

การศึกษางค์ประกอบและเทคนิควิธีป้องกันปัญหาการควบแน่นบริเวณผิวกระจกช่องแสงด้านบน  
สำหรับอาคารพักอาศัยปรับอากาศ



นายกุลวุฒิ จิณวุฒิ

## สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE STUDY OF COMPONENTS AND GLASS SURFACE CONDENSATION PREVENTION  
TECHNIQUES OF SKYLIGHT IN AIR CONDITIONED RESIDENTIAL BUILDING.



Mr.Kullawut Jinawut

สถาบันวิทยบริการ

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Science Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาองค์ประกอบและเทคนิควิธีป้องกันปัญหาการ  
ควมแน่นบริเวณผิวกระจกของแสงด้านบนสำหรับอาคารพัก  
อาศัยปรับอากาศ

โดย

นายกุลวุฒิ จินวุฒิ

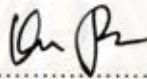
สาขาวิชา

สถาปัตยกรรมศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

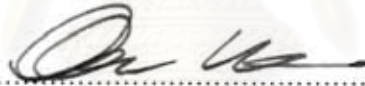
ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบริหารบัณฑิต

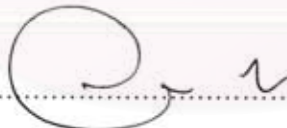


..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต จุลาลักษณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุต)



..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
(ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ)



..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรสันต์ บูรณากาญจน์)



..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)



..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ นพรัตน์ รุ่งอุทัยศิริ)


นายกุลวุฒิ จิณวุฒิ : การศึกษาองค์ประกอบและเทคนิควิธีป้องกันปัญหาการควบแน่น บริเวณผิวกระจกช่องแสงด้านบนสำหรับอาคารพักอาศัยปรับอากาศ. (THE STUDY OF COMPONENTS AND GLASS SURFACE CONDENSTION PREVENTION TECHNIQUES OF SKYLIGHT IN AIR CONDITIONED RESIDENTIAL BUILDING) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศ.ดร.สุนทร บุญญาธิการ, 151 หน้า.

ปัจจุบันการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารพักอาศัยโดยผ่านทางช่องกระจกด้านบนหรือที่เรียกกันว่า Skylight ได้ถูกนำมาใช้ในงานสถาปัตยกรรมมากขึ้น เพื่อสนองประโยชน์ใช้สอย ความต้องการด้านสุนทรียภาพ และสร้างสภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) วัสดุกระจกถูกนำมาใช้เพราะมีความทนทานต่อสภาวะอากาศที่ร้อน เย็น เปียกชื้น อีกทั้งมีคุณสมบัติของค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวที่น้อย. แต่ปัญหาการที่เกิดขึ้นตามมา ก็คือ สภาวะการเกิดหยดน้ำควบแน่นบนผิวกระจก ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดคราบสกปรกที่ยากต่อการดูแลรักษาทำความสะอาด การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบในการเกิดการควบแน่นและค่าการถ่ายเทความร้อนของกระจกชนิดต่างๆ เพื่อค้นหาเทคนิควิธีสำหรับการป้องกันปัญหาการควบแน่นที่ผิวกระจก.

ขั้นตอนการวิจัยทำการสร้างกล่องทดลองสำหรับกระจกช่องแสงด้านบน และจำลองสภาพการใช้งานจริง เพื่อเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อน และค่าความเป็นฉนวน โดยกระจกที่นำมาทดลองเปรียบเทียบมี 4 ชนิด ได้แก่ (1) กระจกใสนิรภัยเทมเปอร์ ความหนา 6 มม. (2) กระจกนิรภัยลามิเนต ความหนา 8.38 มม. (3) กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น ความหนา 24 มม. (4) กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น ความหนา 41 มม. ซึ่งกระจกแต่ละชนิดมีขนาด 50 X 50 ซม. การทดลองได้ทำการตรวจวัดผลจากสภาพจริง และทำการควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองที่ 25 °C ผลการวิเคราะห์พบว่ากระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูง (U-Value) มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนต่ำจะทำให้อุณหภูมิผิวกระจกภายนอกใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศภายนอก แตกต่างกับกระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำจะมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนสูงในช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิผิวกระจกจะต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทำให้มีโอกาสเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจกด้านบนสูง ผลการเปรียบเทียบกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิด พบว่ากระจกใสนิรภัยเทมเปอร์ ความหนา 6 มม. ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูงมีคุณสมบัติสูงสุดที่ลดการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจก

ผลสรุปเทคนิคการลดปัญหาการควบแน่นที่ผิวกระจกสำหรับช่องแสงด้านบน โดยเปลี่ยนการติดตั้งกระจกที่มุม 0, 15, 30 องศา พบว่ากระจกติดตั้งโดยทำมุม 30 องศาที่ระนาบนอน กระจกทดลองเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจก เนื่องจากการเปลี่ยนมุมการติดตั้งช่วยลดอิทธิพลการแผ่รังสีจากท้องฟ้า ซึ่งส่งผลโดยตรงต่ออุณหภูมิผิว ดังนั้นการเปลี่ยนมุมการติดตั้งจึงน่าจะเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้ออกแบบที่ควรนำไปใช้สำหรับการออกแบบเพื่อลดปัญหาการควบแน่นที่ผิวกระจก.

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

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

ปีการศึกษา.....2551.....

## 5074178725 : MAJOR ARCHITECTURE

KEYWORDS : CONDENSATION / GLASS / U-VALUE / SKYLIGHT

KULLAWUT JINAWUT: THE STUDY OF COMPONENTS AND GLASS SURFACE  
CONDENSTION PREVENTION TECHNIQUES OF SKYLIGHT IN AIR CONDITIONED  
RESIENTIAL BUILDING. ADVISOR: PROF.Dr. SOONTORN BOONYATIKARN, 151pp.

The use of natural daylight through glass panels on the roof, also known as a skylight, has increasingly become popular in new residential architectural projects. There are many obvious benefits from natural daylight, from saving energy to enhancing the ambiance of a room. Natural light helps create comfort zones in the home. Glass is used in skylights due to its ability to withstand extreme weather changes. In addition, glass also has a low expansion index.

However, many problems arise as glass in a skylight ages. When the silicone and glass frames become old they require replacements. Also, when dust collects on the glass surface, it is hard to clean. At other times, the glass may become foggy as moisture forms and condenses on the glass surface.

The objective of this research, therefore, is to study the components of the condensation heat transfer index on different types of glass to identify techniques to prevent condensation on glass surfaces at different temperatures. To complete this research, a skylight test box was created to simulate real-world usage and conditions of a skylight, and to collect data on the heat-transfer index and the neutral point of four different types of glass sized 50x50cm which included: 1. Tempered Safety glass 6mm, 2. Laminated Safety glass 8.38mm, 3. Single Insulation glass 24 mm, and 4. Double Insulation glass 41mm. The real-world simulation test was conducted with the inside temperature controlled and maintained at 25°C.

The result from the simulation shows that the high heat transfer index (U-value) glass has a low neutral point. So the temperature on the outside glass surface is almost the same as the outside temperature. It is different from that of the low heat transfer index glass which has a high neutral point. At night, the temperature on the glass surface is lower than the temperature, so it has a high possibility of having condensation on the glass' outside surface. Test data comparison and analysis of this research concludes that tempered safety glass 6mm, which has a high heat transfer index, has the highest capability in preventing condensation on the glass' surface. The simulation test of the glass installation at 0°, 15°, 30°, found that there was no condensation by the glass installation at 30° for all four different types of glass. In summary, to prevent condensation on the surface of a skylight a glass installation at 30° must be installed. It should be the new choice for future architectural projects.

Department : .....Architecture.....  
Field of Study : .....Architecture.....  
Academic Year : .....2008.....

Student's Signature .....  
Advisor's Signature .....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงเป็นไปด้วยดีด้วยความช่วยเหลือ คำแนะนำ และโอกาสที่ได้รับจากคณาจารย์ และบุคคลหลาย ๆ ท่าน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวขอบคุณคือ ศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้สละเวลามอบความรู้ แนวคิดการออกแบบ ประสบการณ์อันมีค่า รวมถึงข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง สำหรับการทำวิจัยฉบับนี้ นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจากอาจารย์ท่านอื่น ๆ ได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร.วรสันต์ บุรณากาญจน์ ในการให้คำแนะนำและมอบความรู้พื้นฐานที่จำเป็น สำหรับทำวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถจัน เศรษฐสุนทร ประธานกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ อาจารย์.ดร.วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์ และ รศ.นพรัตน์ รุ่งอุทัยศิริ กรรมการสอบที่ได้ให้ คำแนะนำที่ดีมาโดยตลอด รวมถึงคณาจารย์อีกหลายท่านตลอดเวลาที่ทำการศึกษาที่คณะ สถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอกราบขอบคุณ คุณวินัย ทวีสกุลชัย กรรมการผู้จัดการบริษัท ไทย-เยอรมัน สเปเชียลตี กลาส จำกัด, คุณโสธิตา ผู้จัดการฝ่ายขายโครงการ และพี่ๆ น้องๆ ในบริษัทฯ ทุกคนที่คอยให้ ข้อมูลสนับสนุน รวมถึงกระจกทดลองที่ได้มาตรฐานสำหรับทำการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อประสิทธิ์ และคุณแม่ละเอียด จินวุฒิ รวมถึงพี่ชาย และบุคคลใกล้ชิดทุกคนที่มอบความเป็นห่วงและเป็นทุกอย่างให้ผมคนนี้ประสบความสำเร็จตามที่ ตั้งใจไว้.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

|  | หน้า      |
|--|-----------|
| บทคัดย่อภาษาไทย.....                               | ง         |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....                            | จ         |
| กิตติกรรมประกาศ.....                               | ฉ         |
| สารบัญ.....  | ช         |
| สารบัญตาราง.....                                   | ฎ         |
| สารบัญภาพ.....                                     | ฐ         |
| สารบัญแผนภูมิ.....                                 | ณ         |
| <b>บทที่ 1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....</b> | <b>1</b>  |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....            | 1         |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....                   | 5         |
| 1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....                         | 5         |
| 1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น.....                          | 7         |
| 1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....               | 7         |
| 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....                 | 7         |
| 1.7 วิธีดำเนินการวิจัย.....                        | 8         |
| 1.8 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย.....           | 10        |
| <b>บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b> | <b>11</b> |
| 2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....                            | 11        |
| 2.1.1 คุณสมบัติและลักษณะของกระจกชนิดต่างๆ.....     | 11        |
| 2.1.2 ทฤษฎีการเกิดการควบแน่น (Condensation).....   | 14        |
| 2.1.3 ตาราง Psychrometric Chart.....               | 15        |
| 2.1.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแสงอาทิตย์.....     | 18        |
| 2.1.5 คลื่นพลังงานแสงอาทิตย์.....                  | 21        |
| 2.2 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด.....        | 22        |
| 2.2.1 การนำความร้อน (Conduction).....              | 22        |
| 2.2.2 การพาความร้อน (Convection).....              | 24        |
| 2.2.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation).....         | 25        |

|  | ๗         |
|--|-----------|
|  | หน้า      |
| 2.2.4 การคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนโปร่งแสงของช่องเปิด.....  | 29        |
| 2.2.5 อิทธิพลจากแสงแดดและการจำลองสภาพในห้องทดลอง.....  | 29        |
| 2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับความชื้น.....  | 30        |
| 2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับชั้นบรรยากาศกับอิทธิพลการแผ่รังสีความเย็นของดวงจันทร์ต่อผิวโลกในช่วงเวลากลางคืน..... | 32        |
| 2.4.1 บทบาทของชั้นบรรยากาศต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของโลก.....                                      | 34        |
| 2.4.2 ลักษณะสภาพท้องฟ้า.....   | 35        |
| 2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับการปรับอากาศ (Air conditioning).....   | 36        |
| 2.6 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อน.....   | 36        |
| 2.6.1 ความร้อนที่เกิดจากภายนอกอาคาร.....   | 36        |
| 2.6.2 ความร้อนที่เกิดจากภายในอาคาร.....  | 37        |
| 2.6.3 ความร้อนที่เกิดจากการรั่วซึมของอากาศภายนอกอาคาร.....   | 37        |
| 2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับอุณหภูมิ (Temperature).....  | 37        |
| 2.8 กฎของก๊าส.....   | 37        |
| 2.8.1 ของไหลที่ใช้บรรจุในกระจกฉนวนกันความร้อนสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตกระจก.....                         | 38        |
| 2.9 การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศผลของภาวะเรือนกระจก (Green House Effect).....                               | 39        |
| 2.10 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....   | 42        |
| 2.10.1 เอกสารสถิติอุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ ตั้งแต่ปี 2550-2551 กรมอุตุนิยมวิทยา.....          | 42        |
| 2.10.2 อิทธิพลของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังที่เปียกของอาคารปรับอากาศ.....                              | 44        |
| 2.10.3 แนวทางการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในอาคารสำหรับช่องเปิดอาคารในเขตร้อนชื้น.....        | 45        |
| 2.10.4 การศึกษาการถ่ายเทความร้อนจากแสงอาทิตย์ผ่านหน้าต่างกระจก.....                                    | 46        |
| 2.10.5 เทคนิคการออกแบบและการเลือกวัสดุหลังคา เพื่อใช้ประโยชน์จากน้ำค้าง.....                           | 47        |
| <b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....</b>   | <b>49</b> |
| 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย.....   | 49        |
| 3.2 การตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....  | 53        |
| 3.3 การเตรียมและติดตั้งกระจกทดลอง.....   | 55        |



|                |   |           |
|----------------|---|-----------|
| 3.3.1          | กระจกใสนิรภัยชั้นเดียว ความหนา 6 มิลลิเมตร รุ่น TUFF-LITE 6.....  | 56        |
| 3.3.2          | กระจกนิรภัย 2 ชั้น ลามิเนต ความหนา 8.38 มิลลิเมตร รุ่น 8.38 SE-061.....   | 58        |
| 3.3.3          | กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น ความหนา 24 มิลลิเมตร รุ่น 24 HEAT STOP SGLE50-SCAZ.....                                  | 59        |
| 3.3.4          | กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น ความหนา 41 มิลลิเมตร รุ่น SPACE LITE 5TEC/14ARS/3TEC/14ARS/5TEC.....                     | 61        |
| 3.4            | การติดตั้งระบบวัดอุณหภูมิผิวกระจก.....  | 63        |
| 3.5            | การเก็บข้อมูล.....  | 71        |
| 3.5.1          | อุณหภูมิผิวกระจก (Surface temperature).....   | 71        |
| 3.5.2          | อุณหภูมิอากาศด้านนอกและด้านในกล่องทดลอง และค่าความชื้นสัมพัทธ์.....   | 73        |
| 3.6            | การวิเคราะห์ข้อมูล.....   | 74        |
| 3.7            | สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล.....   | 74        |
| <b>บทที่ 4</b> | <b>ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....</b>  | <b>75</b> |
| 4.1            | ผลการวิเคราะห์.....   | 75        |
| 4.1.1          | การวิเคราะห์เพื่อศึกษาองค์ประกอบในการเกิดการควบแน่น และตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสภาวะการควบแน่นที่ผิวกระจกบริเวณช่องแสงด้านบน.....    | 75        |
| 4.1.2          | เพื่อศึกษาคุณสมบัติของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของกระจกชนิดต่างๆ ที่มีบทบาทต่อการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจก..... | 84        |
| 4.1.3          | การวิเคราะห์เพื่อค้นหาเทคนิควิธีสำหรับการลดปัญหาการควบแน่นที่ผิวกระจกด้านบนอาคาร.....   | 88        |
| <b>บทที่ 5</b> | <b>สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....</b>  | <b>96</b> |
| 5.1            | ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบและตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสภาวะการควบแน่นที่ผิวกระจก.....                              | 96        |
| 5.1.1          | อุณหภูมิอากาศภายนอก.....  | 96        |
| 5.1.2          | ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์.....   | 96        |
| 5.1.3          | อุณหภูมิผิวกระจก.....   | 98        |
| 5.1.4          | อิทธิพลการแผ่รังสีความเย็นจากท้องฟ้า.....   | 98        |
| 5.1.5          | อุณหภูมิจุดควบแน่น.....   | 98        |
| 5.2            | คุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก (U-VALUE) ที่มีบทบาทต่อ   |           |

|  | ญ<br>หน้า |
|--|-----------|
| การเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจก.....  | 104       |
| 5.3 เทคนิควิธีสำหรับการลดปัญหาการควบแน่นที่ผิวกระจก.....                                       | 107       |
| 5.3.1 การเคลือบสารลดการแผ่รังสีความร้อน Low-E.....   | 107       |
| 5.3.2 การเปลี่ยนมุมการติดตั้งกระจกช่องแสงด้านบน.....   | 108       |
| 5.4 ข้อเสนอเทคนิควิธีลดปัญหาการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจกด้านนอกอาคารพักอาศัย<br>ปรับอากาศ..... | 118       |
| 5.5 ข้อเสนอแนะ.....  | 121       |
| รายการอ้างอิง.....   | 122       |
| ภาคผนวก.....   | 125       |
| ภาคผนวก ก.....   | 126       |
| ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....  | 151       |

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

|               | หน้า  |
|---------------|---|
| ตารางที่ 1.1  | แสดงคุณสมบัติและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุ<br>ทดลองชนิดต่าง ๆ..... 6     |
| ตารางที่ 2.1  | แสดงตาราง Psychrometric Chart..... 16   |
| ตารางที่ 2.2  | แสดงบัญชีพลังงานของโลก..... 20  |
| ตารางที่ 2.3  | แสดงการคำนวณความชื้นสัมพัทธ์จากปริมาณไอน้ำกับอุณหภูมิอากาศ..... 32                                |
| ตารางที่ 2.4  | แสดงข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะของดวงจันทร์..... 34  |
| ตารางที่ 2.5  | แสดงอุณหภูมิและความดันของก๊าซที่นำไปใช้บรรจุระหว่างกระจกฉนวนกัน<br>ความร้อน..... 39               |
| ตารางที่ 2.6  | แสดงปริมาณสัดส่วนก๊าซในชั้นบรรยากาศต่อก๊าซเรือนกระจก..... 41                                      |
| ตารางที่ 2.7  | แสดงค่าอุณหภูมิรายเดือน ประจำปี พ.ศ.2550 ณ.สถานีตรวจอากาศบางนา<br>กรมอุตุนิยมวิทยา..... 43        |
| ตารางที่ 2.8  | แสดงค่าอุณหภูมิรายเดือน ประจำปี พ.ศ.2551 ณ.สถานีตรวจอากาศบางนา<br>กรมอุตุนิยมวิทยา..... 44        |
| ตารางที่ 3.1  | ข้อมูลด้านเทคนิคและค่าคุณสมบัติของเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ รุ่น Opus<br>200 Data Logger..... 51 |
| ตารางที่ 5.1  | ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-<br>VALUE) ของกระจกทดลอง..... 104    |
| ตารางที่ 6.1  | อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำปีเดือน มกราคม 2551..... 127                                |
| ตารางที่ 6.2  | อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำปีเดือน กุมภาพันธ์ 2551..... 128                            |
| ตารางที่ 6.3  | อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำปีเดือน มีนาคม 2551..... 129                                |
| ตารางที่ 6.4  | อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำปีเดือน เมษายน 2551..... 130                                |
| ตารางที่ 6.5  | อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำปีเดือน พฤษภาคม 2551..... 131                               |
| ตารางที่ 6.6  | อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำปีเดือน มิถุนายน 2551..... 132                              |
| ตารางที่ 6.7  | อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำปีเดือน กรกฎาคม 2551..... 133                               |
| ตารางที่ 6.8  | อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำปีเดือน สิงหาคม 2551..... 134                               |
| ตารางที่ 6.9  | อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำปีเดือน กันยายน 2551..... 135                               |
| ตารางที่ 6.10 | อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำปีเดือน ตุลาคม 2551..... 136                                |
| ตารางที่ 6.11 | อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำปีเดือน พฤศจิกายน 2551..... 137                             |

|               |  |     |
|---------------|--|-----|
| ตารางที่ 6.12 | คุณหมึกกระเปาะแห่งราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน ธันวาคม 2551.....       | 138 |
| ตารางที่ 6.13 | ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน มกราคม 2551 .....     | 139 |
| ตารางที่ 6.14 | ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน กุมภาพันธ์ 2551 ..... | 140 |
| ตารางที่ 6.15 | ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน มีนาคม 2551 .....     | 141 |
| ตารางที่ 6.16 | ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน เมษายน 2551 .....     | 142 |
| ตารางที่ 6.17 | ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน พฤษภาคม 2551 .....    | 143 |
| ตารางที่ 6.18 | ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน มิถุนายน 2551 .....   | 144 |
| ตารางที่ 6.19 | ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน กรกฎาคม 2551 .....    | 145 |
| ตารางที่ 6.20 | ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน สิงหาคม 2551 .....    | 146 |
| ตารางที่ 6.21 | ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน กันยายน 2551 .....    | 147 |
| ตารางที่ 6.22 | ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน ตุลาคม 2551 .....     | 148 |
| ตารางที่ 6.23 | ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน พฤศจิกายน 2551 .....  | 149 |
| ตารางที่ 6.24 | ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน ธันวาคม 2551 .....    | 150 |

สารบัญภาพ

|           | หน้า   |
|-----------|--|
| รูปที่1.1 | แสดงลักษณะกระจกใส กระจกใสพิเศษ และกระจกลามิเนตฟิล์มสีต่างๆ..... 3  |
| รูปที่1.2 | การเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจกและคราบสกปรกที่ผิวกระจก..... 4   |
| รูปที่1.3 | แสดงลักษณะการทำความสะอาดกระจก..... 4   |
| รูปที่1.4 | แสดงตำแหน่งและที่ตั้งของประเทศไทยตามเขตภูมิอากาศ..... 5  |
| รูปที่2.1 | แสดงลักษณะการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจก..... 14   |
| รูปที่2.2 | แสดงการหาค่าความชื้นสัมพัทธ์จากตาราง Psychrometric Chart..... 17   |
| รูปที่2.3 | แสดงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งมายังพื้นโลกประกอบด้วนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ต่างๆ..... 18                          |
| รูปที่2.4 | แสดงรายการคำนวณคุณสมบัติกระจกจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์..... 22   |
| รูปที่2.5 | แสดงคุณลักษณะการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์..... 26  |
| รูปที่2.6 | แสดงชั้นบรรยากาศกับอิทธิพลการแผ่รังสีความร้อน..... 33  |
| รูปที่2.7 | แสดงบทบาทของเมฆในการรักษาอุณหภูมิ..... 34  |
| รูปที่2.8 | ลักษณะท้องฟ้า ..... 35   |
| รูปที่2.9 | ช่องว่างอากาศระหว่างกระจกฉนวนกันความร้อนสำหรับบรรจุก๊าซ..... 38  |
| รูปที่3.1 | แสดงเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (Campbell Data Logger) รุ่น CR23X และโปรแกรมประมวลผล Box car pro..... 50                |
| รูปที่3.2 | แสดงเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ รุ่น Opus 200 Data Logger ลักษณะการเชื่อมต่อระบบ และโปรแกรม Smart Control..... 51       |
| รูปที่3.3 | รูปเครื่องวัดอุณหภูมิ Infrared Thermometers เทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด DP-88 DIGICON..... 52                           |
| รูปที่3.4 | เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ Model DIGICON TH-03..... 53  |
| รูปที่3.5 | หัววัดอุณหภูมิ Thermister..... 54  |
| รูปที่3.6 | แสดงรูปการประกอบเครื่องปรับอากาศเข้ากับกล่องทดลอง ..... 55   |
| รูปที่3.7 | แสดงการตรวจสอบอุณหภูมิภายในที่ 25 องศาเซลเซียส หลังจากที่เปิดระบบปรับอากาศ..... 55                                     |
| รูปที่3.8 | แสดงการติดตั้งกระจกทดลองขนาด 50 x 50 เซนติเมตร จำนวน 4 แผ่น ที่ด้านบนของกล่องทดลองโดยทำมุมระนาบเดียวกับท้องฟ้า..... 56 |
| รูปที่3.9 | กระจกใสนิรภัยชั้นเดียว (Tempered Glass)..... 56  |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| รูปที่3.10 | แสดงลักษณะการแตกของกระจกนิรภัยชั้นเดียว หรือกระจกเทมเปอร์.....  | 58 |
| รูปที่3.11 | กระจกนิรภัย 2 ชั้น ลามิเนต รุ่น 8.38 SE-061 ความหนา 8.38 มิลลิเมตร.....   | 58 |
| รูปที่3.12 | แสดงลักษณะการแตกของกระจกนิรภัย 2 ชั้น ลามิเนต.....  | 59 |
| รูปที่3.13 | กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น ความหนา 24 มิลลิเมตร รุ่น 24 Heat Stop SGLE50-RSCAZ.....                   | 60 |
| รูปที่3.14 | กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น ความหนา 41 มิลลิเมตร รุ่น SPACE LITE.....                                  | 62 |
| รูปที่3.15 | แสดงการเจาะช่องเปิด 3 ช่องที่ผนังด้านทิศใต้.....  | 63 |
| รูปที่3.16 | การติดตั้งผนังทั้ง 4 ด้าน และพื้นกล่องทดลองที่ทำมาจากวัสดุที่มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนเข้ากับโครงสร้างกล่องทดลอง..... | 64 |
| รูปที่3.17 | แสดงบรรยากาศบริเวณโดยรอบกล่องทดลอง.....   | 64 |
| รูปที่3.18 | แสดงสภาพท้องฟ้าในช่วงเวลาที่ทำกรทดลอง.....  | 65 |
| รูปที่3.19 | แสดงการติดตั้งเฟรมรับกระจกด้านบนกล่องทดลอง.....   | 65 |
| รูปที่3.20 | แสดงการติดตั้งหัววัดอุณหภูมิที่บริเวณผิวกระจกทดลอง.....   | 66 |
| รูปที่3.21 | แสดงการติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิด โดยทำการติดตั้งและครอบด้วยฉนวน.....                           | 66 |
| รูปที่3.22 | แสดงตำแหน่งการวางอุปกรณ์วัดอุณหภูมิผิวกระจก.....  | 67 |
| รูปที่3.23 | แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์.....   | 67 |
| รูปที่3.24 | แสดงแบบกล่องทดลอง.....  | 68 |
| รูปที่3.25 | แสดงโครงสร้าง พื้น และผนังของกล่องทดลอง.....  | 68 |
| รูปที่3.26 | แสดงการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาด 6,000 Btu/hr.....  | 69 |
| รูปที่3.27 | แสดงรูปแบบวัสดุผนังทดลอง.....   | 70 |
| รูปที่3.28 | แสดงการก่อสร้างผนังกล่องทดลอง.....  | 70 |
| รูปที่3.29 | แสดงรูปแบบโครงสร้างไม้ของกล่องทดลอง.....  | 71 |
| รูปที่3.30 | แสดงลักษณะการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของกระจกนิรภัยชั้นเดียว.....   | 72 |
| รูปที่3.31 | แสดงลักษณะการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของกระจกนิรภัย 2 ชั้น ลามิเนต.....   | 72 |
| รูปที่3.32 | แสดงลักษณะการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น.....  | 72 |
| รูปที่3.33 | แสดงลักษณะการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น.....                                     | 73 |

|            | ๓   |
|------------|---|
|            | หน้า  |
| รูปที่3.34 | แสดงภาพด้านบนของกล่องทดลอง..... 73  |
| รูปที่5.1  | ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบและตัวแปรที่มีอิทธิพล<br>ต่อสภาวะการควบแน่นที่ผิวกระจก..... 98 |
| รูปที่5.2  | แสดงค่า <b>U-VALUE</b> ของกระจกทั้ง 4 ชนิดที่นำมาทดลอง โดยเป็นรายการ<br>คำนวณ..... 106                      |
| รูปที่5.3  | แสดงลักษณะมุมการติดตั้งกระจกทดลอง ที่ 0, 15, 30 องศา..... 108   |



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

|                | หน้า   |
|----------------|--|
| แผนภูมิที่ 1.1 | แสดงประสิทธิภาพค่าการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ ..... 2   |
| แผนภูมิที่ 1.2 | แบบแสดงการเสนอผลการวิจัย..... 10   |
| แผนภูมิที่ 2.1 | การแยกประเภทของกระจกต่างๆ ตามกระบวนการผลิต..... 12   |
| แผนภูมิที่ 2.2 | แสดงความยาวคลื่นรังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านมายังพื้นโลก..... 19  |
| แผนภูมิที่ 2.3 | แสดงสัดส่วนของการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์..... 20   |
| แผนภูมิที่ 2.4 | แสดงค่าความส่งผ่านรังสี (Transmission) ค่าความสะท้อนรังสี (reflection) และค่าความดูดกลืนรังสี (absorptions) ของกระจก 3 ชนิดคือ กระจกใส (clear float glass) กระจกสี (tinted glass) และกระจก 2 ชั้น (double glazing)..... 27 |
| แผนภูมิที่ 2.5 | แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมมูลความชื้นของวัสดุและความชื้นสัมพัทธ์..... 31  |
| แผนภูมิที่ 2.6 | แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติค่า U-Value (W/m <sup>2</sup> K) กับขนาดความกว้างของช่องว่างอากาศสำหรับกระจกฉนวนกันความร้อน โดยที่กระจกบรรจุก๊าซที่ต่างชนิดกัน..... 39  |
| แผนภูมิที่ 2.7 | แสดงค่าอุณหภูมิรายเดือน ประจำปี พ.ศ.2550 ณ.สถานีตรวจอากาศ บางนา กรมอุตุนิยมวิทยา..... 43   |
| แผนภูมิที่ 2.8 | แสดงค่าอุณหภูมิรายเดือน ประจำปี พ.ศ.2551 ณ.สถานีตรวจอากาศ บางนา กรมอุตุนิยมวิทยา..... 44   |
| แผนภูมิที่ 4.1 | แสดงลักษณะภูมิอากาศ เปอร์เซนต์ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศภายนอกและอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552..... 76            |
| แผนภูมิที่ 4.2 | แสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในลักษณะตั้งฉากกับพื้นดิน โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 23.00 น. ของวันที่ 28 มกราคม 2552..... 78   |
| แผนภูมิที่ 4.3 | แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนิรภัยชั้นเดียวเทมเปอร์ ความหนา 6 มิลลิเมตร..... 80   |
| แผนภูมิที่ 4.4 | แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนิรภัย 2 ชั้น ลามิเนต รุ่น 8.38 SE-061 ความหนา 8.38 มิลลิเมตร..... 81   |



|                 |   |    |
|-----------------|---|----|
| แผนภูมิที่ 4.5  | แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น รุ่น 24 HEAT STOP SGLE50-RSCAZ.....  | 82 |
| แผนภูมิที่ 4.6  | แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น รุ่น SPACE-LITE 5TEC/14ARS/3TEC/14ARS/5TEC   | 83 |
| แผนภูมิที่ 4.7  | แสดงอุณหภูมิผิวกระจกภายนอกต่ำสุด เมื่อเวลา 06.30 น. กับอุณหภูมิสูงสุดเมื่อเวลา 12.30 น. ของกระจกทั้ง 4 ชนิดที่นำมาทดลองในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552..... | 86 |
| แผนภูมิที่ 4.8  | แสดงค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวต่ำสุด เมื่อเวลา 06.30 น. กับอุณหภูมิสูงสุดเมื่อเวลา 12.30 น. ของกระจกทั้ง 4 ชนิด โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552.....  | 87 |
| แผนภูมิที่ 4.9  | แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุกระจกนิรภัยชั้นเดียว กับอุณหภูมิจุดควบแน่นในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552.....                                   | 88 |
| แผนภูมิที่ 4.10 | แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุกระจกนิรภัย 2 ชั้น กับอุณหภูมิจุดควบแน่นในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552.....                                     | 90 |
| แผนภูมิที่ 4.11 | แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น กับอุณหภูมิจุดควบแน่นในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552.....               | 92 |
| แผนภูมิที่ 4.12 | แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น กับอุณหภูมิจุดควบแน่นในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของ   |    |

|                |  |     |
|----------------|--|-----|
|                | วันที่ 29 มกราคม 2552.....   | 94  |
| แผนภูมิที่ 5.1 | แสดงการเปรียบเทียบ อุณหภูมิอากาศภายนอกและภายใน อุณหภูมิผิวกระจกภายนอกและภายใน อุณหภูมิจุดควบแน่น ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ และช่วงเวลาของการเกิดการควบแน่นที่ผิวของกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิด ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552..... | 97  |
| แผนภูมิที่ 5.2 | แสดงช่วงเวลาของการเกิดการควบแน่นที่ผิวของกระจกนิรภัยชั้นเดียว ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552.....   | 99  |
| แผนภูมิที่ 5.3 | แสดงช่วงเวลาของการเกิดการควบแน่นที่ผิวของกระจกนิรภัย 2 ชั้น ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552.....   | 100 |
| แผนภูมิที่ 5.4 | แสดงช่วงเวลาของการเกิดการควบแน่นที่ผิวของกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552.....   | 101 |
| แผนภูมิที่ 5.5 | แสดงช่วงเวลาของการเกิดการควบแน่นที่ผิวของกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552.....   | 102 |
| แผนภูมิที่ 5.6 | แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างกันของอุณหภูมิผิวกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิด.....   | 105 |
| แผนภูมิที่ 5.7 | แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนิรภัยเทมเปอร์ที่เคลือบและไม่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 0° กับระนาบนอน.....  | 109 |
| แผนภูมิที่ 5.8 | แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนิรภัยเทมเปอร์ที่เคลือบและไม่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 15° กับระนาบนอน.....   | 110 |

|                 |  |     |
|-----------------|--|-----|
| แผนภูมิที่ 5.9  | แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนิรภัยเทมเปอร์ที่เคลือบและไม่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 30? กับระนาบนอน.....                       | 111 |
| แผนภูมิที่ 5.10 | แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนิรภัยลามิเนตที่เคลือบและไม่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 0? กับระนาบนอน.....                         | 112 |
| แผนภูมิที่ 5.11 | แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนิรภัยลามิเนตที่เคลือบและไม่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 15? กับระนาบนอน.....                        | 113 |
| แผนภูมิที่ 5.12 | แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนิรภัยลามิเนตที่เคลือบและไม่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 30? กับระนาบนอน.....                        | 114 |
| แผนภูมิที่ 5.13 | แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้นที่เคลือบและไม่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 0? กับระนาบนอน.....   | 115 |
| แผนภูมิที่ 5.14 | แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้นที่เคลือบและไม่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 15? กับระนาบนอน ..... | 116 |
| แผนภูมิที่ 5.15 | แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้นที่เคลือบและไม่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 30? กับระนาบนอน ..... | 117 |
| แผนภูมิที่ 5.16 | แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาการการเกิดควบแน่นของกระจกทดลองที่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 0? กับระนาบนอน .....                                    | 118 |
| แผนภูมิที่ 5.17 | แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาการการเกิดควบแน่นของกระจกทดลองที่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 15? กับระนาบนอน .....                                   | 119 |
| แผนภูมิที่ 5.18 | แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาการการเกิดควบแน่นของกระจกทดลองที่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 30? กับระนาบนอน .....                                   | 120 |

# บทที่ 1

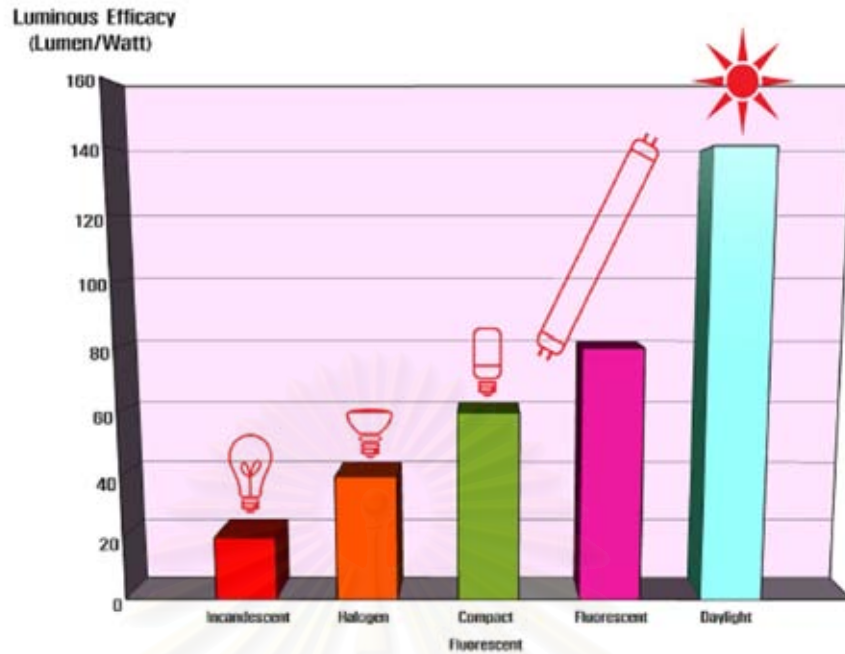
## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แสงธรรมชาติเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อเทียบกับแหล่งกำเนิดแสงแหล่งอื่นๆ ที่ให้ค่าการส่องสว่างเท่าเทียมกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเทียบกับแสงประดิษฐ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้า การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติอย่างเหมาะสมสามารถลดความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในอาคารได้ ข้อดีของแสงธรรมชาติคือมีประสิทธิภาพการส่องสว่าง (**Luminous efficacy**) สูงมากเมื่อเทียบกับแสงประดิษฐ์ นอกจากนี้แสงธรรมชาติเป็นแสงที่มีดัชนีความถูกต้องของสี (**Color Rendering Index, CRI**) สูงมากซึ่งทำให้สิ่งของต่าง ๆ มีสีตามจริง รวมถึงแสงธรรมชาติเป็นแสงที่มีพลวัต (**Dynamic**) สามารถแปรเปลี่ยนไปในแต่ละช่วงเวลาของวันซึ่งสามารถกระตุ้นให้ผู้ใช้อาคารรับรู้มิติด้านเวลา และสร้างความกระฉับกระเฉงให้กับผู้ใช้อาคาร ดังนั้นการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้แทนแสงประดิษฐ์ในเวลากลางวันสำหรับอาคารจึงได้รับความนิยมมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับอาคารพักอาศัย.

ปัจจุบันการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารพักอาศัยโดยผ่านทางช่องกระจกด้านบนหรือที่เรียกกันว่า **Skylight** ผู้ออกแบบให้ความสนใจนำมาใช้ในงานสถาปัตยกรรมมากขึ้นเพื่อสนองประโยชน์ใช้สอย ความต้องการด้านสุนทรียภาพ และบรรยากาศธรรมชาติที่สามารถสัมผัสได้ด้วยประสาททั้ง 5 ของมนุษย์ เพื่อให้เกิดสภาวะน่าสบาย (**Comfort Zone**) จากปรัชญาในการอยู่อาศัยของคนยุคใหม่ 7 ประการส่วนหนึ่งได้กล่าวไว้ว่า “ความรู้สึกร้อนหนาวที่พอเหมาะ (**Thermal comfort**) และการมีแสงสว่างที่เพียงพอ (**Lighting comfort**) นั้นเป็นสิ่งที่มนุษย์ในปัจจุบันต้องการ” ซึ่งเป็นแนวทางที่จะส่งผลดีต่อการดำรงชีวิตในปัจจุบัน ดังนั้นภายในอาคารพักอาศัยจะมีส่วนพื้นที่ต่างๆ ที่นิยมเปิดช่องกระจกด้านบน เช่น ห้องทำงาน ห้องรับแขก ห้องนอน ห้องครัว ห้องอาบน้ำ ฯลฯ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 1.1 แสดงประสิทธิภาพค่าการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ

การเลือกใช้วัสดุสำหรับช่องแสงด้านบน (Skylight) เพื่อให้แสงสว่างส่องผ่านเข้าสู่ภายในอาคารมีหลายประเภท เช่น

### 1. วัสดุกระจก (Glass)

- กระจกนิรภัยชั้นเดียว (Temper Glass)
- กระจกนิรภัยลามิเนต (Laminate Glass)
- กระจกนิรภัยลามิเนตเคลือบสารกันความร้อน (Coating Low-E)
- กระจกฉนวนกันความร้อน (Insulation Glass)
- กระจกฉนวนกันความร้อนสองชั้น (Double Insulation Glass)

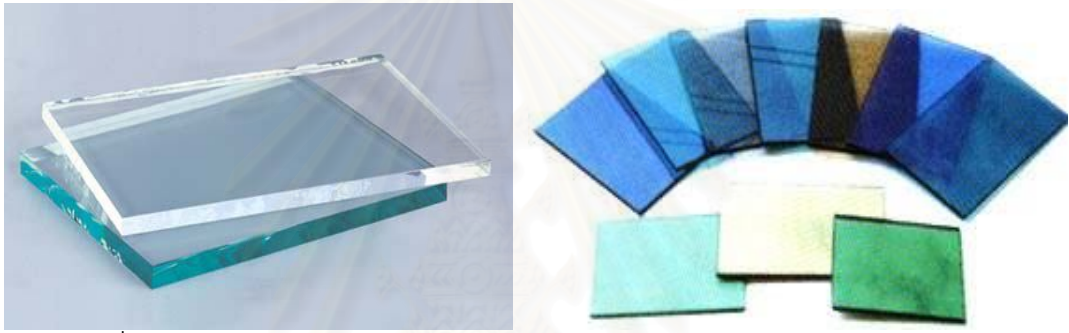
### 2. วัสดุประเภทพลาสติก

- แผ่นอะครีลิก (Acrylic sheet)
- แผ่นโพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate Sheet)
- ไฟเบอร์กลาส (Fiberglass)

แต่เมื่อเปรียบเทียบวัสดุทั้ง 2 ประเภทนี้ภายหลังจากการนำไปติดตั้งใช้งานแล้ว มักพบปัญหาจากวัสดุประเภทพลาสติกเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ วัสดุเกิดการเปลี่ยนสี กรอบ แตก ปลายงา บิดเบี้ยวไม่คงรูป และคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์จะแปรเปลี่ยนไปตามระยะเวลาการใช้งานที่ผ่านไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของความทนทานต่อสภาวะอากาศที่ร้อน เย็น เปียกชื้น หรือ

มลภาวะที่เกิดขึ้น รวมถึงวัสดุประเภทพลาสติกอาจจะติดไฟ ในการติดตั้งต้องระวังไม่ให้อยู่ใกล้เปลวไฟ หรือความร้อนสูง โดยทั่วไปแผ่นอะคริลิกจะจุดติดไฟได้ยาก แต่เมื่อติดไฟแล้วจะเกิดการลุกไหม้ และกระจายความร้อนอย่างรวดเร็ว กรณีติดตั้งในที่สูงจะหยดเป็นลูกไฟลงมาสามารถทำให้เกิดการลุกลามไปยังพื้นที่อื่นๆได้

ดังนั้นวัสดุกระจก (Glass) จึงได้รับความนิยมจากผู้ออกแบบ หรือเจ้าของอาคาร เพื่อนำมาใช้สำหรับส่วนช่องแสงด้านบน (Skylight) ของอาคารพักอาศัย เพราะคุณสมบัติด้านความโปร่งใส โปร่งแสง ความสวยงามจากสีส้ม ความคงทน และการเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวที่น้อย



รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะกระจกใส กระจกสีพิเศษ และกระจกลามิเนตฟิล์มสีต่างๆ

นอกจากเลือกวัสดุให้เหมาะสมกับการใช้งานแล้วสภาพแวดล้อมกับภูมิประเทศ ซึ่งเป็นที่ตั้งของอาคารก็มีส่วนสำคัญอย่างมาก ทั้งนี้เกิดจากโลกที่เราอาศัยอยู่นี้มีพื้นที่กว้างใหญ่ ทั้งส่วนที่เป็นพื้นน้ำและพื้นดิน พื้นที่มากกว่า 2 ใน 3 ของพื้นผิวโลกปกคลุมด้วยพื้นน้ำ อีกทั้งน้ำจากแหล่งต่างๆ ที่ไหลรวมกันจะกลายเป็นผืนน้ำกว้างใหญ่และเกิดจากการระเหยกลายเป็นไอขึ้นไปสู่อากาศ แล้วระบายความร้อนออกด้วยกระบวนการต่างๆ เช่น การกลั่นหรือการควบแน่น (Condensing) และตกลงมายังโลกอีก กระบวนการเหล่านี้จะเป็นไปอยู่ตลอดเวลา เรียกว่า Hydrologic cycle เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นมีลักษณะของอุณหภูมิรวมถึงปริมาณความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยสูงเกือบตลอดทั้งปี ปัญหาที่พบตามมาหลังจากการนำกระจกไปติดตั้งเป็นช่องส่องด้านบนของอาคารพักอาศัยปรับอากาศ นั่นคือการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจก (Condensation) จนทำให้เกิดหยดน้ำกระจกเปียกชื้น การรั่วซึมเข้าสู่ภายในอาคาร คราบสิ่งสกปรกบนผิวกระจก รอยน้ำฝน คราบน้ำ และคราบฝุ่นละออง รวมถึงปัญหาหยาบๆ ถ้าหากเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจกอย่างต่อเนื่องคือ การเกิดเชื้อราสะสมบริเวณขอบกระจก

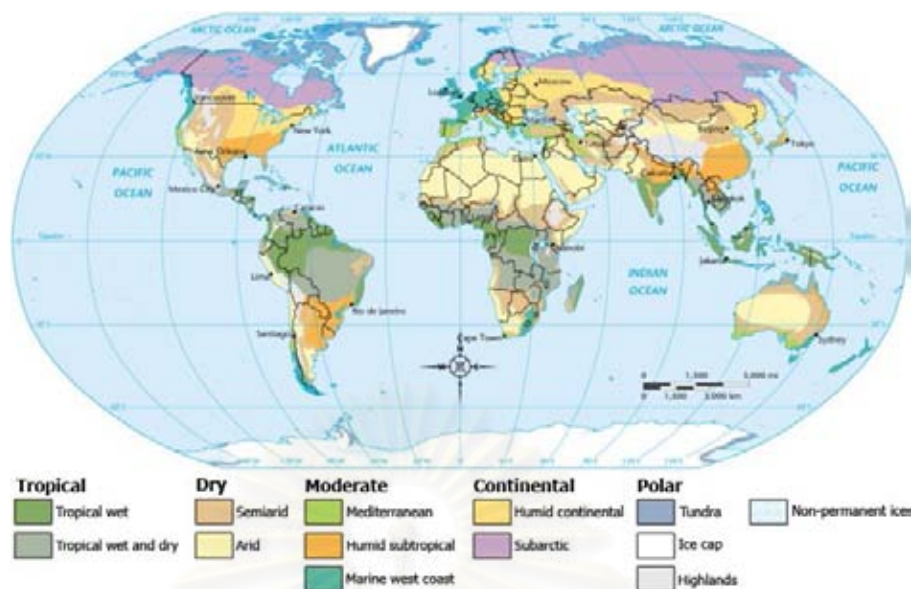
จากปัญหาที่กล่าวมานี้ล้วนมีสาเหตุมาจากการควบแน่นบริเวณผิวกระจกของช่องแสง  
 ด้านบน นอกจากนี้ยังมีผลถึงเจ้าของหรือผู้ใช้อาคารในแง่ของการใช้อาคารด้วย คือ มีความยาก  
 ต่อการทำความสะอาดกระจกทำให้อาคารพักอาศัยขาดความสวยงาม มีต้นทุนค่าใช้จ่ายสำหรับการ  
 การดูแลรักษาสูง มีความเสี่ยงอันตรายในการทำความสะอาด



รูปที่ 1.2 การเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจกและคราบสกปรกที่ผิวกระจก



รูปที่ 1.3 แสดงลักษณะการทำความสะอาดกระจก



รูปที่ 1.4 แสดงตำแหน่งและที่ตั้งของประเทศไทยตามเขตภูมิอากาศ

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:ClimateMapWorld.png>

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อสภาวะการควบแน่นที่ผิวกระจกบริเวณช่องแสงด้านบนภายนอกอาคารเท่านั้น

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติของค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของกระจกชนิดต่างๆ ที่มีบทบาทต่อการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจกบริเวณช่องแสงด้านบนอาคารพักอาศัยปรับอากาศ.

