมุมกับช่องเปิด

การเปิดช่องเปิดให้กระแสลมเข้าภายในอาคาร ซึ่งทิศทางของกระแสลมจะมีผลต่อลักษณะความเร็วลมที่เข้าสู่ภายในห้อง การเปิดช่องเปิดให้ลมเข้า และลมออกทางด้านเดียว ทิศทางของกระแสลมที่ทำมุมต่อช่องเปิดทำให้ผลของกระแสลมที่เข้าสู่อาคารทางช่องเปิดแตกต่างกัน ซึ่งถ้ามีช่องเปิดอยู่ที่ทางด้านเดียว และมีอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิด มีผลแตกต่างกันดัง ภาพที่ 6.6

ถ้ามีแต่ช่องลมเข้าแต่ไม่มีช่องลมออก จะไม่มีการพัดผ่านภายในอาคารเลย ปริมาณการถ่ายเทสูงขึ้นตามขนาดของช่องลมที่ใหญ่มาก การระบายอากาศที่เหมาะสมในฤดูร้อนนั้น อัตราความเร็วของการถ่ายเทมีความสำคัญมากกว่าปริมาณการถ่ายเท ฉะนั้นช่องลมออกควรจะมีขนาดเล็กกว่าช่องลมเข้า เพื่อช่วยจำกัดอัตราเร็วภายในตัวอาคารไม่ให้สูงเกินไป ดู ภาพที่ 6.5 แสดงการวิเคราะห์ลักษณะการพัดผ่านทางช่องเปิด



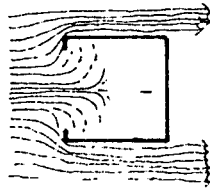
ภาพที่ 6.6 แสดงเปอร์เซ็นต์ความเร็วลมของช่องเปิดด้านเดียวที่มีผลต่อความเร็วลม



ภาพที่ 6.7 แสดงค่าประกอบประสิทธิภาพของช่องเปิดแบบต่าง ( Effective Open Area Factor)

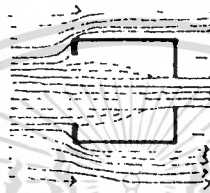
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





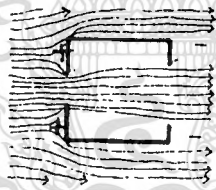
ไวก์ช่องลมออก

แสดงกระแสลมพัดผ่านอาคารที่เปิดทางเดียว



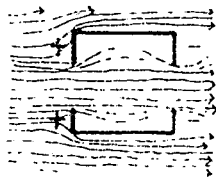
ช่องลมเข้ากว้าง ช่องออกเล็ก

แสดงกระแสลมพัดผ่านอาคารที่เปิดทางลมเข้า กว้างกว่าช่องลมออก



ช่องลมเข้าเล็ก ช่องออกกว้าง

แสดงกระแสลมพัดผ่านอาคารที่เปิดทางลมเข้า แคบกว่าช่องลมออก



ช่องลมเข้า เท่า ช่องออกแนวตรง

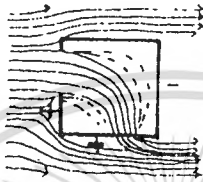
แสดงกระแสลมพัดผ่านอาคารที่มีทางลมเข้าและลมออกเท่ากัน

ภาพที่ 6.8 แสดงลักษณะกระแสลมที่พัดผ่านตามขนาดของช่องเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

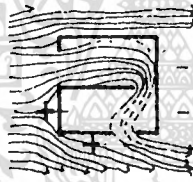
### 6.2.3 การจัดแบ่งห้อง (Divisions inside the house) ต่อการถ่ายเทอากาศ

รูปแบบการพัดผ่านภายในห้องนั้นขึ้นอยู่กับการจัดช่องลมรวมทั้งรูปเรขาคณิตของห้อง เมื่อจัดให้ลมเข้าเป็นแนวตรงให้อัตราการถ่ายเทสูงสุดคือ เท่ากับความเร็วของกระแสลม ถ้าจัดให้การพัดผ่านเบี่ยงเบนออกไปจากแนวของกระแสลม อัตราเร็วจะลดต่ำลง เครื่องเรือน อุปกรณ์ หรือผนังภายในห้องเป็นสิ่งที่กีดขวางกระแสลม จำเป็นต้องพิจารณาคำแหน่งที่จะติดตั้งหรือออกแบบให้เป็นอุปสรรคแก่การระบายอากาศให้น้อยที่สุด การจัดแบ่งห้องอาจจะแบ่งออกเป็น 2 หรือ 3 ส่วนซึ่งมีผลของกระระบายอากาศที่แตกต่างกันตาม ภาพที่ 6.9



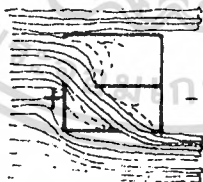
ช่องลมเข้ากว้าง ช่องออกเล็ก

แสดงกระแสลมพัดผ่านอาคารทางช่องเปิด ภายในไม่มีผนังกั้น, กระแสลม แรงจะพัดที่มุมหนึ่งของอาคารแล้วเบนออกเป็นวงโค้งเพื่อไปออกทางช่องเปิด



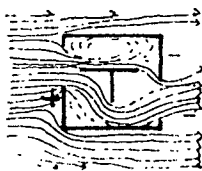
ช่องลมเข้ากว้าง ช่องออกเล็ก

แสดงกระแสลมพัดเข้า ภายในมีผนังกั้นและเจาะช่องเปิดที่ผนังกั้นด้านใน



ช่องลมเข้ากว้าง ช่องออกเล็ก

แสดงกระแสลมพัดเข้าภายในมีผนังกั้นและเจาะช่องเปิดผนังที่กั้นใกล้กับช่องรับลม



ช่องลมเข้าเท่าช่องออก

แสดงกระแสลมพัดเข้าภายในโดยมีผนังแบ่งห้องออกเป็น 3 ส่วนและเจาะช่องเปิด

ภาพที่ 6.9 แสดงกระแสลมที่มีผลต่อการจัดแบ่งผนังกั้นห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.4 การหน่วงเหนี่ยวการถ่ายเท (Inertia Effect)

เมื่อจัดช่องลมเข้าและช่องลมออกอยู่ในแนวตรงการพัดผ่าน อากาศในห้องส่วนที่อยู่นอกแนวกระแสลมจะ ไม่มีการถ่ายเท แต่เมื่อจัดช่องลมเข้าและช่องลมออกให้อยู่เอียงกันและกระแสลมพัดเฉียงพาให้อากาศในห้องเคลื่อนตามแนวการพัดผ่านด้วย

6.2.5 การจัดวางช่องลมเข้าและช่องลมออก

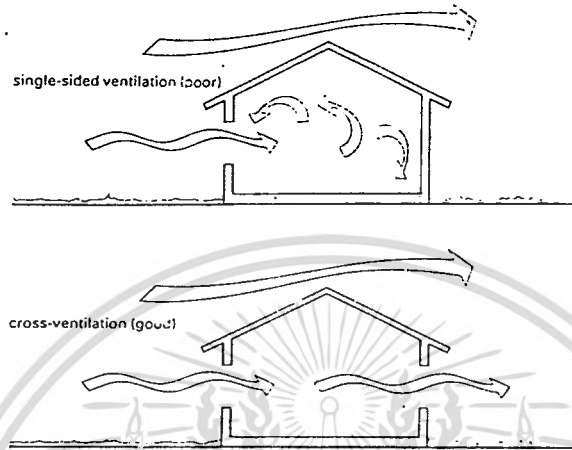
ช่องลมมีบทบาทสำคัญต่อการระบายอากาศในอาคาร ขนาดของช่องลมเป็นตัวกำหนดอัตราความเร็วของการถ่ายเทอากาศ เมื่อกำหนดตำแหน่งของช่องลมเข้าไว้ ณ ที่หนึ่งแล้วจัดวางช่องลมออกที่ระดับเพดาน ระดับกึ่งกลางห้องหรือใกล้พื้นห้อง ทั้งสามกรณีทีกล่าวมา ให้ปริมาณและรูปแบบการถ่ายเทเหมือนกัน แต่กรณีที่กำหนดตำแหน่งของช่องลมออกไว้ ณ ที่หนึ่งผลในด้านความสบายของผู้อยู่อาศัยจะแตกต่างกันไป ตามความสูง-ต่ำของช่องลมเข้า ความสบายของผู้ใช้นั้นมีอยู่ในที่ ที่มีลมพัดอ่อน ๆ ดู ภาพที่ 6.10



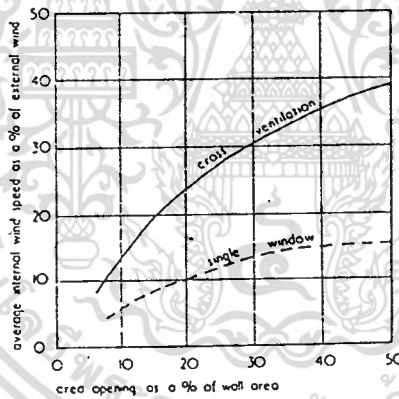
แสดงกระแสลมพัดผ่านเข้าช่องทางเปิดอยู่ต่ำ ช่องลมออกอยู่ระดับพื้น  
ภาพที่ 6.10 แสดงการจัดวางช่องลมเข้า และช่องลมออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปิดช่องเปิดควรให้กระแสลมพัดผ่านร่างกายผู้อยู่อาศัยภายใน เพื่อให้กระแสลมพัดพาความร้อนออกไป ซึ่งในการเปิดช่องเปิดรับกระแสลมควรเปิดช่องเปิดให้มีกระแสลมเข้าและช่องเปิดกระแสลม (Cross Ventilation) จะทำให้กระแสลมมีการถ่ายเทที่ดี แต่ถ้ามมีช่องเปิดเพียงลมเข้าทางเดียว (Single Ventilation) จะทำให้กระแสลมมีการถ่ายเทไม่สะดวก อากาศภายในอาคารไม่ถ่ายเท ดัง ภาพที่ 6.11 และ ภาพที่ 6.12



ภาพที่ 6.11 แสดงลักษณะของช่องเปิดแบบ Cross Ventilation และแบบ Single Ventilation



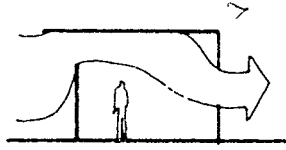
ภาพที่ 6.12 แสดงการเปรียบเทียบช่องเปิดแบบ Cross Ventilation กับสัดส่วนช่องเปิดต่อค่าเฉลี่ยความเร็วลม<sup>36</sup>

### 6.2.6 ผลของอุปกรณ์บังแดด ที่มีผลต่อการเปลี่ยนทิศทางของกระแสลม

ลักษณะภายนอกอาคารใกล้เคียงกับช่องลมเข้าทำให้รูปแบบของกระแสลมเปลี่ยนแปลงเช่น การจัดกันสาดในระดับเพดานห้องถึงมวลลมตรงช่องลมเข้าให้ผายกว้าง ช่วยให้มีการถ่ายเทสะดวก

<sup>36</sup> R.H. Evans. "Natural Air Flow Around Building" (Texas Engineering Experiment Station, Report 59, March 1957) P.36.

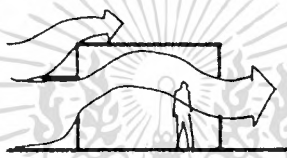
ขึ้น ถ้าเลื่อนกันสาดต่ำลงมาที่ระดับเหนือช่องลมเข้า กระแสลมเบนขึ้นสู่เพดาน แต่แม้เจาะช่องเป็นแนวยาวตรงมุมที่กันสาดติดกับผนังห้อง การถ่ายเทอากาศจะสะดวกขึ้น ดัง ภาพที่ 6.13 การใช้หน้าต่างบานเกล็ดมีผลต่อกระแสลม ขึ้นอยู่กับลักษณะของบานเกล็ดของช่องเปิดนั้น



ช่องเข้าอยู่บนมีกันสาด

ช่องออกอยู่กลาง

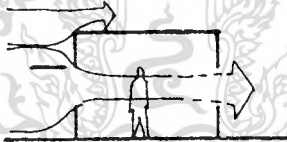
แสดงกระแสลมที่พัดผ่านช่องเปิดโดยออกแบบกันสาดในระดับบน



ช่องเข้าอยู่กลางเสมอกันสาด

ช่องออกอยู่กลาง

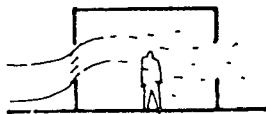
แสดงกระแสลมที่พัดผ่านช่องเปิด โดยออกแบบกันสาดในระดับเหนือหน้าต่าง



กันสาดห่างช่องเข้า

แรงลมจะอ่อนลงที่ช่องออก

แสดงกระแสลมที่พัดผ่านช่องเปิด โดยออกแบบกันสาดระดับเหนือหน้าต่าง และเปิดช่องเปิด ระหว่างกันสาดกับผนัง



ช่องเข้ามีบานเกล็ด

การเคลื่อนที่ลมจะช้า

แสดงกระแสลมที่พัดผ่านช่องเปิดหน้าต่างบานเกล็ด

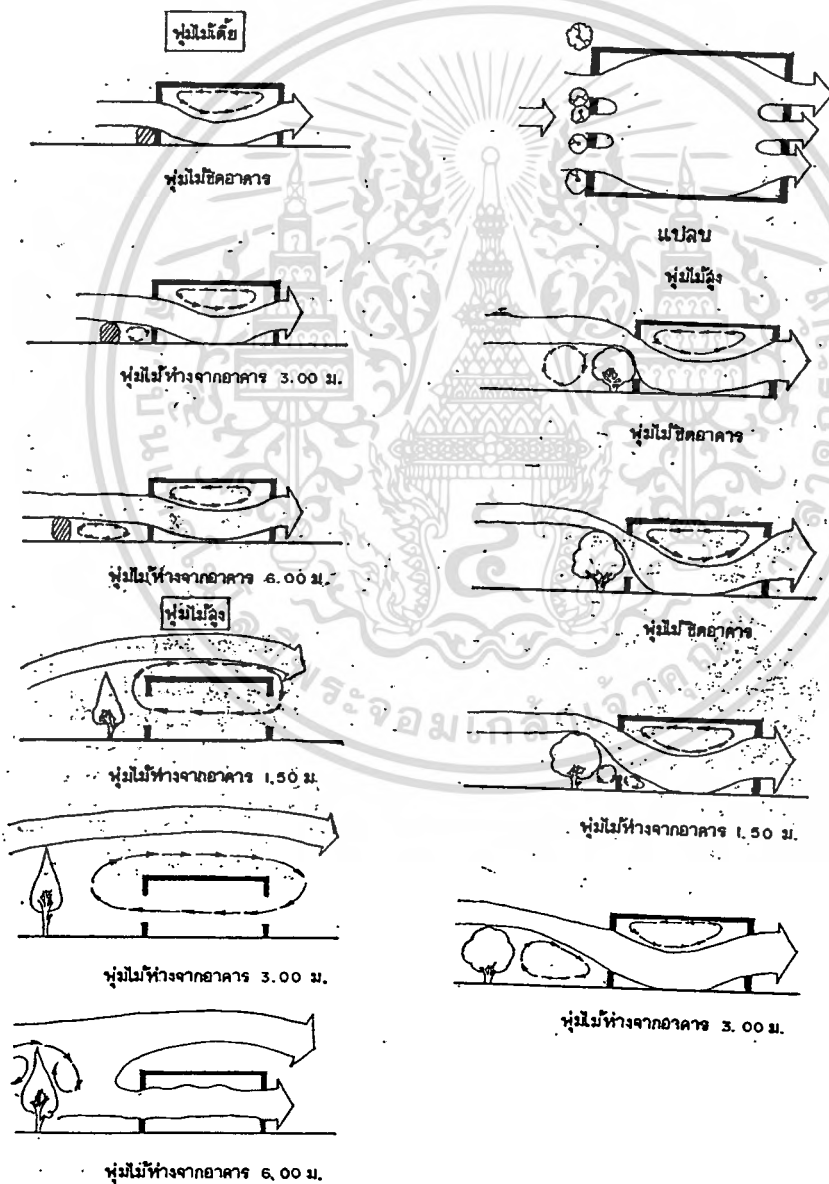
ภาพที่ 6.13 แสดงอุปกรณ์บังแดดที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกระแสลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 6.2.7 การถ่ายเทโดยความแตกต่างของอุณหภูมิ

ความแตกต่างของอุณหภูมิโดยธรรมชาติมีอยู่ระหว่างอากาศภายนอกและภายในอาคาร อากาศอุ่นขยายตัว ทำให้น้ำหนักเบาลงจึงลอยตัวขึ้นที่สูงอากาศที่เย็นกว่าในบริเวณข้างเคียงเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่ในช่องว่าง เมื่ออุณหภูมิภายนอกและภายในอาคารแตกต่างกันมาก และเปิดช่องลมเข้า และช่องลมออกขนาดเท่ากัน ส่วนอากาศร้อนภายในอาคารลอยตัวขึ้นสูงในลักษณะเดียวกับปล่องควัน

### 6.3 การจัดวางต้นไม้ที่มีผลต่อกระแสลม



ภาพที่ 6.14 แสดงระยะห่างของต้นไม้ที่มีผลต่อทิศทางของกระแสลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับปรุงรูปแบบกระแสนลมโดยการจัดวางต้นไม้ จะทำให้กระแสนลมเปลี่ยนทิศทาง ความเร็วลดลง ความแรงของกระแสนลมลดลง การใช้ประโยชน์จากต้นไม้ในการบังคับทิศทางลมและ ทำให้พื้นที่อาคารได้รับเงาป้องกันรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อุณหภูมิบริเวณใกล้เคียงลดลง ผนังส่วนใดที่ไม่ได้รับลมจะอบอุ่น การปลูกต้นไม้จะทำให้กระแสนลมเปลี่ยนแปลง ถ้าปลูกต้นไม้ให้อาคารสามารถทำให้ลมพัดเบนเข้าหาอาคารได้มากขึ้น และอาจจะลดจำนวนของกระแสนลมที่จะพัดเข้าอาคารได้ด้วย ต้นไม้ช่วยทำให้ลมพัดผ่านเข้าไปในอาคารเปลี่ยนทิศ และลดอุณหภูมิลง ต้นไม้ชนิดต่างๆที่จะนำมาปลูกให้อาคารจะเป็นต้นไม้ที่มีรูปทรงของขนาดต่างกัน เช่นต้นไม้ที่มีลักษณะสูงโปร่ง สูงทึบ พุ่มสูง พุ่มเตี้ย ฯลฯ จะมีผลต่อกระแสนลมที่แตกต่างกันดัง ภาพที่ 6.14<sup>37</sup>

กลุ่มต้นไม้ใหญ่ และพืชคลุมดินสามารถช่วยลดอุณหภูมิอากาศในช่วงอากาศร้อนจัดได้ถึง 3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ผิวหญ้าคลุมดิน ในวันที่ร้อนมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวดินถึง 5 ถึง 8 องศาเซลเซียส<sup>38</sup>

ต้นไม้ยังมีผลต่อกระแสนลมประจำถิ่น มวลต้นไม้ใหญ่สามารถเปลี่ยนทิศทางกระแสนลม ลดความเร็วของกระแสนลม และเพิ่มความเร็วของกระแสนลมได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของกลุ่มต้นไม้

#### 6.4 กระแสนลม และการระบายอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร

กระแสนลมในเขต กทม. ส่วนใหญ่เกิดจากลมประจำฤดู (Seasonal) ที่ส่งผลมีดังนี้

1. ลมมรสุมฤดูหนาว เริ่มต้นประมาณเดือนพฤศจิกายน จนถึงประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ อากาศเย็นจากประเทศจีนซึ่งพัดมาจากทิศเหนือ และ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ อากาศจะเย็นมากในระหว่างเดือนธันวาคม และมกราคม ในกรุงเทพมหานครอากาศค่อนข้างจะสบาย ในช่วงเวลากลางคืนและเช้า

2. ลมมรสุมฤดูร้อน เมื่อลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนืออ่อนกำลังลงในเดือนกุมภาพันธ์ กระแสนลมจากมหาสมุทร เริ่มพัดเข้าสู่ประเทศไทยในทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันออกเฉียงใต้ และเนื่องด้วยระยะนี้เป็นระยะเวลาที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่เข้ามาอยู่ในละติจูดของประเทศไทย จึงเป็นระยะเวลาที่ประเทศไทยมีอากาศร้อนอบอ้าวมาก ซึ่งเริ่มตั้งแต่ประมาณกลางเดือนกุมภาพันธ์ ไปจนถึงประมาณกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งทิศทางกระแสนลมที่พัดแต่ละเดือนจะเคลื่อนที่ตลอดเวลา ดังภาพที่ 6.15

<sup>37</sup> Victor Olgyay, “ Design with Climate “ (New Jersey : Princeton University Press,1963) P.102

<sup>38</sup> ธนิส จินดาวงศ์ ,ผศ. “ พลังงานกับการออกแบบสถาปัตยกรรม” (กรุงเทพ : คณะสถาปัตยกรรม

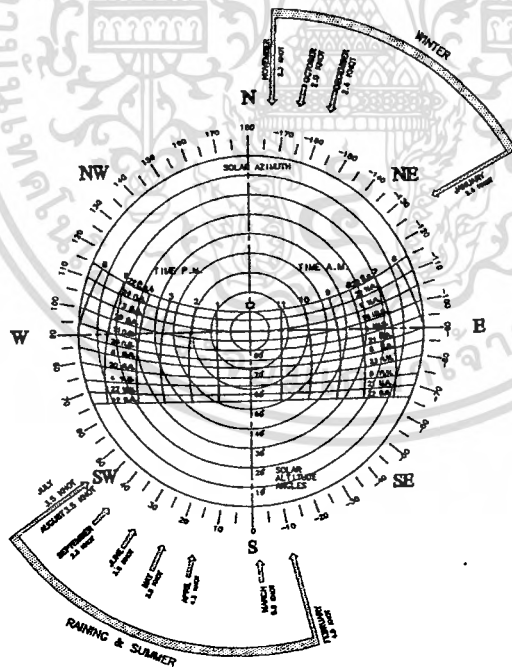
### ทิศทาง และปริมาณ กระแสลมในเขต กรุงเทพมหานคร

ลมเป็นปัจจัยสำคัญทางด้านภูมิอากาศอย่างหนึ่ง ในฤดูหนาวลมจะแทรกซึมเข้ามาในอาคาร และทำให้เย็นเกินไป ในภูมิอากาศร้อนชื้น ลมจะช่วยลดความไม่สบายของอากาศที่ร้อนมาก โดยจะช่วยทำให้เหงื่อที่ผิวหนังระเหยเร็วขึ้น ในอากาศร้อนแห้งลมจะช่วยระเหยน้ำ ทำให้อากาศมีความชื้นเพิ่มขึ้น การที่ผู้ออกแบบจะใช้ลมมาช่วยปรับ และควบคุมสภาวะน่าสบายนั้นสามารถตัดสินใจจากข้อมูล

- ทิศทางของกระแสลม (Wind Direction)
- ความเร็วลม (Wind Speed)
- ความถี่ที่เกิดขึ้น (Wind Frequency)

กระแสลมที่จะใช้ประโยชน์สำหรับการระบายอากาศต้องใช้ความเร็วลมอย่างน้อยที่มีความเร็ว 5 ไมล์ต่อชั่วโมง หรือ 8 กิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง<sup>39</sup> อย่างไรก็ตาม การออกแบบที่ตั้ง และอาคาร อาจช่วยเร่งกระแสลมที่อ่อนให้แรงขึ้น และใช้ประโยชน์ได้

ข้อมูลที่ได้มาจากกรมอุตุนิยมวิทยา เกี่ยวกับลมนั้นเป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลในที่โล่ง เช่น บริเวณสนามบิน หรือบนยอดตึกสูง ดังนั้นในความเป็นจริงของแต่ละที่ตั้ง องค์ประกอบโดยรอบจะมีผลกระทบต่อทิศทาง ความเร็วลม และความถี่ของกระแสลมด้วย

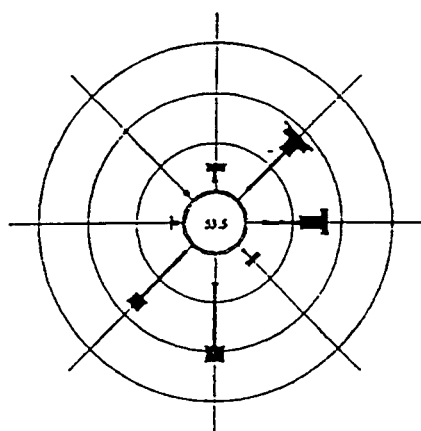


ภาพที่ 6.15 แสดงการโคจรของดวงอาทิตย์ ทิศทางกระแสลม แต่ละเดือน ในเขต กทม.

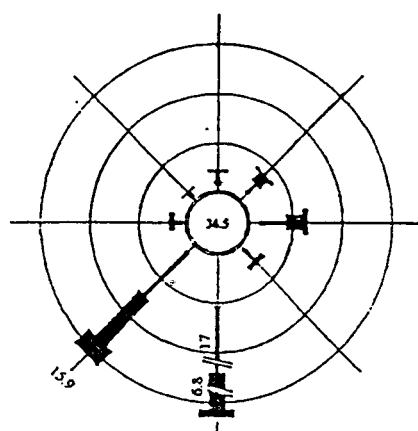
<sup>39</sup> ธนิก จินดาวงศ์ .พศ. “พลังงานกับการออกแบบสถาปัตยกรรม” ( กรุงเทพฯ : คณะสถาปัตยกรรม

ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2535 ) หน้า 9  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

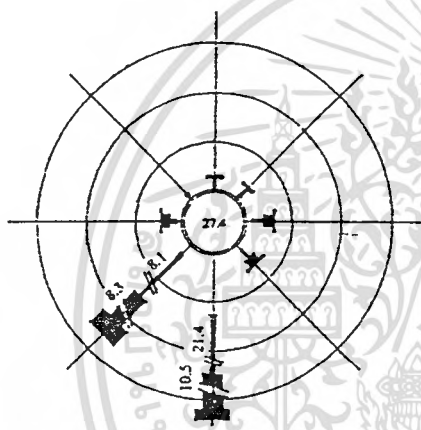




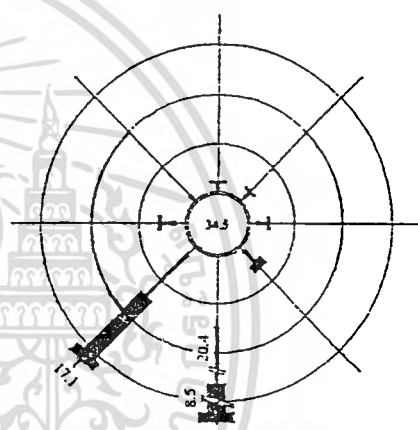
January



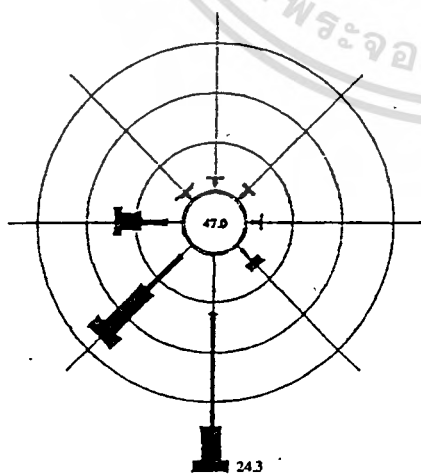
February



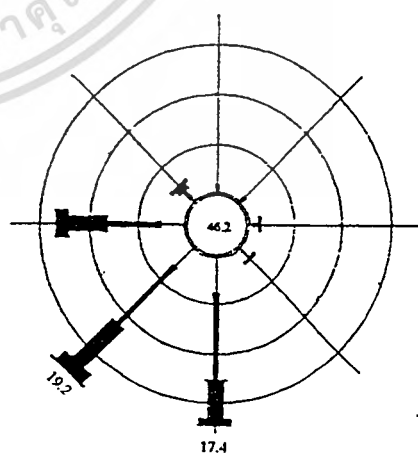
March



April



May

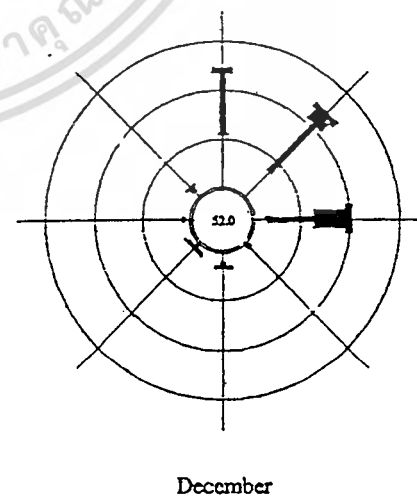
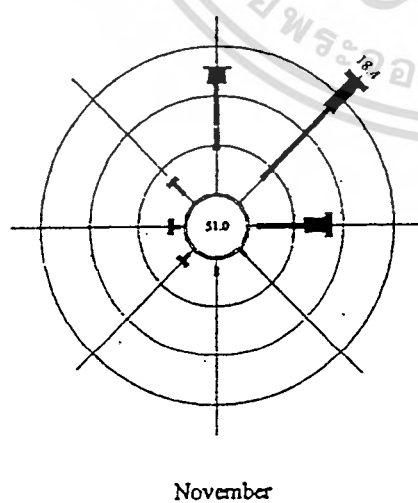
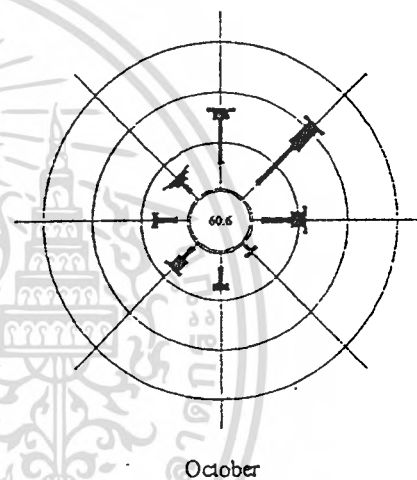
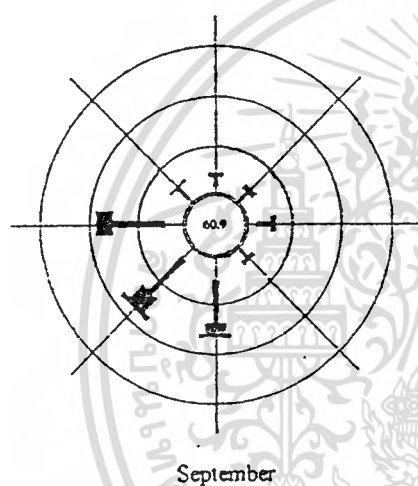
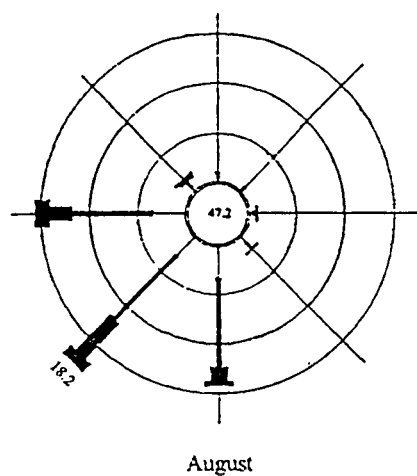
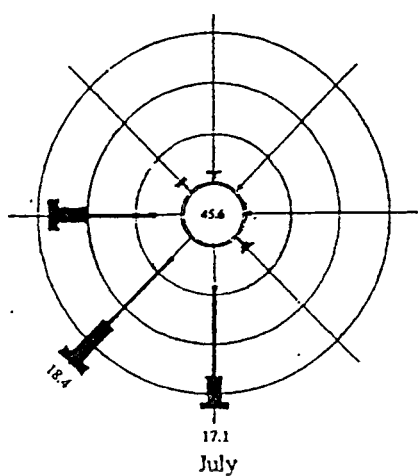


June

0 5 10 15 (%)

1-3 4-6 7-10 11-16 Kms

เอกสารภาพที่ 6.16 แสดงทิศทาง ความเร็ว ความถี่ของกระแสลมในเดือน ม.ค.ถึง มิ.ย. ในเขต กทม. ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



0 5 10 15 (%)

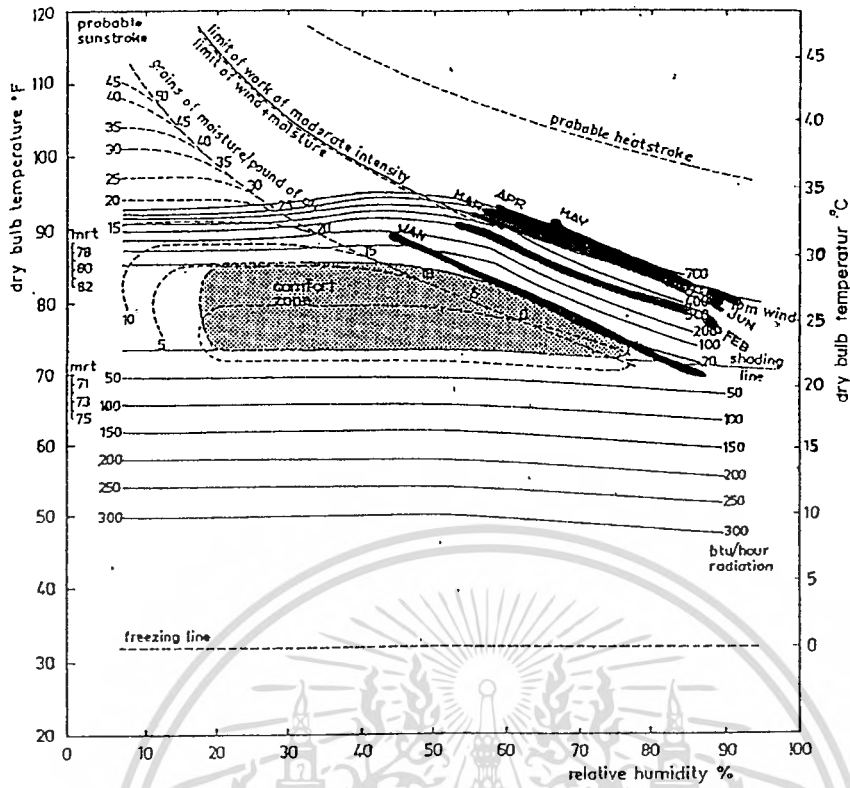
1-3 4-6 7-10 11-16 Km

ภาพที่ 6.17 แสดงทิศทาง ความเร็ว ความถี่ของกระแสลมในเดือน ก.ค.ถึง ธ.ค. ในเขต กทม.  
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

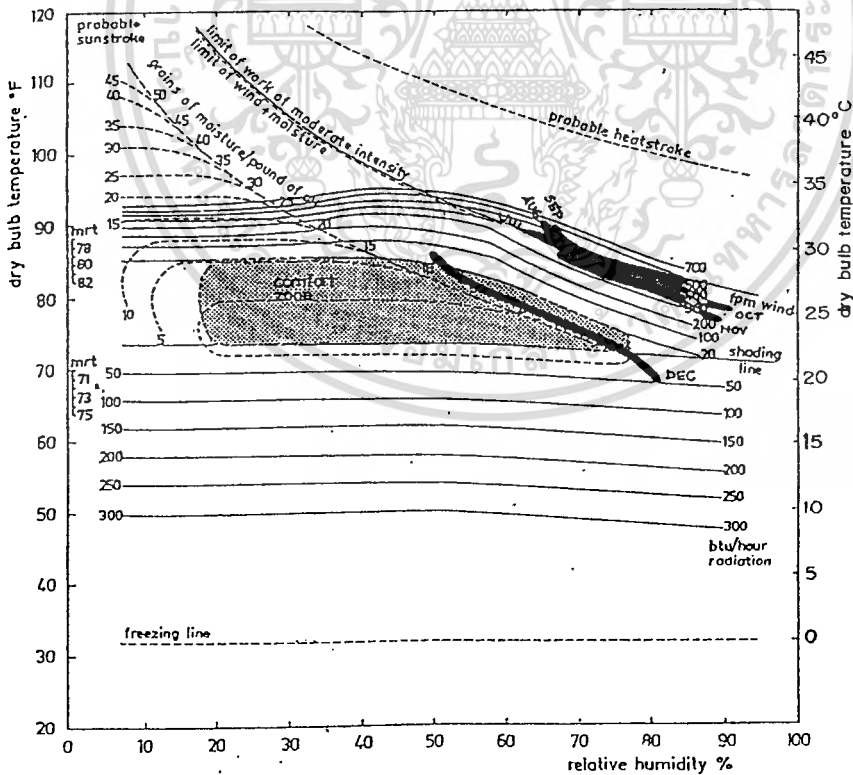
ลักษณะการออกแบบที่เหมาะสมสำหรับภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (Hot Humid Zone) สำหรับประเทศไทย จากบทที่ 2 สภาวะความสบายทางด้านอุณหภูมิ ของการตรวจสอบจาก Psychrometric Chart การใช้กระแสลม และการระบายอากาศโดยธรรมชาติสามารถช่วยให้เกิดความสบายทางด้านอุณหภูมิได้ ซึ่งวิธีการออกแบบให้อาคารรับกระแสลม โดยการเปิดช่องเปิดรับลม และช่องทางกระแสลมออก เพื่อให้เกิดกระแสลมในอาคาร กระแสลมที่เกิดขึ้นในอาคารจะช่วยพาความร้อนออกจากร่างกายคนจำนวนหนึ่ง และช่วยเร่งการระบายของเหงื่อให้เร็วและดีขึ้น ผู้ใช้อาคารจึงรู้สึกสบายเมื่อนำข้อมูลสภาพทางอุณหภูมิ และความเร็วของกระแสลม โดยเฉลี่ยมาเขียนลงบน Bioclimatic Chart พบว่ามีเพียงบางช่วงเวลาของเดือน มกราคม และเดือนธันวาคม ที่สภาพอุณหภูมิอยู่ในเกณฑ์สบาย แต่ในเดือนอื่นๆ สามารถใช้กระแสลมช่วยในการปรับสภาพอุณหภูมิให้ผู้ใช้อาคารอยู่ในช่วงสบายได้ แต่จะมีปริมาณความเร็วของกระแสลมที่มีความเร็วมากกว่า 200 ฟุตต่อวินาที หรือ 1.02 เมตรต่อวินาที ซึ่งปริมาณของอากาศที่เคลื่อนที่เพื่อสร้างสภาวะที่พอเหมาะ ต้องการอยู่ระหว่างความเร็ว 10- 15 ฟุตต่อวินาที (fpm.) หรือ ประมาณ 0.051-0.077 เมตรต่อวินาที (m/s) ถ้าความเร็วของอากาศที่ต่ำกว่านี้มีผลทำให้ความรู้สึกอากาศไม่ถ่ายเท ถ้าอากาศในห้องมีอุณหภูมิสูงกว่าระดับอุณหภูมิที่น่าสบาย แต่กระแสลมที่มีความเร็วระหว่าง 50- 200 ฟุตต่อวินาที (0.25-1.02 เมตรต่อวินาที) และพัดเข้ามาอย่างสม่ำเสมอ ก็สามารถทำให้เรารู้สึกสบายอยู่ได้ อากาศที่เคลื่อนที่ที่มีความเร็วมากกว่า 200 ฟุตต่อวินาที ( 1.02 เมตรต่อวินาที) จะทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกกระแสลมแรง และรบกวนการทำงาน และกิจกรรมต่างๆ

จาก ภาพที่ 6.18 แสดงการตรวจสอบอุณหภูมิจาก Bioclimatic Chart ซึ่งพบว่ากระแสลมนั้นมีผลทำให้เกิดความสบายทางอุณหภูมิให้อยู่ในช่วงสบายได้ แต่โดยส่วนใหญ่สภาพอุณหภูมิของอากาศมีอุณหภูมิสูงมากในเวลากลางวัน ถึงเย็น จะต้องใช้ความเร็วกระแสลมมากกว่า 200 ฟุตต่อวินาที ความเร็วกระแสลมจะทำความรบกวนผู้ใช้อาคาร ซึ่งบางช่วงเวลาที่ต้องการสภาพอุณหภูมิสบายโดยเฉพาะในช่วงเวลาประมาณ 14.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่อุณหภูมิสูงสุดของแต่ละวัน จำเป็นต้องพิจารณาถึงความเร็วของกระแสลมที่จะทำให้อุณหภูมิของผู้ใช้อาคารอยู่ในช่วงสบาย

ซึ่งในการออกแบบช่องเปิดให้รับกระแสลม เพื่อช่วยระบายอากาศ และลดอุณหภูมิให้กับผู้ใช้อาคาร จะให้ได้ผลดีนั้น กระแสลมต้องเคลื่อนที่ผ่านร่างกายผู้ใช้อาคาร กระแสลมที่เกิดขึ้นในอาคารจะช่วยพาความร้อนออกจากร่างกาย และช่วยเร่งการระบายของเหงื่อให้เร็ว และดีขึ้น



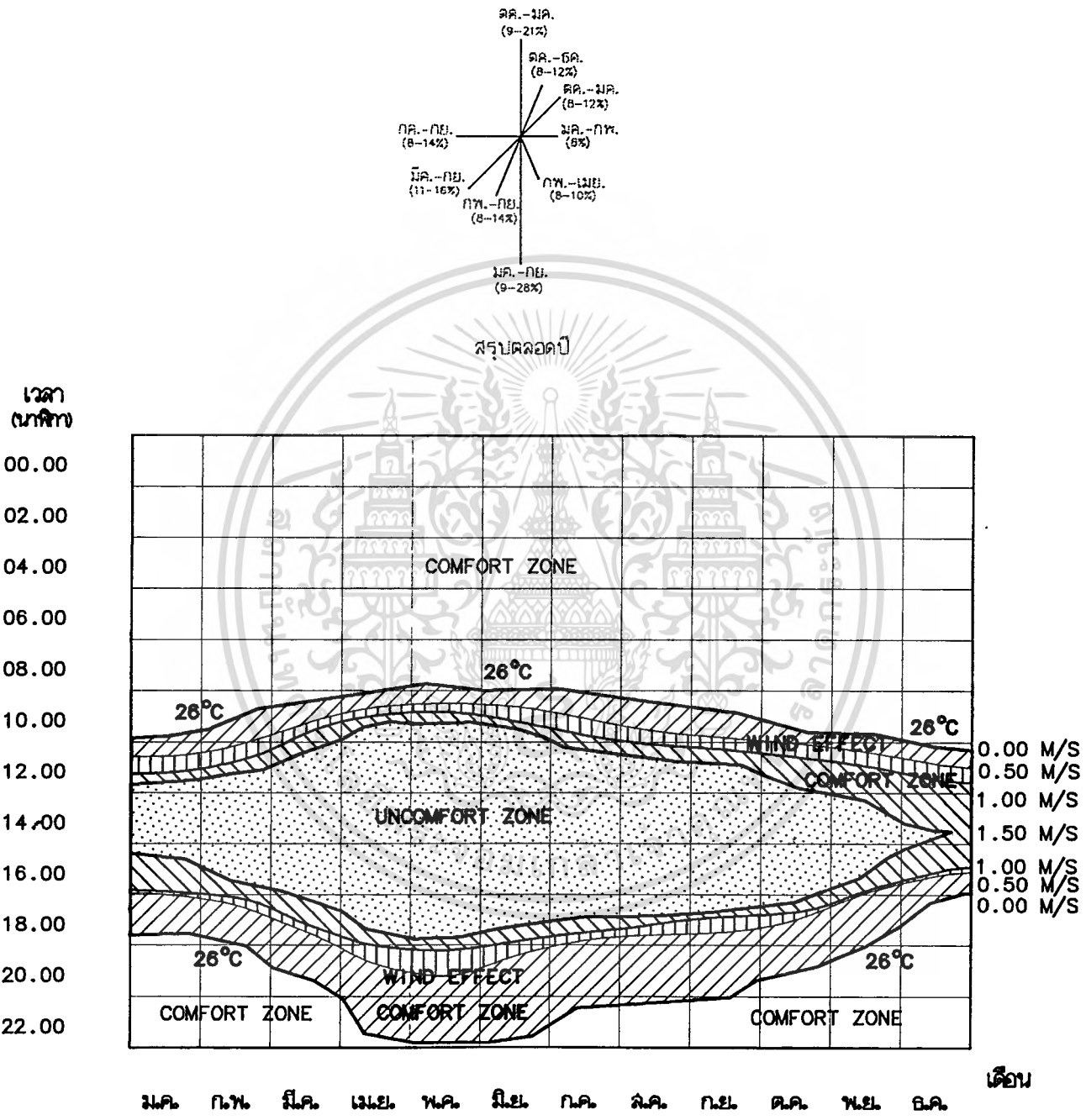
BIOCLIMATIC COART FOR LATITUDE 13° N. (or S.) BANGKOK THAILAND  
SHOWN: CLIMATIC SITUATION OF JANUARY TO JUNE



BIOCLIMATIC COART FOR LATITUDE 13° N. (or S.) BANGKOK THAILAND  
SHOWN: CLIMATIC SITUATION OF JULY TO DECEMBER

ภาพที่ 6.18 แสดงการตรวจสอบอุณหภูมิจาก Bioclimatic Chart ในเขตกรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนเนื้อหาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือนำไปใช้  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงผลกระทบด้านอุณหภูมิต่อการเกิดสภาวะที่น่าสบาย

ภาพที่ 6.19 แสดงค่าความเร็วลม ที่ทำให้เกิดสภาวะที่น่าสบาย ใน เขต กทม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้งานในปัจจุบันอาคารพักอาศัยส่วนใหญ่ มีการใช้กระแสนในการระบายอากาศส่วนใหญ่ โดยการเปิดช่องเปิด แต่การใช้กระแสนในการช่วยลดอุณหภูมิให้กับผู้ใช้อาคารนั้นได้ผลน้อย ส่วนใหญ่อาคารพักอาศัยจะใช้เครื่องกล คือ ใช้พัดลมไฟฟ้า ในการช่วยลดอุณหภูมิให้กับผู้ใช้อาคาร สำหรับผู้มีรายได้น้อย ถึงปานกลาง ส่วนผู้มีรายได้ปานกลางถึง รายได้สูง จะใช้เครื่องปรับอากาศ (Air Condition) ในการช่วยลดอุณหภูมิให้กับผู้ใช้อาคาร ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง สาเหตุส่วนหนึ่งที่ทำให้การลดอุณหภูมิด้วยกระแสนมีความนิยมน้อย

- ผู้ออกแบบคำนึงถึงการใช้กระแสนจากธรรมชาติในการลดอุณหภูมิน้อย
- สถานที่ตั้งอาคารถูกจำกัด
- ทิศทางของกระแสนเปลี่ยนแปลงตลอดปี
- ปริมาณความเร็ว และความถี่ของกระแสนไม่สม่ำเสมอ
- บริเวณช่องเปิดมีผลต่อสภาวะความเป็นส่วนตัว และความปลอดภัยของผู้ใช้อาคาร
- บริเวณช่องเปิดมีผลต่อสภาพความร้อนจากดวงอาทิตย์ น้ำฝน และแมลง สัตว์

ในการศึกษาสภาพภูมิอากาศในเขต กรุงเทพมหานคร สามารถใช้กระแสนช่วยในการระบายอากาศได้ดี แต่ ช่วยในการลดอุณหภูมิให้กับผู้ใช้อาคารได้ผลเป็นส่วนน้อย ทั้งนี้เนื่องจากมีปัจจัยตัวแปรหลายอย่าง ซึ่งลำบากในการควบคุม จำเป็นในการต้องใช้เครื่องกลในการลดอุณหภูมิให้กับผู้ใช้อาคารในบางช่วงเวลา ซึ่งส่วนมากนิยม พัดลมไฟฟ้า สามารถช่วยในการลดอุณหภูมิได้ดี สามารถควบคุมความเร็ว และทิศทางกระแสนได้ดีกว่ากระแสนจากธรรมชาติ แต่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ถ้าต้องการค่าอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ และความเร็วของกระแสนไม่รบกวนผู้ใช้ ควรเลือกการลดอุณหภูมิโดยใช้เครื่องปรับอากาศจะได้ประโยชน์ใช้สอยตามที่ต้องการ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูง ในการออกแบบไม่ว่าจะใช้การระบายอากาศ และกระแสนช่วยในการลดอุณหภูมิ ทั้งวิธีธรรมชาติ และระบบใช้เครื่องกล สิ่งที่สำคัญคือ การป้องกันและลดความร้อนที่จะเข้าสู่ภายในอาคาร

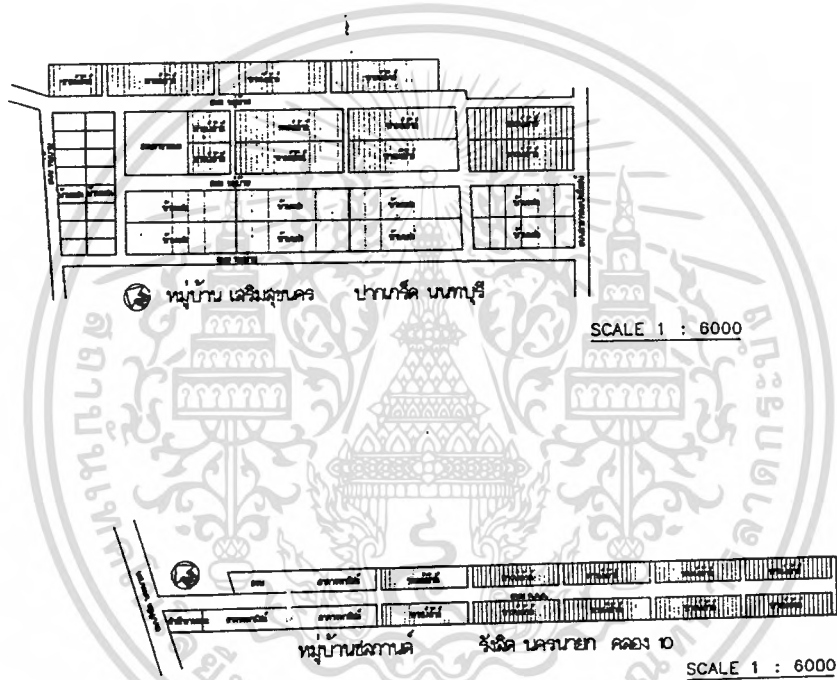
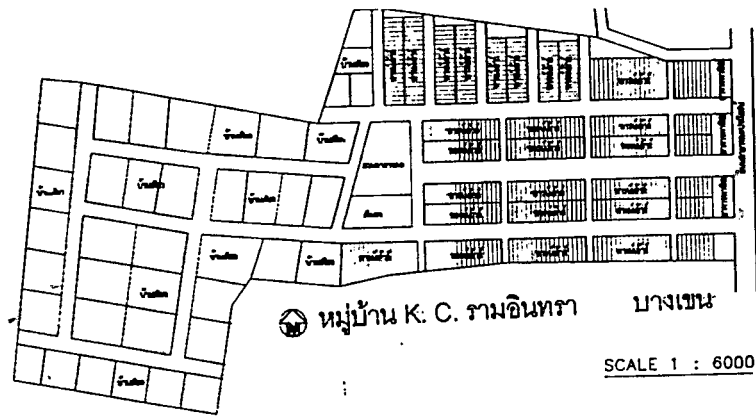
## บทที่ 7

# การประเมิน ค่าการถ่ายเทความร้อนของ อาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง

การขยายตัวของที่อยู่อาศัยมีอัตราการขยายตัวที่เป็นพื้นที่จัดสรรปริมาณมากขึ้น ซึ่งอาคารทาวน์เฮ้าส์ ก็เป็นส่วนหนึ่งของการอยู่อาศัยที่มีการจัดผังอาคารเป็นแถวๆ เพื่อใช้ประโยชน์จากที่ดินให้มีประสิทธิภาพ จึงมีข้อจำกัดในการเลือกที่ตั้งอาคารที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศได้ทุกอาคาร เนื่องจากขนาดสัดส่วนของพื้นที่ เส้นทางสัญจร ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ฯลฯ จึงทำให้อาคารได้รับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้สูญเสียพลังงานในอาคาร อาคารทาวน์เฮ้าส์ ซึ่งมีพื้นที่หน้าต่างต่อน้อย ในการเปิดช่องเปิดในการรับแสงสว่างจากธรรมชาติ ระบายอากาศ ใช้เปิด-ปิด เพื่อมองทัศนียภาพ ใช้เชื่อมพื้นที่ระหว่างพื้นที่ภายใน และภายนอก ซึ่งมีปริมาณจำกัดจึงจำเป็นต้องออกแบบ หน้าต่าง ช่องเปิดให้มีประสิทธิภาพ

### 7.1 การจัดผังบริเวณของพื้นที่จัดสรร ในเขตกรุงเทพมหานคร

การวางผังบริเวณ และผังเมืองสะท้อนให้เห็นถึงอิทธิพลของลมฟ้าอากาศ อิทธิพลของสังคม เศรษฐกิจ การเมืองและความก้าวหน้าของเทคโนโลยี ซึ่งในการจัดผังบริเวณของอาคารจัดสรรในเขตกรุงเทพมหานคร นั้นมีรูปแบบดัง ภาพที่ 7.1 การจัดผังบริเวณจะมีการใช้พื้นที่ดิน โดยคำนึงถึงอิทธิพลของสังคม เศรษฐกิจ และความก้าวหน้าของเทคโนโลยี เป็นสำคัญ ส่วนอิทธิพลของลมฟ้าอากาศ นั้นมีการคำนึงถึงน้อยลง เนื่องจากพื้นที่ดินมีพื้นที่จำกัด และมีการเลือกใช้เทคโนโลยี ในการแก้ปัญหาต่างๆ ซึ่งสภาพการจัดผังบริเวณในเขตร้อนชื้นในประเทศไทย นั้นอาคารควรมีรูปทรงออกไปตามแนวตามยาว และกระจายอยู่อย่างอิสระมากขึ้น เพื่อให้ลมพัดผ่านถ่ายเทได้สะดวก มีต้นไม้ และสวนเพื่อร่มเงา ลักษณะของผังจะเป็นการกระจายกันอยู่ซึ่งในปัจจุบันการจัดผังบริเวณในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร มีการใช้ที่ดินในการปลูก สร้างอาคาร ตามพื้นที่ที่มีประสิทธิภาพ ในการใช้สอยที่ดินมาก อาคารส่วนใหญ่มีการปลูกสร้างกันเป็นกลุ่มก้อน และพื้นที่บริเวณอาคารข้างเคียง มีการเป็นสร้างอาคาร สูง ต่ำ ทำให้ทิศทางกระแสลมเปลี่ยนไป ในปัจจุบันเทคโนโลยีก้าวหน้าขึ้น ในอาคารพักอาศัยมีการนำเอาเทคโนโลยีมาใช้ในการประกอบอาคาร และใช้สอย ทำให้ปริมาณความร้อนภายนอกอาคารเพิ่มมากขึ้น และทำให้เสียค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานมากขึ้น



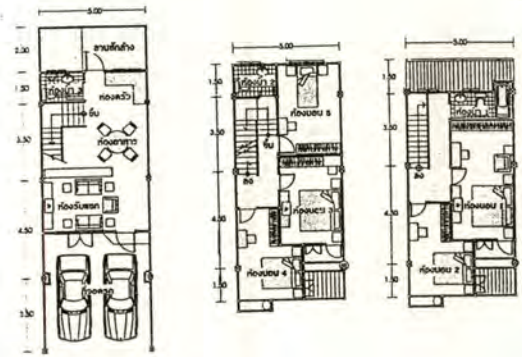
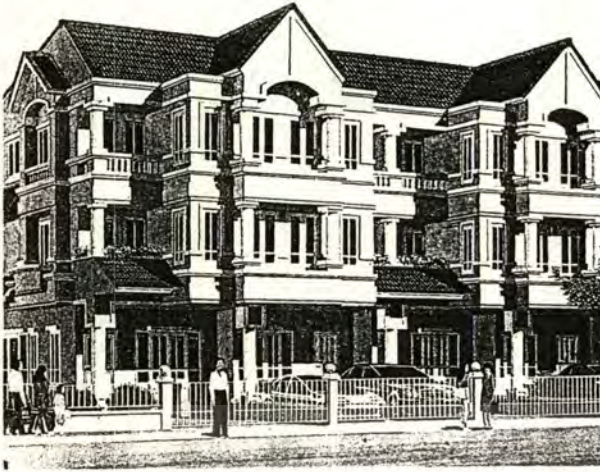
ภาพที่ 7.1 แสดงตัวอย่างการจัดผังบริเวณ ของหมู่บ้านต่างๆ

## 7.2 ลักษณะอาคารทาวน์เฮาส์ใน แบบต่างๆ

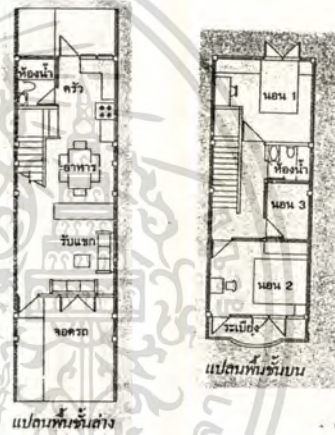
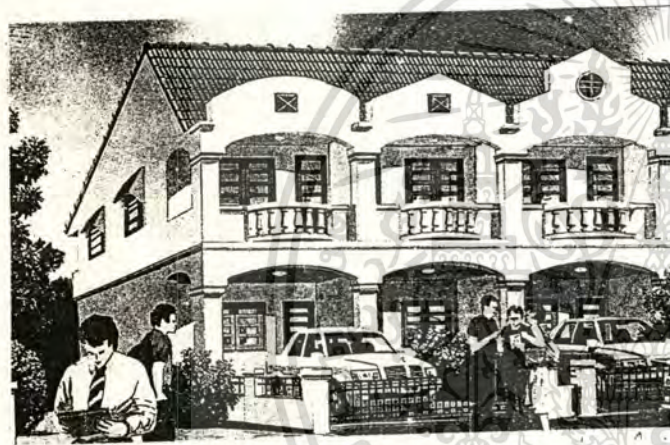
อาคารทาวน์เฮาส์ มีลักษณะรูปแบบที่มีขนาดที่ดินประมาณส่วนใหญ่ 12-30 ตารางวา ซึ่งอาคารทาวน์เฮาส์ แต่ละหน่วยนิยมหน้ากว้างประมาณ 4.00-6.00 เมตร จำนวนชั้นของอาคารทาวน์เฮาส์ มีจำนวน 2-3 ชั้นที่นิยมออกแบบในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งลักษณะอาคารส่วนใหญ่ เกิดจากการจัดสรรที่ดินของหมู่บ้าน(เจ้าของโครงการและผู้ออกแบบ) อาคารทาวน์เฮาส์มีการจัดแบ่งพื้นที่ใช้สอยไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากมีพื้นที่และงบประมาณจำกัด ส่วนที่แตกต่างกัน คือรูปร่าง หน้าตาของอาคารทาวน์เฮาส์ ส่งผลต่อพื้นที่รับความร้อนที่เกิดจากรังสีตรงดวงอาทิตย์ไม่เท่ากัน ซึ่งลักษณะของอาคารทาวน์เฮาส์ ในแบบต่างๆ มีรูปแบบดัง ภาพที่ 7.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

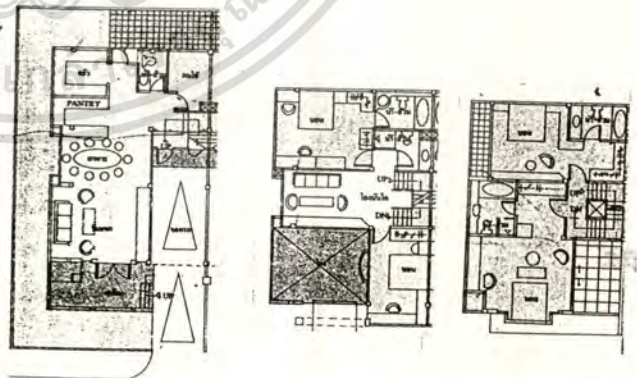




หมู่บ้าน เจ้าพระยา 8 ถ.รัตนธิเบศร์ นนทบุรี



หมู่บ้าน วิถีธรรม พริตตี้ทาวน์โฮม ซ.วัชรพล มีนบุรี



หมู่บ้าน ศรีวิภา ทาวน์เฮ้าส์ รามคำแหง เขต บางกระปิ

ภาพที่ 7.2 แสดง ลักษณะรูปแบบอาคารทาวน์เฮ้าส์ ในแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### 7.3 ข้อมูล รายละเอียด อาคารทาวน์เฮาส์ ตัวอย่าง

ซึ่งอาคารทาวน์เฮาส์โดยทั่วไป มีลักษณะแตกต่างกันไม่มากนัก ส่วนใหญ่แตกต่างกันที่มีการจัดพื้นที่ใช้สอยภายใน และรูปแบบหน้าตาของอาคาร ซึ่งในการประเมินผลของอาคารทาวน์เฮาส์ ได้เลือกอาคาร ที่มีรูปแบบอาคารที่นิยมในการออกแบบ เลือกโครงการที่มีการจัดสรรพื้นที่ดิน และมีชื่อเสียงพอสมควรในการจัดสรรพื้นที่ดินอาคารทาวน์เฮาส์

ชื่อโครงการ K.C. รามอินทรา

บริษัท K.C. GROUP.

ที่ตั้ง ซ.วัชรพล ถ.รามอินทรา บางเขน กทม.

ลักษณะทั่วไปของอาคาร อาคารทาวน์เฮาส์พักอาศัย 3 ชั้น ห้องนอน 3 ห้อง  
ห้องน้ำ 3 ห้อง พื้นที่ 64 ตารางเมตร ( 16 ตารางวา) หน้ากว้าง 4 เมตร

รายการวัสดุก่อสร้าง

- พื้นปูกระเบื้อง และพื้นไม้ปาร์เก้ เป็นส่วนใหญ่
- หลังคากระเบื้องลอนคู่ และกระเบื้องซีเมนต์โมเนียสีส้มอ่อน
- ผนังก่ออิฐฉาบปูนทาสีขาว
- ฝ้าเพดานมีเฉพาะชั้นบนสุดของอาคาร และห้องน้ำ
- หน้าต่างบานเปิดคู่, บานเปิดเดี่ยว, บานเกล็ด, บานเลื่อน กระจกใสหนา 6 มม.
- ประตูบานเปิดเดี่ยว เป็นไม้เนื้อแข็ง และกระจกใสหนา 6 มม.