1.2.3 เพื่อค้นหาเทคนิควิธีสำหรับการลดปัญหาการควบแน่นที่ผิวกระจก

## 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 การทดลองจะศึกษาถึงลักษณะขององค์ประกอบและการแก้ไขปัญหาคารควบแน่นบริเวณช่องแสงด้านบนที่ใช้กระจกเท่านั้น

1.3.2 การทดลองจะทำการเลือกกระจกขนาด 50 x 50 เซนติเมตร ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ที่แตกต่างกันแต่ละชนิดมาทดลอง ดังนี้



| กระจก<br>ทดลอง | ชนิดกระจกทดลอง                           | ความหนา<br>(มิลลิเมตร) | น้ำหนัก/ตารางเมตร<br>(กิโลกรัม) | ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-VALUE) |                           |
|----------------|--|------------------------|---------------------------------|--|---------------------------|
|                |  |                        |                                 | W/m <sup>2</sup> ·k                        | Btu/h.ft <sup>2</sup> ·F) |
| 1              | กระจกนิรภัยชั้นเดียว เทมเปอร์            | 6.00                   | 15.00                           | 5.25                                       | 0.92                      |
| 2              | กระจกนิรภัย 2 ชั้น ลามิเนต               | 8.38                   | 20.00                           | 2.79                                       | 0.49                      |
| 3              | กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น | 24.38                  | 35.00                           | 1.78                                       | 0.31                      |
| 4              | กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น | 41.00                  | 32.50                           | 0.83                                       | 0.15                      |

ตารางที่ 1.1 แสดงคุณสมบัติและค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของวัสดุทดลองชนิดต่าง ๆ

1.3.3 ทุกชั้นตอนจะทดลองโดยใช้กล่องทดลองขนาด 120 X120x120 เซนติเมตร ที่เปิดระบบปรับอากาศภายในโดยกำหนดอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส

1.3.4 ทำการติดตั้งกระจกทดลองในทิศทางการหันช่องแสงสู่ด้านบนอาคาร โดยไม่ใช้อุปกรณ์บังแดด และให้กระจกทำมุมระนาบเดียวกับท้องฟ้า.

1.3.5 ศึกษาช่องแสงทางด้านบนสำหรับอาคารปรับอากาศในเขตภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร เพื่อศึกษาปัจจัยตามวัตถุประสงค์.

1.3.6 กำหนดตัวแปร

1.3.6.1 ตัวแปรต้น

- อุณหภูมิอากาศภายในและภายนอกกล่องทดลอง (Air temperature)
- ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกกล่องทดลอง (Relative humidity %)

1.3.6.2 ตัวแปรตาม

- อุณหภูมิผิวทั้งภายในและภายนอกของกระจก (Surface temperature)
- อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature)

1.3.6.3 ตัวแปรควบคุม

- ขนาดของกระจก
- มุมการติดตั้งกระจกในแนวระนาบเดียวกับท้องฟ้า
- สภาพแวดล้อมภายในที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
- ความเป็นฉนวนผนังกล่องทดลองและจุดรั่วซึมของอากาศ

1.3.6.4 ตัวแปรด้านประสิทธิภาพวัสดุกระจก (เป็นตัวแปรที่มีผลต่อการป้องกันความร้อนของวัสดุกระจกเท่านั้น)

- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจกโดยมีหน่วยเป็น วัตต์-ชั่วโมง ต่อ ตารางเมตร องศาเซลวิน หรือ บีทียู ต่อ ชั่วโมง-ตารางฟุต องศาฟาเรนไฮต์

## 1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

1.4.1 ทบทวนงานวิจัยและรายการคำนวณที่เกี่ยวข้องเพื่อตั้งสมมุติฐานการวิจัย

1.4.2 กำหนดชนิดของกระจกทดลองจากรายการคำนวณค่าคุณสมบัติของกระจกที่นำมาทดลอง โดยแบ่งเป็น

1.4.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

1.4.2.2 ค่าการส่งผ่านความร้อนของกระจก

1.4.3 ดำเนินการทดลองและเก็บข้อมูลจากกล่องทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิภายในไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส และทำการวัดอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ทั้งภายนอกและภายในกล่องทดลอง เพื่อจุดบันทึกเก็บสถิติทุก 30 นาที ต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน

1.4.4 ตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกภายนอก และภายในกล่องทดลอง แล้วทำการจุดบันทึกทุก 30 นาทีต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 3 วัน

1.4.5 วิเคราะห์และประเมินผลของตัวแปรและทดลองควบคุมตัวแปร เพื่อกำหนดเทคนิควิธีในการแก้ไขปัญหากการควบคุมที่ผิวกระจก

## 1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) หน่วยเป็น  $W/m^2 \cdot K$  เป็นผลเนื่องมาจากค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างภายในและภายนอกอาคาร
- ค่าการส่งผ่านความร้อนของกระจก (RHG) เป็นค่าพลังงานความร้อนโดยรวมที่ได้มาจากแหล่งพลังงานความร้อนทั้งหมดที่สามารถส่งผ่านเข้าสู่อาคาร
- ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (SC) เป็นผลมาจากปริมาณแสงอาทิตย์ที่สามารถผ่านเข้ามาด้านในอาคารของกระจกชนิดต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบกับกระจกใส 3 มิลลิเมตร

## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบถึงองค์ประกอบและตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสภาวะการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจกบริเวณกระจกช่องแสง

1.6.2 เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการกำหนดค่าคุณสมบัติกระจกสำหรับช่องแสงด้านบนอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ

### 1.6.3 เพื่อนำเทคนิควิธีการมาประยุกต์ใช้ในการลดปัญหาการควบแน่นบนผิวกระจก

## 1.7 วิธีดำเนินการวิจัย

1.7.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสภาวะการเกิดการควบแน่น

1.7.2 ดำเนินการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อสภาวะการเกิดการควบแน่นที่ผิวของกระจกช่องแสงด้านบนอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศในเขตร้อนชื้น

1.7.2.1 กำหนดสภาพการใช้งานในอาคารบ้านพักอาศัยเพื่อทำการทดลอง กำหนดให้อาคารเป็นสภาวะที่มีการปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยอุณหภูมิภายในควบคุมที่ 25 องศาเซลเซียส

1.7.2.2 ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการเตรียมการทดลอง

- การวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนของวัสดุกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิดที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) แตกต่างกัน
- วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำการออกแบบการทดลองตามสภาพการใช้งานจริงของอาคารบ้านพักอาศัย รวมถึงกำหนดตัวแปรในการวิจัยและกำหนดประเภทของข้อมูลที่ต้องการใช้ในการวิจัย

1.7.3 ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง เนื่องจากการทดลองต้องใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature sensor) เป็นจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องทดสอบความน่าเชื่อถือและปรับแต่งค่ามาตรฐานให้ตรงกันก่อน เพื่อที่จะได้ข้อมูลที่แม่นยำและสามารถนำมาวิเคราะห์หาผลสรุปได้

1.7.4 จัดเตรียมกล่องทดลองที่ใช้ในการเปรียบเทียบวัสดุกระจกทดลอง เป็นกล่อง 1 ใบ รูปทรง 4 เหลี่ยม ขนาด 120x120x120 เซนติเมตร โครงสร้างไม้ ผนังและพื้นผลิตจากวัสดุที่มีความเป็นฉนวน โดยใช้โฟม EPS ความหนาแน่น 2 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต หนา 4 นิ้ว ผูกวดตาข่ายแล้วฉาบด้วยคอนกรีต เมื่อประกอบเสร็จแล้วติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาด 6,000 บีทียู./ ชั่วโมง จำนวน 1 เครื่อง เพื่อทำความเย็นให้ภายในกล่องทดลอง

1.7.5 เก็บและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองของวัสดุกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิด ตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 3 วัน โดยเก็บข้อมูลทุก 30 นาที ภายใต้สภาวะปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง และแบ่งการเก็บข้อมูล ดังนี้

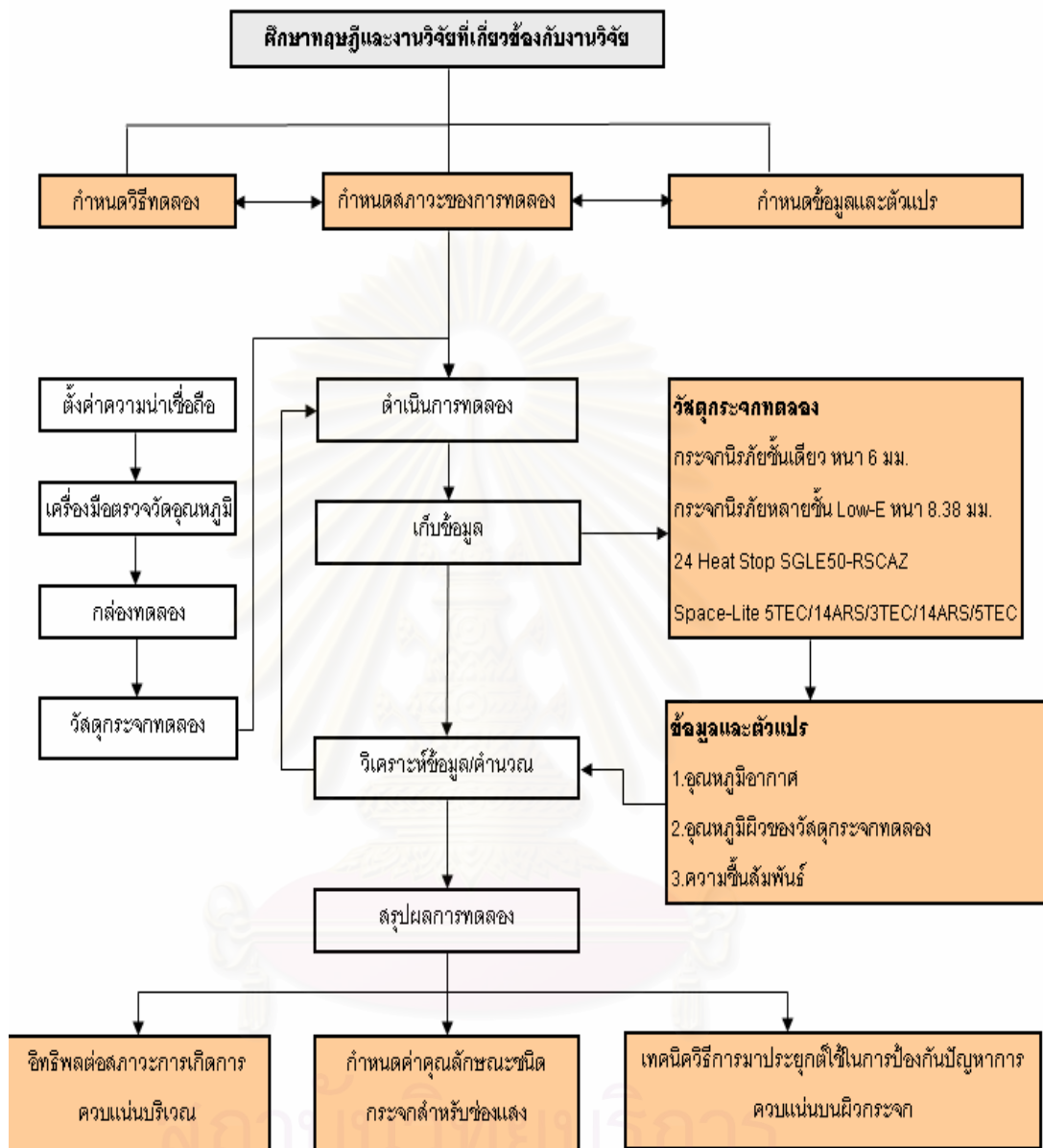
- ข้อมูลด้านพฤติกรรมด้านการถ่ายเทความร้อน (Thermal performance) ของกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิด โดยพิจารณาจากความสัมพัทธ์ของปัจจัยต่างๆ ที่เกิดขึ้นของแต่ละวัสดุ เช่น (1) อุณหภูมิอากาศภายนอก (2) อุณหภูมิอากาศภายใน (3) อุณหภูมิผิวกระจกภายนอก (4) อุณหภูมิผิวกระจกภายใน (5) การติดตั้งกระจกทำมุมระนาบกับท้องฟ้า ซึ่งการทดลองนี้เป็นการทดลองในสภาพแวดล้อมจริงตามธรรมชาติ
- ข้อมูลด้านสภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คือ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ตลอดทั้งวัน ณ.พื้นที่ทดลอง

1.7.6 นำข้อมูลที่บันทึกไว้มาทำการเปรียบเทียบและคำนวณ เพื่อให้ทราบถึงอุณหภูมิจุดควบแน่นของอากาศในช่วงเวลาต่างๆ ตลอดทั้งวันที่ทำการทดลอง

1.7.7 นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ถึงการศึกษารองคประกอบและเทคนิควิธีป้องกันปัญหาการควบแน่นบริเวณผิวกระจกช่องแสงด้านบนสำหรับอาคารพักอาศัยปรับอากาศ

1.7.8 สรุปผลการทดลองเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการกำหนดค่าคุณลักษณะชนิดกระจกและเทคนิควิธีการมาประยุกต์ใช้สำหรับช่องแสงด้านบนอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ

## 1.8 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย



แผนภูมิที่ 1.2 แบบแสดงการเสนอผลการวิจัย

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

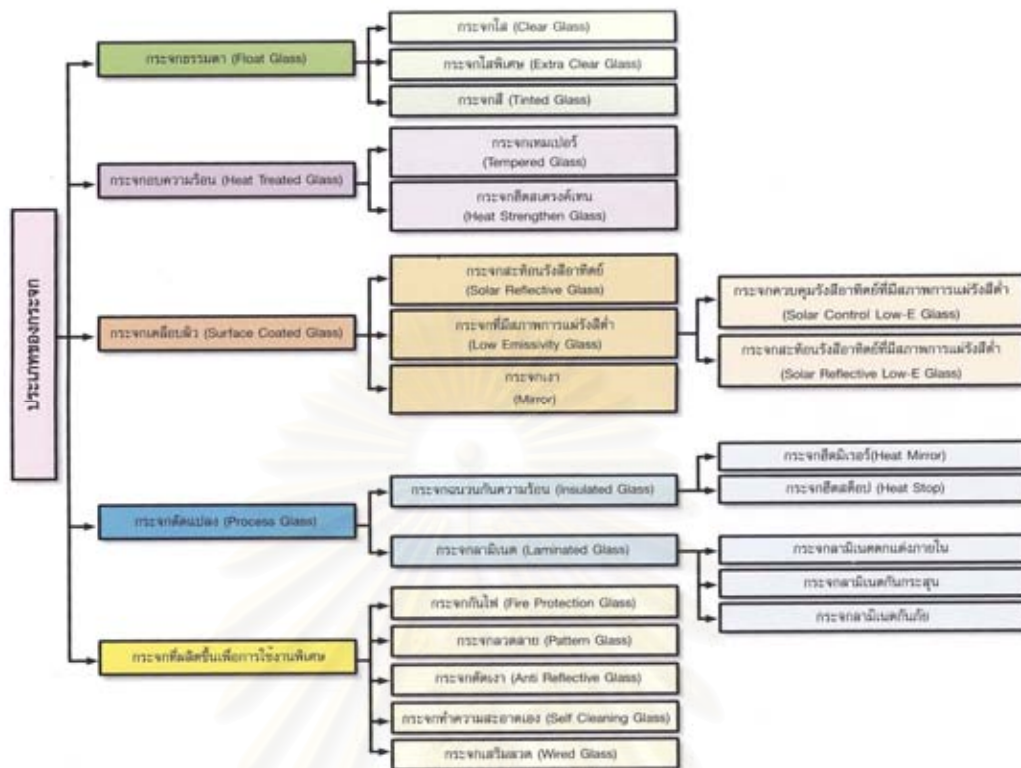
#### 2.1 แนวคิดและทฤษฎี

##### 2.1.1 คุณสมบัติและลักษณะของกระจกชนิดต่างๆ

กรรมวิธีการผลิตกระจกจะเริ่มผลิตโดยการนำวัตถุดิบซึ่งได้แก่ ททรายแก้ว หินฟันม้า หินโดโลไมต์ เศษกระจก โซดาแอช หินปูน และโซเดียมซัลเฟต มาผสมเข้าด้วยกันตามอัตราส่วนที่ได้กำหนดไว้ แล้วนำส่วนผสมที่ได้นั้นไปใส่ในเตาที่มีอุณหภูมิ 1,500 องศาเซลเซียส จนวัสดุต่างๆ เกิดการหลอมละลายจนได้น้ำแก้ว (เชื้อเพลิงได้แก่ น้ำมันเตาซึ่งใช้แทนถ่านหิน) หลังจากนั้นจะปรับอุณหภูมิของน้ำแก้วให้เหลือประมาณ 1,100 องศาเซลเซียสจนมีความหนืดพอเหมาะต่อการขึ้นรูป น้ำแก้วจะถูกนำไปผ่านกระบวนการที่ทำให้เป็นแผ่นโดยวิธีการปล่อยให้ไหลลงไปที่ฟอรม์ตัวเป็นแผ่นกระจกบนอ่างผิวดีบุก กรรมวิธีนี้จะได้ แผ่นกระจก ที่เรียกว่า กระจกโฟลท์ (Float Glass) มีคุณสมบัติดีกว่าแผ่นกระจกที่ผลิตโดยระบบอื่น ๆ คือผิวของแผ่นกระจก จะเรียบ ไม่เป็นคลื่น มีความหนาสม่ำเสมอตลอดทั้งแผ่น

นอกจากนี้โรงงานผู้ผลิตกระจก สำหรับภาคอุตสาหกรรมก่อสร้างยังได้นำกระจกโฟลท์ มาแปรรูป เพื่อเปลี่ยนคุณสมบัติ หรือคุณลักษณะของกระจกให้เหมาะสมกับการใช้งานทางด้านสถาปัตยกรรม ทั้งนี้เพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ กันไป เช่น

- เพื่อความสวยงาม
- เพื่อความปลอดภัย
- เพื่อการประหยัดพลังงาน
- เพื่อป้องกันโจรกรรม
- เพื่อป้องกันอัคคีภัย
- เพื่อป้องกันกระสุน



แผนภูมิที่ 2.1 การแยกประเภทของกระจกต่างๆ ตามกระบวนการผลิต  
(นวัตกรรมการใช้กระจก ศ.ดร.สุนทร บุญญานิการ, 28)

### 2.1.1.1 กระบวนการเคลือบผิวกระจก (Surface coated glass)

คือ การนำกระจกใส (Clear glass) หรือกระจกสี (Tinted glass) มาเคลือบออกไซด์ของโลหะที่สามารถมองเห็นทะลุผ่านได้ใกล้เคียงกระจกใสลงบนผิว เพื่อลดการรังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Low emissivity glass coating) และลดการถ่ายเทความร้อนดีกว่ากระจกใสเมื่อแสงผ่านเท่านั้น ในปัจจุบันมีวิธีการเคลือบโลหะลงบนผิวกระจกซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

- การเคลือบแบบสุญญากาศ (Vacuum Deposition Soft Coating) โดยการพ่นโลหะออกไซด์บางชนิดบนผิวด้านใดด้านหนึ่งของกระจก กระแสไฟฟ้าจะทำปฏิกิริยาทำให้โลหะเกาะผิวกระจก การเคลือบด้วยวิธีนี้สารที่เคลือบจะหลุดออกได้ง่าย แต่สามารถเคลือบไปได้ทั่วทุกอนุของผิวกระจก
- การเคลือบแบบไพโรไลติก (Pyrolytic Deposition or Hart Coating) กรรมวิธีนี้จะเคลือบกระจกในลักษณะที่เป็นของเหลว โลหะออกไซด์จะกระจายแทรกซึมลงในเนื้อกระจกด้วย แม้วิธีนี้โลหะออกไซด์ไม่สามารถกระจายไปทั่วทุก

พื้นผิวของกระจกอย่างสม่ำเสมอแต่ก็มีความแข็งแรงทนทานกว่ากระจกที่เคลือบแบบสุญญากาศ

### 2.1.1.2 กระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำ (Low-E Glass)

เป็นกระจกเคลือบสารโลหะโดยมีโลหะเงินบริสุทธิ์เป็นองค์ประกอบสำคัญเพื่อให้ได้ผิวเคลือบที่มีค่าการคายรังสี (Emissivity) ที่ต่ำมาก ทั้งนี้เพื่อให้เกิดลักษณะเด่นในการเพิ่มประสิทธิภาพและคุณสมบัติในการประหยัดพลังงาน โดยที่กระจกยังคงมีลักษณะใสไม่ทึบแสง ให้ค่าแสงส่องผ่านมาก และมีค่าการสะท้อนแสงน้อย ค่าการคายรังสีเป็นคุณสมบัติจำเพาะของผิววัตถุใดๆ ที่บ่งบอกถึงความสามารถในการสะท้อนความร้อนที่ตกกระทบบนผิววัตถุนั้นๆ หรือความสามารถในการแผ่รังสี (Radiate) ความร้อนออกจากผิววัตถุนั้นๆ ดังนั้น กระจกแผ่นใดที่เคลือบด้วยสารที่มีค่าการคายรังสีต่ำมาก จึงหมายความว่ากระจกนั้นมีความสามารถในการแผ่รังสีความร้อนออกจากผิวกระจกน้อยมาก ด้วยเหตุนี้เองทำให้กระจกชนิดนี้ถูกนำไปใช้ทำเป็นกระจกฉนวนกันความร้อนได้เป็นอย่างดี กระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำจะสะท้อนคลื่นความร้อนและยอมให้แสงผ่านกระจกได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับกระจกธรรมดา ในขณะที่เดียวกันก็สามารถสะท้อน คลื่นความร้อนและป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกได้ดี และมีการสะท้อนแสงน้อย กระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำช่วยในการประหยัดพลังงานได้สูง โดยยอมให้รังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ (Short wave radiation) ผ่านเข้ามาในตัวอาคาร ในขณะที่สะท้อนรังสีคลื่นยาวหรือรังสีความร้อน (Long wave radiation) ออกพอสมควร ในประเทศที่มีอากาศร้อน เช่น ประเทศไทยหรือแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ กระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำจะช่วยสะท้อนรังสีความร้อน ซึ่งจะปลดการสะสมความร้อนในอาคาร ทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นให้กับอาคาร

### 2.1.1.3 กระจกฉนวนกันความร้อน (Insulation Glass)

คือ การนำกระจกตั้งแต่ 2 ชั้นมาประกบกับขอบเฟรมโดยมีช่องอากาศ (AIR GAP) อยู่ระหว่างกระจก 2 แผ่น ซึ่งตรงช่องว่างอากาศสามารถบรรจุก๊าซที่มีความหนาแน่นชนิดต่างๆ จุดประสงค์เพื่อช่วยลดความร้อนและเสียงรบกวน การที่มีช่องอากาศอยู่ระหว่างกระจกนั้นจะทำหน้าที่เป็นฉนวนช่วยลดการถ่ายเทความร้อนและเสียงจากภายนอกอาคารสู่ภายในอาคาร



## 2.1.2 ทฤษฎีการเกิดการควบแน่น

การควบแน่น คือการเปลี่ยนแปลงของไอน้ำในอากาศกลายเป็นหยดน้ำเริ่มเมื่อสถานะของไอน้ำในอากาศ อยู่ในปริมาณสูงสุดที่อากาศจะควบคุมความเป็นไอน้ำไว้ได้ (Dew point) เมื่อใดที่การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอากาศมีระดับการเปลี่ยนแปลงต่ำกว่า Dew point อากาศก็ไม่สามารถจะควบคุม หรือรองรับไอน้ำในอากาศไว้ได้ จึงแปรสภาพเป็นหยดน้ำ ลักษณะการณนี้เรียกว่าการเกิดการควบแน่น ซึ่งมีสองลักษณะคือ การเกิดที่ผิวของวัสดุ (Surface condensation) และการเกิดในเนื้อวัสดุหรือกำแพง (Interstitial condensation) โดยเฉพาะพวกวัสดุสังเคราะห์ และกำแพงที่ประกอบด้วยวัสดุต่างชนิดกันหลายอย่าง หรือ ในส่วนของวัสดุโครงสร้างหลังคา

การเกิดการควบแน่นที่ผิววัสดุนั้นปริมาณจำนวนไอน้ำในบรรยากาศ (Water Vapor) จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ อุณหภูมินั้นมีขีดจำกัดที่ควบคุมไอน้ำไว้ไม่ให้เกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ (Water saturated) คือ Dew-point ส่วนในสภาพบรรยากาศที่มีอุณหภูมิอุณหภูมินั้นอากาศสามารถรวบรวมจำนวนไอน้ำไว้ได้มากกว่าในบรรยากาศที่มีอุณหภูมิลดต่ำกว่าก่อนที่อากาศจะแปรสภาพเป็นหยดน้ำ



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจก

ที่มา <http://www.pilkington.com>

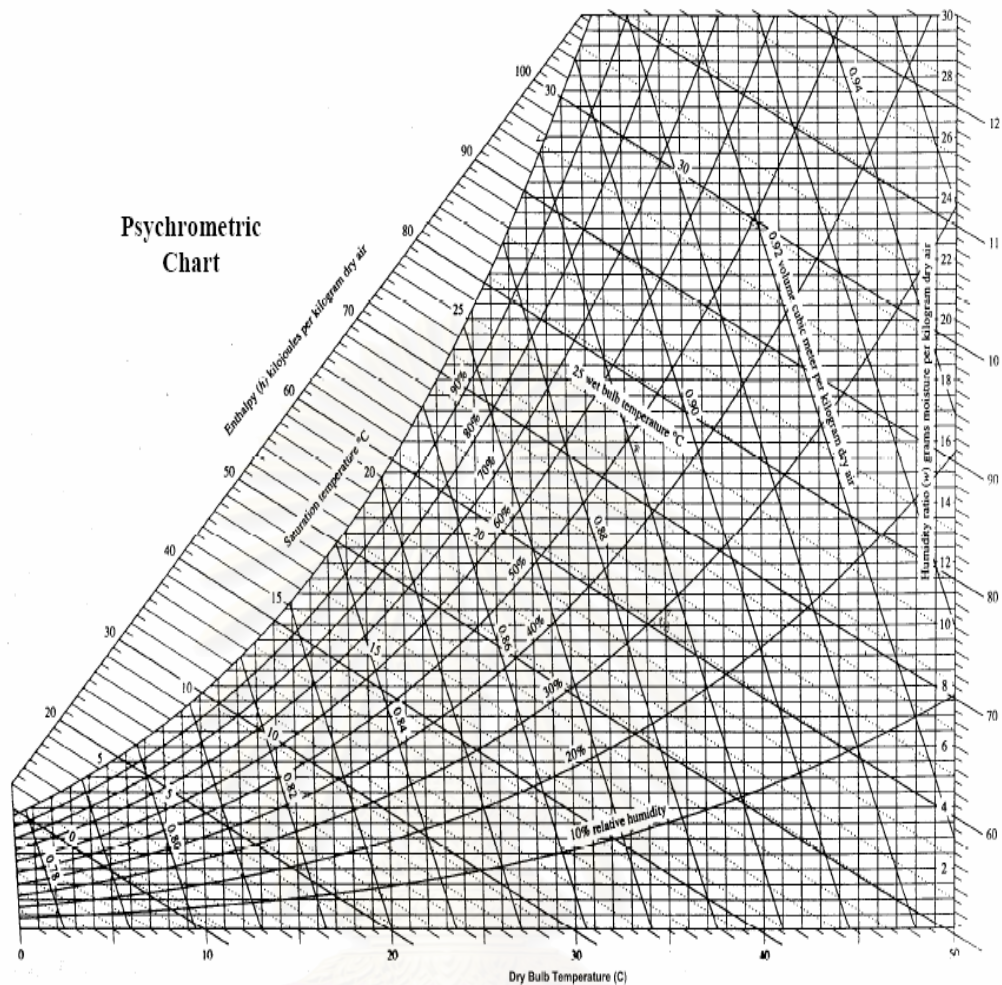
ดังนั้น เมื่ออากาศที่อุ้มไอน้ำไว้ในระดับอุณหภูมิ Dew-point เกิดการสัมผัสกับผิวด้านเย็นของวัสดุที่สะสมความชื้นไว้จากที่อื่น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบรรยากาศตรงส่วนนี้ กล่าวคืออากาศเย็นลงจนเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าระดับ Dew-point ก็จะเกิดปรากฏการณ์ที่ ไอน้ำกลั่นตัวเป็นหยดน้ำจับอยู่ที่ผิววัสดุนั้น การใส่ฉนวนมีความจำเป็นในการแก้ปัญหานี้เพราะจะป้องกันไม่ให้อากาศภายในมีโอกาสเปลี่ยนแปลง เมื่อสัมผัสกับวัสดุที่กั้นระหว่างด้านอากาศเย็น โอกาสที่อุณหภูมิตรงผิววัสดุจะไม่ต่ำหรือเย็นลงกว่าระดับ Dew-point การเกิด Interstitial condensation

ในที่ว่างหรือห้องที่มีคนจำนวนมากอากาศภายในจะอุ่นและชื้น ในขณะที่อากาศภายนอกเย็น ความแตกต่างของแรงดันไอน้ำ ทำให้มีการเคลื่อนตัวของอากาศในส่วนที่เป็นโครงสร้างกันอยู่ระหว่าง เช่น กำแพง ผนัง โครงสร้างเพดานหรือหลังคา หากองค์ประกอบของโครงสร้างเหล่านี้มีความพรุนหรือกลวงมาก การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของอากาศ อาจเกิดขึ้นในส่วนของโครงสร้างหรือเนื้อวัสดุนั้นๆ จึงทำให้เกิดการแปรสภาพอากาศเป็นหยดน้ำขึ้นในส่วนโครงสร้างหรือเนื้อวัสดุ แทนที่จะเกิดตรงแค่ผิวของวัสดุเพียงอย่างเดียว มีผลทำให้ขึ้นส่วนของโครงสร้างเสียหายและเสื่อมคุณภาพได้เร็วขึ้น ปัญหาที่เกิดขึ้นมาก คือ โครงสร้าง เพดานหรือหลังคาวัสดุที่เป็นพวก **Vapor barrier** หรือ แผ่นวัสดุกันความชื้นจะมีความสำคัญในการป้องกันการเกิด **Interstitial condensation** เพราะเป็นตัวป้องกัน แรงดันไอน้ำ **Water Vapor movement** ไม่ให้เกิดขึ้น นอกจากนี้ การระบายอากาศ ในส่วนของโครงสร้างต่างๆ เป็นสิ่งจำเป็นที่คงสภาพของบรรยากาศให้มีอุณหภูมิสูงกว่าระดับ **Dew-point** เสมอ ตำแหน่งการวางแผ่นกันความชื้นที่เหมาะสม คือ วางไว้บนด้านที่อุ่นของฉนวน เพราะเป็นที่ๆ จะควบคุมระดับ **Dew-point** ให้คงที่เสมอ

### 2.1.3 ตาราง Psychrometric chart

เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจสอบคุณสมบัติของอากาศอย่างง่าย ๆ ใช้งานได้สะดวกรวดเร็ว มีลักษณะเป็นแผ่น **Chart** ที่มีข้อมูลกำหนดเงื่อนไข เกี่ยวกับคุณสมบัติของอากาศต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น ซึ่งค่าคุณสมบัติของอากาศที่กำหนดในแผ่น **chart** มีดังนี้

- **Dry-Bulb Temperature** คือ อุณหภูมิอากาศปกติ สามารถวัดได้จาก **Thermometer** ทั่ว ๆ ไป
- **Wet-Bulb Temperature** คือ อุณหภูมิอากาศ ที่วัดได้จาก **Thermometer** ซึ่งกระเปาะถูกหุ้มด้วยผ้าเปียกชื้น แล้วหมุนไปรอบ ๆ อากาศ อย่างรวดเร็ว
- **Relative Humidity** คือ ค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศ ซึ่งเป็นสัดส่วนของความชื้นอากาศ ต่อความชื้นทั้งหมดที่อากาศสามารถรับได้ในขณะนั้น
- **Dew point Temperature** คือ ค่าระดับอุณหภูมิ ซึ่งจุดนั้นไอน้ำในอากาศ จะเริ่มกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ (อากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำ)
- **Grains of Moisture** คือ หน่วยวัดปริมาณน้ำในอากาศหน่วยหนึ่ง (**7,000 Grains = น้ำหนัก 1 lb**)



ตารางที่ 2.1 แสดงตาราง Psychrometric Chart

<http://www.egr.msu.edu/classes/me416/PsychoChart.pdf>

**Psychrometric chart** ประกอบด้วยเส้นตามแนวนอน แนวตั้ง แนวทแยง และแนวโค้ง ซึ่งมีความสัมพันธ์กันดังนี้

- แนวแกนนอน เป็นอุณหภูมิที่วัดได้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ กระเปาะแห้ง เรียกว่า **Dry-bulb temperature** อากาศแห้งที่อุณหภูมิใดๆ จะมีความดันไอน้ำเป็นศูนย์
- แนวแกนตั้ง เป็นค่าความดันไอน้ำมีหน่วยเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้วหรือมิลลิบาร์ หรือ **Kilopascals**
- แนวแกนทแยงมุมจากขวาไปซ้าย เป็นอุณหภูมิที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์ กระเปาะเปียก เรียกว่า **Wet-bulb temperature** เป็นอุณหภูมิที่ไอน้ำกลายเป็นหยดน้ำด้วย เรียกว่า อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (**Dew point temperature**)
- แนวเส้นโค้งจากซ้ายไปขวา เป็นความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนของความดันไอน้ำในอากาศต่อความดันไอน้ำเมื่ออากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำที่

อุณหภูมิใดๆ ในอากาศที่อิ่มตัวด้วยไอน้ำ คือ เส้นบนสุดเป็นเส้นที่ชี้ถึงความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์

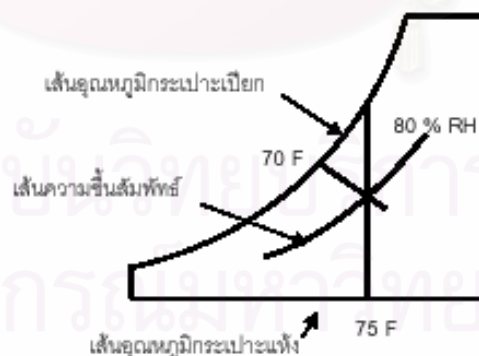
เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นความดันไอของน้ำในอากาศจะเพิ่มขึ้น หมายความว่า ที่อุณหภูมิสูง อากาศสามารถกักไอน้ำไว้ได้มากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นถ้าอากาศที่มีอุณหภูมิสูงและชื้น เมื่อถูกทำให้เย็นลงอากาศจะกักน้ำได้น้อยลง ทำให้ไอน้ำส่วนหนึ่งจะเริ่มกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญอย่างหนึ่งของอากาศชื้นคือ อากาศชื้นจะมีจุดน้ำค้าง (Dew point) เมื่ออากาศชื้นถูกทำให้เย็นลง จนถึงอุณหภูมิที่ทำให้ความดันไอของน้ำถึงจุดสูงสุด และเริ่มกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ อุณหภูมินี้เรียกว่า Dew point temperature

### 2.1.3.1 การหาค่าความชื้นสัมพัทธ์

ในกรณีที่ไม่มีเครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์สามารถหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ได้จากการอ่านค่า Dry-Bulb และ Wet-Bulb จาก Sling Psychrometer เมื่อได้ค่าอุณหภูมิทั้ง 2 แล้วให้นำมาเทียบกับ Psychrometric Chart จะได้ค่าความชื้นสัมพัทธ์

ตัวอย่างเช่น

- อ่านค่าอุณหภูมิกะเปาะแห้งได้ 75 องศาฟาเรนไฮต์
- อ่านค่าอุณหภูมิกะเปาะเปียกได้ 70 องศาฟาเรนไฮต์
- ลากเส้นใน Psychrometric Chart จะได้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ เท่ากับ 80%



รูปที่ 2.2 แสดงการหาค่าความชื้นสัมพัทธ์จากตาราง Psychrometric Chart

### 2.1.4 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแสงอาทิตย์

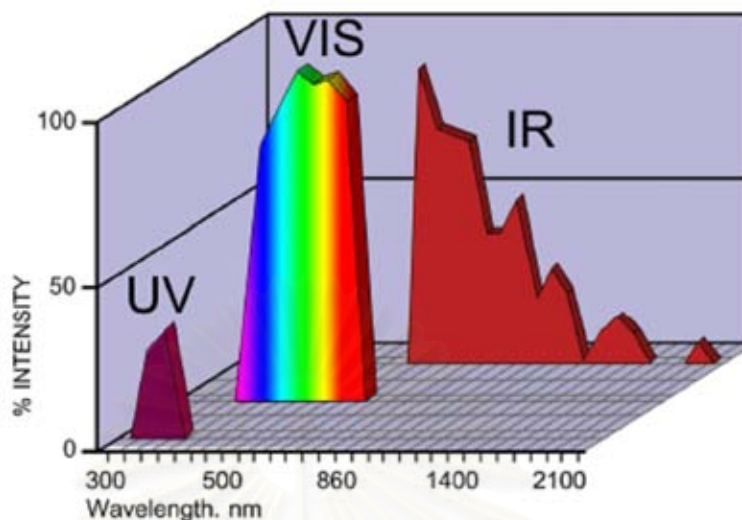
พลังงานต่างๆ ที่พบหรือได้ยินในชีวิตประจำวัน จะอยู่ในรูปของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นต่างๆ กัน โดยมีชื่อเรียกพลังงานต่างๆ เหล่านี้ตามค่าความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียงลำดับจากคลื่นความถี่ต่ำไปถึงคลื่นความถี่สูงดังต่อไปนี้

- ไฟฟ้า (Power)
- เสียง (Voice)
- คลื่นวิทยุโทรทัศน์ โดยเรียงลำดับดังนี้ คลื่น AM คลื่น FM คลื่น VHF คลื่น UHF และคลื่นไมโครเวฟ (Microwaves)
- พลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) ซึ่งได้แก่
  - ความร้อน (Far Infrared)
  - รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น (Near Infrared Ray : NIR)
  - รังสีช่องที่มองเห็นได้ (Visible Light)
  - รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultra-Violet; UV)
- รังสีเอกซเรย์ (X-Rays)
- รังสีแกมมา (Gamma) และรังสีคอสมิก (Cosmic)



รูปภาพที่ 2.3 แสดงพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งมายังพื้นโลกประกอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่ต่างๆ

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



แผนภูมิที่ 2.2 แสดงความยาวคลื่นของรังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านมายังพื้นโลก

(สุนทร บุญญาธิการ, 2551: 76)

#### 2.1.4.1 รังสีอัลตราไวโอเล็ต หรือรังสียูวี (Ultraviolet)

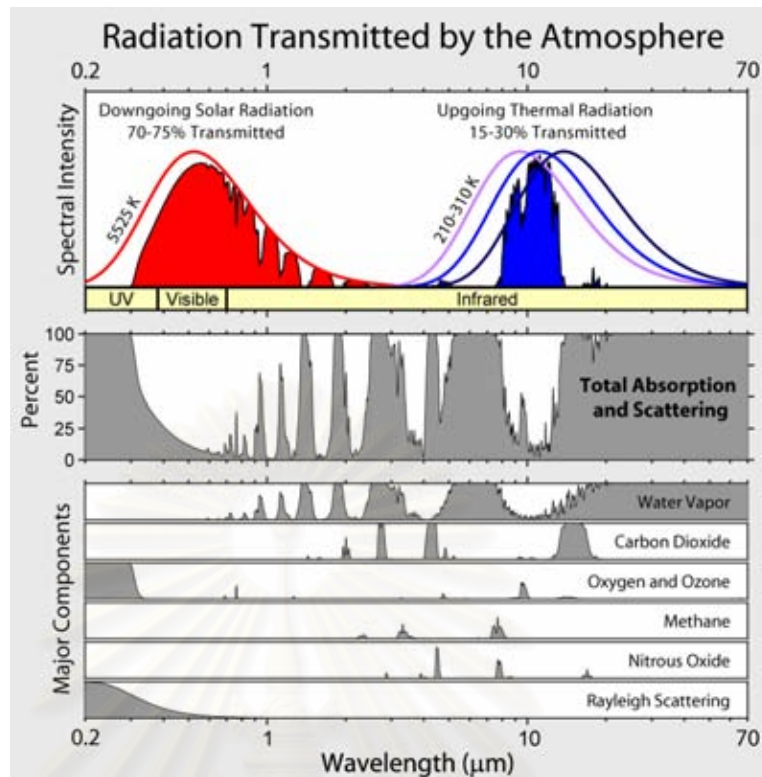
- มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.20 - 0.40 ไมครอน
- เป็นรังสีที่เป็นอันตรายต่อผิวหนัง ทำให้สีของวัสดุต่างๆ ชีดจางลงและเสื่อมสลายได้ง่าย
- มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 3 ของพลังงานแสงทั้งหมด

#### 2.1.4.2 รังสีช่วงที่มองเห็นได้ (Visible Light)

- มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.40 - 0.78 ไมครอน
- เป็นพลังงานที่อยู่ในรูปของแสง ได้แก่ สีม่วง สีคราม สีน้ำเงิน สีเขียว สีเหลือง สีแสด และสีแดง ซึ่งทำให้มนุษย์เรามองเห็นวัตถุต่างๆ ได้
- มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 47 ของพลังงานแสงทั้งหมด

#### 2.1.4.3 รังสีอินฟราเรด (Infrared)

- มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.78 - 2.5 ไมครอน
- เป็นพลังงานที่อยู่ในรูปของความร้อนซึ่งเรารู้จักกันดีและเป็นพลังงานส่วนใหญ่ของพลังงานจากแสงอาทิตย์ ดังนั้นเมื่อเราสัมผัสกับแสงอาทิตย์ช่วงนี้จึงทำให้รู้สึกร้อน
- มีสัดส่วนประมาณร้อยละ 53 ของพลังงานแสงทั้งหมด



แผนภูมิที่ 2.3 แสดงสัดส่วนของการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์

2.1.4.4 สมดุลพลังงานของโลก หมายถึง โลกของเราได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ 100% แต่จะสะท้อนพลังงานจำนวน 30% กลับคืนสู่อวกาศ ส่วนพลังงานที่โลกดูดกลืนไว้จะแผ่รังสีออกมาในรูปของคลื่นอินฟราเรด โดยแผ่จากบรรยากาศเป็นจำนวน 58% และจากพื้นผิวเป็นจำนวน 12% ตามบัญชีที่แสดงต่อไปนี้

#### บัญชีพลังงานของโลก

(Planetary Energy Budget)

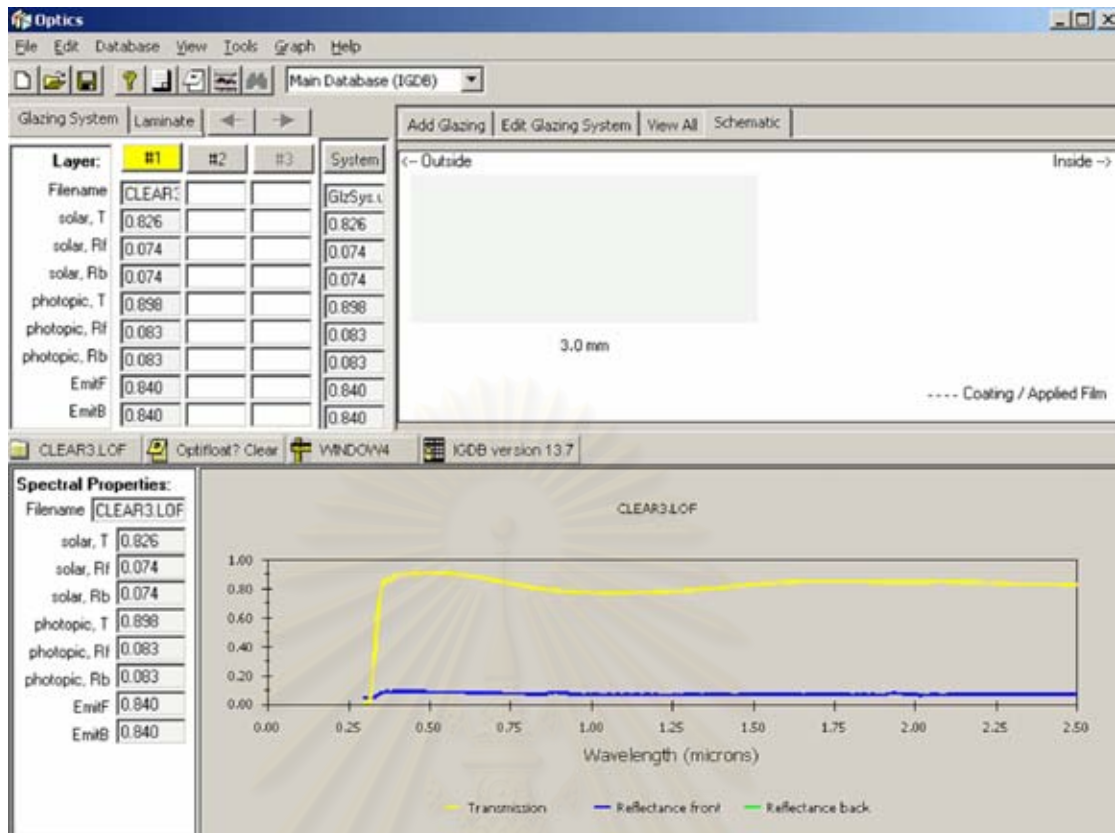
| พลังงานขาเข้า                 |      | พลังงานขาออก                  |      |
|-------------------------------|------|-------------------------------|------|
| พลังงานที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ | 100% | สะท้อนกลับคืนสู่อวกาศ         | 30%  |
|                               |      | โลกดูดกลืนไว้ 70% แบ่งออกเป็น |      |
|                               |      | ● บรรยากาศ                    | 58%  |
|                               |      | ● พื้นโลก                     | 12%  |
| รวม                           | 100% | รวม                           | 100% |

ตารางที่ 2.2 แสดงบัญชีพลังงานของโลก ([www.kasetkorat.ac.th/kreang/energy&environment](http://www.kasetkorat.ac.th/kreang/energy&environment))

## 2.1.5 คลื่นพลังงานแสงอาทิตย์

- พลังงานแสงอาทิตย์เป็นการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งแตกต่างจากการนำความร้อน และการพาความร้อน
- การแผ่รังสีพลังงานแสงอาทิตย์มายังผิวโลกเกิดขึ้นหลังจากการทำปฏิกิริยากับชั้นบรรยากาศ พลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีความถี่ของคลื่นในช่วงนี้เรียกว่า **the solar energy spectrum**
- ความยาวของคลื่น สามารถวัดได้โดยใช้ระบบเมตริก มีหน่วยเป็นนาโนเมตร (nm) หนึ่งนาโนเมตรมีค่าเท่ากับ  $1/1,000,000,000$  เมตร
- พลังงาน **solar energy spectrum** สามารถแบ่งได้ 3 ช่วงดังนี้ 1. **ultraviolet (UV)** ซึ่งมองไม่เห็น มีความยาวคลื่นจาก 300 ถึง 400 nm 2. **visible** สามารถมองเห็นได้มีความยาวคลื่น จาก 400 ถึง 760 nm และ **infrared (IR)** ไม่สามารถมองเห็นได้มีความยาวคลื่นจาก 760 ถึง 2100 nm
- พลังงานจากดวงอาทิตย์สามารถแบ่งเป็น 3 ชนิดดังนี้ 1. **ultraviolet (UV)** มีพลังงานเท่ากับ 2% 2. **Visible** มีพลังงานเท่ากับ 45% 3. **infrared (IR)** มีค่าพลังงานเท่ากับ 53%
- ส่วนประกอบ 3 สิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อพลังงานแสงอาทิตย์ทำปฏิกิริยากับกระจก สามารถแบ่งได้เป็นส่วนๆหรือเปอร์เซ็นต์ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การส่องผ่าน (**transmittance**) , เปอร์เซ็นต์การสะท้อน (**reflectance**) และส่วนสุดท้าย คือ เปอร์เซ็นต์การดูดซับ (**absorptions**) ของกระจก
- พลังงานแสงอาทิตย์มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 300 nm ในช่วง UV ผ่านมายัง visible และจนกระทั่งถึง IR ที่ 2100 nm ถูกเรียกว่า **TOTAL SOLAR ENERGY** ส่วนในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 400 ถึง 760 nm ซึ่งสามารถมองเห็นได้ ถูกเรียกว่า **VISIBLE** เป็นส่วนหนึ่งของ spectrum เช่น **total solar energy transmittance = 44%**, **total solar energy reflectance = 6%** จากสูตร  $R+A+T = 100\%$  หรือ  $6\%+A+44\%=100\%$  ดังนั้น  $A=50\%$





รูปที่ 2.4 แสดงรายการคำนวณคุณสมบัติกระจกจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์

## 2.2 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด

ความร้อน (Heat) เป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งสามารถถ่ายเทข้ามขอบเขตระหว่างระบบ กับ สิ่งแวดล้อมโดยรอบด้วยความแตกต่างของอุณหภูมิ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2548; 68) โดยความร้อนจะไหลจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง ไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ ความร้อนถ่ายเท (Heat transfer) ผ่านช่องเปิดจากช่องเปิดด้านที่ร้อนกว่าสู่ช่องเปิดด้านที่เย็นกว่าเสมอ โดยคุณสมบัติพื้นฐาน 3 ประการคือ

### 2.2.1 การนำความร้อน (Conduction)

หมายถึง ปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่งๆ หรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกัน โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไป ยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า การนำความร้อนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นบนชั้นอะตอมของอนุภาค

- ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Conductivity :  $K$ ) หน่วย  $W/m^2 \cdot K$  หรือ  $(Btu.in/ft^2.h. \mathcal{F})$  คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนผ่านสสารใน ความหนา ช่วงเวลา พื้นที่ และค่าความแตกต่างอุณหภูมิหนึ่งๆ เป็นค่าที่ใช้วัดค่าการนำความร้อนของวัสดุ ซึ่งวัสดุจะมีการนำความร้อนมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับตัวแปร ดังนี้

- โครงสร้างของโมเลกุลของสสาร

- ค่าความหนาแน่นของวัสดุ
  - ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง 2 จุดที่มีการนำความร้อนเกิดขึ้น
  - ความหนาของวัสดุ
  - พื้นที่สัมผัสโดยตรงกับความร้อนและช่วงเวลาที่สัมผัส เป็นต้น
- ความต้านทานความร้อน (Resistance : R,R-Value) หน่วย  $m^2 \cdot K/W$  หรือ  $ft^2 \cdot h \cdot ^\circ F/Btu$  คือ ส่วนกลับของค่าการนำความร้อน เป็นค่าที่ใช้กำหนดค่าฉนวนกันความร้อนภายในอาคาร

$$R = 1 / C$$

ค่าที่ใช้ในการคำนวณเพื่อการออกแบบฉนวนกันความร้อนของอาคารจะใช้ค่าความต้านทานการนำความร้อน (Thermal Resistance: R) ซึ่งเป็นส่วนกลับของค่าการนำความร้อน (Thermal Conductance; Conductance) หรือ  $R = 1 / \text{Conductance}$  โดยที่จะพิจารณาเลือกใช้วัสดุที่มีค่า R สูงๆ เพราะวัสดุชนิดนั้นจะมีความเป็นฉนวนสูง สามารถป้องกันการนำความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารหรือภายในห้องได้ดี

- สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Thermal Transmittance : U) หน่วย  $W/m^2 \cdot K$  หรือ  $Btu/ft^2 \cdot h \cdot ^\circ F$  คือ หน่วยของการวัดปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเข้ามาในอาคารในช่วงเวลาหนึ่ง พื้นที่หนึ่ง โดยที่ค่าการส่งผ่านความร้อนจะเป็นส่วนกลับของผลรวมค่าการต้านทานความร้อน (Thermal Resistance ; R) และมีหน่วยเช่นเดียวกับค่าการนำความร้อน (Conductance ; Conductance) แต่ไม่เท่ากับผลรวมของค่าการนำความร้อน

$$U = 1/\Sigma R$$

$$= 1/(R_1 + R_2 + \dots + R_n)$$

สำหรับวัสดุอาคารชนิดอื่นๆ ที่มีใช้วัสดุฉนวน พฤติกรรมในการถ่ายเทความร้อน จะเกิดขึ้นแตกต่างออกไป คุณสมบัติการนำความร้อนจะบอกถึงความสามารถของวัสดุในการถ่ายเทความร้อนจากแกนผ่านสสารของวัสดุออกมาที่ผิว (Surface) ของวัสดุ จากนั้นจึงถ่ายเทให้กับอากาศภายในห้องที่เย็นกว่า ซึ่งจะเป็นภาระทำความเย็นของระบบปรับอากาศ

## 2.2.2 การพาความร้อน (Convection)

หมายถึง กระบวนการถ่ายเทพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของมวลของไหล เช่น อากาศ น้ำ หรือไอน้ำ เมื่อของไหล (Fluid) สัมผัสกับพื้นผิวของวัตถุใดๆ ที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันจะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนขึ้น ในสภาพธรรมชาติเมื่อของไหลถูกทำให้ร้อนจะสามารถเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ ทำให้เกิดการไหลเวียนพาความร้อนเพราะโมเลกุลที่เย็นและหนักกว่าจะตกลงข้างล่าง ส่วนโมเลกุลที่ร้อนและเบากว่าจะลอยตัวขึ้น หรืออาจกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า การพาความร้อนเป็นลักษณะการถ่ายเทความร้อนโดยมีอากาศ หรือลมเป็นสื่อกลาง

ข้อแตกต่างของการนำความร้อนและการพาความร้อนก็คือชนิดของโมเลกุลที่มีการเคลื่อนที่ ในกระบวนการนำความร้อนโมเลกุลไม่มีการเคลื่อนที่ย้ายตำแหน่ง แต่จะถ่ายเทพลังงานความร้อนให้กับโมเลกุลอื่นๆ โดยการสั่นกระทบหรือชนต่อเนื่องกันไป สำหรับการพาความร้อนพลังงานความร้อนจะถูกถ่ายเทให้กับโมเลกุลอื่นๆ โดยการเคลื่อนที่เปลี่ยนตำแหน่งของโมเลกุลของของไหลที่เป็นตัวกลางเมื่อได้รับความร้อน ตัวอย่างการพาความร้อนที่พบได้ทั่วไป (Natural convection) ได้แก่ การไหลเวียนของอากาศ (Thermal circulation) ภายในห้องเมื่ออากาศได้รับความร้อน โมเลกุลของมันเป็นเกิดการเคลื่อนที่ห่างจากกันมากขึ้น จึงทำให้ความหนาแน่นของอากาศลดลง อากาศที่มีอุณหภูมิต่ำจะไหลเข้าไปแทนที่อากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่า และเนื่องจากการพาความร้อนขึ้นกับแรงโน้มถ่วงของโลก ดังนั้นทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีอุณหภูมิสูงกว่าจึงไหลขึ้นด้านบนเสมอ

การพาความร้อนอีกรูปแบบหนึ่งที่เกิดขึ้นในการปรับอากาศ คือ การพาความร้อนที่เกิดจากแรงภายนอก (Forced convection) การพาความร้อนแบบนี้เกิดขึ้นเนื่องจากแรงกระทำจากภายนอก เช่น แรงจากพัดลมดูดอากาศ เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น การพาความร้อนรูปแบบนี้จะแตกต่างจากการพาความร้อนทั่วไป คือ จะไม่ขึ้นในทิศทางที่ถูกกระทำโดยอุปกรณ์ต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว ความร้อนจากวัสดุจะถูกพาออกจากวัสดุโดยอากาศที่อยู่รอบๆ ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าเพื่อถ่ายเทออกไปยังภายนอกห้อง อันเป็นกระบวนการปรับอากาศภายในห้องนั่นเอง

- ค่าความจุความร้อน (Thermal heat capacity) ของวัสดุ หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าไปในวัสดุแล้วทำให้วัสดุมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหนึ่งหน่วย และค่าความจุความร้อนต่อหนึ่งหน่วยมวลของวัสดุก็คือค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific heat capacity) นั่นเอง ( $TC/m = c$ ) ดังนั้นความจุความร้อนจำเพาะจึงแปรผันตามความจุความร้อนด้วย จะเห็นได้ว่าค่าที่มีความเหมาะสมในการพิจารณาการดูดซับความร้อนมากกว่า ได้แก่ ค่าความจุความร้อน (Heat or Thermal capacity : TC) เพราะเป็นค่าที่แสดงปริมาณความร้อนที่วัสดุสามารถดูดซับไว้ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร ซึ่งใน

การศึกษาจะใช้ค่าความจุความร้อนจำเพาะของวัสดุในการคำนวณค่าการดูดซับความร้อน ทั้งนี้วัสดุที่มีค่าความจุความร้อนสูงจะกักเก็บความร้อนไว้ได้มากทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนช้าลง ซึ่งจะมีผลทำให้อุณหภูมิที่ผิววัสดุมีค่าความร้อนแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

- ค่าความจุความร้อนจำเพาะ (Specific heat capacity)
- ปริมาณมวลสารของวัสดุ
- ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิวัสดุและอุณหภูมิโดยรอบ

$$\text{Heat Capacity} = ? * s \text{ (หน่วยเป็น Btu/ft}^3 \text{ } ^\circ\text{F)}$$

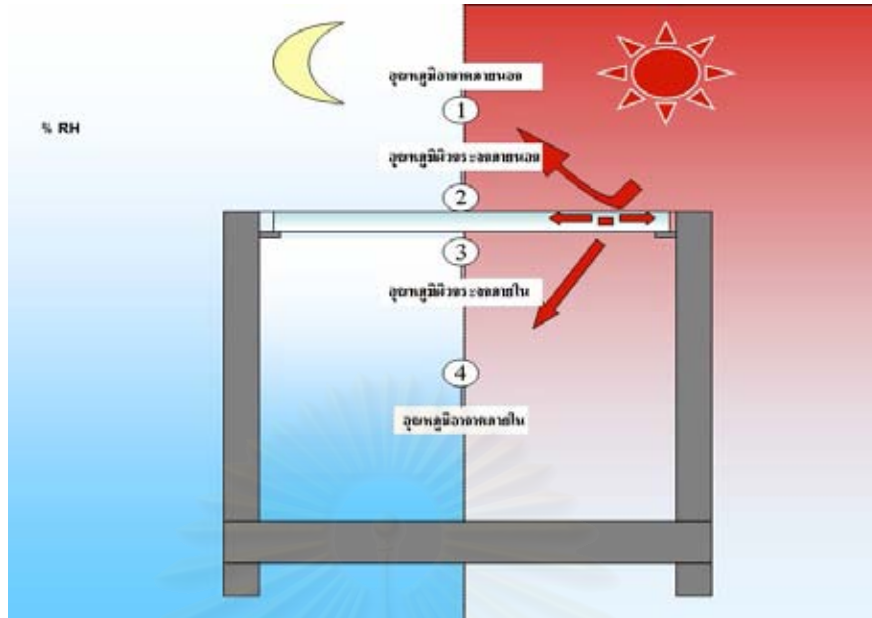
เมื่อ  $?$  = ค่าความหนาแน่นของวัตถุ (Density, lb/ft<sup>3</sup>)

$s$  = ค่าความร้อนจำเพาะ (Specific heat, Btu/lb  $^\circ\text{F}$ )

### 2.2.3 การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

หมายถึง การถ่ายเทพลังงานทะลุผ่านช่องว่างใดๆ (Through space) ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic waves) จากพื้นผิวของวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าทะลุผ่านไปยังพื้นผิวของวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในทุกทิศทาง ในความเป็นจริงแล้วการเกิดการแผ่รังสีความร้อนระหว่างวัตถุใดๆ จะไม่ทำให้อุณหภูมิของตัวกลางที่ความร้อนนั้นผ่านเพิ่มสูงขึ้นแต่อย่างใด เมื่อรังสีนี้ไปตกกระทบวัตถุใดๆ บางส่วนอาจจะสะท้อนกลับ (Reflected) บางส่วนอาจจะส่งผ่านทะลุไป (Transmitted) บางส่วนอาจถูกดูดกลืนไว้ (Absorbed) และถ้ารังสีที่ตกกระทบ คือ รังสีความร้อน ส่วนที่ถูกดูดซับไว้จะปรากฏเป็นความร้อนภายในวัตถุนั้น ซึ่งกระจกแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติในการป้องกัน หรือค่าการยอมให้ความร้อนผ่านช่องเปิดซึ่งเรียกว่า ค่าความเป็นฉนวน (Insulation value) ของวัสดุที่แตกต่างกัน ได้แก่

- ความยาวคลื่น อุณหภูมิโมเลกุลของพื้นผิววัสดุสามารถให้ความร้อนที่วัดเป็นค่าความยาวคลื่น (Wave length) หรือความถี่คลื่น (Frequency) โมเลกุลของพื้นผิวแต่ละชนิดจะมีการเคลื่อนไหว หรือการสั่นที่แตกต่างกันและแผ่รังสีความร้อนออกมาในความเร็วคงที่ ซึ่งทำให้เกิดความถี่ของคลื่นการแผ่รังสีโมเลกุลที่เคลื่อนที่เร็วที่สุดหรือร้อนที่สุดจะคายรังสีคลื่นสั้นออกมา เช่น คลื่นรังสีดวงอาทิตย์จะเป็นคลื่นสั้นที่มีความยาวคลื่นประมาณ 0.4-4.0 micron, 1 micron = 1 ใน 1 ล้านของเมตร (1/10000000 เมตร) และโมเลกุลที่เคลื่อนที่ช้าจะคายรังสีคลื่นยาวที่มีความยาวคลื่นประมาณ 8-50 micron



รูปที่ 2.5 แสดงคุณลักษณะการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์

ซึ่งการวัดค่าของการแผ่รังสีความร้อนของวัสดุจะกระทำโดยการวัดค่าของการปล่อยพลังงานรังสีความร้อนที่แผ่ออกมาจากผิวของวัสดุ ต่อหนึ่งหน่วยเวลา (Radiant Flux; RF) ค่าการแผ่รังสีความร้อน (RF) จะมีหน่วยเป็น Btu / hr.ft<sup>2</sup> เมื่อพลังงานการแผ่รังสีความร้อนกระทบพื้นผิวใดๆ จะมีคุณสมบัติของพื้นผิววัสดุใน 3 ลักษณะดังนี้ ค่าการดูดซับรังสีความร้อน (Absorption), ค่าการสะท้อนรังสีความร้อน (Reflection), ค่าการทะลุผ่านของรังสีความร้อน (Transmission) ซึ่งคุณสมบัติทั้ง 3 จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0 - 1.0 และผลรวมของค่าทั้งสามจะเท่ากับ 1 (ไม่มีหน่วย)

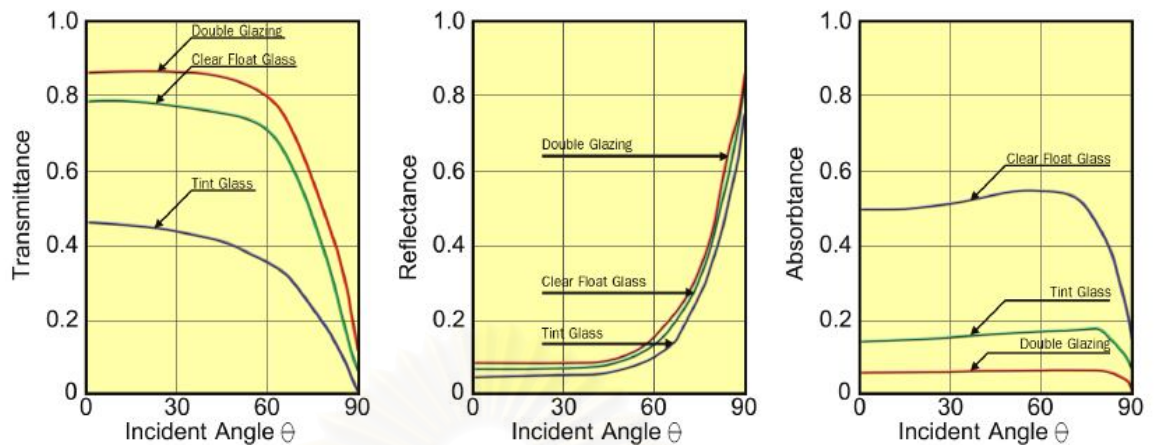
$$\tau + \beta + \alpha = 1 \dots$$

เมื่อ

$\alpha$  = ค่าการดูดซับรังสีความร้อน (Absorption)

$\beta$  = ค่าการสะท้อนรังสีความร้อน (Reflection)

$\tau$  = ค่าการทะลุผ่านของรังสีความร้อน (Transmission)



แผนภูมิที่ 2.4 แสดงค่าความส่งผ่านรังสี (transmission) ค่าความสะท้อนรังสี (reflection) และค่าความดูดกลืนรังสี (absorptions) ของกระจก 3 ชนิดคือ กระจกใส (clear float glass) กระจกสี (tinted glass) และกระจก 2 ชั้น (double glazing) (ASHRAE, 2001: 30.19)

- ความสามารถในการปลดปล่อยหรือคายความร้อน (Emissivity :  $\epsilon$ ) หมายถึง เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบบนผิววัสดุ จะเกิดการสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ในรูปของคลื่นสั้น (Shortwave Radiation) หรือ ดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ในรูปของคลื่นยาว (Long wave Radiation) ค่าการดูดกลืนรังสีของผิววัสดุได้ถูกจำกัดความเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณรังสีที่ถูกดูดกลืนและปริมาณรังสีที่ตกกระทบบนรูปสมการดังนี้

$$\alpha = \frac{\text{รังสีที่ถูกดูดกลืน (Absorbed radiation)}}{\text{รังสีที่ตกกระทบบน (Incident radiation)}}$$

- ความสามารถในการแผ่รังสีในรูปของคลื่นยาวจากผิววัสดุถูกจำกัดความว่าเป็นค่าการกระจายความร้อนของวัสดุ (Emissivity) โดยเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณการแผ่รังสีจากผิววัสดุ กับปริมาณการแผ่รังสีจากวัตถุดำในอุดมคติ (Black body) ตามสมการ ดังต่อไปนี้

$$\epsilon = \frac{\text{ปริมาณการแผ่รังสีจากผิววัสดุ (Radiation from material)}}{\text{ปริมาณการแผ่รังสีจากวัตถุดำในอุดมคติ (Radiation from blackbody)}}$$

วัตถุดำในอุดมคติเป็นวัตถุที่มีการรับและคายรังสีได้เท่ากัน (Absorbance = Emittance) ดังนั้นค่า  $\epsilon$  ของวัตถุดำจะมีค่าเป็น 1 ซึ่งเป็นค่าสูงสุดสำหรับค่าการกระจายรังสีความร้อนออกจากวัสดุ โดยทั่วไปผิววัสดุในการก่อสร้างที่มีผิวหยาบ มักจะมีค่า Emissivity อยู่ที่ประมาณ 0.9 เช่น อิฐมอญ เป็นต้น ดังนั้นเมื่อนำค่าการดูดกลืนรังสีของผิววัสดุ และค่าการกระจายความร้อนของวัสดุมาสร้างเป็นอัตราส่วน จะเป็นค่าที่สามารถบอกได้ว่าวัสดุชนิดนั้นๆ มีพฤติกรรม ในเรื่องของการแผ่รังสี ซึ่งค่านี้ถูกจำกัดให้อยู่ในรูปสมการ ดังต่อไปนี้

$$\alpha / \epsilon = \frac{\text{ค่าการดูดกลืนรังสีของวัสดุ } (\alpha)}{\text{ค่าการกระจายความร้อนของวัสดุ } (\epsilon)}$$

จากสมการค่าอัตราส่วนนี้จะมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1 ซึ่งเป็นค่าของวัตถุดำในอุดมคติที่มีค่าการดูดกลืนและการกระจายความร้อนที่เท่ากัน วัตถุดำในอุดมคตินี้ไม่มีในความเป็นจริงดังนั้นการศึกษาค่าอัตราส่วนนี้จึงมีอยู่ 2 กรณีที่เกิดขึ้น คือ

- ค่าอัตราส่วน  $\alpha / \epsilon$  ต่ำกว่า 1 หมายถึง ผิววัสดุมีการคายความร้อนที่ดีกว่าการดูดกลืนความร้อน
- ค่าอัตราส่วน  $\alpha / \epsilon$  สูงกว่า 1 หมายถึง ผิววัสดุมีการดูดกลืนความร้อนที่ดีกว่าการคายความร้อน

ทั้งสามค่าเป็นค่าที่ได้จากบริเวณผิววัสดุโดยไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อวัสดุ ถ้าวัสดุถูกเคลือบ (Coating) ค่าทั้งสามจะเป็นค่าของผิวเคลือบของวัสดุนั้นๆ และค่าอัตราส่วนในการดูดกลืนความร้อน และการกระจายความร้อนมีความสัมพันธ์กัน ดังต่อไปนี้

$$\alpha + \epsilon = 1$$

เมื่อ

$$\alpha = \text{ค่าดูดกลืนรังสีของวัสดุ}$$

$$\epsilon = \text{ค่าการกระจายความร้อนของวัสดุ}$$

## 2.2.4 การคำนวณการถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนโปร่งแสงของช่องเปิด

ความร้อนผ่านถ่ายเทความร้อนผ่านส่วนโปร่งแสงของช่องเปิด โดยการนำความร้อน (Conduction) ซึ่งสามารถคำนวณพลังงานความร้อนในส่วนนี้ใช้สมการ

$$Q = U * A * CLTDc$$

เมื่อ

**Q** = ปริมาณความร้อนที่ผ่านช่องเปิด มีหน่วยเป็น วัตต์ (Watt)

**U** = ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน มีหน่วยเป็น วัตต์ ต่อตารางเมตร เคลวิน (W/m<sup>2</sup> K)

**A** = พื้นที่ส่วนบานกรอบของช่องเปิด มีหน่วยเป็น ตารางเมตร

**CLTDc** = ภาวะความแตกต่างความร้อนเทียบเท่าที่ปรับแก้อิทธิพล มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

### 2.2.5 อิทธิพลจากแสงแดดและการจำลองสภาพในห้องทดลอง

การใช้ค่าอุณหภูมิ Sol - air temperature ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร (ในการจำลองสภาพในทางปฏิบัติหรือห้องปฏิบัติการ) แทนค่าความแตกต่างความร้อนระหว่างข้างนอกกับข้างใน ( $\Delta T$ ) ทั้งนี้ให้มีค่าที่ใกล้เคียงกับสภาวะจริงที่สุดดังนี้

$$\text{Sol - Air Temperature } (\Delta T) = T_{out} + I * \alpha / h_0 - \epsilon \Delta R / h_0$$

เมื่อ

**Te** = Sol - Air Temperature

**Tout** = อุณหภูมิอากาศภายนอก

**I** = ปริมาณรังสีความร้อนที่ตกกระทบทั้งหมด

(Total Solar Radiation Incident on the Surface) BTU /h.ft<sup>2</sup>

**$\alpha$**  = สัมประสิทธิ์การดูดซับความร้อนของผิววัสดุ (ไม่มีหน่วย)

**h<sub>0</sub>** = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผิว ซึ่งรวมทั้ง

Long Wave Radiation และ Convection (BTU /h. ft<sup>2</sup>)

**$\epsilon$**  = สัมประสิทธิ์การกระจายความร้อนออกจากผิว (Hemispherical Emittance of the Surface)

**$\Delta T$**  = อัตราการแลกเปลี่ยนความร้อนของผิววัสดุกับสภาพแวดล้อมและห้องฟ้า (BTU/h. ft<sup>2</sup>)



คำจำกัดความของ **Sol - Air Temperature** คือ อุณหภูมิอากาศที่ติดกับผิววัสดุในกรณีที่มีอิทธิพลจากการแลกเปลี่ยนรังสีดวงอาทิตย์ก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารเทียบเท่ากับสภาวะที่มีอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์จริง อุณหภูมิเนื่องจากการแลกเปลี่ยนความร้อนกับห้องฟ้าและสภาพแวดล้อมอื่น ๆ โดยรอบ และอุณหภูมิเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากการเคลื่อนที่ของอากาศภายนอก ซึ่งค่า **Sol - Air Temperature** ที่ได้ในทางปฏิบัติคงเป็นการยากที่จะทำให้ตัวแปรทุกตัวเหมือนสภาพจริงนอกจากจะจำลองสภาพเพื่อศึกษาในสภาวะเงื่อนไขนั้น ๆ

## 2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับความชื้น

### 2.3.1 ความหมายของความชื้นและคุณสมบัติของความชื้น

ความชื้น (Humidity) คือ ละอองไอน้ำในอากาศซึ่งสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้ โดยเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ (ตริงใจ บุรณสมภพ, 2539:159) โดยที่อากาศประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด รวมถึงน้ำในสภาวะของไอน้ำที่แทรกอยู่ในอากาศในปริมาณที่มากน้อยต่างกัน ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ เรียกว่า ความชื้น

ในปริมาตรอากาศที่เท่ากัน ปริมาณไอน้ำจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิอากาศ คือ เมื่ออากาศมีอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะมีความสามารถที่จะรองรับปริมาณไอน้ำได้มากขึ้นและเมื่ออากาศมีอุณหภูมิต่ำลง ความสามารถในการรองรับปริมาณไอน้ำในอากาศก็จะลดลง ซึ่งมีผลทำให้ปริมาตรอากาศที่เท่ากัน ณ อุณหภูมิที่ต่ำลงจะมีปริมาณความชื้นที่เพิ่มขึ้น จนถึงสภาวะหนึ่งที่อากาศไม่สามารถรับไอน้ำได้อีกเรียกว่า การอิ่มตัว (Saturation) และจุดที่ไอน้ำแทรกตัวอยู่ในอากาศเกิดความดันไอน้ำ

### 2.3.2 ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity: $dv$ )

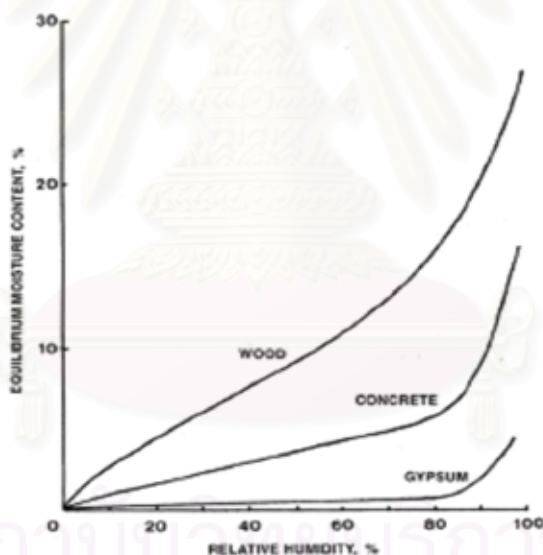
คือ อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำในอากาศต่อมวลของอากาศแห้ง หน่วยที่ใช้ในการวัดจะใช้เป็น กรัม / ลูกบาศก์เมตร หรือ เกรนต่อลูกบาศก์ฟุต สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$dv = Mw / V$$

|       |      |   |                    |
|-------|------|---|--------------------|
| เมื่อ | $dv$ | = | ความชื้นสัมบูรณ์   |
|       | $Mw$ | = | มวลของไอน้ำในอากาศ |
|       | $V$  | = | ปริมาตรอากาศ       |

### 2.3.3 การดูดซับความชื้นของวัสดุ (Sorption isotherm)

คือ ค่าการดูดซับความชื้นของวัสดุสัมพันธ์กับสมดุลความชื้นของวัสดุ (Equilibrium moisture content หรือ EMC) ภายใต้สภาวะอุณหภูมิคงที่ ค่าความจุความชื้นของวัสดุ (moisture content หรือ MC) คืออัตราส่วนระหว่างปริมาณ(มวล) ของน้ำในวัสดุต่อมวลของวัสดุในสภาวะแห้ง ในเบื้องต้นการพิจารณาค่าการดูดซับความชื้นจำเป็นต้องทราบอุณหภูมิและปริมาณความชื้นของสภาพแวดล้อม จากนั้นนำวัสดุที่ต้องการทดสอบไปตั้งไว้ในสภาพแวดล้อมที่ต้องการ เพื่อให้วัสดุทำการดูดซับความชื้นจากสภาพแวดล้อมจนเข้าสู่ภาวะสมดุลของความจุความชื้น คือ เป็นสภาวะที่เกิดความสมดุลของความชื้นในวัสดุกับความชื้นของสภาพแวดล้อม ผลที่ได้รับจากการวัดพบว่าพฤติกรรมของการดูดซับความชื้นของวัสดุแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อวัสดุดูดซับความชื้นของวัสดุแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ เมื่อวัสดุดูดซับความชื้นจนเข้าสู่ภาวะสมดุลความชื้นแล้วจะส่งผลต่อปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้น (Adsorption isotherm) หรือลดลง (Desorption isotherm)



แผนภูมิที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมดุลความชื้นของวัสดุต่างๆ และความชื้นสัมพัทธ์ (ที่มา: ASHRAE, 2001)

### 2.3.4 ความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity ration)

คือ อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำสูงสุดในอากาศต่อมวลของไอน้ำทั้งหมดที่อากาศสามารถรับได้ ณ อุณหภูมิหนึ่งๆ ดังนั้นการที่ความชื้นสัมพัทธ์ 0% หมายถึง อากาศขณะนั้นไม่มีไอน้ำอยู่เลย หรือ การที่ความชื้นสัมพัทธ์ 100% แสดงว่า อากาศขณะนั้นอิ่มตัวไม่สามารถรับไอน้ำมาเก็บไว้ในอากาศได้อีก สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = \left( \frac{\text{ความหนาแน่นของไอน้ำในอากาศ} \times 100\%}{\text{ความหนาแน่นอิ่มตัวของไอน้ำ ณ อุณหภูมิเดียวกัน}} \right)$$

| อุณหภูมิอากาศ (C) | ไอน้ำในอากาศ (กรัม/ลูกบาศก์เมตร) | ไอน้ำ ณ ภาวะอิ่มตัว (กรัม/ลูกบาศก์เมตร) | ความชื้นสัมพัทธ์         |
|-------------------|----------------------------------|---|--------------------------|
| 30                | 9                                | 30                                      | $9/30 \times 100 = 30\%$ |
| 20                | 9                                | 17                                      | $9/17 \times 100 = 53\%$ |
| 10                | 9                                | 9                                       | $9/9 \times 100 = 100\%$ |

ตารางที่ 2.3 แสดงการคำนวณความชื้นสัมพัทธ์จากปริมาณไอน้ำกับอุณหภูมิอากาศ

### 2.3.5 อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew point temperature)

คือ อุณหภูมิที่ไอน้ำเกิดการควบแน่น และกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่ออากาศมีอุณหภูมิลดลงแต่ปริมาณไอน้ำในอากาศยังคงเท่าเดิม และมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ที่ 100% แสดงว่า ณ.ขณะนั้นเป็นสภาวะที่อากาศอิ่มตัว คือ ไม่สามารถรับไอน้ำเพิ่มขึ้นได้ หากมีปริมาณไอน้ำเพิ่มสูงขึ้นทำให้ไอน้ำนั้นเกิดการควบแน่นและกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ จึงเรียกว่า อุณหภูมิจุดน้ำค้าง ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ในกรณีที่พื้นผิวของวัสดุใดๆ มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศไปจนถึงอุณหภูมิจุดน้ำค้างก็จะทำให้เกิดหยดน้ำที่ผิววัสดุนั้นๆ

### 2.3.6 การเคลื่อนที่ของอากาศ (Air movement)

คือ การถ่ายเทไอน้ำจากการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีการเคลื่อนไหว โดยเกิดจากความแตกต่างของความดันอากาศหรือความร้อนสองจุดบนผิวโลก ซึ่งลมจะพัดจากบริเวณที่มีความดันอากาศสูง ไปยังบริเวณที่มีความดันอากาศต่ำ ทั้งนี้กระแสการไหลของลมจะหยุดเมื่อความดันของสองจุดมีค่าเท่ากัน

## 2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับชั้นบรรยากาศกับอิทธิพลการแผ่รังสีความเย็นของดวงจันทร์ต่อผิวโลกในช่วงเวลากลางคืน

หากพิจารณาเปรียบเทียบโลกและดวงจันทร์ ซึ่งอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์พอ ๆ กัน โลกมีอุณหภูมิเฉลี่ย 15°C อุณหภูมิเวลากลางวันและกลางคืนบนโลกแตกต่างกันประมาณ 10 - 20°C แต่ด้านที่รับแสงอาทิตย์ของดวงจันทร์มีอุณหภูมิสูงถึง 130°C และด้านเงามืดมีอุณหภูมิต่ำถึง -

180°C ดังนั้นกลางวันและกลางคืนบนดวงจันทร์จึงมีอุณหภูมิแตกต่างกันถึง 310°C การที่อุณหภูมิกลางวันและกลางคืนบนโลกไม่แตกต่างกันมากเป็นเพราะโลกมีการถ่ายเทพลังงานในชั้นบรรยากาศ ในเวลากลางวันเมฆและบรรยากาศจะช่วยสะท้อนแสงอาทิตย์ส่วนหนึ่งออกไป ทำให้อุณหภูมิไม่สูงมาก และรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากไอน้ำและก๊าซเรือนกระจกช่วยรักษาอุณหภูมิไว้ไม่ให้ต่ำมากเวลากลางคืน ส่วนบนดวงจันทร์ไม่มีบรรยากาศที่จะใช้ในการหมุนเวียนพลังงานและพาความร้อน กลางวันและกลางคืนจึงมีอุณหภูมิแตกต่างกันมาก ซึ่งจากลักษณะเช่นนี้ ทำให้เวลากลางคืนผิวโลกจะได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีความร้อนของดวงจันทร์ ส่งผลให้อุณหภูมิลดลง



รูปที่ 2.6 แสดงชั้นบรรยากาศกับอิทธิพลการแผ่รังสีความร้อน

| Moon Statistics                    |            |
|------------------------------------|------------|
| Mass (kg)                          | 7.349e+22  |
| Mass (Earth = 1)                   | 1.2298e-02 |
| Equatorial radius (km)             | 1,737.4    |
| Equatorial radius (Earth = 1)      | 2.7241e-01 |
| Mean density (gm/cm <sup>3</sup> ) | 3.34       |
| Mean distance from Earth (km)      | 384,400    |
| Rotational period (days)           | 27.32166   |
| Orbital period (days)              | 27.32166   |
| Average length of lunar day (days) | 29.53059   |

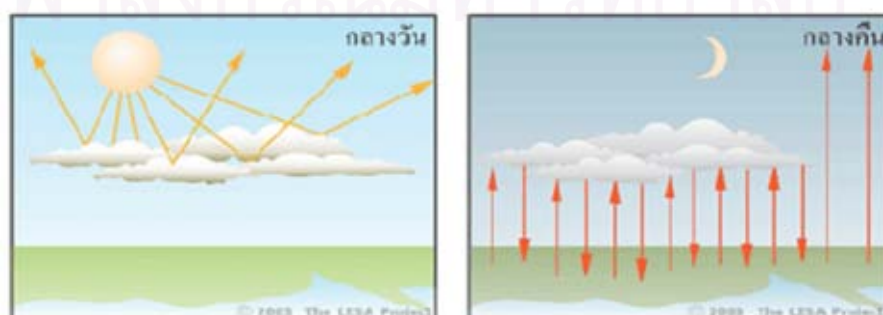
|  |        |
|--|--------|
| Mean orbital velocity (km/sec)                   | 1.03   |
| Orbital eccentricity                             | 0.0549 |
| Tilt of axis (degrees)                           | 1.5424 |
| Orbital inclination (degrees)                    | 5.1454 |
| Equatorial surface gravity (m/sec <sup>2</sup> ) | 1.62   |
| Equatorial escape velocity (km/sec)              | 2.38   |
| Visual geometric albedo                          | 0.12   |
| Magnitude (Vo)                                   | -12.74 |
| Mean surface temperature (day)                   | 107°C  |
| Mean surface temperature (night)                 | -153°C |
| Maximum surface temperature                      | 123°C  |
| Minimum surface temperature                      | -233°C |

ตารางที่ 2.4 แสดงข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะของดวงจันทร์ ที่มา  
(<http://www.solarviews.com/eng/moon.htm>)

### 2.4.1 บทบาทของชั้นบรรยากาศต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของโลก

ชั้นบรรยากาศและปริมาณเมฆ นับว่าเป็นตัวแปรที่มีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตลอดทั้งวัน ซึ่งบทบาทนี้เป็นผลจากการเดินทางของรังสีดวงอาทิตย์หรือการแผ่รังสีความเย็นจากดวงจันทร์ จากรูปด้านล่างจะเห็นได้ว่า ในช่วงเวลากลางวันถ้ามีเมฆมาขวางการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ เมฆก็จะเกิดการสะท้อนคลื่นรังสีออกไปทำให้อุณหภูมิผิวโลกด้านล่างเมฆลดลงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิผิวโลกที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง.

กลับกันในช่วงเวลากลางคืน เมฆจะทำให้อุณหภูมิผิวโลกที่อยู่ด้านล่างสูงกว่า เนื่องจากเมฆช่วยสะท้อนการแผ่รังสีความเย็นจากดวงจันทร์ รวมทั้งสะท้อนอุณหภูมิจากผิวโลกกลับด้วย



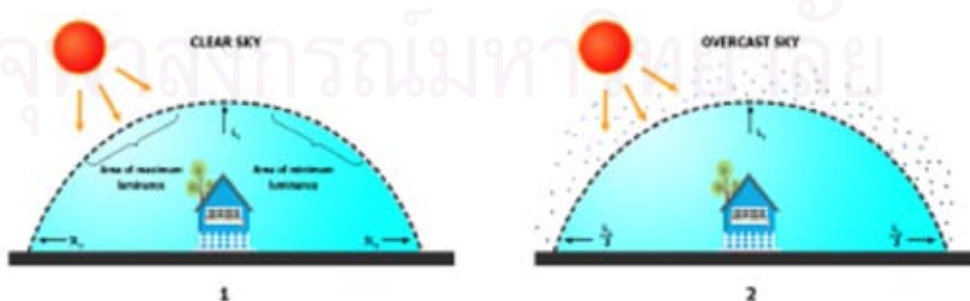
รูปที่ 2.7 แสดงบทบาทของเมฆในการรักษาอุณหภูมิ

## 2.4.2 ลักษณะสภาพท้องฟ้า

**2.4.2.1 ท้องฟ้าโปร่ง (Clear sky)** คือ ท้องฟ้าที่มีปริมาณเมฆปกคลุมเป็นส่วนน้อย คือประมาณไม่เกินร้อยละ 30 ความสว่างลักษณะนี้เกิดจากองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ แสงกระจายจากท้องฟ้า (Diffuse illumination) และแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct sun) ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ (Solar altitude) เป็นหลัก ซึ่งลักษณะท้องฟ้าส่วนที่ใกล้ดวงอาทิตย์จะมีความสว่าง (Luminance) มากที่สุด และส่วนที่อยู่ตรงข้ามกับดวงอาทิตย์จะมีความสว่าง (Luminance) น้อยที่สุด หากพิจารณาเพียงครึ่งส่วนท้องฟ้า (Half sky) จะมีระดับความส่องสว่างอยู่ระหว่าง 3,000-20,000 ลักซ์ และมีค่าเฉลี่ยที่ 10,000 ลักซ์

**2.4.2.2 ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (Partly cloudy sky)** เป็นลักษณะท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วนประมาณร้อยละ 40-70 ซึ่งเป็นลักษณะท้องฟ้าของประเทศไทย โดยส่วนใหญ่ การหาระดับความส่องสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้ทำได้ยากเนื่องจากมีความแปรเปลี่ยนตามลักษณะของเมฆตลอดเวลา ในกรณีเมฆปกคลุมมีลักษณะบางไม่หนาที่บิระดับความส่องสว่างจะมีค่ามากกว่าลักษณะท้องฟ้าโปร่งร้อยละ 10-15 เนื่องจากการสะท้อนของเมฆ แต่หากเมฆที่ปกคลุมเป็นเมฆกลุ่มหนาที่บิ หรือมีสีดำเช่น เมฆฝนอาจทำให้แสงกระจายที่สะท้อนจากท้องฟ้าถูกปิดกั้น นั่นคือแสงจะถูกดูดกลืนมากกว่าสะท้อนทำให้ระดับความส่องสว่างลดลง

**2.4.2.3 ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมาก (Overcast sky หรือ CIE sky)** เป็นลักษณะท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมเป็นจำนวนมาก ประมาณร้อยละ 80 ขึ้นไป ซึ่งท้องฟ้าลักษณะนี้บริเวณเหนือสุดของท้องฟ้า (Zenith) จะมีความสว่างมากที่สุด และจะมีความสว่างลดลงตามลำดับความสูง โดยท้องฟ้าบริเวณแนวระนาบ (Horizontal) จะมีความส่องสว่างต่ำสุดประมาณ 1 ใน 3 ของค่าความสว่างบริเวณเหนือสุดของท้องฟ้า



รูปที่ 2.8 ลักษณะท้องฟ้า 1 ท้องฟ้าโปร่ง (Clear sky) 2 ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมาก (Overcast sky)

## 2.5 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการปรับอากาศ (Air conditioning)

ระบบการทำงานของเครื่องปรับอากาศคล้ายกับระบบการทำงานของตู้เย็น คือ ใช้น้ำยาหรือสารทำความเย็นกับคอมเพรสเซอร์ ทำให้เกิดความเย็นเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศอุปกรณ์จะป้อนสารทำความเย็นที่อยู่ในสภาพของเหลวให้ไหลไปยังแผงท่อทำความเย็นที่ติดตั้งอยู่ในห้อง โดยมีพัดลมส่งลมเย็นดูดอากาศร้อนและชื้นภายในห้องผ่านแผงกรองอากาศมาโดนสารทำความเย็น ทำให้สารทำความเย็นมีอุณหภูมิและความชื้นลดลง จากนั้นพัดลมจะส่งลมเย็นพัดสู่ภายในห้องอีกครั้งผ่านทางแผ่นเกล็ดกระจายลม ส่วนสารทำความเย็นจะอยู่ในสภาพของไอและไหลกลับไปยังคอมเพรสเซอร์แล้วอัดสารทำความเย็นนี้ผ่านท่อระบายความร้อนที่อยู่ภายนอกอาคาร ซึ่งเมื่อกระทบกับความร้อนไอสารทำความเย็นนี้จะกลั่นตัวเป็นของเหลวไหลกลับไปยังอุปกรณ์ป้อนสารทำความเย็นอีกครั้งหนึ่งเมื่ออุณหภูมิในห้องตรงตามความต้องการของผู้ใช้แล้ว อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะส่งสัญญาณให้คอมเพรสเซอร์หยุดทำงานเพื่อประหยัดไฟฟ้าแต่พัดลมส่งลมเย็นยังทำงานอยู่เหมือนเดิมจนอุณหภูมิภายในห้องสูงขึ้นจึงเปิดให้คอมเพรสเซอร์ทำงานอีกครั้งหนึ่ง

## 2.6 แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อน

ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งซึ่งอาจได้จากการแปลงรูปของพลังงานเคมีที่สะสมไว้ในวัตถุ เมื่อวัตถุได้รับพลังงานความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยอุณหภูมิเป็นปริมาณที่บอกระดับความร้อนของวัตถุ พลังงานความร้อนจะถ่ายโอนไปยังวัตถุต่างๆ ได้โดยการพาความร้อนการนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน พลังงานความร้อนจะถ่ายโอนจากที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและหยุดถ่ายโอนพลังงานความร้อนเมื่ออุณหภูมิเท่ากันวัตถุ เมื่อได้รับพลังงานความร้อน นอกจากจะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นแล้วยังทำให้วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงสถานะหรือขยายตัวได้ วัตถุที่มีผิวสีต่างกันมีความสามารถในการรับและดูดกลืนพลังงานความร้อนต่างกัน โดยวัตถุที่มีผิวสีเข้มจะดูดกลืนพลังงานความร้อนได้ดีกว่าพลังงานเคมีที่สะสมในวัตถุสามารถแปลงรูปเป็นพลังงานความร้อนได้ วัตถุเมื่อได้รับพลังงานความร้อน อุณหภูมิจะสูงขึ้น โดยถ้าได้รับพลังงานความร้อนมาก อุณหภูมิก็จะเพิ่มสูงขึ้นมากด้วย ดังนั้น อุณหภูมิจะเป็นปริมาณที่บอกระดับความร้อนของวัตถุ ซึ่งสามารถวัดอุณหภูมิได้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ( $^{\circ}\text{C}$ ) องศาฟาเรนไฮต์ ( $^{\circ}\text{F}$ ) หรือ เคลวิน ( $\text{K}$ )

### 2.6.1 ความร้อนที่เกิดจากภายนอกอาคาร (External load factors)

เป็นความร้อนที่เกิดจากอิทธิพลของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิวผนัง ซึ่งปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบจะขึ้นกับที่ตั้ง ฤดูกาล เวลา และทิศทางการวางตัวของผนัง ส่งผลให้อุณหภูมิผิวผนังภายนอกมีค่าสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิอากาศ ทำให้เกิดความแตกต่าง

ระหว่างอุณหภูมิผิวภายนอกและภายในอาคาร เมื่ออุณหภูมิผิวมีค่าสูงขึ้นก่อให้เกิดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร

### 2.6.2 ความร้อนที่เกิดจากภายในอาคาร (Internal load factors)

เป็นความร้อนที่เกิดขึ้นจากผู้ใช้อาคาร อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอาคาร และระบบแสงสว่าง เช่น หลอดไฟฟ้าภายในอาคารต่าง ๆ ซึ่งล้วนส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงานในการปรับอากาศ

### 2.6.3 ความร้อนที่เกิดจากการรั่วซึมของอากาศภายนอก (Infiltration and Ventilation)

เป็นความร้อนที่เกิดจากการรั่วซึมของอากาศภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารทั้งทางรอยต่อวัสดุทางช่องเปิด เช่น ช่องประตู-หน้าต่าง และพื้นผิวของวัสดุ ซึ่งส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงานในการปรับอากาศของเครื่องปรับอากาศ

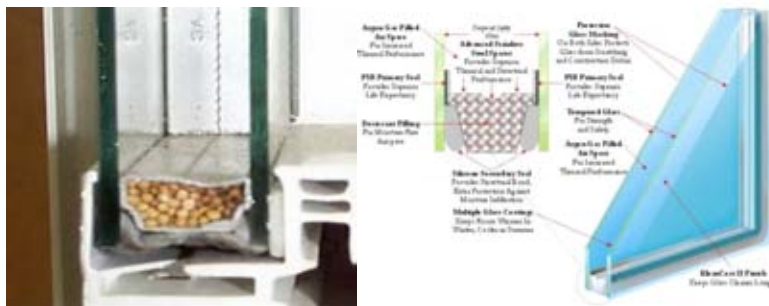
## 2.7 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับอุณหภูมิ (Temperature)

- อุณหภูมิเป็นคุณสมบัติพื้นฐานทางฟิสิกส์ของระบบ (System) ซึ่งจะบอกให้ทราบว่าระบบอยู่ในสภาวะที่ร้อนหรือเย็น
- มวลอากาศซึ่งประกอบด้วยอะตอมและโมเลกุลของก๊าซจำนวนมาก โดยแต่ละอะตอมหรือโมเลกุลที่อยู่ในมวลอากาศก็จะมีเคลื่อนที่ในทุกทิศทาง มีการหมุน (Twisting) มีการควง (Spinning) มีการชนกันไปมา แสดงถึงพลังงานจลน์ที่อะตอมหรือโมเลกุลใช้ในการเคลื่อนที่อยู่ภายในระบบ
- อุณหภูมิ หมายถึง การวัดค่าเฉลี่ยความเร็วในการเคลื่อนที่ของอะตอม และโมเลกุลที่อยู่ในมวลอากาศนั่นเอง การที่มีอุณหภูมิสูงขึ้นแสดงว่าอะตอมหรือโมเลกุลของก๊าซในมวลอากาศมีการเคลื่อนที่เร็วขึ้น