การใช้สอยของอาคารทาวน์เฮาส์ตัวอย่าง แบ่งตามประเภทการใช้งานได้ดังนี้

**ตารางที่ 7.1 แสดงพื้นที่ใช้สอยของอาคารทาวน์เฮาส์ตัวอย่าง และรหัสในการตรวจสอบ**

| ระดับชั้น | รหัส | ชื่อห้อง                 | พื้นที่ใช้สอย (ตร.ม.) |
|-----------|------|--------------------------|-----------------------|
| ชั้นล่าง  | 11   | จอดรถ                    | 11.25                 |
|           | 12   | เฉลียง                   | 2.25                  |
|           | 13   | รับแขก                   | 10.0                  |
|           | 14   | อาหาร                    | 8.8                   |
|           | 15   | ครัว                     | 12.0                  |
|           | 16   | น้ำ-ส้วม                 | 1.8                   |
|           | 17   | ซักล้าง                  | 8                     |
|           |      | รวมพื้นที่ใช้สอยชั้นล่าง | 54.1                  |
| ชั้นสอง   | 21   | พักผ่อน                  | 17.2                  |
|           | 22   | โถง                      | 606                   |
|           | 23   | น้ำ-ส้วม                 | 5.5                   |
|           | 24   | นอนใหญ่                  | 20.0                  |
|           | 25   | ระเบียง                  | 2.0                   |
|           |      | รวมพื้นที่ใช้สอยชั้นสอง  | 51.3                  |
| ระดับชั้น | รหัส | ชื่อห้อง                 | พื้นที่ใช้สอย (ตร.ม.) |
| ชั้นสาม   | 31   | พักผ่อน                  | 17.2                  |
|           | 32   | โถง                      | 606                   |
|           | 33   | น้ำ-ส้วม                 | 5.5                   |
|           | 34   | นอนใหญ่                  | 20.0                  |
|           | 35   | ระเบียง                  | 2.0                   |
|           |      | รวมพื้นที่ใช้สอยชั้นสาม  | 51.3                  |
|           |      | รวมพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด  | 156.7                 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



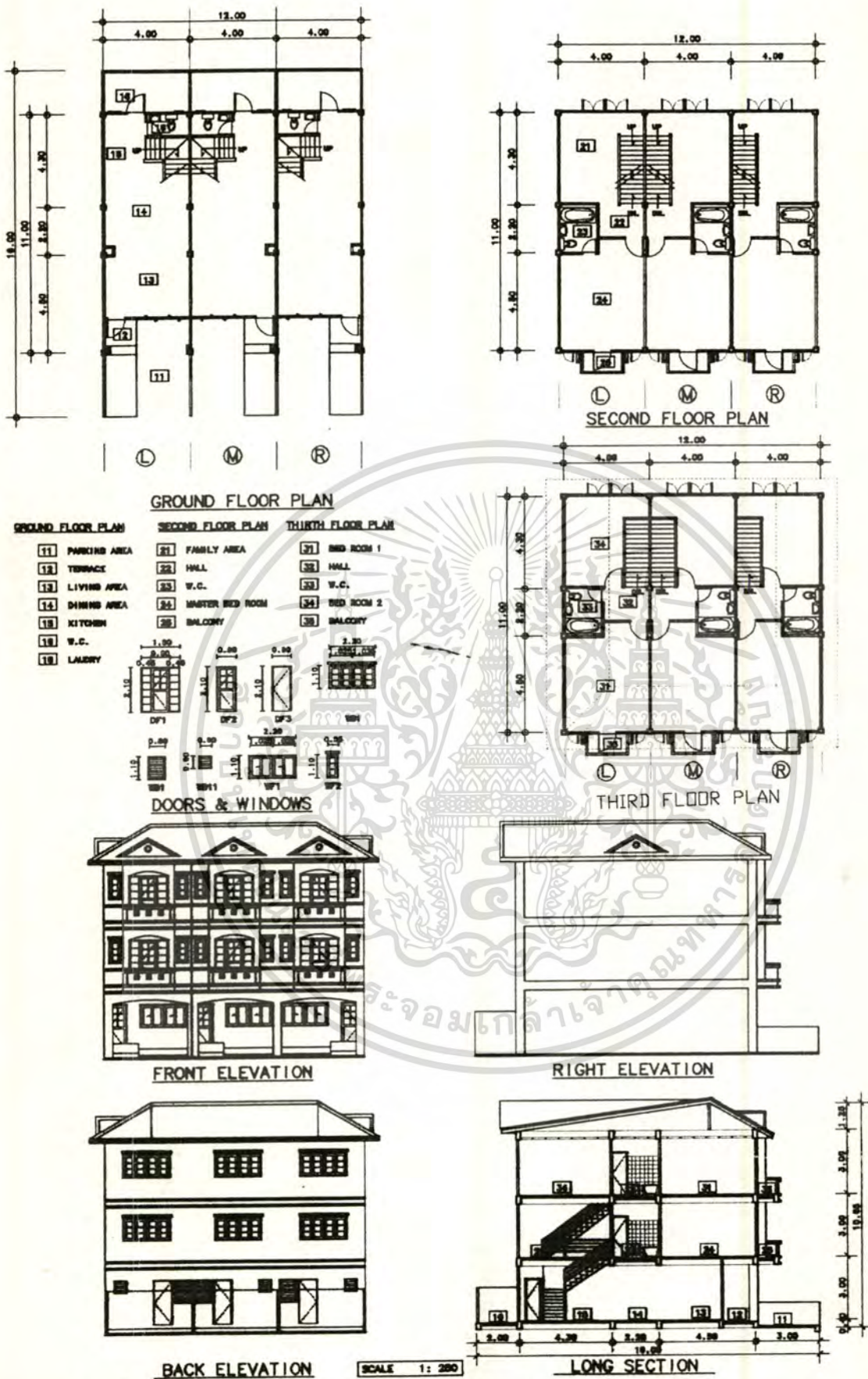
ตารางที่ 7.2 แสดง พื้นที่กรอบ พื้นที่ใช้สอยอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง

| กรอบอาคาร                | พื้นที่ชั้น | พ.ท.กรอบ<br>(ม <sup>2</sup> ) | รายการพื้นที่                                | พ.ท.ใช้สอย(ม <sup>2</sup> ) | %    |
|--------------------------|-------------|-------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------|------|
| กรอบด้าน<br>หน้า / หน่วย | ล่าง        |                               | -พื้นที่หน้าต่าง ประตูด                      | 4.31                        | 35.9 |
|                          |             | 12                            | -พื้นที่ผนังก่ออิฐทึบ                        | 7.69                        | 64.1 |
|                          | สอง         |                               | -พื้นที่หน้าต่าง ประตูด                      | 4.99                        | 41.6 |
|                          |             | 12                            | -พื้นที่ผนังก่ออิฐทึบ                        | 7.01                        | 58.4 |
|                          | สาม         |                               | -พื้นที่หน้าต่าง ประตูด                      | 4.99                        | 41.6 |
|                          |             | 12                            | -พื้นที่ผนังก่ออิฐทึบ                        | 7.01                        | 58.4 |
|                          |             |                               | รวมพื้นที่กรอบด้านหน้าที่เป็นหน้าต่าง ประตูด | 14.29                       | 39.7 |
|                          |             |                               | รวมพื้นที่กรอบด้านหน้าที่เป็นผนังทึบ         | 21.71                       | 60.3 |
| รวมทั้งหมด               |             |                               |                                              | 36.0                        |      |
| กรอบด้าน<br>หลัง / หน่วย | ล่าง        |                               | -พื้นที่หน้าต่าง ประตูด                      | 3.13                        | 26.1 |
|                          |             | 12                            | -พื้นที่ผนังก่ออิฐทึบ                        | 8.87                        | 73.9 |
|                          | สอง         |                               | -พื้นที่หน้าต่าง ประตูด                      | 2.42                        | 20.2 |
|                          |             | 12                            | -พื้นที่ผนังก่ออิฐทึบ                        | 9.58                        | 79.8 |
|                          | สาม         |                               | -พื้นที่หน้าต่าง ประตูด                      | 2.42                        | 20.2 |
|                          |             | 12                            | -พื้นที่ผนังก่ออิฐทึบ                        | 9.58                        | 79.8 |
|                          |             |                               | รวมพื้นที่กรอบด้านหลังที่เป็นหน้าต่าง ประตูด | 7.97                        | 21.4 |
|                          |             |                               | รวมพื้นที่กรอบด้านหลังที่เป็นผนังทึบ         | 28.03                       | 78.6 |
| รวมทั้งหมด               |             |                               |                                              | 36.0                        |      |

| กรอบอาคาร                     | พื้นที่ชั้น | พ.ท.กรอบ<br>(ม <sup>2</sup> ) | รายการพื้นที่                               | พ.ท.ใช้สอย(ม <sup>2</sup> ) | %   |
|-------------------------------|-------------|-------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|-----|
| กรอบด้าน<br>ข้าง / หน่วย      | ล่าง        | 33                            | -พื้นที่ผนังก่ออิฐทึบ                       | 33                          | 100 |
|                               | สอง         | 33                            | -พื้นที่ผนังก่ออิฐทึบ                       | 33                          | 100 |
|                               | สาม         | 33                            | -พื้นที่ผนังก่ออิฐทึบ                       | 33                          | 100 |
|                               |             |                               | รวมพื้นที่กรอบด้านข้างต่อ 1 ด้าน            | 99                          | 100 |
|                               |             |                               | รวมพื้นที่กรอบด้านข้างที่เป็นผนังทึบทั้งหมด | 198                         | 100 |
| กรอบด้าน<br>หลังคา /<br>หน่วย | หลังคา      | -                             | -พื้นที่หลังคากระเบื้องทึบ                  | 47.5                        | 100 |
|                               |             |                               |                                             |                             |     |
|                               |             |                               | รวมพื้นที่ทั้งหมด                           | 47.5                        |     |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ภาพที่ 7.3 แสดงลักษณะของอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 7.4 ผลการตรวจสอบ อุปกรณ์บังแดดของอาคารทาวน์เฮ้าส์ ตัวอย่าง

วิธีการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการบังแดดของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารจะใช้วิธี Protractor Shading Mask โดยจะแสดงทางเดินของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าครึ่งทรงกลม ณ ตำแหน่งละติจูด 14 องศาเหนือ(กรุงเทพมหานคร) ให้อยู่ในรูปแปลนพื้นราบ หรือ Sun Chart กล่าวไว้ในบทที่ 5 ซึ่งจะตรวจสอบการบังแดดของอุปกรณ์บังแดดโดยใช้เครื่องมือ “ Shadow-Angle Protractor” ในการหามุมของเงาจากการบังแดด

การตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดของอาคารได้มีการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดของอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่างแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

### 1. ส่วนที่อยู่ชั้นล่าง ด้านหน้าอาคาร ได้ทำการตรวจสอบ 8 ทิศ

อุปกรณ์บังแดดเป็นชนิดผสม (Overhang & Fin) ขนาดยื่น 1.60 ม. พบว่า ทิศเหนือสามารถบังแสงแดดจากดวงอาทิตย์ให้กับช่องเปิดได้ทุกเดือน และทุกเวลา ส่วนทางด้านทิศใต้ จะได้รับแสงแดดที่ช่องเปิดที่เวลา 6.00 -9.00 น.ของเดือน ม.ค. และเดือน ธ.ค. ส่วนทิศอื่นๆ อุปกรณ์บังแดดสามารถป้องกัน รังสีตรงจากดวงอาทิตย์ บางช่วงเวลาของเดือนเท่านั้น ซึ่งแสดงดัง ภาพที่ 7.4 - 7.7

### 2. ส่วนที่อยู่ชั้นสอง ด้านหน้าอาคาร ได้ทำการตรวจสอบ 8 ทิศ

อุปกรณ์บังแดดเป็นชนิดผสม (Overhang & Fin) ขนาดยื่น 1.00 เมตร ห่างจากช่องเปิด 0.50ม. พบว่า เนื่องจากขนาดของช่องเปิด เป็นประตู ช่องแสงสูง 2.10ม. อุปกรณ์บังแดดไม่สามารถจะป้องกันรังสีตรงดวงอาทิตย์ให้กับช่องเปิดได้ทุกเวลา มีเพียงบางช่วงเวลาของเดือนที่สามารถบังรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ให้กับช่องเปิดได้ ซึ่งแสดงดัง ภาพที่ 7.8-7.11

### 3. ส่วนที่อยู่ชั้นสาม ด้านหลังอาคาร ได้ทำการตรวจสอบ 8 ทิศ

อุปกรณ์บังแดดเป็นชนิด แนวนอน (Overhang) ขนาดยื่น 0.70 ม. ห่างจากขอบหน้าต่าง 0.80 ม. พบว่า ทุกทิศทางอุปกรณ์บังแดดไม่สามารถป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ได้ทุกช่วงเวลา มีเพียงบางช่วงเวลาที่สามารถป้องกันให้กับช่องเปิดได้ ซึ่งแสดงดัง ภาพที่ 7.12 -7.15

## จากการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดของอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง

ส่วนชั้นล่าง ที่เป็นอาคารทาวน์เฮ้าส์ด้านหน้า ส่วนมากจะมีอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิด ของทางเข้า ซึ่งส่วนนี้จะเป็นพื้นที่จอดรถของอาคาร ซึ่งชั้นล่างของด้านหน้า อุปกรณ์บังแดดสามารถป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ได้ดีในทิศเหนือ ทิศใต้ ส่วนทิศอื่นๆ ได้ผลน้อย ชั้นล่างด้านหลังอาคารส่วนมากมีอุปกรณ์บังแดดน้อย จึงทำให้ช่องเปิดของอาคาร ได้รับความร้อนจากรังสีตรงดวงอาทิตย์

ส่วนชั้นสอง ด้านหน้าอาคาร ของอาคารตัวอย่างมีอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิด ซึ่งอุปกรณ์บังแดดสามารถป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ได้บางช่วงเวลาเท่านั้น ส่วนทางด้านหลัง



อาคาร ไม่มีอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิดเลย ซึ่งจะได้รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ที่ส่องกระทบกับช่องเปิด ทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นกับห้องที่อยู่ทางช่องเปิด

ส่วนชั้นสาม ของอาคารทาวน์เฮาส์ ด้านหน้าอาคาร มีลักษณะเหมือนกับชั้น 2 เนื่องจากมีอุปกรณ์บังแดดชนิดเดียวกันขนาด เท่ากัน ส่วนด้านหลังอาคาร มีอุปกรณ์บังแดดแนวนอน (Overhang) ซึ่งเป็นส่วนของชายคา ที่ยื่นมาจากหลังคา ซึ่งสามารถบังแดดได้บางช่วงเวลา บางเดือนเท่านั้น

ซึ่งควรมีการปรับปรุง การออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้กับอาคารทาวน์เฮาส์ ควรมีอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิดด้านนอกอาคาร ทุกทิศ ตามเวลา เดือนที่รังสีตรงดวงอาทิตย์ส่องกระทบ ไม่ควรเลือกขนาดของอุปกรณ์บังแดดชนิดเดียวกัน และขนาดเดียวกัน กับทุกทิศ ทุกด้านของอาคาร

ตารางที่ 7.3 แสดงผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดของอาคารตัวอย่าง

| รายละเอียด                               | ทิศ |   |   |   |    |    |    |    |
|------------------------------------------|-----|---|---|---|----|----|----|----|
|                                          | N   | S | E | W | NE | NW | SE | SW |
| <b>1. อุปกรณ์บังแดดด้านหน้า ชั้นล่าง</b> |     |   |   |   |    |    |    |    |
| ช่วงเวลาที่แสงแดดส่องเข้าภายในอาคาร      |     |   |   |   |    |    |    |    |
| เช้า                                     | ✓   | ✓ | * |   |    | *  |    | *  |
| เที่ยง                                   | ✓   | ✓ | ✓ | ✓ | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |
| เย็น                                     | ✓   | ✓ | * |   | *  |    | *  |    |
| <b>2. อุปกรณ์บังแดดด้านหน้า ชั้นสอง</b>  |     |   |   |   |    |    |    |    |
| ช่วงเวลาที่แสงแดดส่องเข้าภายในอาคาร      |     |   |   |   |    |    |    |    |
| เช้า                                     |     |   |   | * |    | *  |    | *  |
| เที่ยง                                   | ✓   |   | ✓ | ✓ | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |
| เย็น                                     |     |   | * |   | *  |    | *  |    |
| <b>2. อุปกรณ์บังแดดด้านหลัง ชั้นสาม</b>  |     |   |   |   |    |    |    |    |
| ช่วงเวลาที่แสงแดดส่องเข้าภายในอาคาร      |     |   |   |   |    |    |    |    |
| เช้า                                     |     |   |   | * |    | *  |    | *  |
| เที่ยง                                   | ✓   |   | ✓ | ✓ | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  |
| เย็น                                     |     |   | * |   | *  |    | *  |    |

เครื่องหมาย หมายถึง ประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดไม่สามารถป้องกันแสงแดดได้

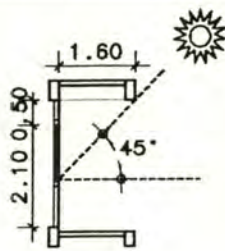
✓ หมายถึงสามารถป้องกันแสงแดดส่องเข้าภายในอาคารได้

\* หมายถึงแสงแดดส่องด้านต้องข้าม ไม่ต้องป้องกันแสงแดดก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# แสดงชนิดของอุปกรณ์บังแดด

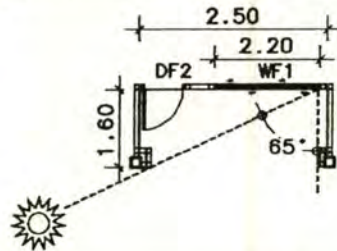


OVERHANG

SECTION

FIN

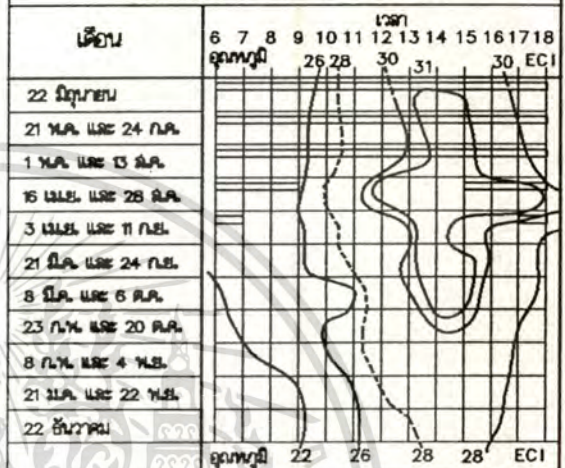
PLAN



ทิศเหนือ

AZIMUTH = 180

แสดงรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทบกับทิศ



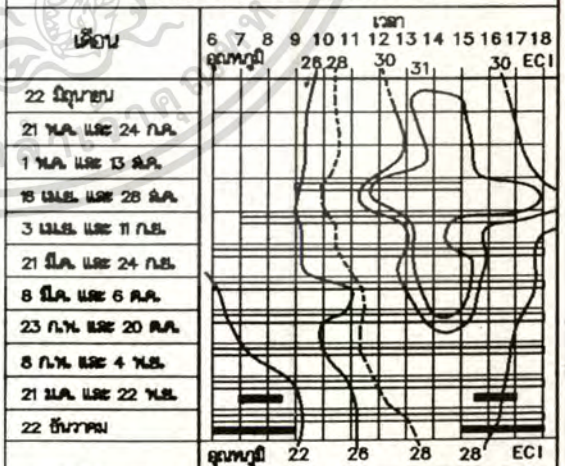
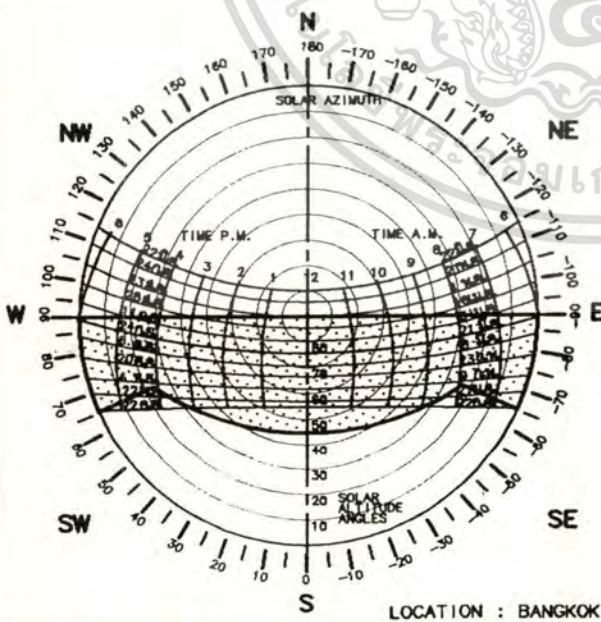
|                                                    |                        |                         |
|----------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|
| เวลาที่บังดวงอาทิตย์บนผนัง                         | 100                    | % ต่อปี                 |
| เวลาที่บังดวงอาทิตย์บนผนังด้าน ไม่บังอุปกรณ์บังแดด | 33.3                   | % ต่อปี                 |
| เวลาที่บังดวงอาทิตย์บนผนังด้าน บังอุปกรณ์บังแดด    | 0                      | % ต่อปี                 |
| SC = 0.850                                         | SC <sub>1</sub> = 0.96 | SC <sub>2</sub> = 0.885 |

แสดงการตรวจสอบมุมของเงาโดยแสดงอาทิตย์

ทิศใต้

AZIMUTH = 0

แสดงรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทบกับทิศ



|                                                    |                        |                        |
|----------------------------------------------------|------------------------|------------------------|
| เวลาที่บังดวงอาทิตย์บนผนัง                         | 100                    | % ต่อปี                |
| เวลาที่บังดวงอาทิตย์บนผนังด้าน ไม่บังอุปกรณ์บังแดด | 66.7                   | % ต่อปี                |
| เวลาที่บังดวงอาทิตย์บนผนังด้าน บังอุปกรณ์บังแดด    | 6.8                    | % ต่อปี                |
| SC = 0.528                                         | SC <sub>1</sub> = 0.96 | SC <sub>2</sub> = 0.55 |

แสดงการตรวจสอบมุมของเงาโดยแสดงอาทิตย์

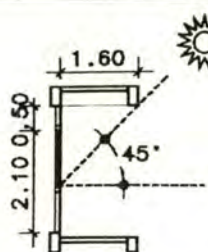
ภาพที่ 7.4 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดด ชั้นล่างด้านหน้า ทิศเหนือ - ใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

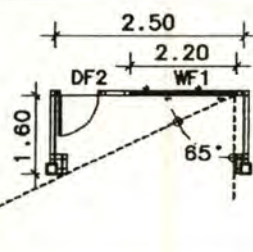


# แสดงชนิดของอุปกรณ์บังแดด



OVERHANG

FIN



SECTION

PLAN

ทิศ ตะวันตก

AZIMUTH = 90

แสดงผลรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทบกับทิศ

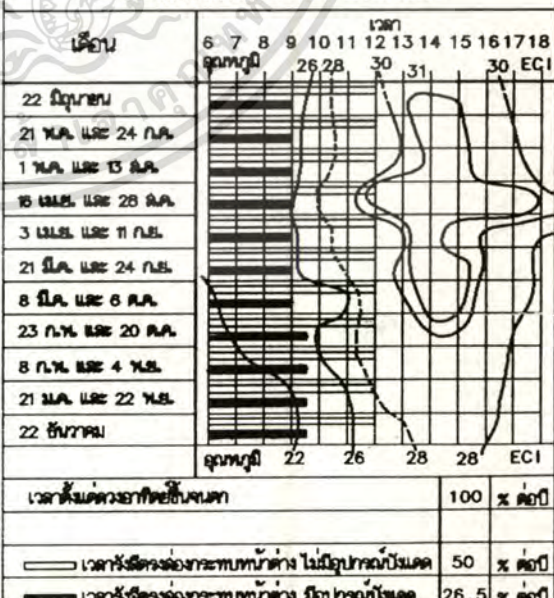
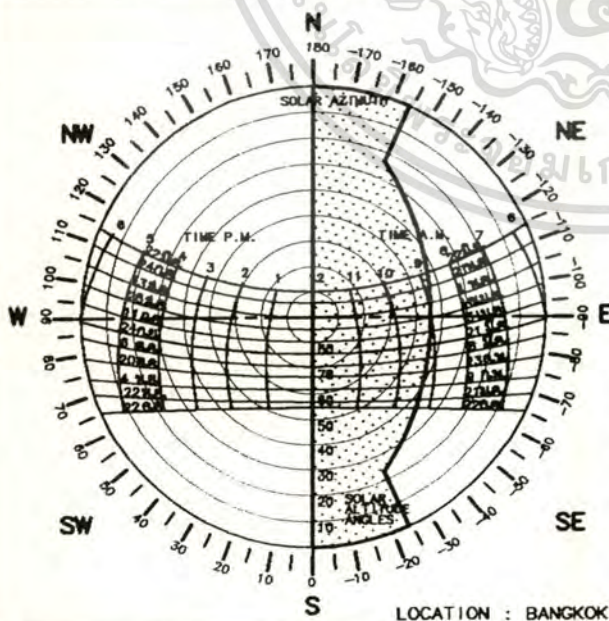


แสดงการตรวจสอบมุมของเงาโดยแสงอาทิตย์

ทิศ ตะวันออก

AZIMUTH = -90

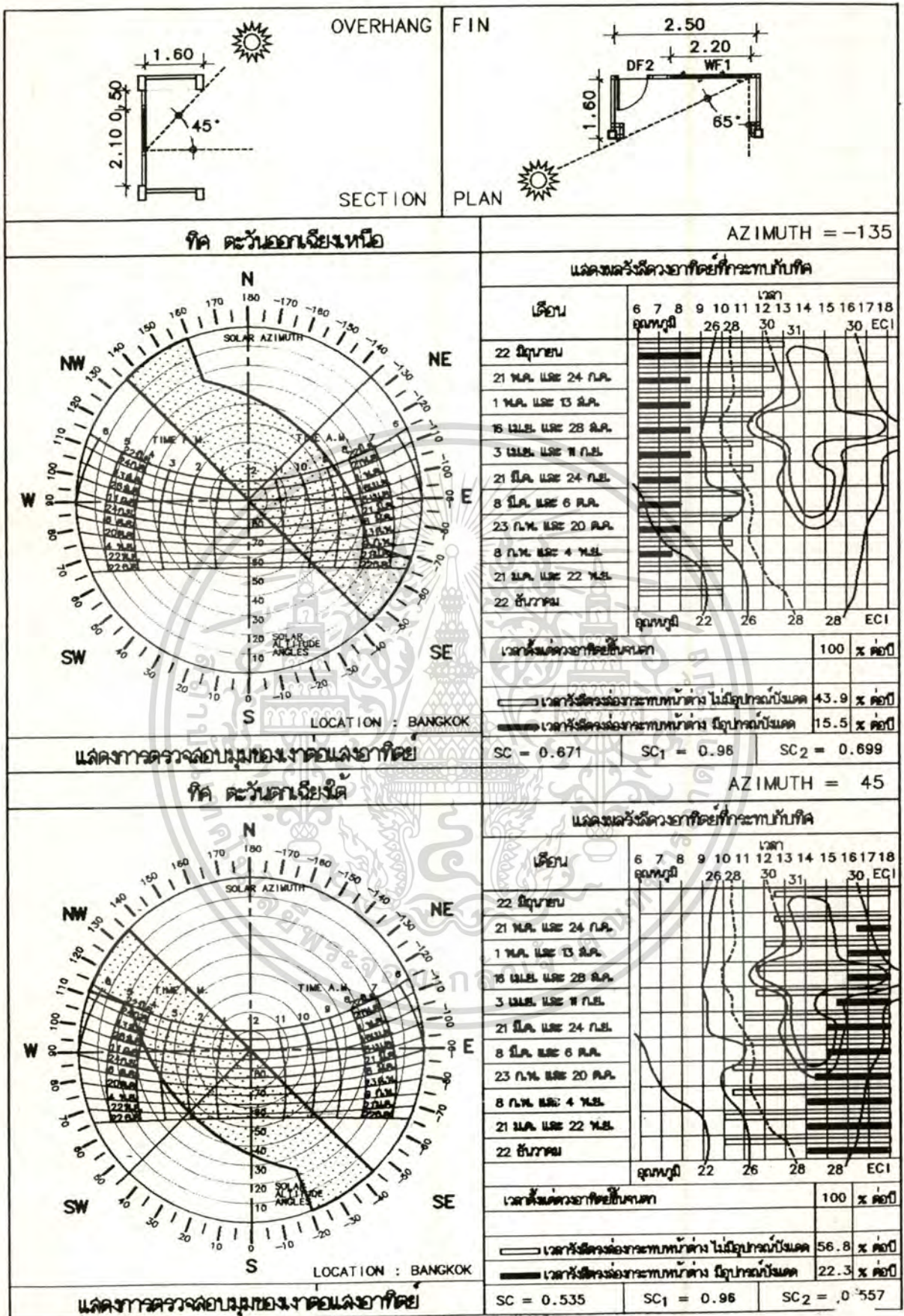
แสดงผลรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทบกับทิศ



แสดงการตรวจสอบมุมของเงาโดยแสงอาทิตย์

ภาพที่ 7.5 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดด ชั้นล่างด้านหน้า ทิศตะวันตก-ตะวันออก  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



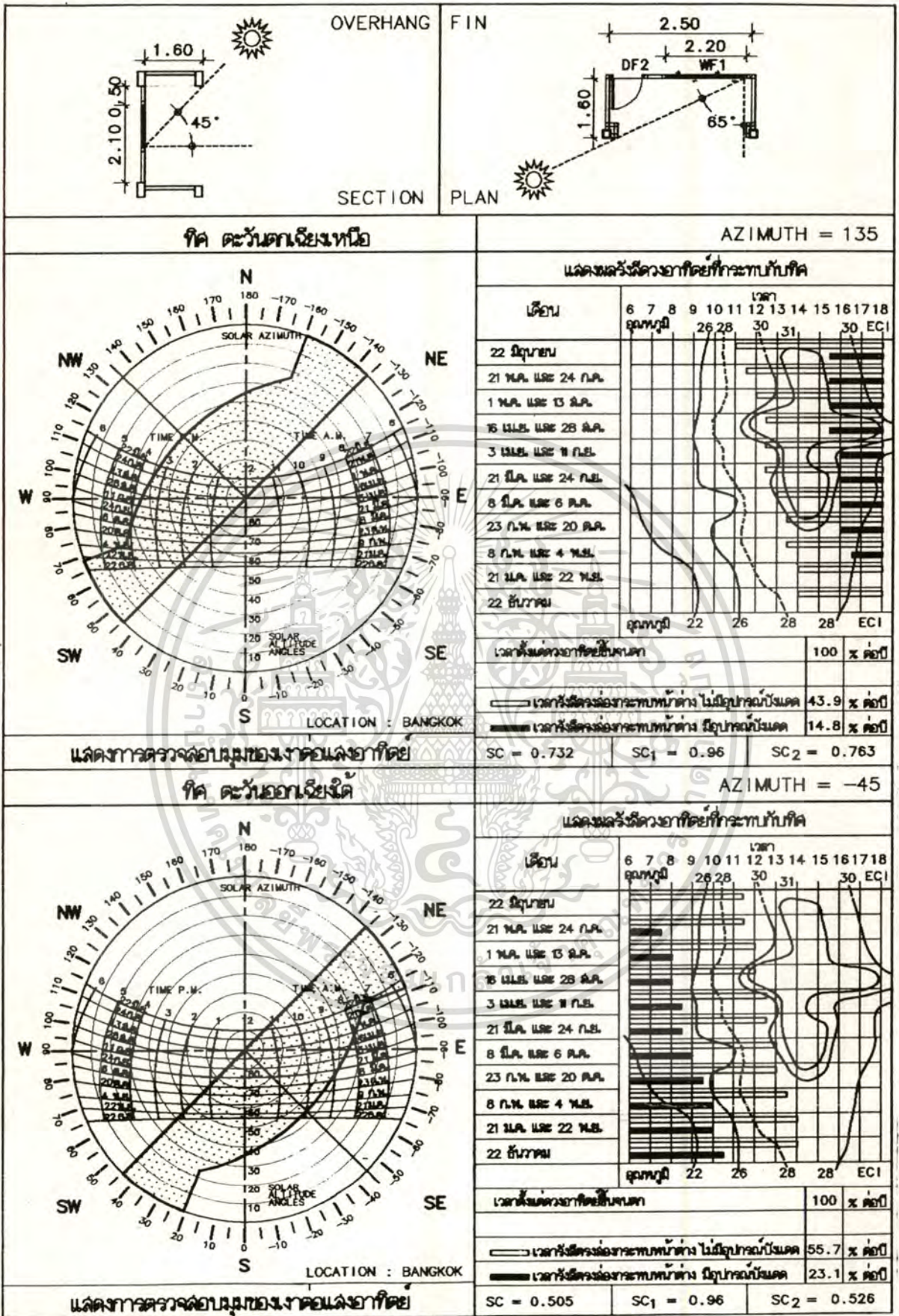


ภาพที่ 7.6 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดด ชั้นล่างด้านหน้า ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้

ตึกเฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



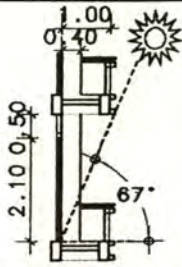


ภาพที่ 7.7 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดด ชั้นล่างด้านหน้า ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



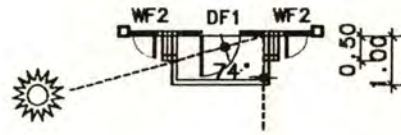
แสดงชนิดของอุปกรณ์บังแดด



OVERHANG

SECTION

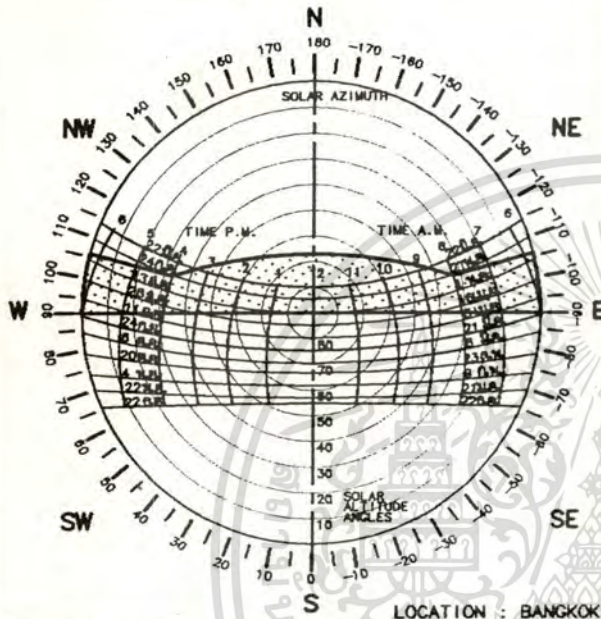
FIN



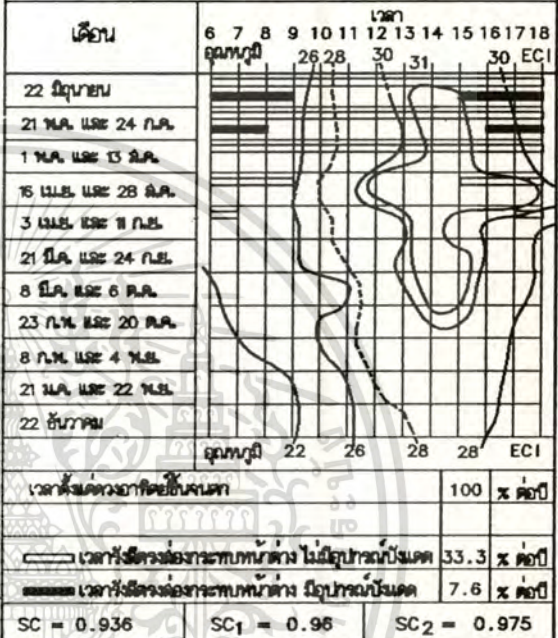
PLAN

ทิศเหนือ

AZIMUTH = 180



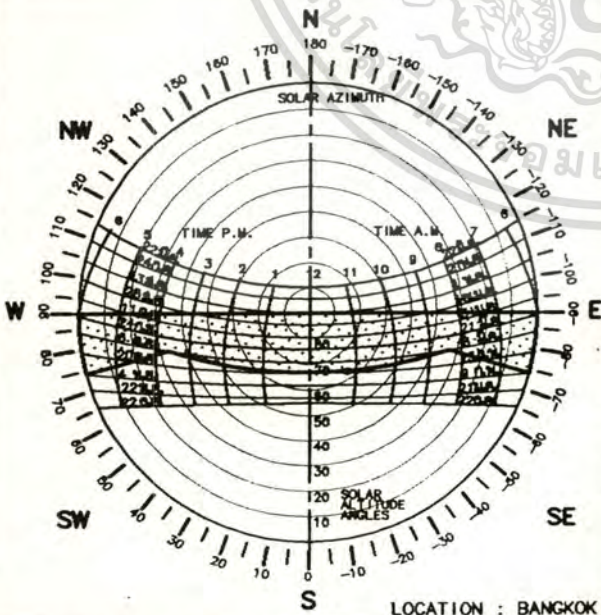
แสดงผลรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทบกับทิศ



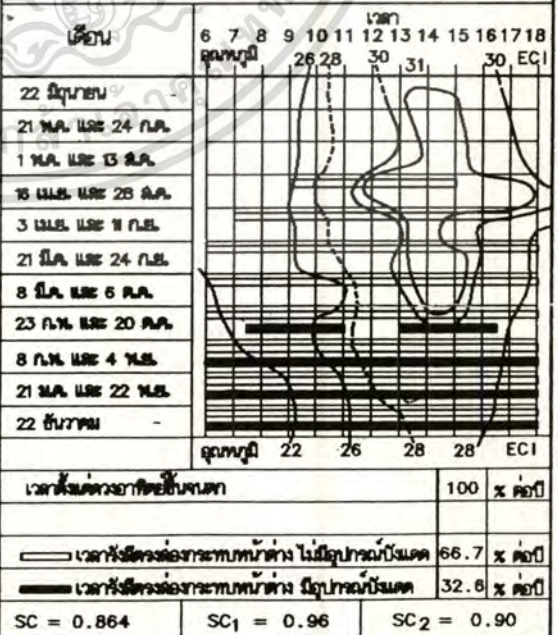
แสดงการตรวจสอบมุมของเงาและอาทิตย์

ทิศใต้

AZIMUTH = 0



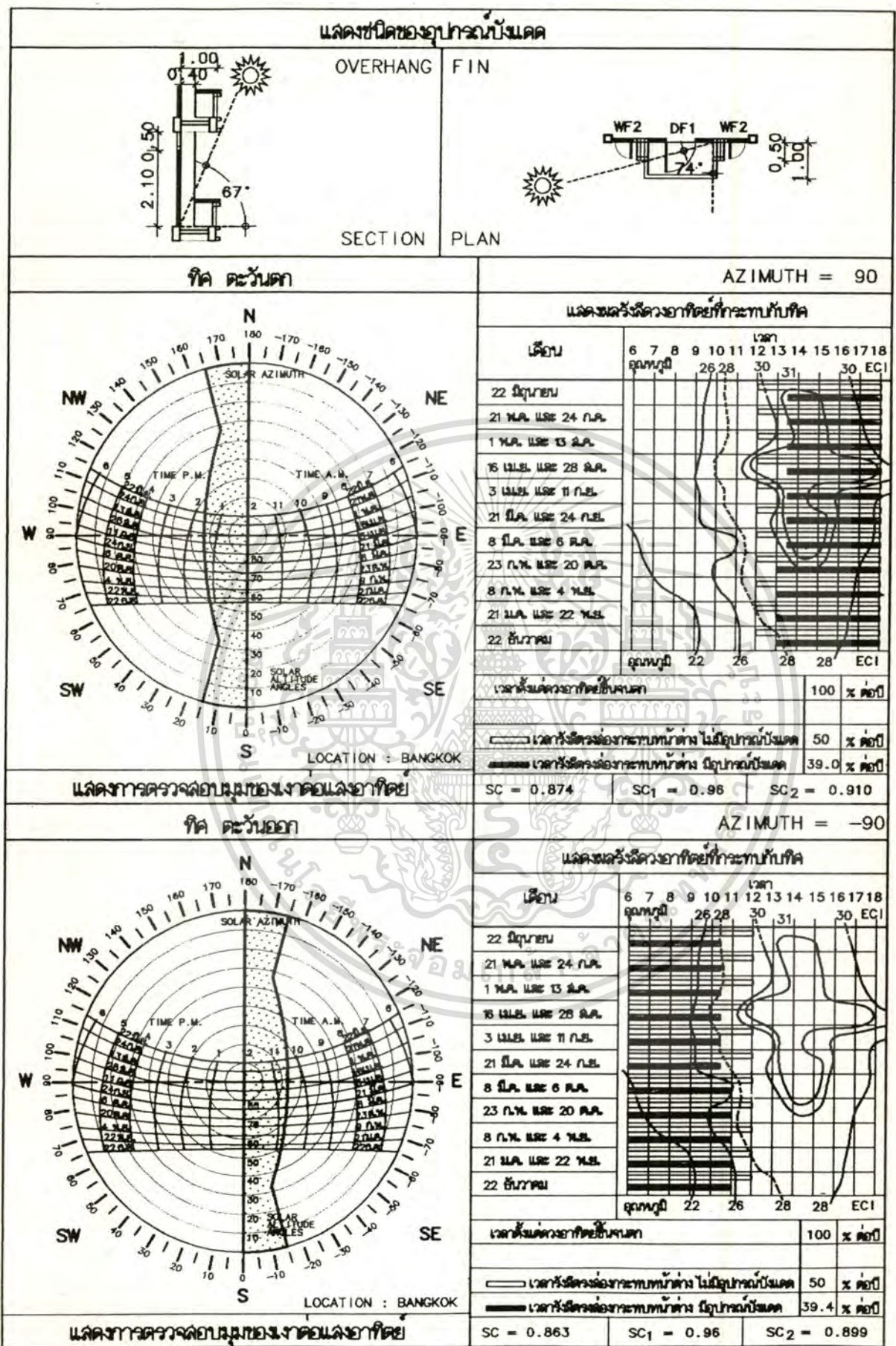
แสดงผลรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทบกับทิศ



แสดงการตรวจสอบมุมของเงาและอาทิตย์

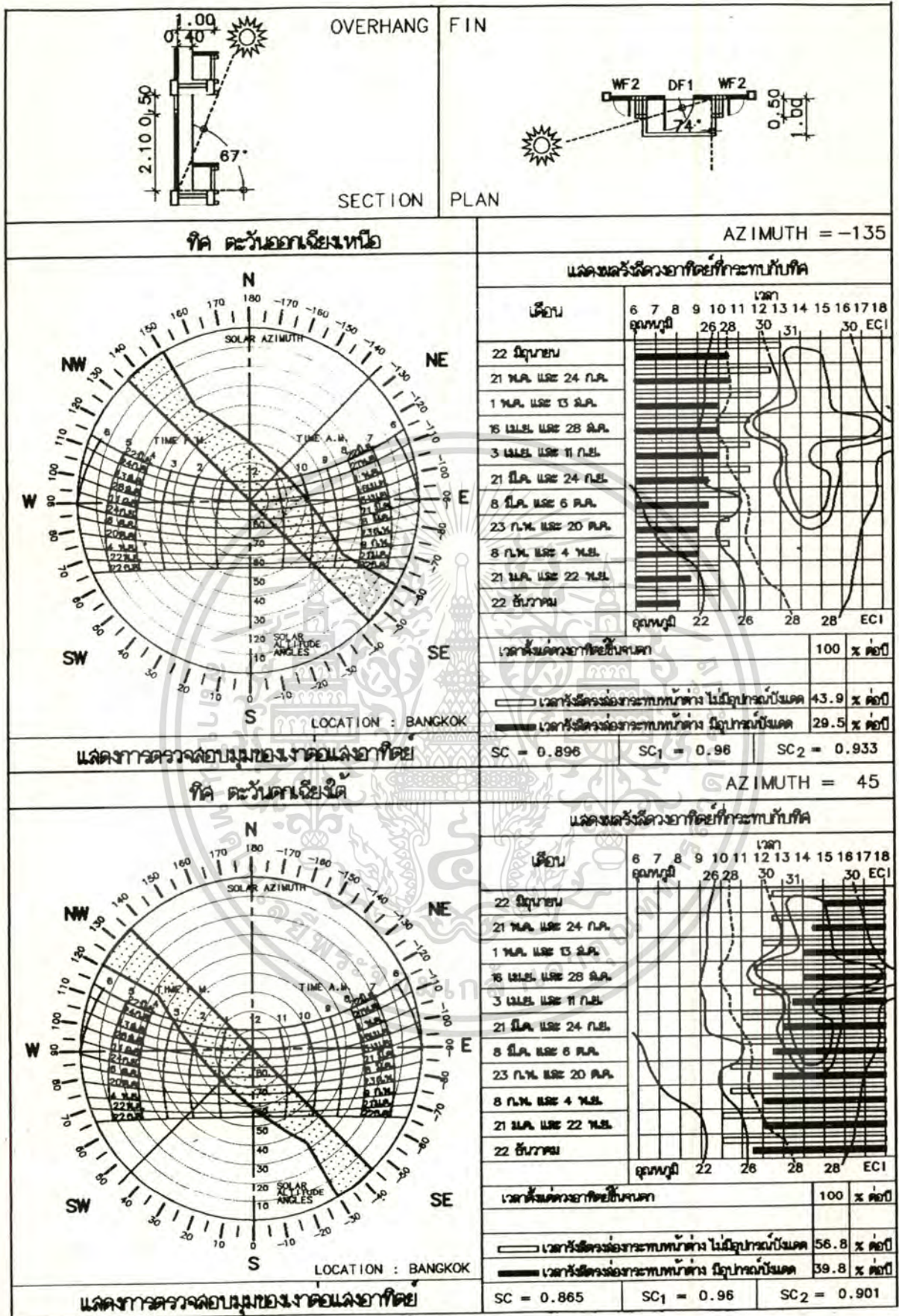
ภาพที่ 7.8 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดด ชั้นสองด้านหน้า ทิศเหนือ-ใต้  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ภาพที่ 7.9 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดด ชั้นสองด้านหน้า ทิศตะวันตก-ตะวันออก  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



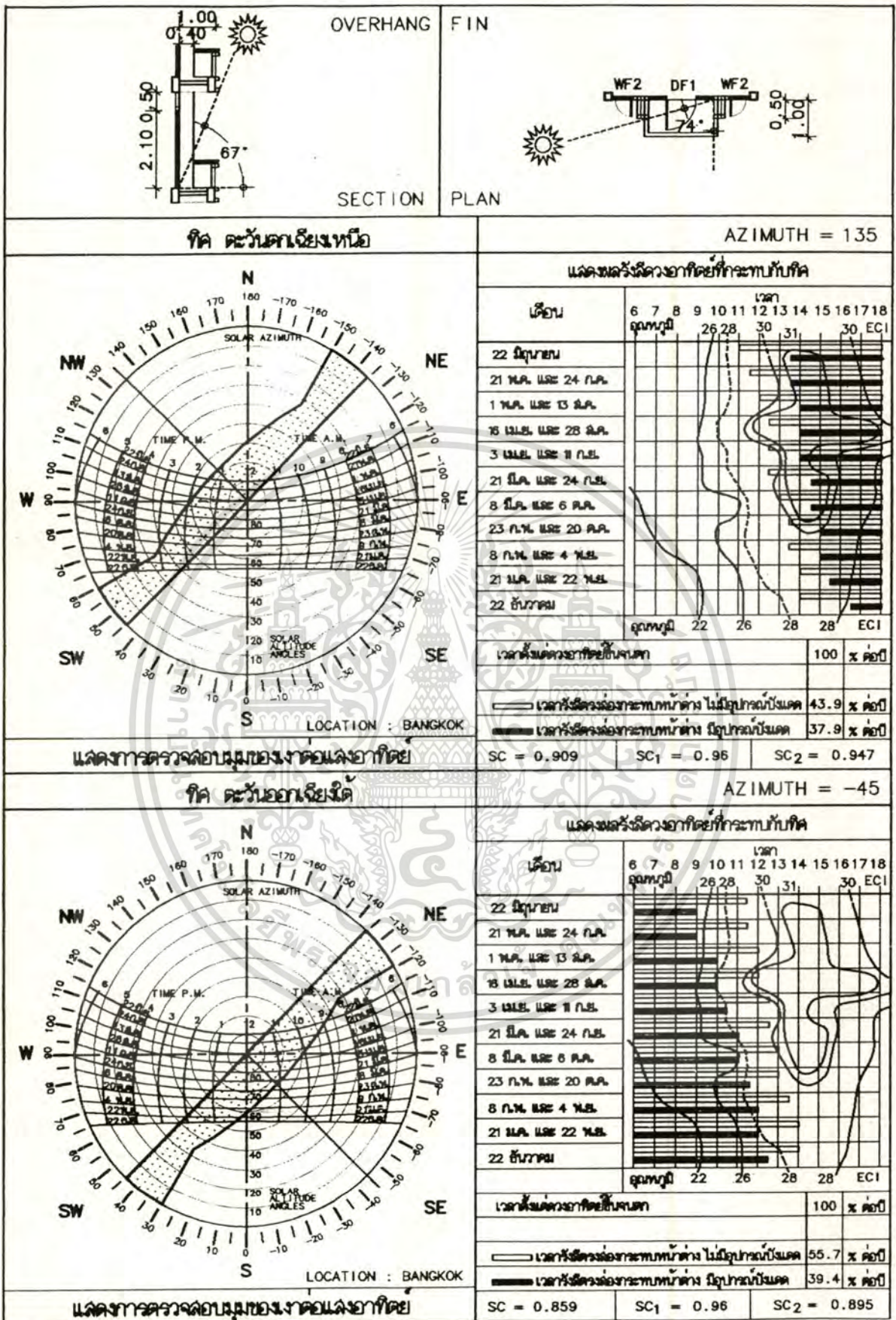


ภาพที่ 7.10 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดด ชั้นสองด้านหน้า ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้

ตากเฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



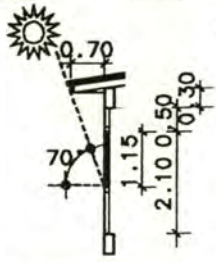


ภาพที่ 7.11 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดด ชั้นสองด้านหน้า ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงชนิดของอุปกรณ์บังแดด



OVERHANG

FIN

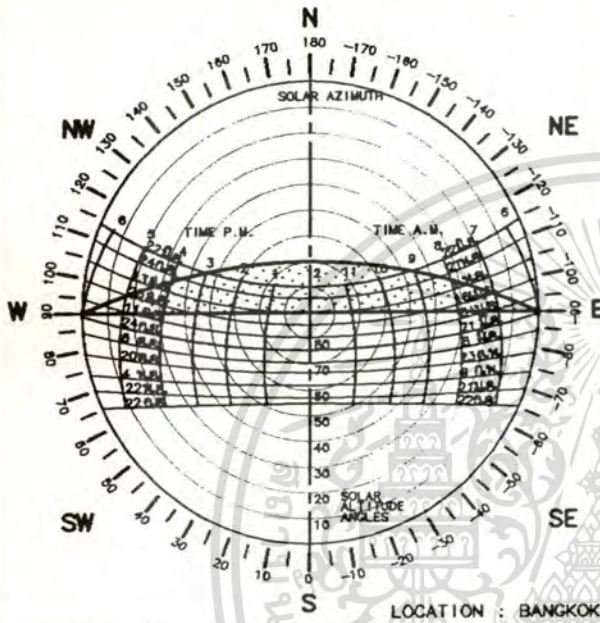


SECTION

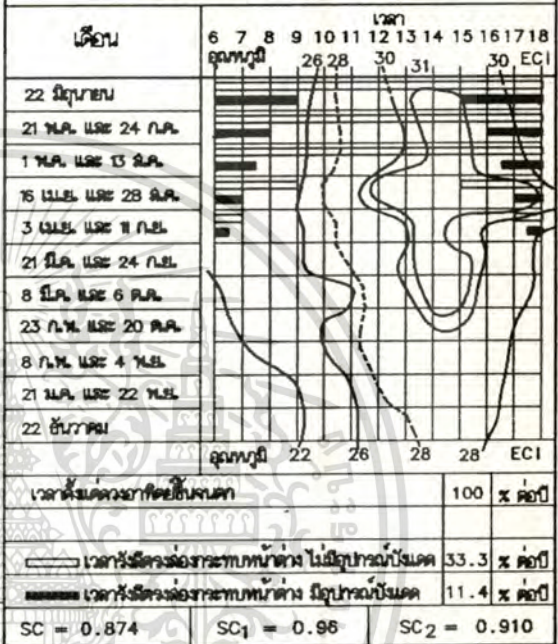
PLAN

ทิศเหนือ

AZIMUTH = 180



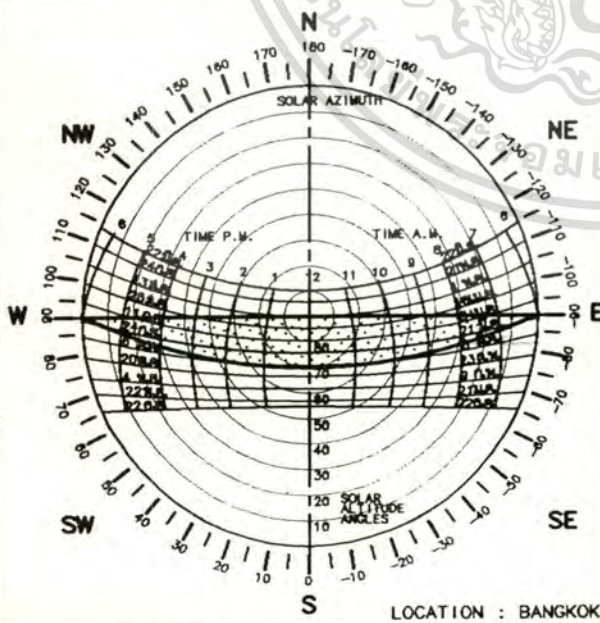
แสดงผลรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทบกับทิศ



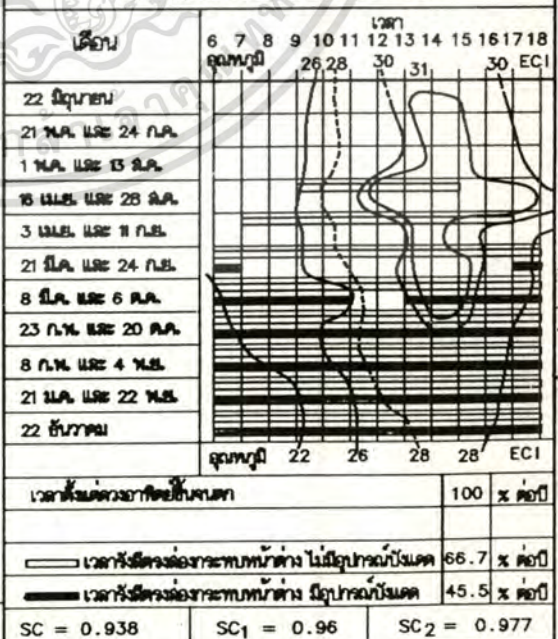
แสดงการตรวจสอบมุมของเงาบังแดด

ทิศใต้

AZIMUTH = 0



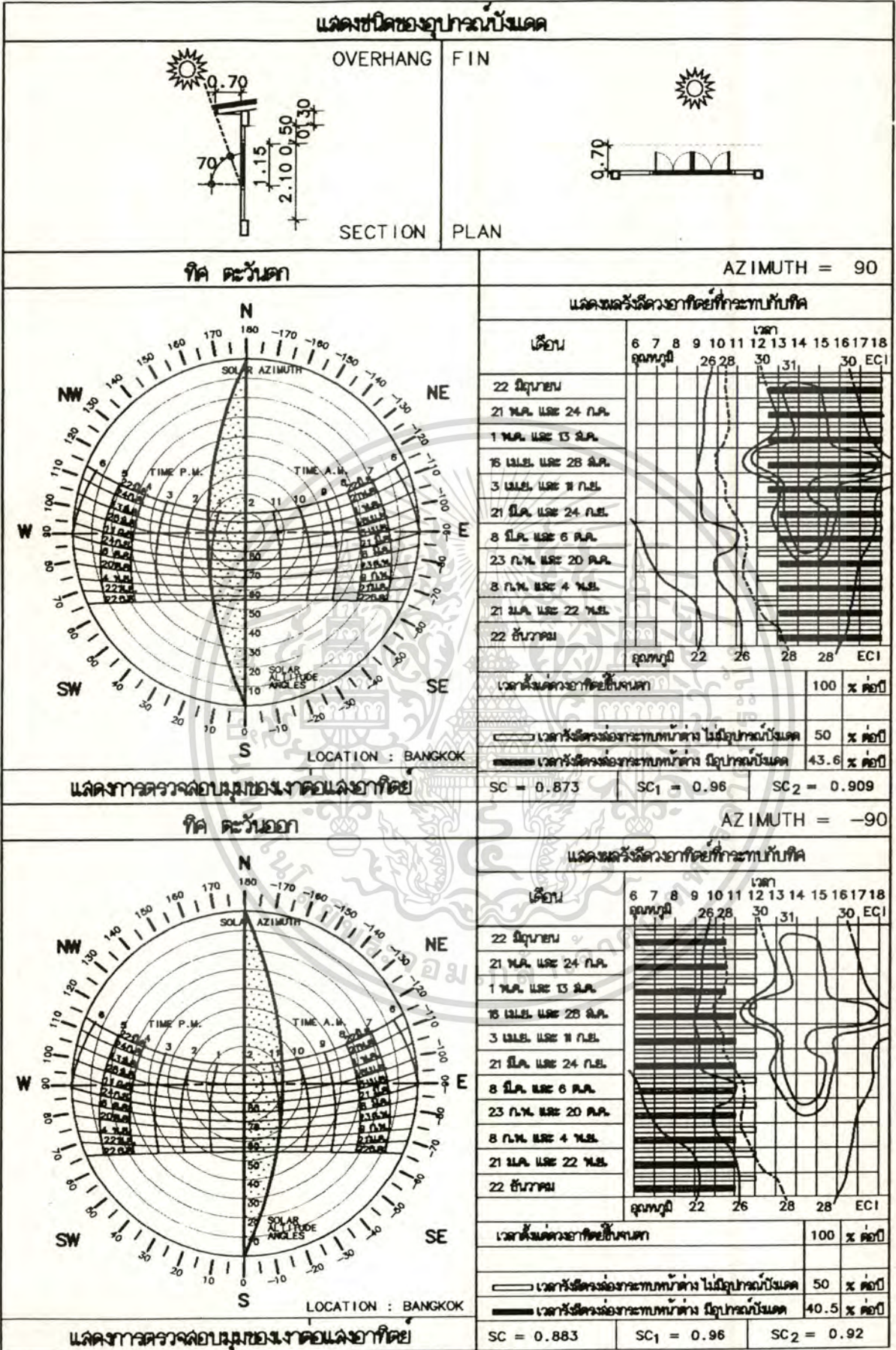
แสดงผลรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทบกับทิศ



แสดงการตรวจสอบมุมของเงาบังแดด

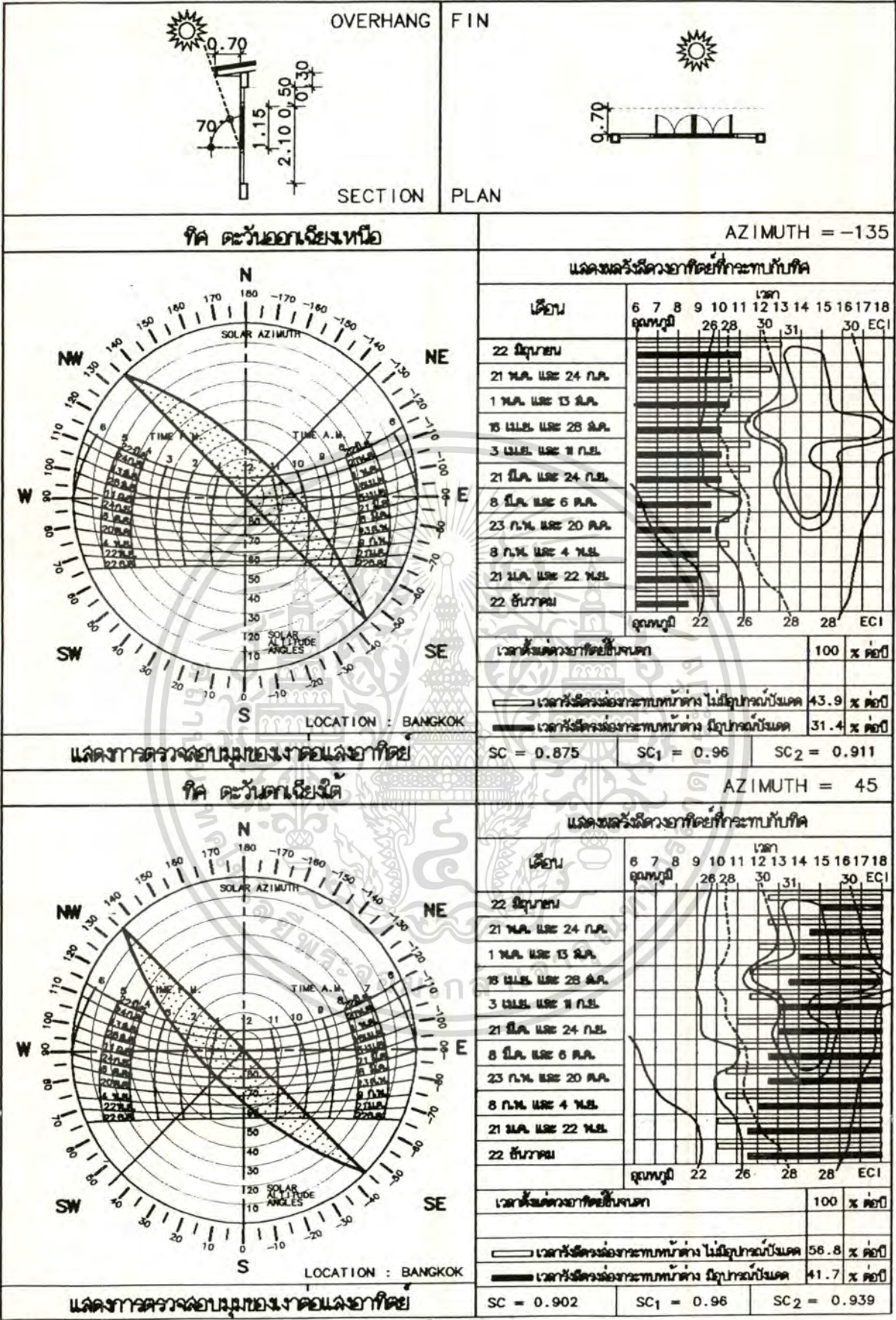
ภาพที่ 7.12 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดด ชั้นสามด้านหลัง ทิศเหนือ-ใต้  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



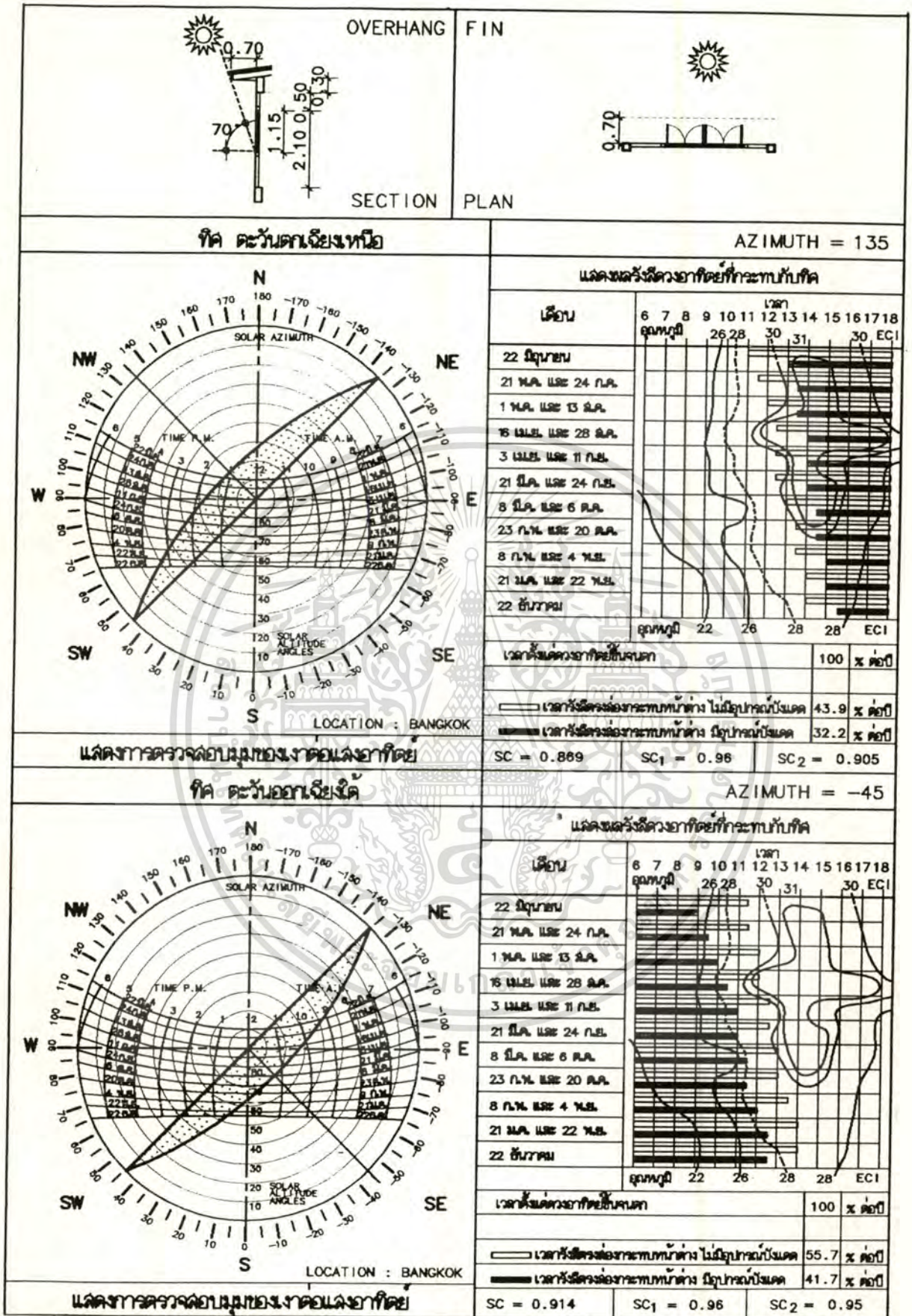


ภาพที่ 7.13 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดด ชั้นสามด้านหลัง ทิศตะวันตก-ตะวันออก  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้









ภาพที่ 7.15 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดด ชั้นสามด้านหลัง ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออก

ออกเฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 7.5 การตรวจสอบค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ของอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง

การตรวจสอบ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ได้ทำการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ของอาคาร ซึ่งได้กล่าวถึงวิธีการคำนวณไว้ในบทที่ 3 ในบทนี้จะทำให้การตรวจสอบประสิทธิภาพของกรอบอาคารตัวอย่าง ในการถ่ายเทความร้อนรวมเข้าสู่ภายในอาคาร แสดงดังตารางที่ 1-8 และ ภาพที่ 7.16 ซึ่งการตรวจสอบการถ่ายเทความร้อนรวมโดยได้แยกส่วน การตรวจสอบโดยแบ่งกรอบของอาคารทาวน์เฮ้าส์ ออกเป็น 3 ส่วน

1. ส่วนกรอบด้านนอกด้านหน้า
2. ส่วนกรอบด้านนอกด้านหลัง
3. ส่วนกรอบด้านนอกด้านข้าง

ผลการตรวจสอบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง ของแต่ละหน่วยของแถว

### กรอบด้านหน้าอาคาร

มีพื้นที่ ผนังทึบ 68% และมีพื้นที่หน้าต่าง 32% มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) ของแต่ละทิศทางด้านหน้าอาคารดังนี้

$$\begin{array}{lll} N = 60.6 \text{ W/m}^2 & NE = 63.0 \text{ W/m}^2 & NW = 63.6 \text{ W/m}^2 \\ E = 67.1 \text{ W/m}^2 & S = 67.1 \text{ W/m}^2 & W = 67.3 \text{ W/m}^2 \\ SW = 67.9 \text{ W/m}^2 & SE = 68.1 \text{ W/m}^2 & \end{array}$$

ซึ่งประสิทธิภาพของกรอบอาคารทางด้านหน้ามีค่าการถ่ายเทความร้อนสูง กว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 45 วัตต์ต่อตารางเมตร จึงควรมีการปรับปรุงค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ทางด้านหน้าอาคารซึ่งจากการคำนวณพบว่า ค่าที่แปรผันส่วนใหญ่เกิดจากประสิทธิภาพของหน้าต่างกระจกใส ที่มีประสิทธิภาพการบังแดดของกระจก ( $SC_1$ ) สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด ( $SC_2$ ) และพื้นที่ของหน้าต่างเป็นส่วนใหญ่

### กรอบด้านหลังอาคาร

มีพื้นที่ ผนังทึบ 85.8% และมีพื้นที่หน้าต่าง 14.2% มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) ของแต่ละทิศทางด้านหน้าอาคารดังนี้

$$\begin{array}{lll} N = 46.1 \text{ W/m}^2 & NE = 48.6 \text{ W/m}^2 & NW = 48.4 \text{ W/m}^2 \\ E = 52.5 \text{ W/m}^2 & S = 52.5 \text{ W/m}^2 & W = 52.0 \text{ W/m}^2 \\ SW = 52.8 \text{ W/m}^2 & SE = 53.3 \text{ W/m}^2 & \end{array}$$

ซึ่งประสิทธิภาพของกรอบอาคารทางด้านหลังมีค่าการถ่ายเทความร้อนสูง กว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 45 วัตต์ต่อตารางเมตร จึงควรมีการปรับปรุงค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ทางด้านหลังอาคารซึ่งมีอุปกรณ์บังแดดให้กับหน้าต่างน้อยกว่าทางด้านหน้าอาคาร จากการคำนวณพบว่า ค่าที่แปรผันส่วนใหญ่เกิดจากประสิทธิภาพของหน้าต่างกระจกใส ที่มีประสิทธิภาพการบังแดดของ



กระจก ( $SC_1$ ) สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด ( $SC_2$ ) และพื้นที่ของหน้าต่างกระจก ควรมีพื้นที่ที่เหมาะสม

### กรอบด้านหลังอาคาร

ประสิทธิภาพของกรอบด้านข้างของแต่ละหน่วยแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. กรอบด้านข้างของหน่วยอาคารที่อยู่ตำแหน่งกลาง ซึ่งมีผนังกันระหว่างหน่วย จะไม่มีปัญหาทางด้านค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร เนื่องจากผนังกันระหว่างหน่วยไม่ได้รับรังสีโดยตรงจากดวงอาทิตย์

2. กรอบด้านข้างของหน่วยที่อยู่ตำแหน่งริมอาคาร ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ซึ่งมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) เท่ากับ 33.1 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวม ต่ำกว่ามาตรฐานคือ 45 วัตต์ต่อตารางเมตร ถ้ามีการปรับปรุงให้ต่ำกว่านี้จะทำให้ลดค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารได้ดีขึ้น ซึ่งจะพบว่าในการที่ไม่มีช่องเปิดด้านข้างของอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง จะทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) ของอาคารน้อยลง การเปิดช่องเปิดหน้าต่างนั้นมีผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมสูง ดังนั้นการออกแบบช่องเปิดควรคำนึงถึงค่าการถ่ายเทความร้อนด้วย

กรอบของอาคารทาวน์เฮ้าส์ทั้งหมด 10 หน่วยต่อแถว

มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) ของแต่ละทิศทางด้านหน้าอาคารดังนี้

$$N = 51.47 \text{ W/m}^2 \quad S = 51.53 \text{ W/m}^2 \quad NE = 52.56 \text{ W/m}^2$$

$$SE = 52.82 \text{ W/m}^2 \quad SW = 52.84 \text{ W/m}^2 \quad NW = 52.98 \text{ W/m}^2$$

$$E = 53.86 \text{ W/m}^2 \quad W = 54.14 \text{ W/m}^2$$

ซึ่งมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) ของอาคารเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ควรเกิน 45 วัตต์ต่อตารางเมตร ดังนั้นจึงควรมีการปรับปรุงประสิทธิภาพของกรอบอาคารให้มีคุณภาพทางด้านการถ่ายเทความร้อน

### การตรวจสอบประสิทธิภาพของวัสดุประกอบอาคาร

#### วัสดุประกอบ ผนัง

ประสิทธิภาพของผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(U)เท่ากับ  $3.31 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  ซึ่งเมื่อคำนวณเฉพาะส่วนผนังก่ออิฐฉาบปูนจะมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) เท่ากับ 33.1 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมสูง แต่ไม่เกินค่ามาตรฐานที่ 45 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งถ้ามีการปรับปรุงประสิทธิภาพของผนังจะทำให้ลดค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารได้มากขึ้น ควรมีการปรับปรุงชนิดของผนังให้มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) ให้ลดลง และให้เหมาะสมกับทิศที่มีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ส่องมากระทบ ในการเลือกผนังให้มีประ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สิทธิภาพ ควรมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(U)น้อย มีการเลือกชนิดของผิวและสี ของผนังที่มีสีสว่าง ซึ่งมีการดูดกลืนความร้อนน้อย ควรมีพื้นที่ของผนังที่น้อย

#### วัสดุประกอบหน้าต่าง

ประสิทธิภาพของหน้าต่างกระจกใสหนา 6 มม.มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(U) เท่ากับ  $5.88 \text{ } 3.31 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  ซึ่งเมื่อคำนวณเฉพาะส่วนหน้าต่าง จะมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) กรณีไม่มีอุปกรณ์บังแดดสูงถึง  $136\text{-}209 \text{ W/m}^2$  ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามทิศที่ตั้ง ทิศเหนือ น้อยสุด และทิศตะวันออกเฉียงใต้มากที่สุด ซึ่งค่าการถ่ายเทความร้อนรวมสูงกว่าวัสดุประกอบผนัง และหลังคา ส่วนเมื่อมีอุปกรณ์บังแดดให้กับหน้าต่างกระจกสามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมได้ แต่ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) ยังสูงมากอยู่ เนื่องจากอุปกรณ์บังแดดมีประสิทธิภาพน้อย ได้ผลดีเฉพาะทิศเหนือเท่านั้น ซึ่งความมีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้เหมาะสมกับทิศที่ตั้งของหน้าต่าง ส่วนกรอบบานหน้าต่างไม่ว่าจะเป็นวัสดุ ไม้เนื้อแข็ง หรืออลูมิเนียมมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U)ต่ำ มีคุณภาพดี ซึ่งในการลดค่าการถ่ายเทความร้อนของหน้าต่างกระจกให้มีประสิทธิภาพ ควรมีการเลือกชนิดของกระจกที่มีค่าการถ่ายเทความร้อน(U)น้อย มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก( $SC_1$ )น้อย พื้นที่ของกระจกน้อย สัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดมีค่าน้อย ( $SC_2$ ) และทิศของการตั้งวางหน้าต่างกระจกควรเหมาะสมกับค่าปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์

#### วัสดุประกอบหลังคา

ประสิทธิภาพของหลังคาอาคารทาวนเฮ้าส์ตัวอย่างมุ่งกระเบื้องซีแพคโมเนีย มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(U) เท่ากับ  $2.24 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  ซึ่งเมื่อคำนวณส่วนกรอบหลังคากระเบื้องซีแพคโมเนียมีฝ้าเพดาน จะมีค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) เท่ากับ  $22.4 \text{ W/m}^2$  ซึ่งมีค่าการถ่ายเทความร้อนสูง ซึ่งมาตรฐานไม่ควรเกิน 25 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ส่งผลกระทบต่อหลังคามีปริมาณสูงที่สุด ในการลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) ของหลังคา ควรมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(U) ต่ำ ควรมีพื้นที่หลังคาที่น้อย วัสดุที่เลือกใช้ควรมีสีที่สว่าง ดูดกลืนความร้อนน้อย

จากการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) พื้นที่กรอบอาคารส่วนใหญ่เป็นส่วนผนังของอาคาร ส่วนรองลงมาคือพื้นที่หลังคา และส่วนพื้นที่กระจก (หน้าต่าง มีจำนวนน้อย) แต่เมื่อเทียบกับค่าปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นของกระจกเมื่อเทียบกับ ตารางเมตร จะมีปริมาณมากกว่าผนัง และหลังคา ส่วนค่าการถ่ายเทความร้อน(U) จะเห็นได้ว่า ค่าการถ่ายเทความร้อน(U) ของกระจกมากกว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนถึง 1.7 เท่า และมากกว่าหลังคา 2.6 เท่า ซึ่งเมื่อนำมาคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) แล้วเปลี่ยนตำแหน่งที่ตั้ง อาคารทาวนเฮ้าส์ 8 ทิศโดยให้ทิศของหน้าต่างกระจกด้านหน้า และด้านหลังหันไปทางทิศเหนือและทิศใต้จะมีค่าการถ่ายเทความร้อนน้อยกว่าทิศอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



| AZIMUTH ANGLE = |      | 180  |       |      |      |       |        |      |      |       |         | กรอบด้านหน้าอาคาร |  |
|-----------------|------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|-------------------|--|
| SECTION         | Aw   | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |                   |  |
| WALL-F1         | 7.69 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 254.539 |                   |  |
| WOOD-F1         | 1.61 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 30.590  |                   |  |
| DF1             | -    | -    | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 0.89 | 0.850 | 111.605 |                   |  |
| WF1             | -    | -    | -     | 1.80 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 0.89 | 0.850 | 223.209 |                   |  |
| WALL-F2         | 7.01 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 232.031 |                   |  |
| WOOD-F2         | 0.89 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 16.910  |                   |  |
| DF2             | -    | -    | -     | 3.20 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 0.92 | 0.887 | 409.994 |                   |  |
| WF2             | -    | -    | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 1.00 | 0.960 | 122.623 |                   |  |
| WALL-F3         | 7.01 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 232.031 |                   |  |
| WOOD-F3         | 0.89 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 16.910  |                   |  |
| DF3             | -    | -    | -     | 3.20 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 0.92 | 0.887 | 409.994 |                   |  |
| WF3             | -    | -    | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 0.98 | 0.936 | 120.219 |                   |  |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 60.574    วัสดุคือตารางเมตร  
พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด                      68.02                      %                      พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด                      31.98                      %

| AZIMUTH ANGLE = |      | 0    |       |      |      |       |        |      |      |       |         | กรอบด้านหลังอาคาร |  |
|-----------------|------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|-------------------|--|
| SECTION         | Aw   | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |                   |  |
| WALL-B1         | 8.87 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 293.597 |                   |  |
| WOOD-B1         | 2.03 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 38.570  |                   |  |
| WB1             | -    | -    | -     | 0.80 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 0.55 | 0.528 | 98.792  |                   |  |
| WB11            | -    | -    | -     | 0.30 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 0.55 | 0.528 | 37.047  |                   |  |
| WALL-F2         | 9.58 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 317.098 |                   |  |
| WOOD-F2         | 0.42 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 7.980   |                   |  |
| WB2             | -    | -    | -     | 2.00 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 1.00 | 0.960 | 400.944 |                   |  |
| WALL-F3         | 9.58 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 317.098 |                   |  |
| WOOD-F3         | 0.42 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 7.980   |                   |  |
| WB3             | -    | -    | -     | 2.00 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 0.91 | 0.874 | 370.294 |                   |  |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 52.483    วัสดุคือตารางเมตร  
พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด                      85.83                      %                      พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด                      14.17                      %

| AZIMUTH ANGLE = |       | -90  |       |    |    |       |    |     |     |    |          | กรอบด้านข้างอาคาร |  |
|-----------------|-------|------|-------|----|----|-------|----|-----|-----|----|----------|-------------------|--|
| SECTION         | Aw    | Uw   | TDeq  | Af | Uf | Tdiff | SF | SC1 | SC2 | SC | Q        |                   |  |
| WALL-S1         | 99.00 | 3.31 | 10.00 | -  | -  | -     | -  | -   | -   | -  | 3276.900 |                   |  |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 33.10    วัสดุคือตารางเมตร  
ค่า OTTV ของอาคารหลังนี้

ค่า OTTV หน่วยกลางของอาคาร = 56.529    W/Sq.m.                      ค่า OTTV หน่วยริมสุดของอาคาร = 42.965    W/Sq.m.