## 2.8 กฎของก๊าซ

- ความดันกับการขยายตัวของก๊าซจะเป็นอัตราส่วนที่แน่นอนที่อุณหภูมิสัมบูรณ์
- ปริมาตร และความดันสัมบูรณ์ของก๊าซมีการเปลี่ยนแปลงในอัตราส่วนที่แน่นอน ที่อุณหภูมิสัมบูรณ์
- อุณหภูมิ ปริมาตร และน้ำหนักก๊าซ มีการเปลี่ยนแปลงแบบผกผันที่ความดันสัมบูรณ์





รูปที่ 2.9 ช่องว่างอากาศระหว่างกระจกฉนวนกันความร้อนสำหรับบรรจุก๊าซ

จากทั้ง 3 ข้อที่กล่าวมาเราจะสามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$P \times V = k \times T$$

กำหนดให้  $P$  = ความดันสัมบูรณ์ ( $\text{lb/in}^2$ ,  $\text{N/mm}^2$ )

$V$  = ปริมาตรจำเพาะ ( $\text{ft}^3/\text{lb}$ ,  $\text{m}^3/\text{kg}$ )

$T$  = อุณหภูมิสัมบูรณ์ (K)

$k$  = ค่าคงที่ ( $k$  ของอากาศ = 0.37)

### 2.8.1 ของไหลที่ใช้บรรจุในกระจกฉนวนกันความร้อนสำหรับอุตสาหกรรมผลิตกระจก

#### - ไนโตรเจน (Nitrogen: $\text{N}_2$ )

ไนโตรเจนเหลวจัดว่าเป็นก๊าซเฉื่อย, ไม่มีสี, ไม่มีกลิ่น, ไม่กัดกร่อน, มีความเป็นยวดยิ่ง และไม่ติดไฟ อัตราการขยายตัวของไนโตรเจน 1: 694 ถ้าเกิดอุบัติเหตุรั่วไหลบริเวณนั้นจะเป็นจุดอับออกซิเจน (การละลายของก๊าซออกซิเจนในอากาศจะต่ำกว่าระดับความจำเป็นในการหล่อเลี้ยงชีวิต) จะหายใจไม่ออก และถ้าบริเวณนั้นมีสิ่งมีชีวิตสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นก็จะตายในที่สุด

#### - อาร์กอน (Argon: $\text{Ar}$ )

จัดว่าเป็นก๊าซเฉื่อย, ไม่มีสี, ไม่มีกลิ่น, ไม่กัดกร่อน, มีความเป็นยวดยิ่ง และไม่ติดไฟ อัตราการขยายตัวของไนโตรเจน 1: 840 ถ้าเกิดอุบัติเหตุรั่วไหลบริเวณนั้นจะเป็นจุดอับออกซิเจนจะหายใจไม่ออก และถ้าบริเวณนั้นมีสิ่งมีชีวิตสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นก็จะตายในที่สุด

#### - ฮีเลียม (Helium: $\text{He}$ )

ฮีเลียมเหลวจัดว่าเป็นก๊าซเฉื่อย, ไม่มีสี, ไม่มีกลิ่น, ไม่กัดกร่อน, มีความเป็นยวดยิ่ง และไม่ติดไฟ อัตราการขยายตัวของไนโตรเจน 1: 700 ถ้าเกิดอุบัติเหตุรั่วไหลบริเวณ

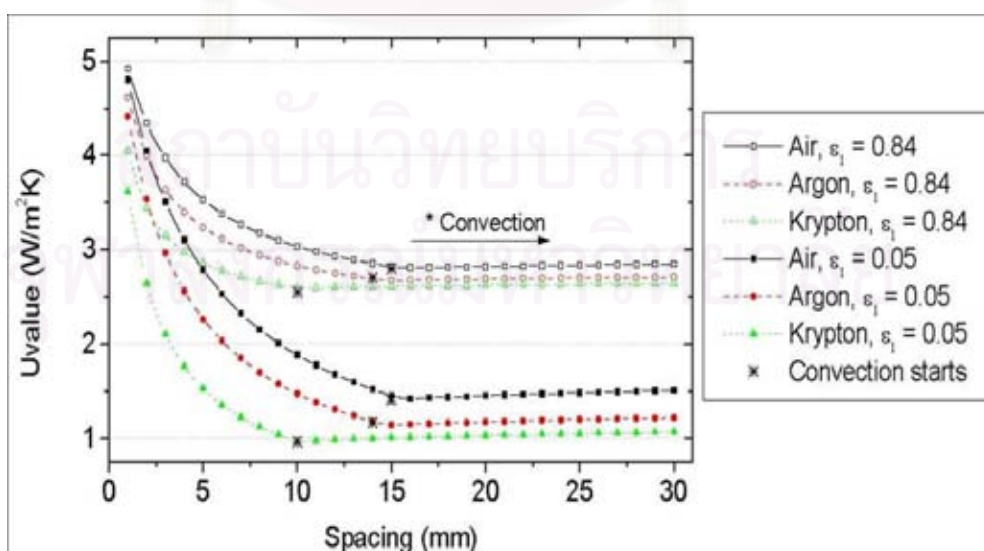
นั่นจะเป็นจุดอับออกซิเจน จะหายใจไม่ออก และถ้าบริเวณนั้นมีสิ่งมีชีวิต สิ่งมีชีวิตเหล่านั้นก็จะตายในที่สุด

### - ไฮโดรเจน (Hydrogen: H<sub>2</sub>)

ไฮโดรเจนเหลว เป็นสารไวไฟ, ไม่มีสี, ไม่มีกลิ่น, ไม่กัดกร่อน และมีความเย็นยวดยิ่ง ถ้าเกิดอุบัติเหตุรั่วไหลบริเวณนั้นจะเป็นจุดอับออกซิเจนจะหายใจไม่ออกตาย และเสี่ยงต่อการเกิดระเบิดได้

|                | จุดเดือด |        |        | จุดเยือกแข็ง |       |         | อุณหภูมิวิกฤติ |        |        | ความดันวิกฤติ<br>Psia<br>(atm) |
|----------------|----------|--------|--------|--------------|-------|---------|----------------|--------|--------|--------------------------------|
|                | K        | °F     | °C     | K            | °F    | °C      | K              | °F     | °C     |                                |
| N <sub>2</sub> | 77.32    | -320.5 | -195.8 | 63.4         | -     | -210.0  | 126.1          | -232.4 | -146.9 | 493 (33.5)                     |
| Ar             | 87.4     | -297.6 | -185.9 | 63.4         | -     | -189.4  | 150.8          | -188.4 | -122.4 | 705 (48.0)                     |
|                |          |        |        | 6            | 308.9 |         |                |        |        |                                |
| He             | 4.26     | -452.1 | -268.9 | -            | -     | -272.2  | 5.2            | -450.3 | -268.0 | 33.2 (2.26)                    |
|                |          |        |        |              | 458.0 |         |                |        |        |                                |
| H <sub>2</sub> | 20.43    | -423.0 | -252.5 | 13.9         | -     | -259.14 | 32.97          | -399.9 |        | 12.76 atm                      |
|                |          |        |        | 8            | 431.4 |         | 6              |        |        |                                |

ตารางที่ 2.5 แสดงอุณหภูมิและความดันของก๊าซที่นำไปใช้บรรจุระหว่างกระจกนวนกันความร้อน



แผนภูมิที่ 2.6 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติค่า U-Value (W/m<sup>2</sup>?K) กับขนาดความกว้างของช่องว่างอากาศ สำหรับกระจกนวนกันความร้อน โดยที่กระจกบรรจุก๊าซต่างชนิดกัน

## 2.9 การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศผลของภาวะเรือนกระจก (Green House Effect)

โลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ในรูปแบบของพลังงานแสง พลังงานบางส่วนก็จะสะท้อนกลับออกไปนอกโลกในสภาพของพลังงานความร้อน และพลังงานความร้อนนี้จะถูกก๊าซเรือนกระจก **Greenhouse gases** (นัฐปัทม์ จิตพิทักษ์, 2542) ซึ่งมีอยู่ในบรรยากาศตามธรรมชาติในปริมาณที่ไม่มากนัก ดูดกลืนเอาไว้บางส่วน พลังงานความร้อนที่ก๊าซเรือนกระจกดูดกลืนเอาไว้นี้จะทำให้โลกมีความอบอุ่น และทำให้สิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่ในโลกนี้ได้ ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (**CO<sub>2</sub>**) ก๊าซมีเทน (**CH<sub>4</sub>**) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (**N<sub>2</sub>O**) และก๊าซโอโซน (**O<sub>3</sub>**) นอกจากนี้ ยังมีก๊าซที่ผลิตขึ้นมาใช้ในทางอุตสาหกรรมและการพัฒนาเศรษฐกิจ ที่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากธรรมชาติ ได้แก่

- คลอโรฟลูโอโรคาร์บอน ( **Chlorofluorocarbons - CFC** )
- ไฮโดรคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน ( **Hydro chlorofluorocarbons -HCFCs** )
- ไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน ( **Hydro fluorocarbons - HFCs** )
- เพอร์ฟลูโอรีเนตคาร์บอน ( **Perfluorinatedcarbons - PFCs** )

ก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ มีอายุ และการแผ่รังสีความร้อน (**Radioactive effect**) ต่าง ๆ กัน เรียกว่า ศักยภาพในการทำให้โลกร้อน (**Global Warming Potentials - GWPs**) นิยามของ **GWPs** คือ ความสามารถของก๊าซเรือนกระจกใด ๆ ในการทำให้เกิดความอบอุ่นเมื่อเปรียบเทียบกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำหนักเท่ากัน เช่นเมื่อพิจารณาในช่วงอายุหนึ่งร้อยปีพบว่า ก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์ มีค่า **GWPs** เท่ากับ **210** และ **310** ตามลำดับ หมายความว่า ก๊าซมีเทนจำนวนหนึ่งตัน มีศักยภาพในการกักเก็บและแผ่รังสีความร้อน เท่ากับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวน **21** ตัน และก๊าซไนตรัสออกไซด์จำนวนหนึ่งตัน มีศักยภาพในการกักเก็บและแผ่รังสีความร้อน เท่ากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวน **310** ตัน ส่วนก๊าซอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นจากการสังเคราะห์ของมนุษย์ เช่น สารคลอโรฟลูโอโรคาร์บอนนั้น มีศักยภาพสูงกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประมาณ **100** ถึง **1,000** เท่า ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. **2523-2533** ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ สารคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน และไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน ที่ถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศในแต่ละปีมีปริมาณ **26,000 , 300 , 6 , 0.9** และ **0.1** ล้านตัน ตามลำดับแต่เมื่อพิจารณาตามค่า **GWPs** แล้วพบว่า สัดส่วนของการทำให้โลกร้อนขึ้นของก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ สารคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน ไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน ดังกล่าวคิดเป็นร้อยละ **55 , 15 , 6** และ **4** ตามลำดับ

| ก๊าซเรือนกระจก   | ปริมาณก๊าซในบรรยากาศ<br>(ต่อล้านส่วน) |
|------------------|---------------------------------------|
| ไอน้ำ            | 40,000                                |
| คาร์บอนไดออกไซด์ | 360                                   |
| มีเทน            | 1.7                                   |
| ไนตรัสออกไซด์    | 0.3                                   |
| โอโซน            | 0.01                                  |

ตารางที่ 2.6 แสดงปริมาณสัดส่วนก๊าซในชั้นบรรยากาศต่อก๊าซเรือนกระจก

ยุคก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม (ประมาณปี พ.ศ. 2293-2343) บรรยากาศมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 270 ppm (ส่วนในล้านส่วน) ในปัจจุบันเพิ่มสูงขึ้นถึง 356 ppm และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ในศตวรรษหน้า เมื่อปริมาณของก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้นก็จะดูดกลืนและแผ่รังสีความร้อนเอาไว้ในโลกมากขึ้นด้วย ทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Climate change) หรืออีกนัยหนึ่งคือ สภาวะโลกร้อน (Global warming) หรือปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effects) นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เชื่อว่าภูมิอากาศของโลกมีการเปลี่ยนแปลง แต่จะมีการผันแปรมากน้อยเพียงใดยังไม่สามารถระบุได้แน่ชัด ดังนั้นตาม IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 1990 และ UNFCCC (The United Nations Framework Convention on Climate Change) 1996 ได้ทำนายผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นไว้ดังนี้ อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2 องศาเซลเซียส ภายในปี พ.ศ. 2643 หรือการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในระดับปานกลางโดยอยู่ในช่วงระหว่าง 1.5 - 3.5 องศาเซลเซียส จะทำให้เกิดผลกระทบดังนี้

- การเปลี่ยนอุณหภูมิในระดับภูมิภาคอาจจะแตกต่างไปจากค่าเฉลี่ยของโลกมาก แต่ยังไม่สามารถบ่งชี้ได้อย่างแน่นอนว่าแตกต่างอย่างไร
- ระดับน้ำทะเล คาดหมายว่าจะสูงขึ้นประมาณ 15-95 เซนติเมตร โดยค่าประมาณปานกลางที่ 50 เซนติเมตร ภายในปี พ.ศ. 2643 ระดับน้ำทะเลจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ถึงแม้ว่าภูมิอากาศและอุณหภูมิโลก จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงอีกก็ตาม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปที่ละเล็กทีละน้อย แต่เป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงซึ่งเกิดขึ้นบ่อยครั้ง และมีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดได้แก่ ความแห้งแล้งอย่างรุนแรง วาตภัย อุทกภัย พายุฝนฟ้าคะนอง พายุทอร์นาโด แผ่นดินถล่ม และการเกิดพายุรุนแรงฉบับพลัน

- ผลต่อเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโลกและปริมาณน้ำฝน คือคาดว่าป่าไม้บาง ส่วน (ประมาณ 1 ใน 3 ถึง 1 ใน 7 ของโลก) จะมีการเปลี่ยนแปลงของพรรณไม้ที่สำคัญ
- ประเทศที่กำลังพัฒนาจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากกว่าประเทศที่พัฒนาแล้ว ทั้งนี้เนื่องมาจากมีข้อจำกัดในการปรับสภาพให้เข้ากับการเปลี่ยนแปลงนี้

## 2.10 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.10.1 เอกสารสถิติอุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ ตั้งแต่ปี 2550 - 2551 ของสถานีตรวจอากาศบางนา กรมอุตุนิยมวิทยา

กรมอุตุนิยมวิทยาได้จัดตั้งศูนย์ข้อมูลข่าวสารกรมอุตุนิยมวิทยา เพื่อปฏิบัติตามพระราชบัญญัติข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ.2540 ตั้งอยู่บริเวณชั้น 5 อาคาร50ปี อุตุนิยมวิทยา โดยจัดให้มีข้อมูลข่าวสารที่ต้องการเปิดเผยให้ประชาชนทราบ ตลอดจนดัชนีข้อมูลข่าวสาร ซึ่งประชาชนเข้าตรวจดูได้ในวันเวลาราชการ ประกอบด้วย

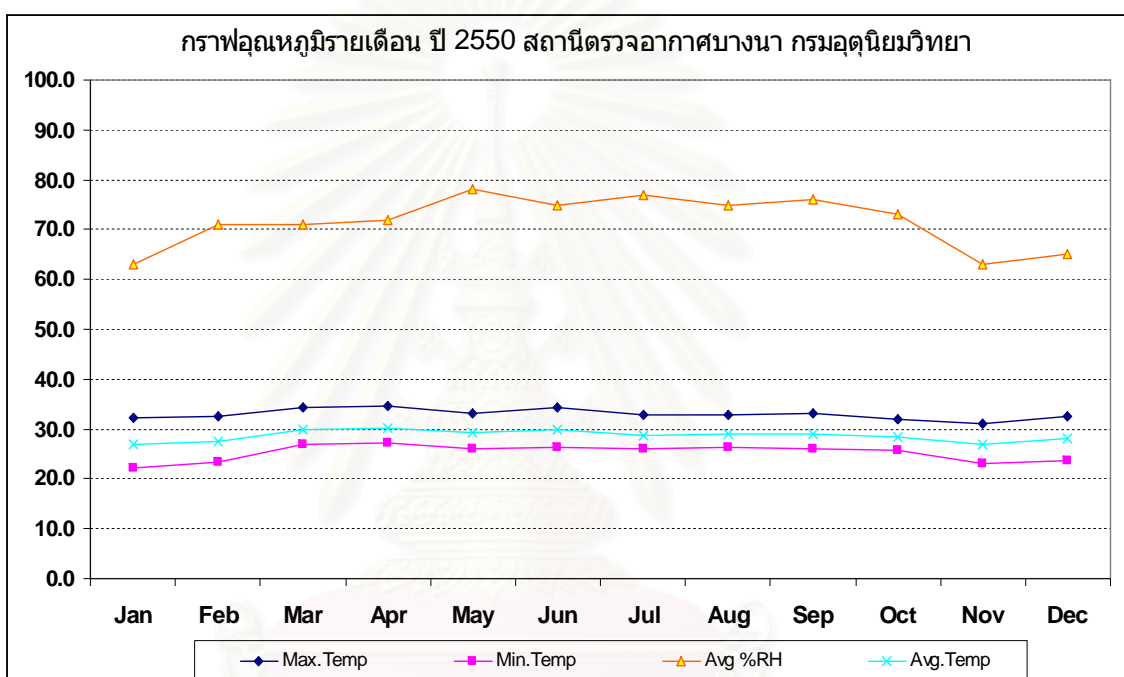
- พระราชบัญญัติข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ.2540
- สิทธิของประชาชนตามพระราชบัญญัติข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ.2540
- ข้อมูลข่าวสารที่จัดเตรียมไว้ให้ประชาชนเข้าตรวจดู

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของสภาพภูมิอากาศสูงสุดต่ำสุด เปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ ของแต่ละเดือนภายในปีนั้นๆ แล้วนำมาประกอบการกำหนดวิธีการดำเนินการวิจัย

| Year | Month | Max. Temp (°C) | Min. Temp (°C) | Avg %RH | Avg. Temp (°C) |
|------|-------|----------------|----------------|---------|----------------|
| 2007 | Jan   | 32.3           | 22.2           | 63%     | 27.0           |
|      | Feb   | 32.5           | 23.5           | 71%     | 27.5           |
|      | Mar   | 34.2           | 27.0           | 71%     | 30.0           |
|      | Apr   | 34.7           | 27.1           | 72%     | 30.1           |
|      | May   | 33.1           | 26.1           | 78%     | 29.2           |
|      | Jun   | 34.3           | 26.3           | 75%     | 29.9           |
|      | Jul   | 32.8           | 26.0           | 77%     | 28.7           |
|      | Aug   | 32.8           | 26.2           | 75%     | 29.0           |

|            |      |      |     |      |
|------------|------|------|-----|------|
| <b>Sep</b> | 33.1 | 25.9 | 76% | 29.0 |
| <b>Oct</b> | 32.0 | 25.6 | 73% | 28.4 |
| <b>Nov</b> | 31.2 | 23.0 | 63% | 27.0 |
| <b>Dec</b> | 32.6 | 23.7 | 65% | 28.1 |

ตารางที่ 2.7 แสดงค่าอุณหภูมิรายเดือน ประจำปี พ.ศ.2550 ณ.สถานีตรวจอากาศบางนา  
กรมอุตุนิยมวิทยา

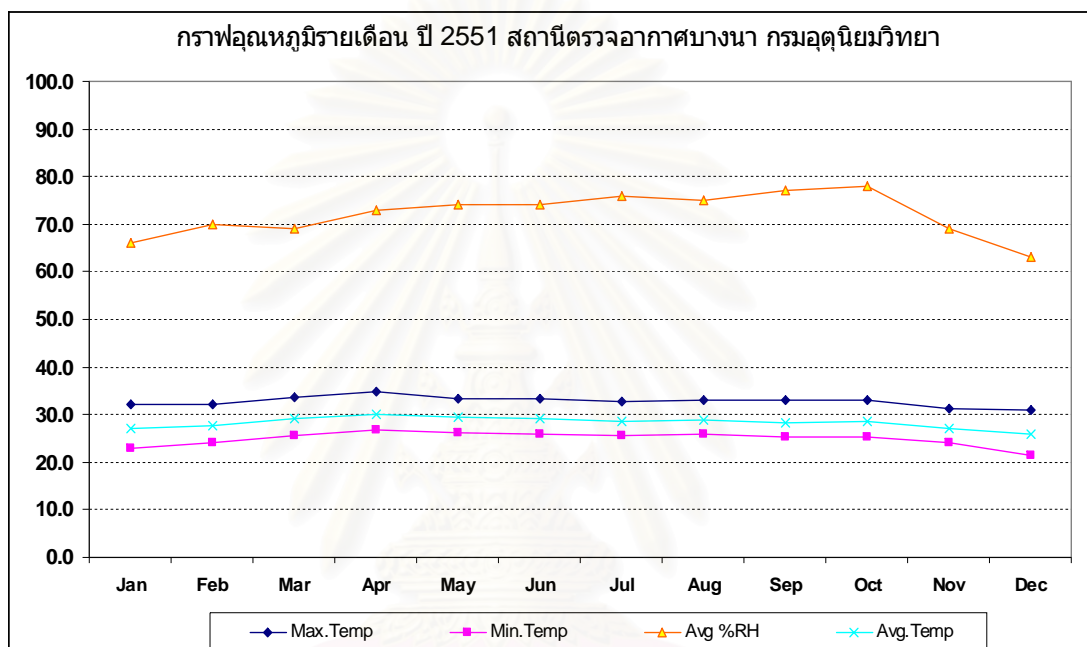


แผนภูมิที่ 2.7 แสดงค่าอุณหภูมิรายเดือน ประจำปี พ.ศ.2550 ณ.สถานีตรวจอากาศบางนา  
กรมอุตุนิยมวิทยา

| Year | Month | Max.Temp (°C) | Min.Temp (°C) | Avg %RH | Avg.Temp (°C) |
|------|-------|---------------|---------------|---------|---------------|
| 2008 | Jan   | 32.2          | 22.8          | 66%     | 27.2          |
|      | Feb   | 32.2          | 24.0          | 70%     | 27.7          |
|      | Mar   | 33.7          | 25.7          | 69%     | 29.2          |
|      | Apr   | 34.7          | 26.7          | 73%     | 30.0          |
|      | May   | 33.4          | 26.1          | 74%     | 29.4          |
|      | Jun   | 33.4          | 26.0          | 74%     | 29.3          |
|      | Jul   | 32.6          | 25.6          | 76%     | 28.6          |
|      | Aug   | 33.1          | 25.9          | 75%     | 28.9          |

|            |      |      |     |      |
|------------|------|------|-----|------|
| <b>Sep</b> | 33.0 | 25.4 | 77% | 28.3 |
| <b>Oct</b> | 33.0 | 25.4 | 78% | 28.5 |
| <b>Nov</b> | 31.2 | 24.1 | 69% | 27.2 |
| <b>Dec</b> | 31.1 | 21.4 | 63% | 26.0 |

ตารางที่ 2.8 แสดงค่าอุณหภูมิรายเดือน ประจำปี พ.ศ.2551 ณ.สถานีตรวจอากาศบางนา  
กรมอุตุนิยมวิทยา



แผนภูมิที่ 2.8 แสดงค่าอุณหภูมิรายเดือน ประจำปี พ.ศ.2551 ณ.สถานีตรวจอากาศบางนา  
กรมอุตุนิยมวิทยา

## 2.10.2 อิทธิพลของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทึบของอาคารปรับอากาศ (สุวิชา เบญจพร, 2543)

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้มุ่งเน้นให้เห็นถึงความสำคัญของการป้องกันความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทึบของอาคารที่มีการปรับอากาศ เริ่มจากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการแทรกซึมความชื้นด้วยวิธีจำลองสภาวะการใช้งานผนังอาคารที่ปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยเลือกผนังอาคารชนิดต่างๆที่นิยมใช้ก่อสร้างในปัจจุบัน ประกอบด้วย

- ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว
- ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว
- ผนังคอนกรีตมวลเบา 4 นิ้ว
- ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (EIFS)

เพื่อนำไปวิเคราะห์แนวทางที่เหมาะสมในการป้องกันความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังอาคาร ผลการศึกษาพฤติกรรมความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทดสอบทั้ง 4 ชนิด พบว่าผนังคอนกรีตมวลเบา 4 นิ้ว มีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นได้ดีที่สุด เนื่องจากมีมวลสารน้อยและมีความพรุนของมวลสารมากจึงทำให้ความชื้นสามารถแทรกซึมผ่านเข้ามาได้มาก โดยมีอัตราส่วนความชื้นที่ผิวภายในอาคารเฉลี่ย 15.74 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกจึงมีคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นได้ดีที่สุด เนื่องจากมีฉนวนป้องกันความชื้นติดตั้งด้านนอกอาคารจึงมีอัตราส่วนความชื้นที่ผิวภายในอาคารเฉลี่ย 10.16 กรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้พบว่าภายในผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้วมีโอกาสเกิดการควบแน่นสูงมาก โดยอุณหภูมิภายในผนังสูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยเพียง 0.3 องศาเซลเซียส ส่วนการเกิดการควบแน่นภายในผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกนั้นมีโอกาสเกิดการควบแน่นน้อยมาก โดยมีอุณหภูมิภายในผนังสูงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างเฉลี่ยเพียง 6.3 องศาเซลเซียส

สรุปการทดสอบผนังทั้ง 4 ชนิดพบว่าผนังคอนกรีตมวลเบา 4 นิ้ว มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนและความชื้นต่ำที่สุด โดยมีปริมาณเอนทัลปีที่ผิวภายในอาคารเฉลี่ย 31.39 บีทียูต่อปอนด์ รองลงมาคือ ผนังก่ออิฐฉาบปูน 4 นิ้ว มีปริมาณเอนทัลปีที่ผิวภายในอาคารเฉลี่ย 29.71 บีทียูต่อปอนด์ ต่อมาคือ ผนังก่ออิฐฉาบปูน 8 นิ้ว มีปริมาณเอนทัลปีที่ผิวภายในอาคารเฉลี่ย 25.73 บีทียูต่อปอนด์ ส่วนผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอกซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนความชื้นดีที่สุด.

### 2.10.3 แนวทางการสร้างแบบประเมินค่าการประหยัดพลังงานในอาคารสำหรับช่องเปิดอาคารในเขตร้อนชื้น (จิตติมา กลั่นหอม, 2546)

การวิจัยนี้ทำการศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรที่ส่งผลต่อระดับความร้อนและความชื้นที่ผ่านเข้าภายในสู่อาคารผ่านทางช่องเปิด รวมทั้งสร้างแบบประเมินเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการช่วยการออกแบบช่องเปิดที่สามารถลดภาระการทำความเย็นภายในอาคาร ขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย การศึกษาวิเคราะห์ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อค่าภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศผ่านทางช่องเปิดอาคาร โดยแยกกลุ่มตัวแปรออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มตัวแปร ที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นจากการรั่วซึมของอากาศในขณะที่ช่องเปิดนั้นมีการเปิด-ปิด หรืออีกนัยหนึ่งคือค่าความแตกต่างของระดับเอนทัลปีระหว่างภายในกับภายนอก 2) กลุ่มของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นในขณะที่ช่องเปิดนั้นปิดอยู่ ซึ่งได้แก่ ค่าการถ่ายเทความร้อนจากการนำความร้อน การแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ และการรั่วซึมของอากาศผ่านทางช่องเปิดอาคาร ผลจากการวิเคราะห์อิทธิพลของตัวแปรต่างๆ จะนำมาสร้างดัชนีการประเมินศักยภาพค่าการประหยัดพลังงานสำหรับช่องเปิดอาคาร



ผลการศึกษาพบว่าตัวแปรที่เพิ่มภาระการทำความเย็นให้กับอาคารกรณีที่ 1 ช่องเปิดอาคารนั้นมีการเปิด ปิด คือ ความร้อน ความชื้นที่เข้ามาพร้อมกับกระแสลม ความเร็วลมในทิศนั้น ซึ่งการเปิดช่องเปิดทางด้านทิศใต้ทำให้เกิดภาระการทำความเย็นสูงสุด โดยมีค่าถึง **0.047** ตารางเมตรต่อตัน กรณีที่ 2 ช่องเปิดนั้นปิดอยู่ คือ การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุ การแผ่รังสีความร้อน สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่การใช้งานที่มีการปรับอากาศ จากการทดสอบใช้แบบประเมินโดยเลือกแบบบ้านที่มีการออกแบบและใช้วัสดุทั่วไปมาเปรียบเทียบกับบ้านชีวาทิตย์ที่ออกแบบเน้นการประหยัดพลังงานพบว่า บ้านที่ออกแบบทั่วไปได้ในระดับ 3 ซึ่งเป็นระดับต่ำ เนื่องจากปัจจัยในเรื่องการเจาะช่องเปิดทางเข้าหลักของบ้านอยู่ในทิศใต้ซึ่งทำให้มีค่าระดับเอนทัลปี **0.09** ตารางเมตรต่อตัน บ้านชีวาทิตย์ได้คะแนนอยู่ในระดับ 5 ซึ่งเป็นระดับที่สูงที่สุดเนื่องจากอิทธิพลของกลุ่มตัวแปรทั้งกรณีที่ 1 และกรณีที่ 2 ส่งผลกระทบต่อค่าภาระการทำความเย็นต่ำโดยผลที่ได้จากการทดสอบแบบประเมินพบว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินช่องเปิดอาคารที่ครอบคลุมทุกภูมิภาคของประเทศไทย

#### **2.10.4 การศึกษาการถ่ายเทความร้อนจากแสงอาทิตย์ผ่านหน้าต่างกระจก (นพรัตน์ คำพรม, 2544)**

มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์คุณลักษณะของหน้าต่างกระจก 4 ชนิดที่นิยมใช้งานสำหรับอาคารในประเทศไทย ได้แก่ หน้าต่างกระจกใส หน้าต่างกระจกชนิดเคลือบ หน้าต่างกระจกสะท้อนแสง และหน้าต่างกระจกสองชั้น ในแง่ของการถ่ายเทความร้อนและความสบายโดยใช้โปรแกรม **WINDOW 4.1** และโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

การวิเคราะห์กระทำได้โดยใช้สภาวะภูมิอากาศออกแบบภายนอกและภายในอาคารของกรุงเทพมหานคร การคัดเลือกข้อมูลภูมิอากาศภายนอกกระทำโดยการพิจารณาข้อมูลภูมิอากาศที่คัดเลือกจากเกณฑ์ของค่าอุณหภูมิกระเปาะแห้ง และค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้รายปี **0.4%** ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ได้คัดเลือกข้อมูลภูมิอากาศที่มีค่ารังสีรวมแสงอาทิตย์ที่มีค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ **0.4%** เป็นข้อมูลภูมิอากาศออกแบบ โดยได้พิจารณาจากค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหน้าต่างกระจกใน 4 ทิศหลักเป็นเกณฑ์คัดเลือก จากการวิเคราะห์พบว่ากระจกที่มีค่าการส่งผ่านรังสีมากก็จะก่อให้เกิดความไม่สบายต่อผู้อาศัยที่นั่งใกล้กับผนังกระจกเนื่องจากการส่งผ่านรังสีแสงอาทิตย์โดยตรงถึงแม้จะรักษาระดับของอุณหภูมิให้อยู่ในสภาวะที่สบาย ชนิดของกระจกที่มีผลต่อความไม่สบายสูงสุดคือกระจกใส ในขณะที่กระจกเคลือบสีและกระจกสะท้อนแสงจะมีความไม่สบายน้อยกว่ากระจกใสแต่จะมีความไม่สบายเนื่องจากอุณหภูมิผิวกระจกมากกว่ากระจกใส นอกจากนี้ยังพบว่ากระจก 2 ชั้น ที่ใช้กระจกสะท้อนแสงเป็นกระจกด้านนอกและใช้กระจกใสเป็นกระจกด้านในโดยมีช่องว่างอากาศเท่ากับ **6** มิลลิเมตร จะให้ค่าดัชนี

ซึ่งความสบาย Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD) อยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้ ในการวิเคราะห์นี้ยังได้พัฒนาค่าตัวพารามิเตอร์ที่เป็นคุณสมบัติสำคัญของชุดหน้าต่างกระจกที่นำไปใช้ในการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนและหาค่าความสบาย ค่าดังกล่าวได้แก่ค่าการส่งผ่านรังสี ค่าการสะท้อนรังสี ค่าการดูดกลืนรังสี และค่า Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) ที่แปรตามมุมตกกระทบ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U-VALUE) ค่าอุณหภูมิผิวกระจกที่นำไปใช้ในการคำนวณหาค่า Mean radiant temperature ค่าดัชนี Predicted Mean Vote (PMV) และ PPD และยังคงคำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงค่า PMV ต่อค่าความร้อนที่เปลี่ยนแปลงไป.

### 2.10.5 เทคนิคการออกแบบและการเลือกวัสดุหลังคา เพื่อใช้ประโยชน์จากน้ำค้าง (นางสาวณัฐยา ทองมี, 2543)

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาตัวแปรและอิทธิพลของตัวแปรสำคัญ ที่ทำให้เกิดปริมาณน้ำค้างบนหลังคา หาแนวทางการออกแบบและเลือกวัสดุ เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำค้างบนหลังคา รวมทั้งเสนอแนะแนวทางเพื่อประยุกต์ใช้น้ำค้างและความเย็นให้แก่อาคาร ผลการศึกษาพบว่าในช่วงเวลากลางคืน ผิวหลังคาจะมีการคายรังสีความร้อนกลับสู่ท้องฟ้า จนมีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิจุดน้ำค้างตามลำดับ การลดลงของอุณหภูมิผิวนี้จะมีความแตกต่างตามวัสดุหลังคาที่ต่างกัน วัสดุหลังคาที่ทำจากอลูมิเนียมอะโนไดซ์ มีปริมาณน้ำค้างที่เกิดขึ้นมากที่สุดเนื่องจากมีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างมากที่สุด การเอียงหลังคาทำมุม 15 องศา กับแนวระนาบของวัสดุอลูมิเนียมอะโนไดซ์ จะมีความสมดุลระหว่างการเกิดและการไหลของปริมาณน้ำค้าง การวางหลังคาในทิศทางตรงข้ามกับลมที่พัดผ่านผิวหลังคาในช่วงเวลากลางคืนจะมีปริมาณน้ำค้างที่เกิดขึ้นมากกว่าการวางในทิศทางที่รับลมโดยตรง เนื่องจากได้รับอิทธิพลความร้อนจากลมที่พัดผ่านผิวน้อยกว่าการวางในทิศทางที่รับลมโดยตรง รูปแบบหลังคาที่มีการติดตั้งฉนวนกันความร้อนใต้แผ่นหลังคาสามารถเพิ่มปริมาณน้ำค้างได้ เนื่องจากสามารถลดอิทธิพลการนำความร้อนใต้แผ่นหลังคา ผลจากการวิเคราะห์พบว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเกิดปริมาณน้ำค้างในเบื้องต้นได้แก่ สภาพท้องฟ้า ค่าการคายรังสีของหลังคา ค่ามุมที่เปิดสู่ท้องฟ้าของหลังคา ความชื้นในอากาศ และอุณหภูมิอากาศ

การวิจัยนี้สรุปได้ว่า ในการออกแบบหลังคาเพื่อให้เกิดปริมาณน้ำค้างต่อพื้นที่ต่อคืนมากที่สุด คือการทำให้ผิวหลังคามีอุณหภูมิผิวต่ำที่สุด โดยมีเทคนิคการออกแบบหลังคาและเลือกใช้วัสดุดังนี้ 1) เลือกใช้วัสดุเคลือบผิวหลังคาที่มีค่าการคายรังสีมากกว่า 0.90 ค่าการคายรังสีนี้จะพิจารณาในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 3 ไมครอนขึ้นไป โดยเฉพาะช่วงความยาวคลื่น 8-13 ไมครอน เนื่องจากวัสดุสามารถคายรังสีความร้อนกลับสู่ท้องฟ้าได้ดีที่สุด 2) เลือกใช้วัสดุเคลือบผิวหลังคาที่

มีสภาพผิวเป็นมันเรียบเพื่อลดการยืดเกาะของปริมาณน้ำค้างที่ไหลลงสู่ภาชนะกักเก็บ 3) เลือกใช้วัสดุหลังคาที่มีมวลสารน้อยเพื่อความเร็วในการคายความร้อนกลับสู่ท้องฟ้า 4) เลือกมุมเอียงหลังคาให้มีมุมที่เปิดสู่ท้องฟ้ามากที่สุด โดยเน้นความสมดุลระหว่างการเกิดและการไหลของปริมาณน้ำค้างที่เกิดขึ้น 5) การวางหลังคาในทิศทางที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากลมที่พัดผ่านผิวหลังคาโดยตรง 6) การป้องกันความร้อนจากใต้แผ่นหลังคา ผลการวัดปริมาณน้ำค้างที่เกิดขึ้นในเขตกรุงเทพมหานครสรุปได้ว่า ปริมาณน้ำค้างที่เกิดขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณ 140 ซีซีต่อตารางเมตรต่อคืน และมีปริมาณน้ำค้างที่เกิดขึ้นมากที่สุดประมาณ 340 ซีซีต่อตารางเมตรในช่วงเดือนพฤศจิกายน



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยโดยศึกษาองค์ประกอบและเทคนิควิธีป้องกันปัญหาการควบแน่นบริเวณผิวกระจกช่องแสงด้านบนสำหรับอาคารพักอาศัยปรับอากาศเขตภูมิประเทศร้อนชื้น โดยทำการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์บันทึกข้อมูลจากกล่องทดลอง รวมถึงเก็บข้อมูลด้วยการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนของกระจก คำนวณอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นเป็นฉนวน พร้อมทั้งนำข้อมูลมาวิเคราะห์ การศึกษาองค์ประกอบ เทคนิควิธีป้องกันปัญหาการควบแน่น และสรุปผลการทดลองเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการกำหนดค่าคุณสมบัติชนิดกระจก และเทคนิควิธีการนำมาประยุกต์ใช้สำหรับช่องแสงด้านบนอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศ ซึ่งสามารถแบ่งวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

- 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย
- 3.2 การตรวจสอบเครื่องมือ
- 3.3 การเตรียมและการติดตั้งกระจกทดลอง
- 3.4 การติดตั้งระบบวัดอุณหภูมิผิวกระจก
- 3.5 การเก็บข้อมูล
- 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.7 สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

### 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

#### 3.1.1 เครื่อง Data Logger รุ่น HOBO

เป็นเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติสามารถจัดเก็บข้อมูลอุณหภูมิ โดยการติดตั้งหัวเซนเซอร์ (Sensor) สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิ สามารถตอบสนองรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้อย่างรวดเร็ว รวมถึงการลงโปรแกรม Box car pro ที่ใช้ในการประมวลผลและบันทึกรายละเอียดอุณหภูมิที่วัดได้จากเครื่อง

รายละเอียด: General Specifications

1. Dimensions: 6.1 cm x 4.8 cm x 2 cm (2.4 in x 1.89 in x 0.79 in)
2. Weight: 29 grams
3. Memory: 8,000 or more Events
4. Read Detailed Specifications
5. Product Line Features 8-bit resolution Programmable start date/time

- Programmable sampling rate (0.5 second to 9 hours)
- 6.Memory modes: Stop when full or wrap-around when full
- 7.User-replaceable battery lasts 1 year (typical)
- 8.Battery level indication at launch
- 9.Blinking LED confirms operation
- 10.Non-volatile memory retains data even if battery fails
- 11.NIST-Traceable temperature accuracy certification available
- 12.Compliance certificate available

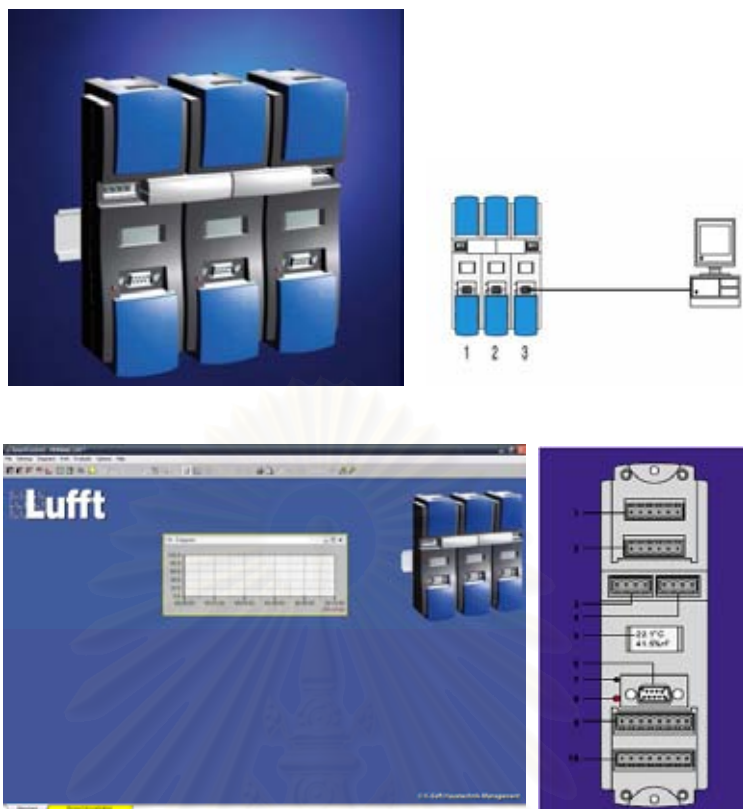


รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (Campbell Data Logger) รุ่น CR23X และโปรแกรมประมวลผล Box car pro

### 3.1.2 เครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (Opus 200 Data Logger)

เป็นเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ สามารถจัดเก็บข้อมูลได้ 2 ช่องสัญญาณและสามารถต่อเป็นระบบเดียวกันได้จนถึง 250 ช่องสัญญาณ วัดข้อมูลแบบ online โดยต้องใช้ในการต่อพ่วงกับระบบเครื่องคอมพิวเตอร์ในการบันทึกผลข้อมูล รวมทั้งการประมวลผลเชิงเส้น โดยข้อมูลที่วัดได้สามารถระบุหน่วยเป็นองศาเซลเซียส องศาฟาเรนไฮต์

รวมถึงการลงโปรแกรม Smart Control ที่ใช้ในการประมวลผลและบันทึกรายละเอียดคุณหมุมิที่วัดได้จากเครื่อง



รูปที่ 3.2 แสดงเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ รุ่น Opus 200 Data Logger ลักษณะการเชื่อมต่อระบบ และโปรแกรม Smart Control

| Technical data             |  |
|----------------------------|--|
| Dimensions                 | 160x50x45mm  |
| Measuring interval         | 0.1/1/10/30/60s, selectable per channel                                      |
| Construction               | Plastic housing  |
| Max. burden (resistor)     | 0.5 A/30V, 500.000 cycles life span<br>0.3 A/30V, 1.000.000 cycles life span |
| Data storage               | Max. 30,000 measurements/channel   |
| Display                    | 2 lines, 8 characters<br>down to -20°C readable                              |
| Weight                     | 200g   |
| Storage temperature        | -30...70°C   |
| Interface                  | Serial<br>RS232 with CTS and RTS<br>4.800...57.6000 Baud                     |
| Protection type            | IP42, with protection  |
| Power supply               | 9...15VDC, nominal 12V, battery operation                                    |
| Storage interval           | 0.1/1/10/30/60s, 1...1440min, selectable per channel                         |
| Storage possibilities      | Ave., min., max., any combination possible                                   |
| Connecting system          | COMBICON Phönix  |
| Power consumption active   | <60mA  |
| Power consumption stand-by | <1.5mA   |
| Included in delivery       | Software SmartControl  |
| Operating temperature      | -30...60°C   |
| Operating rel. humidity    | 0...95% RH (non-condensing)  |

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลด้านเทคนิคและค่าคุณสมบัติของเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติ รุ่น Opus 200 Data Logger

### 3.1.3 เครื่องวัดอุณหภูมิ Infrared Thermometers เทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด DP-88 DIGICON

ทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมภายนอกกล่องทดลองเพื่อจุดบันทึกข้อมูล โดยมีค่ารายละเอียดของเครื่อง คือ ย่านการวัดอุณหภูมิ - 20 ~ 500 องศาเซลเซียส (-4 ~ +932 องศา F) จอ LCD 4 หลัก เครื่องวัดอุณหภูมิ ความละเอียด 0.5 องศาเซลเซียส/ F Thermometers เทอร์โมมิเตอร์ เครื่องวัดอุณหภูมิ อัตราส่วนระยะทางต่อขนาดวัตถุ 8:1 Thermometers



รูปที่ 3.3 รูปเครื่องวัดอุณหภูมิ Infrared Thermometers เทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด DP-88 DIGICON

### 3.1.4 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ Model DIGICON TH-03

ทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกกล่องทดลอง โดยมีค่ารายละเอียดของเครื่อง คือ ย่านการวัดอุณหภูมิ -50 ถึง +70 C (-58 ถึง 158 F) ย่านการวัดความชื้น 25 ถึง 95% RH มิเตอร์วัดอุณหภูมิ และความชื้นแบบอิเล็กทรอนิกส์ สามารถบันทึกค่าต่ำสุด/สูงสุด ของอุณหภูมิ และความชื้นได้อย่างต่อเนื่อง สามารถเลือกหน่วยการวัดอุณหภูมิเป็น C หรือ F ได้ มีระบบชดเชยอุณหภูมิ เพื่อเพิ่มความเที่ยงตรงในการวัดความชื้นสัมพัทธ์ มี Probe Sensor 2 ตัว



รูปที่ 3.4 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ Model DIGICON TH-03

### 3.2 การตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ในการวิจัยจำเป็นต้องทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง เนื่องจากการทดลองต้องใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ (Sensor) เป็นจำนวนมาก รวมถึงวัสดุที่นำมาทดลองและห้องทดลอง จึงจำเป็นต้องทดสอบความเชื่อถือและปรับแต่งค่ามาตรฐานให้ตรงกันเสียก่อนเพื่อที่จะได้ข้อมูลที่แม่นยำและสามารถนำมาวิเคราะห์หาผลสรุปได้ ดังนี้

#### 3.2.1 การตรวจสอบหัววัดอุณหภูมิ (Sensor)

Sensor ที่ใช้เก็บอุณหภูมิเป็น Thermister ขนาด 10 K มีคุณสมบัติในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจาก Sensor แต่ละตัวสามารถวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่แตกต่างกันเพื่อความถูกต้องและน่าเชื่อถือในการทดลอง ต้องมีการตรวจสอบหัววัดโดยมีขั้นตอนการตรวจวัดให้ได้มาตรฐานดังนี้

- การทดสอบหัววัดโดยวัดค่าอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับจุดเยือกแข็งของน้ำที่  $0^{\circ}\text{C}$  และบันทึกข้อมูลที่ Sensor อ่านได้
- เพิ่มอุณหภูมิของน้ำให้สูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิน้ำเดือด ( $100^{\circ}\text{C}$ ) และบันทึกข้อมูลที่ Sensor อ่านได้
- นำข้อมูลที่ได้อามาวิเคราะห์ด้วยกระบวนการทางสถิติเพื่อหาค่า Intercept และค่า Coefficient ของ Sensor เพื่อนำค่าที่ได้มาปรับค่าความชัน และค่า Offset ของการบันทึกข้อมูลของโปรแกรม ซึ่งจะช่วยให้ได้ผลของการวัดที่แม่นยำ และใกล้เคียงกันทั้งหมด



รูปที่ 3.5 หัววัดอุณหภูมิ Thermister



### 3.2.2 การตรวจสอบวัสดุทดลอง

วัสดุแต่ละชนิดนั้นมีความจุความร้อนและความชื้นไม่เท่ากัน ดังนั้นในการทดลองจึงจำเป็นต้องทำการตรวจสอบให้แน่ชัดว่าในเนื้อวัสดุนั้น ๆ มีค่าความจุความร้อนและความชื้นคงที่ ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องและแม่นยำที่สุด โดยปราศจากอิทธิพลของเนื้อวัสดุนั้นๆ

### 3.2.3 การตรวจสอบห้องทดลอง

การตรวจสอบห้องทดลองนั้นต้องพิจารณาถึงการควบคุมอากาศภายใน โดยการติดตั้งเครื่องปรับอากาศภายในและทำการตั้งอุณหภูมิที่  $25^{\circ}\text{C}$  และการป้องกันอิทธิพลจากภายนอกอาคาร เช่น การรั่วซึมของอากาศ เพื่อควบคุมให้ห้องทดลองมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์คงที่เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องและแม่นยำที่สุด โดยปราศจากอิทธิพลของห้องทดลอง



รูปที่ 3.6 แสดงการประกอบเครื่องปรับอากาศเข้ากับกล่องทดลอง



รูปที่ 3.7 แสดงการตรวจสอบอุณหภูมิภายในที่ 25 องศาเซลเซียส หลังจากที่เปิดระบบปรับอากาศ

### 3.3 การเตรียมและการติดตั้งกระจกทดลอง

การเตรียมวัสดุทดลองประกอบไปด้วยกระจกที่มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ



รูปที่ 3.8 แสดงการติดตั้งกระจกทดลองขนาด 50 x 50 เซนติเมตร จำนวน 4 แผ่น ที่ด้านบนของกล่องทดลองโดยทำมูมระนาบกับท้องฟ้า

#### 3.3.1 กระจกใสนิรภัยชั้นเดียวเทมเปอร์ ความหนา 6 มม. รุ่น TUFF-LITE 6

ลักษณะทั่วไป กระจกนิรภัยชั้นเดียวหรือกระจกเทมเปอร์ ผลิตขึ้นโดยใช้กระจกที่ผ่านกระบวนการอบความร้อนในเตาไฟฟ้าด้วยอุณหภูมิสูงประมาณ 600-700 องศา

เซสเซียส จากนั้นทำการเป่าลมเย็นไปยังผิวกระจกทั้งสองด้าน ด้วยความดันที่เหมาะสม ทำให้ผิวกระจกเย็นลงอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้กระจกที่ผ่านการอบสามารถรับแรง (Uniform load) ได้มากขึ้น



รูปที่ 3.9 กระจกใสนิรภัยชั้นเดียว (Tempered Glass)

### คุณสมบัติของกระจก

#### 1. ด้านการประหยัดพลังงาน

**1.1** ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) 0.92 Btu/h-ft<sup>2</sup>·°F

**1.2** ค่าอัตราส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ (Visible Light)

- ค่าอัตราส่วนการส่องผ่าน (Visible Light Transmission) = 88%
- ค่าอัตราส่วนการสะท้อนออก (Visible Light Reflection out) = 8%
- ค่าอัตราส่วนการสะท้อนเข้า (Visible Light Reflection in) = 8%

**1.3** ค่าอัตราส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy)

- ค่าอัตราส่วนการส่องผ่าน (Solar Energy Transmission) = 80%
- ค่าอัตราส่วนการสะท้อน (Solar Energy Reflection out) = 7%
- ค่าอัตราส่วนการสะสมความร้อน (Solar Energy Absorption) = 12%

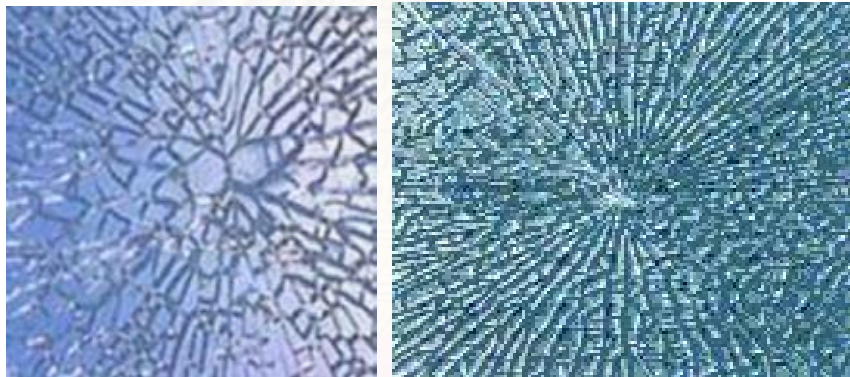
**1.4** ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (Shading Coefficient) = 0.96

**1.5** น้ำหนักวัสดุ = 15.00 kg/m<sup>2</sup>

**1.6** ราคาวัสดุ = 1,200 baht/m<sup>2</sup>

#### 2 ด้านกายภาพ

- 2.1 เมื่อแตกจะมีลักษณะของเศษกระจกเป็นเม็ดเล็กๆ คล้ายเม็ดข้าวโพด ช่วยลดอันตรายจากการถูกกระจกบาดลงได้
- 2.2 ขนาดที่สามารถผลิตได้ประมาณ 2,400 x 5,000 มิลลิเมตร
- 2.3 ความสวยงาม สามารถตกแต่งผิวได้
- 2.4 ค่าการต้านทานน้ำหนักทางสถิต (Static Load Resistance) คือแรงที่มากระทบกระจก กระจกนิรภัยเทมเปอร์สามารถทนต่อแรงกระทบ ได้มากกว่ากระจก ธรรมดาที่มีความหนาเดียวกันประมาณ 3-5 เท่า
- 2.5 จุดอ่อนของกระจกนิรภัยเทมเปอร์ คือ แรงที่กระทำเป็นจุด หากมีการกระแทกโดยวัตถุที่มีมุมแหลม ซึ่งทำให้เกิดการตัดลึกเข้าไปภายในผิวกระจก ทำให้ชั้นแรงอัดถูกทำลาย ความสมดุลภายในเนื้อกระจกก็จะถูกทำลายทำให้กระจกแตกได้
- 2.6 ผิวกระจกนิรภัยเทมเปอร์จะเป็นคลื่นมากกว่ากระจกธรรมดา



รูปที่ 3.10 แสดงลักษณะการแตกของกระจกนิรภัยชั้นเดียว หรือกระจกเทมเปอร์

### 3.3.2 กระจกนิรภัย 2 ชั้นลามิเนต ความหนา 8.38 มิลลิเมตร รุ่น 8.38 SE-061

ลักษณะทั่วไป เป็นการนำกระจก 2 แผ่น มาฉีกเข้าด้วยกัน ซึ่งประกอบไปด้วยกระจกใสหนา 4 มิลลิเมตร กับกระจกใสหนา 4 มิลลิเมตร Coat Low-E ชนิด Hard Coat ที่มีค่าการแผ่รังสีต่ำไว้บนกระจก และมีแผ่นฟิล์มโพลีไวนิลบิวทิเรต (PVB: Poly Vinyl Butyral) ที่เหนียวและแข็งแรงซ่อนอยู่ระหว่างกลาง ทำหน้าที่ยึดกระจกให้ติดกัน เมื่อกระจกชนิดนี้ถูกกระแทกจนแตก แผ่นฟิล์มจะช่วยยึดไม่ให้เศษกระจกหลุดกระจาย จะมีเพียงรอยแตกหรือรอยร้าวคล้ายใยแมงมุมเท่านั้น



รูปที่ 3.11 กระจกนิรภัยหลายชั้น หรือกระจกลามิเนต Low-E (8.38 SE-061)

### คุณสมบัติของกระจก

#### 1. ทางด้านการประหยัดพลังงาน

**1.1** ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) 0.49 Btu/h-ft<sup>2</sup>.-°F

**1.2** ค่าอัตราส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ (Visible Light)

- ค่าอัตราส่วนการส่องผ่าน (Visible Light Transmission) = 61%
- ค่าอัตราส่วนการสะท้อนออก (Visible Light Reflection out) = 7%
- ค่าอัตราส่วนการสะท้อนเข้า (Visible Light Reflection in) = 10%

**1.3** ค่าอัตราส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy)

- ค่าอัตราส่วนการส่องผ่าน (Solar Energy Transmission) = 41%
- ค่าอัตราส่วนการสะท้อน (Solar Energy Reflection out) = 7%
- ค่าอัตราส่วนการสะสมความร้อน (Solar Energy Absorption) = 52%

**1.4** ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (Shading Coefficient) = 0.59

**1.5** น้ำหนักวัสดุ = 20.00 kg/m<sup>2</sup>

**1.6** ราคาวัสดุ = 2,150 baht/m<sup>2</sup>

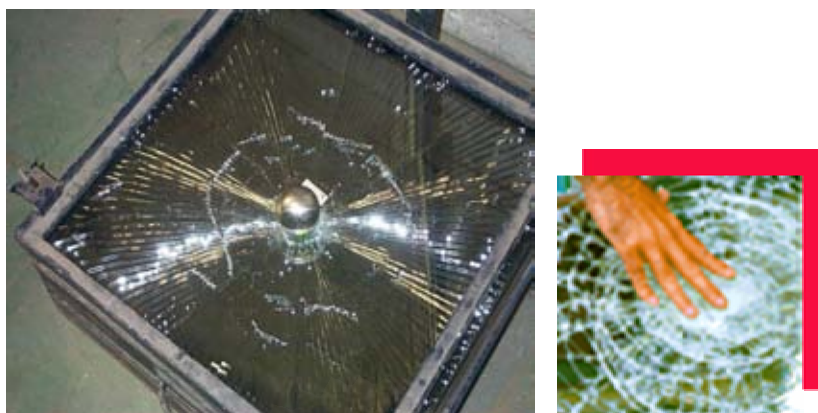
#### 2 ด้านกายภาพ

**2.1** เมื่อเกิดอุบัติเหตุ กระจกจะไม่แตกกระจาย แต่ยังคงติดอยู่ในกรอบ ทำให้ไม่มีเศษกระจกร่วงลงมาทำอันตรายต่อบุคคลและทรัพย์สินแต่ประการใด

**2.2** ขนาดที่สามารถผลิตได้ประมาณ 2,140 x 3,300 มิลลิเมตร

**2.3** ป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกได้ดี

**2.4** ช่วยสะท้อนรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) ได้มากกว่า 95%



รูปที่ 3.12 แสดงลักษณะการแตกของกระจกนิรภัยหลายชั้นหรือกระจกลามิเนต

### 3.3.3 กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น ความหนา 24.38 มิลลิเมตร รุ่น 24 Heat Stop SGLE50-RSCAZ

ลักษณะทั่วไป Heat Stop มีลักษณะเป็นกระจกสองชั้นประกบกันด้วยกระจกสะท้อนแสงที่เคลือบด้วยสารที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำ (Low-E) สารที่เคลือบนั้นสามารถป้องกันความร้อนอินฟราเรดให้ผ่านเข้ามาได้น้อย และมีช่องว่างตรงกลางระหว่างกระจกที่บรรจุก๊าซอาร์กอนไว้ ซึ่งทำให้ Heat Stop เป็นกระจกประหยัดพลังงานชนิดหนึ่งที่ให้แสงส่องผ่านมาก เป็นธรรมชาติการเคลือบห่อหุ้มทนทาน และมีสมรรถนะสูงในการกันความร้อน กระจก HEAT STOP สามารถดูดซับความร้อนและสะท้อนกลับไปยังแหล่งกำเนิดของมันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความร้อนที่กระจกสะท้อนออกป็นั้น ช่วยลดการทำงานของเครื่องปรับอากาศลง แต่สำหรับกรณีระหว่างวันช่วงหน้าหนาว ความร้อนที่ส่องผ่านเข้าไปในห้อง จะถูกเก็บกักไว้ภายใน ช่วยแบ่งเบาการทำงานของเครื่องทำความร้อน

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.13 กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น ความหนา 24.38 มิลลิเมตร รุ่น 24 Heat Stop SGLE50-RSCAZ

## คุณสมบัติของกระจก

### 1. ด้านการประหยัดพลังงาน

**1.1** ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) 0.31 Btu/h-ft<sup>2</sup>.-°F

**1.2** ค่าอัตราส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ (Visible Light)

- ค่าอัตราส่วนการส่องผ่าน (Visible Light Transmission) = 15%
- ค่าอัตราส่วนการสะท้อนออก (Visible Light Reflection out) = 26%
- ค่าอัตราส่วนการสะท้อนเข้า (Visible Light Reflection in) = 24%

**1.3** ค่าอัตราส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy)

- ค่าอัตราส่วนการส่องผ่าน (Solar Energy Transmission) = 7%
- ค่าอัตราส่วนการสะท้อน (Solar Energy Reflection out) = 15%
- ค่าอัตราส่วนการสะสมความร้อน (Solar Energy Absorption) = 78%

**1.4** ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (Shading Coefficient) = 0.22

**1.5** น้ำหนักวัสดุ = 30.00 kg/m<sup>2</sup>

**1.6** ราคาวัสดุ = 3,980 baht/m<sup>2</sup>

### 2 ด้านกายภาพ

**2.1** เมื่อเกิดอุบัติเหตุ กระจกจะไม่แตกกระจาย แต่ยังคงติดอยู่ในกรอบ ทำให้ไม่มีเศษกระจกร่วงลงมาทำอันตรายต่อบุคคลและทรัพย์สินแต่ประการใด

**2.2** ขนาดที่สามารถผลิตได้ประมาณ 2,440 x 3,330 มิลลิเมตร

**2.3** ช่วยลดเสียงรบกวนจากภายนอกอาคารได้ดีกว่ากระจกธรรมดา

2.4 ช่วยสะท้อนรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) ได้มากกว่า 95%

2.5 ป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้ามาในอาคาร ทำให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ

### 3.3.4 กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น ความหนา 41 มิลลิเมตร รุ่น SPEC-LITE 5/14ARS/3TEC/14ARS/5TEC

ลักษณะทั่วไป กระจกฉนวนกันความร้อน 2 ชั้น ประกอบด้วยกระจกใสหนา 5 มิลลิเมตร Coat Low-E ชนิด Hard Coat ที่มีค่าการแผ่รังสีต่ำไว้บนกระจก จำนวน 2 แผ่น และ กระจกใสหนา 3 มิลลิเมตร Coat Low-E ชนิด Hard Coat ที่มีค่าการแผ่รังสีต่ำไว้บนกระจก จำนวน 1 แผ่น ประกอบกันโดยแต่ละชั้นที่นำมาประกบจะมีอลูมิเนียมซึ่งบรรจุสารดูดซับความชื้นความหนา 14 มิลลิเมตรคั่นกลาง หลังจากนั้นจะปิดรอยที่ขอบกระจกโดยใช้ซิลิโคน โดยทำให้อากาศภายในช่องระหว่างกระจกจะกลายเป็นอากาศที่แห้งมีความชื้นเหลืออยู่น้อยมาก ซึ่งมีคุณสมบัติในการกันความร้อน



รูปที่ 3.14 กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น ความหนา 41 มิลลิเมตร รุ่น SPEC-LITE 5/14ARS/3TEC/14ARS/5TEC

#### คุณสมบัติของกระจก

##### 1. ด้านการประหยัดพลังงาน

1.1 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-value) 0.15 Btu/h-ft<sup>2</sup>.-°F

1.2 ค่าอัตราส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ (Visible Light)



- ค่าอัตราส่วนการส่องผ่าน (Visible Light Transmission) = 58%
- ค่าอัตราส่วนการสะท้อนออก (Visible Light Reflection out) = 25%
- ค่าอัตราส่วนการสะท้อนเข้า (Visible Light Reflection in) = 24%

### 1.3 ค่าอัตราส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy)

- ค่าอัตราส่วนการส่องผ่าน (Solar Energy Transmission) = 38%
- ค่าอัตราส่วนการสะท้อน (Solar Energy Reflection out) = 19%
- ค่าอัตราส่วนการสะสมความร้อน (Solar Energy Absorption) = 43%

### 1.4 ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (Shading Coefficient) = 0.60

### 1.5 น้ำหนักวัสดุ = 33.00 kg/m<sup>2</sup>

### 1.6 ราคาวัสดุ = 6,780 baht/m<sup>2</sup>

## 2 ด้านกายภาพ

2.1 เมื่อแตกจะมีลักษณะของเศษกระจกเป็นเม็ดเล็กๆ คล้ายเม็ดข้าวโพด ช่วยลดอันตรายจากการถูกกระจกบาดลงได้

2.2 ขนาดที่สามารถผลิตได้ประมาณ 2,000 x 3,000 มิลลิเมตร

2.3 ช่วยลดเสียงรบกวนจากภายนอกอาคารได้ดีกว่ากระจกแผ่นเดียวหรือกระจกลามิเนต

2.4 ช่วยสะท้อนรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) ได้มากกว่า 80%

2.5 ป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้ามาในอาคาร ทำให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ

## 3.4 การติดตั้งระบบวัดอุณหภูมิผิวกระจก

เมื่อทำการสร้างโครงสร้างกล่องทดลองเรียบร้อยแล้วจึงติดตั้งผนังทั้ง 4 ด้าน และพื้นกล่อง ทั้งนี้ผนังกล่องทดลองด้านทิศใต้ได้เจาะช่องเปิดไว้ 3 ช่อง โดยช่องด้านล่างเป็นช่องสำหรับปล่อยอากาศเย็นของเครื่องปรับอากาศเข้าสู่ด้านในกล่องขนาด 40 x 45 เซนติเมตร และ 2 ช่องด้านบนสำหรับใช้ในการสังเกตอุณหภูมิด้านในขนาด 30 x 30 เซนติเมตร ซึ่งผนังดังกล่าวผลิตมาจากวัสดุที่มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนสูง

หลังจากติดตั้งผนังเสร็จแล้วก็ทำการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาด 6,000 Btu/hr โดยจำลองการใช้งานจริงตลอด 24 ชั่วโมง พร้อมทั้งติดตั้งอุปกรณ์วัดค่าตัวแปรต่าง ๆ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.15 แสดงการเจาะช่องเปิด 3 ช่องที่ผนังด้านทิศใต้



รูปที่ 3.16 การติดตั้งผนังทั้ง 4 ด้าน และพื้นกล่องทดลองที่ทำมาจากวัสดุที่มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนเข้ากับ โครงสร้างกล่องทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.17 แสดงบรรยากาศบริเวณโดยรอบกล่องทดลอง



รูปที่ 3.18 แสดงสภาพท้องฟ้าในช่วงเวลาที่ทำการทดลอง

1. ติดตั้งประกอบเฟรมรับกระจกทั้ง 4 ชนิดที่นำมาทดลองที่ด้านบน ซึ่งทำมุมระนาบเดียวกับท้องฟ้า โดยที่กระจกแต่ละแผ่นมีขนาด 50 x 50 เซนติเมตร และมีความหนาของวัสดุที่ต่างกัน



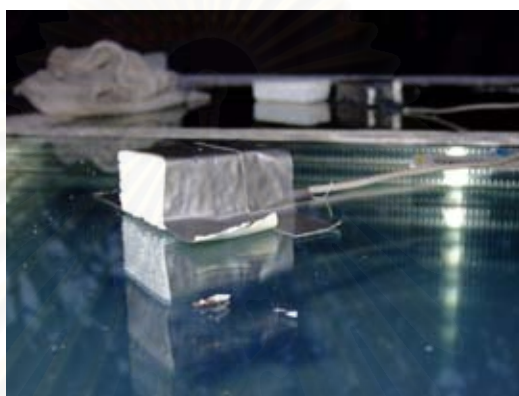
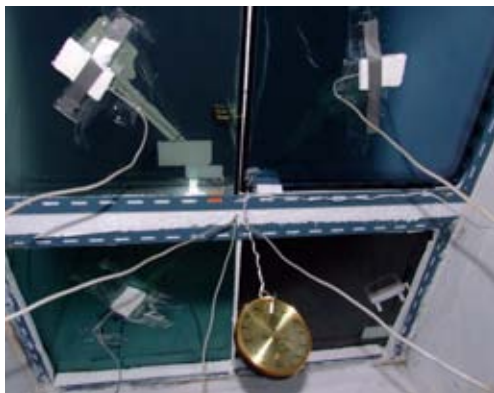
รูปที่ 3.19 แสดงการติดตั้งเฟรมรับกระจกด้านบนกล่องทดลอง

2. นำกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิด ประกอบลงบนกล่องทดลอง หลังจากนั้นตัดโฟมให้ได้ขนาดที่เหมาะสมและนำไปกั้นระหว่างกระจกแต่ละแผ่น เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้วใช้วัสดุยาแนวเป็นซิลิโคนชนิดไม่มีกรดสีขาวฉีดยุบๆ กระจกแต่ละแผ่น เพื่อป้องกันการรั่วซึมของอากาศ รวมถึงช่วยยึดติดกระจกเข้ากับกล่องทดลอง



รูปที่ 3.20 แสดงการติดตั้งหัววัดอุณหภูมิที่บริเวณผิวกระจกทดลอง

3. ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิบริเวณผิวกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิด ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของแผ่นกระจกทั้ง 2 ด้าน โดยที่บริเวณรอบหัววัดอุณหภูมิทุกชิ้นทำการครอบโฟมซึ่งเป็นวัสดุฉนวน ทั้งนี้เพื่อป้องกันอิทธิพลจากอากาศภายนอกทำปฏิกิริยากับหัววัดอุณหภูมิ



รูปที่ 3.21 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิด โดยทำการติดและครอบด้วยฉนวน

4. ติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ด้านนอกกล่องทดลอง เพื่อวัดอุณหภูมิ ณ.ช่วงเวลาต่างๆ ของวัน แล้วทำการเก็บสถิติตัวเลข

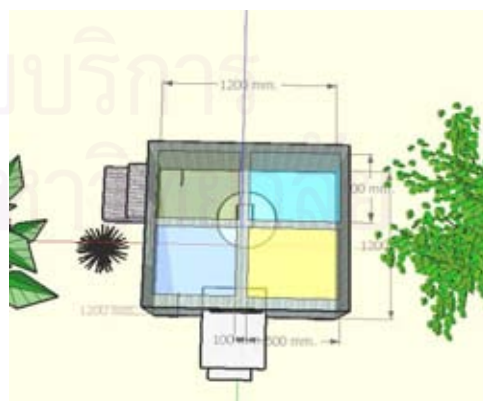


รูปที่ 3.22 แสดงตำแหน่งการวางอุปกรณ์วัดอุณหภูมิผิวกระจก



รูปที่ 3.23 แสดงเครื่องวัดอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์

5. การเตรียมกล่องทดลอง ในการทดลองต้องควบคุมสภาวะกล่องทดลองให้มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์คงที่ หรือให้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด โดยการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อทำความเย็นเข้าสู่ภายใน รวมถึงการตั้งค่าเครื่องปรับอากาศให้มีอุณหภูมิที่  $25^{\circ}\text{C}$  เพื่อควบคุมให้สภาวะภายในห้องทดลองมีความชื้นสัมพัทธ์คงที่เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่แม่นยำ โดยไม่มีอิทธิพลของกล่องทดลองต่อผลการวัดข้อมูล ซึ่งกล่องทดลองเป็นรูปทรง 4 เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด  $120 \times 120 \times 120$  เซนติเมตร โครงสร้างเป็นไม้ ผนังและพื้นติดตั้งด้วยวัสดุที่ประกอบจากโฟม EPS ความหนาแน่น 2 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต หนา 4 นิ้ว ผูกเหล็กตาข่ายแล้วฉาบปูนหลังจากนั้นทั้งภายนอกและภายในทาสีน้ำสีขาวโดยรอบ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นฉนวนแบบกึ่งเซลล์ปิด (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2547: 2-42) และมีการป้องกันความร้อนได้ดี ในการติดตั้งวัสดุผนังทดลองทั้ง 4 ผนังนั้นทำการติดตั้งในแนวตั้งหรือตั้งฉากกับพื้นกล่องทดลอง





รูปที่ 3.24 แสดงกล่องทดลอง



รูปที่ 3.25 แสดงโครงสร้าง พื้น และผนังของกล่องทดลอง

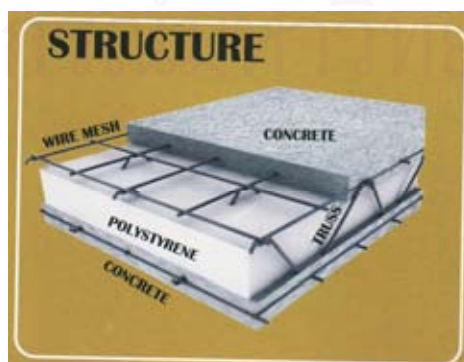
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.26 แสดงการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาด 6,000 Btu/hr.

6. วัสดุผนังทดลอง มีขนาด 1.20 X 1.20 เมตร ความหนา 15 เซนติเมตร ซึ่งทำการติดตั้งกับกล่องทดลองรูปทรง 4 เหลี่ยมจัตุรัส ลักษณะของกล่องทดลองเป็นกล่องฉนวน ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจากสภาพแวดล้อมภายนอกได้ดี ดังนั้นการเปรียบเทียบการใช้กระจกสำหรับช่องแสงด้านบนอาคารที่เกิดขึ้นจากการเก็บข้อมูลโดยใช้กล่องทดลองนี้ จึงได้ผลการทดลองที่สามารถอ้างอิงถึงความแตกต่างระหว่างคุณสมบัติของกระจกทดลองแต่ละชนิดได้ ทั้งนี้ลักษณะของวัสดุผนังทดลองมีลักษณะดังนี้

1. ภายนอกและภายในผนังทาสีขาวด้านเพื่อลดอิทธิพลของความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวัน
2. ขนาดของวัสดุผนังทดลองต้องมีขนาดใหญ่พอสมควรเพื่อให้ใกล้เคียงสภาพการใช้งานจริงมากที่สุด แต่ต้องคำนึงถึงการติดตั้งและขนส่งวัสดุผนังทดลองที่มีความสะดวกเพียงพอ



รูปที่ 3.27 แสดงรูปแบบผนังทดลอง

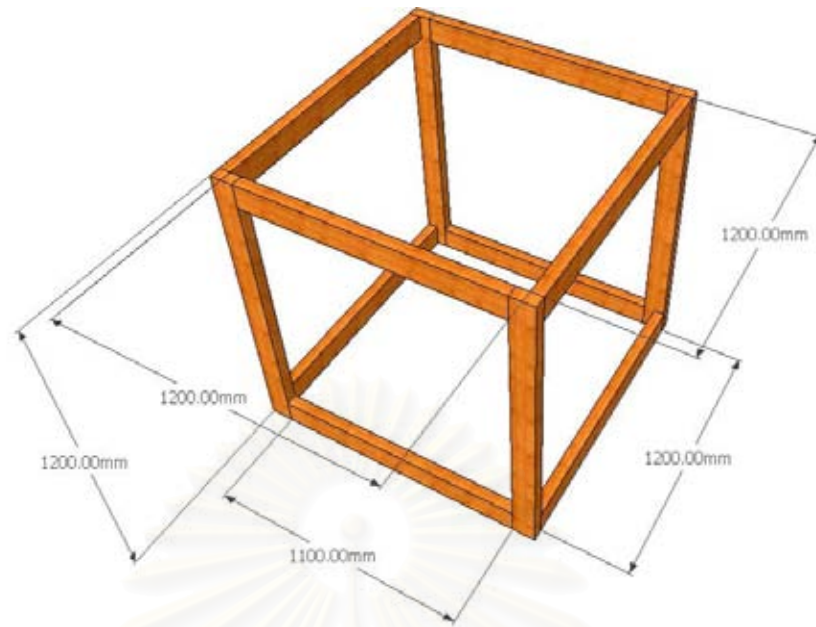




รูปที่ 3.28 แสดงการก่อสร้างผนังกล่องทดลอง

สำหรับการติดตั้งผนังกับกล่องทดลองนั้นจะทำการยกโครงสร้างของกล่องให้สูงจากพื้นดินโดยมีระยะความสูงที่ 60 เซนติเมตร เพื่อหลีกเลี่ยงอิทธิพลการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นจากพื้น รวมถึงสะดวกต่อการติดตั้งผนังทดลองและอุปกรณ์วัดอุณหภูมิต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



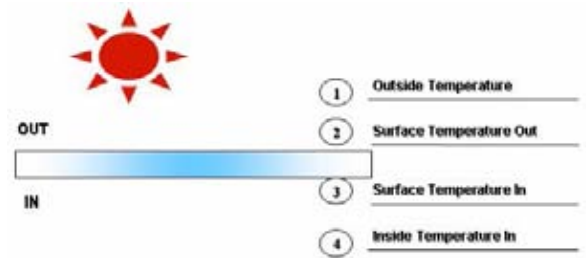
รูปที่ 3.29 แสดงรูปแบบโครงสร้างไม้ของกล่องทดลอง

### 3.5 การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลของการวิจัยนี้แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

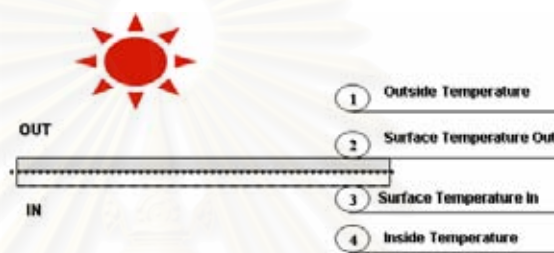
3.5.1 อุณหภูมิผิวกระจก (Surface temperature) เพื่อเก็บข้อมูล (1) อุณหภูมิผิวกระจกภายนอก (2) อุณหภูมิผิวกระจกภายใน ณ.ช่วงเวลาต่างๆ ตลอดทั้งวัน และเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิด โดยเรียงลำดับและลักษณะการเก็บข้อมูล ดังนี้

- กระจกใสนิรภัยชั้นเดียว ความหนา 6 มม. รุ่น TUFF-LITE 6



รูปที่ 3.30 แสดงลักษณะการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของกระจก TUFF-LITE 6

- กระจกนิรภัย 2 ชั้นลามิเนต Low-E ความหนา 8.38 มิลลิเมตร รุ่น 8.38 SE-061



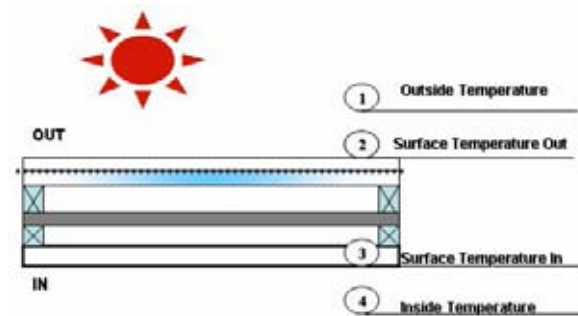
รูปที่ 3.31 แสดงลักษณะการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของกระจก 8.38 SE-061

- กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น ความหนา 24 มิลลิเมตร รุ่น 24 Heat Stop SGLE50-RSCAZ



รูปที่ 3.32 แสดงลักษณะการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของกระจก 24 Heat Stop SGLE50-RSCAZ

- กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น ความหนา 41 มิลลิเมตร รุ่น SPACE-LITE 5/14ARS/3TEC/14ARS/5TEC



รูปที่ 3.33 แสดงลักษณะการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของกระจก SPACE-LITE 5/14ARS/3TEC/14ARS/5TEC



รูปที่ 3.34 แสดงภาพด้านบนของกล่องทดลอง

### 3.5.2. อุณหภูมิอากาศภายนอกและภายในกล่องทดลอง และค่าความชื้นสัมพัทธ์

โดยเก็บข้อมูลทั้งอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry bulb temperature) และกระเปาะเปียก (Wet bulb temperature) และนำมาหาค่าความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งในการหาปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคารนั้น พิจารณาจากค่าความแตกต่างระหว่างผิวกระจกภายในและอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลองหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ( $^{\circ}\text{C}$ ) คูณกับค่าการนำความร้อนที่ผิว (Surface conductance) ของอากาศนิ่งตามมาตรฐาน ASHRAE กำหนดไว้ที่  $8.29 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  ดังสมการ

$$Q_s = h_o (t_s - t_i)$$

เมื่อ

$Q_s$  = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกระจก ( $\text{W/m}^2$ )

$h_o$  = ค่าการนำความร้อนที่ผิวของอากาศนิ่ง ( $8.29 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ )

$t_s$  = อุณหภูมิผิวภายในของกระจกทดลอง ( $^{\circ}\text{C}$ )

$t_i$  = อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง (?C)

### 3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการศึกษาความเหมาะสมในการศึกษาองค์ประกอบและเทคนิควิธีลดปัญหาการควบแน่นบริเวณผิวกระจกของแสงด้านบนสำหรับอาคารพักอาศัยปรับอากาศ แบ่งการศึกษาตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

3.6.1 การวิเคราะห์เพื่อศึกษาองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อสภาวะการควบแน่นที่ผิวกระจกบริเวณช่องแสงด้านบน

3.6.2 การวิเคราะห์เพื่อศึกษาคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของกระจกชนิดต่างๆ ที่มีบทบาทต่อการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจก.

3.6.3 การวิเคราะห์เพื่อค้นหาเทคนิควิธีสำหรับการลดปัญหาการควบแน่นที่ผิวกระจก

### 3.7 สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

เพื่อทราบถึงองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อสภาวะการเกิดการควบแน่น และคุณสมบัติทางกายภาพค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับนำเทคนิควิธีการมาประยุกต์ใช้ในการลดปัญหาการควบแน่นบนผิวกระจก.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์

จากข้อมูลที่ได้สามารถนำมาวิเคราะห์หาปัจจัยและความสัมพันธ์ขององค์ประกอบการควบแน่นที่ผิวกระจกด้านนอกที่เป็นอาคารพักอาศัยปรับอากาศในเขตภูมิประเทศร้อนชื้น โดยมีวัสดุกระจกทดลองที่แตกต่างกัน โดยแบ่งตามวัตถุประสงค์ของการวิจัยดังนี้

4.1.1 การวิเคราะห์เพื่อศึกษาองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อสภาวะการควบแน่นที่ผิวกระจกบริเวณช่องแสงด้านบนภายนอกอาคารเท่านั้น

4.1.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของกระจกชนิดต่างๆที่มีอาจบทบาทต่อการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจกภายนอกสำหรับอาคารพักอาศัยปรับอากาศ.

4.1.3 การวิเคราะห์เพื่อค้นหาเทคนิควิธีสำหรับการลดปัญหาการควบแน่นที่ผิวกระจก

4.1.1 การวิเคราะห์เพื่อศึกษาองค์ประกอบในการเกิดการควบแน่น และตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสภาวะการควบแน่นที่ผิวกระจกบริเวณช่องแสงด้านบน

อิทธิพลของสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการป้องกันความร้อนสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

**อิทธิพลจากสภาพแวดล้อมภายนอก**

- การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศภายนอก

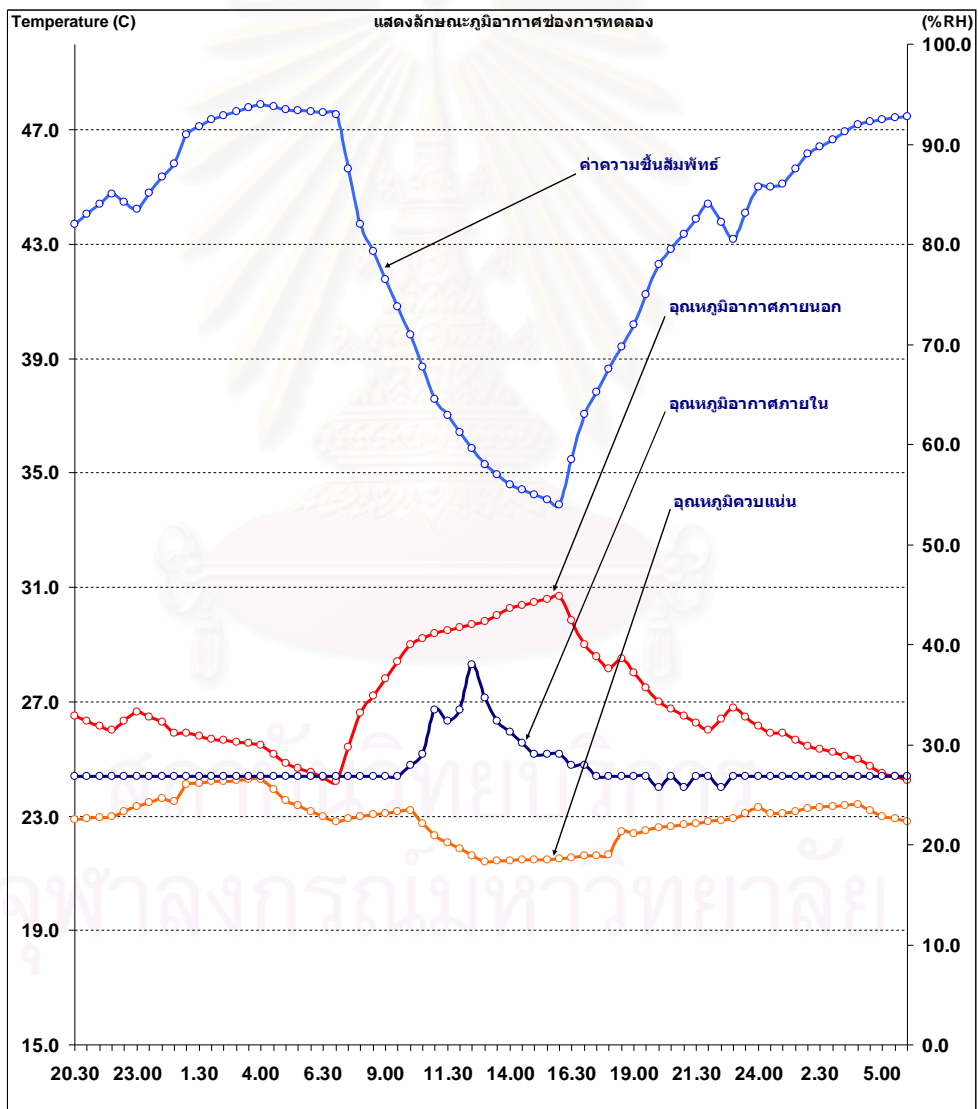
อุณหภูมิอากาศภายนอกส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิว โดยพิจารณาจากค่าการดูดซับความร้อนของผิว ( $\alpha$ ) ก่อให้เกิดการสะสมความร้อนในช่วงเวลากลางวันที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิผิวกระจกภายนอกและอุณหภูมิผิวภายในเฉลี่ยสูงสุด และในช่วงเวลากลางคืนก่อให้เกิดการสะสมความเย็นในช่วงเวลากลางวันที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิผิวกระจกทั้งภายนอกและภายใน

- ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์

ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศส่งผลต่อโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจุดน้ำค้างในอากาศที่จะเกิดขึ้นกับผิวกระจกทดลอง จากข้อมูลปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศตอนเวลากลางวันจะมีปริมาณที่ต่ำ ในทางกลับกันช่วงเวลาหลังจากดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจะค่อยๆ เพิ่มปริมาณที่สูงขึ้น

- อุณหภูมิจุดน้ำค้าง

เป็นอุณหภูมิที่บ่งบอกถึงการควบแน่นของอากาศ ณ.ช่วงเวลานั้น โดยจะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นหรือลงตามอุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ ณ.ช่วงเวลานั้นด้วย โดยถ้ากระจกทดลองชนิดใดที่มีอุณหภูมิมิวอยู่ต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ก็จะทำให้หยดน้ำค้างในอากาศเกิดการควบแน่นบนผิวของกระจก ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการทดลอง ทั้งนี้จากการเก็บข้อมูลอุณหภูมิจุดน้ำค้างในช่วงเวลากลางวันจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 21-22 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าช่วงกลางคืนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 23-24 องศาเซลเซียส



แผนภูมิที่ 4.1 แสดงลักษณะภูมิอากาศ เพอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศภายนอก และอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึง เวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552

จากแผนภูมิที่ 4.1 แสดงลักษณะภูมิอากาศ เบอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศภายนอก และอุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552 พบว่า

1. อุณหภูมิอากาศภายนอก

สูงสุดในช่วงเวลา 16.00 น. ที่อุณหภูมิ 30.7 องศาเซลเซียส  
ต่ำสุดในช่วงเวลา 07.00 น. ที่อุณหภูมิ 24.2 องศาเซลเซียส  
อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งวัน 27.6 องศาเซลเซียส

2. อุณหภูมิอากาศภายในกล่องทดลอง

สูงสุดในช่วงเวลา 12.30 น. ที่อุณหภูมิ 27.1 องศาเซลเซียส  
ต่ำสุดในช่วงเวลา 07.00 น. ที่อุณหภูมิ 24.4 องศาเซลเซียส  
อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งวัน 24.8 องศาเซลเซียส

3. เบอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์

สูงสุดในช่วงเวลา 03.30-05.00 น. ที่ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ 94%  
ต่ำสุดในช่วงเวลา 16.00 น. ที่ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ 54%  
ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดทั้งวัน 79%

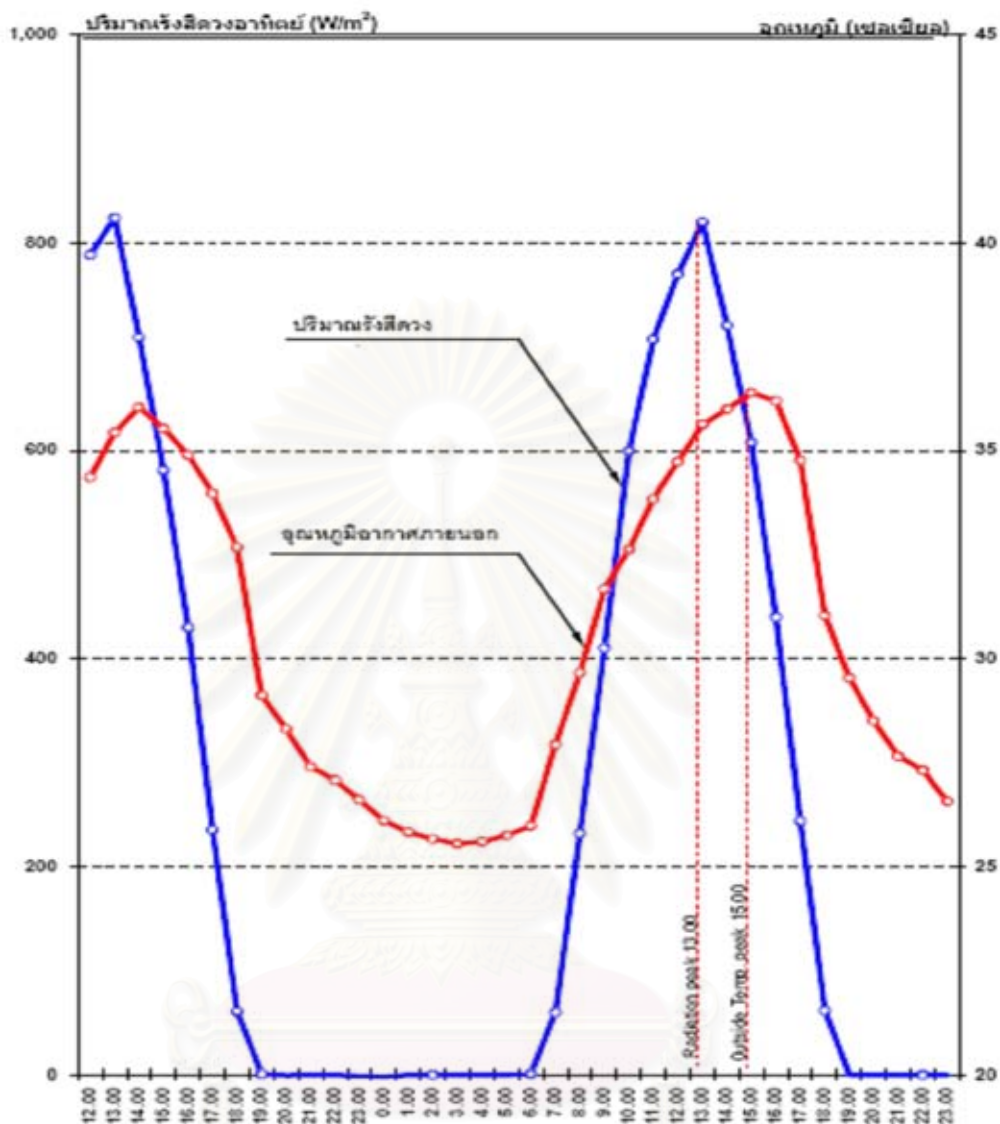
4. อุณหภูมิจุดควบแน่นของไอน้ำในอากาศ

สูงสุดในช่วงเวลา 04.00 น. ที่อุณหภูมิ 24.3 องศาเซลเซียส  
ต่ำสุดในช่วงเวลา 13.00 น. ที่อุณหภูมิ 21.4 องศาเซลเซียส  
อุณหภูมิจุดควบแน่นเฉลี่ยตลอดทั้งวัน 22.81 องศาเซลเซียส

- ท้องฟ้า ปริมาณเมฆ และอิทธิพลการแผ่รังสี

อิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์และการแผ่รังสีความเย็นจากท้องฟ้าในช่วงเวลา กลางคืนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุซึ่งเป็นผลของการถ่ายเท ความร้อน





แผนภูมิที่ 4.2 แสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ในลักษณะตั้งฉากกับพื้นดิน โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 12.00 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 23.00 น. ของวันที่ 28 มกราคม 2552

จากแผนภูมิที่ 4.2 แสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์อุณหภูมิอากาศภายนอก โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงวันที่ 28 มกราคม 2552 ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สูงสุดที่  $824.3 \text{ W/m}^2$  ในช่วงเวลา 13.05 น. ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ย  $258.2 \text{ W/m}^2$  (โดยในวันที่ทำการเก็บข้อมูลท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมเล็กน้อย)

### อิทธิพลจากคุณสมบัติของกระจกทดลอง

- ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) คือ อิทธิพลที่เกิดจากคุณสมบัติของกระจกที่ทำค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างภายนอกกับภายใน ซึ่งทำให้เกิดการสะสมความร้อนที่กระจก