ตารางที่ 7.4 แสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) ด้านหน้าอาคารอยู่ทางทิศเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



| AZIMUTH ANGLE = 0 |      |      |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
|-------------------|------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|
| กรอบด้านหน้าอาคาร |      |      |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
| SECTION           | Aw   | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |
| WALL-F1           | 7.69 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 254.539 |
| WOOD-F1           | 1.61 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 30.590  |
| DF1               | -    | -    | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 0.55 | 0.528 | 111.141 |
| WF1               | -    | -    | -     | 1.80 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 0.55 | 0.528 | 222.281 |
| WALL-F2           | 7.01 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 232.031 |
| WOOD-F2           | 0.89 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 16.910  |
| DF2               | -    | -    | -     | 3.20 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 0.70 | 0.672 | 477.281 |
| WF2               | -    | -    | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 1.00 | 0.960 | 180.425 |
| WALL-F3           | 7.01 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 232.031 |
| WOOD-F3           | 0.89 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 16.910  |
| DF3               | -    | -    | -     | 3.20 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 0.70 | 0.672 | 477.281 |
| WF3               | -    | -    | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 0.90 | 0.864 | 165.028 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 67.124 วัตต์ต่อตารางเมตร  
พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด 68.02 % พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด 31.98 %

| AZIMUTH ANGLE = 180 |      |      |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
|---------------------|------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|
| กรอบด้านหลังอาคาร   |      |      |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
| SECTION             | Aw   | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |
| WALL-B1             | 8.87 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 293.597 |
| WOOD-B1             | 2.03 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 38.570  |
| WB1                 | -    | -    | -     | 0.80 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 0.89 | 0.850 | 99.204  |
| WB11                | -    | -    | -     | 0.30 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 0.89 | 0.850 | 37.202  |
| WALL-F2             | 9.58 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 317.098 |
| WOOD-F2             | 0.42 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 7.980   |
| WB2                 | -    | -    | -     | 2.00 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 1.00 | 0.960 | 272.496 |
| WALL-F3             | 9.58 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 317.098 |
| WOOD-F3             | 0.42 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 7.980   |
| WB3                 | -    | -    | -     | 2.00 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 0.98 | 0.938 | 267.599 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 46.078 วัตต์ต่อตารางเมตร  
พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด 85.83 % พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด 14.17 %

| AZIMUTH ANGLE = 90 |       |      |       |    |    |       |    |     |     |    |          |
|--------------------|-------|------|-------|----|----|-------|----|-----|-----|----|----------|
| กรอบด้านข้างอาคาร  |       |      |       |    |    |       |    |     |     |    |          |
| SECTION            | Aw    | Uw   | TDeq  | Af | Uf | Tdiff | SF | SC1 | SC2 | SC | Q        |
| WALL-S1            | 99.00 | 3.31 | 10.00 | -  | -  | -     | -  | -   | -   | -  | 3276.900 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 33.10 วัตต์ต่อตารางเมตร  
ค่า OTTV ของอาคารหลังนี้

ค่า OTTV หน่วยกลางของอาคาร = 56.601 W/Sq.m.      ค่า OTTV หน่วยริมสุดของอาคาร = 42.995 W/Sq.m.

ตารางที่ 7.5 แสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม (OTTV) ด้านหน้าอาคารอยู่ทางทิศใต้  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



| AZIMUTH ANGLE = |      | -90               |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
|-----------------|------|-------------------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|
|                 |      | กรอบด้านหน้าอาคาร |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
| SECTION         | Aw   | Uw                | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |
| WALL-F1         | 7.69 | 3.31              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 254.539 |
| WOOD-F1         | 1.61 | 1.90              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 30.590  |
| DF1             | -    | -                 | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 179.00 | 0.96 | 0.54 | 0.523 | 110.715 |
| WF1             | -    | -                 | -     | 1.80 | 5.88 | 5.00  | 179.00 | 0.96 | 0.54 | 0.523 | 221.431 |
| WALL-F2         | 7.01 | 3.31              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 232.031 |
| WOOD-F2         | 0.89 | 1.90              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 16.910  |
| DF2             | -    | -                 | -     | 3.20 | 5.88 | 5.00  | 179.00 | 0.96 | 0.70 | 0.669 | 477.283 |
| WF2             | -    | -                 | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 179.00 | 0.96 | 1.00 | 0.960 | 181.116 |
| WALL-F3         | 7.01 | 3.31              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 232.031 |
| WOOD-F3         | 0.89 | 1.90              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 16.910  |
| DF3             | -    | -                 | -     | 3.20 | 5.88 | 5.00  | 179.00 | 0.96 | 0.70 | 0.669 | 477.283 |
| WF3             | -    | -                 | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 179.00 | 0.96 | 0.90 | 0.863 | 165.489 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 67.120

วัดที่ค่อตารางเมตร

พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด 68.02

%

พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด 31.98

%

| AZIMUTH ANGLE = |      | 90                |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
|-----------------|------|-------------------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|
|                 |      | กรอบด้านหลังอาคาร |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
| SECTION         | Aw   | Uw                | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |
| WALL-B1         | 8.87 | 3.31              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 293.597 |
| WOOD-B1         | 2.03 | 1.90              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 38.570  |
| WB1             | -    | -                 | -     | 0.80 | 5.88 | 5.00  | 171.50 | 0.96 | 0.60 | 0.574 | 102.273 |
| WB11            | -    | -                 | -     | 0.30 | 5.88 | 5.00  | 171.50 | 0.96 | 0.60 | 0.574 | 38.352  |
| WALL-F2         | 9.58 | 3.31              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 317.098 |
| WOOD-F2         | 0.42 | 1.90              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 7.980   |
| WB2             | -    | -                 | -     | 2.00 | 5.88 | 5.00  | 171.50 | 0.96 | 1.00 | 0.960 | 388.080 |
| WALL-F3         | 9.58 | 3.31              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 317.098 |
| WOOD-F3         | 0.42 | 1.90              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 7.980   |
| WB3             | -    | -                 | -     | 2.00 | 5.88 | 5.00  | 171.50 | 0.96 | 0.92 | 0.883 | 361.669 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 52.019

วัดที่ค่อตารางเมตร

พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด 85.83

%

พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด 14.17

%

| AZIMUTH ANGLE = |       | 0                 |       |    |    |       |    |     |     |    |          |
|-----------------|-------|-------------------|-------|----|----|-------|----|-----|-----|----|----------|
|                 |       | กรอบด้านข้างอาคาร |       |    |    |       |    |     |     |    |          |
| SECTION         | Aw    | Uw                | TDeq  | Af | Uf | Tdiff | SF | SC1 | SC2 | SC | Q        |
| WALL-S1         | 99.00 | 3.31              | 10.00 | -  | -  | -     | -  | -   | -   | -  | 3276.900 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 33.10

วัดที่ค่อตารางเมตร

ค่า OTTV ของอาคารหลังนี้

ค่า OTTV หน่วยกลางของอาคาร = 59.570 W/Sq.m.

ค่า OTTV หน่วยริมสุดของอาคาร = 44.245 W/Sq.m.

ตารางที่ 7.6 แสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) ด้านหน้าอาคารอยู่ทางทิศตะวันออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



| AZIMUTH ANGLE = |      | 90   |       |      |      |       |        |      |      |       |         | กรอบด้านหน้าอาคาร |  |
|-----------------|------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|-------------------|--|
| SECTION         | Aw   | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |                   |  |
| WALL-F1         | 7.69 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 254.539 |                   |  |
| WOOD-F1         | 1.61 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 30.590  |                   |  |
| DF1             | -    | -    | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 171.50 | 0.96 | 0.60 | 0.574 | 115.057 |                   |  |
| WF1             | -    | -    | -     | 1.80 | 5.88 | 5.00  | 171.50 | 0.96 | 0.60 | 0.574 | 230.114 |                   |  |
| WALL-F2         | 7.01 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 232.031 |                   |  |
| WOOD-F2         | 0.89 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 16.910  |                   |  |
| DF2             | -    | -    | -     | 3.20 | 5.88 | 5.00  | 171.50 | 0.96 | 0.73 | 0.703 | 479.886 |                   |  |
| WF2             | -    | -    | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 171.50 | 0.96 | 1.00 | 0.960 | 174.636 |                   |  |
| WALL-F3         | 7.01 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 232.031 |                   |  |
| WOOD-F3         | 0.89 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 16.910  |                   |  |
| DF3             | -    | -    | -     | 3.20 | 5.88 | 5.00  | 171.50 | 0.96 | 0.73 | 0.703 | 479.886 |                   |  |
| WF3             | -    | -    | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 171.50 | 0.96 | 0.91 | 0.874 | 161.362 |                   |  |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 67.332 วัตต์ต่อตารางเมตร  
พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด 68.02 % พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด 31.98 %

| AZIMUTH ANGLE = |      | -90  |       |      |      |       |        |      |      |       |         | กรอบด้านหลังอาคาร |  |
|-----------------|------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|-------------------|--|
| SECTION         | Aw   | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |                   |  |
| WALL-B1         | 8.87 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 293.597 |                   |  |
| WOOD-B1         | 2.03 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 38.570  |                   |  |
| WB1             | -    | -    | -     | 0.80 | 5.88 | 5.00  | 179.00 | 0.96 | 0.54 | 0.523 | 98.414  |                   |  |
| WB11            | -    | -    | -     | 0.30 | 5.88 | 5.00  | 179.00 | 0.96 | 0.54 | 0.523 | 36.905  |                   |  |
| WALL-F2         | 9.58 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 317.098 |                   |  |
| WOOD-F2         | 0.42 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 7.980   |                   |  |
| WB2             | -    | -    | -     | 2.00 | 5.88 | 5.00  | 179.00 | 0.96 | 1.00 | 0.960 | 402.480 |                   |  |
| WALL-F3         | 9.58 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 317.098 |                   |  |
| WOOD-F3         | 0.42 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 7.980   |                   |  |
| WB3             | -    | -    | -     | 2.00 | 5.88 | 5.00  | 179.00 | 0.96 | 0.91 | 0.873 | 371.334 |                   |  |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 52.540 วัตต์ต่อตารางเมตร  
พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด 85.83 % พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด 14.17 %

| AZIMUTH ANGLE = |       | 180  |       |    |    |       |    |     |     |    |          | กรอบด้านข้างอาคาร |  |
|-----------------|-------|------|-------|----|----|-------|----|-----|-----|----|----------|-------------------|--|
| SECTION         | Aw    | Uw   | TDeq  | Af | Uf | Tdiff | SF | SC1 | SC2 | SC | Q        |                   |  |
| WALL-S1         | 99.00 | 3.31 | 10.00 | -  | -  | -     | -  | -   | -   | -  | 3276.900 |                   |  |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 33.10 วัตต์ต่อตารางเมตร

ค่า OTTV ของอาคารหลังนี้

ค่า OTTV หน่วยกลางของอาคาร = 59.936 W/Sq.m.      ค่า OTTV หน่วยขริมสุดของอาคาร = 44.399 W/Sq.m.

ตารางที่ 7.7 แสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) ด้านหน้าอาคารอยู่ทางทิศตะวันตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



AZIMUTH ANGLE = -135

กรอบด้านหน้าอาคาร

| SECTION | Aw   | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |
|---------|------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|
| WALL-F1 | 7.69 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 254.539 |
| WOOD-F1 | 1.61 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 30.590  |
| DF1     | -    | -    | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 0.70 | 0.671 | 110.221 |
| WF1     | -    | -    | -     | 1.80 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 0.70 | 0.671 | 220.442 |
| WALL-F2 | 7.01 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 232.031 |
| WOOD-F2 | 0.89 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 16.910  |
| DF2     | -    | -    | -     | 3.20 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 0.80 | 0.768 | 434.949 |
| WF2     | -    | -    | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 1.00 | 0.960 | 146.297 |
| WALL-F3 | 7.01 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 232.031 |
| WOOD-F3 | 0.89 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 16.910  |
| DF3     | -    | -    | -     | 3.20 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 0.80 | 0.768 | 434.949 |
| WF3     | -    | -    | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 0.93 | 0.896 | 138.308 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 63.005 วัตต์ต่อตารางเมตร

พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด

68.02

%

พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด

31.98

%

AZIMUTH ANGLE = 45

กรอบด้านหลังอาคาร

| SECTION | Aw   | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |
|---------|------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|
| WALL-B1 | 8.87 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 293.597 |
| WOOD-B1 | 2.03 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 38.570  |
| WB1     | -    | -    | -     | 0.80 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.56 | 0.535 | 100.860 |
| WB11    | -    | -    | -     | 0.30 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.56 | 0.535 | 37.822  |
| WALL-F2 | 9.58 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 317.098 |
| WOOD-F2 | 0.42 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 7.980   |
| WB2     | -    | -    | -     | 2.00 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 1.00 | 0.960 | 405.744 |
| WALL-F3 | 9.58 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 317.098 |
| WOOD-F3 | 0.42 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 7.980   |
| WB3     | -    | -    | -     | 2.00 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.91 | 0.875 | 375.025 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 52.827 วัตต์ต่อตารางเมตร

พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด

85.83

%

พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด

14.17

%

AZIMUTH ANGLE = -45

กรอบด้านข้างอาคาร

| SECTION | Aw    | Uw   | TDeq  | Af | Uf | Tdiff | SF | SC1 | SC2 | SC | Q        |
|---------|-------|------|-------|----|----|-------|----|-----|-----|----|----------|
| WALL-S1 | 99.00 | 3.31 | 10.00 | -  | -  | -     | -  | -   | -   | -  | 3276.900 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 33.10 วัตต์ต่อตารางเมตร

ค่า OTTV ของอาคารหลังนี้

ค่า OTTV หน่วยกลางของอาคาร = 57.916 W/Sq.m.

ค่า OTTV หน่วยริมสุดของอาคาร = 43.549 W/Sq.m.

ตารางที่ 7.8 แสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) ด้านหน้าอาคารอยู่ทาง

ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



| AZIMUTH ANGLE =                                  |      | 135  |       |       |      |       |        |                        |      |       |         | กรอบด้านหน้าอาคาร |   |
|--------------------------------------------------|------|------|-------|-------|------|-------|--------|------------------------|------|-------|---------|-------------------|---|
| SECTION                                          | Aw   | Uw   | TDeq  | Af    | Uf   | Tdiff | SF     | SC1                    | SC2  | SC    | Q       |                   |   |
| WALL-F1                                          | 7.69 | 3.31 | 10.00 | -     | -    | -     | -      | -                      | -    | -     | 254.539 |                   |   |
| WOOD-F1                                          | 1.61 | 1.90 | 10.00 | -     | -    | -     | -      | -                      | -    | -     | 30.590  |                   |   |
| DF1                                              | -    | -    | -     | 0.90  | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96                   | 0.76 | 0.732 | 114.937 |                   |   |
| WF1                                              | -    | -    | -     | 1.80  | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96                   | 0.76 | 0.732 | 229.874 |                   |   |
| WALL-F2                                          | 7.01 | 3.31 | 10.00 | -     | -    | -     | -      | -                      | -    | -     | 232.031 |                   |   |
| WOOD-F2                                          | 0.89 | 1.90 | 10.00 | -     | -    | -     | -      | -                      | -    | -     | 16.910  |                   |   |
| DF2                                              | -    | -    | -     | 3.20  | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96                   | 0.84 | 0.808 | 441.326 |                   |   |
| WF2                                              | -    | -    | -     | 0.90  | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96                   | 1.00 | 0.960 | 142.495 |                   |   |
| WALL-F3                                          | 7.01 | 3.31 | 10.00 | -     | -    | -     | -      | -                      | -    | -     | 232.031 |                   |   |
| WOOD-F3                                          | 0.89 | 1.90 | 10.00 | -     | -    | -     | -      | -                      | -    | -     | 16.910  |                   |   |
| DF3                                              | -    | -    | -     | 3.20  | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96                   | 0.84 | 0.808 | 441.326 |                   |   |
| WF3                                              | -    | -    | -     | 0.90  | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96                   | 0.95 | 0.909 | 136.331 |                   |   |
| ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 63.592 วัตต์ต่อตารางเมตร |      |      |       |       |      |       |        |                        |      |       |         |                   |   |
| พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด                         |      |      |       | 68.02 |      |       | %      | พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด |      |       |         | 31.98             | % |

| AZIMUTH ANGLE =                                  |      | -45  |       |       |      |       |        |                        |      |       |         | กรอบด้านหลังอาคาร |   |
|--------------------------------------------------|------|------|-------|-------|------|-------|--------|------------------------|------|-------|---------|-------------------|---|
| SECTION                                          | Aw   | Uw   | TDeq  | Af    | Uf   | Tdiff | SF     | SC1                    | SC2  | SC    | Q       |                   |   |
| WALL-B1                                          | 8.87 | 3.31 | 10.00 | -     | -    | -     | -      | -                      | -    | -     | 293.597 |                   |   |
| WOOD-B1                                          | 2.03 | 1.90 | 10.00 | -     | -    | -     | -      | -                      | -    | -     | 38.570  |                   |   |
| WB1                                              | -    | -    | -     | 0.80  | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96                   | 0.53 | 0.505 | 99.028  |                   |   |
| WB11                                             | -    | -    | -     | 0.30  | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96                   | 0.53 | 0.505 | 37.135  |                   |   |
| WALL-F2                                          | 9.58 | 3.31 | 10.00 | -     | -    | -     | -      | -                      | -    | -     | 317.098 |                   |   |
| WOOD-F2                                          | 0.42 | 1.90 | 10.00 | -     | -    | -     | -      | -                      | -    | -     | 7.980   |                   |   |
| WB2                                              | -    | -    | -     | 2.00  | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96                   | 1.00 | 0.960 | 417.648 |                   |   |
| WALL-F3                                          | 9.58 | 3.31 | 10.00 | -     | -    | -     | -      | -                      | -    | -     | 317.098 |                   |   |
| WOOD-F3                                          | 0.42 | 1.90 | 10.00 | -     | -    | -     | -      | -                      | -    | -     | 7.980   |                   |   |
| WB3                                              | -    | -    | -     | 2.00  | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96                   | 0.91 | 0.869 | 383.632 |                   |   |
| ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 53.327 วัตต์ต่อตารางเมตร |      |      |       |       |      |       |        |                        |      |       |         |                   |   |
| พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด                         |      |      |       | 85.83 |      |       | %      | พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด |      |       |         | 14.17             | % |

| AZIMUTH ANGLE =                                 |       | -135 |       |        |    |       |         |                                |     |    |          | กรอบด้านข้างอาคาร |         |
|-------------------------------------------------|-------|------|-------|--------|----|-------|---------|--------------------------------|-----|----|----------|-------------------|---------|
| SECTION                                         | Aw    | Uw   | TDeq  | Af     | Uf | Tdiff | SF      | SC1                            | SC2 | SC | Q        |                   |         |
| WALL-S1                                         | 99.00 | 3.31 | 10.00 | -      | -  | -     | -       | -                              | -   | -  | 3276.900 |                   |         |
| ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 33.10 วัตต์ต่อตารางเมตร |       |      |       |        |    |       |         |                                |     |    |          |                   |         |
| ค่า OTTV ของอาคารหลังนี้                        |       |      |       |        |    |       |         |                                |     |    |          |                   |         |
| ค่า OTTV หน่วยกลางของอาคาร =                    |       |      |       | 58.459 |    |       | W/Sq.m. | ค่า OTTV หน่วยริมสุดของอาคาร = |     |    |          | 43.778            | W/Sq.m. |

ตารางที่ 7.9 แสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) ด้านหน้าอาคารอยู่ทาง

ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



| AZIMUTH ANGLE = -45 |      |      |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
|---------------------|------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|
| กรอบด้านหน้าอาคาร   |      |      |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
| SECTION             | Aw   | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |
| WALL-F1             | 7.69 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 254.539 |
| WOOD-F1             | 1.61 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 30.590  |
| DF1                 | -    | -    | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96 | 0.53 | 0.505 | 111.406 |
| WF1                 | -    | -    | -     | 1.80 | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96 | 0.53 | 0.505 | 222.812 |
| WALL-F2             | 7.01 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 232.031 |
| WOOD-F2             | 0.89 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 16.910  |
| DF2                 | -    | -    | -     | 3.20 | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96 | 0.68 | 0.657 | 487.019 |
| WF2                 | -    | -    | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96 | 1.00 | 0.960 | 187.942 |
| WALL-F3             | 7.01 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 232.031 |
| WOOD-F3             | 0.89 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 16.910  |
| DF3                 | -    | -    | -     | 3.20 | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96 | 0.68 | 0.657 | 487.019 |
| WF3                 | -    | -    | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96 | 0.89 | 0.859 | 170.952 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 68.060 วัตต์ต่อตารางเมตร  
พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด 68.02 % พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด 31.98 %

| AZIMUTH ANGLE = 135 |      |      |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
|---------------------|------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|
| กรอบด้านหลังอาคาร   |      |      |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
| SECTION             | Aw   | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |
| WALL-B1             | 8.87 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 293.597 |
| WOOD-B1             | 2.03 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 38.570  |
| WB1                 | -    | -    | -     | 0.80 | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96 | 0.76 | 0.732 | 102.166 |
| WB11                | -    | -    | -     | 0.30 | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96 | 0.76 | 0.732 | 38.312  |
| WALL-F2             | 9.58 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 317.098 |
| WOOD-F2             | 0.42 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 7.980   |
| WB2                 | -    | -    | -     | 2.00 | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96 | 1.00 | 0.960 | 316.656 |
| WALL-F3             | 9.58 | 3.31 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 317.098 |
| WOOD-F3             | 0.42 | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 7.980   |
| WB3                 | -    | -    | -     | 2.00 | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96 | 0.95 | 0.914 | 304.300 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 48.438 วัตต์ต่อตารางเมตร  
พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด 85.83 % พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด 14.17 %

| AZIMUTH ANGLE = 45 |       |      |       |    |    |       |    |     |     |    |          |
|--------------------|-------|------|-------|----|----|-------|----|-----|-----|----|----------|
| กรอบด้านข้างอาคาร  |       |      |       |    |    |       |    |     |     |    |          |
| SECTION            | Aw    | Uw   | TDeq  | Af | Uf | Tdiff | SF | SC1 | SC2 | SC | Q        |
| WALL-S1            | 99.00 | 3.31 | 10.00 | -  | -  | -     | -  | -   | -   | -  | 3276.900 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 33.10 วัตต์ต่อตารางเมตร

ค่า OTTV ของอาคารหลังนี้

ค่า OTTV หน่วยกลางของอาคาร = 58.249 W/Sq.m.      ค่า OTTV หน่วยริมสุดของอาคาร = 43.689 W/Sq.m.

ตารางที่ 7.10 แสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) ด้านหน้าอาคารอยู่ทาง

ทิศตะวันออกเฉียงใต้  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



| AZIMUTH ANGLE = |      | กรอบด้านหน้าอาคาร |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
|-----------------|------|-------------------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|
|                 |      | 45                |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
| SECTION         | Aw   | Uw                | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |
| WALL-F1         | 7.69 | 3.31              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 254.539 |
| WOOD-F1         | 1.61 | 1.90              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 30.590  |
| DF1             | -    | -                 | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.56 | 0.535 | 113.467 |
| WF1             | -    | -                 | -     | 1.80 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.56 | 0.535 | 226.934 |
| WALL-F2         | 7.01 | 3.31              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 232.031 |
| WOOD-F2         | 0.89 | 1.90              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 16.910  |
| DF2             | -    | -                 | -     | 3.20 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.71 | 0.677 | 485.548 |
| WF2             | -    | -                 | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 1.00 | 0.960 | 182.585 |
| WALL-F3         | 7.01 | 3.31              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 232.031 |
| WOOD-F3         | 0.89 | 1.90              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 16.910  |
| DF3             | -    | -                 | -     | 3.20 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.71 | 0.677 | 485.548 |
| WF3             | -    | -                 | -     | 0.90 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.90 | 0.865 | 167.135 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 67.895    วัตต์ต่อตารางเมตร  
พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด    68.02    %    พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด    31.98    %

| AZIMUTH ANGLE = |      | กรอบด้านหลังอาคาร |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
|-----------------|------|-------------------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|
|                 |      | -135              |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
| SECTION         | Aw   | Uw                | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |
| WALL-B1         | 8.87 | 3.31              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 293.597 |
| WOOD-B1         | 2.03 | 1.90              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 38.570  |
| WB1             | -    | -                 | -     | 0.80 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 0.70 | 0.671 | 97.974  |
| WB11            | -    | -                 | -     | 0.30 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 0.70 | 0.671 | 36.740  |
| WALL-F2         | 9.58 | 3.31              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 317.098 |
| WOOD-F2         | 0.42 | 1.90              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 7.980   |
| WB2             | -    | -                 | -     | 2.00 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 1.00 | 0.960 | 325.104 |
| WALL-F3         | 9.58 | 3.31              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 317.098 |
| WOOD-F3         | 0.42 | 1.90              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 7.980   |
| WB3             | -    | -                 | -     | 2.00 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 0.94 | 0.902 | 309.015 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 48.643    วัตต์ต่อตารางเมตร  
พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด    85.83    %    พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด    14.17    %

| AZIMUTH ANGLE = |       | กรอบด้านข้างอาคาร |       |    |    |       |    |     |     |    |          |
|-----------------|-------|-------------------|-------|----|----|-------|----|-----|-----|----|----------|
|                 |       | 135               |       |    |    |       |    |     |     |    |          |
| SECTION         | Aw    | Uw                | TDeq  | Af | Uf | Tdiff | SF | SC1 | SC2 | SC | Q        |
| WALL-S1         | 99.00 | 3.31              | 10.00 | -  | -  | -     | -  | -   | -   | -  | 3276.900 |

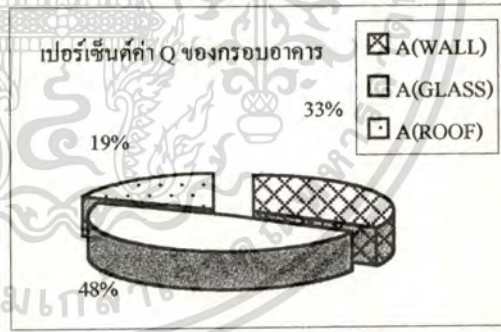
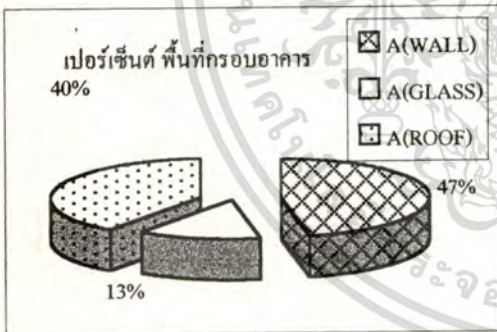
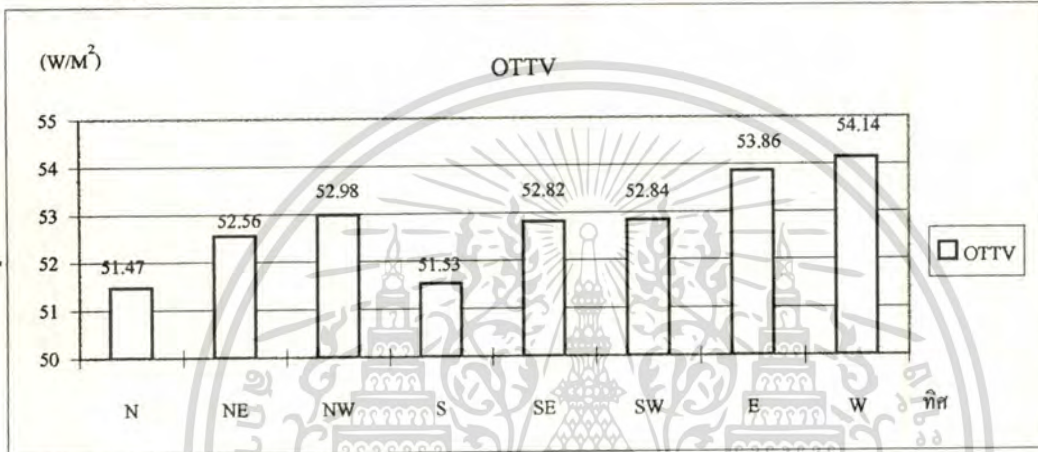
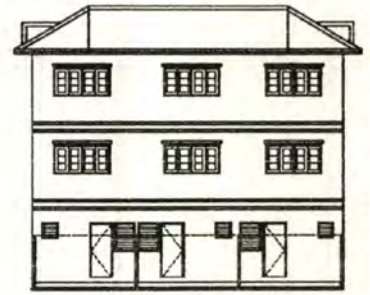
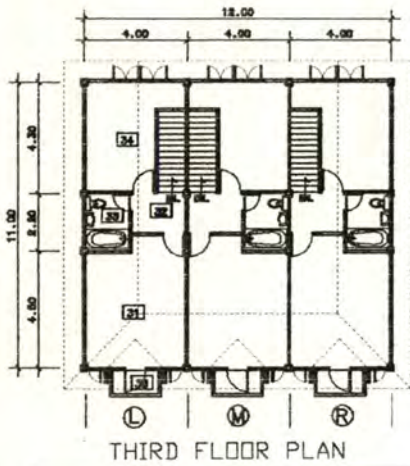
ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 33.10    วัตต์ต่อตารางเมตร  
ค่า OTTV ของอาคารหลังนี้

ค่า OTTV หน่วยกลางของอาคาร = 58.269    W/Sq.m.    ค่า OTTV หน่วยริมสุดของอาคาร = 43.698    W/Sq.m.

ตารางที่ 7.11 แสดงผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) ด้านหน้าอาคารอยู่ทาง

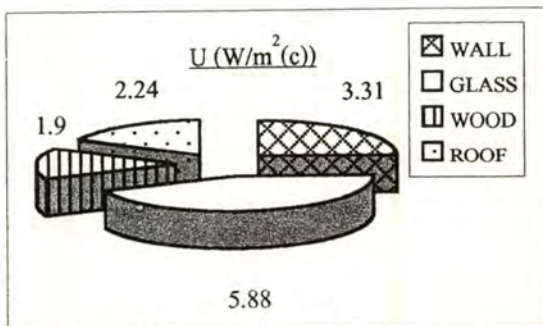
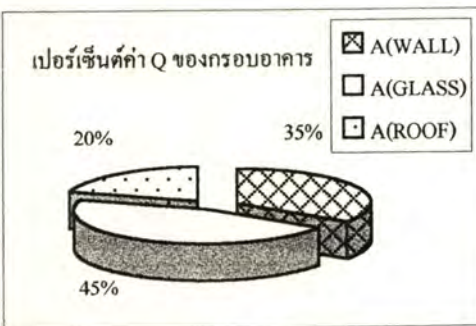
ทิศตะวันตกเฉียงใต้  
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





กราฟ แสดงเปอร์เซ็นต์พื้นที่ที่กรอบอาคาร

กราฟ แสดง เปอร์เซ็นต์ ค่า Q ของกรอบอาคารทิศตะวันตก



กราฟ แสดง เปอร์เซ็นต์ ค่า Q ของกรอบอาคารทิศเหนือ

ภาพที่ 7.16 แสดงผลสรุปประสิทธิภาพของ กรอบอาคารทวนเสาด้วยอย่าง  
เอกสารเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 7.6 การตรวจสอบค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load) อาคารตัวอย่าง

การตรวจสอบค่าภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของอาคาร ทาวน์เฮ้าส์นั้นได้ ตรวจสอบที่ห้องนอน ซึ่งถ้ามีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ (Air Condition) ซึ่ง ห้องนอนนั้นมีการใช้ ในการ ปรับสภาพอุณหภูมิให้สบาย เป็นเวลานาน กว่าห้องอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่เจ้าของอาคารมักจะติดตั้งที่ห้อง นอนก่อน ห้องอื่นๆ ซึ่งในการคิดค่าภาระการทำความเย็น (Cooling Load) นั้นแตกต่างจากบ้านเดี่ยว ในการพักอาศัย เนื่องจากอาคารทาวน์เฮ้าส์มีผนังที่ได้รับค่าความร้อนที่เกิดจากรังสีดวงอาทิตย์ ของ แต่ละหน่วย น้อยกว่าบ้านพักอาศัย เพราะอาคารทาวน์เฮ้าส์จะมีผนังร่วมกันของหน่วย การคำนวณค่า ภาระการทำความเย็น(Cooling Load) มีวิธีการทำดังภาคผนวกที่ ค. 1 จะได้ค่าภาระการทำความเย็น (Cooling load) ในห้องนอนของอาคารตัวอย่าง 8 ทิศ ของหน่วยที่อยู่ด้านริมของแถวอาคาร และ หน่วยที่อยู่ตรงกลางของแถวอาคาร ได้ผลดัง ภาพที่ 7.17-7.24

ข้อมูลในการคำนวณภาระความเย็นในการปรับอากาศ (Cooling Load)

1. สถานที่ตั้งใน เขต กรุงเทพมหานคร
2. อุณหภูมิภายนอกที่ 35 องศาเซลเซียส
3. อุณหภูมิ ออกแบบภายใน 25 องศาเซลเซียส ความชื้น 50%
4. การวิเคราะห์ภาระการทำความเย็น 24 ชม. และเวลาที่เกิดภาระความเย็นสูงสุด (Peak

Load)

การคำนวณค่าภาระการทำความเย็น (Cooling Load) แสดงดังภาคผนวก ค.

โดยมีสัญลักษณ์ในการคำนวณค่าต่างๆ ดังนี้

- Q1 = ความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์  
 Q11 = ความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ ที่กระจกด้านนอก  
 Q12 = ความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ ที่ผนังด้านนอก  
 Q13 = ความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ ที่หลังคาด้านนอก  
 Q2 = ความร้อนเนื่องจากการส่งผ่านความร้อน  
 Q21 = ความร้อนเนื่องจากการส่งผ่านความร้อน ที่กำแพง  
 Q22 = ความร้อนเนื่องจากการส่งผ่านความร้อน ที่เพดาน  
 Q23 = ความร้อนเนื่องจากการส่งผ่านความร้อน ที่พื้น  
 Q3 = ความร้อนสัมผัส  
 Q31 = ความร้อนสัมผัส ภาระจากบุคคล  
 Q32 = ความร้อนสัมผัส ภาระจากแสงไฟฟ้า  
 Q33 = ความร้อนสัมผัส ภาระจากอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ

Q4 = ความร้อนแฝง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Q41 = ความร้อนแฝง ภาระจากบุคคล

Q42 = ความร้อนแฝง ภาระจากการถ่ายเทความร้อน

Q43 = ความร้อนแฝง ภาระจากอัตราการใช้พลังงาน

การคำนวณขนาดของพื้นที่ห้อง 19.6 ตารางเมตร ผลการตรวจสอบค่าภาระการทำความเย็นของห้องใน 8 ทิศ ซึ่งการทำความเย็นจะสูงสุด ที่เวลาประมาณ 15.00 ,16.00, 17.00, 18.00 น. ซึ่งภาระการทำความเย็นของห้องสูงสุดที่มีผลมาจากความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากแสงอาทิตย์ ที่ผ่านมาทางหลังคา ซึ่งจะส่งผลให้เกิดภาระการทำความเย็นสูงสุดที่เวลาประมาณ 16.00 น. ส่วนความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากแสงอาทิตย์ทางกระจกด้านนอก จะมีภาระการเพิ่มความร้อนตามทิศที่กระจกหน้าต่าง นั้นหันกระทบกับแสงจากดวงอาทิตย์ ดังนี้

ทิศใต้ เวลาประมาณ 14.00 น.

ทิศเหนือ เวลาประมาณ 16.00 -18.00 น.

ทิศตะวันออก เวลาประมาณ 9.00-10.00 น.

ทิศตะวันตก เวลาประมาณ 17.00-18.00 น.

ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เวลาประมาณ 9.00 น.

ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ เวลาประมาณ 18.00 น.

ทิศตะวันออกเฉียงใต้ เวลาประมาณ 11.00 น.

ทิศตะวันตกเฉียงใต้ เวลาประมาณ 17.00 น.

ส่วนภาระการทำความเย็นสูงสุดของผนังด้านนอกนั้น จะสูงในด้านที่มีผนังด้านนั้นหันไปกระทบแสงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งผนังนั้น มี 3 ด้าน จึงแปรผันตามทิศ และเวลา ซึ่ง ช่วงเวลาภาระการทำความเย็นให้ผนังสูงสุด ณ ด้านที่ผนังอยู่ด้านทิศนั้น ที่ เวลา ดังต่อไปนี้

ทิศใต้ เวลาประมาณ 19.00 น.

ทิศเหนือ เวลาประมาณ 21.00 น.

ทิศตะวันออก เวลาประมาณ 17.00 น.

ทิศตะวันตก เวลาประมาณ 21.00 น.

ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เวลาประมาณ 18.00 น.

ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ เวลาประมาณ 21.00 น.

ทิศตะวันออกเฉียงใต้ เวลาประมาณ 17.00 น.

ทิศตะวันตกเฉียงใต้ เวลาประมาณ 21.00 น.

ซึ่งภาระการทำความเย็น (Cooling Load ) ส่วนใหญ่เกิดจาก ความร้อนเนื่องจากการส่งผ่านความร้อน (Transmission Heat Load) สูงถึง 59 % ส่วนลำดับรอง คือ ความร้อนที่เพิ่มจากแสงอาทิตย์ (Solar Gain) 27% และส่วนอื่นๆ ซึ่งอาคารทวน์เฮาส์ มีหน่วยของอาคารหลายหน่วย แต่ในที่นี้ได้แบ่งออกเป็น 1. หน่วยที่อยู่ริมอาคาร (L.) or (R.) 2.หน่วยที่อยู่กลางของอาคาร (M.) เมื่อนำมาตรวจสอบค่าภาระการทำความเย็น (Cooling Load) จะเห็นได้ว่า หน่วยอาคารที่อยู่ริม (L.) or (R.) จะมีค่าภาระการทำความเย็นสูงกว่าหน่วยที่อยู่กลาง (M.) เนื่องจากมีพื้นที่ผนังด้านนอกรับความร้อนที่หันไปในทิศต่างๆ มีผลทำให้ค่าภาระการทำความเย็นๆ ไม่เท่ากัน แปรผันตามทิศ ดังตารางที่ 7.12 แสดงค่าจากน้อยไปหามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



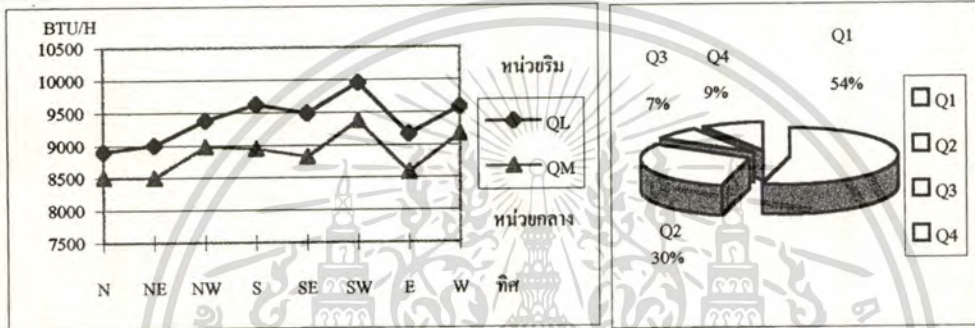
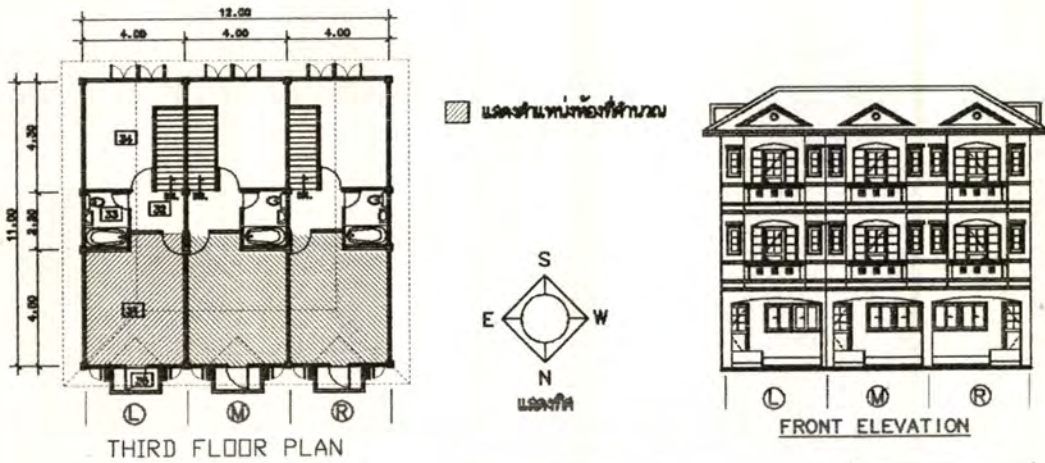
จากอาคารตัวอย่าง การวางอาคารที่เหมาะสมกับทิศทาง จะช่วยลดภาระในการทำความเย็นให้กับภายในอาคาร ซึ่งภาระการทำความเย็นส่วนใหญ่เกิดจากความร้อนจากการส่งความร้อน (Transmission Heat Load) ส่วนความร้อนเพิ่มเนื่องจากดวงอาทิตย์ (Solar gain) จะเป็นอันดับรอง ตัวแปรปรวนความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) และความร้อนแฝง (Latent Heat) จะมีผลต่อภาระการทำความเย็นน้อยลงมา ดังนั้นในการออกแบบอาคาร เพื่อลดภาระการทำความเย็น จึงควรลดความร้อนที่ส่งผ่านความร้อน (Transmission Heat Load) คือ พื้นที่กรอบอาคารควรมีจำนวนที่เหมาะสม ยิ่งน้อยยิ่งดี วัสดุประกอบอาคารควรมีค่าการถ่ายเทความร้อน(U) น้อย และควรเลือกสีของกรอบอาคารเป็นสีสว่าง ไม่ดูดกลืนความร้อน ส่วนการลดความร้อนที่เพิ่มจากดวงอาทิตย์ (Solar Gain) คือการวางอาคารให้เหมาะสมกับทิศที่ตั้ง พื้นที่กรอบรับรังสีดวงอาทิตย์มีพื้นที่ที่น้อย คุณสมบัติวัสดุมีค่าการถ่ายเทความร้อน(U) ต่ำ ควรเลือกสีผนังที่เป็นสีสว่าง ในส่วนความร้อนที่เกิดจากความร้อนแฝง(Latent Heat) และความร้อนสัมผัส(Sensible Heat) นั้นมีตัวแปรผันมากตามสภาพการทำงานของผู้อยู่อาศัย การเลือกอุปกรณ์เครื่องใช้ภายในอาคาร ซึ่งส่งผลกระทบต่อค่าภาระการทำความเย็น

ตารางที่ 7.12 แสดง ผลการคำนวณค่าภาระในการทำความเย็น (Cooling Load) ของอาคารตัวอย่าง

| ลำดับ | ทิศ                | ภาระการทำความเย็น (Cooling Load) หน่วย |      |
|-------|--------------------|----------------------------------------|------|
|       |                    | BTU/H                                  | Ton  |
| 1.    | เหนือ              | 8901.5                                 | 0.74 |
| 2.    | ตะวันออกเฉียงเหนือ | 9006.5                                 | 0.75 |
| 3.    | ตะวันออก           | 9167.8                                 | 0.76 |
| 4.    | ตะวันตกเฉียงเหนือ  | 9385.3                                 | 0.78 |
| 5.    | ตะวันออกเฉียงใต้   | 9493.0                                 | 0.79 |
| 6.    | ใต้                | 9620.6                                 | 0.80 |
| 7.    | ตะวันตก            | 9586.5                                 | 0.80 |
| 8.    | ตะวันตกเฉียงใต้    | 9951.0                                 | 0.83 |

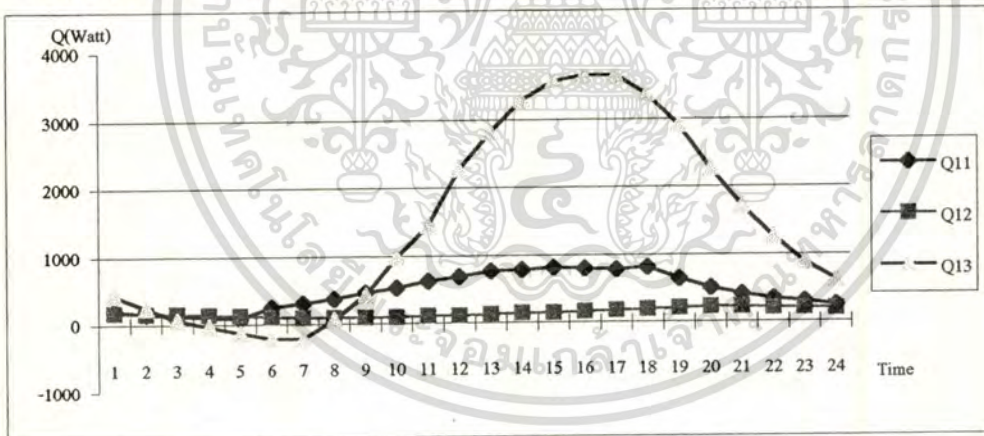
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



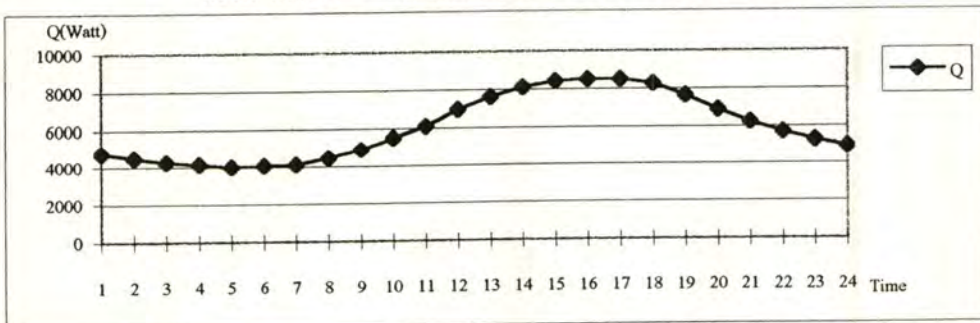


แสดงการใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาสูงสุด ของแต่ละทิศ

แสดง เปอร์เซนต์ภาระความร้อน



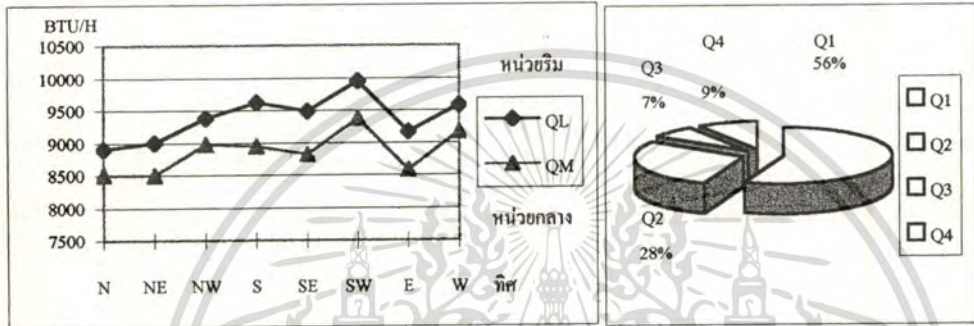
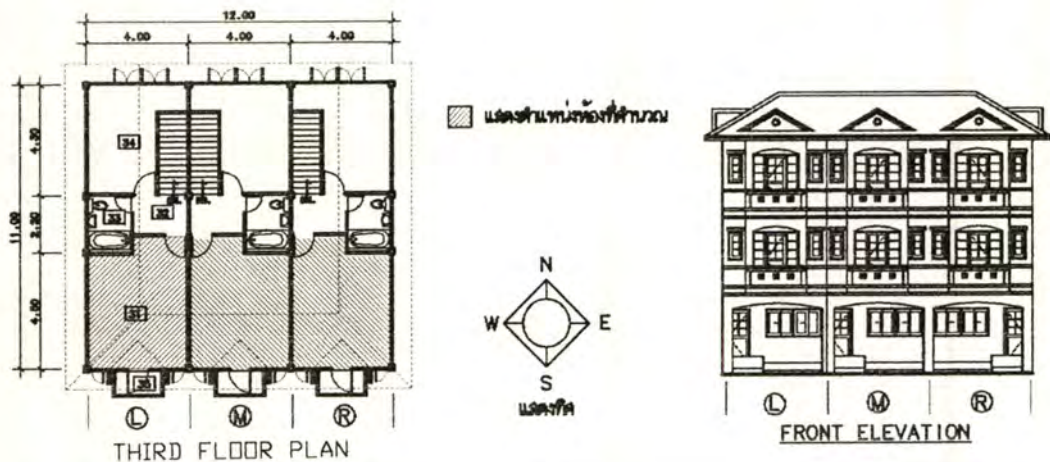
กราฟ แสดงความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ (Solar Gain)



กราฟ แสดงภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) ของห้อง ณ เวลาต่างๆ

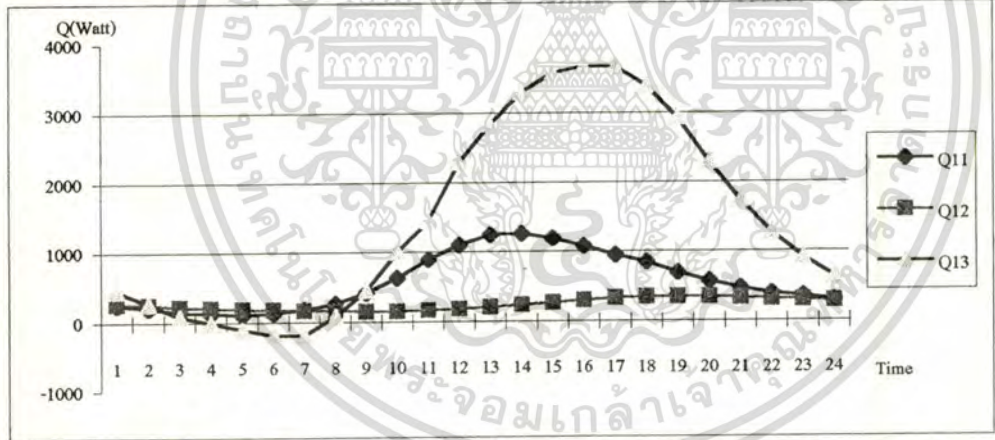
ภาพที่ 7.17 แสดงผลสรุป ภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของห้องด้าน ทิศเหนือ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



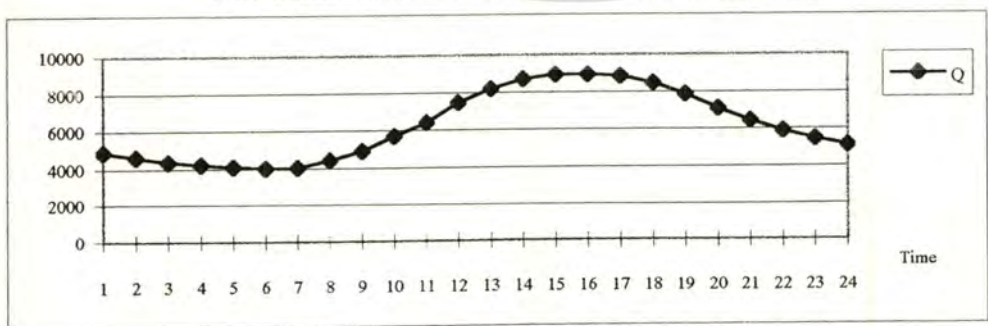


แสดงการใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาสูงสุด ของแต่ละทิศ

แสดง เปอร์เซนต์ภาระความร้อน



กราฟ แสดงความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ (Solar Gain)

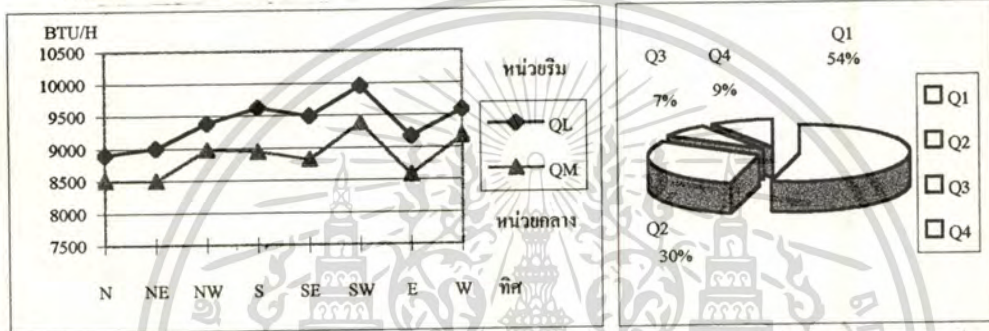
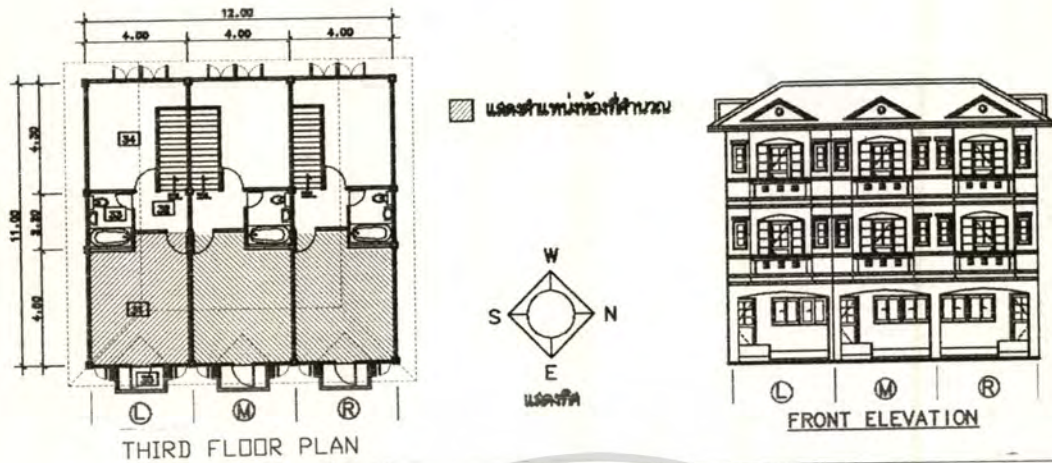


กราฟ แสดงภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) ของห้อง ณ เวลาต่างๆ

ภาพที่ 7.18 แสดงผลสรุป ภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของห้องด้าน ทิศใต้

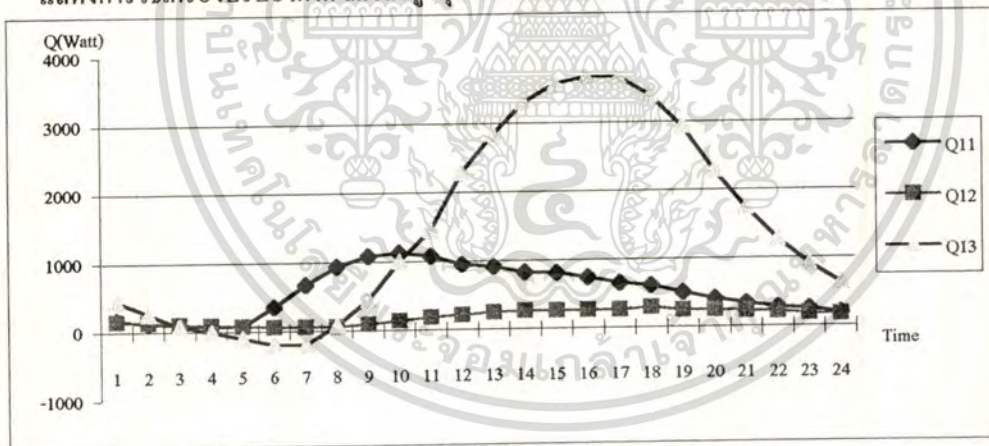
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



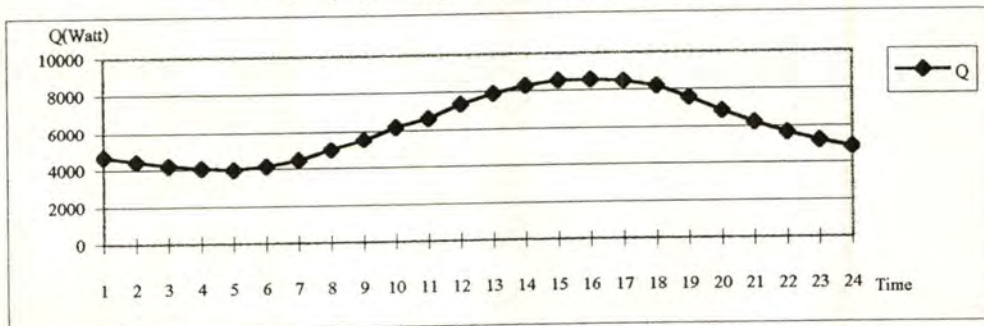


แสดงการใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาสูงสุด ของแต่ละทิศ

แสดง เปอร์เซ็นต์การทำความร้อน



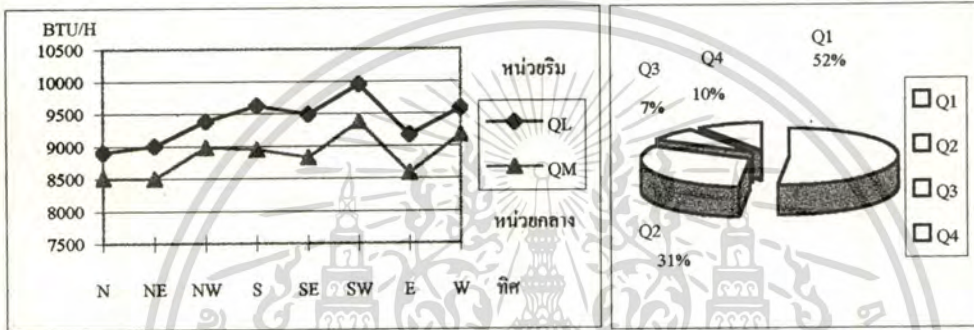
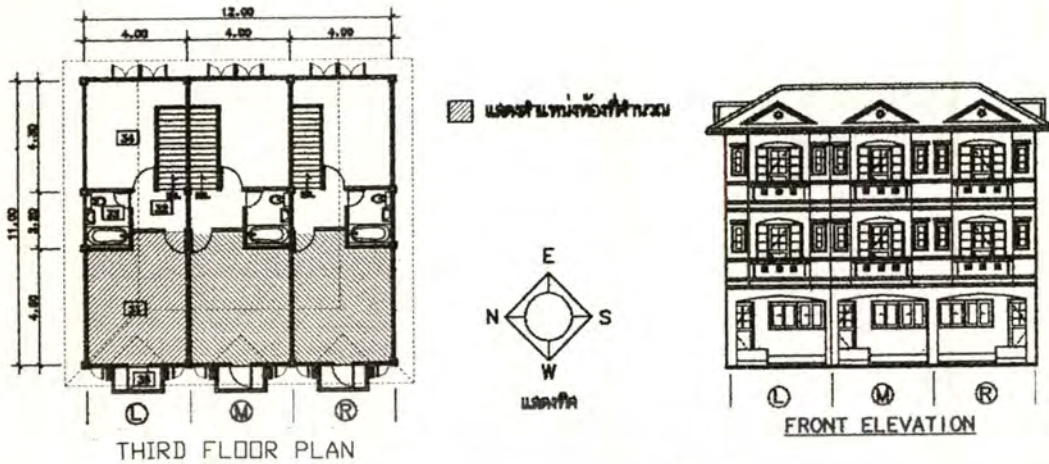
กราฟ แสดงความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ (Solar Gain)



กราฟ แสดงภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) ของห้อง ณ เวลาต่างๆ

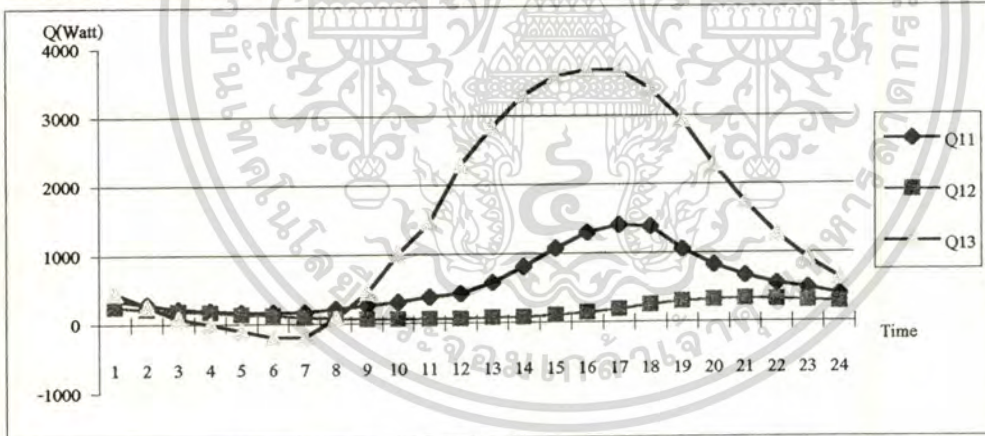
ภาพที่ 7.19 แสดงผลสรุป ภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของห้องด้าน ทิศตะวันออก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



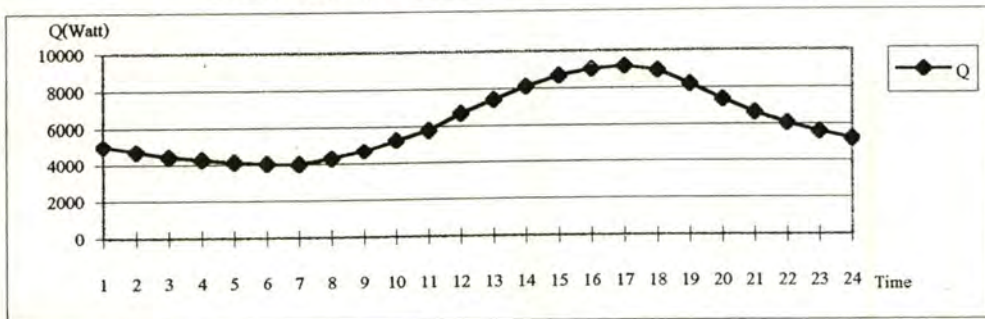


แสดงการใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาสูงสุด ของแต่ละทิศ

แสดง เปอร์เซ็นต์การทำความร้อน



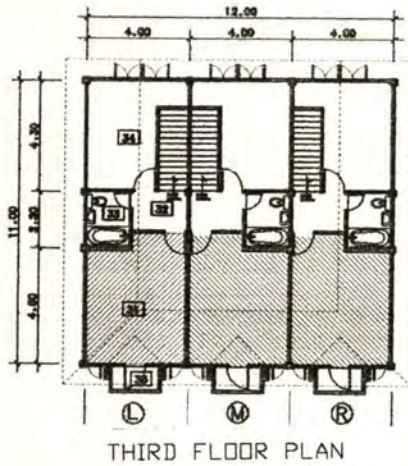
กราฟ แสดงความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ (Solar Gain)



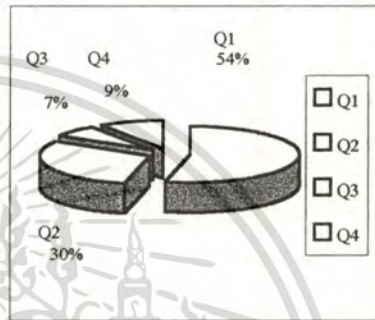
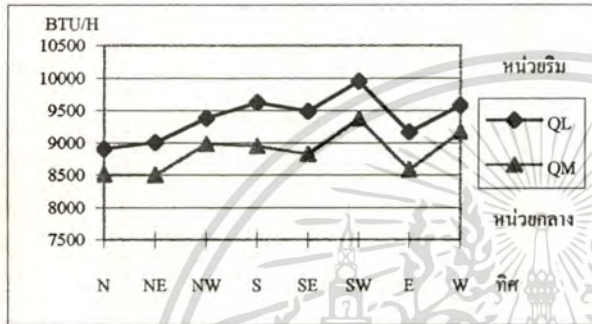
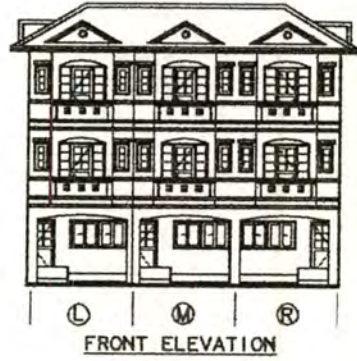
กราฟ แสดงภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) ของห้อง ณ เวลาต่างๆ

ภาพที่ 7.20 แสดงผลสรุป ภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของห้องด้าน ทิศตะวันตก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



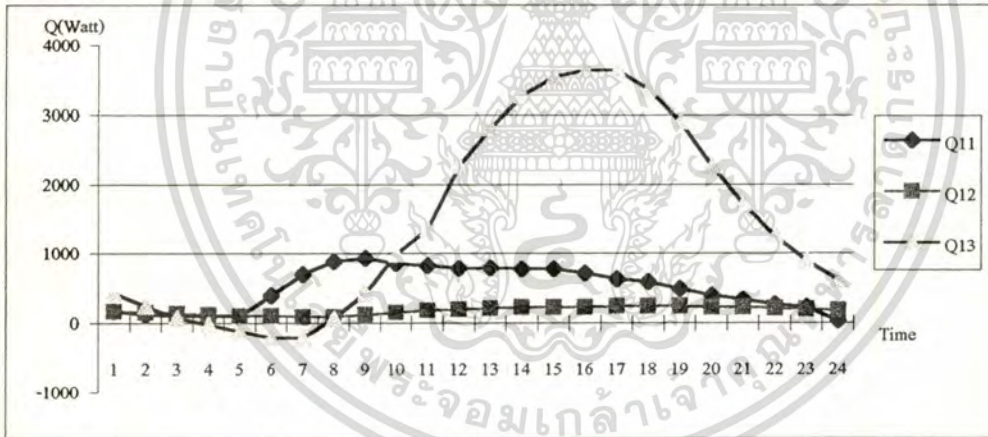


แสดงตำแหน่งของหน้าต่าง

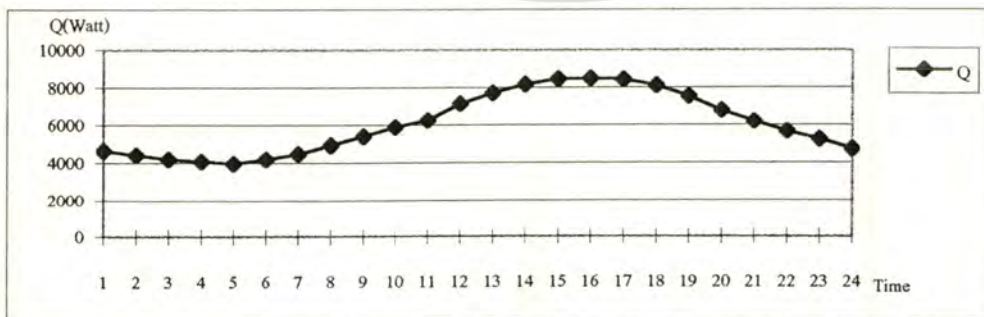


แสดงการใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาสูงสุด ของแต่ละทิศ

แสดง เปอร์เซ็นต์ภาระความร้อน



กราฟ แสดงความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ (Solar Gain)



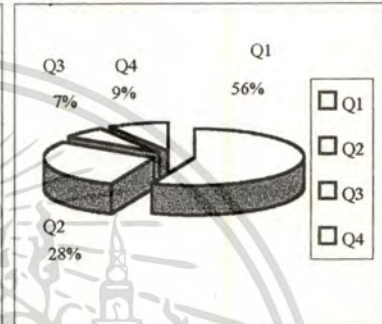
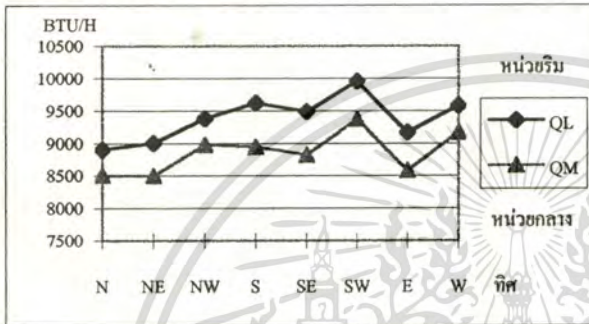
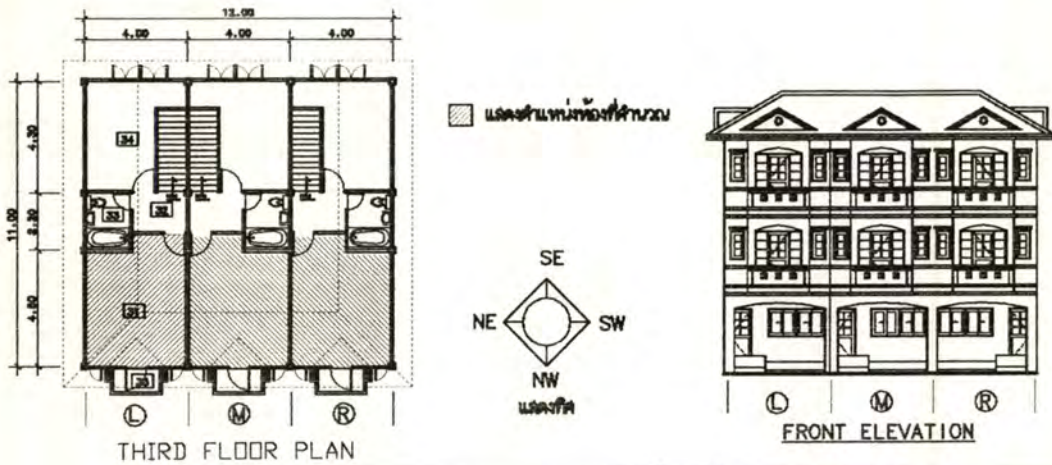
กราฟ แสดงภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) ของห้อง ณ เวลาต่างๆ

ภาพที่ 7.21 แสดงผลสรุป ภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของห้องด้าน ทิศตะวันออก

เขียนเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



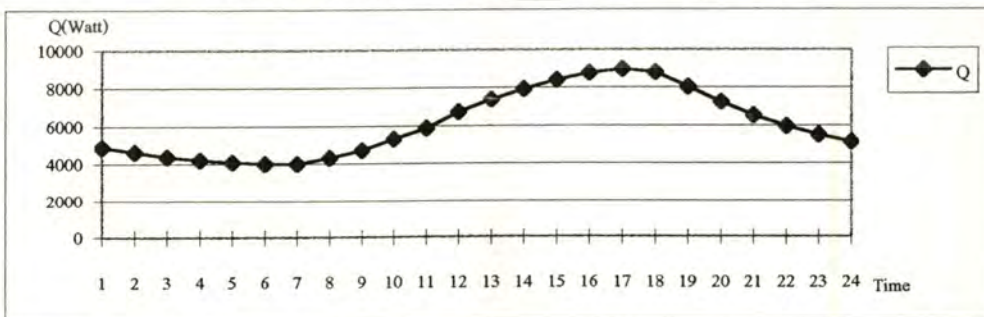


แสดงการใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาสูงสุด ของแต่ละทิศ

แสดง เปอร์เซนต์ภาระความร้อน



กราฟ แสดงความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ (Solar Gain)



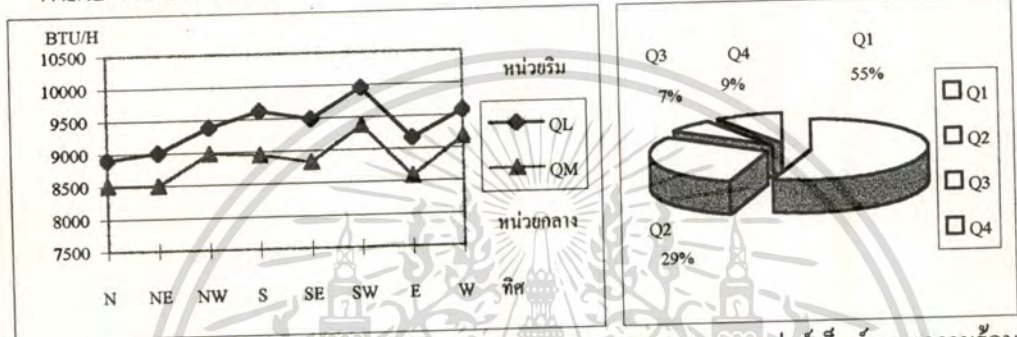
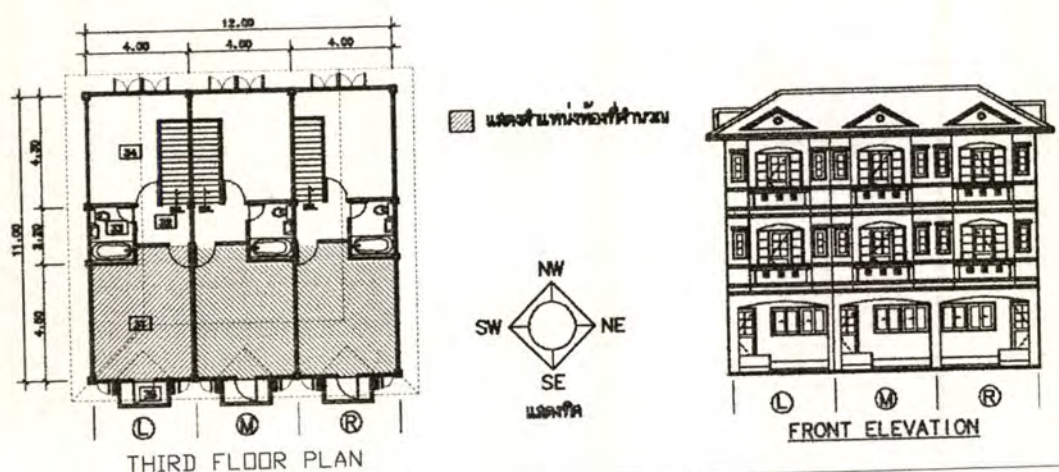
กราฟ แสดงภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) ของห้อง ณ เวลาต่างๆ

ภาพที่ 7.22 แสดงผลสรุป ภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของห้องด้าน ทิศตะวันตก

เขียนเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



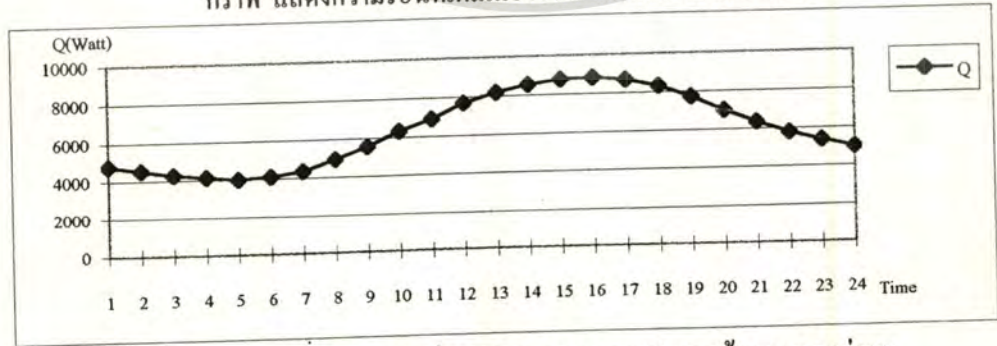


แสดงการใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาสูงสุด ของแต่ละทิศ

แสดง เปอร์เซนต์ภาระความร้อน



กราฟ แสดงความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ (Solar Gain)



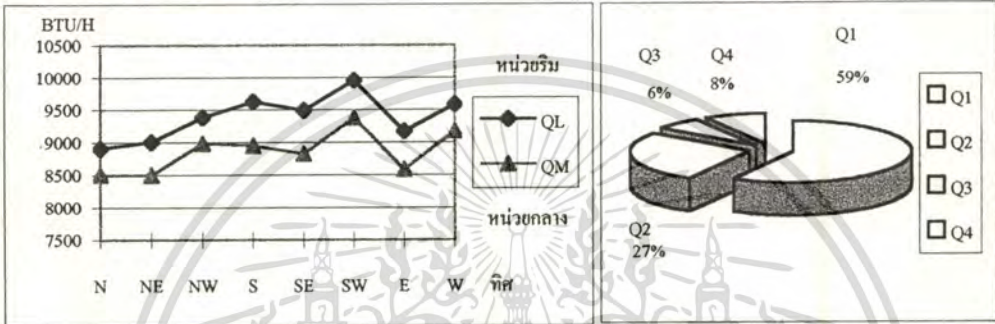
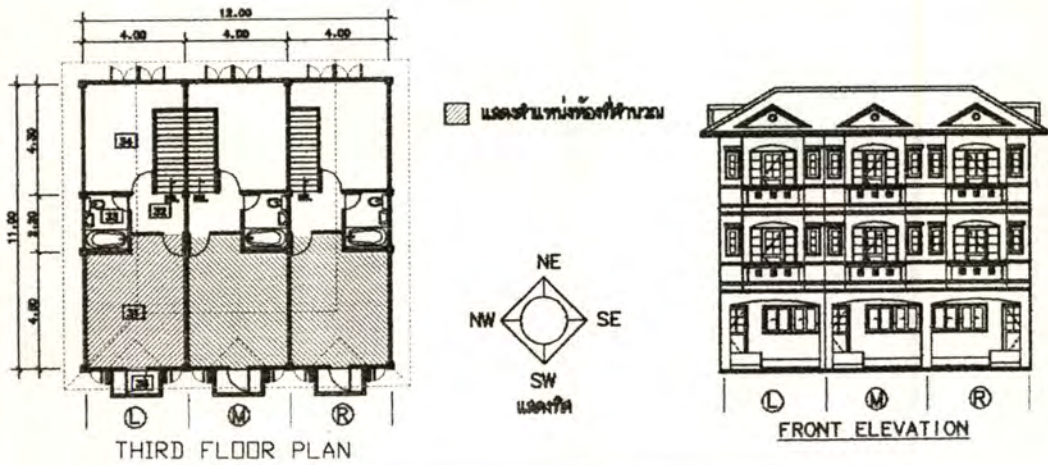
กราฟ แสดงภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) ของห้อง ณ เวลาต่างๆ

ภาพที่ 7.23 แสดงผลสรุป ภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของห้องด้าน ทิศตะวันออก

เฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



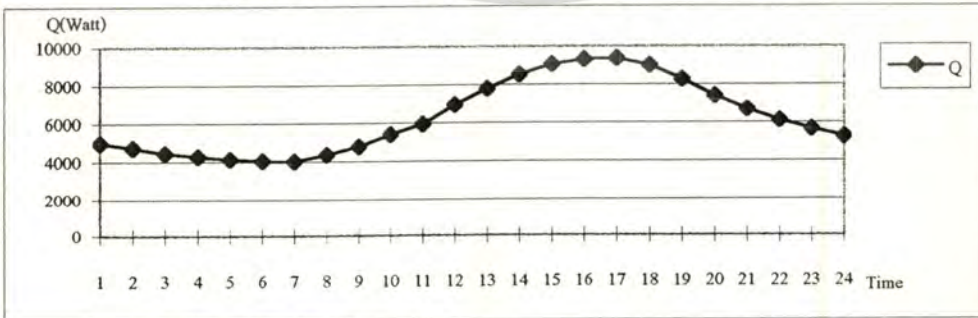


แสดงการใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาสูงสุด ของแต่ละทิศ

แสดง เปอร์เซนต์ภาระความร้อน



กราฟ แสดงความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ (Solar Gain)



กราฟ แสดงภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) ของห้อง ณ เวลาต่างๆ

ภาพที่ 7.24 แสดงผลสรุป ภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของห้องด้าน ทิศตะวันตก

เฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# 7.7 ผลการตรวจสอบอาคารทวณ้เข้าสู่ตัวอย่าง ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน

1. การวางผังอาคารควรคำนึงถึงสภาพของทิศทางรังสีดวงอาทิตย์ ควรปรับปรุงออกแบบอาคารทวณ้เข้าสู่รูปแบบเดียว แล้วนำไปดั่งบนพื้นที่ทุกทิศ ควรมีการออกแบบให้เหมาะสมในแต่ละทิศที่ตั้งอาคาร

2. ควรมีการจัดวางผังบริเวณให้มีสภาพร่มรื่น เอื้ออำนวยต่อสภาพทางแสงสว่างธรรมชาติ กระแสลม และป้องกันความร้อน

3. ช่องเปิดของอาคารที่เป็นหน้าต่าง ประตู ช่องแสงมีค่าปริมาณความร้อนสูง มีอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิดน้อย ควรมีการออกแบบให้เหมาะสม

4. ชนิดของอุปกรณ์บังแดด ควรมีการปรับปรุงให้เหมาะสมกับทิศที่ตั้งอาคาร ไม่ควรเลือกแบบเดียวกันกับทุกทิศที่ตั้งอาคาร ควรมีการออกแบบให้เหมาะสมในแต่ละทิศที่ตั้ง

5. ห้องที่มีช่องเปิดในแต่ละหน่วยมีช่องเปิดทางด้านเดียว ซึ่งทำให้การระบายความร้อน และการรับกระแสลมจากภายนอกอาคาร ไม่สะดวก

6. สภาพทางด้านแสงสว่าง อาคารทวณ้เข้าสู่ห้องที่อยู่ชั้นหน้าต่างจะได้รับแสงสว่างจากธรรมชาติ แต่ช่วงที่อยู่ตำแหน่งกลางของหน่วยในอาคารตัวอย่างเป็นส่วนโถงบันได ต้องใช้แสงสว่างจากสิ่งประดิษฐ์ ทำให้มีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ภาระความร้อนเพิ่มขึ้น

7. การเลือกใช้วัสดุ ควรเลือกให้เหมาะสมกับทิศที่ตั้งของอาคารตามปริมาณความร้อนที่เกิดจากรังสีดวงอาทิตย์

- กระงกประกอบหน้าต่าง ควรมีการปรับปรุงออกแบบอุปกรณ์บังแดดเพิ่มขึ้น เพื่อป้องกันความร้อนจากรังสีตรงดวงอาทิตย์ และควรออกแบบช่องเปิดให้เหมาะสมกับทิศที่ตั้ง ซึ่งความร้อนจากรังสีตรงดวงอาทิตย์ส่งผลต่อหน้าต่างกระงกใสสูง แปรเปลี่ยนไปตามทิศดังนี้

|                       |                     |                     |                     |
|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| ทิศเหนือ              | เวลา 16.00-18.00 น. | ทิศใต้              | เวลา 14.00 น.       |
| ทิศตะวันออก           | เวลา 9.00 น.        | ทิศตะวันตก          | เวลา 17.00-18.00 น. |
| ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ | เวลา 9.00 น.        | ทิศตะวันออกเฉียงใต้ | เวลา 11.00 น.       |
| ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ  | เวลา 18.00 น.       | ทิศตะวันตกเฉียงใต้  | เวลา 17.00 น.       |

- ผนัง นิยมใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูน ควรมีการปรับปรุงผนังในบางทิศที่มีค่าความร้อนที่เกิดจากรังสีดวงอาทิตย์สูง ควรมีการเลือกผนังที่มีค่าการถ่ายเทความร้อน (U) ความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ส่งผลต่อผนังก่ออิฐฉาบปูนสูงสุด จะเปลี่ยนไปตามทิศ ดังนี้

|                       |               |                     |               |
|-----------------------|---------------|---------------------|---------------|
| ทิศเหนือ              | เวลา 21.00 น. | ทิศใต้              | เวลา 19.00 น. |
| ทิศตะวันออก           | เวลา 17.00 น. | ทิศตะวันตก          | เวลา 21.00 น. |
| ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ | เวลา 18.00 น. | ทิศตะวันออกเฉียงใต้ | เวลา 17.00 น. |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ เวลา 21.00 น. ทิศตะวันตกเฉียงใต้ เวลา 21.00 น.  
ซึ่งพนักงานสอบสวนพบว่าความร้อน (Time Lag) จากดวงอาทิตย์ไว้ในตัวเอง และสูงสุดที่เวลาที่  
กล่าวมา

- หลังคา ฝ้าเพดาน ควรมีการปรับปรุงโดยการลดค่าการถ่ายเทความร้อนที่จะเข้ามาภายใน  
อาคาร โดยติดตั้งฉนวนกันความร้อน เปิดช่องเปิดระบายอากาศให้กับหลังคา ซึ่งมีปริมาณความร้อน  
สูงความร้อนส่วนใหญ่ของหลังคาได้รับค่าความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ และสะสมไว้บางส่วนจะสูง  
สุดที่ช่วงเวลา 16.00 น.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## บทที่ 8

# เสนอแนะการออกแบบอาคารทาวน์เฮ้าส์

### 8.1 การประกอบกิจกรรมในอาคารทาวน์เฮ้าส์ กับความสัมพันธ์ทางด้านอุณหภูมิ

การประกอบกิจกรรมในการดำเนินชีวิตในแต่ละวันที่เกิดขึ้นสำหรับอาคารทาวน์เฮ้าส์ เราสามารถแบ่งลักษณะของกิจกรรมของผู้ใช้ออกเป็น 3 ลักษณะดังนี้

- กิจกรรมเฉพาะตัว สมาชิกในครอบครัวแต่ละคนย่อมมีกิจกรรมของตนเอง แตกต่างกันไป ตามธรรมชาติ หน้าที่ อายุ เช่น การนอนหลับ ทำงาน อาบน้ำ ดังนั้นลักษณะพื้นที่ใช้สอยควรอยู่มีขีดเป็นสัดส่วน

- กิจกรรมร่วมกันในครอบครัว เป็นการดำเนินชีวิตประจำวันร่วมกัน เช่นการพักผ่อน ทำงาน อดิเรก รับประทานอาหาร ลักษณะพื้นที่ใช้สอย ควรอยู่ในที่ติดต่อกันเชื่อมประสานกันได้สะดวก

- กิจกรรมร่วมกับสังคม เป็นสิ่งที่สมาชิกในครอบครัว จะต้องติดต่อกับบุคคลภายนอก เช่น การสนทนา ฯลฯ ดังนั้นพื้นที่ใช้สอยควรจะอยู่ในที่เปิดเผย ต้อนรับเชื่อมต่อระหว่างภายนอกกับภายใน

จากกิจกรรมที่เกิดขึ้นสามารถกำหนดองค์ประกอบของหน่วยพักอาศัยให้สอดคล้องกับการประกอบกิจกรรมของผู้ใช้ตามผัง ภาพที่ 8.1 พฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร การจัดความสัมพันธ์ขององค์ประกอบเพื่อการออกแบบทางสถาปัตยกรรมนั้น เป็นผลมาจากพฤติกรรมในชีวิตประจำวัน ของผู้ใช้อาคารในสภาวะของความเป็นจริง แล้วพฤติกรรมของผู้ใช้อาคารจะมีความแตกต่างกันออกไปตามวิถีทางดำเนินชีวิตของแต่ละบุคคล ซึ่งอาจจะขึ้นอยู่กับสภาพสังคม เศรษฐกิจรวมทั้งลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละบุคคล เช่น ความคิด รสนิยม เป็นต้น แต่เมื่อมองภาพรวมของพฤติกรรมของผู้ใช้จากการสำรวจ สอบถามพอสรุปถึงพฤติกรรมของผู้ใช้ส่วนใหญ่ และค่าภาระการทำความเย็นให้กับอาคาร แสดงดัง ภาพที่ 8.2-8.6

- ห้องนอน มีช่วงระยะเวลาใช้สอยมากที่สุดในวันหนึ่งวัน มีการใช้สอยช่วงเวลาค่ำถึงเวลาเช้า ซึ่งในช่วงเวลาค่ำจะมีความร้อนที่วัสดุผนังไวคายออกมา แต่ในช่วงเวลา 24.00น. ถึง 6.00 น. จะเป็นช่วงเวลาที่สภาพอุณหภูมิอยู่ในช่วงสบาย ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่เกิดจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้อง และความร้อนจากการทำกิจกรรม การเผาผลาญอาหารภายในร่างกายเป็นส่วนใหญ่ (ดัง ภาพที่ 8.2)

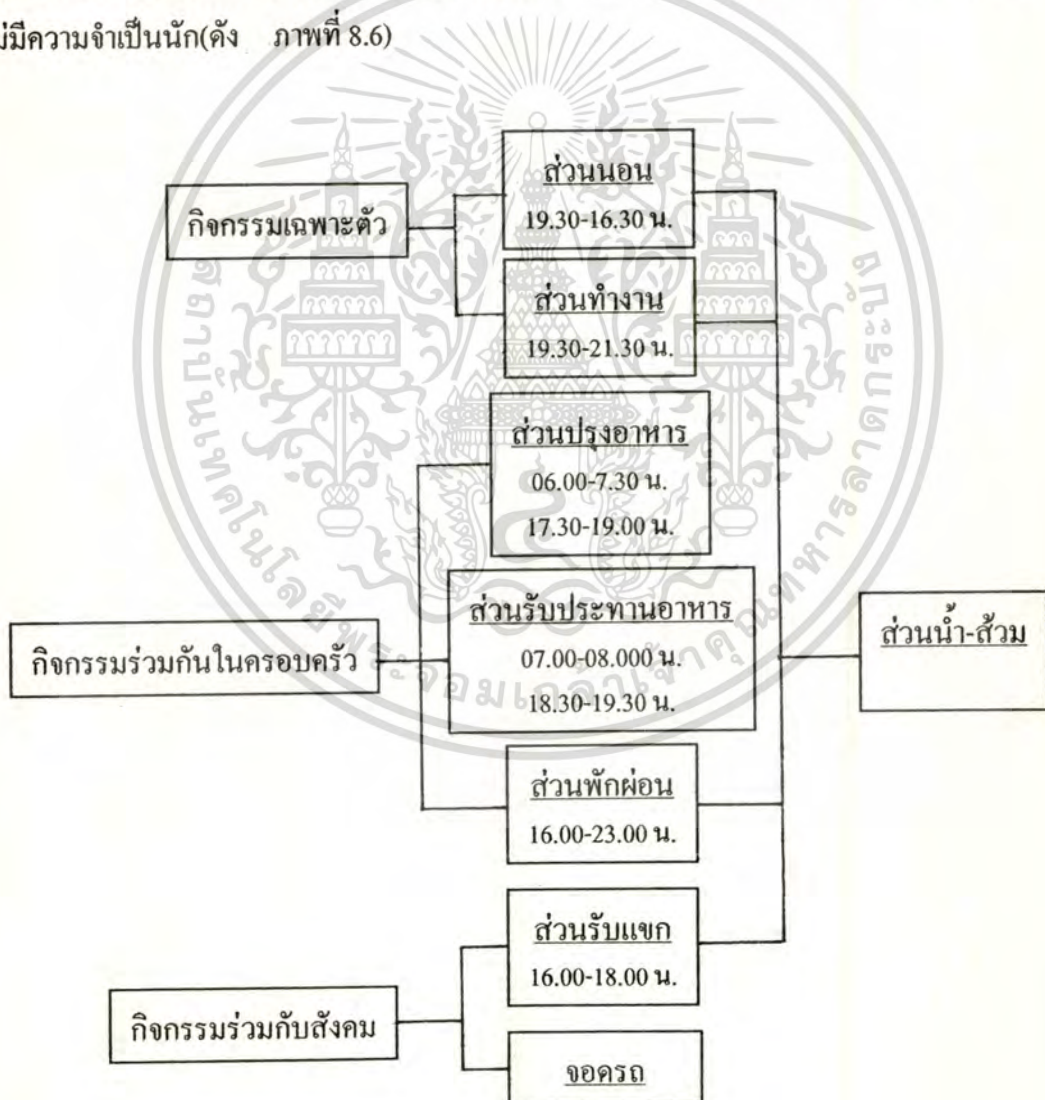
- ห้องรับแขก-พักผ่อน มีการใช้สอยมากเป็นอันดับรอง ในช่วงเวลาวันหยุดเสาร์-อาทิตย์ ช่วงเวลากลางวันส่วนใหญ่จะใช้สอยในห้องรับแขก-พักผ่อน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อุณหภูมิเกินขีดความสบาย ความร้อนเกิดขึ้นจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในห้อง และความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ ตามลำดับ

(ดัง ภาพที่ 8.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



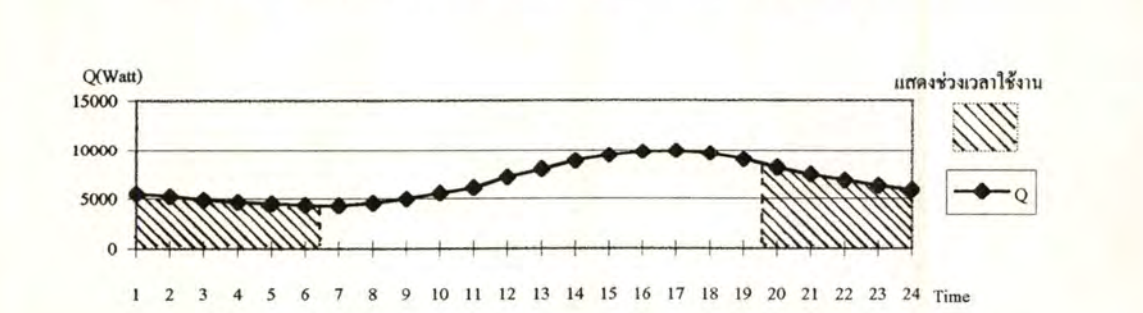
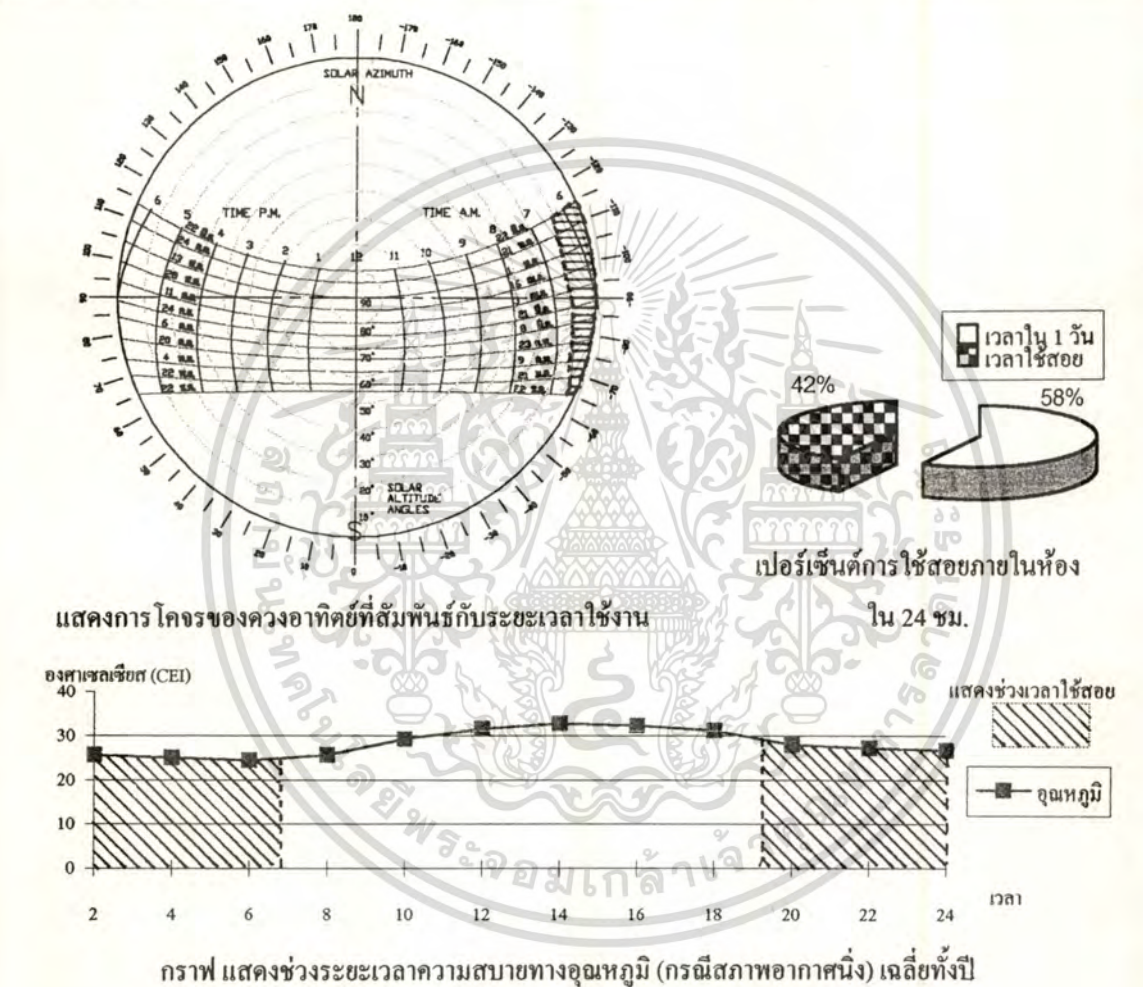
- ห้องครัว ผู้อยู่อาศัยจะใช้ประกอบอาหารส่วนใหญ่ ในช่วงเวลาเช้า และเวลาเย็น ซึ่งห้องครัวนั้นควรจะมีการระบายอากาศที่ดี เนื่องจากมีทั้งกลิ่นและควันที่อาจจะรบกวนต่อผู้ใช้สอย ความร้อนส่วนใหญ่เกิดจากอุปกรณ์เครื่องใช้ภายในห้องครัว เช่น เตาไฟ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และการทำกิจกรรมของผู้ใช้อาคาร (ดัง ภาพที่ 8.3)
- ห้องอาหาร เวลาใช้สอยส่วนใหญ่เป็นช่วงเวลาเช้า และเวลาเย็น ส่วนวันหยุดทำงาน จะมีใช้สอยในช่วงเวลากลางวันด้วย ซึ่งความร้อนส่วนใหญ่เกิดจากการเผาผลาญอาหาร การทำกิจกรรมของผู้ใช้อาคาร ช่วงเวลาเช้าอุณหภูมิยังอยู่ในช่วงสภาวะสบาย แต่ในช่วงเวลากลางวัน และเวลาเย็นความร้อนที่สะสมภายในวัสดุต่างๆ จะคายออก ทำให้ความร้อนภายในห้องเพิ่มขึ้น(ดัง ภาพที่ 8.4)
- ห้องน้ำส้วม ส่วนใหญ่ใช้ชำระร่างกาย เป็นห้องที่ใช้สอยระยะเวลาสั้น ซึ่งห้องน้ำส้วมต้องการการระบายอากาศ และต้องการแสงสว่างในการมาเชื้อภายในห้องน้ำ การทำความเย็นให้กับห้องน้ำส้วมจึงไม่มีความจำเป็นนัก(ดัง ภาพที่ 8.6)



**ภาพที่ 8.1** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมและองค์ประกอบ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



|                                                                         |                                                                    |                |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------|
| การประกอบกิจกรรมภายใน                                                   | ช่วงเวลาใช้งาน                                                     | ระยะเวลาใช้สอย |
| ห้องนอน                                                                 | 19.30-6.30 น.                                                      | 10 ชม.         |
| ประโยชน์ใช้สอย                                                          | อุณหภูมิที่ต้องการภายในห้อง                                        |                |
| - ใช้เป็นที่พักผ่อน นอนหลับ<br>- ใช้เป็นทำงานอดิเรกเช่น อ่านหนังสือ ฯลฯ | 24.0 °C - 27.7 °C<br>ปริมาณแสงสว่างที่ต้องการภายในห้อง 60-120 LUX. |                |
| ผู้ใช้สอย                                                               | ความสั่มพันธ์ของห้อง                                               |                |
| จำนวน 2 คน เพศ ชาย-หญิง                                                 | ควรสัมพันธ์ติดต่อกับ ห้องน้ำส้วม                                   |                |



ภาพที่ 8.2 แสดงพฤติกรรม และช่วงเวลาใช้สอย ภายในห้องนอน ที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



| การประกอบกิจกรรมภายใน                                                                   | ช่วงเวลาใช้งาน                                                      | ระยะเวลาใช้สอย |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------|
| ห้องครัว                                                                                | 6.00-7.30 น.และ 17.30-19.00                                         | 3 ชม.          |
| ประโยชน์ใช้สอย                                                                          | อุณหภูมิที่ต้องการภายในห้อง                                         |                |
| - ใช้ประกอบอาหาร(ล้าง,เตรียม,ปรุง) และเก็บอาหาร<br>- ใช้เก็บภาชนะ และอุปกรณ์ประกอบอาหาร | 24.0 °C - 27.7 °C<br>ปริมาณแสงสว่างที่ต้องการภายในห้อง 120-250 LUX. |                |
| ผู้ใช้สอย                                                                               | ความสัมพันธ์ของห้อง                                                 |                |
| จำนวน 2 คน เพศ ชาย-หญิง                                                                 | ควรสัมพันธ์ติดต่อกับ ห้องอาหาร                                      |                |

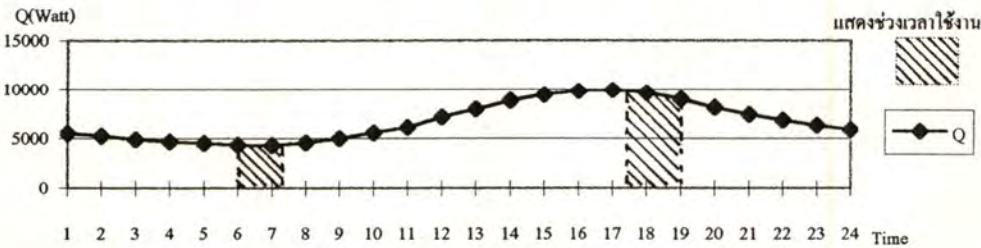


แสดงการโคจรของดวงอาทิตย์ที่สัมพันธ์กับระยะเวลาใช้งาน

ใน 24 ชม.



กราฟ แสดงช่วงระยะเวลาความสบายทางอุณหภูมิ (กรณีสภาพอากาศนี้) เฉลี่ยทั้งปี



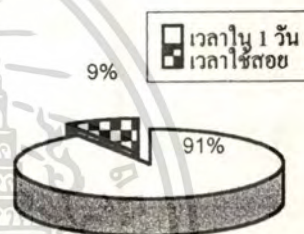
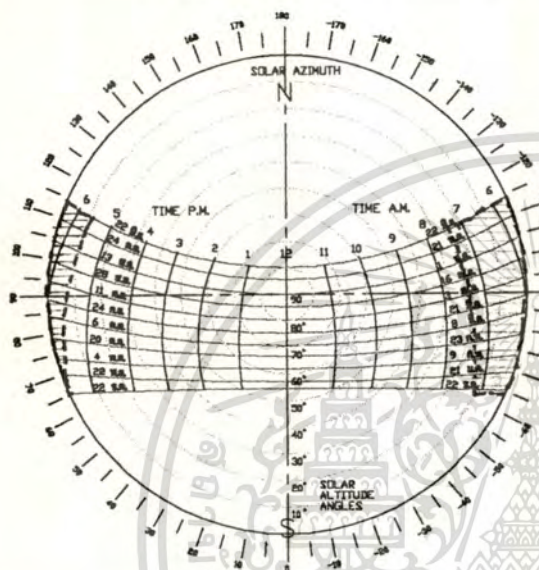
กราฟ แสดงช่วงระยะเวลาภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของห้อง ณ เวลาต่างๆ เฉลี่ยทั้งปี

ภาพที่ 8.3 แสดงพฤติกรรม และช่วงเวลาใช้สอย ภายในห้องครัว ที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

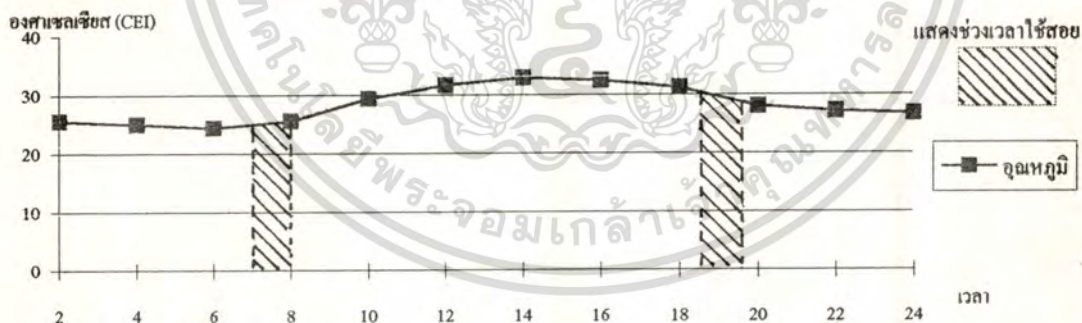


| การประกอบกิจกรรมภายใน     | ช่วงเวลาดำเนินงาน                                                                                 | ระยะเวลาใช้สอย |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| ห้องอาหาร                 | 7.00-8.00 น. และ 18.30-19.30                                                                      | 2 ชม.          |
| ประโยชน์ใช้สอย            | อุณหภูมิที่ต้องการภายในห้อง<br>24.0 °C - 27.7 °C<br>ปริมาณแสงสว่างที่ต้องการภายในห้อง 60-120 LUX. |                |
| ผู้ใช้สอย                 | ความสัมพันธ์ของห้อง<br>ควรสัมพันธ์ติดต่อกับ ห้องครัว                                              |                |
| จำนวน 2-5 คน เพศ ชาย-หญิง |                                                                                                   |                |

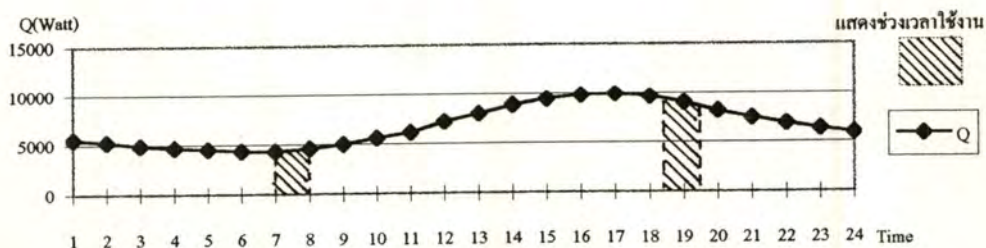


เปอร์เซ็นต์การใช้สอยภายในห้อง  
ใน 24 ชม.

แสดงการโคจรของดวงอาทิตย์ที่สัมพันธ์กับระยะเวลาใช้งาน



กราฟ แสดงช่วงระยะเวลาความสบายทางอุณหภูมิ (กรณีสภาพอากาศนี้) เฉลี่ยทั้งปี

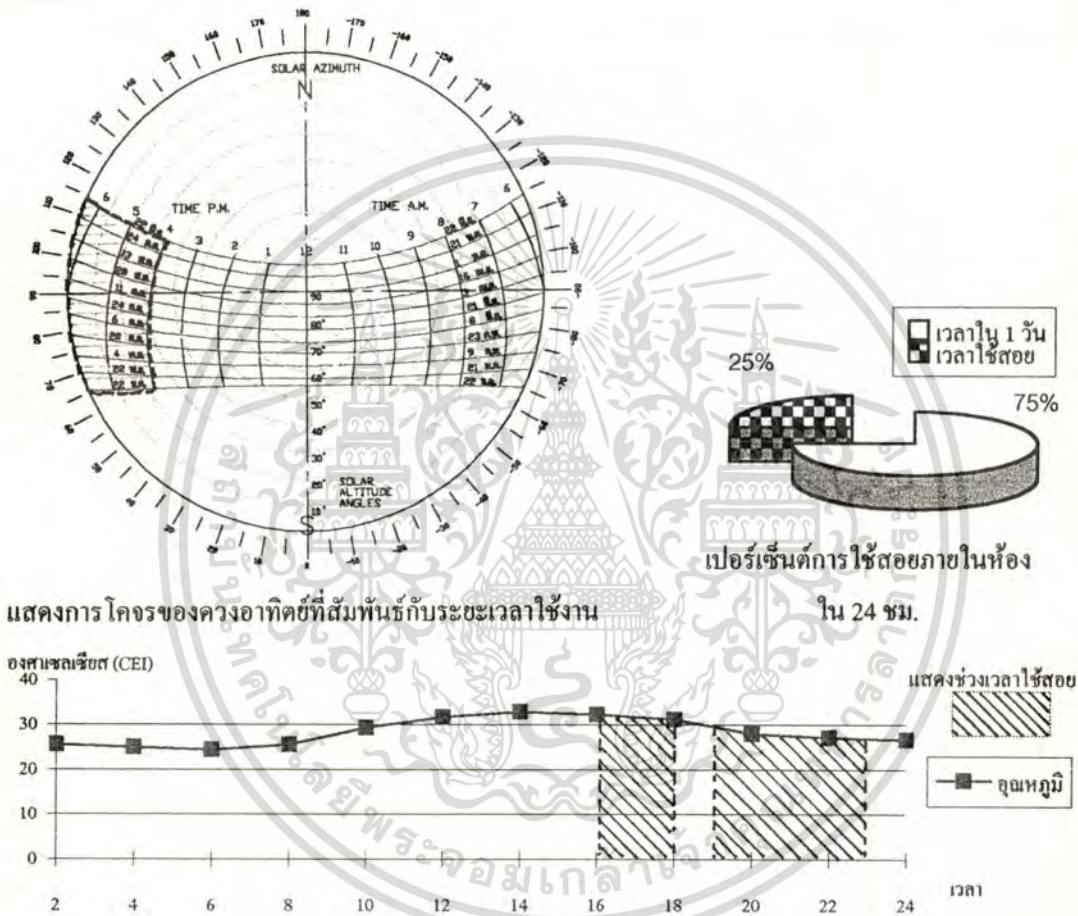


กราฟ แสดงช่วงระยะเวลาภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของห้อง ณ เวลาต่างๆ เฉลี่ยทั้งปี

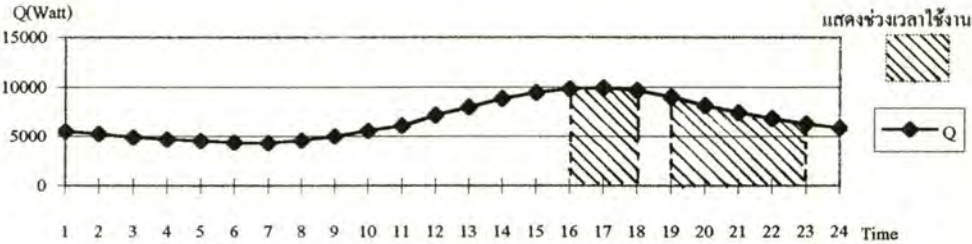
ภาพที่ 8.4 แสดงพฤติกรรม และช่วงเวลาใช้สอย ภายในห้องอาหาร ที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



| การประกอบกิจกรรมภายใน                                                                         | ช่วงเวลาใช้งาน                                                     | ระยะเวลาใช้สอย |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------|
| ห้องรับแขก และพักผ่อน                                                                         | 16.00-18.00 น.และ 19.00-23.00                                      | 6 ชม.          |
| ประโยชน์ใช้สอย                                                                                | อุณหภูมิที่ต้องการภายในห้อง                                        |                |
| - ใช้เป็นที่รับแขก และโซฟาเฟอร์นิเจอร์ตกแต่ง<br>- ใช้เป็นที่พักผ่อน (อ่านหนังสือ ,ดูโทรทัศน์) | 24.0 °C - 27.7 °C<br>ปริมาณแสงสว่างที่ต้องการภายในห้อง 60-120 LUX. |                |
| ผู้ใช้สอย                                                                                     | ความสั้มพันธ์ของห้อง                                               |                |
| จำนวน 2-4 คน เพศ ชาย-หญิง                                                                     | ควรสั้มพันธ์ติดต่อกับ ทางเข้า และห้องอาหาร                         |                |



กราฟ แสดงช่วงระยะเวลาความสบายทางอุณหภูมิ (กรณีสภาพอากาศนี้) เฉลี่ยทั้งปี



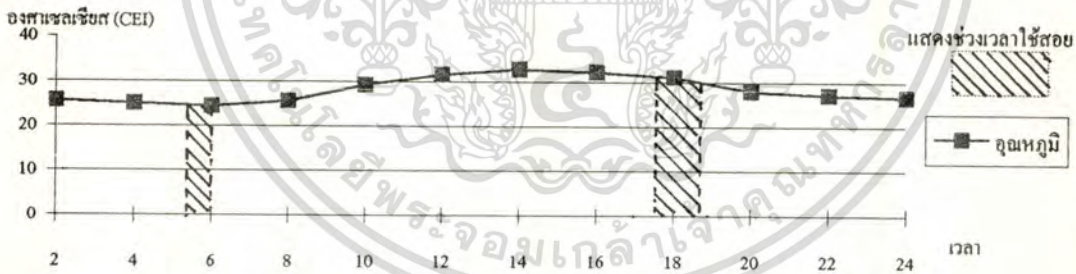
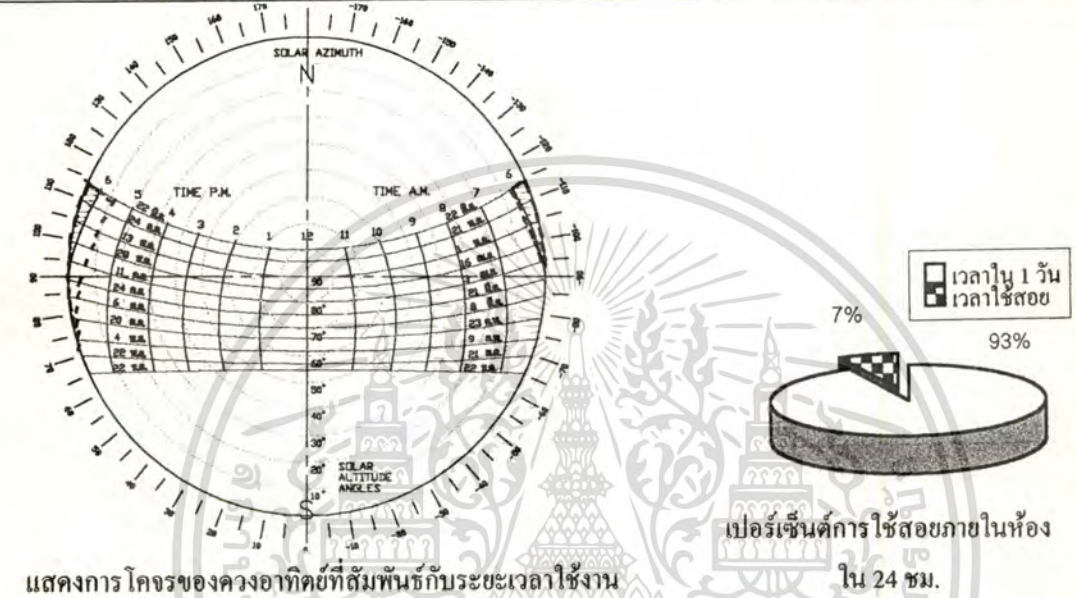
กราฟ แสดงช่วงระยะเวลาภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของห้อง ณ เวลาต่างๆ เฉลี่ยทั้งปี

ภาพที่8.5 แสดงพฤติกรรมและ ช่วงเวลาใช้สอยภายในห้องรับแขก-พักผ่อนที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ

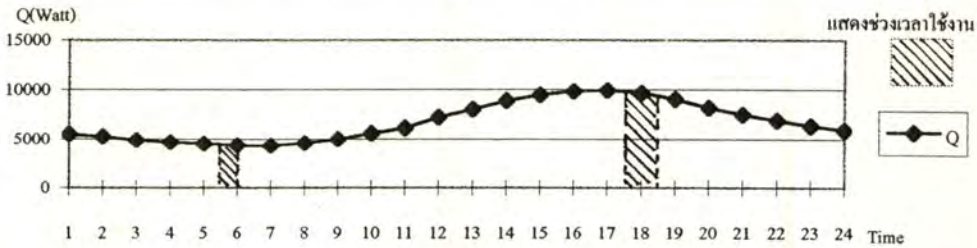
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



| การประกอบกิจกรรมภายใน                                      | ช่วงเวลาใช้งาน                                                      | ระยะเวลาใช้สอย |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------|
| ห้องส้วม                                                   | 5.30-6.00 น.และ 17.30-18.30                                         | 1.5 ชม.        |
| ประโยชน์ใช้สอย                                             | อุณหภูมิที่ต้องการภายในห้อง                                         |                |
| - ใช้เป็นที่ชำระล้างร่างกาย<br>- ใช้เป็นที่เสริมสวยร่างกาย | 24.0 °C - 27.7 °C<br>ปริมาณแสงสว่างที่ต้องการภายในห้อง 120-250 LUX. |                |
| ผู้ใช้สอย                                                  | ความสัมพันธ์ของห้อง                                                 |                |
| จำนวน 1 คน เพศ ชาย หรือหญิง                                | ควรสัมพันธ์ติดต่อกับ ห้องนอน และห้องพักผ่อน                         |                |



กราฟ แสดงช่วงระยะเวลาความสบายทางอุณหภูมิ (กรณีสภาพอากาศนิ่ง) เฉลี่ยทั้งปี



กราฟ แสดงช่วงระยะเวลาภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของห้อง ณ เวลาต่างๆ เฉลี่ยทั้งปี

ภาพที่ 8.6 แสดงพฤติกรรม และช่วงเวลาใช้สอย ภายในห้องน้ำ-ส้วม ที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ

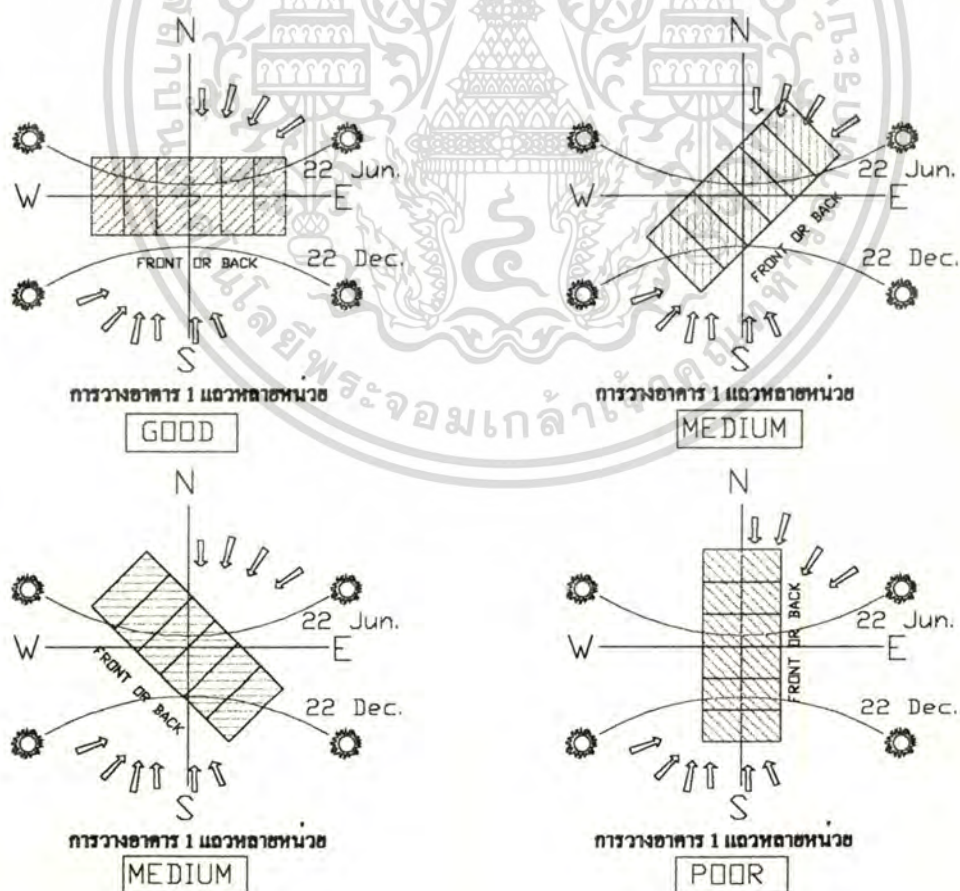
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 8.2 แนวทางการออกแบบอาคารทาวน์เฮาส์เพื่อการประหยัดพลังงาน

การออกแบบอาคารเพื่อให้เกิดความสบายทางด้านอุณหภูมิจะเป็นการคำนึงถึงการใช้ส่วนประกอบต่างๆ ของอาคารให้ทำงานสัมพันธ์และประสานของเทคนิคต่างๆร่วมกัน เพื่อให้เกิดความสบายตามสภาพของธรรมชาติก่อน เมื่อสภาพของธรรมชาติไม่เอื้ออำนวยจึงใช้ระบบเครื่องกลการออกแบบคำนึงถึงแนวความคิดดังนี้

1. การวางอาคาร ควรวางอาคารให้ด้านยาวของอาคารอยู่ทิศเหนือ ทิศใต้ ด้านสั้นอยู่ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก จะได้รับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์น้อย และได้รับกระแสลม การวางอาคารทาวน์เฮาส์เป็นแถวหลายหน่วย ควรหันด้านหน้า และด้านหลังอาคารอยู่ทางทิศเหนือ หรือทิศใต้ ด้านข้างอยู่ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก จะทำให้อาคารทุกหน่วยของแถวได้รับกระแสลม และได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ส่งผลกระทบน้อย ไม่ควรวางอาคารให้ด้านยาวอยู่ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก ด้านสั้นอยู่ทิศเหนือ ทิศใต้ จะทำให้ทุกหน่วยของแถวอาคารทาวน์เฮาส์ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์สูงตลอดวัน ถ้าจำเป็นต้องวางอาคารในทิศอื่น จะทำให้อาคารทาวน์เฮาส์ทั้งแถวได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์สูงขึ้น ควรมีการออกแบบป้องกันความร้อนจากดวงอาทิตย์ให้กับช่องเปิดเพิ่ม

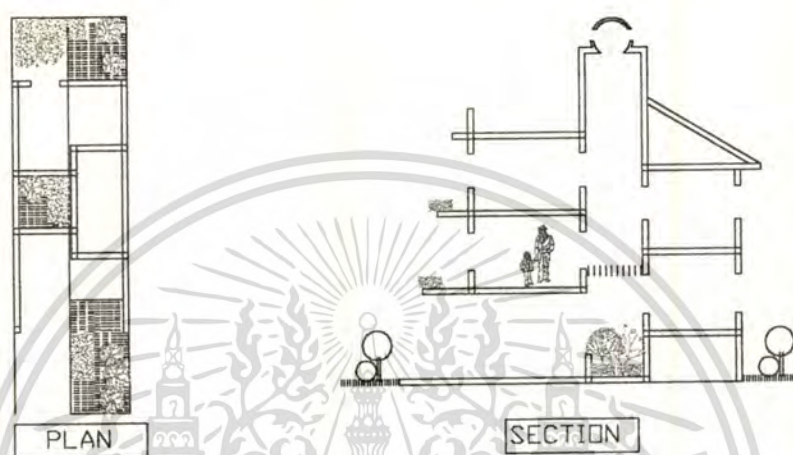


ภาพที่ 8.7 แสดงแนวทางการวางอาคารที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในกรุงเทพมหานคร

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

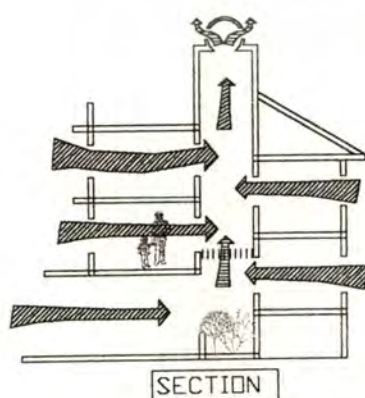


2. สร้างสภาพแวดล้อมอาคารให้เย็นด้วยการจัดภูมิสถาปัตยกรรม สภาพผิวดินที่มีต้นไม้ปกคลุมมีอุณหภูมิต่ำโดยมีค่าเฉลี่ยเกือบตลอดปีอยู่ที่  $26.0-27.0^{\circ}\text{C}$  อุณหภูมิดังกล่าวเป็นอุณหภูมิที่อยู่ในขอบเขตของสภาวะสบาย ซึ่งอาคารทาวน์เฮาส์จะมีพื้นที่ค่อนข้างจำกัด ควรมีการออกแบบสภาพแวดล้อมด้านภูมิสถาปัตยกรรมเท่าที่ทำได้ เช่น การจัดภูมิสถาปัตยกรรมอยู่กลางอาคาร, ด้านหน้าอาคาร, ด้านหลังอาคาร หรือมีการปลูกกระเบาะต้นไม้ตามระเบียง เป็นต้น



ภาพที่ 8.8 แสดงแนวทางการสร้างสภาพแวดล้อมอาคารให้เย็นโดยการจัดภูมิสถาปัตยกรรม

3. การออกแบบช่องเปิดเพื่อรับกระแสลม ช่วยในการระบายอากาศภายในอาคาร โดยการออกแบบห้องให้มีช่องเปิดรับลม และช่องลมออก การออกแบบช่องเปิดแบบ Cross Ventilation ในอาคารทาวน์เฮาส์ออกแบบค่อนข้างยาก ซึ่งถ้ามีการออกแบบช่องเปิดแบบ Cross Ventilation ได้จะช่วยระบายอากาศภายในอาคารได้ดีกว่าช่องเปิดแบบ Single Ventilation ส่วนอาคารที่ปรับอากาศ การเปิดช่องเปิดเพื่อรับกระแสลมไม่มีความจำเป็น

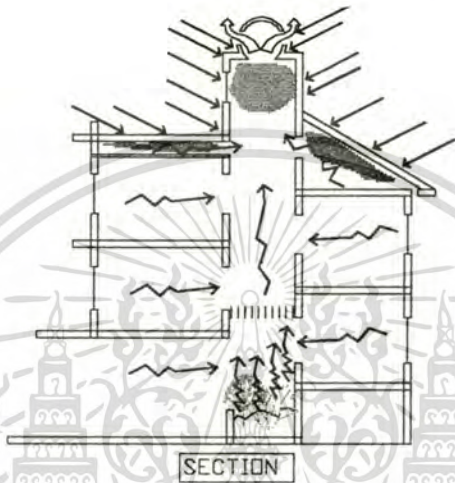


ภาพที่ 8.9 แสดงแนวทางช่องเปิดที่มีช่องลมเข้า-ช่องลมออก ภายในแต่ละห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

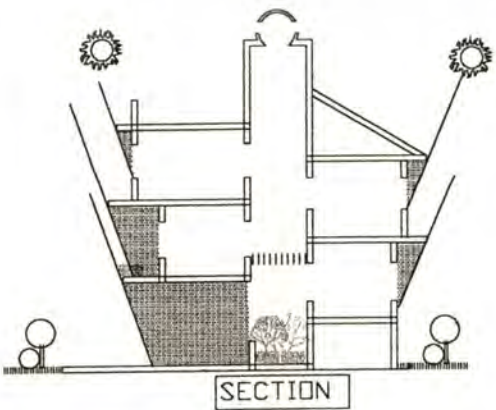
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การออกแบบให้มีการระบายความร้อนให้กับส่วนประกอบของอาคารที่มีความร้อนสูง เพื่อให้ความร้อนที่สะสมลดน้อยลง ควรมีการระบายความร้อนออกโดยใช้การเคลื่อนที่ของอากาศ ซึ่งอากาศที่มีความกดอากาศสูงจะลอยตัวขึ้นไปหาความกดอากาศต่ำ ความร้อนภายในอาคารทาวน์เฮาส์จะมีภาระความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากอุปกรณ์ไฟฟ้า ภาระความร้อนที่วัสดุสะสมจากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ ภาระความร้อนจากผู้ใช้อาคารตามลำดับปริมาณสูง จำเป็นต้องมีการระบายความร้อนออกจากอาคาร โดยการออกแบบปล่อง ทำให้ความร้อนลอยตัวสูงขึ้น แล้วระบายออกจากอาคาร



ภาพที่ 8.10 แสดงแนวทางการออกแบบการระบายความร้อนออกจากอาคารทาวน์เฮาส์

5. การป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ แสงแดดเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น การป้องกันรังสีดวงอาทิตย์เป็นการลดความร้อนที่ส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้นกับอาคาร การออกแบบช่องเปิดไม่ควรให้ได้รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ส่องเข้าไปสู่ภายในอาคาร ซึ่งจะเพิ่มความร้อนให้กับอาคารมากขึ้น การป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ให้กับช่องเปิดอาคารทาวน์เฮาส์ ควรมีการยื่นชายคา ระเบียง ผัง ทำให้ช่องเปิดได้รับเงา และได้พื้นที่ใช้สอยเพิ่มขึ้นด้วย ดังรูปภาพที่ 8.21