เมื่อทำการเก็บบันทึกผลจากกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิด ทำให้ทราบพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของกระจก ณ.ช่วงเวลาต่างๆ ของวันที่ทำการทดลอง ต่อจากนั้นก็นำผลที่ได้มาทำรายการคำนวณโดยการข้อมูลอุณหภูมิอากาศภายนอก ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ ที่เก็บบันทึกไว้โดยพิจารณาจากสูตร Dew point Temperature ซึ่งเป็นการคำนวณอุณหภูมิที่ทำให้ไอน้ำในอากาศเกิดการควบแน่น โดยพิจารณาจากสมการ ดังนี้

$$T_d = T_{air} - \frac{(100 - \%RH)}{5}$$

5

เมื่อ

$T_d$  = ค่าอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการควบแน่น

$T_{air}$  = อุณหภูมิอากาศภายนอกกล่องทดลอง

$\%RH$  = ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์

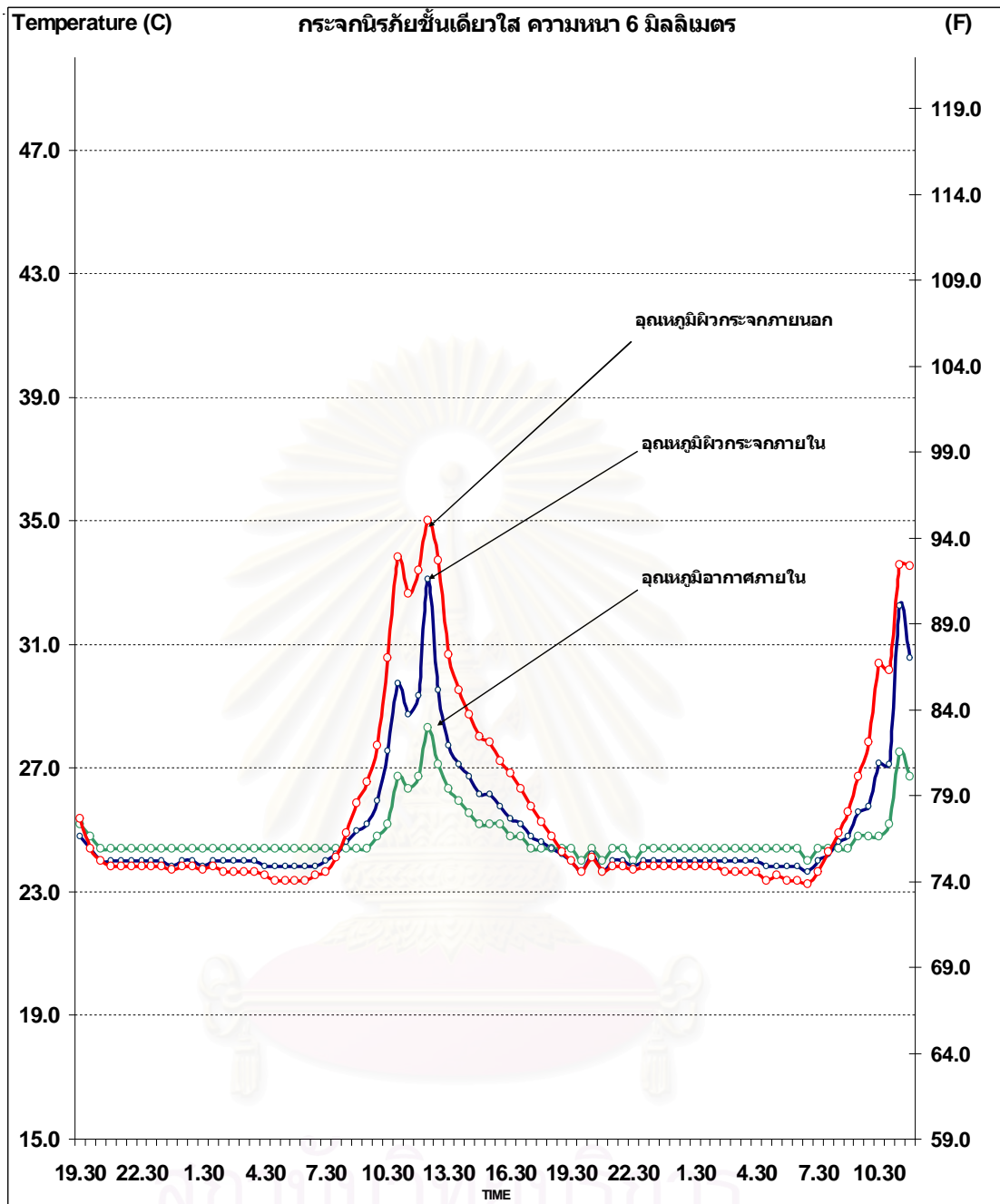
ตัวอย่างเช่น ถ้าอุณหภูมิอากาศอยู่ที่ 32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80%  
อุณหภูมิที่ทำให้เกิดการควบแน่นจะเท่ากับ

$$T_d = 32 - \frac{(100 - 80)}{5}$$

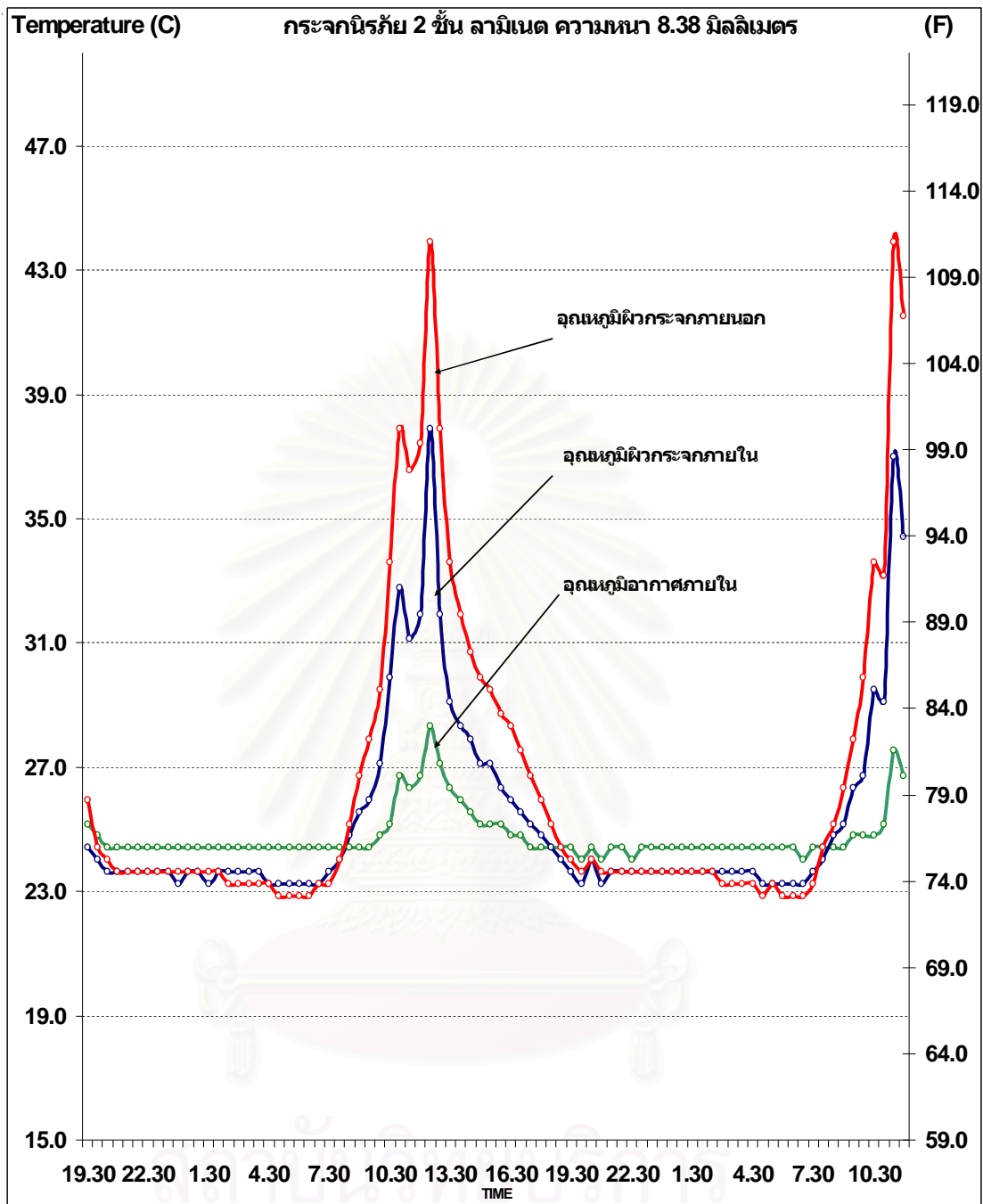
5

$$T_d = 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

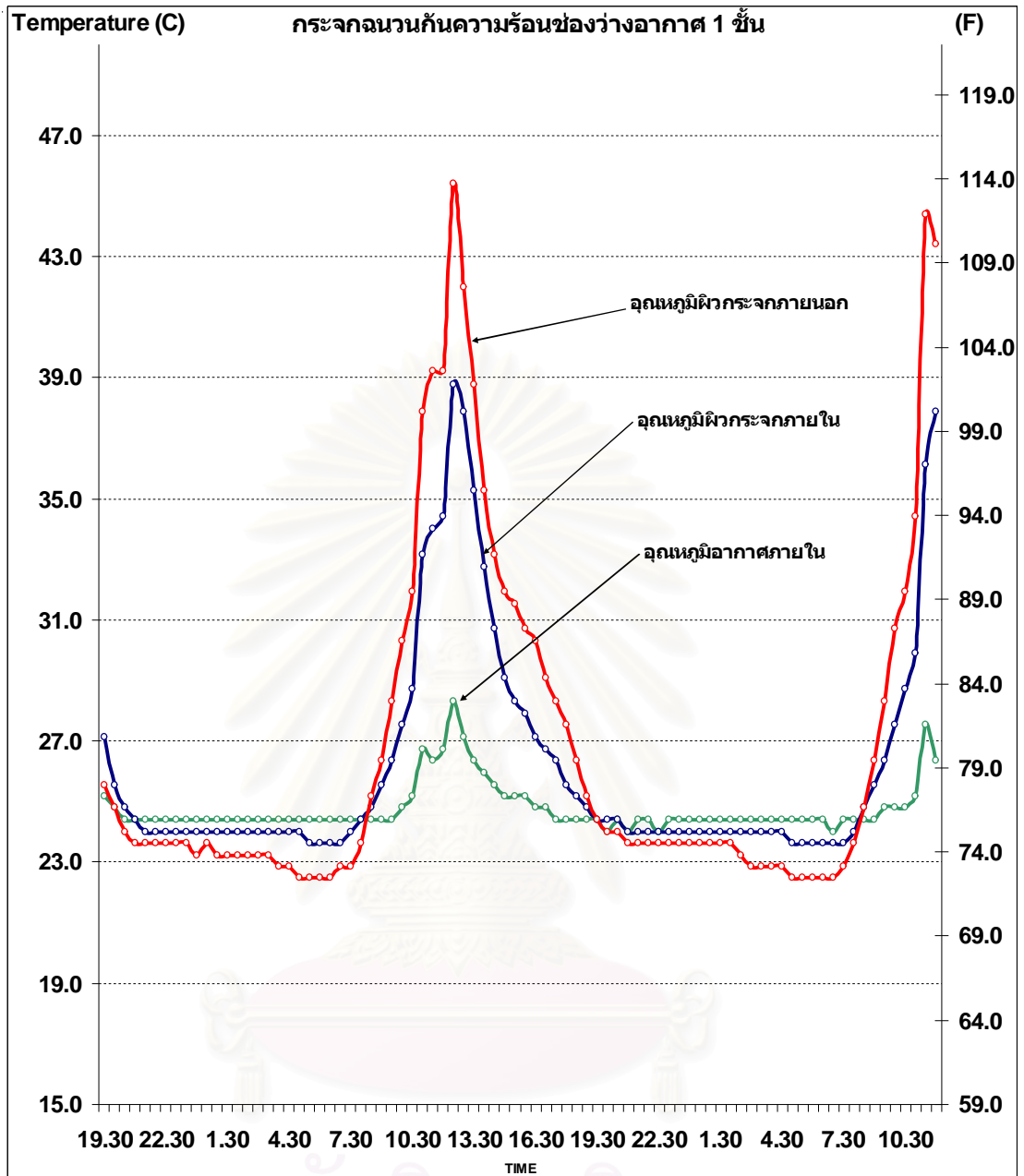
จากสมการพบว่าอิทธิพลทางสภาวะแวดล้อมที่ส่งผลต่อการเกิดการควบแน่นมีลักษณะสำคัญระหว่างอุณหภูมิอากาศ และค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์



แผนภูมิที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนิรภัยชั้นเดียวเทมเปอร์ ความหนา 6 มม.

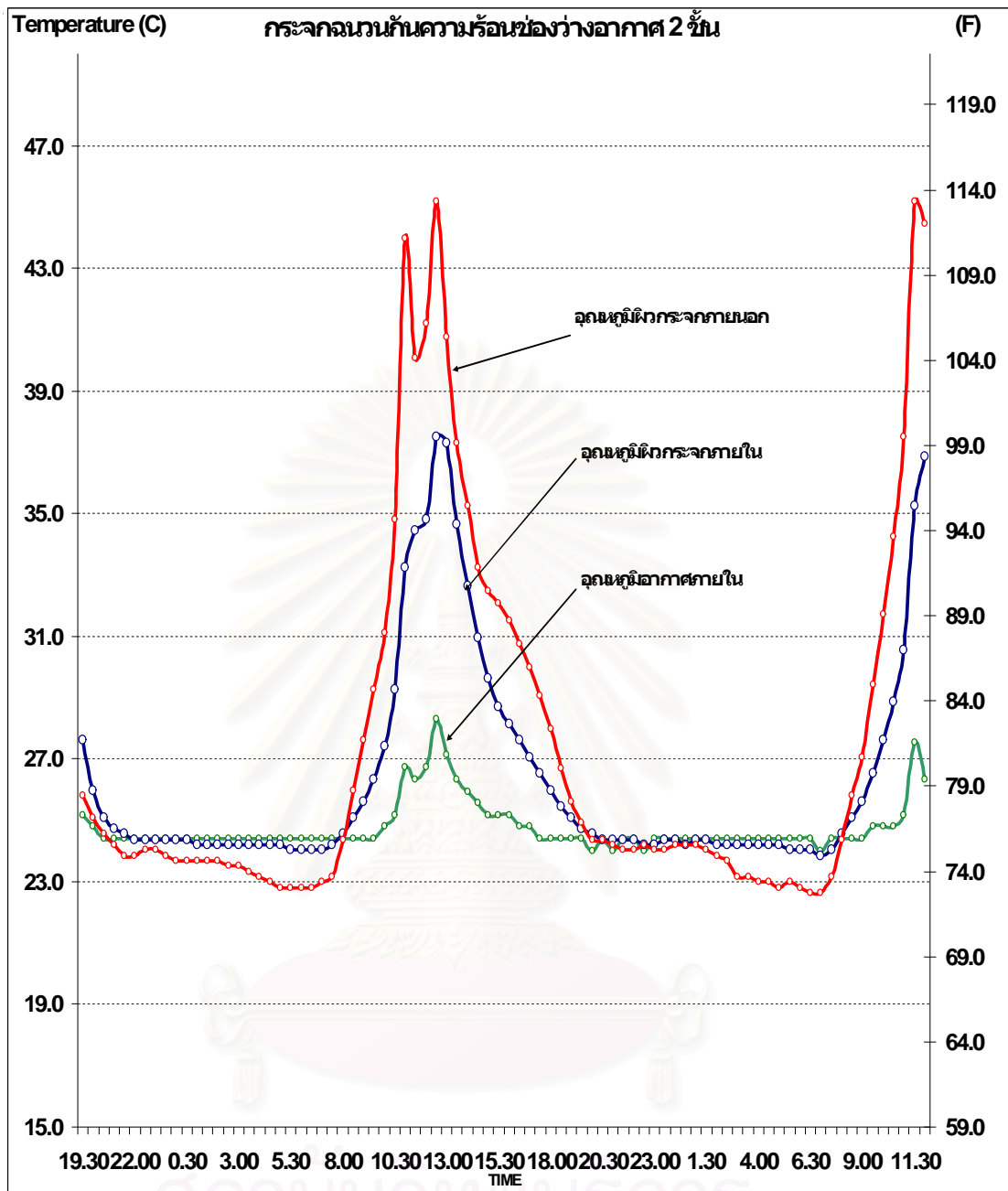


แผนภูมิที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนิรภัย 2 ชั้นลามิเนต ความหนา 8.38 มม.



แผนภูมิที่ 4.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกฉนวนกันความร้อน

ช่องว่างอากาศ 1 ชั้น ความหนา 24 มม.



แผนภูมิที่ 4.6 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น ความหนา 41 มม.

**4.1.2** เพื่อศึกษาคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ของกระจกชนิดต่างๆ ที่มีอาจบทบาทต่อการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจก.

พิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของกระจกแต่ละชนิดที่นำมาติดตั้งบนกล่องทดลองโดยทำมุมระนาบกับท้องฟ้า ของวันที่ 27-29 เมษายน 2552 จากแผนภูมิที่ 4.2-4.5 พบว่า

**อุณหภูมิผิวกระจกภายนอกสูงสุด** เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของกระจกทั้ง 4 ชนิด พบว่าอุณหภูมิผิวกระจกร้อนที่สุดในช่วงสาย-บ่าย เวลา 12.00-13.00 น. เนื่องจากอิทธิพลของการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ และเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกร้อนขึ้นและสูงสุดที่เวลา 14.30-15.30 น. กระจกแต่ละชนิดมีอุณหภูมิผิวที่แตกต่างกันตามลำดับดังนี้

#### กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น รุ่น 24 HEAT STOP SGLE50-RSCAZ

อุณหภูมิผิวกระจกสูงสุด เวลา 12.30 น. ผิวกระจกภายนอก 45.39 องศาเซลเซียส  
ผิวกระจกภายใน 38.77 องศาเซลเซียส  
อุณหภูมิอากาศสูงสุด เวลา 14.30 น. ผิวกระจกภายนอก 33.17 องศาเซลเซียส  
ผิวกระจกภายใน 30.71 องศาเซลเซียส

#### กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น รุ่น SPACE-LITE 5TEC/14ARS/3TEC/14ARS/5TEC

อุณหภูมิผิวกระจกสูงสุด เวลา 12.30 น. ผิวกระจกภายนอก 45.18 องศาเซลเซียส  
ผิวกระจกภายใน 37.50 องศาเซลเซียส  
อุณหภูมิอากาศสูงสุด เวลา 14.30 น. ผิวกระจกภายนอก 33.25 องศาเซลเซียส  
ผิวกระจกภายใน 30.94 องศาเซลเซียส

#### กระจกนิรภัย 2 ชั้นลามิเนต รุ่น 8.38 SE-061

อุณหภูมิผิวกระจกสูงสุด เวลา 12.30 น. ผิวกระจกภายนอก 43.91 องศาเซลเซียส  
ผิวกระจกภายใน 37.88 องศาเซลเซียส  
อุณหภูมิอากาศสูงสุด เวลา 14.30 น. ผิวกระจกภายนอก 30.71 องศาเซลเซียส  
ผิวกระจกภายใน 27.91 องศาเซลเซียส

#### กระจกนิรภัยชั้นเดียวเทมเปออร์ รุ่น TUFF-LITE 6

อุณหภูมิผิวกระจกสูงสุด เวลา 12.30 น. ผิวกระจกภายนอก 35.00 องศาเซลเซียส  
ผิวกระจกภายใน 33.10 องศาเซลเซียส  
อุณหภูมิอากาศสูงสุด เวลา 14.30 น. ผิวกระจกภายนอก 28.72 องศาเซลเซียส  
ผิวกระจกภายใน 26.74 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิผิวกระจกภายนอกต่ำสุด เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของกระจกทั้ง 4 ชนิด พบว่า อุณหภูมิผิวกระจกเย็นที่สุดในช่วงเวลา 05.30-06.30 น. เนื่องจากอิทธิพลของการแผ่รังสีความเย็น จากท้องฟ้า และเมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกเย็นขึ้นและสูงสุดที่เวลา 06.00-07.00 น. กระจกแต่ละชนิดมีอุณหภูมิผิวที่แตกต่างกันตามลำดับดังนี้

### กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น รุ่น 24 HEAT STOP SGLE50-RSCAZ

อุณหภูมิผิวกระจกต่ำสุด เวลา 06.30 น. ผิวกระจกภายนอก 22.48 องศาเซลเซียส  
ผิวกระจกภายใน 24.40 องศาเซลเซียส  
อุณหภูมิอากาศต่ำสุด เวลา 07.00 น. ผิวกระจกภายนอก 22.86 องศาเซลเซียส  
ผิวกระจกภายใน 24.40 องศาเซลเซียส

### กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น รุ่น SPACE-LITE 5TEC/14ARS/3TEC/14ARS/5TEC

อุณหภูมิผิวกระจกต่ำสุด เวลา 06.30 น. ผิวกระจกภายนอก 22.81 องศาเซลเซียส  
ผิวกระจกภายใน 24.03 องศาเซลเซียส  
อุณหภูมิอากาศต่ำสุด เวลา 07.00 น. ผิวกระจกภายนอก 22.98 องศาเซลเซียส  
ผิวกระจกภายใน 24.03 องศาเซลเซียส

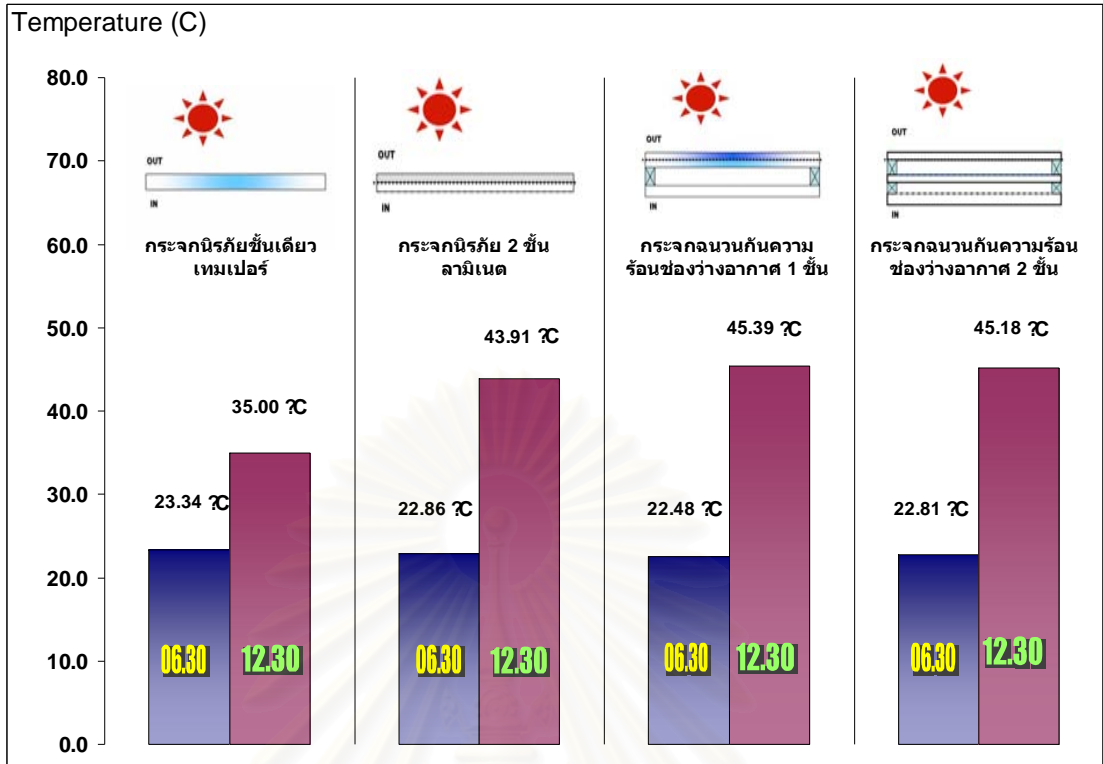
### กระจกนิรภัย 2 ชั้นลามิเนต รุ่น 8.38 SE-061

อุณหภูมิผิวกระจกต่ำสุด เวลา 06.30 น. ผิวกระจกภายนอก 22.86 องศาเซลเซียส  
ผิวกระจกภายใน 23.24 องศาเซลเซียส  
อุณหภูมิอากาศต่ำสุด เวลา 07.00 น. ผิวกระจกภายนอก 23.24 องศาเซลเซียส  
ผิวกระจกภายใน 23.24 องศาเซลเซียส

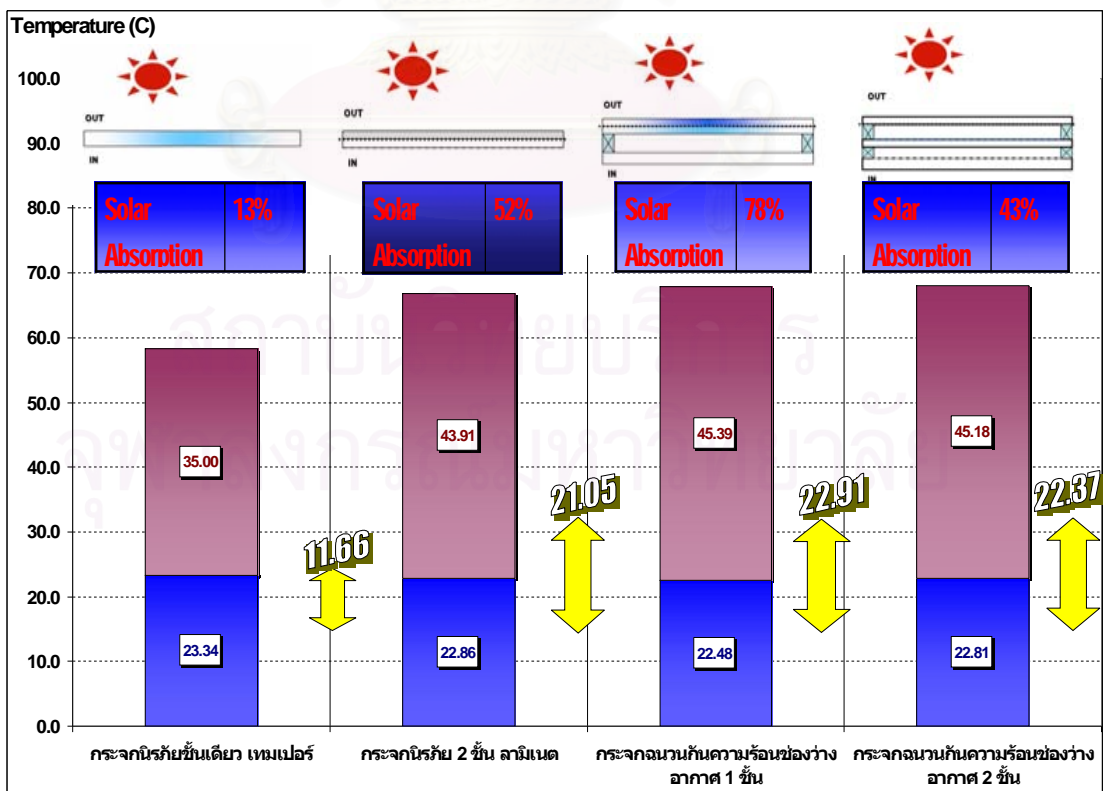
### กระจกนิรภัยชั้นเดียวเทมเปอร์ รุ่น TUFF-LITE 6

อุณหภูมิผิวกระจกต่ำสุด เวลา 06.30 น. ผิวกระจกภายนอก 23.34 องศาเซลเซียส  
ผิวกระจกภายใน 23.82 องศาเซลเซียส  
อุณหภูมิอากาศต่ำสุด เวลา 07.00 น. ผิวกระจกภายนอก 23.53 องศาเซลเซียส  
ผิวกระจกภายใน 23.82 องศาเซลเซียส





แผนภูมิที่ 4.7 แสดงอุณหภูมิผิวกระจกภายนอกต่ำสุด เมื่อเวลา 06.30 น. กับอุณหภูมิสูงสุดเมื่อเวลา 12.30 น. ของกระจกทั้ง 4 ชนิดที่นำมาทดลองในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552



แผนภูมิที่ 4.8 แสดงค่าความแตกต่างของอุณหภูมิผิวต่ำสุด เมื่อเวลา 06.30 น. กับอุณหภูมิสูงสุด

เมื่อเวลา 12.30 น. ของกระจกทั้ง 4 ชนิด โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น.  
ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552

พิจารณาจากแผนภูมิที่ 4.7-4.8 พบว่าพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของกระจกแต่ละชนิดที่นำมาติดตั้งบนกล่องทดลองโดยทำมุมระนาบกับท้องฟ้า โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552

อุณหภูมิผิวกระจกภายนอกที่ต่ำกว่าอุณหภูมิจุดควบแน่น เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวของกระจกทั้ง 4 ชนิด พบว่า กระจกแต่ละชนิดมีอุณหภูมิผิวที่แตกต่างกันตามลำดับดังนี้

#### กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น รุ่น 24 HEAT STOP SGL50-RSCAZ

|                    |               |   |
|--------------------|---------------|---|
| อุณหภูมิผิวต่ำสุด  | เวลา 06.30 น. | ผิวกระจกภายนอก 22.48 องศาเซลเซียส                                     |
| อุณหภูมิจุดควบแน่น | เวลา 07.00 น. | ผิวกระจกภายนอก 22.86 องศาเซลเซียส<br>ผิวกระจกภายใน 24.40 องศาเซลเซียส |

#### กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น รุ่น SPACE-LITE 5TEC/14ARS/3TEC/14ARS/5TEC

|                     |               |   |
|---------------------|---------------|---|
| อุณหภูมิผิวต่ำสุด   | เวลา 06.30 น. | ผิวกระจกภายนอก 22.81 องศาเซลเซียส<br>ผิวกระจกภายใน 24.03 องศาเซลเซียส |
| อุณหภูมิอากาศต่ำสุด | เวลา 07.00 น. | ผิวกระจกภายนอก 22.98 องศาเซลเซียส<br>ผิวกระจกภายใน 24.03 องศาเซลเซียส |

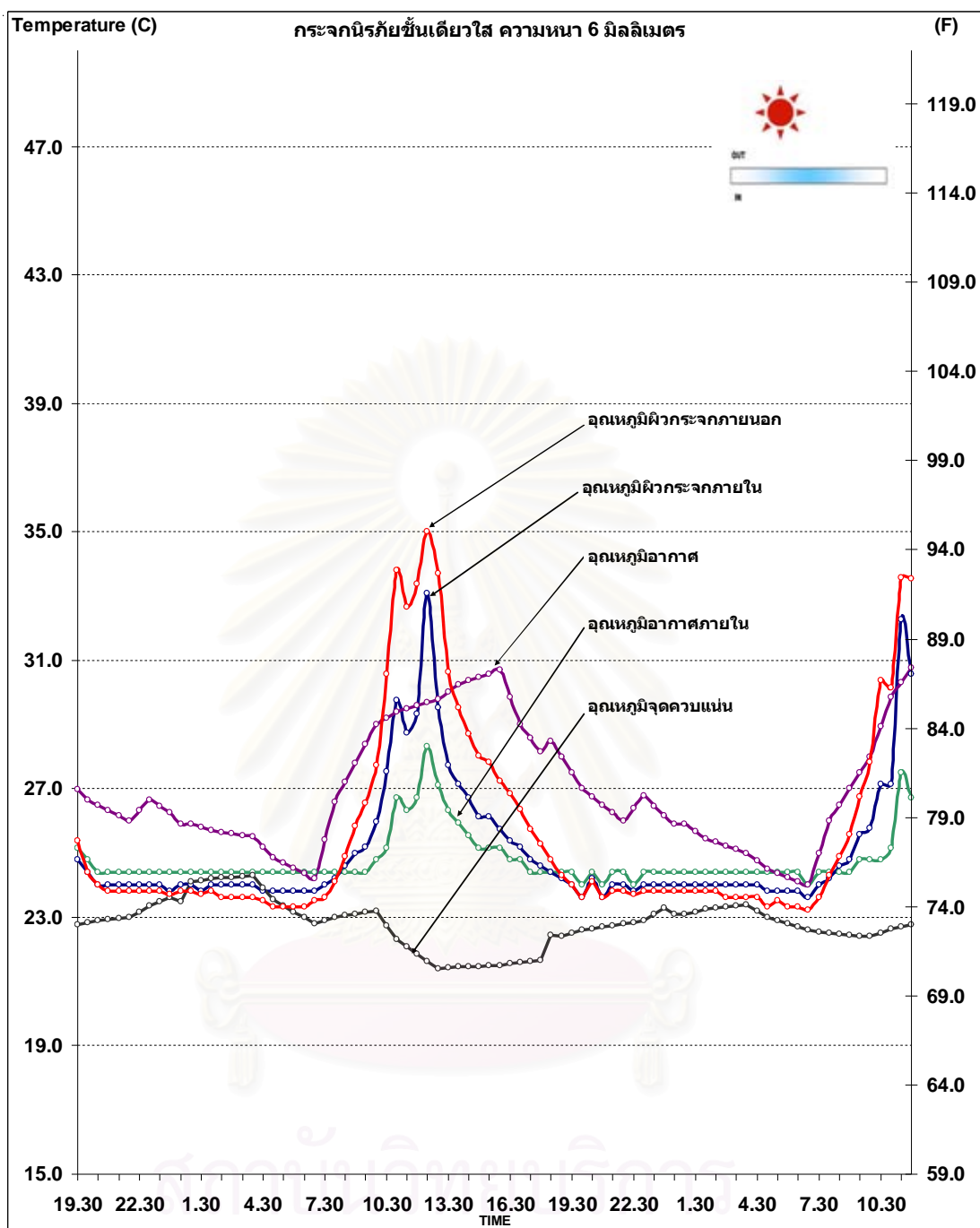
#### กระจกนิรภัย 2 ชั้นลามิเนต รุ่น 8.38 SE-061

|                     |               |   |
|---------------------|---------------|---|
| อุณหภูมิผิวต่ำสุด   | เวลา 06.30 น. | ผิวกระจกภายนอก 22.86 องศาเซลเซียส<br>ผิวกระจกภายใน 23.24 องศาเซลเซียส |
| อุณหภูมิอากาศต่ำสุด | เวลา 07.00 น. | ผิวกระจกภายนอก 23.24 องศาเซลเซียส<br>ผิวกระจกภายใน 23.24 องศาเซลเซียส |

#### กระจกนิรภัยชั้นเดียวเทมเปอเร่ รุ่น TUFF-LITE 6

|                     |               |   |
|---------------------|---------------|---|
| อุณหภูมิผิวต่ำสุด   | เวลา 06.30 น. | ผิวกระจกภายนอก 23.34 องศาเซลเซียส<br>ผิวกระจกภายใน 23.82 องศาเซลเซียส |
| อุณหภูมิอากาศต่ำสุด | เวลา 07.00 น. | ผิวกระจกภายนอก 23.53 องศาเซลเซียส<br>ผิวกระจกภายใน 23.82 องศาเซลเซียส |

**4.1.3 การวิเคราะห์เพื่อค้นหาเทคนิควิธีสำหรับการลดปัญหาการควบแน่นที่ผิวกระจกด้านนอกอาคาร**



แผนภูมิที่ 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของวัสดุกระจกนิรภัยชั้นเดียวเทมเปอร์ กับอุณหภูมิจุดควบคุมในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูล ตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552

จากแผนภูมิที่ 4.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกกับอุณหภูมิจุดควบแน่น เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุกระจกนิรภัยชั้นเดียวเทมเปอร์ ความหนา 6 มิลลิเมตร พบว่า

#### อุณหภูมิผิวกระจกภายนอก

เมื่อพิจารณาข้อมูลพบว่าอุณหภูมิผิวกระจกจะเริ่มลดลงตั้งแต่วันที่ 13.00 น. ไปจนมีอุณหภูมิต่ำที่สุดที่ 23.34 องศาเซลเซียส ในช่วงเช้าเวลา 06.30 น. เนื่องจากอิทธิพลของการแผ่รังสีความร้อนจากท้องฟ้าในเวลากลางคืน หลังจากนั้นผิวกระจกก็จะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสูงสุดที่ 35.00 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 12.30 น.

#### ค่าความชื้นสัมพัทธ์

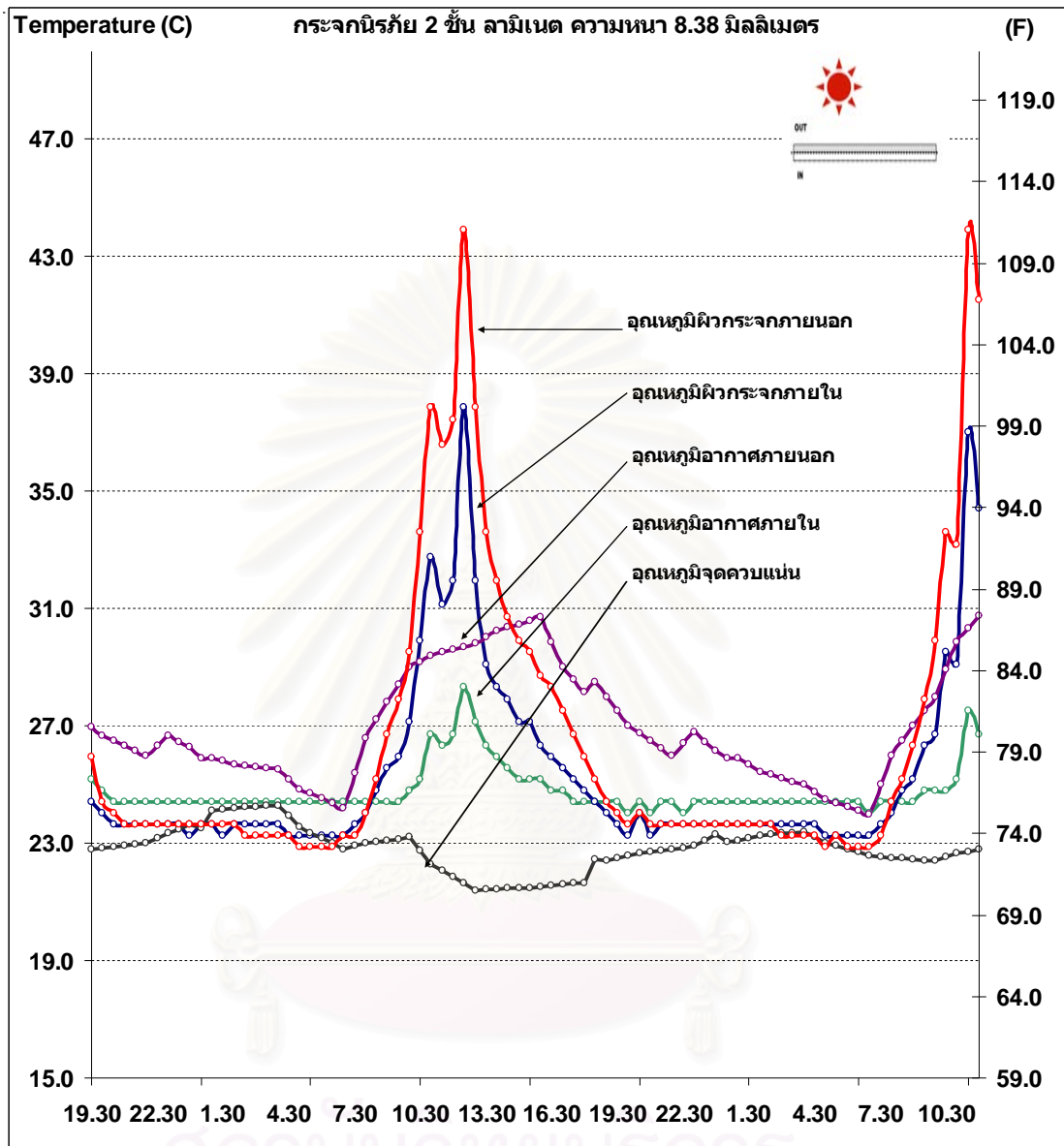
เปรียบเทียบข้อมูลจากการบันทึกพบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งวันโดยมีค่าต่ำสุดที่ 54 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเย็นเวลา 16.00 น. และจะมีค่าสูงขึ้นต่อเนื่องจนมีค่าสูงสุดที่ 94 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเวลาตั้งแต่ 03.30 – 05.00 น. หลังจากนั้นค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ก็จะค่อยลดลงอีกครั้ง เนื่องจากอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศภายนอกจากแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ และปริมาณไอน้ำในอากาศ

#### อุณหภูมิจุดควบแน่น

เปรียบเทียบข้อมูลพบว่าอุณหภูมิจุดควบแน่นจะมีค่าต่ำสุดที่ 21.40 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 13.00 น. เนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศภายนอกที่สูงและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ต่ำประกอบกัน ในทางกลับกันอุณหภูมิจุดควบแน่นจะมีค่าสูงสุดที่ 24.30 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 04.00 น. เนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศภายนอกที่ต่ำและมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่สูง

#### อุณหภูมิผิวกระจกภายใน

พิจารณาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวกระจกระหว่างภายนอกและภายในของกระจกนิรภัยชั้นเดียวเทมเปอร์ ความหนา 6 มิลลิเมตร พบว่าผิวกระจกภายนอกมีอุณหภูมิสูงกว่าผิวกระจกภายในตลอดช่วงเวลาที่ตั้งแต่ 07.30 – 19.00 น. โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 2 องศาเซลเซียส และตั้งแต่เวลา 19.30 – 07.30 น. ผิวกระจกภายนอกจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวกระจกด้านภายในโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 0.25 องศาเซลเซียส.



แผนภูมิที่ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนิรภัย 2 ชั้นลามิเนตกับอุณหภูมิจุดความแน่นในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552

จากแผนภูมิที่ 4.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกกับอุณหภูมิจุดควบแน่น เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของกระจกนิรภัย 2 ชั้นลามิเนตพบว่า

#### อุณหภูมิผิวกระจกภายนอก

เมื่อพิจารณาข้อมูลพบว่าอุณหภูมิผิวกระจกจะเริ่มลดลงตั้งแต่วันที่ 13.00 น. ไปจนถึงอุณหภูมิต่ำที่สุดที่ 22.86 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาตั้งแต่ 05.00 - 07.00 น. เนื่องจากอิทธิพลของการแผ่รังสีความร้อนจากท้องฟ้า หลังจากนั้นผิวกระจกก็จะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสูงสุดที่ 43.91 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 11.30 - 12.30 น.

#### ค่าความชื้นสัมพัทธ์

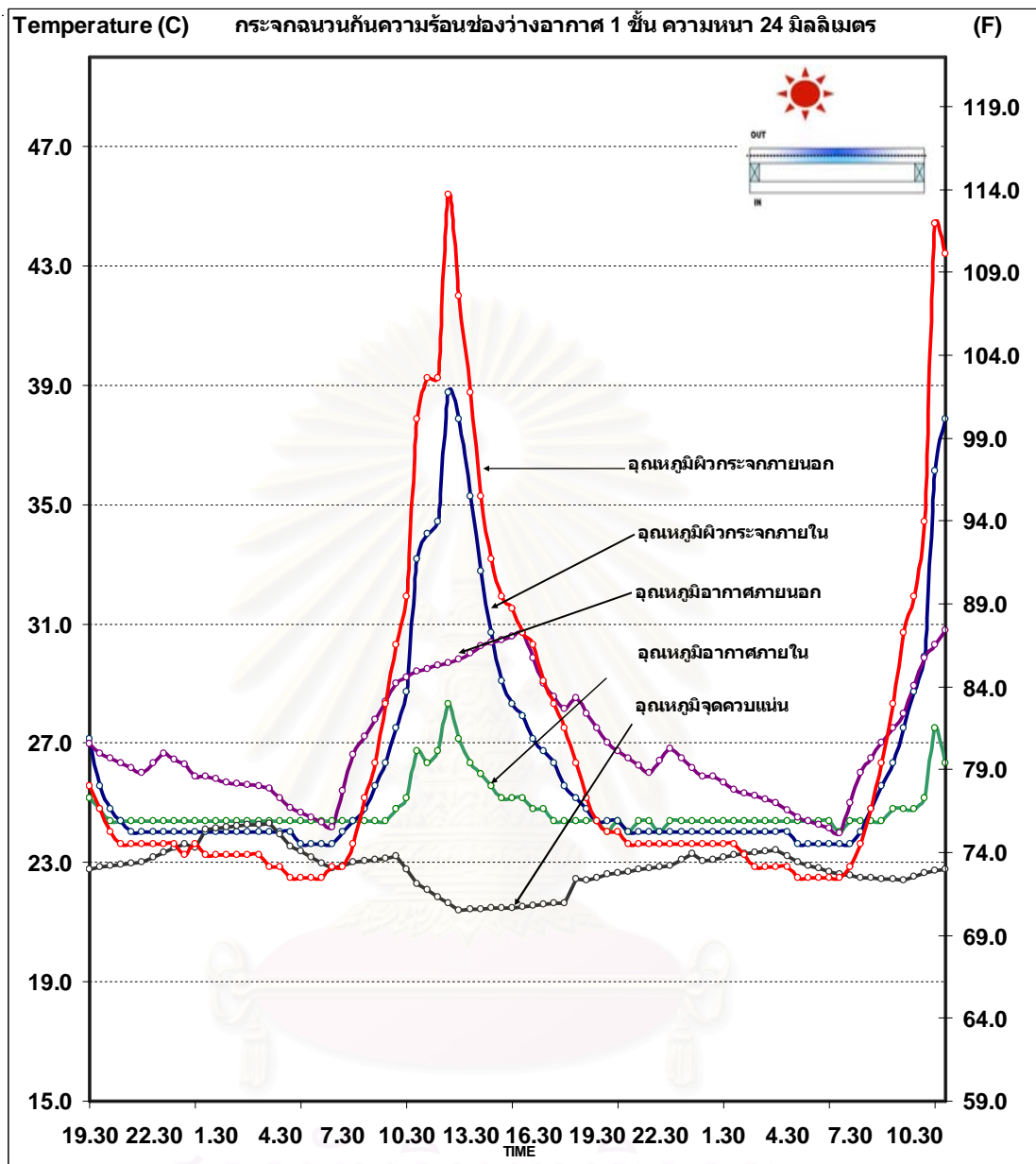
เปรียบเทียบข้อมูลจากการบันทึกพบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งวันโดยมีค่าต่ำสุดที่ 54 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเย็นเวลา 16.00 น. และจะมีค่าสูงขึ้นต่อเนื่องจนมีค่าสูงสุดที่ 94 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเวลาตั้งแต่ 03.30 - 05.00 น. หลังจากนั้นค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ก็จะค่อยลดลงอีกครั้ง เนื่องจากอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศภายนอกจากแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ และปริมาณไอน้ำในอากาศ

#### อุณหภูมิจุดควบแน่น

เปรียบเทียบข้อมูลพบว่าอุณหภูมิจุดควบแน่นจะมีค่าต่ำสุดที่ 21.40 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 13.00 น. เนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศภายนอกที่สูงและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ต่ำประกอบกัน ในทางกลับกันอุณหภูมิจุดควบแน่นจะมีค่าสูงสุดที่ 24.30 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 04.00 น. เนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศภายนอกที่ต่ำและมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่สูง

#### อุณหภูมิผิวกระจกภายใน

พิจารณาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวกระจกระหว่างภายนอกและภายในของกระจกนิรภัย 2 ชั้นลามิเนต ความหนา 8.38 มิลลิเมตร พบว่าผิวกระจกภายนอกมีอุณหภูมิสูงกว่าผิวกระจกภายในตลอดช่วงเวลาที่ตั้งแต่ 08.30 - 21.00 น. โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 2.52 องศาเซลเซียส และตั้งแต่เวลา 21.00 - 08.30 น. ผิวกระจกภายนอกจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวกระจกด้านภายใน โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 0.17 องศาเซลเซียส.



แผนภูมิที่ 4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น กับอุณหภูมิจุดควบแน่นในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552

จากแผนภูมิที่ 4.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกกับอุณหภูมิจุดควบแน่น เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น ความหนา 24 มิลลิเมตร พบว่า

### อุณหภูมิผิวกระจกภายนอก

เมื่อพิจารณาข้อมูลพบว่าอุณหภูมิผิวกระจกจะเริ่มลดลงตั้งแต่เวลา 13.00 น. ไปจนมีอุณหภูมิต่ำที่สุดที่ 22.48 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาตั้งแต่ 05.00 - 07.00 น. เนื่องจากอิทธิพลของการแผ่รังสีความร้อนจากท้องฟ้าในช่วงเวลากลางคืน หลังจากนั้นผิวกระจกก็จะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสูงสุดที่ 45.39 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 12.30 น.