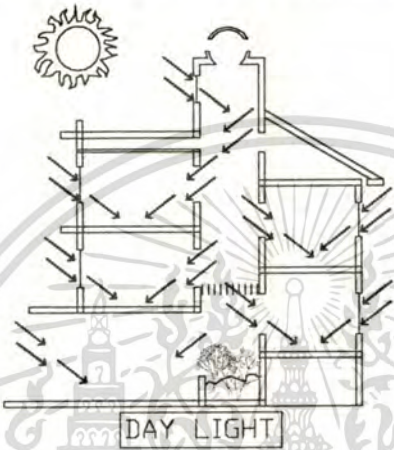


ภาพที่ 8.11 แสดงแนวทางการป้องกันรังสีตรงดวงอาทิตย์ โดยการออกแบบอุปกรณ์บังแดด

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

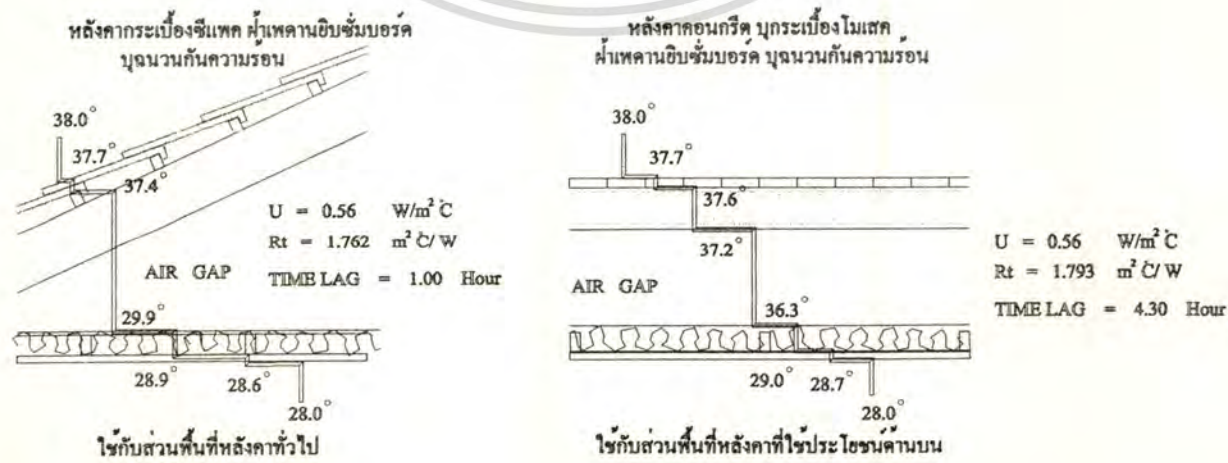


6. การนำแสงสว่างธรรมชาติมาใช้ภายในอาคาร เพื่อการลดปริมาณความร้อนจากแสง  
ประดิษฐ์ คุณภาพของแสงสว่างธรรมชาติมีประสิทธิภาพดีกว่าแสงประดิษฐ์ และช่วยลดการใช้พลัง  
งานไฟฟ้า การออกแบบช่องแสงสามารถใช้แสงสว่างจากธรรมชาติเกือบตลอดวัน ซึ่งอาคารทาวน์  
เฮ้าส์มีช่องเปิดที่จำกัด จะได้รับแสงสว่างเฉพาะช่องเปิดจากทางด้านหน้า และช่องเปิดทางด้านหลัง  
ส่วนบริเวณกลางอาคารไม่ได้รับแสงสว่างจากธรรมชาติ ควรมีการออกแบบช่องแสงที่ทำให้บริเวณ  
พื้นที่กลางอาคารของแต่ละชั้น ได้รับแสงสว่างจากธรรมชาติเท่าที่สามารถออกแบบได้ เช่นการออก  
แบบช่องรับแสงสว่างจากทางด้านบน ตรงตำแหน่งกลางของอาคาร



ภาพที่ 8.12 แสดงแนวทางการใช้ประโยชน์จากแสงสว่างธรรมชาติ

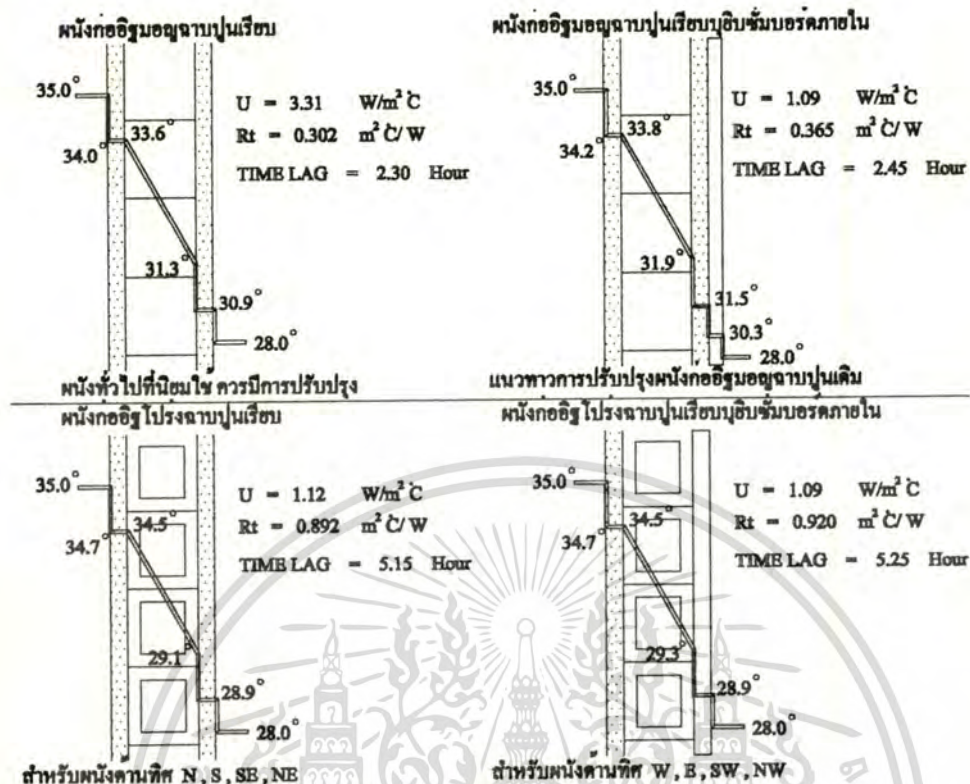
7. การเลือกวัสดุประกอบอาคารที่สกัดกั้นความร้อน และความร้อนจากภายนอกอาคาร ทำให้  
เกิดความเย็นโดยวิธีการหน่วงความร้อน การคายความร้อน ลดปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้ามา ซึ่ง  
อาคารทาวน์เฮ้าส์หน่วยริมของแถวจะได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงกว่าอาคารทาวน์เฮ้าส์หน่วย  
กลางของแถว ควรเลือกวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ วัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อน  
ดัง ภาพที่ 8.13-8.14



ภาพที่ 8.13 แสดงแนวทางการใช้วัสดุหลังคาอาคารทาวน์เฮ้าส์ ในการป้องกันความร้อน

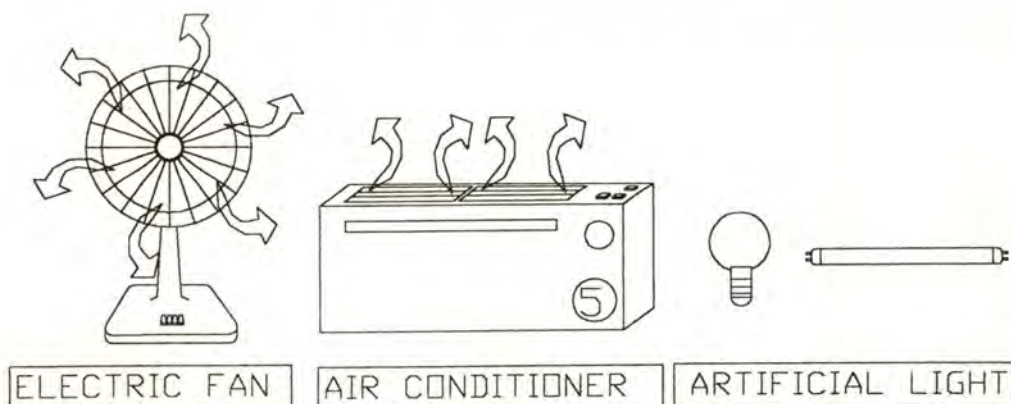
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ภาพที่ 8.14 แสดงแนวทางการใช้วัสดุผนังอาคารทึบแสง ในการป้องกันความร้อน

8. ในช่วงสภาพธรรมชาติไม่เอื้ออำนวยต่อความสบายทางด้านแสงสว่าง และความสบายทางด้านอุณหภูมิ จึงนำเครื่องกลมาช่วยในการให้แสงสว่าง และปรับสภาพอุณหภูมิ เช่น แสงประดิษฐ์ พัดลม เครื่องปรับอากาศ ควรเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ ถ้าต้องการใช้ระบบเครื่องกลช่วยลดอุณหภูมิภายในอาคารและการระบายอากาศ ควรเลือกใช้พัดลมก่อนในอาคารพักอาศัย ซึ่งมีราคาถูก ใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องปรับอากาศ ถ้าความเร็วของกระแสลมทำความรบกวนในการทำงาน และต้องการอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ จึงเลือกใช้เครื่องปรับอากาศซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงขึ้น



ภาพที่ 8.15 แสดงแนวทางการใช้เครื่องกลช่วยในการปรับสภาพทางอุณหภูมิ และแสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



8.3 รูปแบบอาคารทาวน์เฮ้าส์ที่เสนอแนะ

การออกแบบอาคารทาวน์เฮ้าส์ให้เหมาะสมกับทิศที่ตั้งแต่ละแถว โดยคำนึงถึงการป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ทางหน้าต่าง ประศู โดยการออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิดในแต่ละทิศที่ต่างกัน และมีการเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารได้น้อย ผู้วิจัยไม่เสนอแนะให้มีการออกแบบอาคารโดยหันด้านหน้าอาคาร และหลังอาคารทาวน์เฮ้าส์วางอยู่ที่ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก เนื่องจากจะได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ตลอดวัน ทำให้มีการใช้พลังงานในการปรับอากาศมาก ผู้วิจัยจะเสนอการออกแบบอาคารทาวน์เฮ้าส์ เพียงตัวอย่างเดียว ซึ่งได้นำข้อมูลที่ได้ทำการวิจัยมาข้างต้น เสนอแนะออกแบบภาพรวมของอาคารทาวน์เฮ้าส์ที่เหมาะสมกับทิศที่ตั้ง ในการป้องกันรังสีดวงอาทิตย์โดยมีการเปลี่ยนรูปแบบอุปกรณ์บังแดด และวัสดุให้เหมาะสมในแต่ละทิศ

8.3.1 ขนาดพื้นที่ใช้สอยต่างๆ ของอาคารทาวน์เฮ้าส์

ตารางที่ 8.1 แสดงพื้นที่ใช้สอย และการแบ่งส่วนหน้าที่ใช้สอยของอาคารทาวน์เฮ้าส์

| ที่                    | ส่วนเปิดเผย<br>Public Zone      | ส่วนกึ่งเปิดเผย<br>Semi-Public Zone    | ส่วนบริการ<br>Operative Zone       | ส่วนกึ่งส่วนตัว<br>Semi-Private Zone  | ส่วนที่เป็นส่วนตัว<br>Private Zone    |
|------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1.                     | จอดรถ<br>18.65 ม. <sup>2</sup>  | รับแขกพักผ่อน<br>13.57 ม. <sup>2</sup> | อาหาร<br>11.30 ม. <sup>2</sup>     | ห้องน้ำส้วม 4<br>6.62 ม. <sup>2</sup> | ห้องนอน 1<br>16.90 ม. <sup>2</sup>    |
| 2.                     | จัดสวน<br>23.36 ม. <sup>2</sup> | เฉลียงล่าง<br>8.69 ม. <sup>2</sup>     | ครัว<br>8.16 ม. <sup>2</sup>       |                                       | ห้องน้ำส้วม 1<br>3.90 ม. <sup>2</sup> |
| 3.                     |                                 | โถง และบันได<br>42.4 ม. <sup>2</sup>   | เก็บของ<br>1.90 ม. <sup>2</sup>    |                                       | ห้องนอน 2<br>16.65 ม. <sup>2</sup>    |
| 4.                     |                                 | ช่องโถง<br>21.6 ม. <sup>2</sup>        | ลานซักล้าง<br>4.00 ม. <sup>2</sup> |                                       | ห้องน้ำส้วม 2<br>2.90 ม. <sup>2</sup> |
| 5.                     |                                 | คานฟ้า<br>20.9 ม. <sup>2</sup>         |                                    |                                       | ห้องนอน 3<br>18.65 ม. <sup>2</sup>    |
| 6.                     |                                 |                                        |                                    |                                       | ห้องน้ำส้วม 3<br>2.90 ม. <sup>2</sup> |
| รวม                    |                                 |                                        |                                    |                                       |                                       |
|                        | 42.01 ม. <sup>2</sup>           | 107.16 ม. <sup>2</sup>                 | 25.36 ม. <sup>2</sup>              | 6.62 ม. <sup>2</sup>                  | 62.1 ม. <sup>2</sup>                  |
| 243.15 ม. <sup>2</sup> |                                 |                                        |                                    |                                       |                                       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 8.3.2 ค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุประกอบอาคารทาวนเฮ้าส์



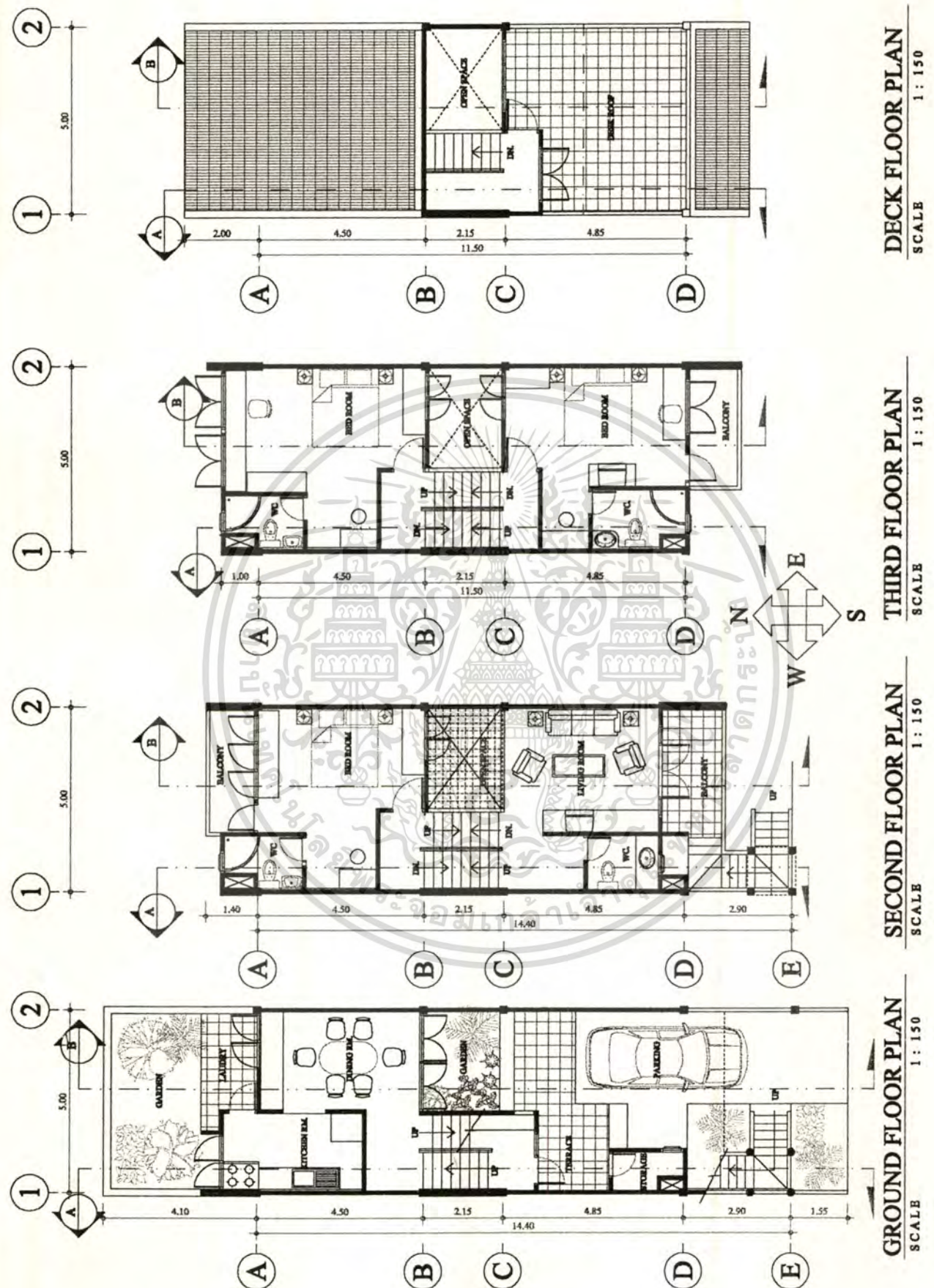
ภาพที่ 8.16 แสดงแนวทางการเลือกวัสดุประกอบอาคารทาวนเฮ้าส์ ให้เหมาะสมกับทิศ

### 8.3.3 รูปแบบอาคารทาวนเฮ้าส์

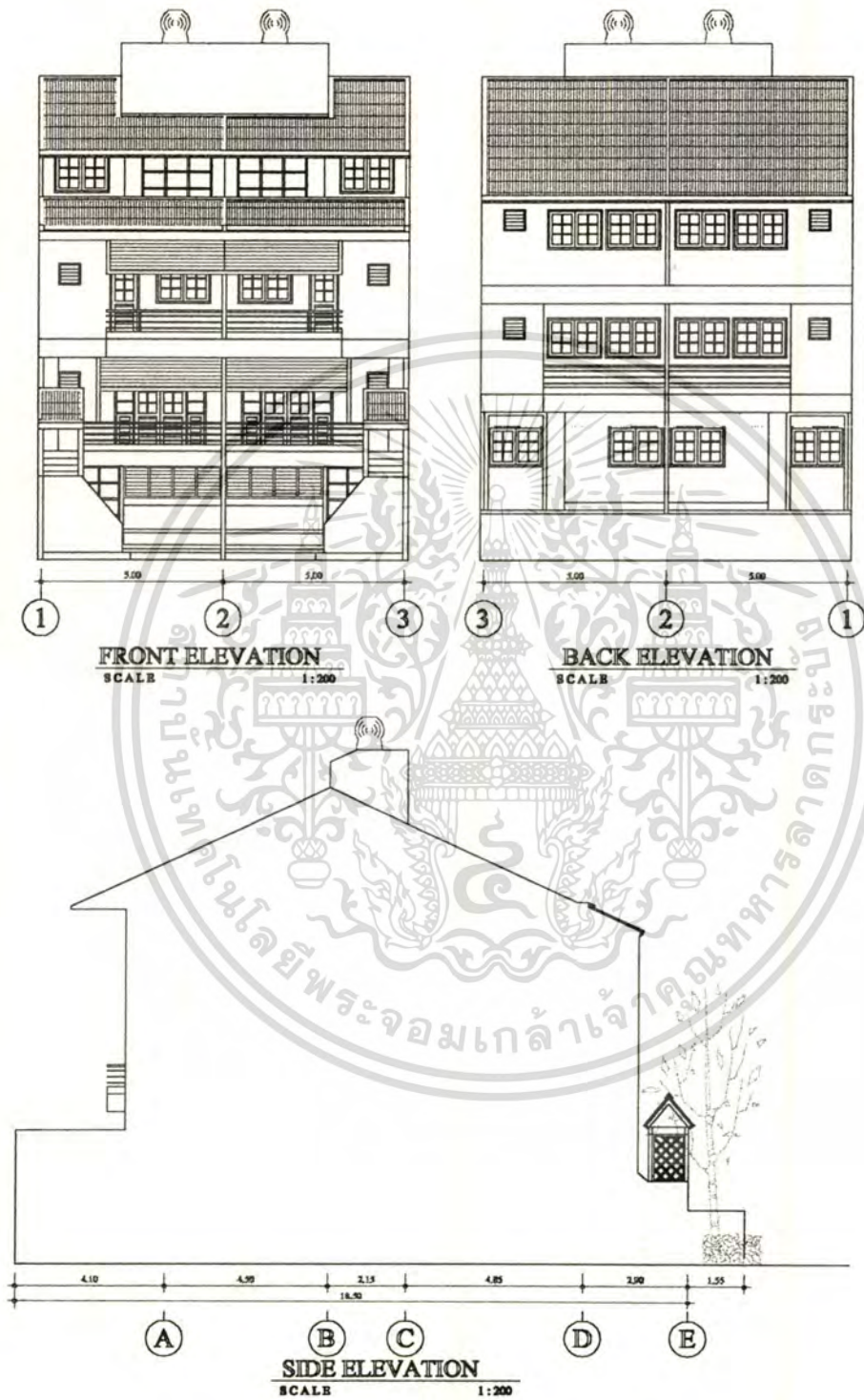
การออกแบบอาคารทาวนเฮ้าส์ที่เหมาะสมกับทิศที่ตั้ง ในการป้องกันรังสีดวงอาทิตย์โดยมีการเปลี่ยนรูปแบบอุปกรณ์บังแดด และวัสดุให้เหมาะสมในแต่ละทิศ ส่วนพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร ยังคงเดิม แสดงดัง ภาพที่ 8.17-8.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



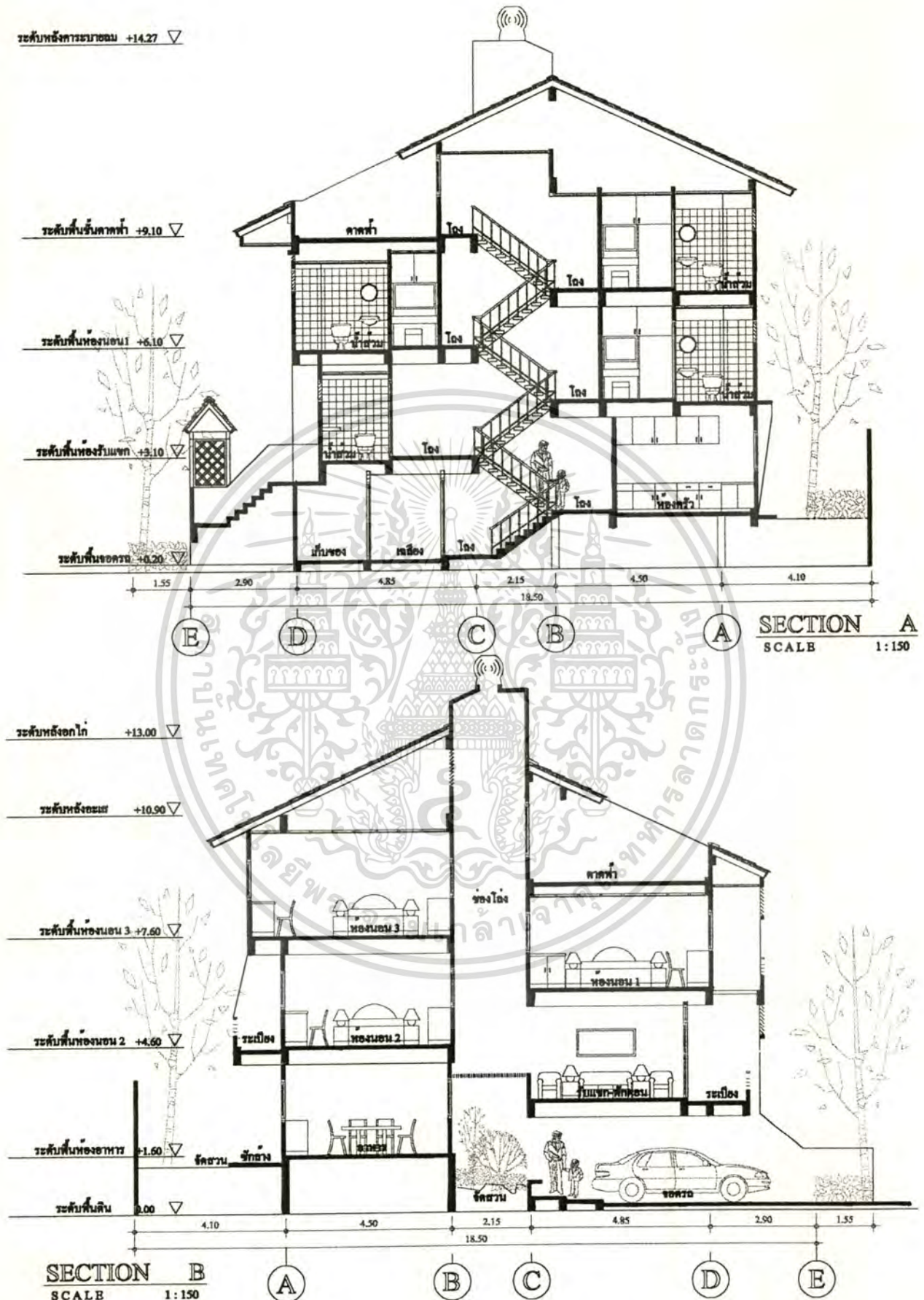


ภาพที่ 8.17 แสดงแบบแปลนของอาคารทาวน์เฮ้าส์ ที่ผู้วิจัยเสนอแนะ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารทงสวนไวสาหรับการใชงานเพอการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใชประโยชนดานการค้า  
ไมวากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิใหัดแปลงเนื้อหา และตองอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช



ภาพที่ 8.18 แสดงแบบรูปด้านของอาคารทวนไถ่ที่ผู้วิจัยเสนอแนะ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารทงสวนไรสาหรับการใชงานเพื่การศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใชประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตองอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช





ภาพที่ 8.19 แสดงแบบรูปตัดของอาคารทาวน์เฮ้าส์ ที่ผู้วิจัยเสนอแนะ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารทสวทสวไรต์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปด้านหน้าอาคารทาวน์เฮาส์



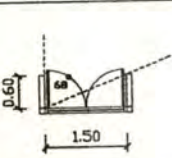
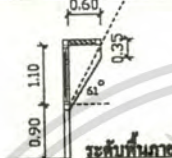
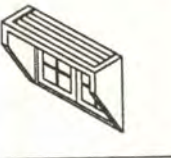
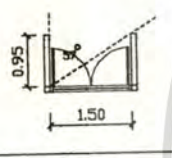
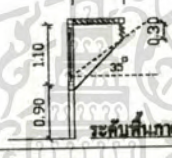
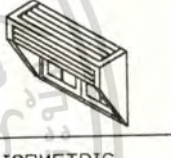
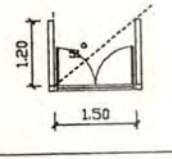
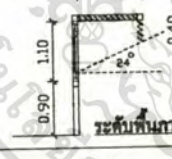
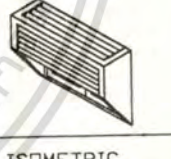
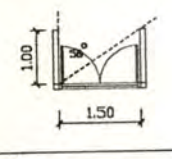
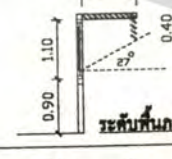
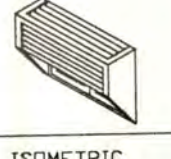
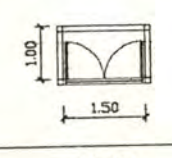
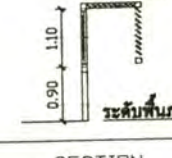
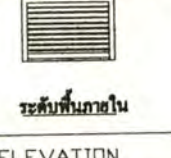
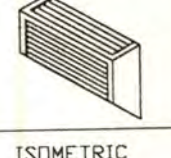
รูปด้านหลังอาคารทาวน์เฮาส์

**ภาพที่ 8.20** แสดงทัศนียภาพของอาคารทาวน์เฮาส์ ที่ผู้วิจัยเสนอแนะ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



8.3.4 รูปแบบอุปกรณ์บังแดดอาคารทว้นแฮ้ส และการตรวจสอบการบังแดด

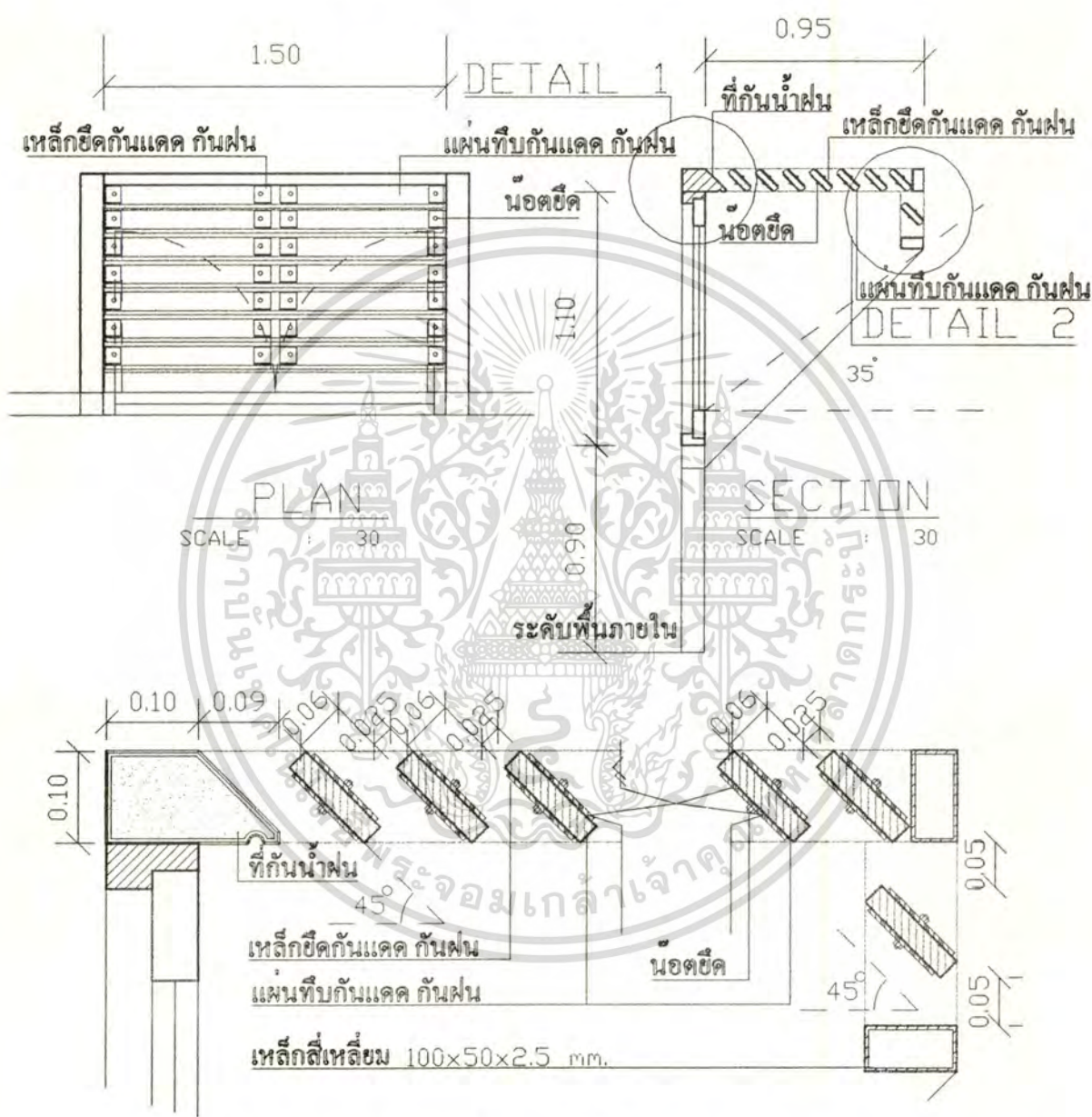
ในการออกแบบอุปกรณ์บังแดดในแต่ละทิศ เพื่อป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์กระทบหน้าต่าง โดยรับแสงสว่างจากรังสีกระจายจากท้องฟ้า ซึ่งมีวิธีการออกแบบได้หลายแบบ และมีปัจจัยหลายอย่างที่ต้องคำนึงถึง ผู้วิจัยเสนอแนวทางการออกแบบอุปกรณ์บังแดดดัง ภาพที่ 8.21 และมีการตรวจสอบการบังแดดของอุปกรณ์บังแดดที่เสนอแนะ จาก Sun Chart ในเขตกรุงเทพมหานคร และมีการตรวจสอบเงาที่ปรากฏบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Autocad R.14) ซึ่งสามารถตรวจสอบเงาที่ปรากฏได้ตามวันและเวลาที่ต้องการ ดัง ภาพที่ 8.23-8.28

| รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด                                                              |                                                                                     | ทิศ เหนือ                                                                           |                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|    |    |    |    |
| PLAN                                                                                | SECTION                                                                             | ELEVATION                                                                           | ISOMETRIC                                                                            |
| รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด                                                              |                                                                                     | ทิศ ใต้                                                                             |                                                                                      |
|   |   |   |   |
| PLAN                                                                                | SECTION                                                                             | ELEVATION                                                                           | ISOMETRIC                                                                            |
| รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด                                                              |                                                                                     | ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้                                              |                                                                                      |
|  |  |  |  |
| PLAN                                                                                | SECTION                                                                             | ELEVATION                                                                           | ISOMETRIC                                                                            |
| รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด                                                              |                                                                                     | ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ                                          |                                                                                      |
|  |  |  |  |
| PLAN                                                                                | SECTION                                                                             | ELEVATION                                                                           | ISOMETRIC                                                                            |
| รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด                                                              |                                                                                     | ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก                                                              |                                                                                      |
|  |  |  |  |
| PLAN                                                                                | SECTION                                                                             | ELEVATION                                                                           | ISOMETRIC                                                                            |

ภาพที่ 8.21 แสดงลักษณะของอุปกรณ์บังแดดในทิศต่างๆ ที่ผู้วิจัยเสนอแนะ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลงวันเรสสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# แบบขยายอุปกรณ์บังแดด



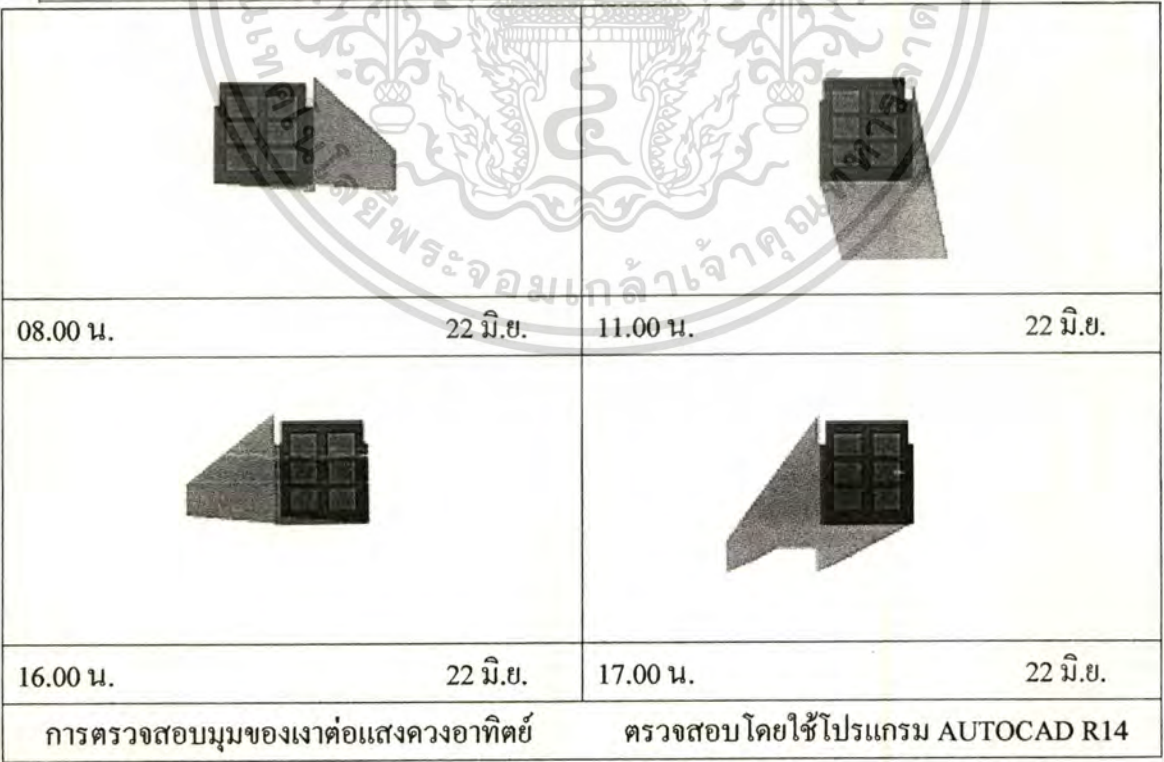
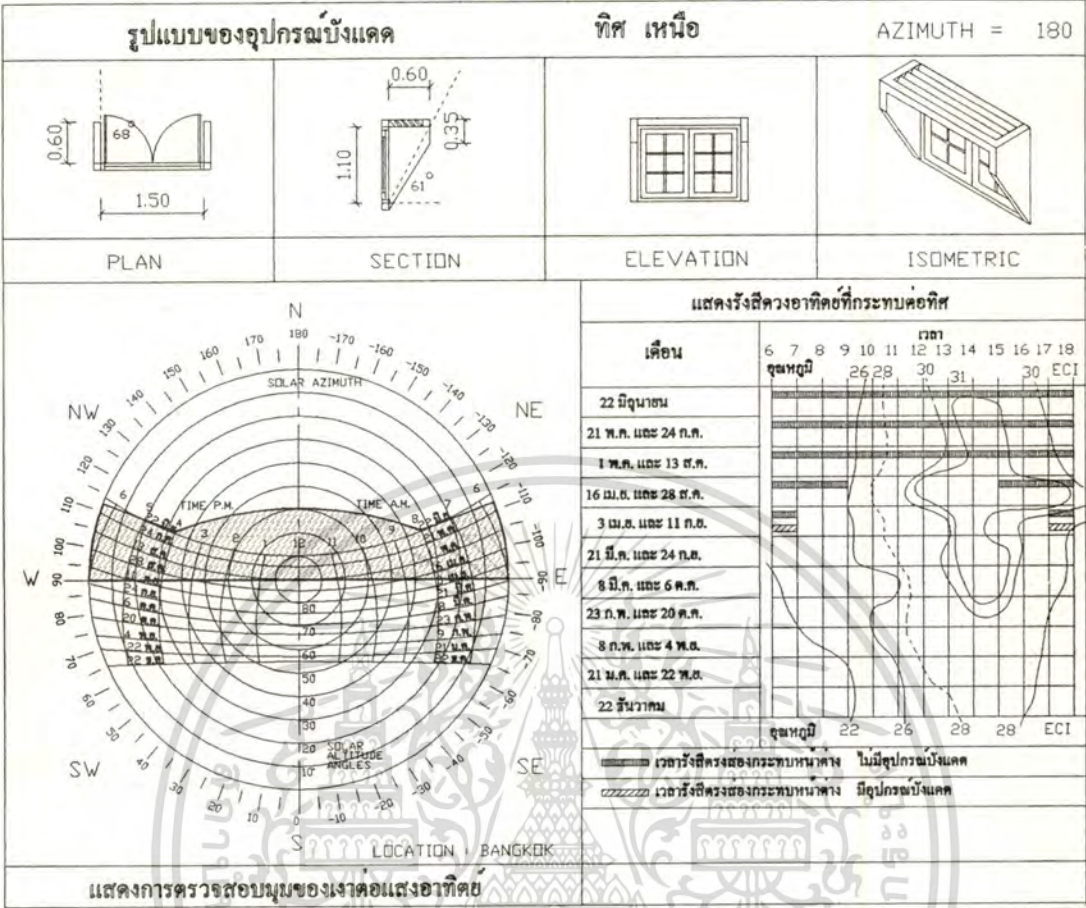
หมายเหตุ แผ่นทึบกันแดด กันฝน ทำด้วยวัสดุ ไม้เนื้อแข็งทาสีขาว หรืออลูมิเนียม ตามลำดับ

DETAIL 1  
SCALE : 7.5

DETAIL 2  
SCALE : 7.5

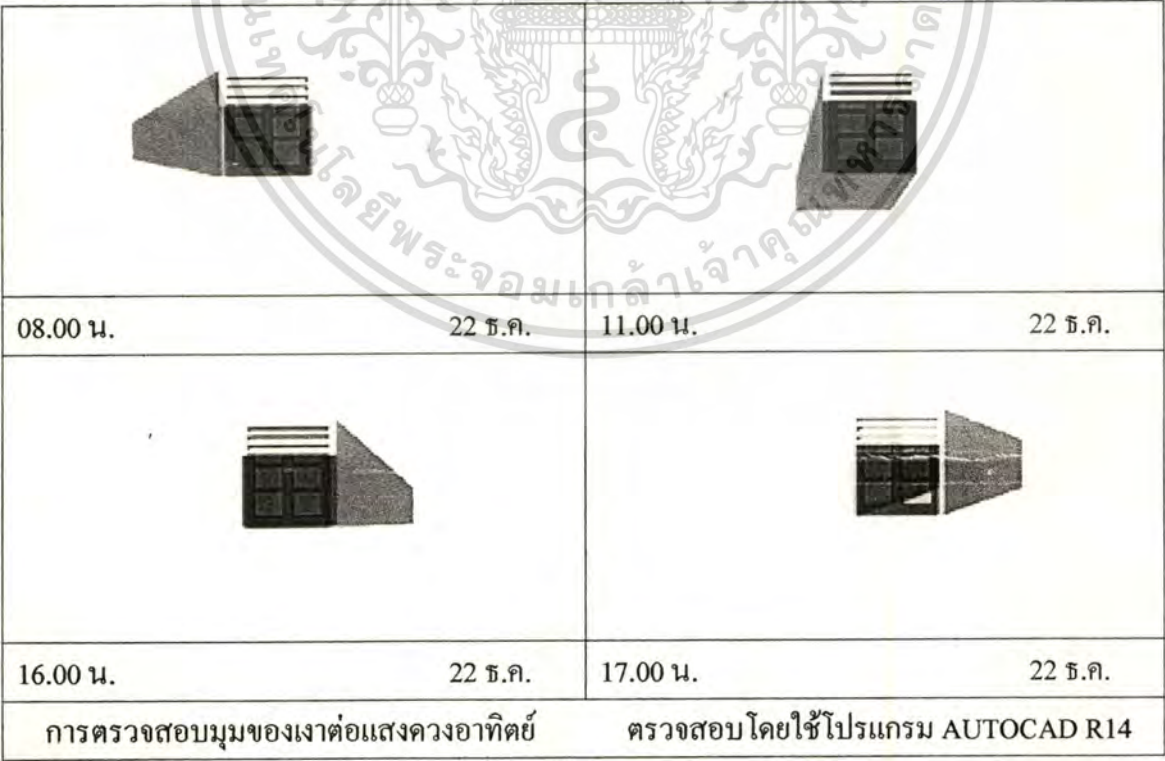
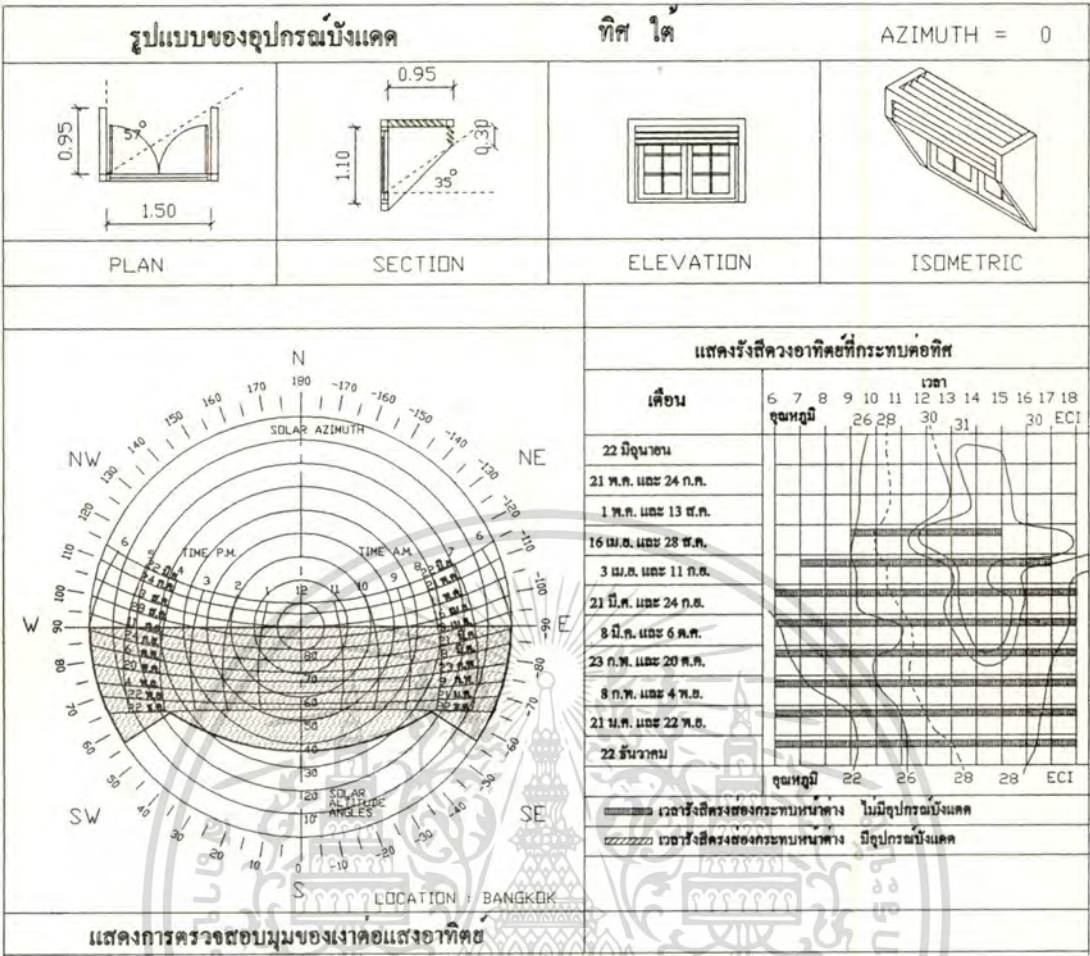
ภาพที่ 8.22 แสดงรายละเอียดส่วนประกอบอุปกรณ์บังแดดที่ผู้วิจัยเสนอแนะ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





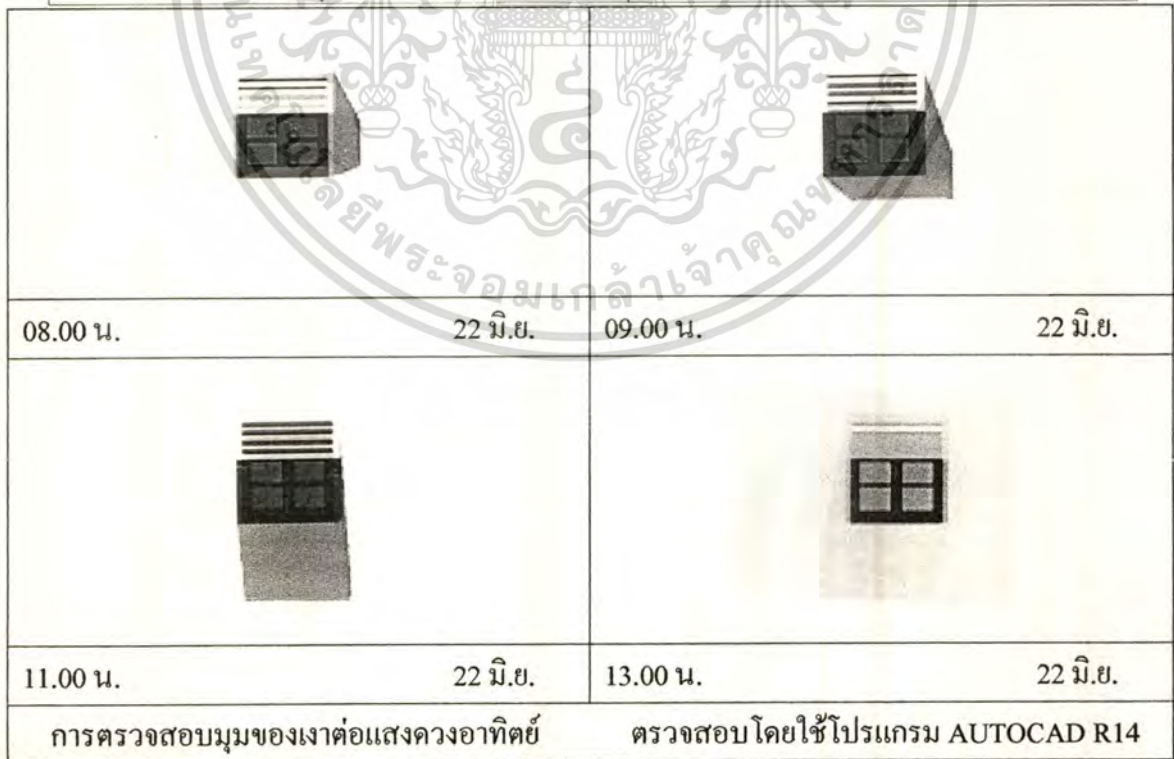
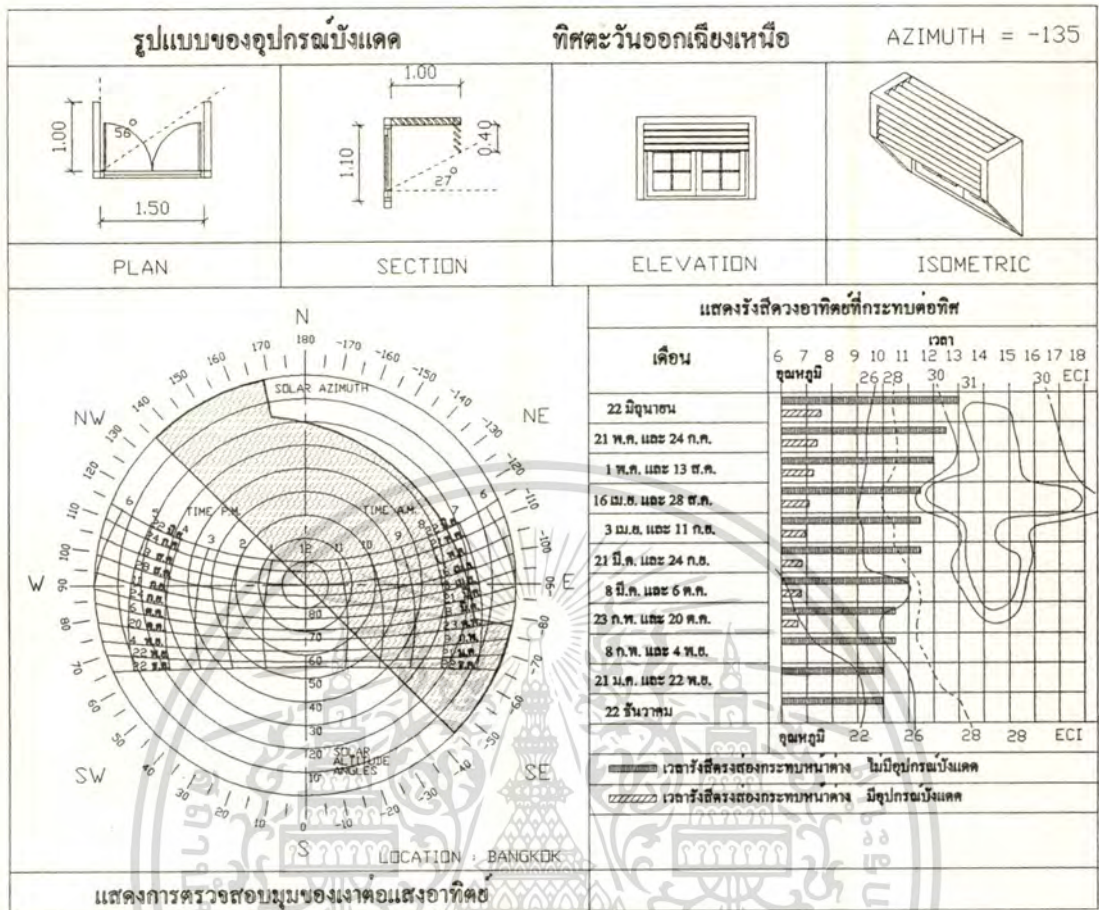
ภาพที่ 8.23 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ผู้วิจัยเสนอแนะทางทิศ เหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

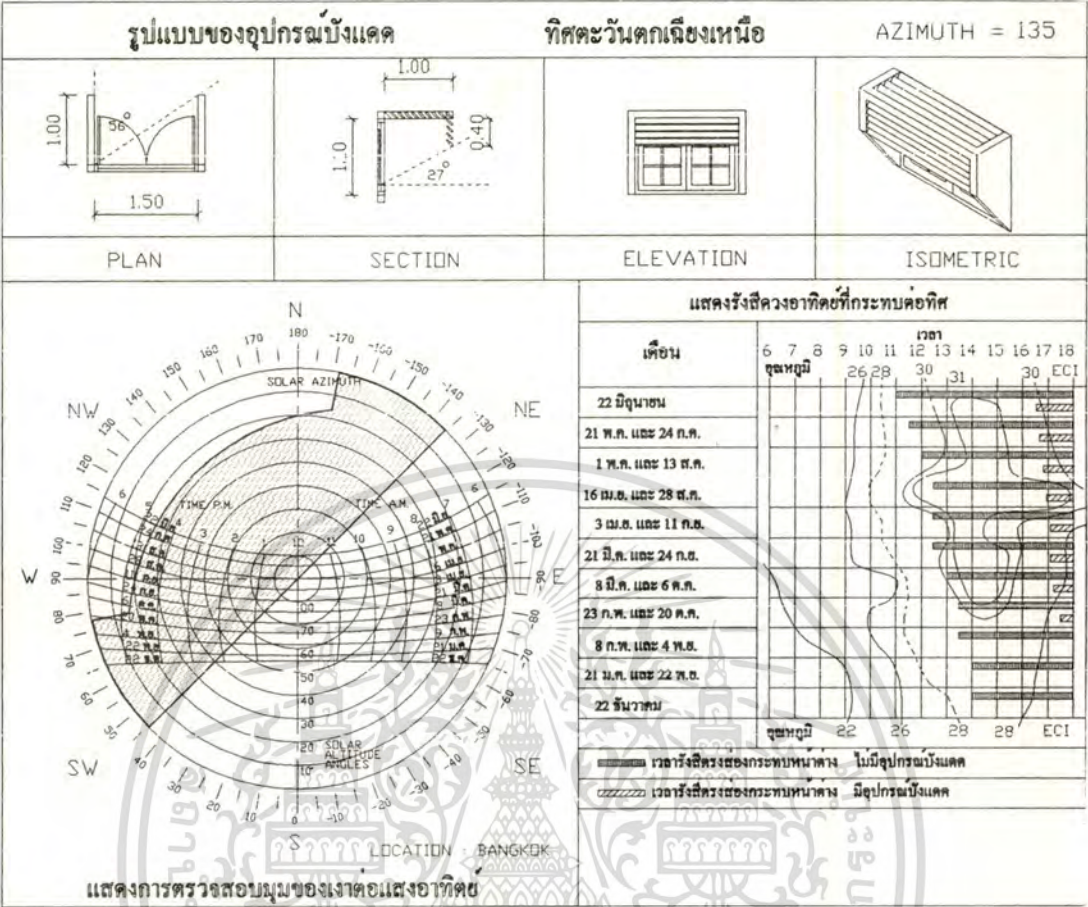


ภาพที่ 8.24 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ผู้วิจัยเสนอแนะทางทิศใต้  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ภาพที่ 8.25 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ผู้วิจัยเสนอแนะทางทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

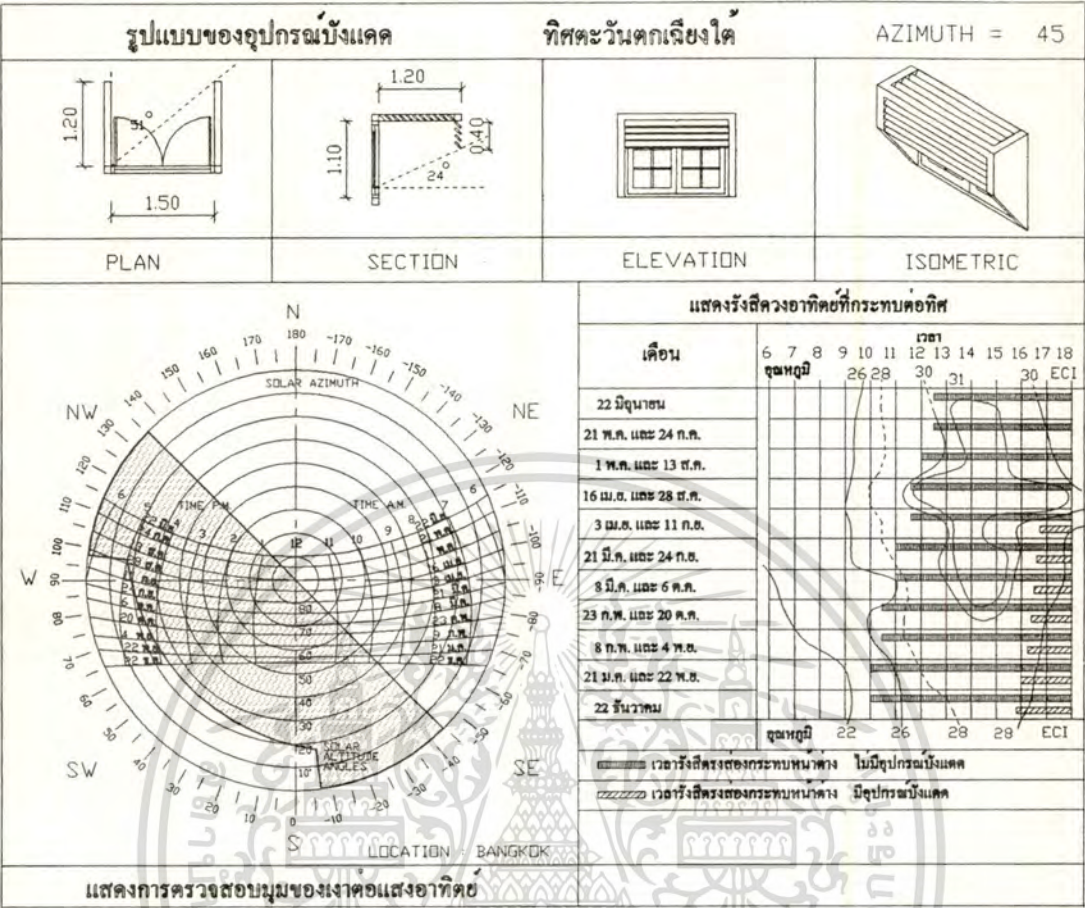


ภาพที่ 8.26 แสดงการตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ผู้วิจัยเสนอแนะทางทิศ ตะวันตกเฉียงเหนือ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้









### 8.3.5 การตรวจสอบค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV)

การตรวจสอบค่าการถ่ายเทความร้อนรวม(OTTV) ได้ทำการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร ซึ่งได้กล่าววิธีการคำนวณไว้ในบทที่ 3 การตรวจสอบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารที่ผู้วิจัยเสนอแนะ มีการปรับปรุงประสิทธิภาพของวัสดุประกอบผนังอาคาร โดยเลือกวัสดุให้เหมาะสมกับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งถ่ายความร้อนเข้าสู่อาคาร และปรับปรุงประสิทธิภาพของการบังแดด โดยการออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้กับหน้าต่างประกอบอาคารโดยรับแสงสว่างจากรังสีกระจายจากท้องฟ้าเป็นส่วนใหญ่

การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารแสดงในตารางที่ 8.3-8.8 จากการคำนวณเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมพบว่า ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารทาวน์เฮ้าส์ที่ผู้วิจัยเสนอแนะลดลงประมาณ 1.5 เท่าของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง ซึ่งเป็นผลมาจากการเลือกวัสดุ และการป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ให้กับหน้าต่างกระจกใส

ตารางที่ 8.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง และอาคารทาวน์เฮ้าส์เสนอแนะ

| ทิศ                | ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม<br>(OTTV) $\text{W/m}^2$<br>อาคารทาวน์เฮ้าส์เสนอแนะ | ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม<br>(OTTV) $\text{W/m}^2$<br>อาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| เหนือ              | 37.0                                                                        | 56.5                                                                         |
| ใต้                | 37.3                                                                        | 56.6                                                                         |
| ตะวันออกเฉียงเหนือ | 36.4                                                                        | 57.9                                                                         |
| ตะวันตกเฉียงเหนือ  | 37.5                                                                        | 58.4                                                                         |
| ตะวันออกเฉียงใต้   | 37.2                                                                        | 58.2                                                                         |
| ตะวันตกเฉียงใต้    | 36.7                                                                        | 58.2                                                                         |

| AZIMUTH ANGLE = |       | 180               |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
|-----------------|-------|-------------------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|
|                 |       | กรอบด้านหน้าอาคาร |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
| SECTION         | Aw    | Uw                | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |
| WALL-F1         | 6.58  | 1.37              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 90.146  |
| WOOD-F1         | 0.98  | 1.90              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 18.620  |
| DF1             | -     | -                 | -     | 1.80 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 0.89 | 0.850 | 223.209 |
| WF1             | -     | -                 | -     | 5.57 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 0.89 | 0.850 | 690.708 |
| WALL-F2         | 10.62 | 1.37              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 145.494 |
| WOOD-F2         | 2.26  | 1.90              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 42.940  |
| DF2             | -     | -                 | -     | 3.10 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 0.89 | 0.856 | 386.486 |
| WF2             | -     | -                 | -     | 0.25 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 0.89 | 0.856 | 31.168  |
| WALL-F3         | 12.22 | 1.37              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 167.414 |
| WOOD-F3         | 0.95  | 1.90              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 18.050  |
| DF3             | -     | -                 | -     | 0.95 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 0.89 | 0.560 | 87.142  |
| WF3             | -     | -                 | -     | 1.20 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 0.89 | 0.856 | 149.607 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 44.126    วัตต์ต่อตารางเมตร  
พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด                      70.49                      %    พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด                      29.51                      %

| AZIMUTH ANGLE = |       | 0                 |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
|-----------------|-------|-------------------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|
|                 |       | กรอบด้านหลังอาคาร |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
| SECTION         | Aw    | Uw                | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |
| WALL-B1         | 11.10 | 1.37              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 152.070 |
| WOOD-B1         | 1.80  | 1.90              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 34.200  |
| WB1             | -     | -                 | -     | 1.20 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 0.56 | 0.540 | 150.754 |
| WB11            | -     | -                 | -     | 1.20 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 0.56 | 0.540 | 150.754 |
| WALL-F2         | 11.83 | 1.37              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 162.071 |
| WOOD-F2         | 1.72  | 1.90              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 32.680  |
| WB2             | -     | -                 | -     | 2.05 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 0.56 | 0.540 | 257.537 |
| WALL-F3         | 11.83 | 1.37              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 162.071 |
| WOOD-F3         | 1.72  | 1.90              | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 32.680  |
| WB3             | -     | -                 | -     | 2.05 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 0.56 | 0.540 | 257.537 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 29.943    วัตต์ต่อตารางเมตร  
พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด                      86.02                      %    พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด                      13.98                      %

| AZIMUTH ANGLE = |        | 90                |       |    |    |       |    |     |     |    |          |
|-----------------|--------|-------------------|-------|----|----|-------|----|-----|-----|----|----------|
|                 |        | กรอบด้านข้างอาคาร |       |    |    |       |    |     |     |    |          |
| SECTION         | Aw     | Uw                | TDeq  | Af | Uf | Tdiff | SF | SC1 | SC2 | SC | Q        |
| WALL-S1         | 121.70 | 1.06              | 10.00 | -  | -  | -     | -  | -   | -   | -  | 1290.020 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 10.60    วัตต์ต่อตารางเมตร

ค่า OTTV ของอาคารหลังนี้

ค่า OTTV หน่วยกลางของอาคาร = 37.033    W/Sq.m.                      ค่า OTTV หน่วยริมสุดของอาคาร = 22.048    W/Sq.m.

ตารางที่ 8.3 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมอาคารทาวนเฮ้าส์เสนอแนะ ทิศเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารผลงานวิจัยสำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



| AZIMUTH ANGLE = 0 |       |      |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
|-------------------|-------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|
| กรอบด้านหน้าอาคาร |       |      |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
| SECTION           | Aw    | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |
| WALL-F1           | 6.58  | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 90.146  |
| WOOD-F1           | 0.98  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 18.620  |
| DF1               | -     | -    | -     | 1.80 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 0.55 | 0.528 | 222.281 |
| WF1               | -     | -    | -     | 5.57 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 0.55 | 0.528 | 687.837 |
| WALL-F2           | 10.62 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 145.494 |
| WOOD-F2           | 2.26  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 42.940  |
| DF2               | -     | -    | -     | 3.10 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 0.56 | 0.540 | 389.447 |
| WF2               | -     | -    | -     | 0.25 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 0.56 | 0.540 | 31.407  |
| WALL-F3           | 12.22 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 167.414 |
| WOOD-F3           | 0.95  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 18.050  |
| DF3               | -     | -    | -     | 0.95 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 0.56 | 0.540 | 119.347 |
| WF3               | -     | -    | -     | 1.20 | 5.88 | 5.00  | 178.20 | 0.96 | 0.56 | 0.540 | 150.754 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 44.831 วัตต์ต่อตารางเมตร  
พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด 70.49 % พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด 29.51 %

| AZIMUTH ANGLE = 180 |       |      |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
|---------------------|-------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|
| กรอบด้านหลังอาคาร   |       |      |       |      |      |       |        |      |      |       |         |
| SECTION             | Aw    | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |
| WALL-B1             | 11.10 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 152.070 |
| WOOD-B1             | 1.80  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 34.200  |
| WB1                 | -     | -    | -     | 1.20 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 0.89 | 0.856 | 149.607 |
| WB11                | -     | -    | -     | 1.20 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 0.89 | 0.856 | 149.607 |
| WALL-F2             | 11.83 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 162.071 |
| WOOD-F2             | 1.72  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 32.680  |
| WB2                 | -     | -    | -     | 2.05 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 0.89 | 0.856 | 255.579 |
| WALL-F3             | 11.83 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 162.071 |
| WOOD-F3             | 1.72  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 32.680  |
| WB3                 | -     | -    | -     | 2.05 | 5.88 | 5.00  | 111.30 | 0.96 | 0.89 | 0.856 | 255.579 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 29.810 วัตต์ต่อตารางเมตร  
พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด 86.02 % พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด 13.98 %

| AZIMUTH ANGLE = 90 |        |      |       |    |    |       |    |     |     |    |          |
|--------------------|--------|------|-------|----|----|-------|----|-----|-----|----|----------|
| กรอบด้านข้างอาคาร  |        |      |       |    |    |       |    |     |     |    |          |
| SECTION            | Aw     | Uw   | TDeq  | Af | Uf | Tdiff | SF | SC1 | SC2 | SC | Q        |
| WALL-S1            | 121.70 | 1.06 | 10.00 | -  | -  | -     | -  | -   | -   | -  | 1290.020 |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 10.60 วัตต์ต่อตารางเมตร

ค่า OTTV ของอาคารหลังนี้

ค่า OTTV หน่วยกลางของอาคาร = 37.319 W/Sq.m.      ค่า OTTV หน่วยริมตูดของอาคาร = 22.172 W/Sq.m.

ตารางที่ 8.4 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมอาคารทาวนเฮ้าส์เสนอแนะ ทิศใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| AZIMUTH ANGLE = |       | -135 |       |      |      |       |        |      |      |       |         | กรอบด้านหน้าอาคาร |  |
|-----------------|-------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|-------------------|--|
| SECTION         | Aw    | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |                   |  |
| WALL-F1         | 6.58  | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 90.146  |                   |  |
| WOOD-F1         | 0.98  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 18.620  |                   |  |
| DF1             | -     | -    | -     | 1.80 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 0.70 | 0.671 | 220.442 |                   |  |
| WF1             | -     | -    | -     | 5.57 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 0.70 | 0.671 | 682.145 |                   |  |
| WALL-F2         | 10.62 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 145.494 |                   |  |
| WOOD-F2         | 2.26  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 42.940  |                   |  |
| DF2             | -     | -    | -     | 3.10 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 0.71 | 0.682 | 384.380 |                   |  |
| WF2             | -     | -    | -     | 0.25 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.71 | 0.682 | 38.159  |                   |  |
| WALL-F3         | 12.22 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 167.414 |                   |  |
| WOOD-F3         | 0.95  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 18.050  |                   |  |
| DF3             | -     | -    | -     | 0.95 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 0.71 | 0.682 | 117.794 |                   |  |
| WF3             | -     | -    | -     | 1.20 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 0.71 | 0.682 | 148.792 |                   |  |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 44.629 วัตต์ต่อตารางเมตร

พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด 70.49 % พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด 29.51 %

| AZIMUTH ANGLE = |       | 45   |       |      |      |       |        |      |      |       |         | กรอบด้านหลังอาคาร |  |
|-----------------|-------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|-------------------|--|
| SECTION         | Aw    | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |                   |  |
| WALL-B1         | 11.10 | 1.06 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 117.660 |                   |  |
| WOOD-B1         | 1.80  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 34.200  |                   |  |
| WB1             | -     | -    | -     | 1.20 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.57 | 0.553 | 155.193 |                   |  |
| WB11            | -     | -    | -     | 1.20 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.57 | 0.553 | 155.193 |                   |  |
| WALL-F2         | 11.83 | 1.06 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 125.398 |                   |  |
| WOOD-F2         | 1.72  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 32.680  |                   |  |
| WB2             | -     | -    | -     | 2.05 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.57 | 0.553 | 265.121 |                   |  |
| WALL-F3         | 11.83 | 1.06 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 125.398 |                   |  |
| WOOD-F3         | 1.72  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 32.680  |                   |  |
| WB3             | -     | -    | -     | 2.05 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.57 | 0.553 | 265.121 |                   |  |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 28.143 วัตต์ต่อตารางเมตร

พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด 86.02 % พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด 13.98 %

| AZIMUTH ANGLE = |        | 135  |       |    |    |       |    |     |     |    |          | กรอบด้านข้างอาคาร |  |
|-----------------|--------|------|-------|----|----|-------|----|-----|-----|----|----------|-------------------|--|
| SECTION         | Aw     | Uw   | TDeq  | Af | Uf | Tdiff | SF | SC1 | SC2 | SC | Q        |                   |  |
| WALL-S1         | 121.70 | 1.37 | 10.00 | -  | -  | -     | -  | -   | -   | -  | 1667.290 |                   |  |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 13.70 วัตต์ต่อตารางเมตร

ค่า OTTV ของอาคารหลังนี้

ค่า OTTV หน่วยกึ่งกลางของอาคาร = 36.384 W/Sq.m. ค่า OTTV หน่วยริมสุดของอาคาร = 23.525 W/Sq.m.

ตารางที่ 8.5 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมอาคารทาวนเฮ้าส์แสนอนเนะ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารผลงานวิจัยหรือการเชิงวิชาการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| AZIMUTH ANGLE = |       | 135  |       |      |      |       |        |      |      |       |         | กรอบด้านหน้าอาคาร |  |
|-----------------|-------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|-------------------|--|
| SECTION         | Aw    | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |                   |  |
| WALL-F1         | 6.58  | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 90.146  |                   |  |
| WOOD-F1         | 0.98  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 18.620  |                   |  |
| DF1             | -     | -    | -     | 1.80 | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96 | 0.76 | 0.732 | 229.874 |                   |  |
| WF1             | -     | -    | -     | 5.57 | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96 | 0.76 | 0.732 | 711.331 |                   |  |
| WALL-F2         | 10.62 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 145.494 |                   |  |
| WOOD-F2         | 2.26  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 42.940  |                   |  |
| DF2             | -     | -    | -     | 3.10 | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96 | 0.76 | 0.732 | 395.894 |                   |  |
| WF2             | -     | -    | -     | 0.25 | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96 | 0.76 | 0.732 | 31.927  |                   |  |
| WALL-F3         | 12.22 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 167.414 |                   |  |
| WOOD-F3         | 0.95  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 18.050  |                   |  |
| DF3             | -     | -    | -     | 0.95 | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96 | 0.76 | 0.732 | 121.322 |                   |  |
| WF3             | -     | -    | -     | 1.20 | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96 | 0.76 | 0.732 | 153.249 |                   |  |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 45.746 วัตต์ต่อตารางเมตร

พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด

70.49

%

พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด

29.51

%

| AZIMUTH ANGLE = |       | -45  |       |      |      |       |        |      |      |       |         | กรอบด้านหลังอาคาร |  |
|-----------------|-------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|-------------------|--|
| SECTION         | Aw    | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |                   |  |
| WALL-B1         | 11.10 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 152.070 |                   |  |
| WOOD-B1         | 1.80  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 34.200  |                   |  |
| WB1             | -     | -    | -     | 1.20 | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96 | 0.51 | 0.491 | 145.401 |                   |  |
| WB11            | -     | -    | -     | 1.20 | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96 | 0.51 | 0.491 | 145.401 |                   |  |
| WALL-F2         | 11.83 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 162.071 |                   |  |
| WOOD-F2         | 1.72  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 32.680  |                   |  |
| WB2             | -     | -    | -     | 2.05 | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96 | 0.51 | 0.491 | 248.394 |                   |  |
| WALL-F3         | 11.83 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 162.071 |                   |  |
| WOOD-F3         | 1.72  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 32.680  |                   |  |
| WB3             | -     | -    | -     | 2.05 | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96 | 0.51 | 0.491 | 248.394 |                   |  |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 29.320 วัตต์ต่อตารางเมตร

พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด

86.02

%

พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด

13.98

%

| AZIMUTH ANGLE = |        | 45   |       |    |    |       |    |     |     |    |          | กรอบด้านข้างอาคาร |  |
|-----------------|--------|------|-------|----|----|-------|----|-----|-----|----|----------|-------------------|--|
| SECTION         | Aw     | Uw   | TDeq  | Af | Uf | Tdiff | SF | SC1 | SC2 | SC | Q        |                   |  |
| WALL-S1         | 121.70 | 1.06 | 10.00 | -  | -  | -     | -  | -   | -   | -  | 1290.020 |                   |  |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 10.60 วัตต์ต่อตารางเมตร

ค่า OTTV ของอาคารหลังนี้

ค่า OTTV หน่วยกลางของอาคาร = 37.531 W/Sq.m.

ค่า OTTV หน่วยริมสุดของอาคาร = 22.264 W/Sq.m.

ตารางที่ 8.6 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมอาคารทวามเข้าสัเสนอแนะ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารหลวงวิไลยการสงเคราะห์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| AZIMUTH ANGLE = |       | -45  |       |      |      |       |        |      |      |       |         | กรอบด้านหน้าอาคาร |  |
|-----------------|-------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|-------------------|--|
| SECTION         | Aw    | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |                   |  |
| WALL-F1         | 6.58  | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 90.146  |                   |  |
| WOOD-F1         | 0.98  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 18.620  |                   |  |
| DF1             | -     | -    | -     | 1.80 | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96 | 0.53 | 0.505 | 222.812 |                   |  |
| WF1             | -     | -    | -     | 5.57 | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96 | 0.53 | 0.505 | 689.480 |                   |  |
| WALL-F2         | 10.62 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 145.494 |                   |  |
| WOOD-F2         | 2.26  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 42.940  |                   |  |
| DF2             | -     | -    | -     | 3.10 | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96 | 0.51 | 0.491 | 375.620 |                   |  |
| WF2             | -     | -    | -     | 0.25 | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96 | 0.51 | 0.491 | 30.292  |                   |  |
| WALL-F3         | 12.22 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 167.414 |                   |  |
| WOOD-F3         | 0.95  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 18.050  |                   |  |
| DF3             | -     | -    | -     | 0.95 | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96 | 0.51 | 0.491 | 115.110 |                   |  |
| WF3             | -     | -    | -     | 1.20 | 5.88 | 5.00  | 186.90 | 0.96 | 0.51 | 0.491 | 145.401 |                   |  |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 44.350    วัตต์ต่อตารางเมตร  
พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด                      70.49                      %                      พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด                      29.51                      %

| AZIMUTH ANGLE = |       | 135  |       |      |      |       |        |      |      |       |         | กรอบด้านหลังอาคาร |  |
|-----------------|-------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|-------------------|--|
| SECTION         | Aw    | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |                   |  |
| WALL-B1         | 11.10 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 152.070 |                   |  |
| WOOD-B1         | 1.80  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 34.200  |                   |  |
| WB1             | -     | -    | -     | 1.20 | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96 | 0.76 | 0.732 | 153.249 |                   |  |
| WB11            | -     | -    | -     | 1.20 | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96 | 0.76 | 0.732 | 153.249 |                   |  |
| WALL-F2         | 11.83 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 162.071 |                   |  |
| WOOD-F2         | 1.72  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 32.680  |                   |  |
| WB2             | -     | -    | -     | 2.05 | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96 | 0.76 | 0.732 | 261.801 |                   |  |
| WALL-F3         | 11.83 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 162.071 |                   |  |
| WOOD-F3         | 1.72  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 32.680  |                   |  |
| WB3             | -     | -    | -     | 2.05 | 5.88 | 5.00  | 134.30 | 0.96 | 0.76 | 0.732 | 261.801 |                   |  |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 30.234    วัตต์ต่อตารางเมตร  
พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด                      86.02                      %                      พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด                      13.98                      %

| AZIMUTH ANGLE = |        | -135 |       |    |    |       |    |     |     |    |          | กรอบด้านข้างอาคาร |  |
|-----------------|--------|------|-------|----|----|-------|----|-----|-----|----|----------|-------------------|--|
| SECTION         | Aw     | Uw   | TDeq  | Af | Uf | Tdiff | SF | SC1 | SC2 | SC | Q        |                   |  |
| WALL-S1         | 121.70 | 1.37 | 10.00 | -  | -  | -     | -  | -   | -   | -  | 1667.290 |                   |  |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 13.70    วัตต์ต่อตารางเมตร

ค่า OTTV ของอาคารหลังนี้

ค่า OTTV หน่วยกึ่งกลางของอาคาร = 37.290    W/Sq.m.                      ค่า OTTV หน่วยริมสุดของอาคาร = 23.917    W/Sq.m.

ตารางที่ 8.7 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมอาคารทวนเข้าสู่สแกนและทิศตะวันออกเฉียงใต้  
เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทฯ หรือการรับมอบการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



| AZIMUTH ANGLE = |       | 45   |       |      |      |       |        |      |      |       |         | กรอบด้านหน้าอาคาร |  |
|-----------------|-------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|-------------------|--|
| SECTION         | Aw    | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |                   |  |
| WALL-F1         | 6.58  | 1.06 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 69.748  |                   |  |
| WOOD-F1         | 0.98  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 18.620  |                   |  |
| DF1             | -     | -    | -     | 1.80 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.56 | 0.535 | 226.934 |                   |  |
| WF1             | -     | -    | -     | 5.57 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.56 | 0.535 | 702.235 |                   |  |
| WALL-F2         | 10.62 | 1.06 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 112.572 |                   |  |
| WOOD-F2         | 2.26  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 42.940  |                   |  |
| DF2             | -     | -    | -     | 3.10 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.57 | 0.553 | 400.914 |                   |  |
| WF2             | -     | -    | -     | 0.25 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.57 | 0.553 | 32.332  |                   |  |
| WALL-F3         | 12.22 | 1.06 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 129.532 |                   |  |
| WOOD-F3         | 0.95  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 18.050  |                   |  |
| DF3             | -     | -    | -     | 0.95 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.57 | 0.553 | 122.861 |                   |  |
| WF3             | -     | -    | -     | 1.20 | 5.88 | 5.00  | 180.70 | 0.96 | 0.57 | 0.553 | 155.193 |                   |  |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 43.716 วัตต์ต่อตารางเมตร  
พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด 70.49 % พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด 29.51 %

| AZIMUTH ANGLE = |       | -135 |       |      |      |       |        |      |      |       |         | กรอบด้านหลังอาคาร |  |
|-----------------|-------|------|-------|------|------|-------|--------|------|------|-------|---------|-------------------|--|
| SECTION         | Aw    | Uw   | TDeq  | Af   | Uf   | Tdiff | SF     | SC1  | SC2  | SC    | Q       |                   |  |
| WALL-B1         | 11.10 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 152.070 |                   |  |
| WOOD-B1         | 1.80  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 34.200  |                   |  |
| WB1             | -     | -    | -     | 1.20 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 0.71 | 0.682 | 148.792 |                   |  |
| WB11            | -     | -    | -     | 1.20 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 0.71 | 0.682 | 148.792 |                   |  |
| WALL-F2         | 11.83 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 162.071 |                   |  |
| WOOD-F2         | 1.72  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 32.680  |                   |  |
| WB2             | -     | -    | -     | 2.05 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 0.71 | 0.682 | 254.186 |                   |  |
| WALL-F3         | 11.83 | 1.37 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 162.071 |                   |  |
| WOOD-F3         | 1.72  | 1.90 | 10.00 | -    | -    | -     | -      | -    | -    | -     | 32.680  |                   |  |
| WB3             | -     | -    | -     | 2.05 | 5.88 | 5.00  | 138.70 | 0.96 | 0.71 | 0.682 | 254.186 |                   |  |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 29.715 วัตต์ต่อตารางเมตร  
พื้นที่ผนังก่ออิฐทั้งหมด 86.02 % พื้นที่หน้าต่างทั้งหมด 13.98 %

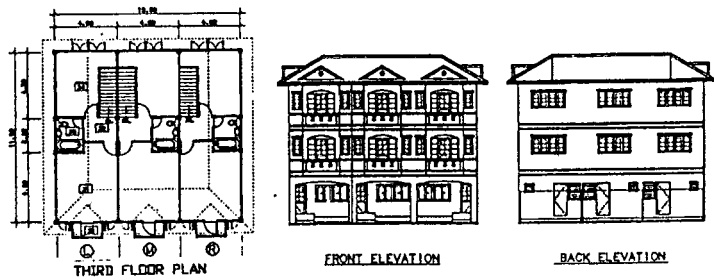
| AZIMUTH ANGLE = |        | -45  |       |    |    |       |    |     |     |    |          | กรอบด้านข้างอาคาร |  |
|-----------------|--------|------|-------|----|----|-------|----|-----|-----|----|----------|-------------------|--|
| SECTION         | Aw     | Uw   | TDeq  | Af | Uf | Tdiff | SF | SC1 | SC2 | SC | Q        |                   |  |
| WALL-S1         | 121.70 | 1.37 | 10.00 | -  | -  | -     | -  | -   | -   | -  | 1667.290 |                   |  |

ค่า OTTV ของกรอบอาคาร = 13.70 วัตต์ต่อตารางเมตร

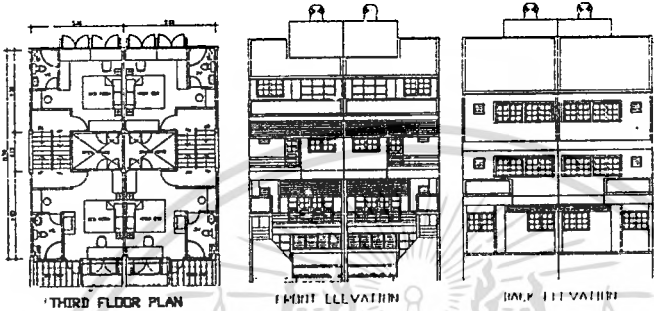
ค่า OTTV ของอาคารหลังนี้

ค่า OTTV หน่วยกลางของอาคาร = 36.714 W/Sq.m.      ค่า OTTV หน่วยริมสุดของอาคาร = 23.668 W/Sq.m.

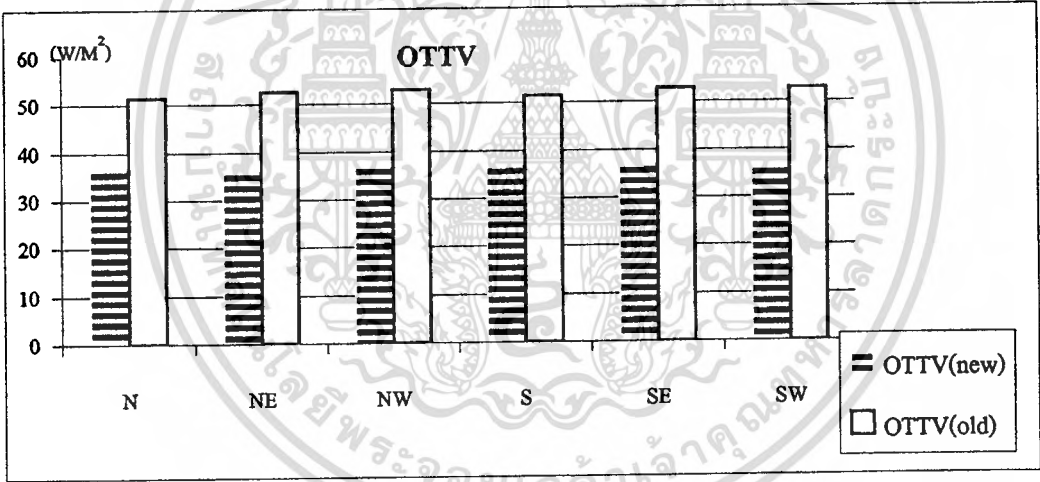
ตารางที่ 8.8 แสดงค่าการถ่ายเทความร้อนรวมอาคารทววน้เข้าต้เสนอแนะ ทิศตะวันตกเฉียงใต้  
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



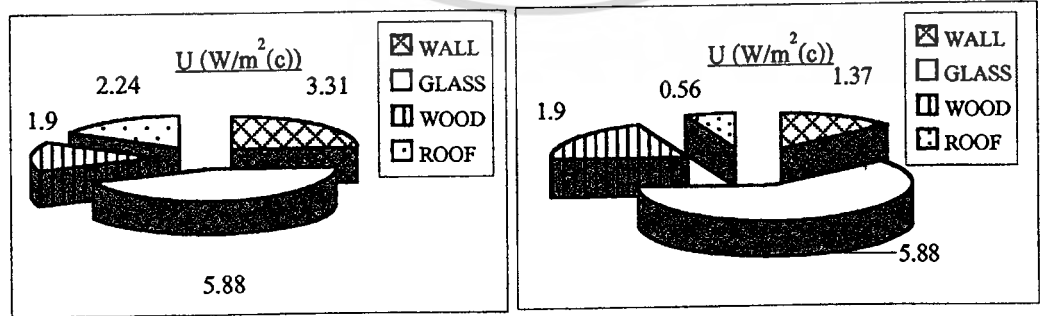
แสดง รูปแบบของอาคารตัวอย่าง



แสดง รูปแบบของอาคารเสนอแนะ



แสดงการเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของกรอบอาคารตัวอย่าง และอาคารเสนอแนะ



แสดงค่า U ของวัสดุประกอบอาคาร

อาคารตัวอย่าง

แสดงค่า U ของวัสดุประกอบอาคาร

อาคารเสนอแนะ

ภาพที่ 8.29 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของกรอบอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง และอาคาร

ทาวน์เฮ้าส์ เสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 8.3.6 แสดงการตรวจสอบค่าภาระการทำความเย็น(COOLING LOAD) อาคารเสนอแนะ

การตรวจสอบค่าภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของอาคาร ตรวจสอบที่ห้องนอน ซึ่งถ้ามีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ (Air Condition) ซึ่ง ห้องนอนนั้นมีการปรับสภาพอุณหภูมิให้สบายเป็นเวลานาน กว่าห้องอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่เจ้าของอาคารมักจะติดตั้งที่ห้องนอนก่อน ห้องอื่นๆ การคำนวณค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load) มีวิธีการทำดังภาคผนวกที่ ค.1 จะได้ค่าภาระการทำความเย็น (Cooling load) ในห้องนอนของหน่วยที่อยู่ด้านริมของแถวอาคาร และหน่วยที่อยู่ตรงกลางของแถวอาคาร ได้ผลดัง ภาพที่ 8.30 –8.36

ข้อมูลในการคำนวณภาระความเย็นในการปรับอากาศ (Cooling Load)

1. สถานที่ตั้งใน เขต กรุงเทพมหานคร
2. อุณหภูมิภายนอกที่ 35 องศาเซลเซียส
3. อุณหภูมิ ออกแบบภายใน 25 องศาเซลเซียส ความชื้น 50%
4. การวิเคราะห์ภาระการทำความเย็น 24ชม. และเวลาที่เกิดการทำความเย็นสูงสุด(Peak Load)
5. นำข้อมูลในเดือนเมษายน ซึ่งเป็นเดือนที่มีอุณหภูมิสูง มาคำนวณภาระการทำความเย็น

โดยมีสัญลักษณ์ในการคำนวณค่าต่างๆ ดังนี้

$Q$  = ความร้อนที่เกิดขึ้นทั้งหมด

$Q_1$  = ความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์

$Q_{11}$  = ความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ ที่กระจกด้านนอก

$Q_{12}$  = ความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ ที่ผนังด้านนอก

$Q_{13}$  = ความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ ที่หลังคาด้านนอก

$Q_2$  = ความร้อนเนื่องจากการส่งผ่านความร้อน

$Q_{21}$  = ความร้อนเนื่องจากการส่งผ่านความร้อน ที่กำแพง

$Q_{22}$  = ความร้อนเนื่องจากการส่งผ่านความร้อน ที่เพดาน

$Q_{23}$  = ความร้อนเนื่องจากการส่งผ่านความร้อน ที่พื้น

$Q_3$  = ความร้อนสัมผัส

$Q_{31}$  = ความร้อนสัมผัส ภาระจากบุคคล

$Q_{32}$  = ความร้อนสัมผัส ภาระจากแสงไฟฟ้า

$Q_{33}$  = ความร้อนสัมผัส ภาระจากอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ

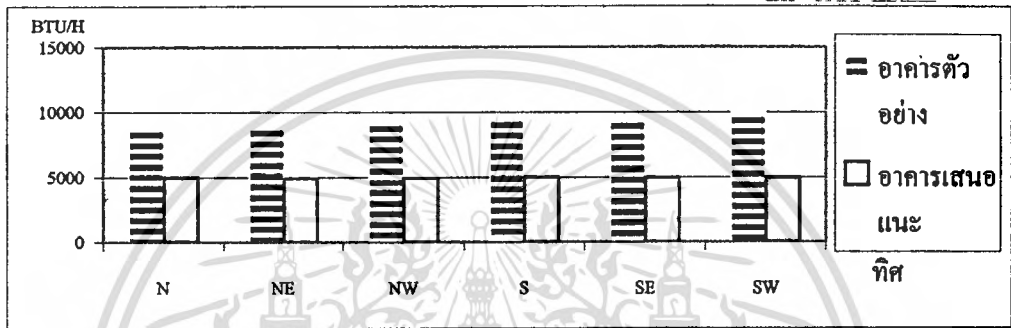
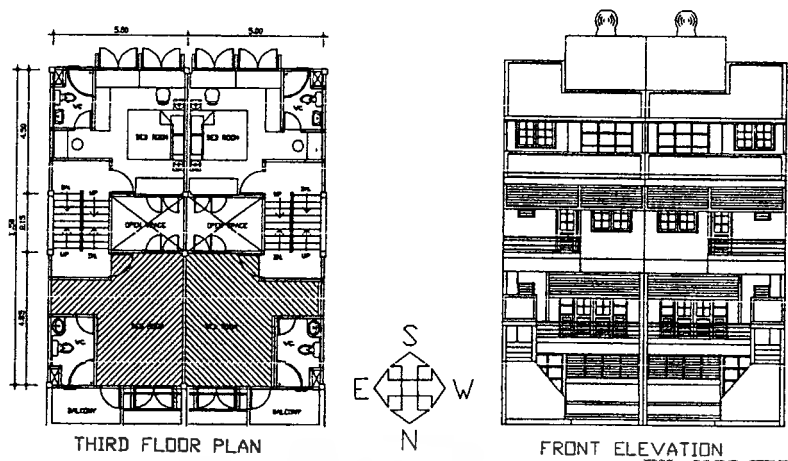
$Q_4$  = ความร้อนแฝง

$Q_{41}$  = ความร้อนแฝง ภาระจากบุคคล

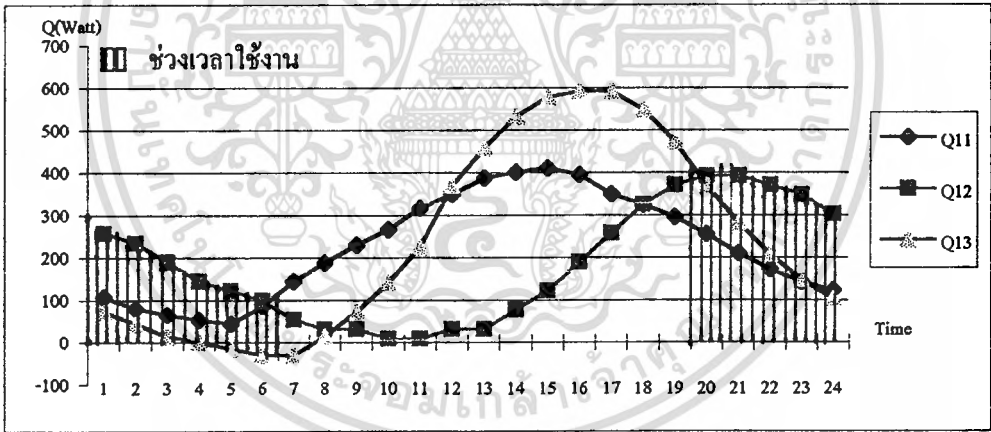
$Q_{42}$  = ความร้อนแฝง ภาระจากการถ่ายเทความร้อน

$Q_{43}$  = ความร้อนแฝง ภาระจากอัตราการถ่ายเทความร้อน

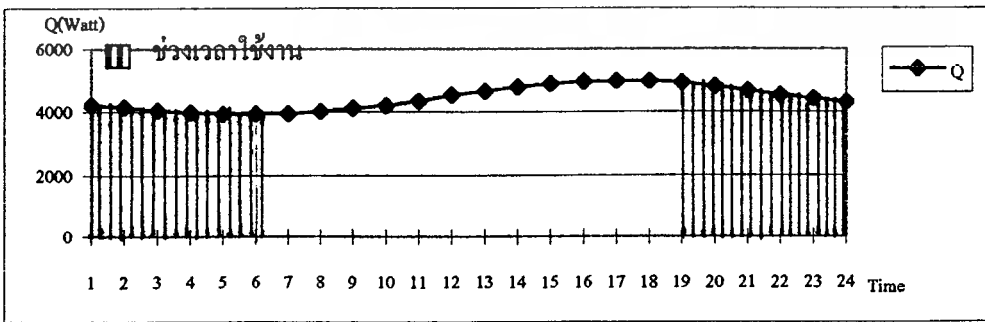
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น แต่ละทิศของอาคารตัวอย่างและอาคารเสนอแนะ



กราฟ แสดงความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ (Solar Gain) อาคารเสนอแนะ



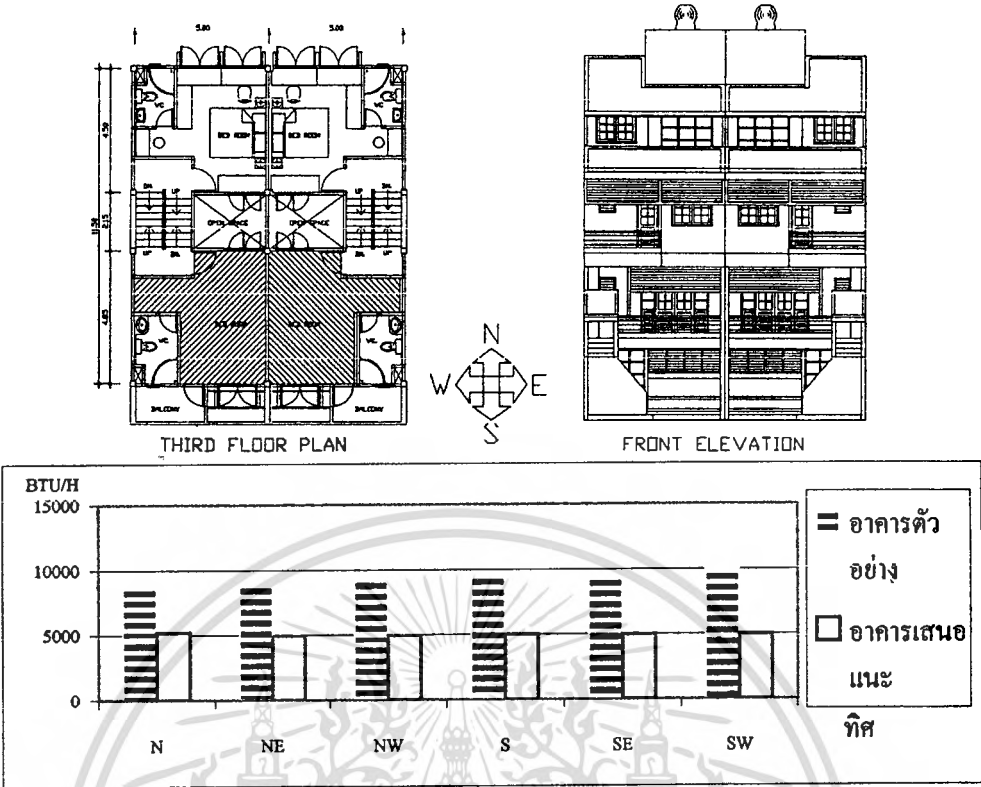
กราฟ แสดงภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) ของห้อง ณ เวลาต่างๆ อาคารเสนอแนะ

ภาพที่ 8.30 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น(COOLING LOAD) อาคารทาวน์เฮาส์

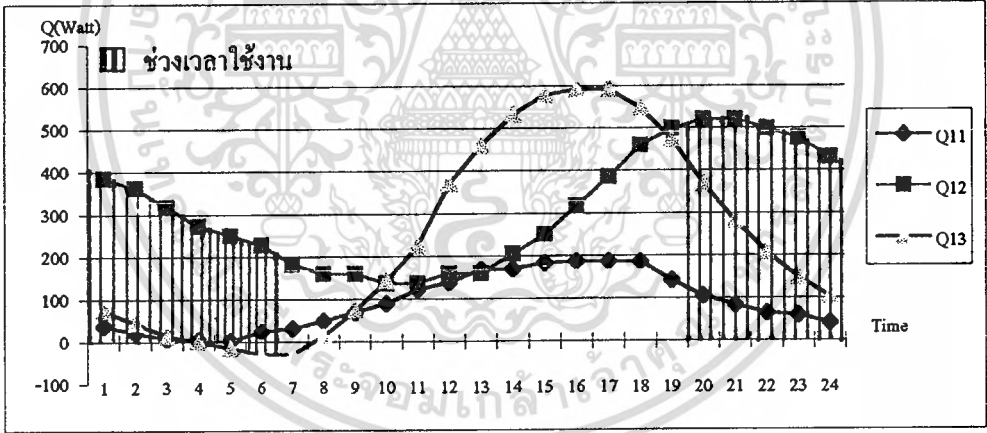
ตัวอย่าง และอาคารทาวน์เฮาส์ เสนอแนะของห้องนอน1 ทิศเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

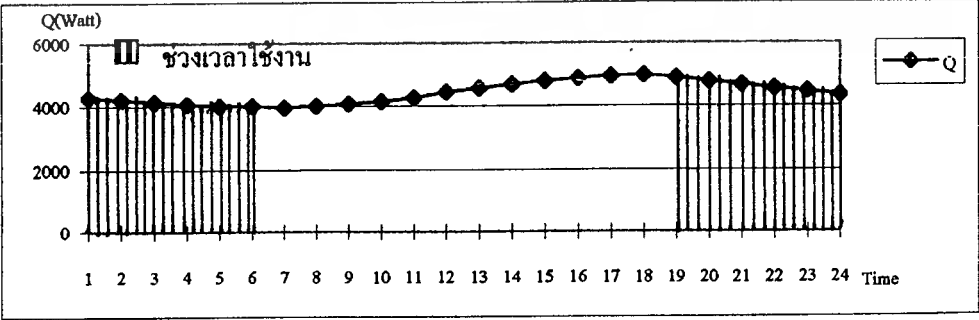




แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น แต่ละทิศของอาคารตัวอย่างและอาคารเสนอแนะ



กราฟ แสดงความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ (Solar Gain) อาคารเสนอแนะ

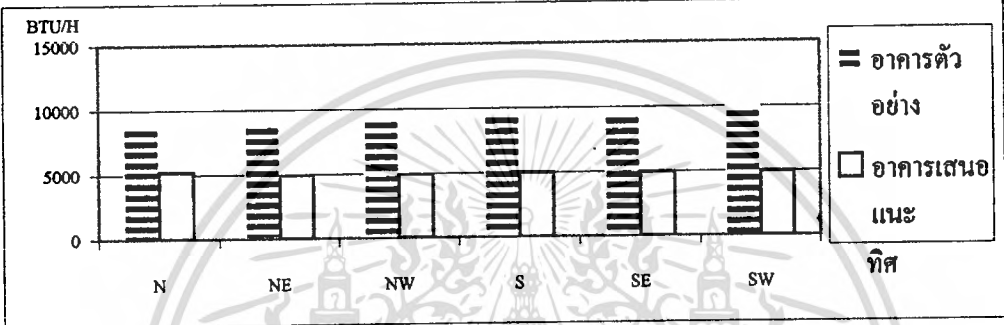
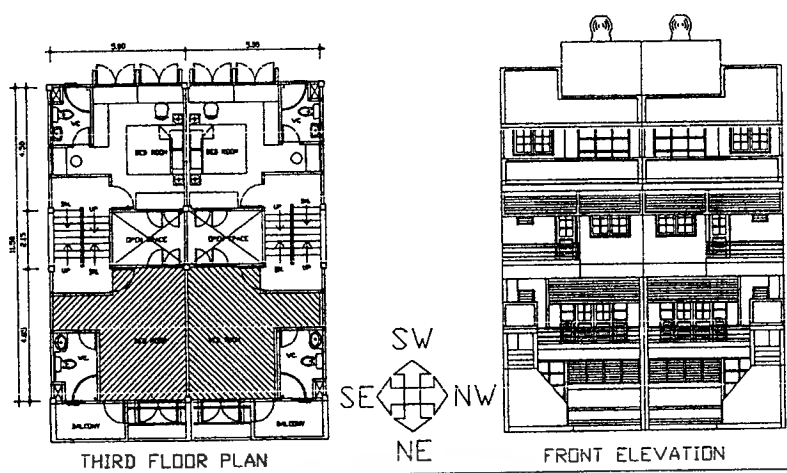


กราฟ แสดงภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) ของห้อง ณ เวลาต่างๆ อาคารเสนอแนะ

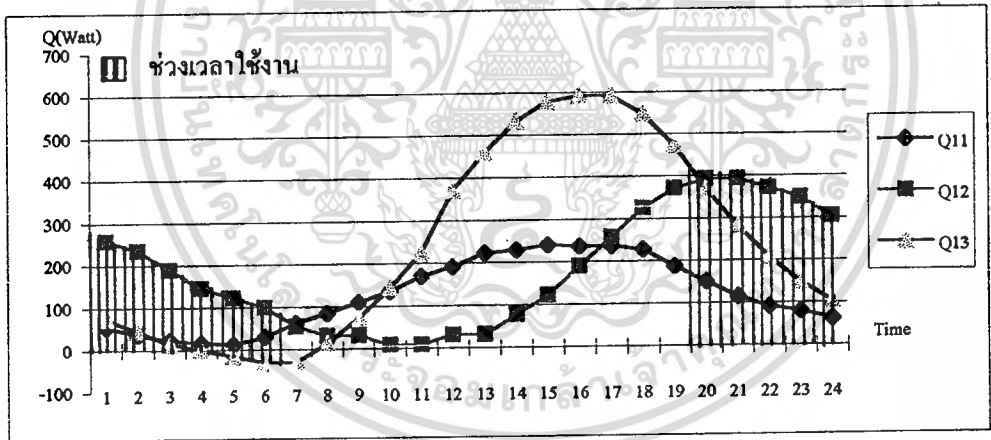
ภาพที่ 8.31 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น(COOLING LOAD) อาคารทาวน์เฮาส์

ตัวอย่าง และอาคารทาวน์เฮาส์ เสนอแนะของห้องนอน1 ทิศใต้

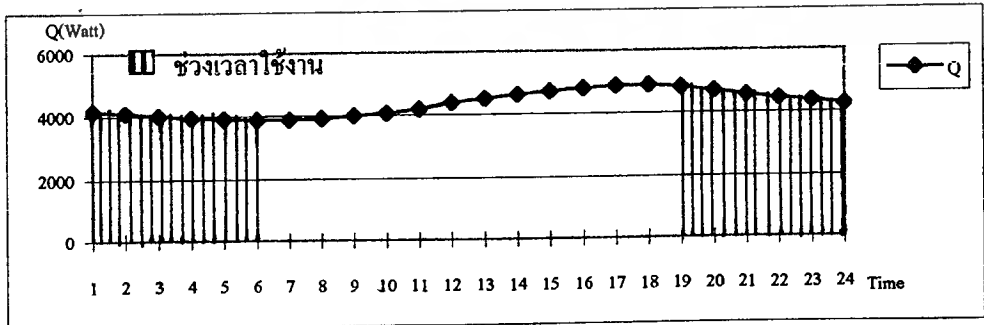
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น แต่ละทิศของอาคารตัวอย่างและอาคารเสนอนะ



กราฟ แสดงความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ (Solar Gain) อาคารเสนอนะ

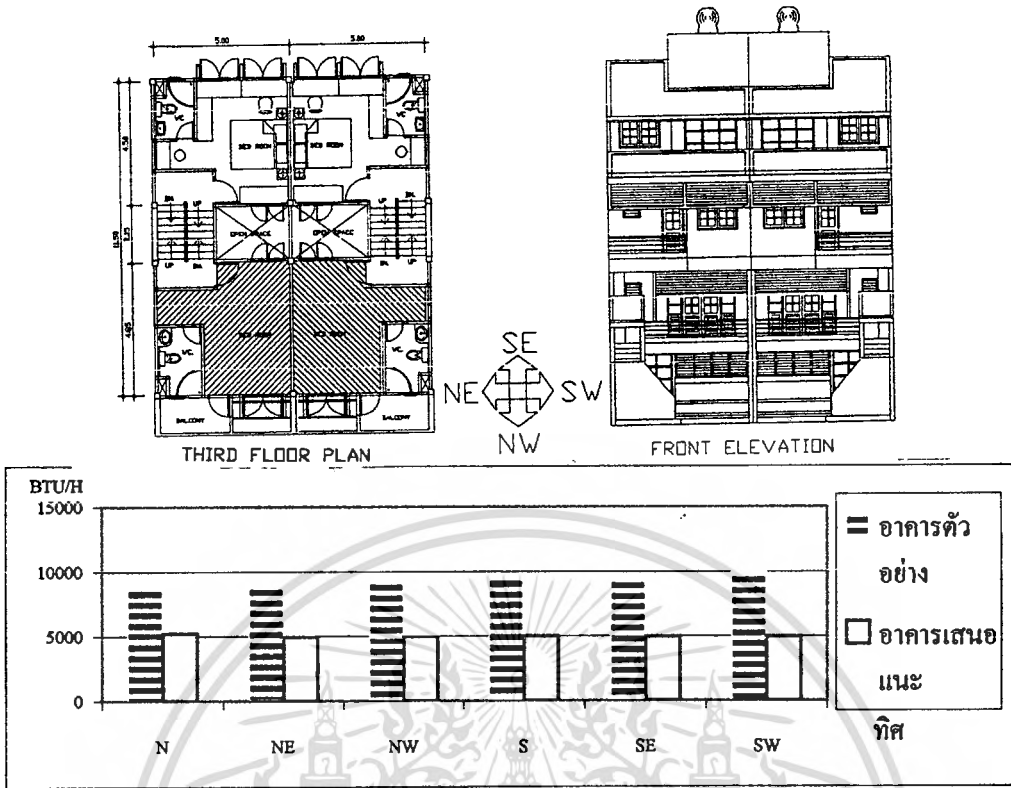


กราฟ แสดงภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) ของห้อง ณ เวลาต่างๆ อาคารเสนอนะ

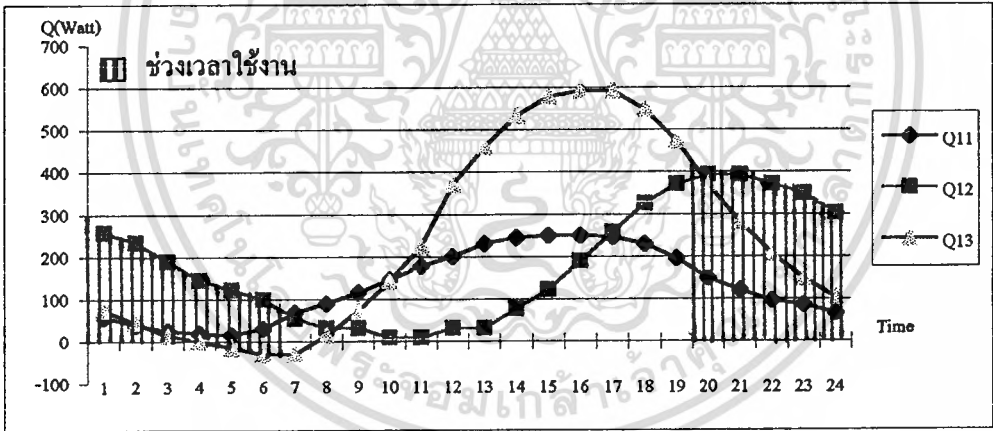
ภาพที่ 8.32 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น(COOLING LOAD) อาคารทาว์นเฮ้าส์

ตัวอย่าง และอาคารทาว์นเฮ้าส์ เสนอนะของห้องนอน1 ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

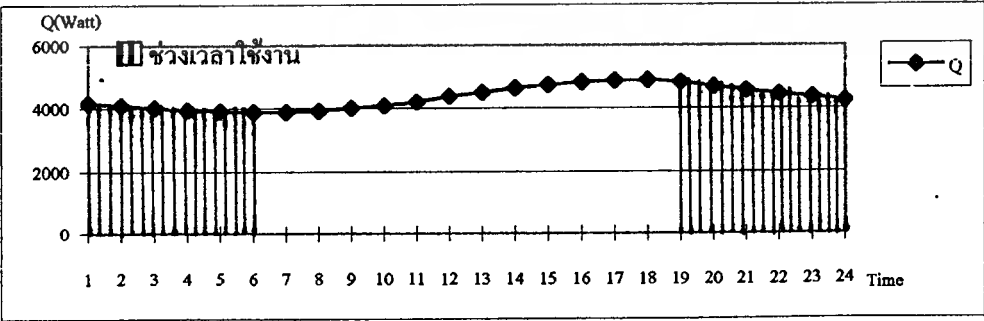
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น แต่ละทิศของอาคารตัวอย่างและอาคารเสนอนะ



กราฟ แสดงความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ (Solar Gain) อาคารเสนอนะ

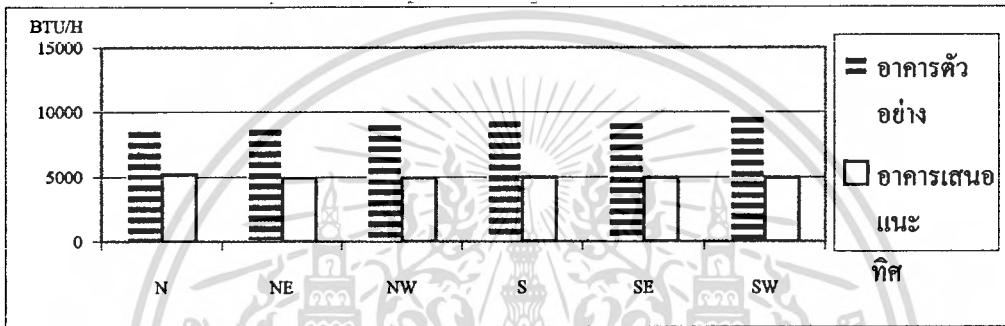
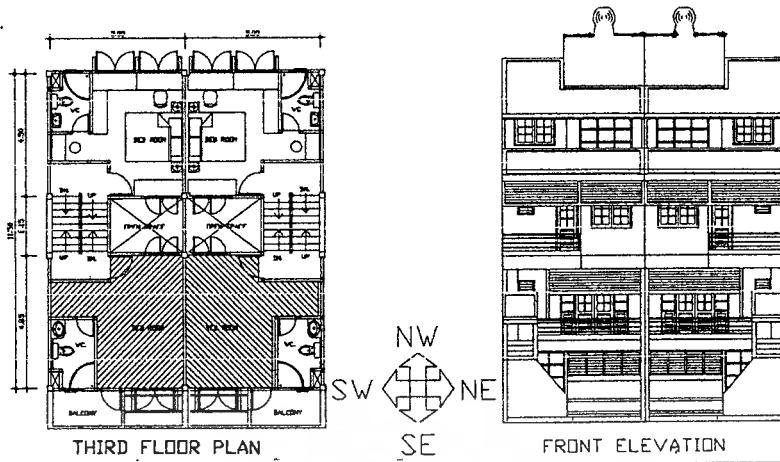


กราฟ แสดงภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) ของห้อง ณ เวลาต่างๆ อาคารเสนอนะ

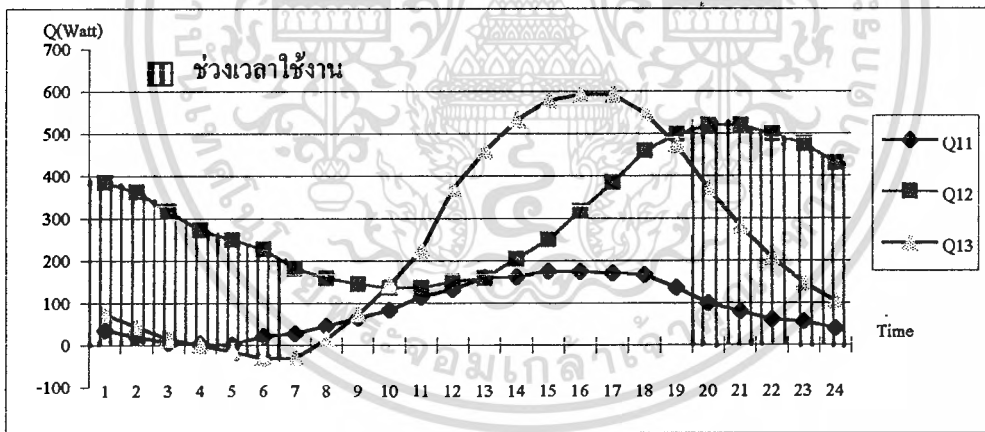
ภาพที่ 8.33 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น(COOLING LOAD) อาคารทาว์นเฮาส์

ตัวอย่าง และอาคารทาว์นเฮาส์ เสนอนะของห้องนอน1 ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

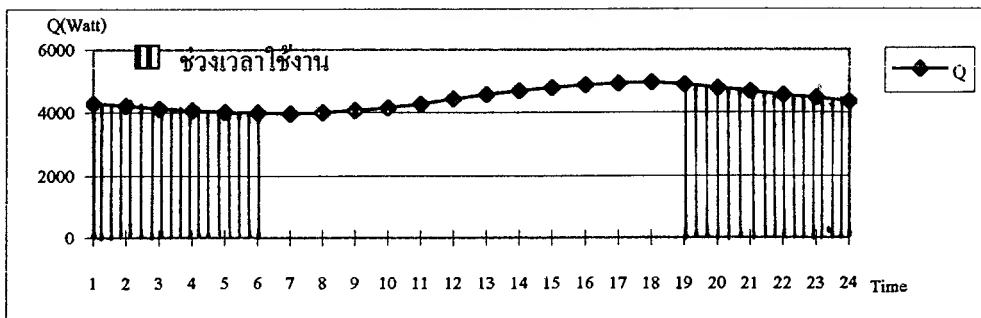
เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น แต่ละทิศของอาคารตัวอย่างและอาคารเสนอแนะ



กราฟ แสดงความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ (Solar Gain) อาคารเสนอแนะ

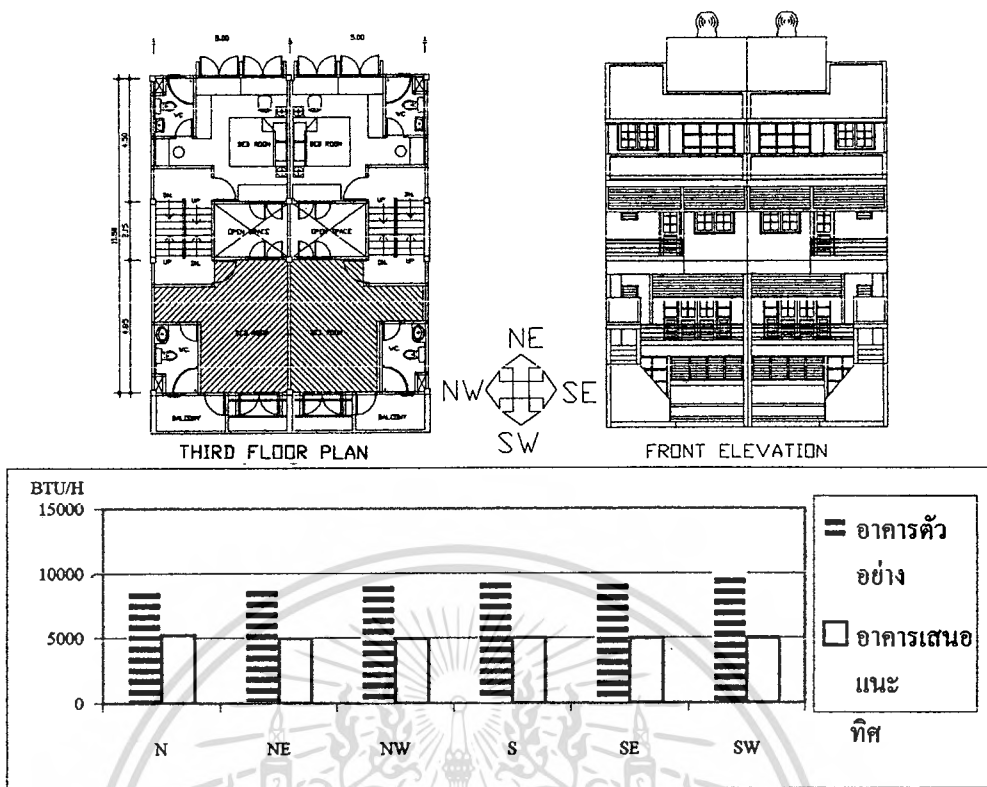


กราฟ แสดงภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) ของห้อง ณ เวลาต่างๆ อาคารเสนอแนะ

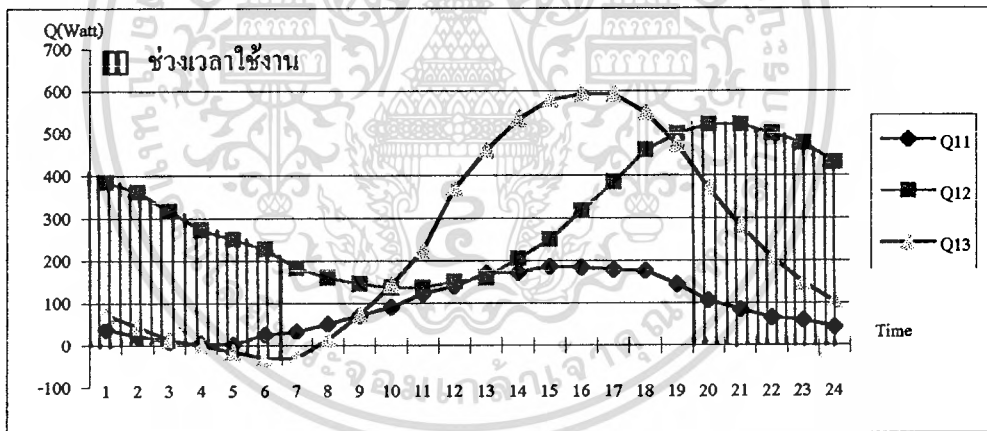
ภาพที่ 8.34 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น(COOLING LOAD) อาคารทวนน้ำใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบสำหรับการใช้งานในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ผ่านการคัดค้านการคัดค้าน  
ตัวอย่าง และอาคารทวนน้ำใต้ เสนอแนะของห้องนอน1 ทิศตะวันออกเฉียงใต้  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

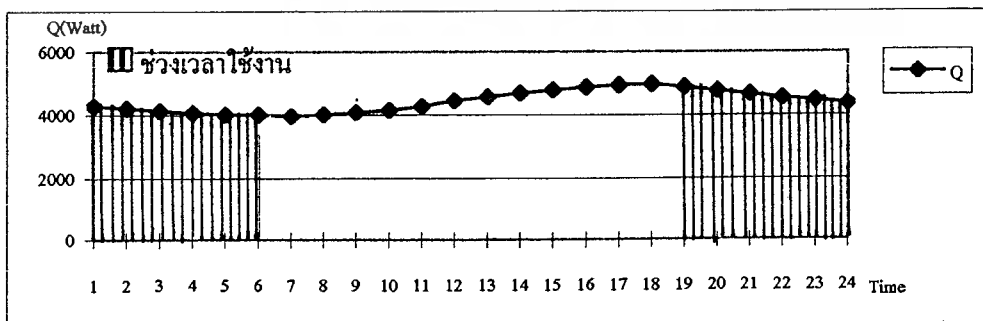




แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น แต่ละทิศของอาคารตัวอย่างและอาคารเสนอแนะ



กราฟ แสดงความร้อนที่เพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ (Solar Gain) อาคารเสนอแนะ



กราฟ แสดงภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) ของห้อง ณ เวลาต่างๆ อาคารเสนอแนะ

ภาพที่ 8.35 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น(COOLING LOAD) อาคารทาวน์เฮาส์

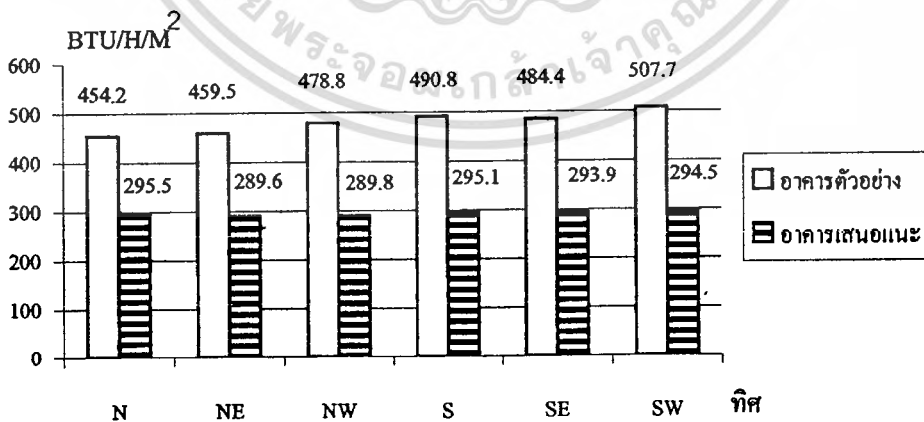
ตัวอย่าง และอาคารทาวน์เฮาส์ เสนอแนะของห้องนอน1 ทิศตะวันตกเฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของอาคารเสนอแนะมีขนาดพื้นที่ใช้สอยของห้อง 16.9 ตร.ม. จะมีค่าภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ดังตารางที่ 8.9 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง ซึ่งมีพื้นที่ใช้สอย 19.6 ตร.ม. ส่วนอาคารทาวน์เฮ้าส์เสนอแนะมีพื้นที่ใช้สอยของห้อง 17.1 ตร.ม. เมื่อเทียบภาระการทำความเย็น (Cooling Load) กับพื้นที่ใช้สอยหน่วยเป็นตารางเมตร จะได้ค่าดัง ภาพที่ 8.36 ซึ่งผลจากการทำความเย็น (Cooling Load) ลดลงของอาคารทาวน์เฮ้าส์เสนอแนะมีผลมาจากการเลือกวัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ (U) ตามทิศที่มีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มากน้อย และการป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ให้กับหน้าต่าง ซึ่งจะทำให้ภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ลดลงประมาณ 35-42%

ตารางที่ 8.9 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง และอาคารทาวน์เฮ้าส์เสนอแนะ

| รายละเอียด             | ภาระการทำความเย็น (Cooling Load) BTU/H |        |        |        |        |        |
|------------------------|----------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                        | N                                      | NE     | NW     | S      | SE     | SW     |
| ทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง    | 8901.5                                 | 9006.5 | 9385.3 | 9620.6 | 9493.0 | 9951.0 |
| พื้นที่ใช้สอย ต่อตร.ม. | 454.2                                  | 459.5  | 478.8  | 490.8  | 484.4  | 507.7  |
| ทาวน์เฮ้าส์เสนอแนะ     | 4994.3                                 | 4894.1 | 4897.6 | 4986.7 | 4967.8 | 4977.6 |
| พื้นที่ใช้สอย ต่อตร.ม. | 295.5                                  | 289.6  | 289.8  | 295.1  | 293.9  | 294.5  |
| ค่าลดลง ต่อตร.ม.       | 158.7                                  | 169.9  | 189.0  | 195.7  | 190.5  | 213.2  |
| ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ลดลง  | 35%                                    | 37%    | 39%    | 40%    | 39%    | 42%    |



ภาพที่ 8.36 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ต่อตร.ม. ของอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง และอาคารทาวน์เฮ้าส์เสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 8.4 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาข้อมูลทางด้านปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ สภาพอุณหภูมิ กระแสลมเพื่อศึกษาแนวทางการปรับปรุงออกแบบอาคารทาวน์เฮาส์ให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร โดยคำนึงถึงความสะดวกทางด้านอุณหภูมิและการใช้พลังงานภายในอาคาร ซึ่งมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะการวางอาคาร อาคารทาว์นเฮ้าส์หนึ่งแถวประกอบด้วยอาคารหลายหน่วย การวางอาคารให้เหมาะสมกับทิศที่ตั้งควรวางอาคารด้านยาวอยู่ทางด้านทิศเหนือ ทิศใต้ ด้านสั้นอยู่ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตกจะได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์น้อยแต่รับกระแสลมได้ดี การวางอาคาร ทาว์นเฮ้าส์หลายหน่วยไม่ควรวางด้านยาว(ด้านหน้าหรือด้านหลังอาคาร)อยู่ทางทิศตะวันออก ทิศ ตะวันตก ด้านสั้นอยู่ทิศเหนือ ทิศใต้ จะทำให้ทุกหน่วยของอาคารทาว์นเฮ้าส์ได้รับความร้อนจากดวง อาทิตย์สูงตลอดวัน ทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศสูงขึ้น อาคารทาว์นเฮ้าส์หนึ่ง แถวประกอบด้วยหลายหน่วย อาคารหน่วยริมของแถวจะได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มากกว่า หน่วยกลางของแถวประมาณ 12 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากหน่วยริมของแถวจะมีผนังด้านนอกที่ได้รับความ ร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ 3 ด้านคือ ด้านหน้า ด้านหลัง และด้านข้างอีกหนึ่งด้าน ส่วนอาคารทาว์นเฮ้าส์ หน่วยกลางของแถวจะมีผนังภายนอกที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ 2 ด้านคือ ด้านหน้า และด้านหลัง ส่วน ด้านข้างเป็นผนังภายในกันระหว่างหน่วยของอาคาร

2. ข้อเสนอแนะสภาพความสบายทางด้านอุณหภูมิในเขตกรุงเทพมหานคร สภาพความสบายทางด้านอุณหภูมิอยู่ประมาณ  $25.6^{\circ}\text{C}$ (ECI) ช่วงเวลาที่สภาวะอุณหภูมิเกิดจิตความสบายของวันอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 14.00 น.(สภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร) ในช่วงเวลาก่อนและหลังเวลา 14.00 น. เป็นช่วงเวลาอุณหภูมิเกินจิตความสบายที่  $27.7^{\circ}\text{C}$ (ECI) เป็นช่วงเวลาที่อาคารทาวน์เข้าสู่ต้องการร่วมเงา การจัดภูมิสถาปัตย์เพื่อให้ร่มเงาแก่อาคารช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารและทำให้อุณหภูมิรอบอาคารลดลง อาคารทาวน์เข้าสู่มีพื้นที่จำกัดควรมีการออกแบบภูมิสถาปัตย์ในพื้นที่ว่างของอาคารทาวน์เข้าสู่เท่าที่สามารถทำได้เช่น การจัดภูมิสถาปัตย์ด้านหน้า ด้านหลัง ตามเฉลียง ระเบียง เป็นต้น

3. ข้อเสนอแนะการเลือกใช้วัสดุผนังป้องกันความร้อนที่เกิดจากดวงอาทิตย์ ผนังอาคารทาวนเฮ้าส์นิยมใช้ผนังก่ออิฐมวลเบาปูเรียบซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(U)สูงประมาณ  $3.31 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$  เวลาในการหน่วงความร้อนประมาณ 2.30 ชั่วโมง ผนังด้านนอกอาคารทาวนเฮ้าส์ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์สูง ควรเลือกวัสดุผนังอาคารที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนน้อย เช่น ผนังก่ออิฐโปรงเบาปูเรียบมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(U)  $1.12 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$  เวลาในการหน่วงความร้อนประมาณ 5.15 ชั่วโมง ซึ่งมีราคาค่าก่อสร้างเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 100 บาทต่อตร.

น. ความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ภายในคลงประมาณ 2.9 เท่าของผนังก่ออิฐฉาบปูน ถ้าผู้ออกแบบมี

งบประมาณเพิ่มขึ้นควรเลือกวัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อน ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน(U) น้อย

4.ข้อเสนอแนะการเลือกวัสดุประกอบหน้าต่าง อาคารทาวน์เฮาส์ส่วนใหญ่หน้าต่างประกอบด้วยกระจกใสมีกรอบบานไม้เนื้อแข็ง ซึ่งไม้เนื้อแข็งมีค่าการถ่ายเทความร้อน  $1.90 \text{ W/m}^2\text{°C}$  เวลาในการหน่วงความร้อนประมาณ 25 นาที ซึ่งไม้เนื้อแข็งมีค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารน้อย ส่วนกระจกใสมีค่าการถ่ายเทความร้อนสูงถึง  $5.88 \text{ W/m}^2\text{°C}$  ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (SC1) เท่ากับ 0.96 กระจกใสมีเวลาในการหน่วงความร้อนประมาณ 0-5 นาที ความร้อนจากดวงอาทิตย์เข้าสู่ภายในอาคารได้เร็วและสะดวกกว่าวัสดุอื่น ในการออกแบบหน้าต่างกระจกใสควรออกแบบให้หน้าต่างอยู่ในที่ร่ม คุณสมบัติของกระจกใสมีข้อดีในความใสมองเห็นภายนอกได้ชัดเจน ราคาถูก นิยมใช้กับอาคารพักอาศัย ถ้าผู้ออกแบบมีงบประมาณเพิ่มขึ้นควรเลือกกระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด(SC1)น้อยกว่ากระจกใส เช่น กระจกสะท้อนแสง กระจกสีตัดแสง เป็นต้น

5.ข้อเสนอแนะการเลือกวัสดุหลังคาป้องกันความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ หลังคาอาคารทาวน์เฮาส์ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ตลอดวัน วัสดุผนังหลังคาอาคารทาวน์เฮาส์ส่วนใหญ่เป็นหลังคากระเบื้องซีเมนต์แอสเบสตอส และกระเบื้องซีแพค ฝ้าเพดานติดยิบซัมบอร์ด แนวทางในการป้องกันความร้อนจากทางหลังคา ซึ่งการเลือกวัสดุผนังหลังคามีปัจจัยหลายอย่างที่คุณผู้ออกแบบควรพิจารณา เช่น ประโยชน์ใช้สอย ความสวยงาม ราคา เป็นต้น แต่สิ่งที่ควรนำมาพิจารณาเพิ่มเติมคือ ควรพิจารณาวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนน้อย ควรมีการฉนวนกันความร้อนให้กับหลังคา และควรมีการออกแบบให้มีช่องระบายอากาศของหลังคา ซึ่งลักษณะหลังคาอาคารทาวน์เฮาส์แต่ละหน่วยต่อเนื่องกันเป็นแถว การระบายอากาศออกจากหลังคาจึงทำได้ลำบาก ควรมีการออกแบบช่องระบายอากาศให้กับหลังคาอาคารทาวน์เฮาส์แต่ละหน่วย

6.ข้อเสนอแนะช่องเปิดของอาคารทาวน์เฮาส์ ทิศของการเจาะช่องเปิดไม่ควรเจาะช่องเปิดทางด้านทิศตะวันตก เพราะจะทำให้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์สูงในช่วงที่สภาพอุณหภูมิเกินขีดความสบาย การออกแบบช่องเปิดที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในเขตกรุงเทพมหานครควรตั้งอยู่ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ จะได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์น้อย สิ่งสำคัญในการออกแบบช่องเปิดในสภาพภูมิอากาศในกรุงเทพมหานคร ช่องเปิดควรอยู่ในที่ร่มเงา

### คุณสมบัติช่องเปิดที่ดี

-ป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ช่องเปิดถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในได้สะดวกกว่าทางผนังและหลังคา ช่องเปิดควรมีสัมประสิทธิ์การบังแดด(SC)ต่ำ คือช่องเปิดอยู่ในร่มเงา

-มีประสิทธิภาพในการรับแสงสว่างจากธรรมชาติ หลีกเหลี่ยงแสงจากรังสีตรงดวงอาทิตย์ เนื่องจากแสงจากรังสีตรงดวงอาทิตย์มีปริมาณความร้อนสูง แสงเปรปรวนควมคุมลำบาก ช่องเปิดเพื่อรับแสงสว่างจากธรรมชาติควรรับแสงจากรังสีกระจายจากท้องฟ้า ซึ่งอาคารทาวน์เฮาส์หนึ่งแถวมีเอกสารเป็นเอกสารทงสวนไวสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



อาคารหลายหน่วย หน่วยที่อยู่กลางของแถวจะมีช่องเปิดเพียง 2 ด้านคือด้านหน้า และด้านหลัง ส่วนด้านข้างเป็นผนังกั้นระหว่างหน่วยอาคาร ห้องที่อยู่ติดกับช่องเปิดด้านหน้าและห้องที่อยู่ติดกับช่องเปิดด้านหลังจะได้รับแสงสว่างจากธรรมชาติได้ดี แต่ส่วนห้องที่อยู่ตำแหน่งกลางของหน่วยแต่ละชั้นจะไม่ได้รับแสงสว่างจากธรรมชาติ ควรมีช่องแสงโดยการออกแบบช่องโล่งในแต่ละชั้นรับแสงสว่างจากธรรมชาติทางด้านบน ช่องรับแสงควรอยู่ในที่ร่ม(รับแสงที่กระจายจากท้องฟ้าเป็นส่วนใหญ่)

-ช่องเปิดควรรับกระแสลมและระบายอากาศได้ดี การระบายอากาศทางช่องเปิดที่ดี ช่องเปิดควรรับกระแสลมเข้า และมีช่องเปิดที่ระบายกระแสลมออก( Cross Ventilation) ซึ่งอาคารทาวน์เฮาส์ส่วนใหญ่มีช่องเปิดทางด้านหน้าและด้านหลังอาคาร หน้าต่างแต่ละห้องของอาคารทาวน์เฮาส์มักมีหน้าต่างด้านเดียว(Single Sided Ventilation) ทำให้การระบายอากาศแต่ละห้องได้น้อย ควรมีการออกแบบช่องเปิดแต่ละห้องให้มีกระแสลมเข้าและช่องเปิดระบายอากาศออก(Cross Ventilation) ซึ่งอาจมีการออกแบบช่องโล่งในส่วนกลางอาคารเพื่อให้สามารถเจาะช่องเปิดระบายอากาศให้กับห้องต่างๆเท่าที่ทำได้ จะทำให้มีการระบายอากาศได้สะดวกขึ้น

-เป็นช่องเปิดที่มีมุมมองที่ดี ซึ่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ผู้ออกแบบควรพิจารณา

-เป็นช่องเปิดที่บำรุงรักษาง่าย

7. ข้อเสนอแนะในการให้ร่มเงาแก่ช่องเปิดในการป้องกันความร้อนจากดวงอาทิตย์ อุปกรณ์บังแดดช่วยให้ร่มเงาแก่ช่องเปิด ซึ่งแบ่ง ได้ตามการติดตั้งได้ 2 ชนิดคือ อุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร และอุปกรณ์บังแดดภายในอาคาร การให้ร่มเงาแก่ช่องเปิดควรเลือกใช้อุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารก่อน ซึ่งทำได้ดังนี้คือ

-การออกแบบผนัง โครงสร้างยื่นบังแดด

-การออกแบบระเบียงบังแดด

-การออกแบบหลังคา ชายคายื่นบังแดด

-การออกแบบแผงบังแดด

-การใช้ประโยชน์จากระ่มเงาต้นไม้ และอาคารข้างเคียงในการบังแดด

ถ้าช่องเปิดไม่ได้ร่มเงาจากอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร ควรมีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดภายในอาคาร เช่นมีการติดม่าน มู่ลี่ต่างๆ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะช่วงเวลาที่ควรให้ร่มเงาแก่ช่องเปิด เพื่อป้องกันความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ดังตารางที่ 8.10

ตารางที่ 8.10 แสดงช่วงเวลาที่ควรให้ร่มเงาแก่ช่องเปิดของอาคารในแต่ละทิศ

| ทิศ                | ช่วงเวลาที่ควรป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ให้กับช่องเปิด |          |            |            |          |            |            |     |     |
|--------------------|----------------------------------------------------------|----------|------------|------------|----------|------------|------------|-----|-----|
|                    | เดือน                                                    | จากเวลา  | $\theta_1$ | $\theta_2$ | ถึงเวลา  | $\theta_1$ | $\theta_2$ | ID  | Id  |
| เหนือ              | 22 มิ.ย.                                                 | 8.00 น.  | 58.06      | 70.50      | 17.00 น. | 51.89      | -70.09     | 30% | 70% |
| ตะวันออกเฉียงเหนือ | 22 มิ.ย.                                                 | 8.00 น.  | 30.68      | 25.50      | 13.00 น. | 82.51      | -82.89     | 41% | 59% |
| ตะวันตกเฉียงเหนือ  | 22 มิ.ย.                                                 | 12.00 น. | 86.26      | 69.92      | 17.00 น. | 25.61      | -25.09     | 22% | 78% |
| ตะวันออก           | 21 มี.ค.                                                 | 8.00 น.  | 22.85      | 6.33       | 12.00 น. | 0.00       | 0.00       | 44% | 56% |
| ตะวันตก            | 21 มี.ค.                                                 | 12.00 น. | 0.00       | 0.00       | 17.00 น. | 20.81      | -5.75      | 45% | 55% |
| ใต้                | 22 ธ.ค.                                                  | 8.00 น.  | 31.21      | -59.93     | 17.00 น. | 23.67      | 62.08      | 74% | 26% |
| ตะวันออกเฉียงใต้   | 22 ธ.ค.                                                  | 8.00 น.  | 17.48      | -14.84     | 14.00 น. | 79.50      | 79.26      | 71% | 29% |
| ตะวันตกเฉียงใต้    | 22 ธ.ค.                                                  | 10.00 น. | 86.94      | -87.44     | 17.00 น. | 12.12      | 17.08      | 65% | 35% |

หมายเหตุ : เดือนที่นำมาพิจารณาเป็นเดือนที่ดวงอาทิตย์ทำมุมมากที่สุดของแต่ละทิศ

## บรรณานุกรม

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. กรุงเทพฯ : กองอนุรักษ์พลังงาน, 2536

กรมพัฒนา และส่งเสริมพลังงาน, พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535  
กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2535.