### ค่าความชื้นสัมพัทธ์

เปรียบเทียบข้อมูลจากการบันทึกพบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งวันโดยมีค่าต่ำสุดที่ 54 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเย็นเวลา 16.00 น. และจะมีค่าสูงขึ้นต่อเนื่องจนมีค่าสูงสุดที่ 94 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเวลาตั้งแต่ 03.30 - 05.00 น. หลังจากนั้นค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ก็จะค่อยลดลงอีกครั้ง เนื่องจากอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศภายนอกจากแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ และปริมาณไอน้ำในอากาศ

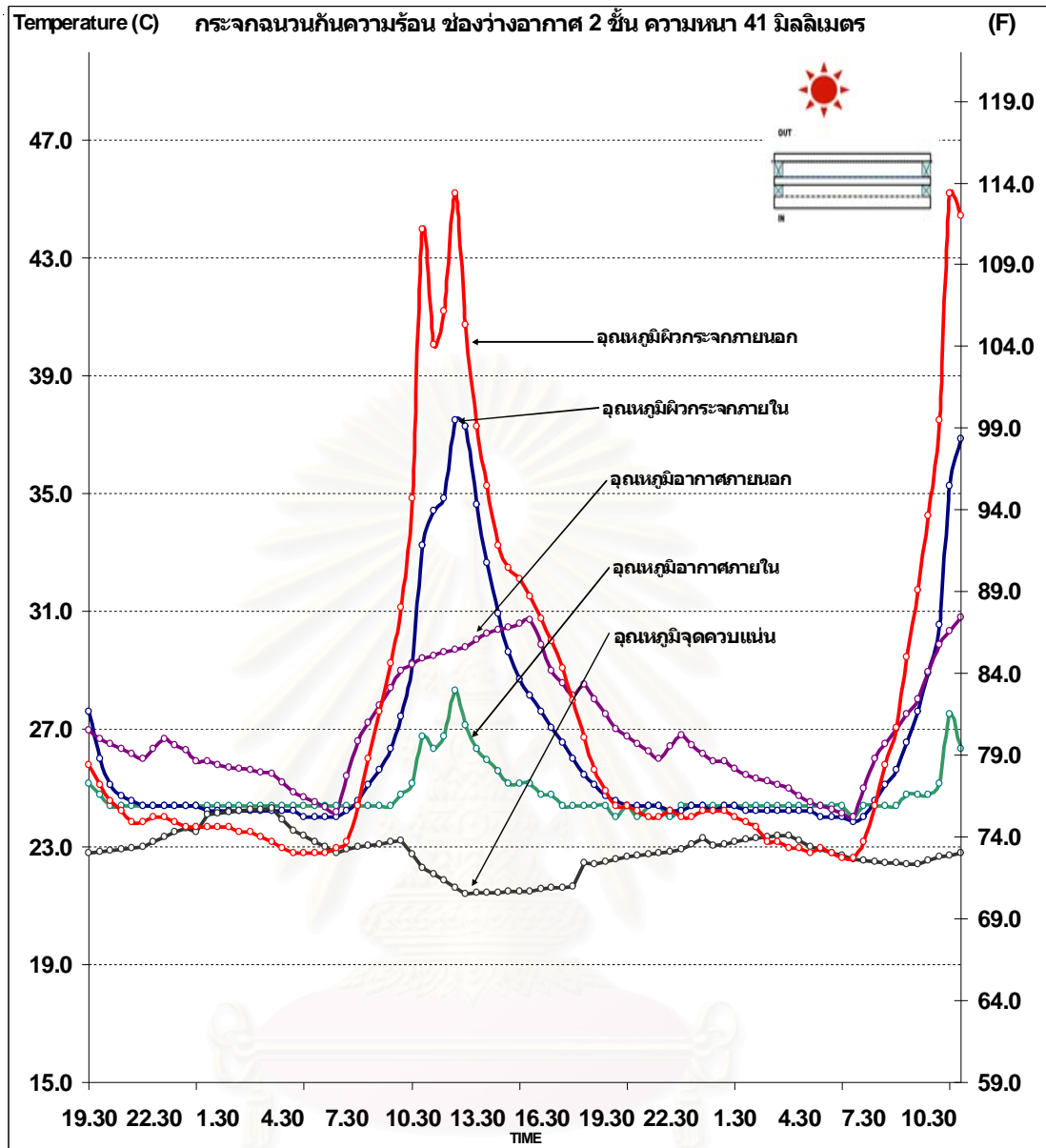
### อุณหภูมิจุดควบแน่น

เปรียบเทียบข้อมูลพบว่าอุณหภูมิจุดควบแน่นจะมีค่าต่ำสุดที่ 21.40 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 13.00 น. เนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศภายนอกที่สูงและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ต่ำประกอบกัน ในทางกลับกันอุณหภูมิจุดควบแน่นจะมีค่าสูงสุดที่ 24.30 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 04.00 น. เนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศภายนอกที่ต่ำและมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่สูง

### อุณหภูมิผิวกระจกภายใน

พิจารณาพฤติกรรมกรรมการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวกระจกระหว่างภายนอกและภายในของกระจกนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น พบว่าผิวกระจกภายนอกมีอุณหภูมิสูงกว่าผิวกระจกภายในตลอดช่วงเวลาที่ตั้งแต่ 08.30 - 19.30 น. โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 2.86 องศาเซลเซียส และตั้งแต่เวลา 19.30 - 08.30 น. ผิวกระจกภายนอกจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวกระจกด้านภายในโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 0.69 องศาเซลเซียส.





แผนภูมิที่ 4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น ความหนา 41 มิลลิเมตร กับอุณหภูมิจุดควบแน่นในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552

จากแผนภูมิที่ 4.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกกับอุณหภูมิจุดควบแน่น เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนของวัสดุกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น ความหนา 41 มิลลิเมตร พบว่า

**อุณหภูมิผิวกระจกภายนอก**

เมื่อพิจารณาข้อมูลพบว่าอุณหภูมิผิวกระจกจะเริ่มลดลงตั้งแต่วันที่ 13.00 น. ไปจนถึงอุณหภูมิต่ำที่สุดที่ 22.81 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาตั้งแต่ 05.00 - 06.30 น. เนื่องจากอิทธิพลของการแผ่รังสีความร้อนจากท้องฟ้าในช่วงเวลา หลังจากนั้นผิวกระจกก็จะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสูงสุดที่ 45.81 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลา 12.30 น.

### ค่าความชื้นสัมพัทธ์

เปรียบเทียบข้อมูลจากการบันทึกพบว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งวันโดยมีค่าต่ำสุดที่ 54 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเย็นเวลา 16.00 น. และจะมีค่าสูงขึ้นต่อเนื่องจนมีค่าสูงสุดที่ 94 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงเวลาตั้งแต่ 03.30 - 05.00 น. หลังจากนั้นค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ก็จะค่อยลดลงอีกครั้ง เนื่องจากอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศภายนอกจากแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ และปริมาณไอน้ำในอากาศ

### อุณหภูมิจุดควบแน่น

เปรียบเทียบข้อมูลพบว่าอุณหภูมิจุดควบแน่นจะมีค่าต่ำสุดที่ 21.40 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 13.00 น. เนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศภายนอกที่สูงและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่ต่ำประกอบกัน ในทางกลับกันอุณหภูมิจุดควบแน่นจะมีค่าสูงสุดที่ 24.30 องศาเซลเซียส เมื่อเวลา 04.00 น. เนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศภายนอกที่ต่ำและมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่สูง

### อุณหภูมิผิวกระจกภายใน

พิจารณาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวกระจกระหว่างภายนอกและภายในของกระจกชนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น ความหนา 41 มิลลิเมตร พบว่าผิวกระจกภายนอกมีอุณหภูมิสูงกว่าผิวกระจกภายในตลอดช่วงเวลาที่ตั้งแต่ 08.30 - 19.30 น. โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 3.42 องศาเซลเซียส และตั้งแต่เวลา 19.30 - 08.30 น. ผิวกระจกภายนอกจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวกระจกด้านภายในโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 0.60 องศาเซลเซียส.

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

**5.1** ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบและตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อ **สภาวะการควบแน่นที่ผิวกระจก** จากผลการทดลองพบว่าองค์ประกอบและตัวแปรที่มีอิทธิพลมากที่สุดคือ อุณหภูมิอากาศภายนอก รองลงมาคือ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และ อุณหภูมิผิวกระจก รวมถึงอิทธิพลการแผ่รังสีความร้อนจากท้องฟ้า

#### 5.1.1 อุณหภูมิอากาศภายนอก

อุณหภูมิอากาศภายนอกเป็นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลสูงสุดต่อ องค์ประกอบเกิดการควบแน่นของกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิดต่างๆ เมื่ออุณหภูมิ ภายนอกต่ำลงจึงก่อให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิผิวภายนอกและภายใน (Temperature Swing) ส่งผลให้อุณหภูมิผิวภายในต่ำลงด้วย โดยกระจกที่มีค่าความเป็น ธรรมชาติสูงกว่าจะมีอุณหภูมิผิวภายนอกสูงกว่ากระจกที่มีค่าความเป็นธรรมชาติต่ำ เนื่องจากความร้อนหรือความเย็นสามารถถ่ายเทผ่านวัสดุผนังได้น้อยจึงสะสมอยู่บริเวณ ผิวภายนอก เปรียบเทียบจากข้อมูลการทดลอง.

#### 5.1.2 ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์

จากการทดลองพบว่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเป็นอีกส่วนหนึ่งที่มี อิทธิพลอย่างยิ่งในการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจก ด้วยองค์ประกอบของพื้นที่ตั้งของ ประเทศไทย ซึ่งตั้งอยู่ในตำแหน่งเขตภูมิอากาศแถบร้อนชื้น ทำให้ปริมาณความชื้น สัมพัทธ์ในอากาศสำหรับช่วงเวลากลางคืนตลอดจนถึงช่วงก่อนดวงอาทิตย์ขึ้นมีค่าเฉลี่ยที่ สูงมากดังนี้

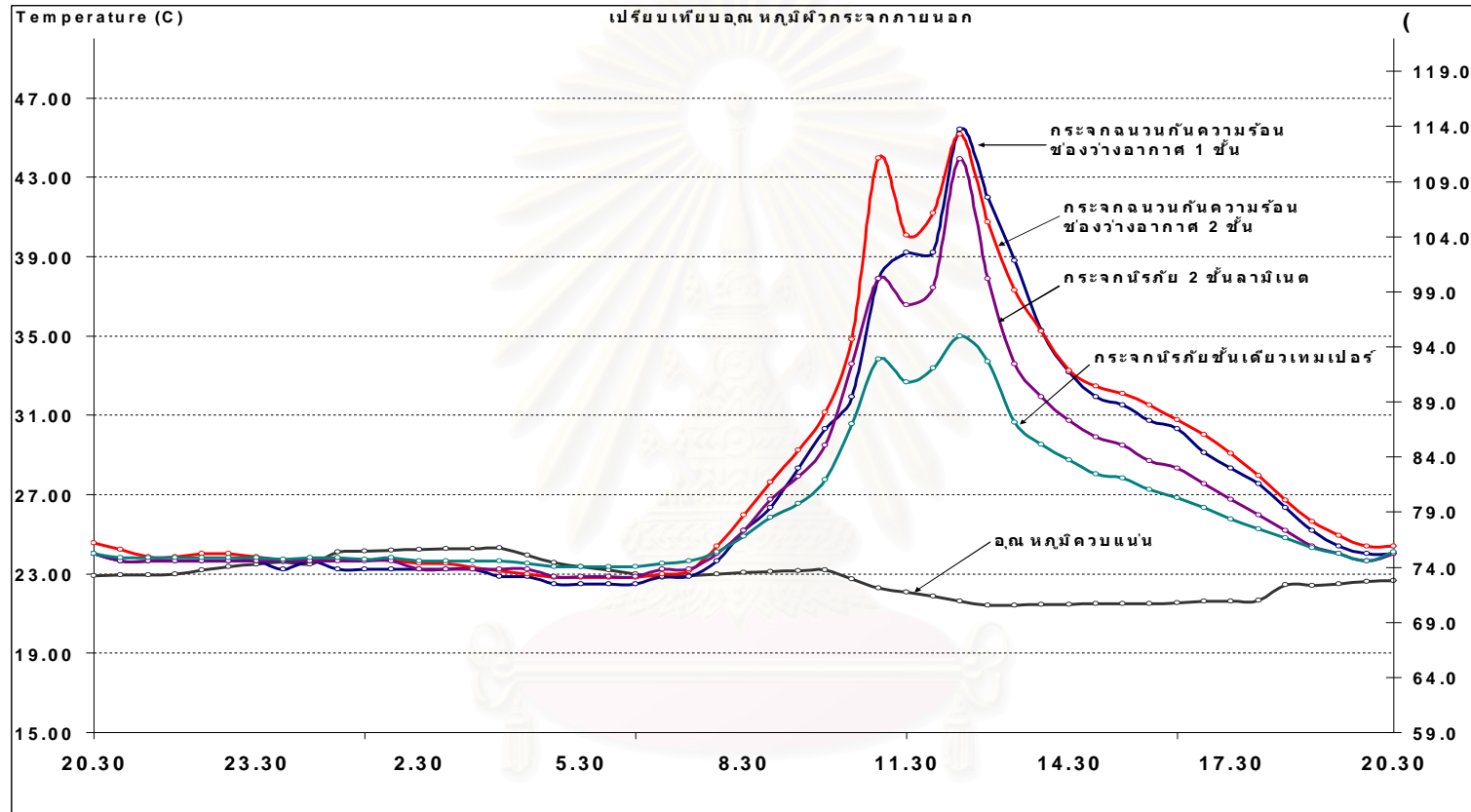
- ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเฉลี่ย

กลางวัน

ช่วงเวลา 08.00 - 18.00 น. มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ 69.98%

กลางคืน

ช่วงเวลา 18.01 - 07.59 น. มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยที่ 85.79%



แผนภูมิที่ 5.1 แสดงการเปรียบเทียบ อุณหภูมิผิวกระจกภายนอกและอุณหภูมิจุดควบแน่นในช่วงเวลาของการเกิดการควบแน่นที่ผิวของกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิด ในสภาวะการจำลองการใช้ งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552

### 5.1.3 อุณหภูมิผิวกระจก

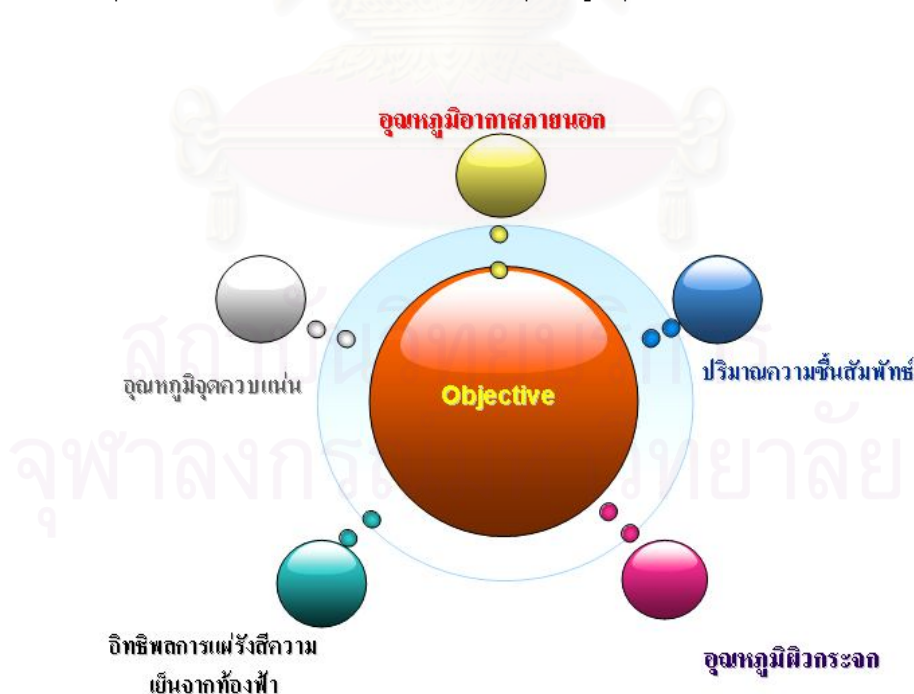
จากการทดลองนี้ผลที่ได้รับทำให้ทราบว่าอุณหภูมิผิวของกระจกเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลสุดต่อองค์ประกอบการเกิดการควบแน่นของกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิดต่างๆ เมื่ออุณหภูมิอากาศภายนอกสูงขึ้นหรือลดต่ำลงจะทำให้อุณหภูมิผิวกระจกเปลี่ยนแปลงไปให้ทิศทางเดียวกันแต่จะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก (U-VALUE).

### 5.1.4 อิทธิพลการแผ่รังสีความร้อนจากท้องฟ้า

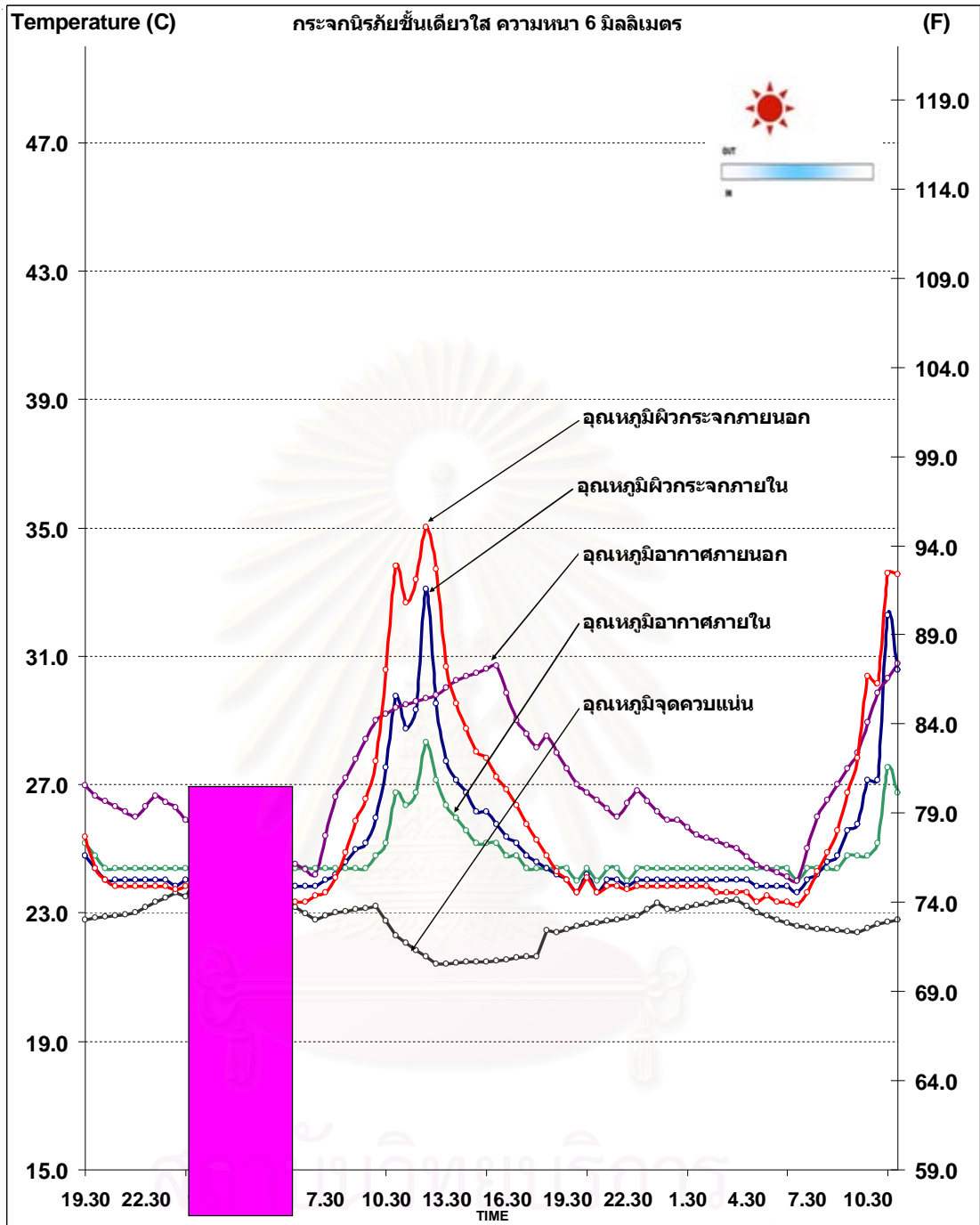
ในช่วงเวลากลางคืนกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิด ที่ได้ทำการติดตั้งในมุมระนาบเดียวกับท้องฟ้า เพื่อให้ได้รับอิทธิพลการแผ่รังสีความร้อนจากท้องฟ้า โดยส่งผลต่ออุณหภูมิผิวกระจก ทำให้ผิวกระจกมีอุณหภูมิลดลง ดังนั้นในการออกแบบกระจกช่องแสงด้านบนอาคาร โดยให้กระจกไม่ทำมุมโดยตรงก็จะลดอิทธิพลการแผ่รังสีความร้อนจากท้องฟ้า.

### 5.1.5 อุณหภูมิจุดควบแน่น

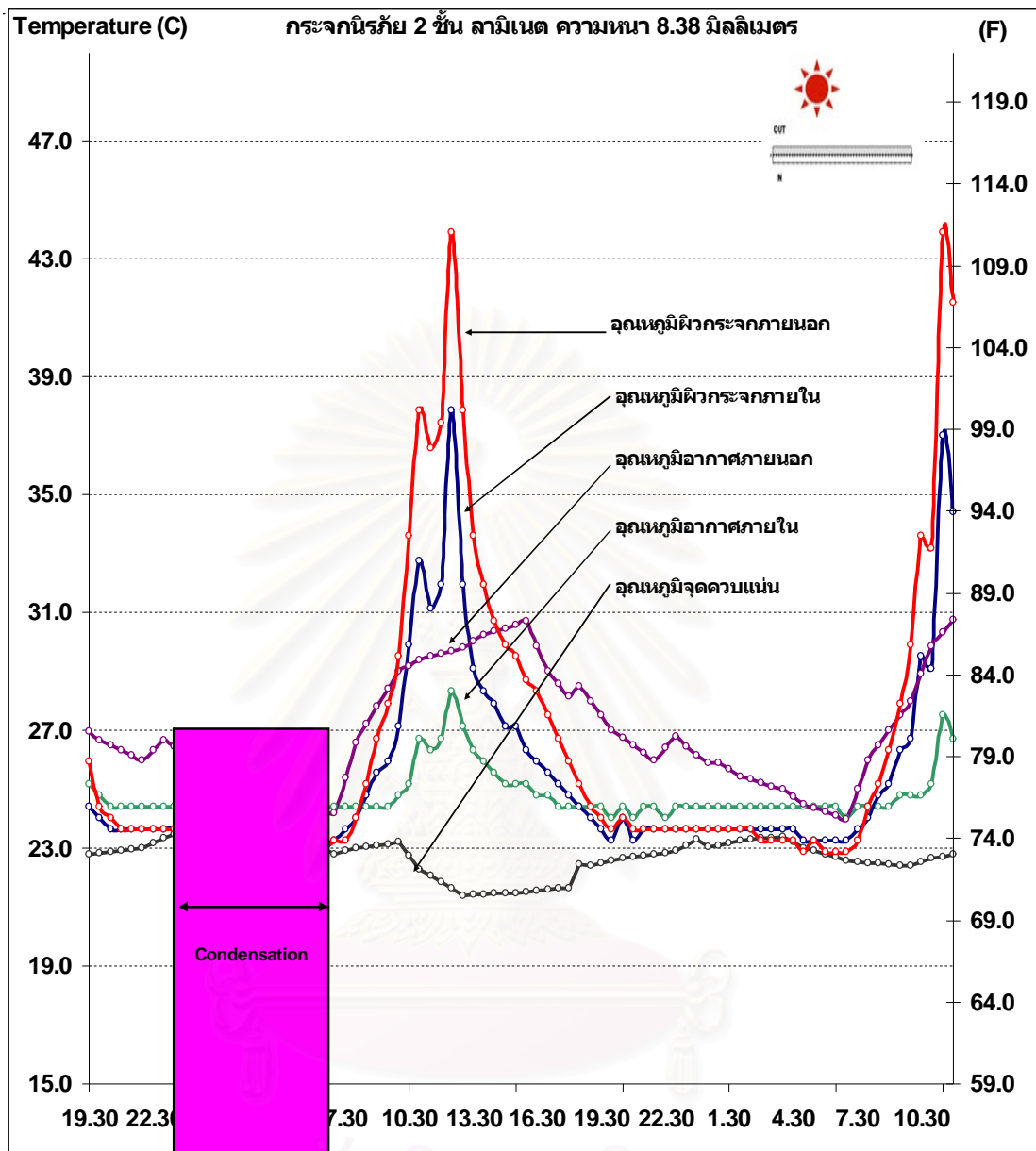
การศึกษาอุณหภูมิจุดควบแน่น พบว่าอุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่สูงขึ้นหรือต่ำลงนี้ขึ้นอยู่กับอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศภายนอกและปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยจากสภาพแวดล้อม ทั้งนี้หากสามารถควบคุมตัวแปรทั้ง 2 ก็จะสามารถกำหนดอุณหภูมิจุดควบแน่นได้



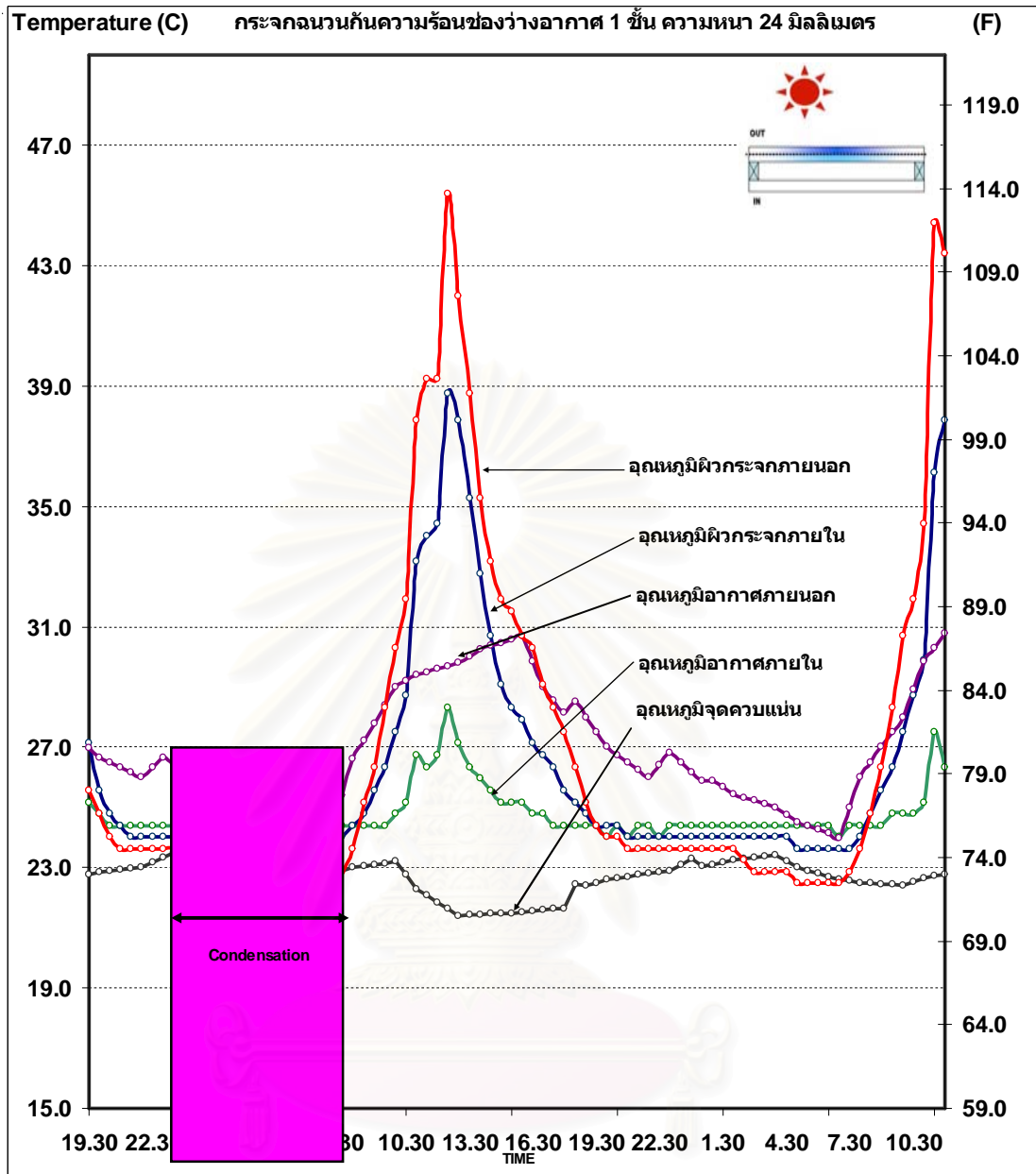
รูปภาพที่ 5.1 ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อองค์ประกอบและตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อสภาวะการควบแน่นที่ผิวกระจก



แผนภูมิที่ 5.2 แสดงช่วงเวลาของการเกิดการควบแน่นที่ผิวของกระจกนิรภัยชั้นเดียวใส ความหนา 6 มิลลิเมตร ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552

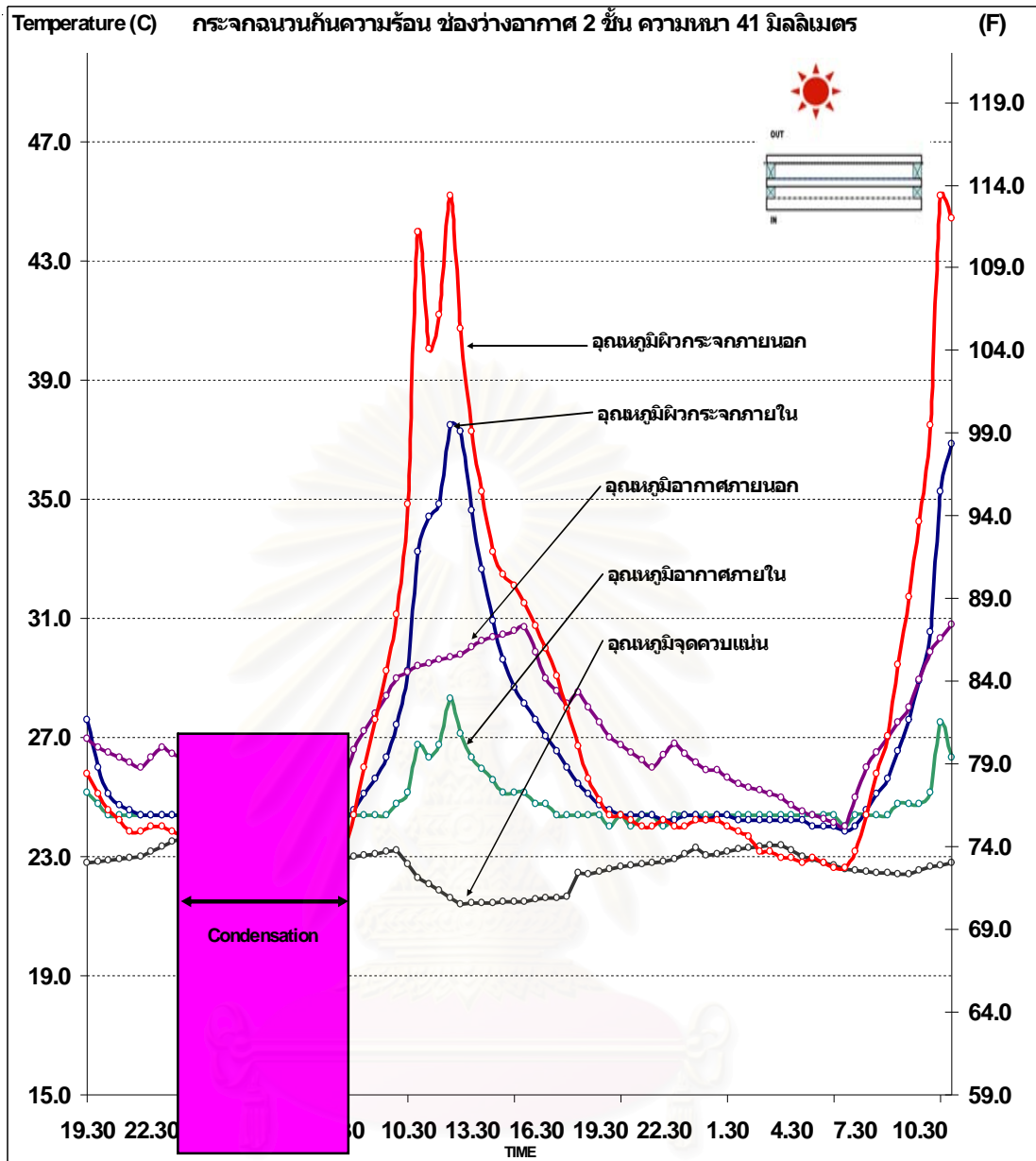


แผนภูมิที่ 5.3 แสดงช่วงเวลาของการเกิดการควบแน่นที่ผิวของกระจกนิรภัย 2 ชั้น ลามิเนต ความหนา 8.38 มิลลิเมตร ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552



แผนภูมิที่ 5.4 แสดงช่วงเวลาของการเกิดการควบแน่นที่ผิวของกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น ความหนา 24.38 มิลลิเมตร ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552





แผนภูมิที่ 5.5 แสดงช่วงเวลาของการเกิดการควบแน่นที่ผิวของกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น ความหนา 41 มิลลิเมตร ในสภาวะการจำลองการใช้งานอาคารบ้านพักอาศัยปรับอากาศตลอด 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ 19.30 น. ของวันที่ 27 มกราคม 2552 ถึงเวลา 11.30 น. ของวันที่ 29 มกราคม 2552

จากแผนภูมิที่ 5.2-5.5 แสดงถึงการเปรียบเทียบข้อมูลอุณหภูมิผิวของกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิด ณ.ช่วงเวลาต่างๆ ตลอดทั้งวันกับอุณหภูมิจุดควบแน่นของอากาศ เมื่อพิจารณาจากลักษณะการเกิดการควบแน่นของกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิด พบว่าช่วงเวลาและระยะเวลาของการควบแน่นเกิดจาก อุณหภูมิผิวกระจกภายนอกที่ต่ำกว่าอุณหภูมิจุดควบแน่น ซึ่งเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวที่แตกต่างกันตามลำดับดังนี้

#### กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น รุ่น 24 HEAT STOP SGLE50-RSCAZ

ระยะเวลาเริ่มเกิดการควบแน่น เวลา 24.00 น.

อุณหภูมิจุดควบแน่น **23.63 องศาเซลเซียส** ผิวกระจกภายนอก **23.24 องศาเซลเซียส**

ระยะเวลาสิ้นสุดเกิดการควบแน่น เวลา 08.00 น.

อุณหภูมิจุดควบแน่น **23.00 องศาเซลเซียส** ผิวกระจกภายนอก **23.63 องศาเซลเซียส**

รวมระยะเวลาทั้งสิ้น **8 ชั่วโมง**

#### กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น รุ่น SPACE-LITE 5TEC/14ARS/3TEC/14ARS/5TEC

ระยะเวลาเริ่มเกิดการควบแน่น เวลา 24.00 น.

อุณหภูมิจุดควบแน่น **23.63 องศาเซลเซียส** ผิวกระจกภายนอก **23.63 องศาเซลเซียส**

ระยะเวลาสิ้นสุดเกิดการควบแน่น เวลา 07.00 น.

อุณหภูมิจุดควบแน่น **22.80 องศาเซลเซียส** ผิวกระจกภายนอก **22.98 องศาเซลเซียส**

รวมระยะเวลาทั้งสิ้น **7 ชั่วโมง**

#### กระจกนิรภัยหลายชั้น ลามิเนต รุ่น 8.38 SE-061

ระยะเวลาเริ่มเกิดการควบแน่น เวลา 24.00 น.

อุณหภูมิจุดควบแน่น **23.63 องศาเซลเซียส** ผิวกระจกภายนอก **23.63 องศาเซลเซียส**

ระยะเวลาสิ้นสุดเกิดการควบแน่น เวลา 07.00 น.

อุณหภูมิจุดควบแน่น **22.80 องศาเซลเซียส** ผิวกระจกภายนอก **23.24 องศาเซลเซียส**

รวมระยะเวลาทั้งสิ้น **7 ชั่วโมง**

#### กระจกนิรภัยชั้นเดียว รุ่น TUFF-LITE 6

ระยะเวลาเริ่มเกิดการควบแน่น เวลา 01.00 น.

อุณหภูมิจุดควบแน่น **24.10 องศาเซลเซียส** ผิวกระจกภายนอก **23.82 องศาเซลเซียส**

ระยะเวลาสิ้นสุดเกิดการควบแน่น เวลา 06.00 น.

อุณหภูมิจุดควบแน่น **23.18 องศาเซลเซียส** ผิวกระจกภายนอก **23.34 องศาเซลเซียส**

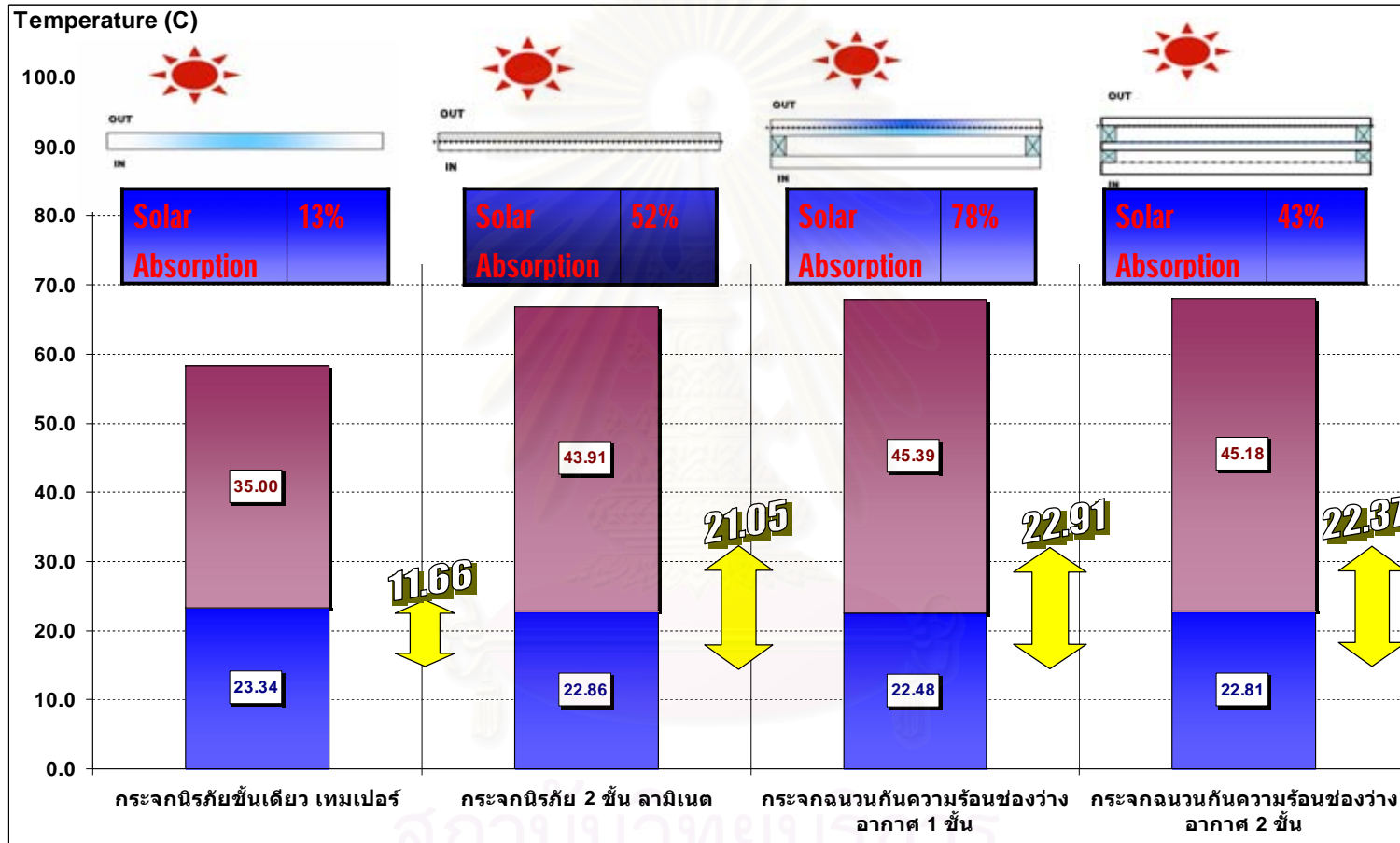
รวมระยะเวลาทั้งสิ้น **5 ชั่วโมง**

## 5.2 คุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก (U-VALUE) ที่มีบทบาทต่อการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจก

ในการทดลองครั้งนี้พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก (U-VALUE) มีอิทธิพลต่อการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจกมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับกระจกที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ (มีความเป็นฉนวนสูง) จะมีโอกาสที่จะเกิดการควบแน่นมากกว่ากระจกที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนสูง (มีความเป็นฉนวนต่ำ) กล่าวคือ กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น รุ่น SPACE-LITE 5TEC/14ARS /3TEC/14ARS/5TEC มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ ซึ่งค่านี้มีส่งผลต่อการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจกสำหรับช่องแสงด้านบนอาคารพักอาศัยปรับอากาศเขตภูมิประเทศร้อนชื้นมากที่สุด รองลงมาคือกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น, กระจกนิรภัย 2 ชั้นลามิเนต และกระจกนิรภัยชั้นเดียวเทมเปอร์ ตามลำดับ

| No. | Product Name                             | Color | Thickness mm. | THERMAL PERFORMANCE |                          |
|-----|--|-------|---------------|---------------------|--------------------------|
|     |  |       |               | U-Value             |                          |
|     |  |       |               | W/m <sup>2</sup> -K | Btu/h-ft <sup>2</sup> -F |
| 1   | กระจกนิรภัยชั้นเดียวเทมเปอร์             | Clear | 6.00 mm.      | 5.25                | 0.92                     |
| 2   | กระจกนิรภัย 2 ชั้นลามิเนต                | Clear | 8.38 mm.      | 2.79                | 0.49                     |
| 3   | กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น | Green | 24.38 mm.     | 1.78                | 0.31                     |
| 4   | กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น | Clear | 41.00 mm.     | 0.83                | 0.15                     |

ตารางที่ 5.1 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-VALUE) ของกระจกทดลอง



แผนภูมิที่ 5.6 แสดงเปรียบเทียบความแตกต่างกันของอุณหภูมิผิวกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิด ระหว่างอุณหภูมิผิวกระจกสูงสุด ณ.เวลา 12.30 น.

กับอุณหภูมิผิวกระจกต่ำสุด ณ.เวลา 06.30 น.ของวันที่ 28 มกราคม 2552

เมื่อพิจารณาจากตาราง 5.6 ที่แสดงเปรียบเทียบความแตกต่างกันของอุณหภูมิผิวกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิด พบว่าการกระจกนิรภัยชั้นเดียวเทมเปอร์ ความหนา 6 มิลลิเมตร มีคุณสมบัติที่การห่อหุ้มเหนียวความร้อนต่ำ โดยอุณหภูมิผิวกระจกทดลองในช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงสุด ณ.เวลา 12.30 น.กับต่ำสุด ณ.เวลา 06.30 น. แตกต่างกันเพียง 11.66 °C ซึ่งมีค่าน้อยที่สุดหากเปรียบเทียบกับกระจกทดลองอีก 3 ชนิด ซึ่งค่าการห่อหุ้มเหนียวความร้อนต่ำส่งผลให้โอกาสในการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจกมีน้อยกว่ากระจกที่มีค่าการห่อหุ้มเหนียวความร้อนสูง

ดังนั้นกระจกนิรภัยชั้นเดียวเทมเปอร์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ทำให้อุณหภูมิผิวกระจก (Surface Temperature) มีอุณหภูมิที่แตกต่างกับอุณหภูมิอากาศน้อยที่สุด รองลงมาคือกระจกนิรภัย 2 ชั้นลามิเนต อุณหภูมิแตกต่างกัน 21.05 °C, กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น อุณหภูมิแตกต่างกัน 22.37 °C และกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 2 ชั้น อุณหภูมิแตกต่างกัน 22.91 °C ตามลำดับ



รูปภาพที่ 5.2 แสดงค่า U-VALUE ของกระจกทั้ง 4 ชนิดที่นำมาทดลอง โดยเป็นรายการคำนวณจากฝ่ายบริการเทคนิค บริษัท ไทย-เยอรมัน สเปเชียลตีกลาส จำกัด

จากรูปภาพที่ 5.2 แสดงถึงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจกทดลองทั้ง 4 ชนิด โดยระบุค่ามีหน่วยเป็น 2 ลักษณะ คือ วัดต่อตารางเมตรองศาเคลวิน ( $W/m^2 \cdot K$ ) และ บีทียูต่อชั่วโมงต่อตารางฟุต องศาฟาเรนไฮต์ ( $Btu/h \cdot ft^2 \cdot F$ ) เมื่อพิจารณาจากข้อมูลดังกล่าวแล้วนำมา

ทดลองเพื่อเก็บข้อมูล กระจกนิรภัยชั้นเดียวเทมเปอร์มีค่าสัมประสิทธิ์ความเป็นฉนวนสูง (คุณสมบัติการกันความร้อนต่ำ) ทำให้อุณหภูมิผิวกระจกทั้งด้านนอกและด้านในมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันน้อย เหตุเพราะอุณหภูมิด้านที่สูงกว่าจะถูกส่งผ่านตัวกระจกด้วยกระบวนการนำความร้อนไปสู่ด้านที่อุณหภูมิต่ำกว่าได้อย่างรวดเร็วทำให้อุณหภูมิผิวกระจกมีความใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศ.