กุตกานา ภูษาและพัฒนะ รักความสุข, คู่มือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณค่า OTTV และ RTTV. เอกสารวิชาการคณะพลังงานและวัสดุ, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2533.(อัดสำเนา)

ศรีใจ บุญสมภพ, การออกแบบสถาปัตยกรรมในเมืองร้อน. กรุงเทพฯ: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ,2521

ปรัชญา รังสิรักษ์, แนวความคิดในเรื่องภาวะความสบาย. เอกสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์  
ศูนย์วิจัยไทยพานิชย์, แนวโน้มธุรกิจ พลังงาน พ.ศ.2539. กรุงเทพฯ : บริษัทไทยพานิชย์ จำกัด, 2539  
สมสิทธิ์ นิตยะ, การออกแบบอาคาร สำหรับ ภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. เอกสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541

สถาบันวิจัย และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, แสงอาทิตย์ และเงาที่เกี่ยวข้องกับอาคาร.

กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัย และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์  
สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์, ประสิทธิภาพเชิงปฏิบัติของพลังงานของทั้งอาคาร. เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่องกฎหมายอนุรักษ์พลังงาน ผลกระทบและทางออกในการออกแบบสถาปัตยกรรมสมัยใหม่ จัด โดย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 21-22 มกราคม 2536.

BENJAMIN H. EVANS. DAYLIGHT IN ARCHITECTURE, NEW YORK: AIA, 1981

M.J.WOOLDRIDGE. SOLAR RADIATION AND ITS EFFECTS ON AIR CONDITIONING LOAD, REPORT E.D.12 MELBOURNE, 1992

NORBERT LECHNER. HEATING COOLING LIGHTING DESIGN METHODS FOR ARCHITECT, CANADA: A WILE INTERSCIENCE PUBLICATION, 1991

SURAPONG JIRARATTANANON, PRACTICAL DAYLIGHTING IN TROPICAL THAILAND. BANGKOK: AIT.

VICTOR OLGAY. DESIGN WITH CLIMATE, NEWJERSEY. : PRINCETON UNIVERSITY

เอกสารนี้เป็น **PRESS. 1963** ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

ข้อมูลการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น (Cooling Load)



ก.1 ข้อมูลตารางในการคำนวณภาระการทำความเย็น (Cooling Load)

ตารางที่ ก.1 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งวันของแต่ละเดือนใน กรุงเทพมหานคร และ เชียงใหม่

| เดือน      | กรุงเทพมหานคร |      |      | เชียงใหม่ |      |      |
|------------|---------------|------|------|-----------|------|------|
|            | °C            | °F   | %RH  | °C        | °F   | %RH  |
| มกราคม     | 25.8          | 78.5 | 69.5 | 21.5      | 70.7 | 66.6 |
| กุมภาพันธ์ | 28.0          | 82.4 | 74.7 | 24.5      | 76.1 | 56.2 |
| มีนาคม     | 29.1          | 84.4 | 73.9 | 27.8      | 82.1 | 48.9 |
| เมษายน     | 29.9          | 85.9 | 74.1 | 29.6      | 85.4 | 53.4 |
| พฤษภาคม    | 29.6          | 85.3 | 76.0 | 28.7      | 83.7 | 64.7 |
| มิถุนายน   | 28.8          | 83.9 | 76.5 | 27.5      | 81.6 | 73.6 |
| กรกฎาคม    | 28.4          | 83.1 | 77.4 | 27.4      | 81.2 | 74.9 |
| สิงหาคม    | 28.2          | 82.8 | 77.5 | 27.1      | 80.8 | 75.9 |
| กันยายน    | 27.8          | 82.0 | 80.2 | 26.9      | 80.5 | 77.5 |
| ตุลาคม     | 27.5          | 81.5 | 81.8 | 26.3      | 79.3 | 75.8 |
| พฤศจิกายน  | 27.2          | 80.9 | 76.7 | 24.3      | 75.7 | 74.4 |
| ธันวาคม    | 25.2          | 77.4 | 68.1 | 21.0      | 69.8 | 71.2 |

ตารางที่ ก.2 Cooling Load Temperature Differences for Conduction through Glass  
( จาก Fundamentals Handbook, 1981)

| ETD    | Solar Time, hr |   |    |    |    |    |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------|----------------|---|----|----|----|----|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|        | 1              | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| deg. C | 1              | 0 | -1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 1 | 2 | 4  | 5  | 7  | 7  | 8  | 8  | 7  | 7  | 6  | 4  | 3  | 2  | 2  | 1  |    |
| deg. F | 1              | 0 | -1 | -2 | -2 | -2 | 0 | 2 | 4 | 7  | 9  | 12 | 13 | 14 | 14 | 13 | 12 | 10 | 8  | 6  | 4  | 3  | 2  |    |

ตารางที่ ก.3 ตัวประกอบความร้อนที่เพิ่มสูงสุดจากดวงอาทิตย์ สำหรับกระจกน เส้นรุ้งที่14 °เหนือ  
หน่วยเป็น W/m<sup>2</sup> (Maximum Solar Heat Gain Factor, W/m<sup>2</sup> for Exterior Glass, 14 °  
North Latitudes) ( จาก Fundamentals Handbook, 1981)

| 14 Deg N |       |       |       |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | N     | NE/NW | E/W   | SE/SW | S     | HOR   |
| Jan      | 96.5  | 186.5 | 674.0 | 785.5 | 601.0 | 804.5 |
| Feb      | 105.5 | 317.0 | 735.0 | 724.0 | 453.0 | 885.0 |
| Mar      | 112.0 | 454.0 | 715.0 | 610.5 | 261.5 | 927.5 |
| Apr      | 124.5 | 552.5 | 728.5 | 460.5 | 134.0 | 913.5 |
| May      | 176.5 | 604.0 | 697.0 | 348.5 | 127.5 | 886.5 |
| Jun      | 222.5 | 618.5 | 661.0 | 298.0 | 127.5 | 869.0 |
| Jul      | 186.5 | 596.5 | 658.0 | 336.0 | 131.0 | 871.0 |
| Aug      | 131.0 | 539.5 | 689.5 | 438.5 | 296.5 | 890.0 |
| Sep      | 115.5 | 435.5 | 719.0 | 588.5 | 261.5 | 897.5 |
| Oct      | 105.5 | 312.5 | 710.0 | 700.5 | 441.5 | 867.5 |
| Nov      | 98.0  | 186.5 | 662.5 | 773.0 | 591.5 | 798.0 |
| Dec      | 93.0  | 138.5 | 639.0 | 796.5 | 645.5 | 763.5 |

ตารางที่ ก.4 Cooling Load Factor for Glass without Interior Shading , North Latitudes

| Face-<br>Grat-<br>Facing | Room<br>Con-<br>struction | Solar Time, h |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------|---------------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                          |                           | 1             | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |
| N                        | N                         | 0.23          | 0.20 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.34 | 0.41 | 0.46 | 0.53 | 0.59 | 0.65 | 0.70 | 0.73 | 0.75 | 0.76 | 0.74 | 0.75 | 0.79 | 0.61 | 0.50 | 0.42 | 0.36 | 0.31 | 0.27 |
| NE                       | N                         | 0.07          | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.04 | 0.21 | 0.36 | 0.44 | 0.45 | 0.40 | 0.36 | 0.33 | 0.31 | 0.30 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.11 | 0.09 | 0.08 |
| E                        | N                         | 0.07          | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.10 | 0.33 | 0.44 | 0.50 | 0.51 | 0.46 | 0.39 | 0.35 | 0.31 | 0.29 | 0.26 | 0.23 | 0.21 | 0.17 | 0.15 | 0.13 | 0.11 | 0.10 | 0.08 |      |
| SE                       | N                         | 0.09          | 0.09 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.14 | 0.26 | 0.30 | 0.40 | 0.54 | 0.56 | 0.51 | 0.45 | 0.40 | 0.36 | 0.33 | 0.29 | 0.25 | 0.21 | 0.18 | 0.16 | 0.14 | 0.12 | 0.10 |
| S                        | N                         | 0.12          | 0.11 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.11 | 0.14 | 0.21 | 0.31 | 0.42 | 0.52 | 0.57 | 0.58 | 0.53 | 0.47 | 0.41 | 0.36 | 0.29 | 0.25 | 0.21 | 0.18 | 0.16 | 0.14 |
| SW                       | N                         | 0.15          | 0.14 | 0.12 | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.10 | 0.12 | 0.13 | 0.15 | 0.17 | 0.23 | 0.33 | 0.44 | 0.53 | 0.58 | 0.59 | 0.53 | 0.41 | 0.33 | 0.28 | 0.24 | 0.21 | 0.18 |
| W                        | N                         | 0.15          | 0.13 | 0.11 | 0.10 | 0.09 | 0.09 | 0.09 | 0.10 | 0.11 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 0.19 | 0.29 | 0.40 | 0.50 | 0.56 | 0.55 | 0.41 | 0.33 | 0.27 | 0.23 | 0.20 | 0.17 |
| NW                       | N                         | 0.14          | 0.12 | 0.11 | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 0.10 | 0.11 | 0.13 | 0.14 | 0.16 | 0.17 | 0.18 | 0.21 | 0.30 | 0.42 | 0.51 | 0.54 | 0.39 | 0.32 | 0.26 | 0.22 | 0.19 | 0.16 |
| HOR                      | N                         | 0.16          | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.09 | 0.11 | 0.16 | 0.24 | 0.33 | 0.43 | 0.52 | 0.59 | 0.64 | 0.67 | 0.66 | 0.62 | 0.56 | 0.47 | 0.38 | 0.32 | 0.28 | 0.24 | 0.21 | 0.18 |

N = Medium construction; 101.6-mm(4-in.) concrete exterior wall, 101.6-mm(4-in.) concrete floor slab, approximately 341 kg(750 lb) of building material/m<sup>2</sup>(75 lb/ft<sup>2</sup>) of floor area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.5 Wall Construction Group Description (SI Units) ( จาก Fundamentals Handbook,1981)

| Group No.                                      | Description of Construction                                     | Weight (kg/m <sup>2</sup> ) | U value (W/m <sup>2</sup> C) |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 101.6-mm. Face Brick + (Brick)                 |                                                                 |                             |                              |
| C                                              | Air Space + 101.6-mm. Face Brick                                | 405                         | 2.033                        |
| D                                              | 101.6-mm. Common Brick                                          | 439                         | 2.356                        |
| C                                              | 25.4-mm. Insulation or Air Space + 101.6-mm. Common brick       | 439                         | 0.957-1.709                  |
| B                                              | 50.8-mm. Insulation + 101.6-mm. Common brick                    | 430                         | 0.630                        |
| B                                              | 203.2-mm. Common brick                                          | 635                         | 1.714                        |
| A                                              | Insulation or Air Space + 203.2-mm. Common brick                | 635                         | 0.874-1.379                  |
| 101.6-mm. Face Brick + (H.W. Concrete)         |                                                                 |                             |                              |
| C                                              | Air Space + 50.8-mm. Concrete                                   | 459                         | 1.987                        |
| B                                              | 50.8-mm. Insulation + 101.6-mm. Concrete                        | 474                         | 0.658                        |
| A                                              | Air Space or Insulation + 203.2-mm. or more Concrete            | 698-928                     | 0.625-0.636                  |
| 101.6-mm. Face Brick + (L.W. or H.W. Concrete) |                                                                 |                             |                              |
| E                                              | 101.6-mm. Block                                                 | 303                         | 1.811                        |
| D                                              | Air Space or Insulation + 101.6-mm. Block                       | 303                         | 0.868-1.397                  |
| D                                              | 203.2-mm. Block                                                 | 342                         | 1.555                        |
| C                                              | Air Space or 25.4-mm. Insulation + 152.4-mm. or 203.2-mm. Block | 356-434                     | 1.255-1.561                  |
| B                                              | 50.8-mm. Insulation + 203.2-mm. Block                           | 434                         | 0.545-0.607                  |
| 101.6-mm. Face Brick + (Clay Tile)             |                                                                 |                             |                              |
| D                                              | 101.6-mm. Tile                                                  | 347                         | 2.163                        |
| D                                              | Air Space + 101.6-mm. Tile                                      | 347                         | 1.494                        |
| C                                              | Insulation + 101.6-mm. Tile                                     | 347                         | 0.959                        |
| C                                              | 203.2-mm. Tile                                                  | 469                         | 1.561                        |
| B                                              | Air Space or 25.4-mm. Insulation + 203.2-mm. Tile               | 469                         | 0.806-1.255                  |
| A                                              | 50.8-mm. Insulation + 203.2-mm. Tile                            | 474                         | 0.551                        |
| H.W. Concrete Wall + (Finish)                  |                                                                 |                             |                              |
| E                                              | 101.6-mm. Concrete                                              | 308                         | 3.321                        |
| D                                              | 101.6-mm. Concrete + 25.4-mm. or 50.8-mm. Insulation            | 308                         | 0.675-1.136                  |
| C                                              | 50.8-mm. Insulation + 101.6-mm. Concrete                        | 308                         | 0.675                        |
| C                                              | 203.2-mm. Concrete                                              | 532                         | 2.782                        |
| B                                              | 203.2-mm. Concrete + 25.4-mm. or 50.8-mm. Insulation            | 537                         | 0.653-1.061                  |
| A                                              | 50.8-mm. Insulation + 202.3-mm. Concrete                        | 537                         | 0.653                        |
| B                                              | 304.8-mm. Concrete                                              | 762                         | 2.390                        |
| A                                              | 304.8-mm. Concrete + Insulation                                 | 762                         | 0.642                        |
| L.W. and H.W. Concrete Block + (Finish)        |                                                                 |                             |                              |
| F                                              | 101.6-mm. Block + Air Space/Insulation                          | 142                         | 0.914-1.493                  |
| E                                              | 50.8-mm. Insulation + 101.6-mm. Block                           | 142-181                     | 0.596-0.647                  |
| E                                              | 203.2-mm. Block                                                 | 229-249                     | 1.669-2.282                  |
| D                                              | 203.2-mm. Block + Air Space/Insulation                          | 200-278                     | 0.846-0.982                  |
| Clay Tile + (Finish)                           |                                                                 |                             |                              |
| F                                              | 101.6-mm. Tile                                                  | 190                         | 2.379                        |
| F                                              | 101.6-mm. Tile + Air Space                                      | 190                         | 1.720                        |
| E                                              | 101.6-mm. Tile + 25.4-mm. Insulation                            | 190                         | 0.993                        |
| D                                              | 50.8-mm. Insulation + 101.6-mm. Tile                            | 195                         | 0.625                        |
| D                                              | 203.2-mm. Tile                                                  | 308                         | 1.681                        |
| C                                              | 203.2-mm. Tile + Air Space/25.4-mm. Insulation                  | 308                         | 0.857-1.312                  |
| B                                              | 50.8-mm. Insulation + 203.2-mm. Tile                            | 308                         | 0.562                        |
| Metal Curtain Wall                             |                                                                 |                             |                              |
| G                                              | With/without air Space + 25.4-mm./50.8-mm. 76.2-mm. Insulation  | 24-29                       | 0.516-1.306                  |
| Frame Wall                                     |                                                                 |                             |                              |
| G                                              | 25.4-mm. to 76.2-mm Insulation                                  | 78                          | 0.459-1.010                  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ ก.6 Cooling Load Temperature Differences for Calculating Cooling Load for Exterior Walls (SI Units) (จาก Fundamentals Handbook, 1981)

|                            |  | Solar Time, h |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------------|--|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                            |  | 1             | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| North Latitude Wall Facing |  | Group A Walls |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| N                          |  | 8             | 8  | 8  | 7  | 7  | 7  | 7  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 7  | 7  | 7  | 7  | 8  | 8  |
| NE                         |  | 11            | 11 | 10 | 10 | 10 | 9  | 9  | 9  | 8  | 8  | 8  | 9  | 9  | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| E                          |  | 14            | 13 | 13 | 13 | 12 | 12 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| SE                         |  | 13            | 13 | 13 | 12 | 12 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 | 13 |
| S                          |  | 11            | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 9  | 9  | 9  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| SW                         |  | 14            | 14 | 14 | 14 | 13 | 13 | 12 | 12 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 11 | 12 | 13 | 13 | 14 | 14 |
| W                          |  | 15            | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | 13 | 13 | 12 | 12 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 | 11 | 12 | 13 | 14 | 14 | 15 |
| NW                         |  | 12            | 12 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 9  | 9  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 9  | 9  | 10 | 11 | 11 | 11 |
|                            |  | Group B Walls |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| N                          |  | 8             | 8  | 6  | 7  | 7  | 6  | 6  | 6  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 6  | 6  | 7  | 7  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  |
| NE                         |  | 11            | 10 | 10 | 9  | 9  | 8  | 7  | 7  | 7  | 7  | 7  | 8  | 8  | 9  | 9  | 10 | 10 | 11 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 11 |
| E                          |  | 13            | 13 | 12 | 11 | 10 | 10 | 9  | 8  | 8  | 8  | 9  | 9  | 10 | 12 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 | 14 | 14 |
| SE                         |  | 13            | 12 | 12 | 11 | 10 | 10 | 9  | 8  | 8  | 8  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| S                          |  | 12            | 11 | 11 | 10 | 9  | 9  | 8  | 7  | 7  | 6  | 6  | 6  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 11 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| SW                         |  | 15            | 15 | 14 | 13 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 9  | 8  | 8  | 7  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 13 | 14 | 15 | 15 | 16 | 16 |
| W                          |  | 16            | 16 | 15 | 14 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 9  | 8  | 8  | 8  | 8  | 8  | 9  | 11 | 12 | 14 | 15 | 16 | 16 | 17 |
| NW                         |  | 13            | 12 | 12 | 11 | 11 | 10 | 9  | 9  | 8  | 7  | 7  | 7  | 6  | 6  | 7  | 7  | 8  | 8  | 9  | 11 | 12 | 13 | 13 | 13 |
|                            |  | Group C Walls |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| N                          |  | 9             | 8  | 7  | 7  | 6  | 5  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 5  | 6  | 6  | 7  | 8  | 9  | 9  | 9  | 10 | 9  | 9  |
| NE                         |  | 10            | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 6  | 6  | 6  | 6  | 7  | 8  | 10 | 10 | 11 | 12 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 13 | 12 | 11 |
| E                          |  | 13            | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 7  | 8  | 9  | 11 | 13 | 14 | 15 | 16 | 16 | 17 | 17 | 16 | 16 | 16 | 15 | 14 | 13 |
| SE                         |  | 13            | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 7  | 7  | 9  | 10 | 12 | 14 | 15 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 15 | 14 | 13 |
| S                          |  | 12            | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 6  | 5  | 5  | 5  | 5  | 6  | 8  | 9  | 11 | 12 | 13 | 14 | 14 | 14 | 13 | 12 | 12 |
| SW                         |  | 16            | 15 | 14 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 7  | 6  | 6  | 6  | 7  | 8  | 10 | 12 | 14 | 16 | 16 | 18 | 18 | 18 | 17 |
| W                          |  | 17            | 16 | 15 | 14 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 7  | 7  | 7  | 8  | 9  | 11 | 13 | 16 | 18 | 19 | 20 | 19 | 18 | 18 |
| NW                         |  | 14            | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7  | 6  | 6  | 5  | 5  | 6  | 6  | 6  | 7  | 9  | 10 | 12 | 14 | 15 | 15 | 15 | 15 |
|                            |  | Group D Walls |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| N                          |  | 8             | 7  | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 5  | 6  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 11 | 10 | 10 |
| NE                         |  | 9             | 8  | 7  | 6  | 5  | 5  | 4  | 4  | 6  | 6  | 10 | 11 | 12 | 13 | 13 | 13 | 14 | 14 | 14 | 13 | 13 | 12 | 11 | 10 |
| E                          |  | 11            | 10 | 8  | 7  | 6  | 5  | 5  | 5  | 7  | 10 | 13 | 15 | 17 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 17 | 17 | 16 | 15 | 13 | 12 |
| SE                         |  | 11            | 10 | 9  | 7  | 6  | 5  | 5  | 5  | 5  | 7  | 10 | 12 | 14 | 16 | 17 | 18 | 18 | 17 | 17 | 16 | 15 | 14 | 12 | 12 |
| S                          |  | 11            | 10 | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 4  | 3  | 3  | 4  | 5  | 7  | 9  | 11 | 13 | 15 | 16 | 16 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 |
| SW                         |  | 15            | 14 | 12 | 10 | 9  | 8  | 6  | 5  | 5  | 4  | 4  | 5  | 5  | 7  | 9  | 12 | 15 | 18 | 20 | 21 | 21 | 20 | 19 | 17 |
| W                          |  | 17            | 15 | 13 | 12 | 10 | 9  | 7  | 6  | 5  | 5  | 5  | 5  | 6  | 6  | 8  | 10 | 13 | 17 | 20 | 22 | 23 | 22 | 21 | 19 |
| NW                         |  | 14            | 12 | 11 | 9  | 8  | 7  | 6  | 5  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 10 | 12 | 15 | 17 | 18 | 17 | 16 | 15 |
|                            |  | Group E Walls |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| N                          |  | 7             | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 2  | 2  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 10 | 10 | 11 | 12 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  |
| NE                         |  | 7             | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 3  | 5  | 8  | 11 | 13 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 15 | 14 | 14 | 13 | 12 | 11 | 9  | 8  |
| E                          |  | 8             | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 3  | 6  | 10 | 15 | 18 | 20 | 21 | 21 | 20 | 19 | 18 | 18 | 17 | 15 | 14 | 12 | 11 | 9  |
| SE                         |  | 8             | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 3  | 4  | 7  | 10 | 14 | 17 | 19 | 20 | 20 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 14 | 13 | 11 | 10 |
| S                          |  | 8             | 7  | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 2  | 2  | 3  | 5  | 7  | 10 | 14 | 16 | 18 | 19 | 18 | 17 | 16 | 14 | 13 | 11 | 10 |
| SW                         |  | 12            | 10 | 8  | 7  | 6  | 4  | 4  | 3  | 3  | 3  | 4  | 5  | 7  | 10 | 14 | 18 | 21 | 24 | 25 | 24 | 22 | 19 | 17 | 14 |
| W                          |  | 14            | 12 | 10 | 8  | 6  | 5  | 4  | 3  | 3  | 4  | 4  | 5  | 6  | 8  | 11 | 15 | 20 | 24 | 27 | 27 | 25 | 22 | 19 | 16 |
| NW                         |  | 11            | 9  | 8  | 6  | 5  | 4  | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 9  | 11 | 14 | 18 | 21 | 21 | 20 | 18 | 15 | 13 |
|                            |  | Group F Walls |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| N                          |  | 5             | 4  | 3  | 2  | 1  | 1  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 8  | 9  | 11 | 12 | 12 | 13 | 13 | 13 | 11 | 9  | 7  | 6  |
| NE                         |  | 5             | 4  | 3  | 2  | 1  | 1  | 3  | 8  | 13 | 16 | 17 | 16 | 16 | 15 | 15 | 15 | 15 | 14 | 13 | 12 | 10 | 9  | 7  | 6  |
| E                          |  | 5             | 4  | 3  | 2  | 1  | 1  | 4  | 9  | 16 | 21 | 24 | 25 | 24 | 22 | 20 | 19 | 18 | 17 | 15 | 13 | 11 | 10 | 8  | 7  |
| SE                         |  | 5             | 4  | 3  | 2  | 2  | 1  | 2  | 6  | 10 | 15 | 20 | 23 | 24 | 23 | 22 | 20 | 19 | 17 | 16 | 14 | 12 | 10 | 8  | 7  |
| S                          |  | 5             | 4  | 3  | 2  | 1  | 1  | 1  | 2  | 4  | 7  | 11 | 15 | 19 | 21 | 22 | 21 | 19 | 17 | 15 | 12 | 10 | 8  | 7  | 6  |
| SW                         |  | 8             | 6  | 5  | 4  | 3  | 2  | 1  | 1  | 2  | 3  | 4  | 6  | 10 | 14 | 20 | 24 | 28 | 30 | 29 | 25 | 20 | 16 | 13 | 10 |
| W                          |  | 9             | 7  | 5  | 4  | 3  | 2  | 2  | 2  | 2  | 3  | 4  | 6  | 8  | 11 | 16 | 22 | 27 | 32 | 33 | 30 | 24 | 19 | 15 | 12 |
| NW                         |  | 8             | 6  | 4  | 3  | 2  | 2  | 1  | 1  | 2  | 3  | 4  | 6  | 7  | 9  | 12 | 15 | 19 | 24 | 26 | 24 | 20 | 16 | 12 | 10 |
|                            |  | Group G Walls |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| N                          |  | 2             | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 4  | 5  | 5  | 7  | 8  | 10 | 12 | 13 | 13 | 14 | 14 | 15 | 12 | 8  | 6  | 5  | 4  | 3  |
| NE                         |  | 2             | 1  | 1  | 0  | 0  | 5  | 15 | 20 | 22 | 20 | 16 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 14 | 12 | 10 | 8  | 6  | 5  | 4  | 3  |
| E                          |  | 2             | 1  | 1  | 0  | 0  | 6  | 17 | 26 | 30 | 31 | 28 | 22 | 19 | 17 | 17 | 16 | 15 | 13 | 11 | 8  | 7  | 5  | 4  | 3  |
| SE                         |  | 2             | 1  | 1  | 0  | 0  | 3  | 10 | 18 | 24 | 27 | 28 | 27 | 23 | 20 | 18 | 16 | 15 | 13 | 11 | 8  | 7  | 6  | 4  | 3  |
| S                          |  | 2             | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 1  | 3  | 7  | 12 | 17 | 22 | 25 | 26 | 24 | 21 | 17 | 14 | 11 | 8  | 7  | 5  | 4  | 3  |
| SW                         |  | 3             | 2  | 2  | 1  | 0  | 0  | 1  | 3  | 4  | 6  | 9  | 14 | 21 | 28 | 33 | 35 | 34 | 29 | 20 | 13 | 10 | 7  | 6  | 4  |
| W                          |  | 4             | 3  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 3  | 5  | 6  | 8  | 10 | 15 | 23 | 31 | 37 | 40 | 37 | 27 | 16 | 11 | 8  | 6  | 5  |
| NW                         |  | 3             | 2  | 1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 3  | 4  | 6  | 8  | 10 | 12 | 15 | 20 | 26 | 31 | 31 | 23 | 14 | 10 | 7  | 5  | 4  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.7 CLF Correction for Latitude and Month Applied to Walls and Roofs, North Latitude  
(SI Units) (จาก Fundamentals Handbook, 1981)

| Lat. | Month    | N    | NE<br>NW | E<br>W | SE<br>SW | S    | HOR  |
|------|----------|------|----------|--------|----------|------|------|
| 14   | Dec      | -2.2 | -4.1     | -2.1   | 2.2      | 7.1  | -4.4 |
|      | Jan/Nov  | -2.1 | -3.7     | -1.9   | 2.1      | 6.3  | -3.4 |
|      | Feb/Nov  | -1.6 | -2.4     | -1.0   | 1.0      | 3.4  | -1.8 |
|      | Mar/Sept | -1.6 | -1.0     | -0.5   | -0.3     | -0.6 | -0.4 |
|      | Apr/Aug  | -0.1 | -0.1     | -0.5   | -1.9     | -3.4 | -0.1 |
|      | May/Jul  | 2.6  | 1.8      | -0.7   | -3.0     | -3.8 | -0.3 |
|      | Jun      | 3.7  | 2.2      | -0.7   | -3.6     | -3.8 | -0.3 |
| 19   | Dec      | -2.4 | -4.6     | -2.8   | 2.0      | 7.2  | -5.8 |
|      | Jan/Nov  | -2.2 | -4.0     | -2.6   | 2.0      | 6.8  | -4.7 |
|      | Feb/Nov  | -1.8 | -2.9     | -1.3   | 1.3      | 4.4  | -2.8 |
|      | Mar/Sept | -1.6 | -1.3     | -0.5   | 0.2      | 0.8  | -0.9 |
|      | Apr/Aug  | -0.7 | -0.3     | -0.5   | -1.2     | -2.7 | 0.0  |
|      | May/Jul  | 1.6  | 1.4      | -0.3   | -2.3     | -3.6 | 0.2  |
|      | Jun      | 2.7  | 2.0      | -0.3   | -2.9     | -3.6 | 0.2  |

ตารางที่ ก.8 Cooling Load Temperature for Calculating Cooling Load from Flat Roofs (SI Units)  
Without Suspended Ceiling ( จาก Fundamentals Handbook, 1981)

| Roof No.                  | Description of Construction                                  | Height kg/m <sup>2</sup> | U-value W/m <sup>2</sup> C | Month |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                           |                                                              |                          |                            | 1     | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Without Suspended Ceiling |                                                              |                          |                            |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 1                         | Steel sheet with 25.4-mm. (or 50.8-mm.) insulation           | 34 (39)                  | 1.209 (0.704)              | 0     | -1 | -2 | -2 | -3 | -2 | 3  | 11 | 19 | 27 | 34 | 40 | 43 | 44 | 43 | 39 | 33 | 25 | 17 | 10 | 7  | 5  | 3  | 1  |
| 2                         | 25.4-mm. wood with 25.4-mm insulation                        | 39                       | 0.965                      | 5     | 2  | 0  | -1 | -2 | -1 | 2  | 8  | 15 | 22 | 29 | 35 | 39 | 41 | 41 | 39 | 35 | 29 | 21 | 15 | 11 | 8  | 5  |    |
| 3                         | 101.6-mm. h.u. concrete                                      | 84                       | 1.209                      | 5     | 3  | 1  | 0  | -1 | -2 | -2 | 1  | 5  | 11 | 18 | 25 | 31 | 36 | 39 | 40 | 40 | 37 | 32 | 25 | 19 | 14 | 10 | 7  |
| 4                         | 50.8-mm.h.u. concrete with 25.4-mm.(or 50.8-mm.) insulation  | 142 (169)                | 1.170 (0.693)              | 7     | 5  | 3  | 2  | 0  | -1 | 0  | 2  | 6  | 11 | 17 | 23 | 28 | 33 | 36 | 37 | 37 | 34 | 30 | 25 | 20 | 16 | 12 | 10 |
| 5                         | 25.4-mm.wood with 50.8-mm. insulation                        | 44                       | 0.619                      | 2     | 0  | -2 | -3 | -4 | -4 | -2 | 3  | 9  | 15 | 22 | 27 | 32 | 35 | 36 | 35 | 32 | 27 | 20 | 14 | 10 | 6  | 3  |    |
| 6                         | 152.4-mm.h.u. concrete                                       | 117                      | 0.897                      | 12    | 10 | 7  | 5  | 3  | 2  | 1  | 0  | 2  | 4  | 8  | 13 | 18 | 24 | 29 | 33 | 36 | 36 | 32 | 26 | 20 | 14 | 10 | 6  |
| 7                         | 63.5-mm. wood with 25.4-mm insulation                        | 63                       | 0.738                      | 16    | 13 | 11 | 9  | 7  | 6  | 4  | 3  | 4  | 5  | 8  | 11 | 15 | 19 | 23 | 27 | 29 | 31 | 31 | 30 | 27 | 25 | 22 | 19 |
| 8                         | 203.2 mm.h.u. concrete                                       | 151                      | 0.715                      | 20    | 17 | 14 | 12 | 10 | 8  | 6  | 5  | 4  | 4  | 5  | 7  | 11 | 14 | 18 | 22 | 25 | 28 | 30 | 30 | 29 | 27 | 25 | 22 |
| 9                         | 101.6-mm.h.u. concrete with 25.4-mm.(or 50.8-mm.) insulation | 254 (254)                | 1.136 (0.681)              | 14    | 12 | 10 | 8  | 7  | 5  | 4  | 4  | 6  | 8  | 11 | 15 | 18 | 22 | 25 | 28 | 29 | 30 | 29 | 27 | 24 | 21 | 19 | 16 |
| 10                        | 63.5-mm.wood with 50.8-mm. insulation                        | 63                       | 0.520                      | 18    | 15 | 13 | 11 | 9  | 8  | 6  | 5  | 5  | 5  | 7  | 10 | 13 | 17 | 21 | 24 | 27 | 28 | 29 | 29 | 27 | 25 | 23 | 20 |
| 11                        | Roof terrace system                                          | 366                      | 0.602                      | 19    | 17 | 15 | 14 | 12 | 11 | 9  | 8  | 7  | 8  | 8  | 10 | 12 | 15 | 18 | 20 | 22 | 24 | 25 | 26 | 25 | 24 | 22 | 21 |
| 12                        | 152.4-mm.h.u. concrete with 25.4-mm.(or 50.8-mm.) insulation | 366 (366)                | 1.090 (0.664)              | 18    | 16 | 14 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 8  | 9  | 10 | 12 | 15 | 17 | 20 | 22 | 24 | 25 | 25 | 25 | 24 | 22 | 20 | 19 |
| 13                        | 101.6-mm.wood with 25.4 mm. (or 50.8-mm.) insulation         | 83 (88)                  | 0.602 (0.445)              | 21    | 20 | 18 | 17 | 15 | 14 | 13 | 11 | 10 | 9  | 9  | 9  | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 23 | 24 | 24 | 23 | 22 |

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.9 Cooling Load Temperature for Calculating Cooling Load from Flat Roofs (SI Units)  
With Suspended Ceiling ( จาก Fundamentals Handbook, 1981)

| Roof No. | Description of Construction                                   | Weight kg/m <sup>2</sup> | U-value W/m <sup>2</sup> C | Without Suspended Ceiling |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------|---------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|          |                                                               |                          |                            | 1                         | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 1        | Steel sheet with 25.4-mm. (or 50.8-mm.) insulation            | 34 (39)                  | 1.209 (0.700)              | 0                         | -1 | -2 | -2 | -3 | -2 | 3  | 11 | 19 | 27 | 34 | 40 | 43 | 44 | 43 | 39 | 33 | 25 | 17 | 10 | 7  | 5  |
| 2        | 25.4-mm. wood with 25.4-mm insulation                         | 39                       | 0.968                      | 3                         | 7  | 0  | -1 | -2 | -2 | 1  | 7  | 0  | 18 | 22 | 29 | 36 | 39 | 41 | 41 | 39 | 35 | 29 | 21 | 16 | 11 |
| 3        | 101.6-mm. l.u. concrete                                       | 88                       | 1.209                      | 5                         | 3  | 1  | 0  | -1 | -2 | -2 | 1  | 5  | 11 | 18 | 25 | 31 | 36 | 39 | 40 | 40 | 37 | 32 | 25 | 19 | 14 |
| 4        | 50.8-mm.h.u. concrete with 25.4-mm. (or 50.8-mm.) insulation  | 142 (6.93)               | 1.170 (0.693)              | 7                         | 5  | 3  | 2  | 0  | -1 | 0  | 2  | 6  | 11 | 17 | 23 | 28 | 33 | 36 | 37 | 37 | 34 | 30 | 25 | 20 | 16 |
| 5        | 25.4-mm. wood with 50.8-mm. insulation                        | 44                       | 0.619                      | 2                         | 0  | -2 | -3 | -4 | -4 | -4 | -2 | 3  | 9  | 15 | 22 | 27 | 32 | 35 | 36 | 35 | 32 | 27 | 20 | 14 | 10 |
| 6        | 152.4-mm. l.u. concrete                                       | 117                      | 0.697                      | 12                        | 10 | 7  | 5  | 3  | 2  | 1  | 0  | 2  | 4  | 8  | 13 | 18 | 24 | 29 | 33 | 35 | 36 | 35 | 32 | 28 | 24 |
| 7        | 63.5-mm. wood with 25.4-mm insulation                         | 63                       | 0.730                      | 16                        | 13 | 11 | 9  | 7  | 6  | 4  | 3  | 4  | 5  | 8  | 11 | 15 | 19 | 23 | 27 | 29 | 31 | 31 | 30 | 27 | 25 |
| 8        | 203.2 mm. l.u. concrete                                       | 151                      | 0.715                      | 20                        | 17 | 14 | 12 | 10 | 8  | 6  | 5  | 4  | 4  | 5  | 7  | 11 | 14 | 18 | 22 | 25 | 28 | 30 | 30 | 29 | 27 |
| 9        | 101.6-mm.h.u. concrete with 25.4-mm. (or 50.8-mm.) insulation | 254 (0.681)              | 1.136 (0.681)              | 14                        | 12 | 10 | 8  | 7  | 5  | 4  | 4  | 6  | 8  | 11 | 15 | 18 | 22 | 25 | 28 | 29 | 30 | 29 | 27 | 24 | 21 |
| 10       | 63.5-mm. wood with 50.8-mm. insulation                        | 63                       | 0.528                      | 18                        | 15 | 13 | 11 | 9  | 8  | 6  | 5  | 5  | 7  | 10 | 13 | 17 | 21 | 24 | 27 | 28 | 29 | 29 | 27 | 25 | 23 |
| 11       | Roof terrace system                                           | 366                      | 0.602                      | 19                        | 17 | 15 | 14 | 12 | 11 | 9  | 8  | 7  | 8  | 8  | 10 | 12 | 15 | 18 | 20 | 22 | 24 | 25 | 26 | 25 | 24 |
| 12       | 152.4-mm.h.u. concrete with 25.4-mm. (or 50.8-mm.) insulation | 366 (0.660)              | 1.090 (0.660)              | 18                        | 16 | 14 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 8  | 9  | 10 | 12 | 15 | 17 | 20 | 22 | 24 | 25 | 25 | 25 | 24 | 22 |
| 13       | 101.6-mm. wood with 25.4 mm. (or 50.8-mm.) insulation         | 83 (0.443)               | 0.602 (0.443)              | 21                        | 20 | 18 | 17 | 15 | 14 | 13 | 11 | 10 | 9  | 9  | 9  | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 23 | 24 | 24 |

ตารางที่ ก.10 Rates of Heat Gain from Occupants of Conditioned Space ( จาก Fundamentals Handbook, 1981)

| Degree of Activity                      | Typical Applications  | Sensible Heat |     | Latent Heat |      |
|-----------------------------------------|-----------------------|---------------|-----|-------------|------|
|                                         |                       | Watts Btu/h   |     | Watts Btu/h |      |
| Seated at rest                          | Theater, movie        | 60            | 210 | 40          | 140  |
| Seated, very light work writing         | Offices, hotels, apts | 65            | 230 | 55          | 190  |
| Seated, eating                          | Restaurant            | 75            | 255 | 95          | 325  |
| Seated, light work, typing              | Offices, hotels, apts | 75            | 255 | 75          | 255  |
| Standing, light work, or walking slowly | Retail Store, bank    | 90            | 315 | 95          | 325  |
| Light bench work                        | Factory               | 100           | 345 | 130         | 435  |
| Walking, 3 mph, light machining work    | Factory               | 100           | 345 | 205         | 695  |
| Bowling                                 | Bowling alley         | 100           | 345 | 180         | 615  |
| Moderate dancing                        | Dance hall            | 120           | 405 | 255         | 875  |
| Heavy work, heavy machine work, lifting | Factory               | 165           | 565 | 300         | 1035 |
| Heavy work, athletics                   | Gymnasium             | 185           | 635 | 340         | 1165 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 แสดงวิธีการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)ของอาคารตัวอย่าง

ก.2.1 ตัวอย่างการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น (Cooling Load)ของห้องนอนทางทิศใต้

ทิศ      ใต้

1. ความร้อนเพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ (SOLAR GAIN)      (Q1)

1.1 กระจกด้านนอก (EXTERIOR GLASS)      (Q11)

$Q_{11} = (A \times SC \times SHGF \times CLF) + (A \times U \times ETD)$   
A =            4.1      Sq.m.      SHGF =      645.5      W/m<sup>2</sup>      U =            5.88      w/m<sup>2</sup>(c)  
SC =            0.768                      CLF =      ตามตารางที่ ก.4                      ETD =      ตามตารางที่ ก.2

| เดือน |                        | เมษายน |                        |       |                        |       |                        |
|-------|------------------------|--------|------------------------|-------|------------------------|-------|------------------------|
| Time  | Q <sub>11</sub> (Watt) | Time   | Q <sub>11</sub> (Watt) | Time  | Q <sub>11</sub> (Watt) | Time  | Q <sub>11</sub> (Watt) |
| 1.00  | 250.91                 | 7.00   | 183.79                 | 13.00 | 1246.07                | 19.00 | 692.75                 |
| 2.00  | 207.90                 | 8.00   | 264.60                 | 14.00 | 1264.97                | 20.00 | 568.93                 |
| 3.00  | 145.99                 | 9.00   | 421.00                 | 15.00 | 1194.57                | 21.00 | 469.22                 |
| 4.00  | 127.09                 | 10.00  | 634.12                 | 16.00 | 1081.17                | 22.00 | 388.42                 |
| 5.00  | 108.18                 | 11.00  | 890.23                 | 17.00 | 943.66                 | 23.00 | 350.62                 |
| 6.00  | 127.09                 | 12.00  | 1103.35                | 18.00 | 849.16                 | 24.00 | 288.71                 |

1.2 กำแพงด้านนอก (EXTERIOR WALL)      (Q12)

$Q_{12} = U \times A \times ETD_c$   
A =            7.01      Sq.m.      ETDc =      ตามตารางที่ ก.5,ก.6      U =            3.31      w/m<sup>2</sup>(c)

| เดือน |                        | เมษายน |                        |       |                        |       |                        |
|-------|------------------------|--------|------------------------|-------|------------------------|-------|------------------------|
| Time  | Q <sub>11</sub> (Watt) | Time   | Q <sub>11</sub> (Watt) | Time  | Q <sub>11</sub> (Watt) | Time  | Q <sub>11</sub> (Watt) |
| 1.00  | 269.28                 | 7.00   | 163.71                 | 13.00 | 208.96                 | 19.00 | 344.69                 |
| 2.00  | 254.20                 | 8.00   | 163.71                 | 14.00 | 239.12                 | 20.00 | 344.69                 |
| 3.00  | 224.03                 | 9.00   | 148.63                 | 15.00 | 269.28                 | 21.00 | 329.61                 |
| 4.00  | 208.95                 | 10.00  | 148.63                 | 16.00 | 299.45                 | 22.00 | 314.53                 |
| 5.00  | 193.87                 | 11.00  | 163.71                 | 17.00 | 329.61                 | 23.00 | 299.44                 |
| 6.00  | 178.79                 | 12.00  | 178.79                 | 18.00 | 344.69                 | 24.00 | 284.37                 |

1.3 หลังคา (ROOF)      (Q13)

$Q_{13} = U \times A \times ETD_c$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



A = 23.75 Sq.m.      ETDc = ตามตารางที่ ก.8,ก.9      U = 2.1 w/m<sup>2</sup>(c)

| เดือน เมษายน |                        |       |                        |       |                        |       |                        |
|--------------|------------------------|-------|------------------------|-------|------------------------|-------|------------------------|
| Time         | Q <sub>11</sub> (Watt) | Time  | Q <sub>11</sub> (Watt) | Time  | Q <sub>11</sub> (Watt) | Time  | Q <sub>11</sub> (Watt) |
| 1.00         | 451.19                 | 7.00  | -191.94                | 13.00 | 2839.94                | 19.00 | 2931.81                |
| 2.00         | 267.44                 | 8.00  | 83.69                  | 14.00 | 3299.31                | 20.00 | 2288.69                |
| 3.00         | 83.69                  | 9.00  | 451.19                 | 15.00 | 3574.94                | 21.00 | 1737.44                |
| 4.00         | -8.19                  | 10.00 | 1002.44                | 16.00 | 3666.81                | 22.00 | 1278.06                |
| 5.00         | -100.06                | 11.00 | 1450.42                | 17.00 | 3666.81                | 23.00 | 910.56                 |
| 6.00         | -191.93                | 12.00 | 2288.69                | 18.00 | 3391.19                | 24.00 | 634.94                 |

2. ความร้อนเนื่องจากการส่งผ่านความร้อน ( TRANSMISSION HEAT LOAD ) (Q2)

2.1 กำแพง ( INTEROIR WALL ) (Q21)

Q<sub>21</sub> = U x A x TD  
U = 3.31 w/m<sup>2</sup>(c)  
A = 50.81 Sq.m.  
TD = 10 °C  
Q<sub>21</sub> = 1681.811 Watt

2.2 เพดาน ( CEILING ) (Q22)

Q<sub>22</sub> = U x A x TD  
U = 0.47 w/m<sup>2</sup>(c)  
A = 19.5 Sq.m.  
TD = 10 °C  
Q<sub>22</sub> = 91.65 Watt

2.3 พื้น ( FLOOR ) (Q32)

Q<sub>23</sub> = U x A x TD  
U = 3.79 w/m<sup>2</sup>(c)  
A = 19.5 Sq.m.  
TD = 10 °C  
Q<sub>23</sub> = 739.05 Watt

3. ความร้อนสัมผัส ( SENSIBLE HEAT ) (Q3)

3.1 ภาระจากบุคคล ( PEOPLE LOAD ) (Q31)

Q<sub>31</sub> = จำนวนคน x ตัวประกอบความร้อนสัมผัส  
2 x 65  
Q<sub>31</sub> = 130 Watt

3.2 ภาระจากแสงไฟฟ้า ( LIGHTING LOAD ) (Q32)

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q_{32} = \text{จำนวนวัตต์} + \text{ค่าคงที่}$$

$$60 \times 3.41$$

$$Q_{32} = 204.6 \text{ Watt}$$

### 3.3 ภาระจากอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ (Q33)

$$Q_{33} = \text{จำนวนวัตต์} \times \text{ค่าคงที่}$$

$$\text{เครื่องเสียง} \quad 45 \text{ Watt}$$

$$\text{โทรทัศน์} \quad 65 \text{ Watt}$$

$$= (45+65) \times 3.41$$

$$Q_{33} = 266.65 \text{ Watt}$$

## 4. ความร้อนแฝง (Latent Heat) (Q4)

### 4.1 ภาระจากบุคคล (PEOPLE LOAD) (Q41)

$$Q_{41} = \text{จำนวนคน} \times \text{ตัวประกอบความร้อนแฝง}$$

$$2 \times 55$$

$$Q_{41} = 110 \text{ Watt}$$

### 4.2 ความร้อนจากการถ่ายเทความร้อน (Q42)

$$Q_{42} = 1.232 \times (\text{LPS}) \times \text{TD}$$

$$\text{LPS} = \text{Number of People} \times (\text{LPS / Person})$$

$$\text{LPS} = 2 \times 7$$

$$\text{LPS} = 14 \text{ ลิตร / วินาที}$$

$$Q_{42} = 172.48 \text{ Watt}$$

### 4.3 ความร้อนแฝงจากอัตราการถ่ายเทความร้อน (Q43)

$$Q_{43} = 3012 \times \text{moisture diff} \times (\text{LPS})$$

$$3012 \times 0.012 \times 14$$

$$Q_{43} = 506.016 \text{ Watt}$$

## ข้อมูลในการคำนวณภาระความเย็นในการปรับอากาศ (Cooling Load)

1. สถานที่ตั้งใน เขต กรุงเทพมหานคร
2. อุณหภูมิภายนอกที่ 35 องศาเซลเซียส
3. อุณหภูมิ ออกแบบภายใน 25 องศาเซลเซียส ความชื้น 50%
4. การวิเคราะห์ภาระการทำความเย็น 24 ชม. และเวลาที่เกิดภาระความเย็นสูงสุด (Peak Load)

### ก.1.2 แสดงข้อมูลการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารตัวอย่างในแต่ละทิศ

ค่าการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นในแต่ละทิศ ของอาคารทาวน์เฮ้าส์ตัวอย่าง แสดงใน

#### ตารางที่ ก.11-ก.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ ก.12 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load) อาคารตัวอย่างในทิศเหนือ

| แสดงการคำนวณภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | ทิศ             |                 | เหนือ           |        |
|----------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| TIME                                         | Q <sub>11</sub> | Q <sub>12</sub> | Q <sub>13</sub> | Q <sub>21</sub> | Q <sub>22</sub> | Q <sub>23</sub> | Q <sub>31</sub> | Q <sub>32</sub> | Q <sub>33</sub> | Q <sub>41</sub> | Q <sub>42</sub> | Q <sub>43</sub> | Q      |
| 1.00                                         | 212.47          | 176.35          | 431.7           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4722.8 |
| 2.00                                         | 163.78          | 161.27          | 248.0           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4475.3 |
| 3.00                                         | 131.49          | 161.27          | 64.2            | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4259.2 |
| 4.00                                         | 106.92          | 146.19          | -27.7           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4127.7 |
| 5.00                                         | 90.54           | 131.11          | -119.5          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4004.4 |
| 6.00                                         | 254.33          | 116.03          | -211.4          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4061.2 |
| 7.00                                         | 311.66          | 100.94          | -211.4          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4103.4 |
| 8.00                                         | 376.72          | 100.94          | 64.2            | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4444.1 |
| 9.00                                         | 458.16          | 100.94          | 431.7           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4893.1 |
| 10.00                                        | 531.41          | 100.94          | 983.0           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 5517.6 |
| 11.00                                        | 628.76          | 116.03          | 1452.3          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 6099.3 |
| 12.00                                        | 693.82          | 116.03          | 2269.2          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 6981.3 |
| 13.00                                        | 766.60          | 131.11          | 2820.5          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 7620.4 |
| 14.00                                        | 782.98          | 146.19          | 3279.8          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 8111.3 |
| 15.00                                        | 815.28          | 146.19          | 3555.5          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 8419.2 |
| 16.00                                        | 798.90          | 161.27          | 3647.3          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 8509.8 |
| 17.00                                        | 782.98          | 176.35          | 3647.3          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 8508.9 |
| 18.00                                        | 815.74          | 191.44          | 3371.7          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 8281.1 |
| 19.00                                        | 644.21          | 206.52          | 2912.3          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 7665.3 |
| 20.00                                        | 505.91          | 221.60          | 2269.2          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 6899.0 |
| 21.00                                        | 416.28          | 221.60          | 1718.0          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 6258.1 |
| 22.00                                        | 343.04          | 206.52          | 1258.6          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 5710.4 |
| 23.00                                        | 302.09          | 206.52          | 891.1           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 5302.0 |
| 24.00                                        | 245.22          | 191.44          | 615.5           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4954.4 |

พื้นที่ใช้สอยภายในห้อง 19.5 ตร.ม. ใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาที่มากที่สุด 8509.8 BTU /H

ดัชนีการติดตั้งระบบปรับอากาศในอาคาร 436.4 BTU/h/m<sup>2</sup> 0.7091 TON

ระบบปรับอากาศใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 1.3 Kw x Ton = 0.92 Kw

การทำงานของเครื่องปรับอากาศ 8 ชั่วโมงต่อวัน

ระบบปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้า = 7.38 Kwh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ ก.13 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load) อาคารตัวอย่างในทิศตะวันออก

| แสดงการคำนวณภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | ทิศ ตะวันออก    |                 |                 |        |
|----------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| TIME                                         | Q <sub>11</sub> | Q <sub>12</sub> | Q <sub>13</sub> | Q <sub>21</sub> | Q <sub>22</sub> | Q <sub>23</sub> | Q <sub>31</sub> | Q <sub>32</sub> | Q <sub>33</sub> | Q <sub>41</sub> | Q <sub>42</sub> | Q <sub>43</sub> | Q      |
| 1.00                                         | 172.9           | 159.4           | 451.2           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4685.7 |
| 2.00                                         | 127.5           | 144.3           | 267.4           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4441.5 |
| 3.00                                         | 103.4           | 114.1           | 83.7            | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4203.5 |
| 4.00                                         | 82.2            | 99.0            | -8.2            | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4075.2 |
| 5.00                                         | 82.2            | 84.0            | -100.1          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 3968.3 |
| 6.00                                         | 358.5           | 68.9            | -191.9          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4137.6 |
| 7.00                                         | 677.3           | 68.9            | -191.9          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4456.5 |
| 8.00                                         | 935.2           | 68.9            | 83.7            | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4990.0 |
| 9.00                                         | 1086.8          | 99.0            | 451.2           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 5539.3 |
| 10.00                                        | 1132.2          | 144.3           | 1002.4          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 6181.1 |
| 11.00                                        | 1074.1          | 189.5           | 1450.2          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 6616.1 |
| 12.00                                        | 949.4           | 219.7           | 2288.7          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 7360.1 |
| 13.00                                        | 912.6           | 249.9           | 2839.9          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 7904.7 |
| 14.00                                        | 827.6           | 264.9           | 3299.3          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 8294.1 |
| 15.00                                        | 809.2           | 264.9           | 3574.9          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 8551.4 |
| 16.00                                        | 745.5           | 264.9           | 3666.8          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 8579.5 |
| 17.00                                        | 657.6           | 264.9           | 3666.8          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 8491.6 |
| 18.00                                        | 615.1           | 294.9           | 3391.2          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 8203.5 |
| 19.00                                        | 506.0           | 249.9           | 2931.8          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 7589.9 |
| 20.00                                        | 415.2           | 249.9           | 2288.7          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 6856.0 |
| 21.00                                        | 348.6           | 234.8           | 1737.4          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 6223.1 |
| 22.00                                        | 282.0           | 219.7           | 1278.1          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 5682.0 |
| 23.00                                        | 260.8           | 189.5           | 910.6           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 5263.1 |
| 24.00                                        | 194.1           | 174.4           | 634.9           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4905.8 |

พื้นที่ใช้สอยภายในห้อง 19.5 ตร.ม. ใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาที่มากที่สุด 8579.5 BTU /H

ดัชนีการติดตั้งระบบปรับอากาศในอาคาร 440.0 BTU/h/m<sup>2</sup> 0.715 TON

ระบบปรับอากาศใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 1.3 Kw / Ton = 0.93 Kw

การทำงานของเครื่องปรับอากาศ 8 ชั่วโมงต่อวัน

ระบบปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้า = 7.44 Kwh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.14 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load) อาคารตัวอย่างในทิศตะวันตก

| แสดงการคำนวณภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | ทิศ ตะวันตก     |                 |                 |                 |                 |        |
|----------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| TIME                                         | Q <sub>11</sub> | Q <sub>12</sub> | Q <sub>13</sub> | Q <sub>21</sub> | Q <sub>22</sub> | Q <sub>23</sub> | Q <sub>31</sub> | Q <sub>32</sub> | Q <sub>33</sub> | Q <sub>41</sub> | Q <sub>42</sub> | Q <sub>43</sub> | Q      |
| 1.00                                         | 355.9           | 249.9           | 451.2           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4959.2 |
| 2.00                                         | 287.6           | 219.7           | 267.4           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4676.9 |
| 3.00                                         | 219.2           | 189.5           | 83.7            | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4394.7 |
| 4.00                                         | 197.1           | 174.4           | -8.2            | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4265.6 |
| 5.00                                         | 175.0           | 144.3           | -100.1          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4121.4 |
| 6.00                                         | 175.0           | 129.2           | -191.9          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4014.5 |
| 7.00                                         | 175.0           | 99.0            | -191.9          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 3984.3 |
| 8.00                                         | 221.2           | 84.0            | 83.7            | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4291.1 |
| 9.00                                         | 267.4           | 68.9            | 451.2           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4689.7 |
| 10.00                                        | 313.6           | 68.9            | 1002.4          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 5287.2 |
| 11.00                                        | 384.0           | 68.9            | 1455.0          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 5810.1 |
| 12.00                                        | 430.2           | 68.9            | 2288.7          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 6690.0 |
| 13.00                                        | 589.0           | 84.0            | 2839.9          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 7415.2 |
| 14.00                                        | 810.2           | 84.0            | 3299.3          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 8095.7 |
| 15.00                                        | 1077.6          | 114.1           | 3574.9          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 8668.9 |
| 16.00                                        | 1298.8          | 144.3           | 3666.8          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 9012.1 |
| 17.00                                        | 1407.4          | 189.5           | 3666.8          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 9166.0 |
| 18.00                                        | 1385.3          | 249.9           | 3391.2          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 8928.6 |
| 19.00                                        | 1051.5          | 295.1           | 2931.8          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 8180.7 |
| 20.00                                        | 826.4           | 325.3           | 2288.7          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 7342.6 |
| 21.00                                        | 669.5           | 340.3           | 1737.4          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 6649.6 |
| 22.00                                        | 556.9           | 325.3           | 1278.1          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 6062.5 |
| 23.00                                        | 490.6           | 310.2           | 910.6           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 5613.6 |
| 24.00                                        | 400.1           | 280.0           | 634.9           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 5217.3 |

พื้นที่ใช้สอยภายในห้อง 19.5 ตร.ม. ใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาที่มากที่สุด 9166.0 BTU /H

ดัชนีการติดตั้งระบบปรับอากาศในอาคาร 470.1 BTU/h/m<sup>2</sup> 0.7638 TON

ระบบปรับอากาศใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 1.3 Kw / Ton = 0.99 Kw

การทำงานของเครื่องปรับอากาศ 8 ชั่วโมงต่อวัน

ระบบปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้า = 7.94 Kwh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.15 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load) อาคารตัวอย่างในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

| แสดงการคำนวณภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | ทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือ |                 |                 |        |
|----------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------|-----------------|-----------------|--------|
| TIME                                         | Q <sub>11</sub> | Q <sub>12</sub> | Q <sub>13</sub> | Q <sub>21</sub> | Q <sub>22</sub> | Q <sub>23</sub> | Q <sub>31</sub> | Q <sub>32</sub> | Q <sub>33</sub> | Q <sub>41</sub>        | Q <sub>42</sub> | Q <sub>43</sub> | Q      |
| 1.00                                         | 165.42          | 168.82          | 431.7           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 4668.2 |
| 2.00                                         | 121.13          | 153.74          | 248.0           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 4425.1 |
| 3.00                                         | 97.02           | 138.65          | 64.2            | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 4202.1 |
| 4.00                                         | 97.02           | 123.57          | -27.7           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 4095.2 |
| 5.00                                         | 97.02           | 108.49          | -119.5          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 3988.2 |
| 6.00                                         | 399.84          | 108.49          | -211.4          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 4199.2 |
| 7.00                                         | 702.65          | 93.41           | -211.4          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 4486.9 |
| 8.00                                         | 889.26          | 93.41           | 64.2            | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 4949.1 |
| 9.00                                         | 932.56          | 123.57          | 431.7           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 5390.1 |
| 10.00                                        | 855.73          | 153.74          | 983.0           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 5894.7 |
| 11.00                                        | 823.17          | 183.90          | 1354.1          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 6263.4 |
| 12.00                                        | 786.74          | 198.98          | 2269.2          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 7157.2 |
| 13.00                                        | 794.58          | 214.06          | 2820.5          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 7731.4 |
| 14.00                                        | 774.39          | 229.15          | 3279.8          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 8185.6 |
| 15.00                                        | 778.31          | 229.15          | 3555.5          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 8465.2 |
| 16.00                                        | 717.74          | 229.15          | 3647.3          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 8496.5 |
| 17.00                                        | 633.08          | 244.23          | 3647.3          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 8426.9 |
| 18.00                                        | 592.70          | 244.23          | 3371.7          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 8110.9 |
| 19.00                                        | 487.84          | 244.23          | 2912.3          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 7546.7 |
| 20.00                                        | 399.25          | 229.15          | 2269.2          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 6799.9 |
| 21.00                                        | 334.76          | 229.15          | 1718.0          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 6184.1 |
| 22.00                                        | 270.28          | 214.06          | 1258.6          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 5645.2 |
| 23.00                                        | 229.90          | 198.98          | 891.1           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 5222.2 |
| 24.00                                        | 24.12           | 183.90          | 615.5           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                    | 172.48          | 506.02          | 4725.7 |

พื้นที่ใช้สอยภายในห้อง 19.5 ตร.ม. ใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาที่มากที่สุด 8496.5 BTU /H

ดัชนีการติดตั้งระบบปรับอากาศในอาคาร 435.7 BTU/h/m<sup>2</sup> 0.708 TON

ระบบปรับอากาศใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 1.3 Kw x Ton = 0.92 Kw

การทำงานของเครื่องปรับอากาศ 8 ชั่วโมงต่อวัน

ระบบปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้า = 7.36 Kwh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.16 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load) อาคารตัวอย่างในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

| แสดงการคำนวณภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | ทิศ ตะวันตกเฉียงเหนือ |                 |                 |        |
|----------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|--------|
| TIME                                         | Q <sub>11</sub> | Q <sub>12</sub> | Q <sub>13</sub> | Q <sub>21</sub> | Q <sub>22</sub> | Q <sub>23</sub> | Q <sub>31</sub> | Q <sub>32</sub> | Q <sub>33</sub> | Q <sub>41</sub>       | Q <sub>42</sub> | Q <sub>43</sub> | Q      |
| 1.00                                         | 318.8           | 244.23          | 431.7           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 4897.0 |
| 2.00                                         | 252.6           | 214.06          | 248.0           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 4616.9 |
| 3.00                                         | 207.5           | 198.98          | 64.2            | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 4372.9 |
| 4.00                                         | 165.4           | 168.82          | -27.7           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 4208.8 |
| 5.00                                         | 144.3           | 153.74          | -119.5          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 4080.8 |
| 6.00                                         | 165.4           | 138.65          | -211.4          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 3994.9 |
| 7.00                                         | 186.4           | 123.57          | -211.4          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 4000.8 |
| 8.00                                         | 231.6           | 108.49          | 64.2            | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 4306.5 |
| 9.00                                         | 297.8           | 93.41           | 431.7           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 4725.2 |
| 10.00                                        | 342.9           | 93.41           | 983.0           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 5321.6 |
| 11.00                                        | 433.3           | 93.41           | 1450.2          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 5879.2 |
| 12.00                                        | 478.4           | 93.41           | 2269.2          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 6743.3 |
| 13.00                                        | 547.7           | 108.49          | 2820.5          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 7378.9 |
| 14.00                                        | 610.8           | 123.57          | 3279.8          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 7916.5 |
| 15.00                                        | 824.4           | 138.65          | 3555.5          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 8420.8 |
| 16.00                                        | 1077.0          | 153.73          | 3647.3          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 8780.4 |
| 17.00                                        | 1242.4          | 183.90          | 3647.3          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 8975.9 |
| 18.00                                        | 1305.6          | 214.06          | 3371.7          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 8793.6 |
| 19.00                                        | 965.7           | 259.31          | 2912.3          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 8039.6 |
| 20.00                                        | 770.1           | 289.47          | 2269.2          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 7231.0 |
| 21.00                                        | 619.7           | 304.56          | 1718.0          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 6544.4 |
| 22.00                                        | 511.4           | 289.47          | 1258.6          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 5961.7 |
| 23.00                                        | 448.2           | 274.39          | 891.1           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 5515.9 |
| 24.00                                        | 360.9           | 259.31          | 615.5           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                   | 172.48          | 506.02          | 5138.0 |

พื้นที่ใช้สอยภายในห้อง 19.5 ตร.ม. ใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาที่มากที่สุด 8975.9 BTU /H

ดัชนีการติดตั้งระบบปรับอากาศในอาคาร 460.3 BTU/h/m<sup>2</sup> 0.748 TON

ระบบปรับอากาศใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 1.3 Kw x Ton = 0.97 Kw

การทำงานของเครื่องปรับอากาศ 8 ชั่วโมงต่อวัน

ระบบปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้า = 7.78 Kwh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ ก.17 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารตัวอย่างในทิศตะวันออกเฉียงใต้

| แสดงการคำนวณภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | ทิศ ตะวันออกเฉียงใต้ |                 |                 |        |
|----------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------|-----------------|-----------------|--------|
| TIME                                         | Q <sub>11</sub> | Q <sub>12</sub> | Q <sub>13</sub> | Q <sub>21</sub> | Q <sub>22</sub> | Q <sub>23</sub> | Q <sub>31</sub> | Q <sub>32</sub> | Q <sub>33</sub> | Q <sub>41</sub>      | Q <sub>42</sub> | Q <sub>43</sub> | Q      |
| 1.00                                         | 230.2           | 195.4           | 451.2           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4779.1 |
| 2.00                                         | 183.2           | 180.3           | 267.4           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4533.2 |
| 3.00                                         | 136.2           | 165.2           | 83.7            | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4287.4 |
| 4.00                                         | 113.3           | 135.1           | -8.2            | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4142.4 |
| 5.00                                         | 90.4            | 120.0           | -100.1          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4012.6 |
| 6.00                                         | 296.5           | 104.9           | -191.9          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4111.8 |
| 7.00                                         | 571.4           | 104.9           | -191.9          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4386.6 |
| 8.00                                         | 870.3           | 104.9           | 83.7            | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4961.2 |
| 9.00                                         | 1123.5          | 104.9           | 451.2           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 5581.8 |
| 10.00                                        | 1285.0          | 135.1           | 1002.4          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 6324.7 |
| 11.00                                        | 1379.0          | 180.3           | 1450.3          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 6911.9 |
| 12.00                                        | 1288.6          | 210.5           | 2288.7          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 7690.0 |
| 13.00                                        | 1199.4          | 240.6           | 2839.9          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 8182.2 |
| 14.00                                        | 1084.9          | 270.8           | 3299.3          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 8557.2 |
| 15.00                                        | 1017.4          | 285.9           | 3574.9          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 8780.4 |
| 16.00                                        | 948.7           | 301.0           | 3666.8          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 8818.7 |
| 17.00                                        | 833.0           | 301.0           | 3666.8          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 8703.0 |
| 18.00                                        | 741.3           | 301.0           | 3391.2          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 8335.7 |
| 19.00                                        | 625.6           | 285.9           | 2931.8          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 7745.5 |
| 20.00                                        | 508.7           | 285.9           | 2288.7          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 6985.5 |
| 21.00                                        | 438.8           | 270.8           | 1737.4          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 6349.3 |
| 22.00                                        | 368.9           | 255.7           | 1278.1          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 5804.9 |
| 23.00                                        | 323.1           | 240.6           | 910.6           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 5376.5 |
| 24.00                                        | 253.1           | 210.5           | 634.9           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 5000.8 |

พื้นที่ใช้สอยภายในห้อง 19.5 ตร.ม. ใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาที่มากที่สุด 8818.7 BTU /H

ดัชนีการติดตั้งระบบปรับอากาศในอาคาร 452.2 BTU/h/m<sup>2</sup> 0.7349 TON

ระบบปรับอากาศใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 1.3 Kw / Ton = 0.96 Kw

การทำงานของเครื่องปรับอากาศ 8 ชั่วโมงต่อวัน

ระบบปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้า = 7.64 Kwh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.18 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load) อาคารตัวอย่างในทิศตะวันตกเฉียงใต้

| แสดงการคำนวณภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | ทิศ             |                 | ตะวันตกเฉียงใต้ |                 |        |  |
|----------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|--|
| TIME                                         | Q <sub>11</sub> | Q <sub>12</sub> | Q <sub>13</sub> | Q <sub>21</sub> | Q <sub>22</sub> | Q <sub>23</sub> | Q <sub>31</sub> | Q <sub>32</sub> | Q <sub>33</sub> | Q <sub>41</sub> | Q <sub>42</sub> | Q <sub>43</sub> | Q      |  |
| 1.00                                         | 376.0           | 255.7           | 451.2           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4985.1 |  |
| 2.00                                         | 328.4           | 240.6           | 267.4           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4738.7 |  |
| 3.00                                         | 257.4           | 210.5           | 83.7            | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4453.8 |  |
| 4.00                                         | 210.5           | 180.3           | -8.2            | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4284.8 |  |
| 5.00                                         | 187.0           | 165.2           | -100.1          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4154.4 |  |
| 6.00                                         | 187.0           | 150.1           | -191.9          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4047.5 |  |
| 7.00                                         | 210.5           | 120.0           | -191.9          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4040.7 |  |
| 8.00                                         | 281.5           | 104.9           | 83.7            | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4372.3 |  |
| 9.00                                         | 329.0           | 104.9           | 451.2           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4787.4 |  |
| 10.00                                        | 400.1           | 89.8            | 1002.4          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 5394.6 |  |
| 11.00                                        | 495.2           | 89.8            | 1452.0          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 5939.3 |  |
| 12.00                                        | 660.0           | 104.9           | 2288.7          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 6955.9 |  |
| 13.00                                        | 942.8           | 104.9           | 2839.9          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 7789.9 |  |
| 14.00                                        | 1200.8          | 135.1           | 3299.3          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 8537.4 |  |
| 15.00                                        | 1436.0          | 165.2           | 3574.9          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 9078.5 |  |
| 16.00                                        | 1553.3          | 210.5           | 3666.8          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 9332.8 |  |
| 17.00                                        | 1552.7          | 255.7           | 3666.8          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 9377.4 |  |
| 18.00                                        | 1411.9          | 301.0           | 3391.2          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 9006.3 |  |
| 19.00                                        | 1106.4          | 331.1           | 2931.8          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 8271.5 |  |
| 20.00                                        | 870.5           | 346.2           | 2288.7          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 7407.6 |  |
| 21.00                                        | 729.1           | 346.2           | 1737.4          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 6715.0 |  |
| 22.00                                        | 611.2           | 331.1           | 1278.1          | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 6122.6 |  |
| 23.00                                        | 540.8           | 316.0           | 910.6           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 5669.6 |  |
| 24.00                                        | 446.3           | 285.9           | 634.9           | 1681.8          | 91.65           | 739.05          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 5269.4 |  |

พื้นที่ใช้สอยภายในห้อง 19.5 ตร.ม. ใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาที่มากที่สุด 9377.4 BTU /H

ดัชนีการติดตั้งระบบปรับอากาศในอาคาร 480.9 BTU/h/m<sup>2</sup> 0.7815 TON

ระบบปรับอากาศใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 1.3 Kw / Ton = 1.02 Kw

การทำงานของเครื่องปรับอากาศ 8 ชั่วโมงต่อวัน

ระบบปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้า = 8.13 Kwh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 แสดงวิธีการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)ของอาคารเสนอแนะ

ก.3.1 ตัวอย่างการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น (Cooling Load)ของห้องนอนทางทิศใต้

ทิศ      ได้

1. ความร้อนเพิ่มเนื่องจากแสงอาทิตย์ (SOLAR GAIN)      (Q1)

1.1 กระจกด้านนอก (EXTERIOR GLASS)      (Q11)

$Q_{11} = (A \times SC \times SHGF \times CLF) + (A \times U \times ETD)$   
A =            2.15    Sq.m.      SHGF =        645.5    W/m<sup>2</sup>      U =            5.88    w/m<sup>2</sup>(c)  
SC =           0.54                      CLF =    ตามตารางที่ ก.4      ETD =    ตามตารางที่ ก.2

| เดือน      เมษายน |                        |       |                        |       |                        |       |                        |
|-------------------|------------------------|-------|------------------------|-------|------------------------|-------|------------------------|
| Time              | Q <sub>11</sub> (Watt) | Time  | Q <sub>11</sub> (Watt) | Time  | Q <sub>11</sub> (Watt) | Time  | Q <sub>11</sub> (Watt) |
| 1.00              | 37.4757                | 7.00  | 31.6269                | 13.00 | 167.3143               | 19.00 | 141.7155               |
| 2.00              | 21.5946                | 8.00  | 49.6675                | 14.00 | 169.4738               | 20.00 | 104.5545               |
| 3.00              | 7.8728                 | 9.00  | 69.8676                | 15.00 | 183.1955               | 21.00 | 83.2746                |
| 4.00              | 4.6336                 | 10.00 | 88.9880                | 16.00 | 181.036                | 22.00 | 64.1542                |
| 5.00              | 2.47422                | 11.00 | 120.7505               | 17.00 | 169.4738               | 23.00 | 58.7556                |
| 6.00              | 24.0688                | 12.00 | 138.7911               | 18.00 | 173.7927               | 24.00 | 41.7947                |

1.2 กำแพงด้านนอก (EXTERIOR WALL)      (Q12)

$Q_{12} = U \times A \times ETD_c$   
A =            25.40    Sq.m.      ETDc =    ตามตารางที่ ก.5,ก.6      U =            1.37    w/m<sup>2</sup>(c)

| เดือน      เมษายน |                        |       |                        |       |                        |       |                        |
|-------------------|------------------------|-------|------------------------|-------|------------------------|-------|------------------------|
| Time              | Q <sub>11</sub> (Watt) | Time  | Q <sub>11</sub> (Watt) | Time  | Q <sub>11</sub> (Watt) | Time  | Q <sub>11</sub> (Watt) |
| 1.00              | 385.3416               | 7.00  | 181.7733               | 13.00 | 159.1546               | 19.00 | 498.4351               |
| 2.00              | 362.7229               | 8.00  | 159.1546               | 14.00 | 204.392                | 20.00 | 521.0538               |
| 3.00              | 317.4855               | 9.00  | 159.1546               | 15.00 | 249.6294               | 21.00 | 521.0538               |
| 4.00              | 272.2481               | 10.00 | 136.5359               | 16.00 | 317.4855               | 22.00 | 498.4351               |
| 5.00              | 249.6294               | 11.00 | 136.5359               | 17.00 | 385.3416               | 23.00 | 475.8164               |
| 6.00              | 227.0107               | 12.00 | 159.1546               | 18.00 | 453.1977               | 24.00 | 430.579                |

1.3 หลังคา (ROOF)      (Q13)

$Q_{13} = U \times A \times ETD_c$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A = 26.50 Sq.m.      ETDc = ตามตารางที่ ก.8,ก.9      U = 0.56 w/m<sup>2</sup>(c)

| เดือน เมษายน |                        |       |                        |       |                        |       |                        |
|--------------|------------------------|-------|------------------------|-------|------------------------|-------|------------------------|
| Time         | Q <sub>11</sub> (Watt) | Time  | Q <sub>11</sub> (Watt) | Time  | Q <sub>11</sub> (Watt) | Time  | Q <sub>11</sub> (Watt) |
| 1.00         | 5.204                  | 7.00  | -98.67                 | 13.00 | 391.044                | 19.00 | 405.884                |
| 2.00         | -24.476                | 8.00  | -54.156                | 14.00 | 465.244                | 20.00 | 302.004                |
| 3.00         | -54.156                | 9.00  | 5.204                  | 15.00 | 509.764                | 21.00 | 212.964                |
| 4.00         | -68.996                | 10.00 | 94.244                 | 16.00 | 524.604                | 22.00 | 138.764                |
| 5.00         | -83.836                | 11.00 | 79.404                 | 17.00 | 524.604                | 23.00 | 79.404                 |
| 6.00         | -98.676                | 12.00 | 302.004                | 18.00 | 480.084                | 24.00 | 34.884                 |

2. ความร้อนเนื่องจากการส่งผ่านความร้อน ( TRANSMISSION HEAT LOAD ) (Q2)

2.1 กำแพง ( INTEROIR WALL ) (Q21)

Q<sub>21</sub> = U x A x TD  
U = 3.31 w/m<sup>2</sup>(c)  
A = 50.81 Sq.m.  
TD = 10 °C  
Q<sub>21</sub> = 1681.811 Watt

2.2 เพดาน ( CEILING ) (Q22)

Q<sub>22</sub> = U x A x TD  
U = 0.47 w/m<sup>2</sup>(c)  
A = 19.5 Sq.m.  
TD = 10 °C  
Q<sub>22</sub> = 91.65 Watt

2.3 พื้น ( FLOOR ) (Q32)

Q<sub>23</sub> = U x A x TD  
U = 3.79 w/m<sup>2</sup>(c)  
A = 19.5 Sq.m.  
TD = 10 °C  
Q<sub>23</sub> = 739.05 Watt

3. ความร้อนสัมผัส (SENSIBLE HEAT ) (Q3)

3.1 ภาระจากบุคคล (PEOPLE LOAD) (Q31)

Q<sub>31</sub> = จำนวนคน x ตัวประกอบความร้อนสัมผัส  
2 x 65  
Q<sub>31</sub> = 130 Watt

3.2 ภาระจากแสงไฟฟ้า ( LIGHTING LOAD ) (Q32)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$Q_{32} = \text{จำนวนวัตต์} + \text{ค่าคงที่}$$

$$60 \times 3.41$$

$$Q_{32} = 204.6 \text{ Watt}$$

### 3.3 ภาระจากอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ (Q33)

$$Q_{33} = \text{จำนวนวัตต์} \times \text{ค่าคงที่}$$

$$\text{เครื่องเสียง} \quad 45 \text{ Watt}$$

$$\text{โทรทัศน์} \quad 65 \text{ Watt}$$

$$= (45+65) \times 3.41$$

$$Q_{33} = 266.65 \text{ Watt}$$

## 4. ความร้อนแฝง (Latent Heat) (Q4)

### 4.1 ภาระจากบุคคล (PEOPLE LOAD) (Q41)

$$Q_{41} = \text{จำนวนคน} \times \text{ตัวประกอบความร้อนแฝง}$$

$$2 \times 55$$

$$Q_{41} = 110 \text{ Watt}$$

### 4.2 ความร้อนจากการถ่ายเทความร้อน (Q42)

$$Q_{42} = 1.232 \times (\text{LPS}) \times \text{TD}$$

$$\text{LPS} = \text{Number of People} \times (\text{LPS / Person})$$

$$\text{LPS} = 2 \times 7$$

$$\text{LPS} = 14 \text{ ลิตร / วินาที}$$

$$Q_{42} = 172.48 \text{ Watt}$$

### 4.3 ความร้อนแฝงจากอัตราการถ่ายเทความร้อน (Q43)

$$Q_{43} = 3012 \times \text{moisture diff} \times (\text{LPS})$$

$$3012 \times 0.012 \times 14$$

$$Q_{43} = 506.016 \text{ Watt}$$

## ข้อมูลในการคำนวณภาระความเย็นในการปรับอากาศ (Cooling Load)

1. สถานที่ตั้งใน เขต กรุงเทพมหานคร
2. อุณหภูมิภายนอกที่ 35 องศาเซลเซียส
3. อุณหภูมิ ออกแบบภายใน 25 องศาเซลเซียส ความชื้น 50%
4. การวิเคราะห์ภาระการทำความเย็น 24 ชม. และเวลาที่เกิดภาระความเย็นสูงสุด (Peak Load)

## ก.3.2 แสดงข้อมูลการคำนวณค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารเสนอแนะ ในแต่ละทิศ

ค่าการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นในแต่ละทิศของอาคารทาวน์เฮาส์เสนอแนะ แสดงใน

ตารางที่ ก.19-ก.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.19 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารเสนอแนะในทิศใต้

แสดงการคำนวณภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) ทิศ ใต้

| TIME  | Q <sub>11</sub> | Q <sub>12</sub> | Q <sub>13</sub> | Q <sub>21</sub> | Q <sub>22</sub> | Q <sub>23</sub> | Q <sub>31</sub> | Q <sub>32</sub> | Q <sub>33</sub> | Q <sub>41</sub> | Q <sub>42</sub> | Q <sub>43</sub> | Q      |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| 1.00  | 37.47           | 385.34          | 73.7            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4289.7 |
| 2.00  | 21.59           | 362.72          | 44.0            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4221.5 |
| 3.00  | 7.87            | 317.48          | 14.4            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4132.8 |
| 4.00  | 4.63            | 272.24          | -0.5            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4069.5 |
| 5.00  | 2.74            | 249.62          | -15.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4030.2 |
| 6.00  | 24.06           | 227.01          | -30.1           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4014.1 |
| 7.00  | 31.62           | 181.77          | -30.2           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 3976.4 |
| 8.00  | 49.66           | 159.15          | 14.4            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4016.3 |
| 9.00  | 69.86           | 159.15          | 73.7            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4095.9 |
| 10.00 | 88.98           | 136.53          | 142.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4160.9 |
| 11.00 | 120.75          | 136.53          | 225.0           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4275.4 |
| 12.00 | 138.79          | 159.15          | 370.5           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4461.6 |
| 13.00 | 167.31          | 159.15          | 459.6           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4579.1 |
| 14.00 | 169.47          | 204.39          | 533.8           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4700.7 |
| 15.00 | 183.19          | 249.62          | 578.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4804.2 |
| 16.00 | 186.50          | 317.48          | 593.1           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4890.2 |
| 17.00 | 186.50          | 385.34          | 593.1           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4958.1 |
| 18.00 | 185.00          | 460.00          | 548.6           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4986.7 |
| 19.00 | 141.71          | 498.43          | 474.4           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4907.7 |
| 20.00 | 104.55          | 521.05          | 370.5           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4789.2 |
| 21.00 | 83.27           | 521.05          | 281.5           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4678.9 |
| 22.00 | 64.15           | 498.43          | 207.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4563.0 |
| 23.00 | 58.75           | 475.81          | 147.9           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4475.6 |
| 24.00 | 41.79           | 430.57          | 103.4           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4368.9 |

พื้นที่ใช้สอยภายในห้อง 16.9 ตร.ม. ใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาที่มากที่สุด 4986.7 BTU /H

ดัชนีการติดตั้งระบบปรับอากาศในอาคาร 295.1 BTU/h/m<sup>2</sup> 0.4156 TON

ระบบปรับอากาศใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 1.3 Kw x Ton = 0.54 Kw

การทำงานของเครื่องปรับอากาศ 8 ชั่วโมงต่อวัน

ระบบปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้า = 4.32 Kwh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.20 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load) อาคารเสนอแนะในทิศเหนือ

แสดงการคำนวณภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) ทิศ เหนือ

| TIME  | Q <sub>11</sub> | Q <sub>12</sub> | Q <sub>13</sub> | Q <sub>21</sub> | Q <sub>22</sub> | Q <sub>23</sub> | Q <sub>31</sub> | Q <sub>32</sub> | Q <sub>33</sub> | Q <sub>41</sub> | Q <sub>42</sub> | Q <sub>43</sub> | Q      |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| 1.00  | 106.82          | 257.75          | 73.7            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4231.4 |
| 2.00  | 80.89           | 235.13          | 44.0            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4153.2 |
| 3.00  | 65.16           | 189.89          | 14.4            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4062.5 |
| 4.00  | 52.87           | 144.65          | -0.5            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 3990.2 |
| 5.00  | 44.68           | 122.04          | -15.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 3944.5 |
| 6.00  | 85.63           | 99.42           | -30.1           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 3948.1 |
| 7.00  | 145.69          | 54.18           | -30.2           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 3962.8 |
| 8.00  | 188.36          | 31.56           | 14.4            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4027.4 |
| 9.00  | 229.67          | 31.56           | 73.7            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4128.1 |
| 10.00 | 266.88          | 8.94            | 142.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4211.3 |
| 11.00 | 316.73          | 8.94            | 225.0           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4343.8 |
| 12.00 | 349.85          | 31.56           | 370.5           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4545.1 |
| 13.00 | 387.42          | 31.56           | 459.6           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4671.7 |
| 14.00 | 401.23          | 76.80           | 533.8           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4804.9 |
| 15.00 | 412.34          | 122.04          | 578.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4905.8 |
| 16.00 | 395.87          | 189.89          | 593.1           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4972.0 |
| 17.00 | 350.26          | 257.75          | 593.1           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4994.3 |
| 18.00 | 325.00          | 325.60          | 548.6           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4992.3 |
| 19.00 | 295.86          | 370.84          | 474.4           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4934.2 |
| 20.00 | 255.31          | 393.46          | 370.5           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4812.4 |
| 21.00 | 209.91          | 393.46          | 281.5           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4678.0 |
| 22.00 | 172.70          | 370.84          | 207.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4543.9 |
| 23.00 | 142.35          | 348.22          | 147.9           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4431.6 |
| 24.00 | 123.20          | 302.90          | 103.4           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4322.6 |

พื้นที่ใช้สอยภายในห้อง 16.9 ตร.ม. ใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาที่มากที่สุด 4994.3 BTU /H

ดัชนีการติดตั้งระบบปรับอากาศในอาคาร 295.5 BTU/h/m<sup>2</sup> 0.4162 TON

ระบบปรับอากาศใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 1.3 Kw x Ton = 0.54 Kw

การทำงานของเครื่องปรับอากาศ 8 ชั่วโมงต่อวัน

ระบบปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้า = 4.33 Kwh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





| TIME  | Q <sub>11</sub> | Q <sub>12</sub> | Q <sub>13</sub> | Q <sub>21</sub> | Q <sub>22</sub> | Q <sub>23</sub> | Q <sub>31</sub> | Q <sub>32</sub> | Q <sub>33</sub> | Q <sub>41</sub> | Q <sub>42</sub> | Q <sub>43</sub> | Q      |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|
| 1.00  | 57.70           | 257.75          | 73.7            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4182.3 |
| 2.00  | 39.18           | 235.13          | 44.0            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4111.5 |
| 3.00  | 24.58           | 189.89          | 14.4            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4022.0 |
| 4.00  | 18.70           | 144.65          | -0.5            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 3956.0 |
| 5.00  | 14.78           | 122.04          | -15.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 3914.6 |
| 6.00  | 30.52           | 99.42           | -30.1           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 3893.0 |
| 7.00  | 67.69           | 54.18           | -30.2           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 3884.8 |
| 8.00  | 90.13           | 31.56           | 14.4            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 3929.2 |
| 9.00  | 116.48          | 31.56           | 73.7            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4014.9 |
| 10.00 | 145.25          | 8.94            | 142.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4089.6 |
| 11.00 | 177.92          | 8.94            | 225.0           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4205.0 |
| 12.00 | 200.36          | 31.56           | 370.5           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4395.6 |
| 13.00 | 231.52          | 31.56           | 459.6           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4515.8 |
| 14.00 | 245.36          | 76.80           | 533.8           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4649.0 |
| 15.00 | 250.04          | 122.04          | 578.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4743.5 |
| 16.00 | 250.42          | 189.89          | 593.1           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4826.6 |
| 17.00 | 246.13          | 257.75          | 593.1           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4890.1 |
| 18.00 | 230.25          | 325.60          | 548.6           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4897.6 |
| 19.00 | 195.37          | 370.84          | 474.4           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4833.7 |
| 20.00 | 148.53          | 393.46          | 370.5           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4705.6 |
| 21.00 | 120.22          | 393.46          | 281.5           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4588.3 |
| 22.00 | 95.82           | 370.84          | 207.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4467.1 |
| 23.00 | 86.02           | 348.22          | 147.9           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4375.3 |
| 24.00 | 65.54           | 302.90          | 103.4           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110             | 172.48          | 506.02          | 4265.0 |

ระบบปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้า = 4.24 Kwh

ตารางที่ ก.23 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load) อาคารเสนอแนะในทิศตะวันออกเฉียงใต้

| แสดงการคำนวณภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | ทิศ ตะวันออกเฉียงใต้ |                 |                 |        |
|----------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------------|-----------------|-----------------|--------|
| TIME                                         | Q <sub>11</sub> | Q <sub>12</sub> | Q <sub>13</sub> | Q <sub>21</sub> | Q <sub>22</sub> | Q <sub>23</sub> | Q <sub>31</sub> | Q <sub>32</sub> | Q <sub>33</sub> | Q <sub>41</sub>      | Q <sub>42</sub> | Q <sub>43</sub> | Q      |
| 1.00                                         | 35.22           | 385.34          | 73.7            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4287.4 |
| 2.00                                         | 19.63           | 362.72          | 44.0            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4219.5 |
| 3.00                                         | 6.01            | 317.48          | 14.4            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4131.0 |
| 4.00                                         | 3.06            | 272.24          | -0.5            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4068.0 |
| 5.00                                         | 1.10            | 249.62          | -15.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4028.5 |
| 6.00                                         | 20.70           | 227.01          | -30.1           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4010.7 |
| 7.00                                         | 27.60           | 181.77          | -30.2           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 3972.3 |
| 8.00                                         | 45.16           | 159.15          | 14.4            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4011.8 |
| 9.00                                         | 64.67           | 145.30          | 73.7            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4076.8 |
| 10.00                                        | 83.20           | 136.53          | 142.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4155.2 |
| 11.00                                        | 114.38          | 136.53          | 225.0           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4269.0 |
| 12.00                                        | 131.93          | 150.23          | 370.5           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4445.8 |
| 13.00                                        | 160.16          | 159.15          | 459.6           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4572.0 |
| 14.00                                        | 162.12          | 204.39          | 533.8           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4693.4 |
| 15.00                                        | 175.74          | 249.62          | 578.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4796.8 |
| 16.00                                        | 173.78          | 317.48          | 593.1           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4877.5 |
| 17.00                                        | 170.00          | 385.34          | 593.1           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4941.6 |
| 18.00                                        | 166.05          | 460.00          | 548.6           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4967.8 |
| 19.00                                        | 135.73          | 498.43          | 474.4           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4901.7 |
| 20.00                                        | 99.65           | 521.05          | 370.5           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4784.3 |
| 21.00                                        | 79.15           | 521.05          | 281.5           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4674.8 |
| 22.00                                        | 60.15           | 498.43          | 207.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4559.0 |
| 23.00                                        | 55.71           | 475.81          | 147.9           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4472.6 |
| 24.00                                        | 39.14           | 430.57          | 103.4           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                  | 172.48          | 506.02          | 4366.2 |

พื้นที่ใช้สอยภายในห้อง 16.9 ตร.ม. ใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาที่มากที่สุด 4967.8 BTU /H

ดัชนีการติดตั้งระบบปรับอากาศในอาคาร 294.0 BTU/h/m<sup>2</sup> 0.414 TON

ระบบปรับอากาศใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 1.3 Kw x Ton = 0.54 Kw

การทำงานของเครื่องปรับอากาศ 8 ชั่วโมงต่อวัน

ระบบปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้า = 4.31 Kwh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.24 แสดงค่าภาระการทำความเย็น(Cooling Load)อาคารเสนอแนะในทิศตะวันตกเฉียงใต้

| แสดงการคำนวณภาระการทำความเย็น (COOLING LOAD) |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 | ทิศ ตะวันตกเฉียงใต้ |                 |                 |        |
|----------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------|-----------------|--------|
| TIME                                         | Q <sub>11</sub> | Q <sub>12</sub> | Q <sub>13</sub> | Q <sub>21</sub> | Q <sub>22</sub> | Q <sub>23</sub> | Q <sub>31</sub> | Q <sub>32</sub> | Q <sub>33</sub> | Q <sub>41</sub>     | Q <sub>42</sub> | Q <sub>43</sub> | Q      |
| 1.00                                         | 38.07           | 385.34          | 73.7            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4290.3 |
| 2.00                                         | 22.11           | 362.72          | 44.0            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4222.0 |
| 3.00                                         | 8.36            | 317.48          | 14.4            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4133.3 |
| 4.00                                         | 5.04            | 272.24          | -0.5            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4069.9 |
| 5.00                                         | 2.83            | 249.62          | -15.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4030.3 |
| 6.00                                         | 24.95           | 227.01          | -30.1           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4015.0 |
| 7.00                                         | 32.69           | 181.77          | -30.2           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 3977.4 |
| 8.00                                         | 50.86           | 159.15          | 14.4            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4017.5 |
| 9.00                                         | 71.24           | 145.30          | 73.7            | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4083.4 |
| 10.00                                        | 90.52           | 136.53          | 142.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4162.5 |
| 11.00                                        | 122.44          | 136.53          | 225.0           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4277.1 |
| 12.00                                        | 140.61          | 150.23          | 370.5           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4454.5 |
| 13.00                                        | 169.21          | 159.15          | 459.6           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4581.0 |
| 14.00                                        | 171.42          | 204.39          | 533.8           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4702.7 |
| 15.00                                        | 185.17          | 249.62          | 578.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4806.2 |
| 16.00                                        | 182.95          | 317.48          | 593.1           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4886.7 |
| 17.00                                        | 178.56          | 385.34          | 593.1           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4950.1 |
| 18.00                                        | 175.84          | 460.00          | 548.6           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4977.6 |
| 19.00                                        | 143.30          | 498.43          | 474.4           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4909.3 |
| 20.00                                        | 105.85          | 521.05          | 370.5           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4790.5 |
| 21.00                                        | 84.36           | 521.05          | 281.5           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4680.0 |
| 22.00                                        | 65.09           | 498.43          | 207.3           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4563.9 |
| 23.00                                        | 59.56           | 475.81          | 147.9           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4476.4 |
| 24.00                                        | 42.49           | 430.57          | 103.4           | 1668.2          | 94.64           | 640.51          | 130             | 204.6           | 266.65          | 110                 | 172.48          | 506.02          | 4369.6 |

พื้นที่ใช้สอยภายในห้อง 16.9 ตร.ม. ใช้เครื่องปรับอากาศ ณ เวลาที่มากที่สุด 4977.6 BTU /H

ดัชนีการติดตั้งระบบปรับอากาศในอาคาร 294.5 BTU/h/m<sup>2</sup> 0.4148 TON

ระบบปรับอากาศใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 1.3 Kw x Ton = 0.54 Kw

การทำงานของเครื่องปรับอากาศ 8 ชั่วโมงต่อวัน

ระบบปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้า = 4.31 Kwh

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ข้อมูล และวิธีการคำนวณทางด้านแสงสว่างธรรมชาติ





## ข. 1 คำนิยามและคำศัพท์เทคนิคระบบแสงสว่าง \*

ความส่องสว่าง (Luminance :L)

ความส่องสว่างคือความหนาแน่นของฟลักซ์การส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงในมุมเชิงของแข็ง บนพื้นที่ใดๆ หาคด้วยพื้นที่นั้นที่ฉายไปบนระนาบซึ่งตั้งฉากกับทิศทางของฟลักซ์การส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร ( $\text{cd/m}^2$ ) หรือ ฟุตแลมเบิร์ต (Footlambert : fl)

ความสว่าง (Illuminance :E)

ความสว่าง คือ ฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกกระทบพื้นที่ใดๆ หาคด้วยพื้นที่ที่ฟลักซ์การส่องสว่างตกกระทบ มีหน่วยเป็น ลักซ์ (Lux) หรือฟุตแคนเดิล (Footcandle)

องค์ประกอบแสงธรรมชาติ (Daylight Factor :DF)

องค์ประกอบแสงธรรมชาติ คือ อัตราส่วนระหว่างความสว่างของแสงธรรมชาติบนระนาบในแนวราบ (หรือในแนวตั้ง) ภายในอาคาร ต่อความสว่างของแสงธรรมชาติบนระนาบในแนวราบ(หรือในแนวตั้ง) ภายนอกอาคาร

องค์ประกอบแสงธรรมชาติเบื้องต้น (Initial Daylight Factor :IDF)

องค์ประกอบแสงธรรมชาติเบื้องต้นจะมีค่าเป็นสองลักษณะ คือ องค์ประกอบแสงธรรมชาติต่ำสุด (Minimum Daylight Factor : MDF) กับองค์ประกอบแสงธรรมชาติเฉลี่ย (Average Daylight Factor : ADF) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับ ขนาด และลักษณะของช่องเปิดรับแสงธรรมชาติ และขนาดของห้อง

อัตราส่วนความลึกของห้อง (Room Depth Ratio : Rd)

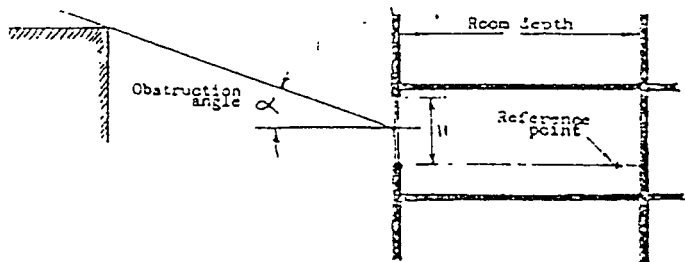
อัตราส่วนความลึกของห้อง เป็นอัตราส่วนระหว่างความกว้างของห้อง (Room Depth) กับความสูงของหน้าต่างเหนือระดับพื้นที่ใช้งาน (Working Plane) ดังสมการที่ ข.1 ซึ่งจะใช้กับอาคารที่มีหน้าต่างในแนวตั้งเท่านั้นดังภาพที่ ข.1

$$Rd = \frac{\text{Room Depth}}{\text{Window Height}} \quad (\text{ข.1})$$

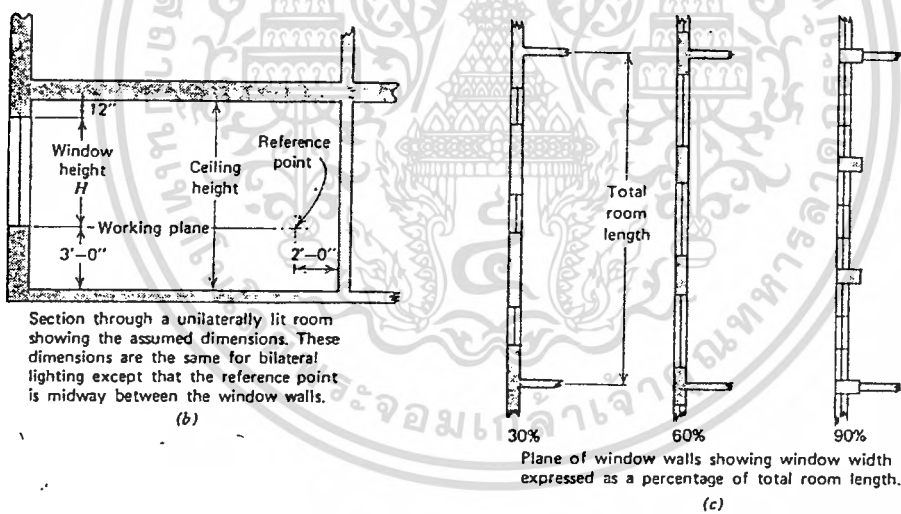
เปอร์เซ็นต์ความกว้างของหน้าต่าง (% Width of Window : %Ww)

ความกว้างหน้าต่าง จะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความกว้างของหน้าต่างรวมบนผนังหนึ่งด้านเทียบกับความยาวของห้อง ดังภาพที่ ข.2 ซึ่งจะใช้กับอาคารที่มีหน้าต่างในแนวตั้งเท่านั้น

\* ปราโมทย์ อุณหวิทูชะ, “เทคนิคแสงสว่าง” (กรุงเทพ : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524) หน้า 12 สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ข.1 แสดงความลึกของห้อง ความสูงของหน้าต่าง และมุมบังแสง



- (ก) %Ww = 30%
- (ข) %Ww = 60%
- (ค) %Ww = 90%

ภาพที่ ข.2 แสดง ค่าเปอร์เซ็นต์ความกว้างของหน้าต่าง

มุมบังแสง (Obstruction Angle :  $\alpha$ )

มุมบังแสงของหน้าต่าง เป็นมุมที่วัดระหว่างเส้นขอบของอาคารหรือสิ่งบังแสงจากภายนอก

อาคาร ทำมุมกับเส้นระดับที่ลากผ่านจุดกึ่งกลางของหน้าต่าง ดังภาพที่ ข.5

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 การมองเห็นของมนุษย์กับแสงสว่าง (Humen Vision and Light)

เมื่อแสงจากแหล่งกำเนิดแสงส่องไปยังวัตถุ แสงที่สะท้อนจากวัตถุผ่านเข้าไปสู่ดวงตา โดยม่านตา (Iris) จะทำหน้าที่ต่างปรับระดับของแสง หลังจากนั้นแสงจะผ่านเลนส์ตา (lens) ซึ่งทำหน้าที่ปรับโฟกัสของแสง เพื่อให้แสงไปตกที่เรตินา (Retina) อย่างพอเหมาะที่เรตินานี้จะมีกระบวนการทาง “อิเล็กโตรเคมีคัล (Electro Chemical)” เพื่อส่งความรู้สึกไปยังสมอง สมองก็จะรับรู้ความรู้สึกทำให้มนุษย์สามารถมองเห็นได้ ดังนั้นการมองเห็น (Vision) จึงเกิดจากการทำงานร่วมกันของดวงตาและสมอง

แสงเป็นคลื่นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวช่วงคลื่นระหว่าง 380-780 นาโนเมตร (นาโนเมตรเท่ากับ 10<sup>-9</sup> เมตร) ซึ่งสายตามองเห็นเป็นสีขาว แสงสีขาวดังกล่าวหากแยกความยาวช่วงคลื่นต่างๆ ออกมา จะประกอบไปด้วยสีต่างๆถึง 7 สี เรียกว่า สเปกตรัมของแสง (Spectrum of Light)

ปัจจุบัน แสงสว่างที่มนุษย์นำมาใช้ภายในงานสถาปัตยกรรมนั้น ได้แก่ แสงสว่างจากธรรมชาติ (Natural Daylight) และแสงสว่างที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นโดยใช้พลังงาน ไฟฟ้า (Artificial Light) แสงสว่างจากธรรมชาติ ที่กล่าวถึงนั้น ได้แก่แสงสว่างจากดวงอาทิตย์ที่สามารถนำมาใช้ในเวลากลางวัน ส่วนแสงสว่างที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นโดยใช้พลังงาน ไฟฟ้านั้น ได้แก่ หลอดไฟชนิดต่างๆซึ่งเหมาะจะนำมาใช้ในเวลากลางคืนและกลางวัน ในบริเวณซึ่งแสงสว่างจากธรรมชาติไม่เพียงพอ และต้องการระดับความสว่างเพื่อให้เกิดความสบายทางสายตา ในการประกอบกิจกรรมแต่ละประเภท

ข.3 มาตรฐานวัดความสบายทางแสงสว่าง (Lighting Comfort Index)

ตารางที่ ข.1 แสดงรายชื่อสถาบัน มาตรฐานทางด้านแสงสว่าง

| มาตรฐาน | ชื่อเต็ม                                          | คำแปล                                 |
|---------|---------------------------------------------------|---------------------------------------|
| ANSI    | American National Standard Institute              | สำนักงานมาตรฐานสหรัฐอเมริกา           |
| BS      | British Standard                                  | มาตรฐานอังกฤษ                         |
| BSI     | British Standard Institute                        | สำนักงานมาตรฐานอังกฤษ                 |
| CENELEC | Comite Europeen de Normalisation Electrotechnique | คณะกรรมการมาตรฐานไฟฟ้ายุโรป           |
| CIE     | Commission International de L'Eclairage           | คณะกรรมการมาตรฐานแสงสว่างสากล         |
| CSA     | Canadian Standard Associction                     | สมาคมมาตรฐานแคนาดา                    |
| DIN     | Deutsches Institute Normung                       | สำนักงานมาตรฐานเยอรมัน                |
| EIT     | The Engineering Institute of Thailand             | วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย<br>(ว.ศ.ท.) |
| IEC     | International Electrotechnical Commission         | คณะกรรมการมาตรฐานไฟฟ้าสากล            |
| IES     | Illumination Engineering Society                  | สมาคมวิศวกรรมแสงสว่างสหรัฐ<br>อเมริกา |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





สว่างของท้องฟ้าที่จุดยอดท้องฟ้า (Zenith) เป็น 1:3 และความส่องสว่างของท้องฟ้าหาได้จากสมการที่ ข.2 หรือ ข.3

$$L_{\theta} = \frac{L_z \times (1 + 2 \sin \theta)}{3}$$

หรือ

$$L_{\theta} = \frac{3 E_{ho} (1 + 2 \sin \theta)}{7\pi}$$

- โดยที่
- $\theta$

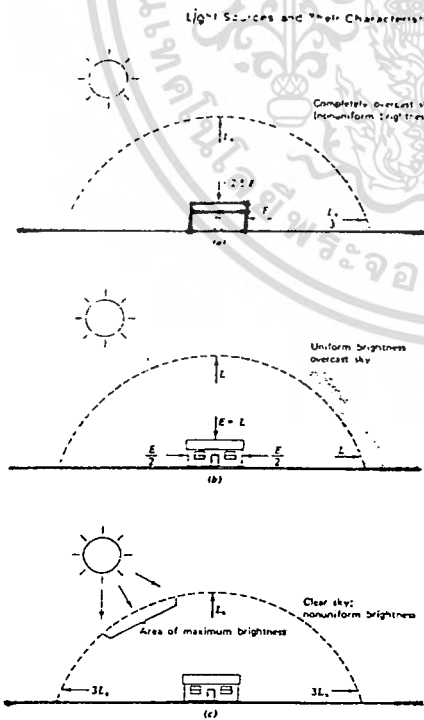
= มุมที่วัดจากแนวระนาบขึ้นไป
- $L_{\theta}$

= ความส่องสว่างของท้องฟ้าที่มุม เหนือระดับขอบฟ้า
- $L_z$

= ความส่องสว่างของท้องฟ้าที่จุดยอดท้องฟ้า
- $E_{ho}$

= ความสว่างกลางแจ้งบนพื้นราบ

ถ้าคิดในด้านความสว่างจะได้ว่าความสว่างกลางแจ้งบนพื้นที่ราบ ( $E_{ho}$ ) จะมีค่าประมาณ 2.5 เท่าของความสว่างกลางแจ้งในแนวตั้ง ( $E_{vo}$ ) ดังแสดงในภาพที่ ข.3 (b)



- (a) ท้องฟ้ามืดที่มีค่าความส่องสว่างเท่ากันตลอด
- (b) ท้องฟ้ามืดที่มีค่าความส่องสว่างไม่เท่ากันตลอด
- (c) ท้องฟ้าแจ่มใส

ภาพที่ ข.3 แสดงความส่องสว่าง และความสว่างของท้องฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ท้องฟ้าแจ่มใส (Clear Sky) เป็นสภาวะที่ดวงอาทิตย์ไม่มีกลุ่มเมฆปิดบังอยู่ ดังนั้นความส่องสว่างจึงได้จาก 2 แหล่ง คือ จากแสงอาทิตย์โดยตรง และจากแสงสะท้อนของท้องฟ้า อย่างไรก็ตาม ถ้าคำนึงถึงการกระจายแสงที่สะท้อนจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียวจะได้ว่าความส่องสว่างในแนวระดับขอบฟ้า ( $L_o$ ) จะมีค่าเป็น 3 เท่าของความส่องสว่างที่จุดยอดท้องฟ้า ( $L_z$ ) ดังภาพที่ ข.3 (c)

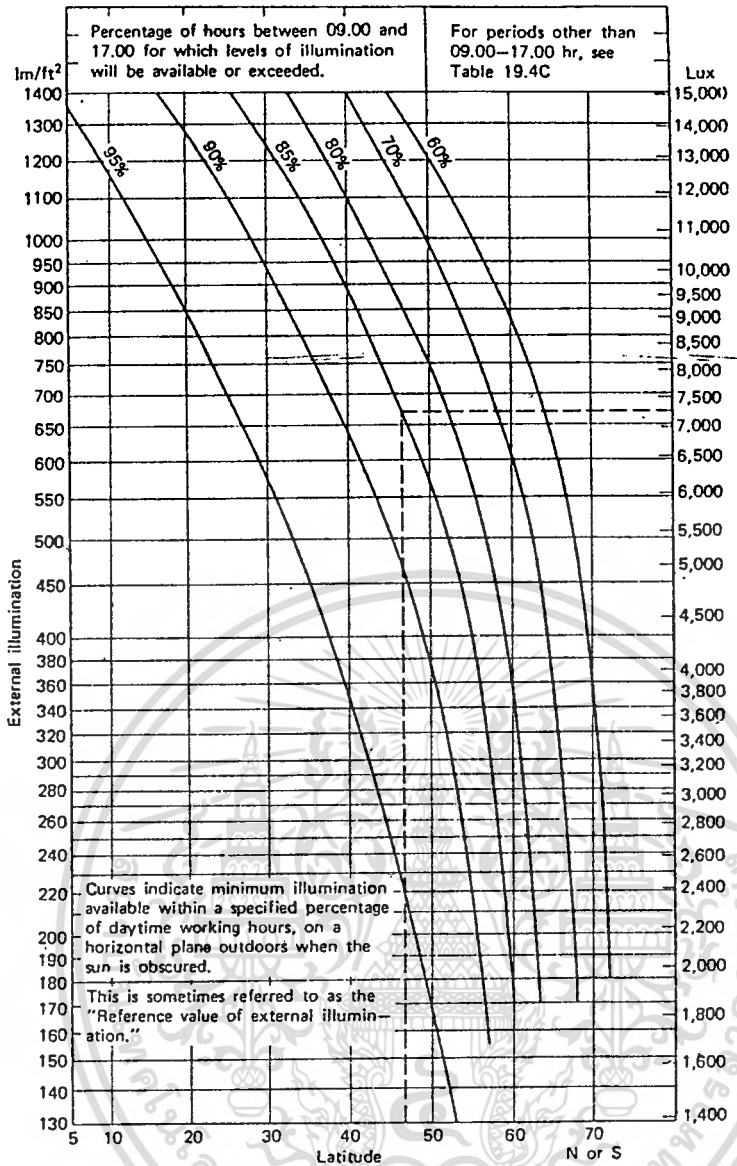
จากสภาวะของท้องฟ้าทั้งสองประเภท การออกแบบการส่องสว่างภายในอาคารด้วยแสงธรรมชาติ ตามวิธีของ CIE กำหนดให้ใช้ท้องฟ้ามีค่านั้นที่มีค่าความส่องสว่างไม่เท่ากันตลอดเป็นมาตรฐานในการออกแบบ

### ความสว่างภายนอกอาคาร (External Illuminance)

เนื่องจาก ตามวิธีของ CIE จะออกแบบที่ค่าความสว่างต่ำสุด ดังนั้นการพิจารณาค่าความสว่างของแสงธรรมชาติภายนอกอาคาร จึงต้องมีค่าน้อยเท่ากับ หรือมากกว่าค่าที่ต้องการตลอดชั่วโมงทำงานปกติตลอดทั้งปี โดยที่ความสว่างที่สนใจนี้ จะเป็นความสว่างต่ำสุดเฉลี่ยตลอดปี บนพื้นดินในแนวราบกลางแจ้งที่ถือว่าได้รับแสงโดยตรงจากท้องฟ้า ในสภาวะท้องฟ้ามีค่านั้นที่มีความส่องสว่างไม่เท่ากันตลอด และ ไม่มีสิ่งกีดขวางแสงสว่างจากท้องฟ้าเลย โดยจะไม่คำนึงถึงความสว่างที่ได้จากการสะท้อนแสงจากสิ่งปลูกสร้างหรือพื้นผิวธรรมชาติข้างเคียง

ความส่องสว่างและความสว่างของท้องฟ้า ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 1. และยังขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญอีก 2 อย่าง ที่วิธีของ CIE นำมาพิจารณาคือ ตำแหน่งเส้นรุ้ง และช่วงเวลาการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ ดังแสดงในภาพที่ ข.4

สำหรับการวิจัยนี้จะสนใจเฉพาะประเทศไทย ซึ่งตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 5-20 องศาเหนือ และช่วงเวลาการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติเป็น 85 -95 % ของช่วงเวลา 09.00-17.00 น.เท่านั้น ตัวอย่างเช่น กรุงเทพมหานครตั้งอยู่ที่เส้นรุ้งที่ 13.5 องศาเหนือ โดยคิดที่การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติเป็น 95% ของช่วงเวลา 09.00 -17.00 น. จะได้ค่าความสว่างในแนวราบกลางแจ้งเท่ากับ 11,390 ลักซ์ ส่วนช่วงเวลาการใช้ประโยชน์ช่วงอื่นๆ นอกเหนือจากช่วงเวลานี้ จะต้องอาศัยการแปลงค่าเปอร์เซ็นต์จากช่วงเวลาการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติดังแสดงในตารางที่ ข.2



ภาพที่ ข.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความสว่างในแนวราบกลางแจ้ง กับละติจูดและช่วงเวลาใช้งาน

ตารางที่ ข.2 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ชั่วโมงการใช้งาน ช่วงเวลาการใช้งานที่ ต่างไปจาก 09.00 - 17.00 น.

| PERCENTAGES TO USE WHEN FIGURE 6 CURVES ARE APPLIED TO PERIODS OTHER THAN 09.00 - 17.00 |                                  |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| CURVE IN FIG. 6                                                                         | "95%"                            | "90%" | "85%" | "80%" | "70%" | "60%" |
| Alternative Period                                                                      | Percentage of Alternative Period |       |       |       |       |       |
| 07.00 - 15.00                                                                           | 95                               | 90    | 85    | 80    | 70    | 60    |
| 08.00 - 16.00                                                                           | 100                              | 100   | 95    | 85    | 70    | 60    |
| 07.00 - 17.00                                                                           | 95                               | 85    | 75    | 65    | 55    | 45    |
| 06.00 - 18.00                                                                           | 75                               | 70    | 65    | 60    | 50    | 40    |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. ความสว่างภายในอาคาร (Internal Illuminance)

ความสว่างภายในอาคาร ตามวิธีของ CIE หมายถึงความสว่างบนระนาบในแนวราบจุดวัดภายในอาคาร ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ ตามลักษณะของช่องเปิดรับแสงคือ

1. ค่าความสว่างต่ำสุด : จะเป็นค่าที่ได้จากการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคารที่มีหน้าต่างในแนวตั้ง สำหรับอาคารที่มีหน้าต่างในแนวตั้งบนผนังหนึ่งด้าน ค่าความสว่างต่ำสุดที่พิจารณาจะอยู่สูงจากพื้น 90 ซม. และอยู่ในแนว 60 ซม. จากผนังด้านตรงข้ามกับหน้าต่างส่วนอาคารที่มีหน้าต่างบนผนังสองด้านตรงข้ามกัน ค่าความสว่างต่ำสุดที่พิจารณาจะอยู่สูงจากพื้น 90 ซม. เช่นเดียวกัน แต่จะอยู่ในแนวกึ่งกลางระหว่างหน้าต่างทั้งสองด้าน

2. ค่าความสว่างเฉลี่ย : จะเป็นค่าที่ได้จากการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคารที่ช่องเปิดรับแสงบนหลังคา โดยค่าความสว่างเฉลี่ยที่พิจารณา จะอยู่สูงจากพื้น 90 ซม.

ความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างบนระนาบในแนวราบภายนอกอาคาร ( $E_{ho}$ ) กับความสว่างบนระนาบในแนวราบภายในอาคาร ( $E_{hi}$ ) สามารถแสดงได้โดยสมการที่ ข.4

$$D_{fh} = \frac{E_{hi}}{E_{ho}} \times 100\% \quad (\text{ข.4})$$

โดยที่  $D_{fh}$  = องค์กรประกอบแสงธรรมชาติในแนวราบ (Horizontal Daylight Factor)

เนื่องจากตามวิธีของ CIE ไม่ได้กล่าวถึงวิธีการหาค่าความสว่างบนระนาบในแนวตั้งภายในอาคาร แต่ในความเป็นจริงบางกิจกรรมการใช้งานจะอยู่ในแนวตั้ง เช่น การแสดงภาพหรือการจัดบอร์ด เป็นต้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการดัดแปลงวิธีของ CIE ให้สามารถนำมาคำนวณค่าความสว่างบนระนาบในแนวตั้งภายในอาคารได้ โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างบนระนาบในแนวตั้งภายนอกอาคาร ( $E_{vo}$ ) กับความสว่างบนระนาบในแนวตั้งภายในอาคาร ( $E_{vi}$ ) ดังแสดงโดยสมการที่ ข.5

$$DF_v = \frac{E_{vi}}{E_{vo}} \times 100\% \quad (\text{ข.5})$$

โดยที่  $DF_v$  = องค์กรประกอบแสงธรรมชาติในแนวตั้ง (Vertical Daylight Factor)

### 4. องค์กรประกอบแก้ไข (Correction Factors)

ในการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคารด้วยแสงธรรมชาตินอกจากจะต้องคำนึงถึงความสว่างภายนอกอาคารแล้ว ยังจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยประกอบอื่นๆ อีกเช่น ค่าการส่งผ่านแสงของหน้าต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ต่าง ค่าการสะท้อนแสงของพื้นที่ผิวภายในอาคาร มุมเอียงของช่องเปิดรับแสง ช่วงเวลาในการทำ ความสะอาด และการบังแสงจากภายนอก เป็นต้น

การส่งผ่านแสงของวัสดุ (t) : จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุนั้นๆ ค่าองค์ประกอบแก้ไขเป็นดัง ตารางที่ ข.3

ตารางที่ ข.3 แสดงค่าการส่งผ่านแสง และองค์ประกอบแก้ไข

(ก) แสดงค่าการส่งผ่านแสงของวัสดุที่ทำจากแก้วและพลาสติก

(ข) แสดงค่าองค์ประกอบแก้ไขเนื่องจากความสามารถในการส่งผ่านแสงของวัสดุ

Transmittance Data of Glass and Plastic Materials

| Material                           | Approximate Transmittance (per cent) | Diffuse Transmittance* of Glass | Correction Factor |
|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Polished Plate/Float Glass         | 80-90                                | 80%                             | 0.95              |
| Sheet Glass                        | 85-91                                | 70%                             | 0.8               |
| Heat Absorbing Plate Glass         | 70-80                                | 60%                             | 0.7               |
| Heat Absorbing Sheet Glass         | 70-85                                | 50%                             | 0.6               |
| Tinted Polished Plate              | 40-50                                | 40%                             | 0.45              |
| Figure Glass                       | 70-90                                | 30%                             | 0.35              |
| Corrugated Glass                   | 80-85                                |                                 |                   |
| Glass Block                        | 60-80                                |                                 |                   |
| Clear Plastic Sheet                | 80-92                                |                                 |                   |
| Tinted Plastic Sheet               | 90-42                                |                                 |                   |
| Colorless Patterned Plastic        | 80-90                                |                                 |                   |
| White Translucent Plastic          | 10-80                                |                                 |                   |
| Glass Fiber Reinforced Plastic     | 5-80                                 |                                 |                   |
| Double Glazed—2 Lights Clear Glass | 77                                   |                                 |                   |
| Tinted Plus Clear                  | 37-45                                |                                 |                   |
| Reflective Glass*                  | 5-60                                 |                                 |                   |

\* Includes single glass, double glazed units and laminated assemblies. Consult manufacturer's material for specific values.

( ข )

การสะท้อนแสงของวัสดุ (R.) : จะขึ้นอยู่กับพื้นผิวของวัสดุนั้นๆ ในกรณีของอาคารที่มีช่องเปิดรับแสงธรรมชาติเป็นหน้าต่างในแนวตั้ง ตามวิธีของ CIE ค่าเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคาร จะกำหนดให้มีค่าคงที่ดังนี้ เพดาน 70% ผนัง 50% และพื้น 15% สำหรับช่องรับเปิดรับแสงในลักษณะอื่นๆ ค่าเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคาร จะคิดเป็นค่าเฉลี่ย โดยมีสูตรการคิดดังสมการที่ ข.6

$$R_{av} = \frac{(A_r \times R_r) + (A_g \times R_g) + (A_w \times R_w) + (A_f \times R_f)}{(A_r + A_g + A_w + A_f)} \quad (\text{ข.6})$$

โดยที่

$R_{av}$  = เปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงโดยเฉลี่ย

$A_r$  = พื้นที่ของหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|       |   |                                                              |
|-------|---|--------------------------------------------------------------|
| $R_r$ | = | เปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงของพื้นผิวหลังคาคำนในของอาคาร         |
| $A_g$ | = | พื้นที่ของช่องเปิดรับแสง                                     |
| $R_g$ | = | เปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงของพื้นผิววัสดุที่ใช้ทำช่องเปิดรับแสง |
| $A_w$ | = | พื้นที่ของผนัง                                               |
| $R_w$ | = | เปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงของพื้นผิวผนังด้านในของอาคาร          |
| $A_f$ | = | พื้นที่ของพื้นอาคาร                                          |
| $R_f$ | = | เปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงของพื้นอาคาร                          |

ค่าเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงโดยเฉลี่ย จะสามารถเปลี่ยนค่าเป็นองค์ประกอบแก้ไขได้ โดยอาศัยตารางที่ ข.4

#### ตารางที่ ข.4 แสดงค่าการสะท้อนแสง และองค์ประกอบแก้ไข

(ก) แสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุต่างๆ ภายในอาคาร

(ข) แสดงค่าองค์ประกอบแก้ไขเนื่องจากความสามารถในการสะท้อนแสงของวัสดุ

Reflectances of Building Materials and Outside Surfaces

| Material             | Reflectance (per cent) | Material                 | Reflectance (per cent) | Average Reflectance | Correction Factor |
|----------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------|-------------------|
| Bluestone, sandstone | 18                     | Asphalt (free from dirt) | 7                      | 15%                 | 0.95              |
| Brick                |                        | Earth (moist cultivated) | 7                      | 20%                 | 1.00              |
| light buff           | 48                     | Granolite pavement       | 17                     | 25%                 | 1.05              |
| dark buff            | 40                     | Grass (dark green)       | 6                      | 30%                 | 1.10              |
| dark red glazed      | 30                     | Gravel                   | 13                     | 35%                 | 1.15              |
| Cement               | 27                     | Macadam                  | 18                     | 40%                 | 1.20              |
| Concrete             | 40                     | Slate (dark clay)        | 8                      |                     |                   |
| Marble (whit :)      | 45                     | Snow                     |                        |                     |                   |
| Paint (white)        |                        | new                      | 74                     |                     |                   |
| new                  | 75                     | old                      | 64                     |                     |                   |
| old                  | 55                     | Vegetation (mean)        | 25                     |                     |                   |
| Glass                |                        |                          |                        |                     |                   |
| clear                | 7                      |                          |                        |                     |                   |
| reflective           | 20-30                  |                          |                        |                     |                   |
| tinted               | 7                      |                          |                        |                     |                   |

( ข )

( ก )

การสะสมของฝุ่นหรือสิ่งสกปรก (Dirt Accumulation :Km) ลักษณะกิจกรรมภายในอาคาร จะเป็นตัวกำหนดความสกปรกที่จะเกิดขึ้นภายในอาคาร ส่วนมุมเอียงของช่องเปิดรับแสง จะเป็นตัวกำหนดความสกปรกที่จะเกิดขึ้นบนพื้นผิววัสดุที่ใช้ทำช่องเปิดรับแสง ซึ่งยังขึ้นกับสภาวะแวดล้อมรอบๆ อาคารด้วย การที่มุมเอียงของช่องเปิดรับแสงยิ่งน้อยเมื่อเทียบกับแนวระดับแล้ว ฝุ่นผงสกปรกก็จะจับเกาะที่ช่องเปิดได้มากยิ่งขึ้น ทำให้จำเป็นต้องทำความสะอาดถี่ขึ้น ซึ่งตารางที่ ข.5 แสดงถึงค่าองค์ประกอบแก้ไข โดยถือว่ามี การทำความสะอาดทุก 6 เดือน

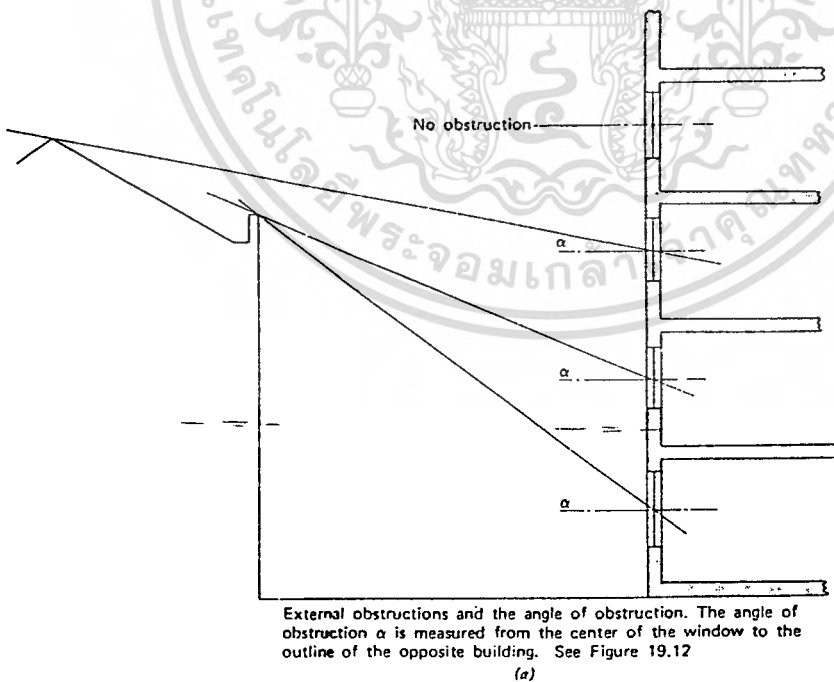
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.5 แสดงค่าองค์ประกอบแก้ไขเนื่องจากการสะสมของฝุ่น หรือสิ่งสกปรกที่ช่องเปิด

| Locality                       | Class of Industry | Angle of slope (measured to the horizontal) |                       |                      |
|--------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|-----------------------|----------------------|
|                                |                   | $90^\circ - 75^\circ$                       | $60^\circ - 45^\circ$ | $30^\circ - 0^\circ$ |
| Country or Outer-Suburban Area | Clean             | 0.9                                         | 0.85                  | 0.8                  |
|                                | Dirty             | 0.7                                         | 0.6                   | 0.55                 |
| Built-up Residential Area      | Clean             | 0.5                                         | 0.45                  | 0.4                  |
|                                | Dirty             | 0.6                                         | 0.5                   | 0.4                  |
| Built-up Industrial Area       | Clean             | 0.7                                         | 0.6                   | 0.55                 |
|                                | Dirty             | 0.5                                         | 0.35                  | 0.25                 |

มุมบังแสงจากภายนอก (Obstruction Angle :  $\alpha$ ) จะเกิดขึ้นในกรณีที่มีบริเวณรอบนอกอาคาร มีสิ่งปลูกสร้างหรือสิ่งธรรมชาติ เช่น ต้นไม้ตั้งอยู่ในทิศทางที่บังให้ปริมาณแสงสว่างเข้าสู่อาคารได้น้อยลง โดยจะวัดเป็นมุมระหว่างเส้นขอบของสิ่งบังแสงภายนอกทำมุมกับเส้นระดับที่ลากผ่านจุดกึ่งกลางหน้าต่าง ดังภาพที่ ข.5 โดยที่ แอลฟา ( $\alpha$ ) คือมุมบังแสงนั่นเอง



ภาพที่ ข.5 แสดงมุมบังแสงบนหน้าต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันสาดหรือบานเกล็ด (Overhang or Louvers) : เป็นโครงสร้างของอาคารหรือเป็นอุปกรณ์เพิ่มเติม เพื่อช่วยในการบังคับแสงสว่างให้เข้าสู่ภายในอาคารในปริมาณตามต้องการ โดยที่กันสาดหรือบานเกล็ดต้องมีลักษณะทึบแสง และมีเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงต่ำมาก สำหรับประสิทธิภาพของกันสาดหรือบานเกล็ดกับปริมาณแสงสว่างที่ผ่านเข้าสู่อาคารในกรณีที่ไม่มีกันสาด หรือบานเกล็ด ซึ่งจะมีสูตรในการคำนวณแตกต่างกัน ตามชนิดของกันสาด หรือบานเกล็ด สำหรับในประเทศไทยกันสาดหรือบานเกล็ดที่นิยมใช้กันมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่

1. กันสาดหรือบานเกล็ดในแนวระดับ : ดังแสดงในภาพที่ ข.6 (ก) และภาพที่ ข.6 (ข) โดยมีประสิทธิภาพ (eff) ขอมให้แสงผ่านได้ดังสมการที่ ข.7



(ก) และ (ข) แสดงกันสาด หรือบานเกล็ดในแนวระดับ  
(ค) แสดงกันสาด หรือบานเกล็ดทำมุมกับแนวระดับ

ภาพที่ ข.6 แสดงลักษณะของกันสาด หรือบานเกล็ด

$$eff = [ \sqrt{1+(c/h)^2} - (c/h) ] \times 100 \% \tag{ข.7}$$

โดยที่ c = ความกว้างของกันสาด หรือบานเกล็ดที่ยื่นออกจากตัวอาคาร  
h = ความสูงของกันสาดเหนือระดับขอบหน้าต่าง หรือระยะระหว่างบานเกล็ดถึงบานเกล็ด

2. กันสาดหรือบานเกล็ดในลักษณะทำมุมกับแนวระดับ : ดังแสดงในภาพที่ ข.6 (ค) โดยมีประสิทธิภาพยอมให้แสงผ่านได้ ดังสมการที่ ข.8

$$eff = [ \sqrt{1-2 (c/h) \sin \beta + (c/h)^2} - (c/h) \cos \beta ] \times 100 \% \tag{ข.8}$$

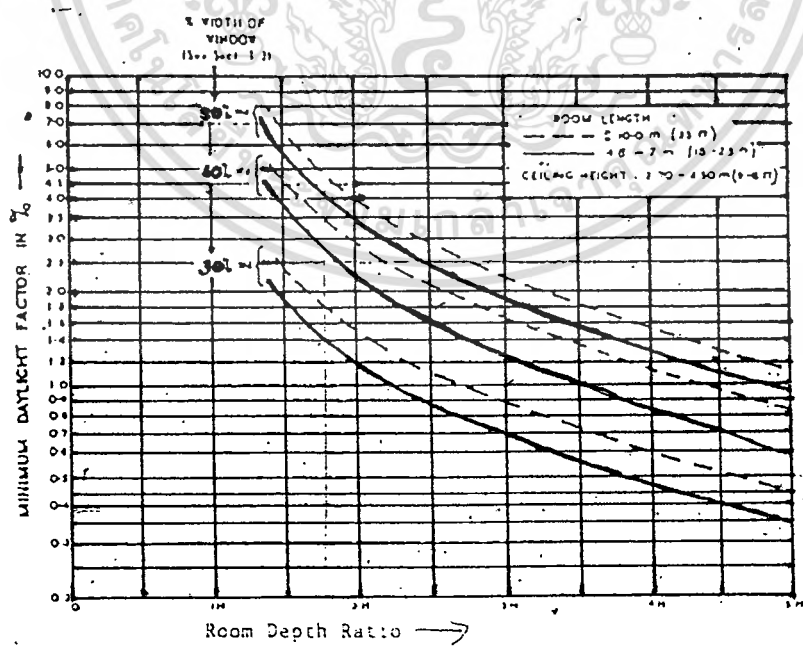


โดยที่  $\beta$  = มุมที่กันสาด หรือบานเกล็ดทำกับแนวระดับ

องค์ประกอบแสงธรรมชาติเบื้องต้น (Initial Daylight Factor) : เป็นข้อมูลทางแสงจำเพาะของอาคารที่มีช่องเปิดลักษณะต่าง ๆ กัน ซึ่งจะบอกถึงปริมาณแสงนี้จะขึ้นอยู่กับขนาด และลักษณะของช่องเปิดรับแสง รวมทั้งขนาดของห้องด้วย ดังนั้นการคำนวณหาค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติจึงสามารถหาได้จากสมการที่ ข.9

$$DF = IDF \times CF \tag{ข.9}$$

- โดยที่  $DF$  = องค์ประกอบแสงธรรมชาติ (Daylight Factor)
- $IDF$  = องค์ประกอบแสงธรรมชาติเบื้องต้น (Initial Daylight Factor)
- $Cf$  = องค์ประกอบแก้ไข (Correction Factor)
- และ  $CF$  =  $f(t, R, Rav, Km, OC, eff$  ของกันสาดหรือบานเกล็ด)



ภาพที่ ข.7 แสดงค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติต่ำสุด (MDF) สำหรับอาคารที่มีหน้าต่างในแนวตั้ง

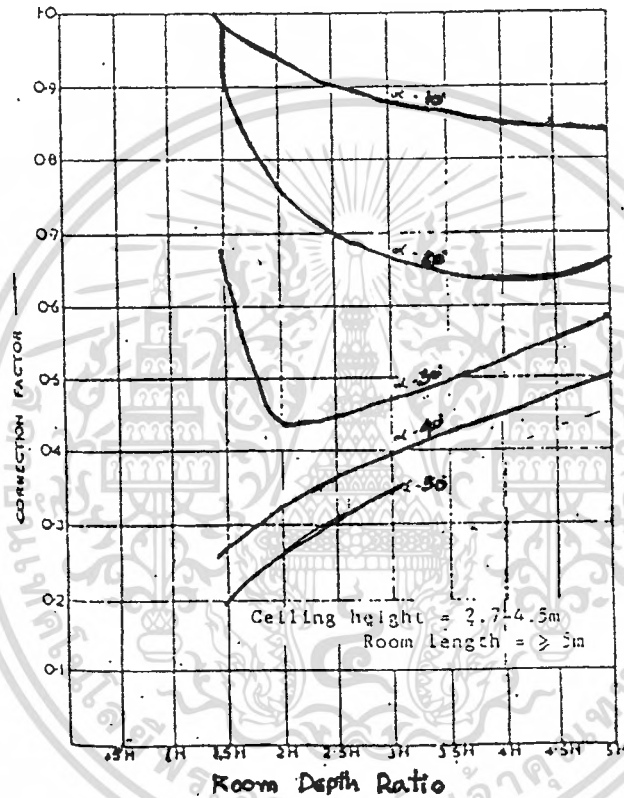
บนผนังหนึ่งด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# UNILATERAL LIGHTING

CORRECTION FACTORS TO ACCOUNT FOR THE INFLUENCE  
OF EXTERNAL OBSTRUCTIONS ON MINIMUM DAYLIGHT FACTOR

$\alpha$  = ANGLE OF OBSTRUCTION TO WINDOW



ภาพที่ ข.8 แสดงค่าองค์ประกอบแก้ไข (CF ( $\alpha$ )) เนื่องจากมุมบังแสง สำหรับอาคารที่มีหน้าต่าง  
ในแนวตั้งบนผนังหนึ่งด้าน

## ประวัติผู้เขียน

นายวัชร แสงรัศมี เกิดเมื่อวันที่ 19 มิถุนายน 2514 ที่จังหวัดอุทัยธานี สำเร็จการศึกษาวិทยาศาสตร์บัณฑิต สาขา เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม จากวิทยาลัยครูพระนคร ปีการศึกษา 2536

ปี พ.ศ.2537 ได้ทำงานบริษัท Detail Architect Co.,Ltd. ฝ่ายออกแบบและเขียนแบบ ต่อมาในปี พ.ศ.2538 ได้เข้าทำงานที่ โรงเรียนไทยวิจิตรศิลป์ ในตำแหน่งอาจารย์ จนถึงปัจจุบัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้