ถึงแม้กระจกนิรภัยชั้นเดียวเทมเปอร์จะมีประสิทธิภาพในการลดการควบแน่นบริเวณช่วงแสงด้านบนอาคารพักอาศัยปรับอากาศเขตภูมิประเทศร้อนชื้นได้ดีกว่ากระจกที่นำมาทดลองเปรียบเทียบอีก 3 ชนิด แต่ก็ไม่สามารถที่จะขจัดปัญหาได้ทั้งหมด เนื่องจากสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ทำให้ในช่วงเวลากลางคืนปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงมาก ซึ่งส่งผลโดยตรงต่ออุณหภูมิจุดควบแน่นให้สูงตาม อีกทั้งอุณหภูมิอากาศที่เย็นในตอนกลางคืน จึงเป็นสาเหตุให้อุณหภูมิผิวของวัสดุกระจกค่อยๆ ลดลงต่ำกว่าอุณหภูมิจุดควบแน่น แล้วทำให้เกิดการควบแน่นเป็นหยดน้ำโดยรอบผิวกระจก

อีกทั้งกระจกนิรภัยชั้นเดียวเทมเปอร์ ที่มีคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่สูง เมื่อนำมาติดตั้งใช้กับช่องแสงแล้วจะทำให้ปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ถูกส่งผ่านเข้ามายังภายในอาคารมาก ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและเป็นภาระของระบบเครื่องปรับอากาศในการทำความเย็นอย่างยิ่ง รวมถึงยังขัดต่อการลดใช้พลังงานเพื่อแก้ไขปัญหาสภาวะโลกร้อนที่ประเทศไทยและทั่วโลกกำลังเผชิญอยู่ ดังนั้นการในกระจกนิรภัยชั้นเดียวเทมเปอร์ ความหนา 6 มิลลิเมตร ไปใช้งานจึงขาดความเหมาะสมเปรียบเสมือนการลดปัญหาด้านการเกิดการควบแน่นแต่กลับเพิ่มปัญหาด้านการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายพลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศที่ใช้ทำความเย็นภายในอาคาร

### 5.3 เทคนิควิธีสำหรับการลดปัญหาการควบแน่นที่ผิวกระจก

จากการศึกษาและการทดลองเพื่อนำเสนอเทคนิควิธีสำหรับการลดปัญหาการควบแน่นที่ผิวกระจก โดยได้ทำการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวและมุมการติดตั้งกระจกซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

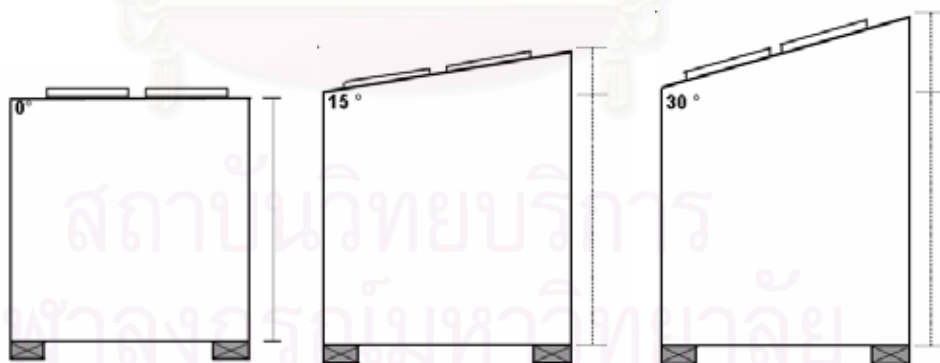
**5.3.1 การเคลือบสารลดการแผ่รังสีความร้อน LOW-E บนผิวกระจกด้านนอกกระจก**  
ทดลอง เพื่อนำมาทดลอง วิเคราะห์และสรุปเสนอเทคนิควิธีลดปัญหาการควบแน่นที่ผิวกระจก โดยกระจกที่นำไปใช้ในการทดลองมี 3 ชนิด 6 ตัวอย่าง ดังนี้

- กระจกนิรภัยชั้นเดียว เทมเปอร์ ความหนา 6 มิลลิเมตร ขนาด 50 x 50 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น แบ่งเป็น
  - เคลือบ LOW-E บนผิวกระจกด้านนอก จำนวน 1 แผ่น

- ไม่เคลือบ Low-E บนผิวกระจกด้านนอก จำนวน 1 ชั้นจำนวน 1 แผ่น
- กระจกนิรภัยลามิเนต ความหนา 8 มิลลิเมตร ขนาด 50 x 50 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น แบ่งเป็น
  - เคลือบ Low-E บนผิวกระจกด้านนอก จำนวน 1 ชั้น
  - ไม่เคลือบ Low-E บนผิวกระจกด้านนอก จำนวน 1 ชั้นจำนวน 1 ชั้น
- กระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น ความหนา 24 มิลลิเมตร ขนาด 50 x 50 เซนติเมตร จำนวน 2 แผ่น แบ่งเป็น
  - เคลือบ Low-E บนผิวกระจกด้านนอก จำนวน 1 ชั้น
  - ไม่เคลือบ Low-E บนผิวกระจกด้านนอก จำนวน 1 ชั้นจำนวน 1 ชั้น

5.3.2 การเปลี่ยนมุมการติดตั้งกระจกช่องแสงด้านบน เพื่อเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกทดลอง กับอิทธิพลการแผ่รังสีจากท้องฟ้าที่จะสร้างผลกระทบต่ออุณหภูมิผิวกระจก โดยแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

- การติดตั้งกระจกทดลองโดยการเปลี่ยนมุมที่ 0 องศา กับระนาบนอน
- การติดตั้งกระจกทดลองโดยการเปลี่ยนมุมที่ 15 องศา กับระนาบนอน
- การติดตั้งกระจกทดลองโดยการเปลี่ยนมุมที่ 30 องศา กับระนาบนอน

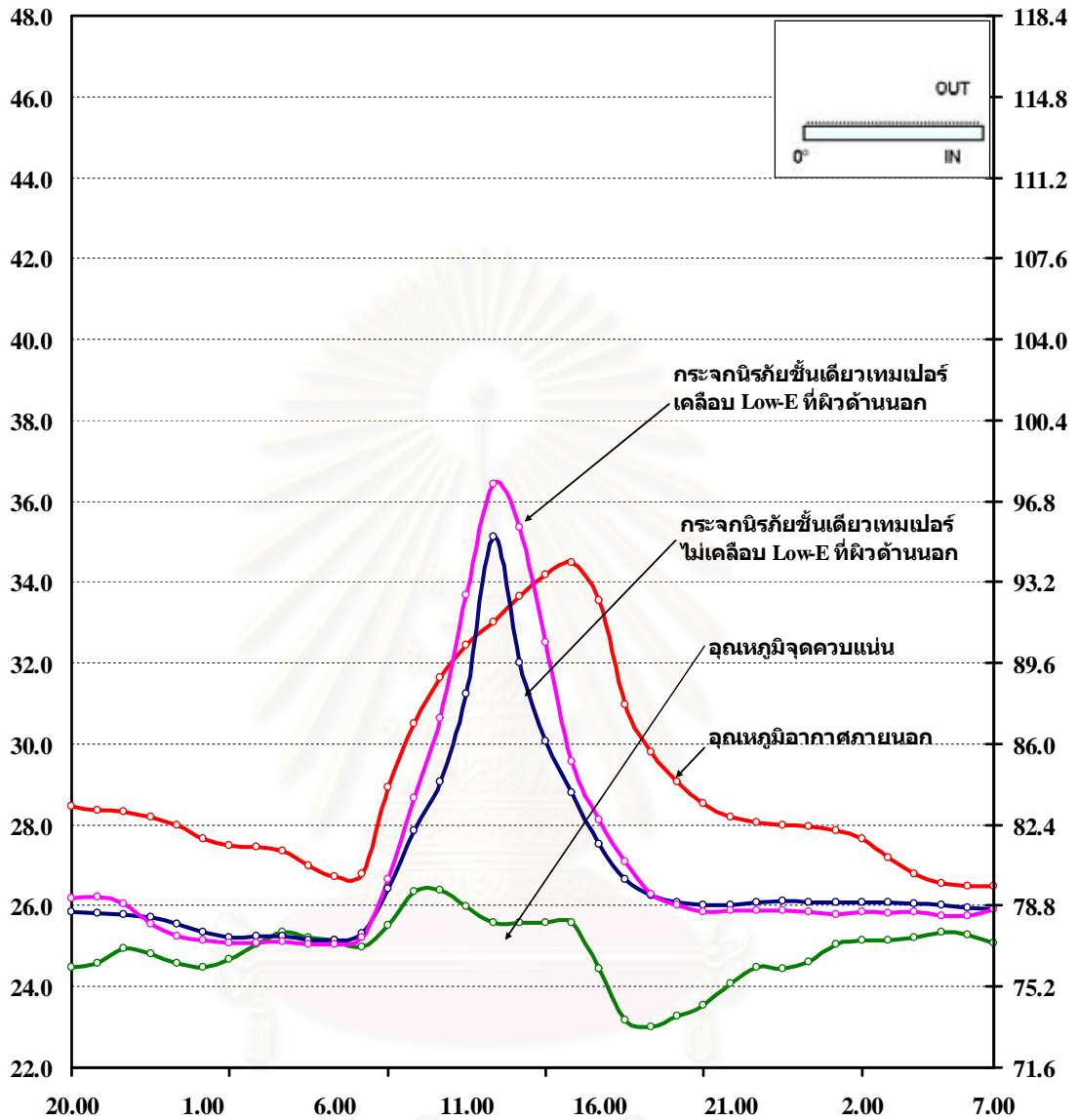


รูปที่ 5.3 แสดงลักษณะมุมการติดตั้งกระจกทดลองที่ 0, 15, 30 องศา

Temperature (C)

เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกนัยเทมเปอร์  
ติดตั้งทำมุม 0 องศา กับระนาบนอน

(F)



แผนภูมิที่ 5.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนัยเทมเปอร์  
ที่เคลือบและไม่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 0° กับระนาบนอน

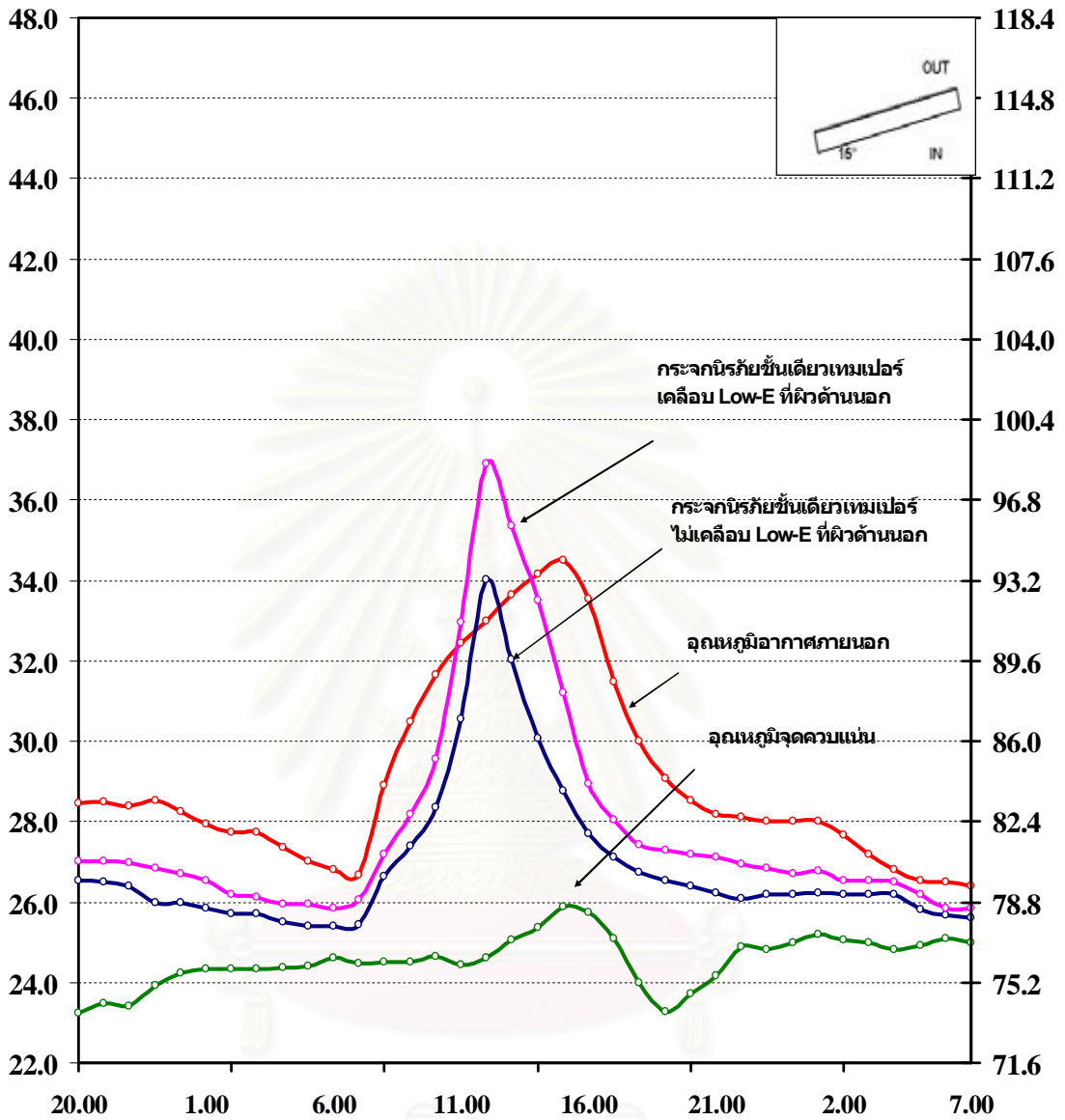
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



Temperature (C)

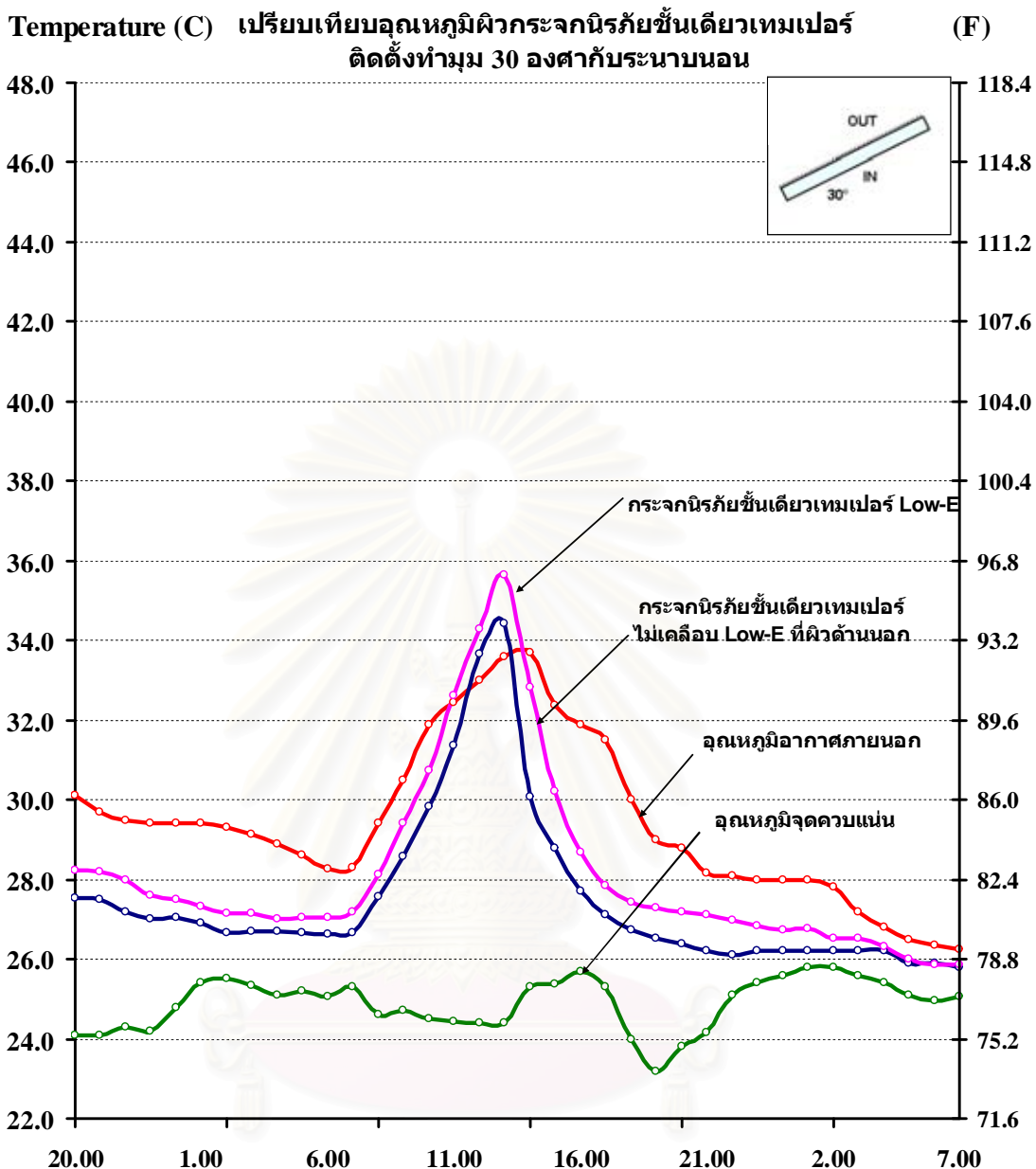
เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกนिरภัยเทมเปอร์  
ติดตั้งทำมุม 15 องศา กับระนาบนอน

(F)



แผนภูมิที่ 5.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนिरภัยเทมเปอร์  
ที่เคลือบและไม่เคลือบสาร LOW-E โดยติดตั้งทำมุม 15 องศา กับระนาบนอน

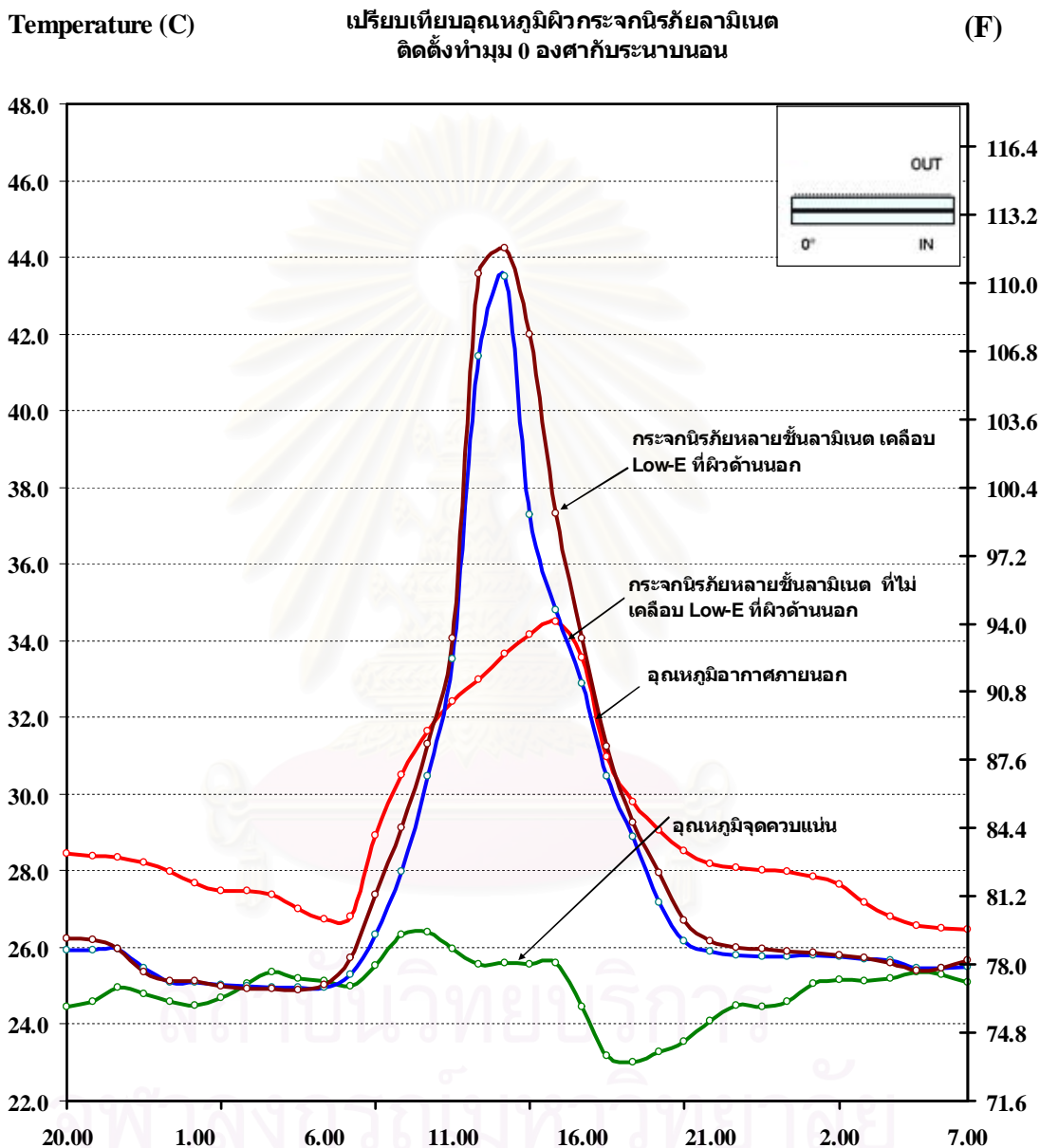
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



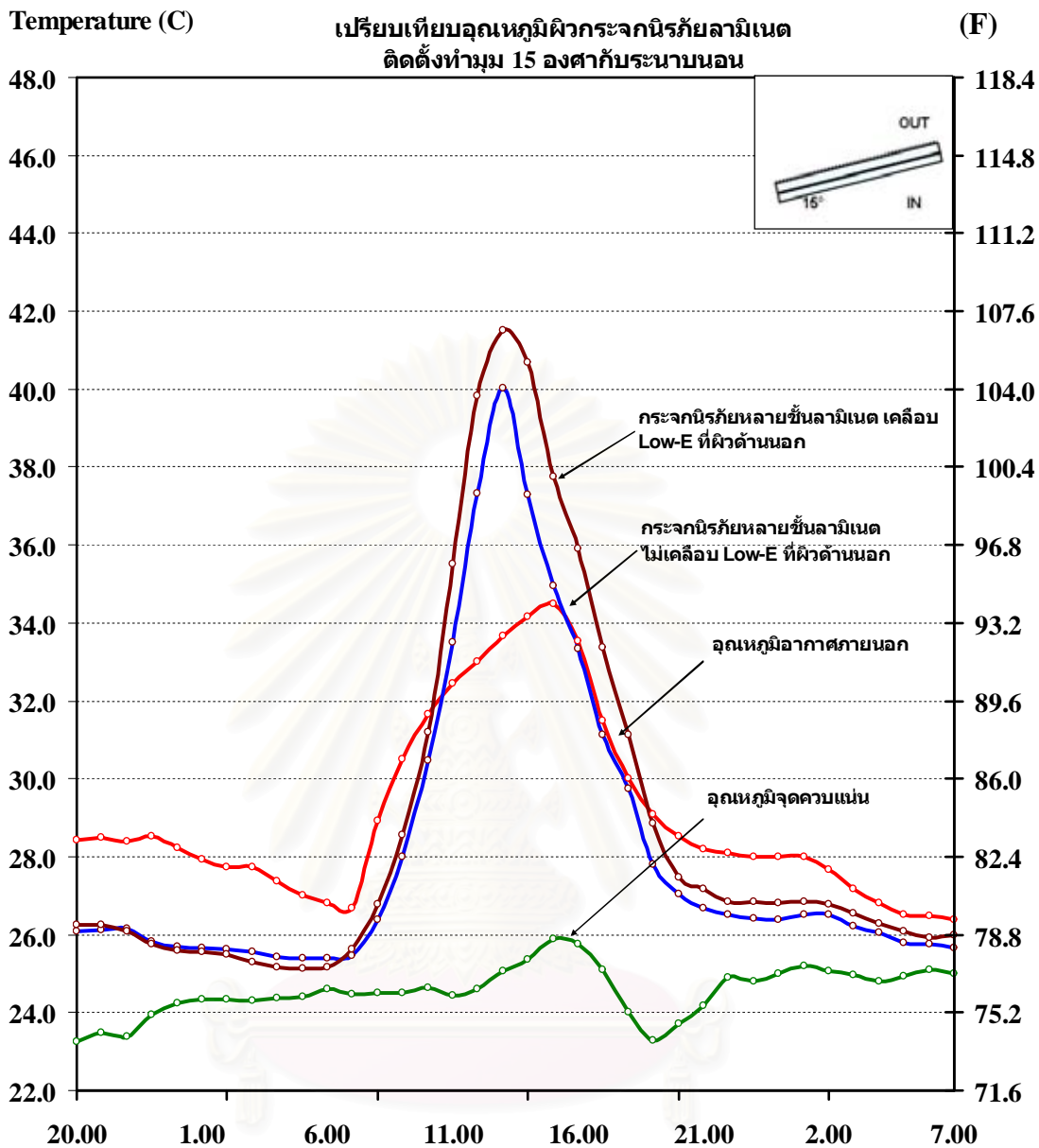
แผนภูมิที่ 5.9 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนिरภัยเทมเปอร์  
ที่เคลือบและไม่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 30° กับระนาบนอน

จากแผนภูมิ 5.7-5.9 แสดงเปรียบเทียบการอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนिरภัยชั้นเดียว  
เทมเปอร์ที่เคลือบและไม่เคลือบสารลดการแผ่รังสีความร้อน Low-E กับอุณหภูมิการเกิดการ  
ควบแน่นของอากาศที่มุมการติดตั้งกระจกที่ 0, 15, 30 องศา เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของ  
อุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกแล้วพบว่าในช่วงเวลากลางวันกระจกนिरภัยชั้นเดียวเทมเปอร์ที่  
เคลือบสาร Low-E จะมีอุณหภูมิผิวที่สูงกว่ากระจกที่ไม่ได้เคลือบสาร Low-E เฉลี่ย 0.7 องศา  
เซลเซียส และอุณหภูมิผิวกระจกจะค่อยๆลดลงตั้งแต่วันที่ 13.30น. เป็นต้นไปจนถึงช่วงเวลา

กลางคืน นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบมุมที่ติดตั้งของกระจกกับพฤติกรรมเกิดการควบแน่นของกระจกแล้วพบว่า กระจกที่ติดตั้งมุมระนาบนอนที่ 15 และ 30 องศา ไม่เกิดการควบแน่นที่ผิวกระจกนัยยัยชั้นเดียวเทมเปอร์ทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบสารลดการแผ่รังสี (Low-E)

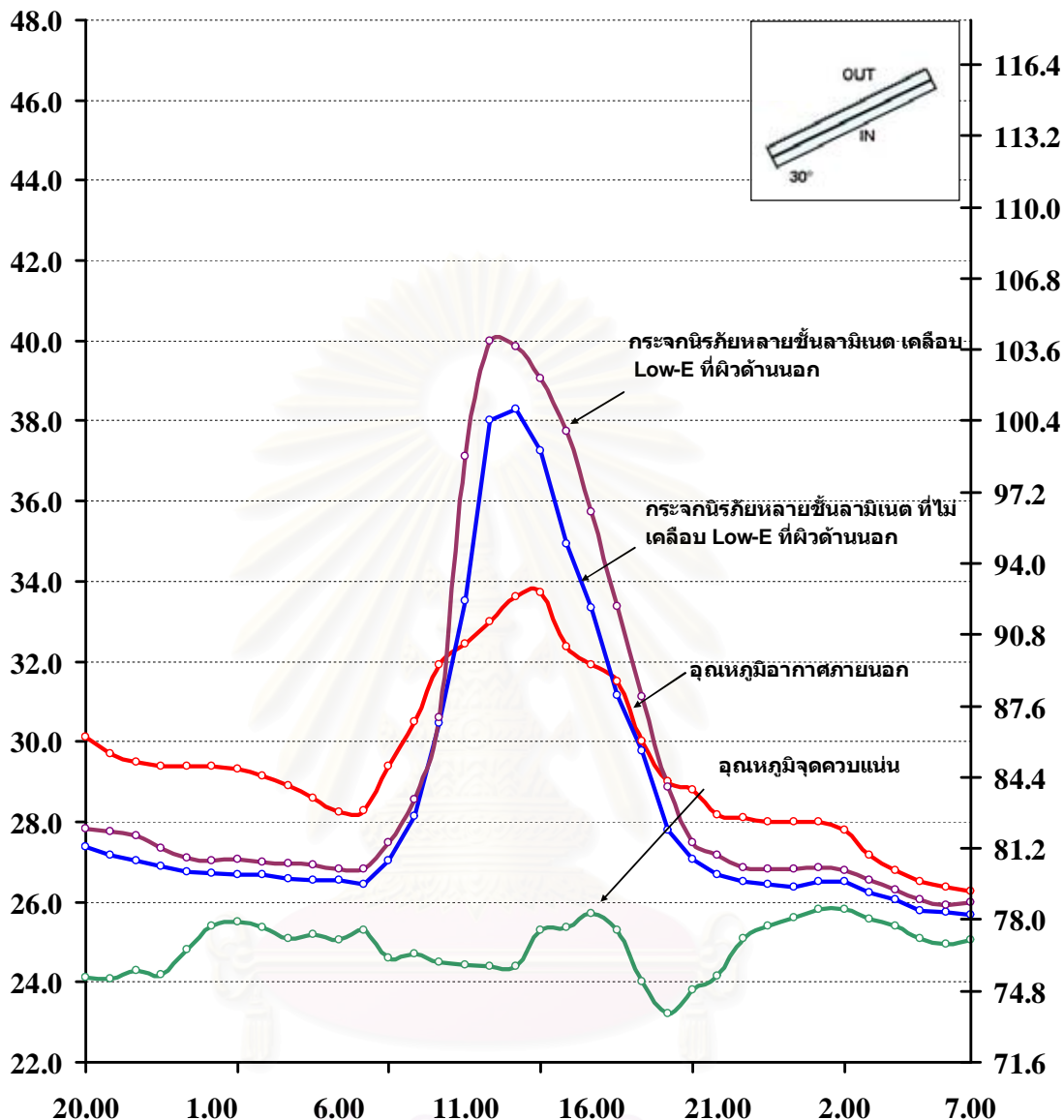


แผนภูมิที่ 5.10 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนัยยัยลามิเนตที่เคลือบและไม่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 0° กับระนาบนอน



แผนภูมิที่ 5.11 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนิกายลามิเนต ที่เคลือบและไม่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 15° กับระนาบนอน

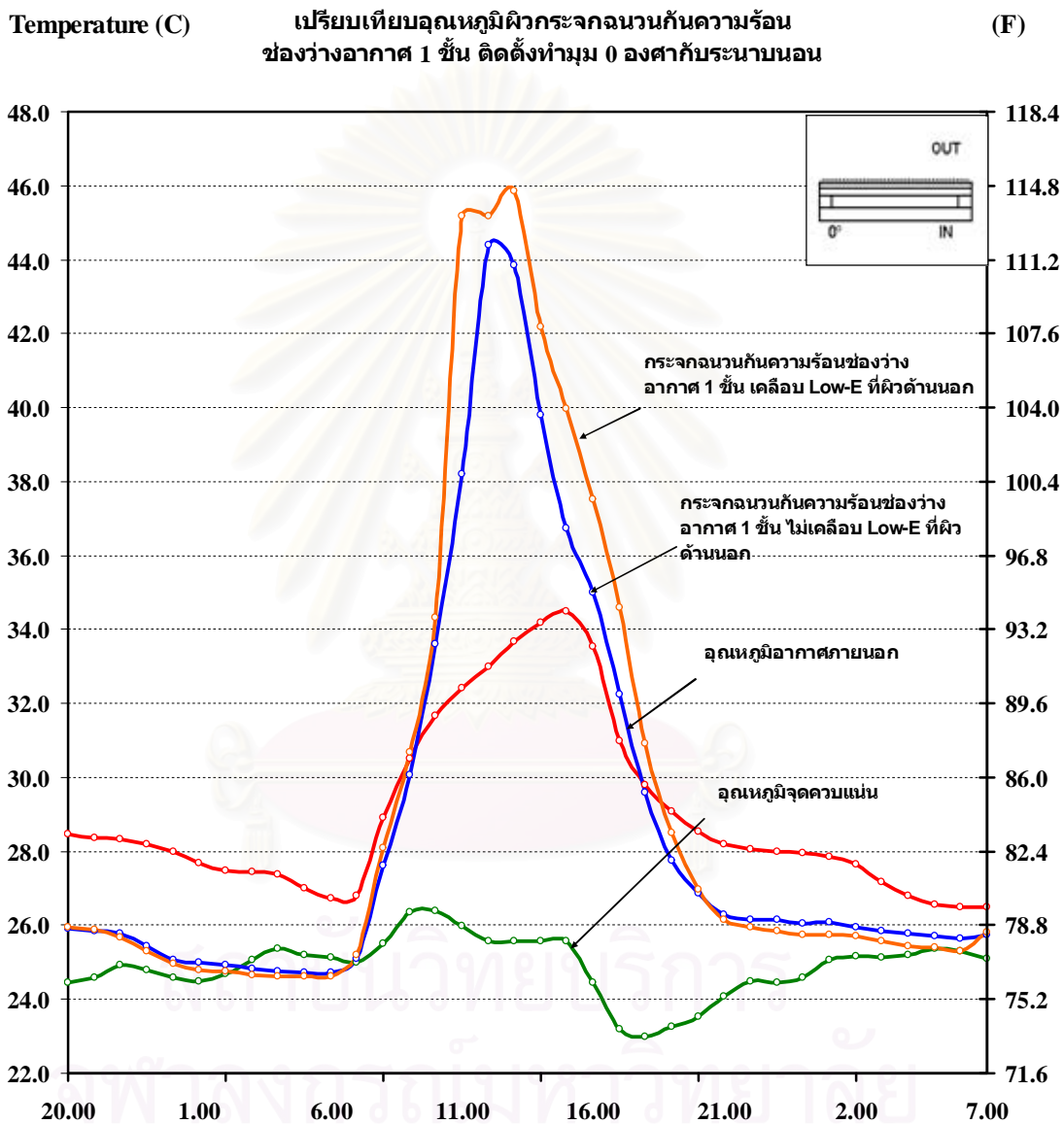
Temperature (C) **เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกนิรภัยลามิเนต** (F)  
**ติดตั้งทำมุม 30 องศา กับระนาบนอน**



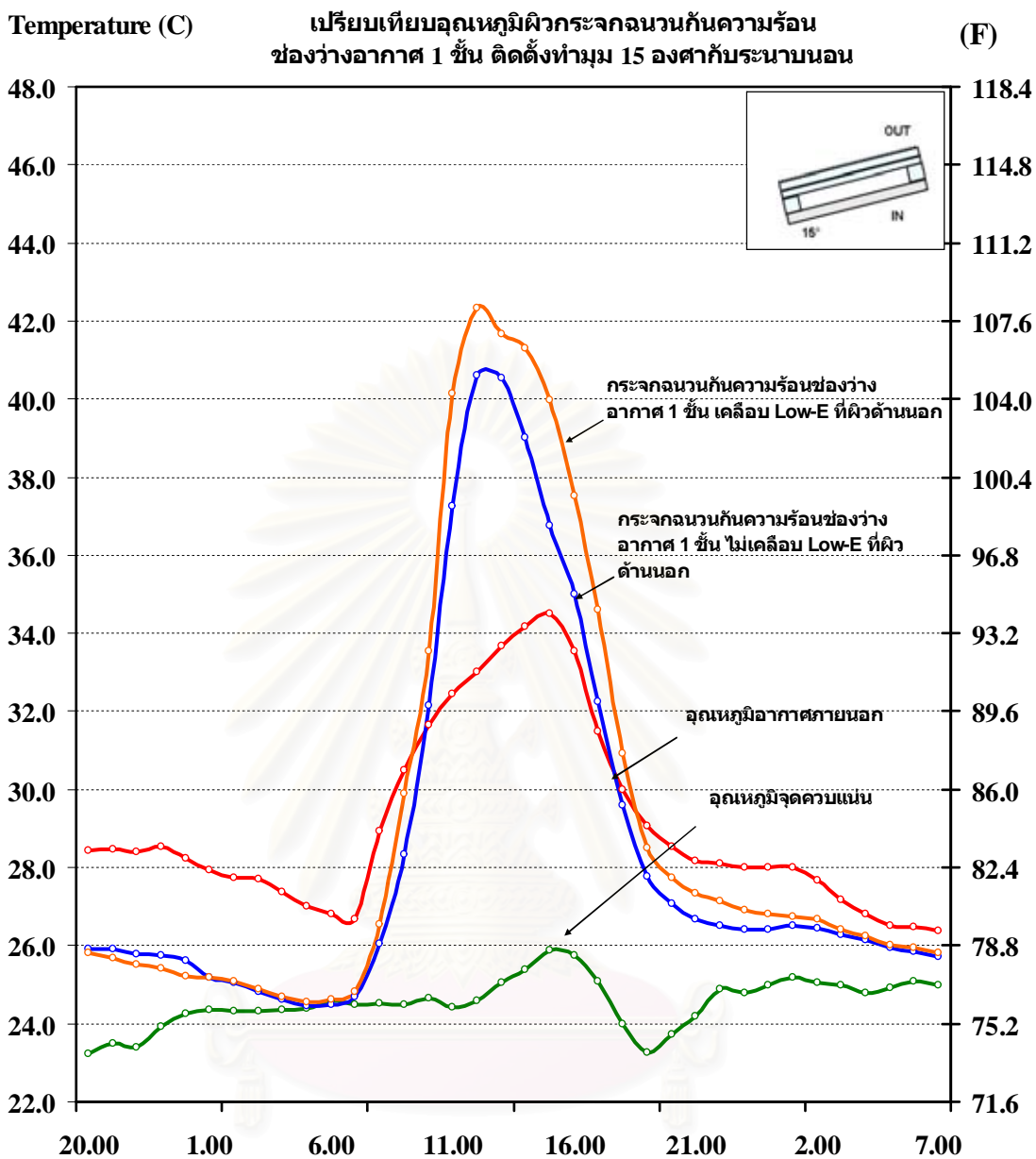
แผนภูมิที่ 5.12 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนิรภัยลามิเนต  
 ที่เคลือบและไม่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 30° กับระนาบนอน

จากแผนภูมิ 5.10-5.12 แสดงเปรียบเทียบการอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนิรภัยลามิเนตที่เคลือบและไม่เคลือบสารลดการแผ่รังสีความร้อน Low-E บนผิวกระจกด้านนอกกับอุณหภูมิการเกิดการควบแน่นของอากาศที่มุมการติดตั้งกระจกที่ 0, 15, 30 องศา เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกแล้วพบว่าในช่วงเวลากลางวันกระจกนิรภัยลามิเนตที่เคลือบสาร Low-E จะมีอุณหภูมิผิวที่สูงกว่ากระจกที่ไม่ได้เคลือบสาร Low-E เฉลี่ย 1.5 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิผิวกระจกจะค่อยๆ ลดลงตั้งแต่วันที่ 13.30น. เป็นต้นไปจนถึงช่วงเวลา

กลางคืน นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบมุมที่ติดตั้งกระจกกับพฤติกรรมเกิดการควบแน่นของ กระจกแล้วพบว่า กระจกที่ติดตั้งมุมระนาบนอนที่ 15 และ 30 องศา ไม่เกิดการควบแน่นที่ผิว กระจกนิรภัยลามิเนตทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบสารลดการแผ่รังสี (LOW-E) บนผิวด้านนอกของ กระจก

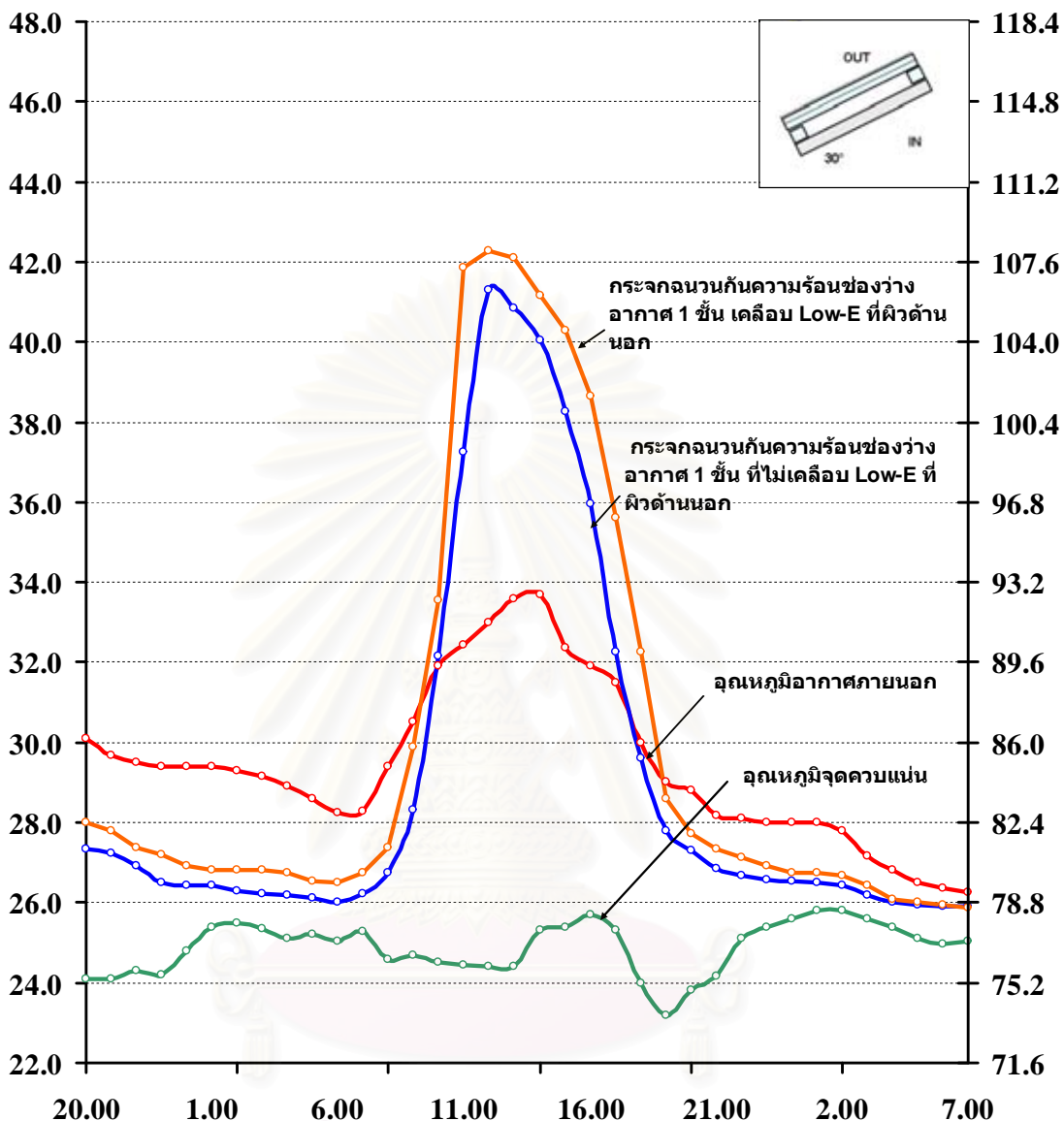


แผนภูมิที่ 5.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกนอนกันความร้อน ช่องว่างอากาศ 1 ชั้นที่เคลือบและไม่เคลือบสาร LOW-E โดยติดตั้งทำมุม 0° กับระนาบนอน



แผนภูมิที่ 5.14 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกจนวนกันความร้อน ช่องว่างอากาศ 1 ชั้นที่เคลือบและไม่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 15° กับระนาบนอน

Temperature (C)      **เปรียบเทียบอุณหภูมิผิวกระจกฉนวนกันความร้อน**      (F)  
**ช่องว่างอากาศ 1 ชั้นติดตั้งทำมุม 30 องศากับระนาบนอน**



แผนภูมิที่ 5.15 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้นที่เคลือบและไม่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 30° กับระนาบนอน

จากแผนภูมิ 5.13-5.15 แสดงเปรียบเทียบการอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น ที่เคลือบและไม่เคลือบสารลดการแผ่รังสีความร้อน Low-E บนผิวกระจกด้านนอกกับอุณหภูมิการเกิดการควบแน่นของอากาศที่มุมการติดตั้งกระจกที่ 0, 15, 30 องศา

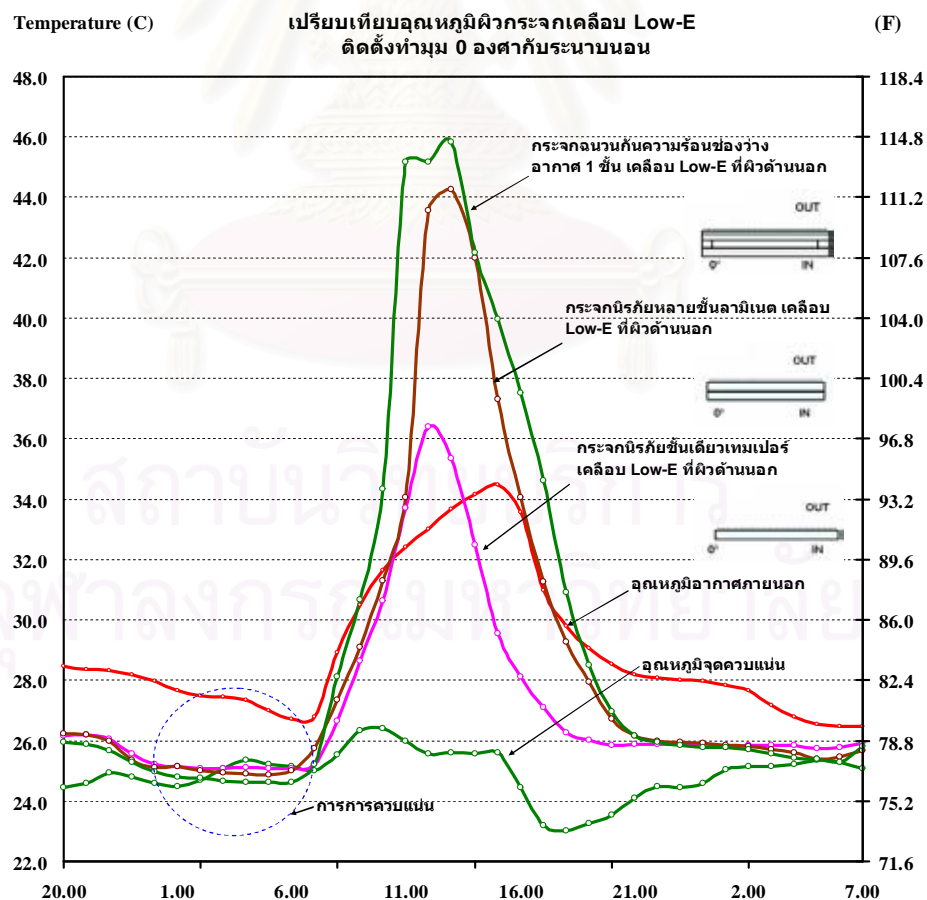
เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวภายนอกของกระจกแล้วพบว่าในช่วงเวลากลางวันกระจกฉนวนกันความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น ที่เคลือบสาร Low-E จะมีอุณหภูมิผิวที่สูง



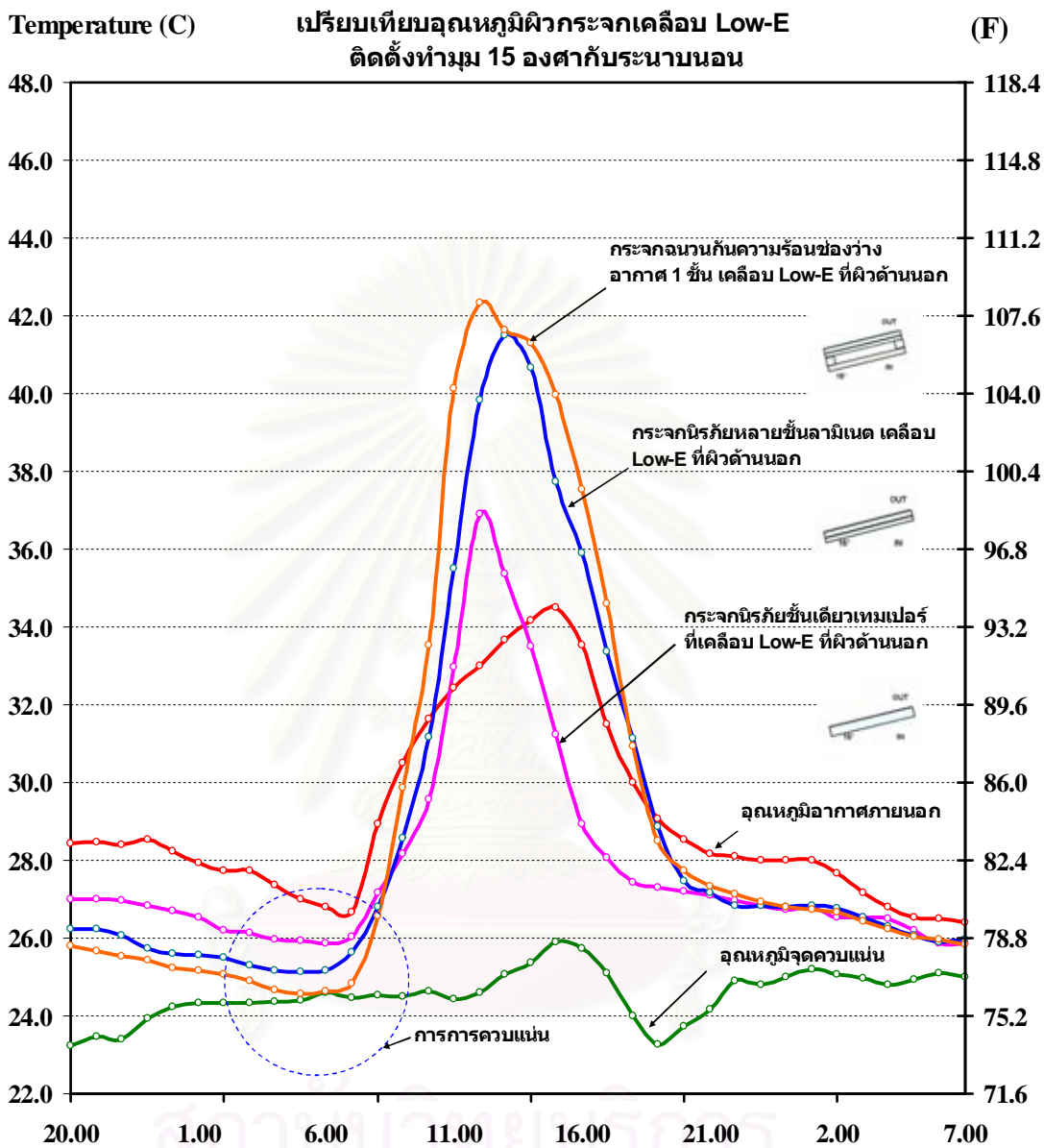
กว่ากระจกที่ไม่ได้เคลือบสาร Low-E เฉลี่ย 2.4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิผิวกระจกจะค่อยๆ ลดลงตั้งแต่เวลา 13.30น. เป็นต้นไปจนถึงช่วงเวลากลางคืน นอกจากนั้นเมื่อเปรียบเทียบมุมที่ติดตั้งกระจกกับพฤติกรรมการเกิดการควบแน่นของกระจกแล้วพบว่า กระจกที่ติดตั้งมุมระนาบนอนที่ 30 องศา ไม่เกิดการควบแน่นที่ผิวกระจกจนรบกวนความร้อนช่องว่างอากาศ 1 ชั้น ทั้งชนิดเคลือบและไม่เคลือบสารลดการแผ่รังสี (Low-E) บนผิวด้านนอกของกระจก

#### 5.4 ข้อเสนอเทคนิควิธีลดปัญหาการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจกด้านนอกอาคารพักอาศัยปรับอากาศ

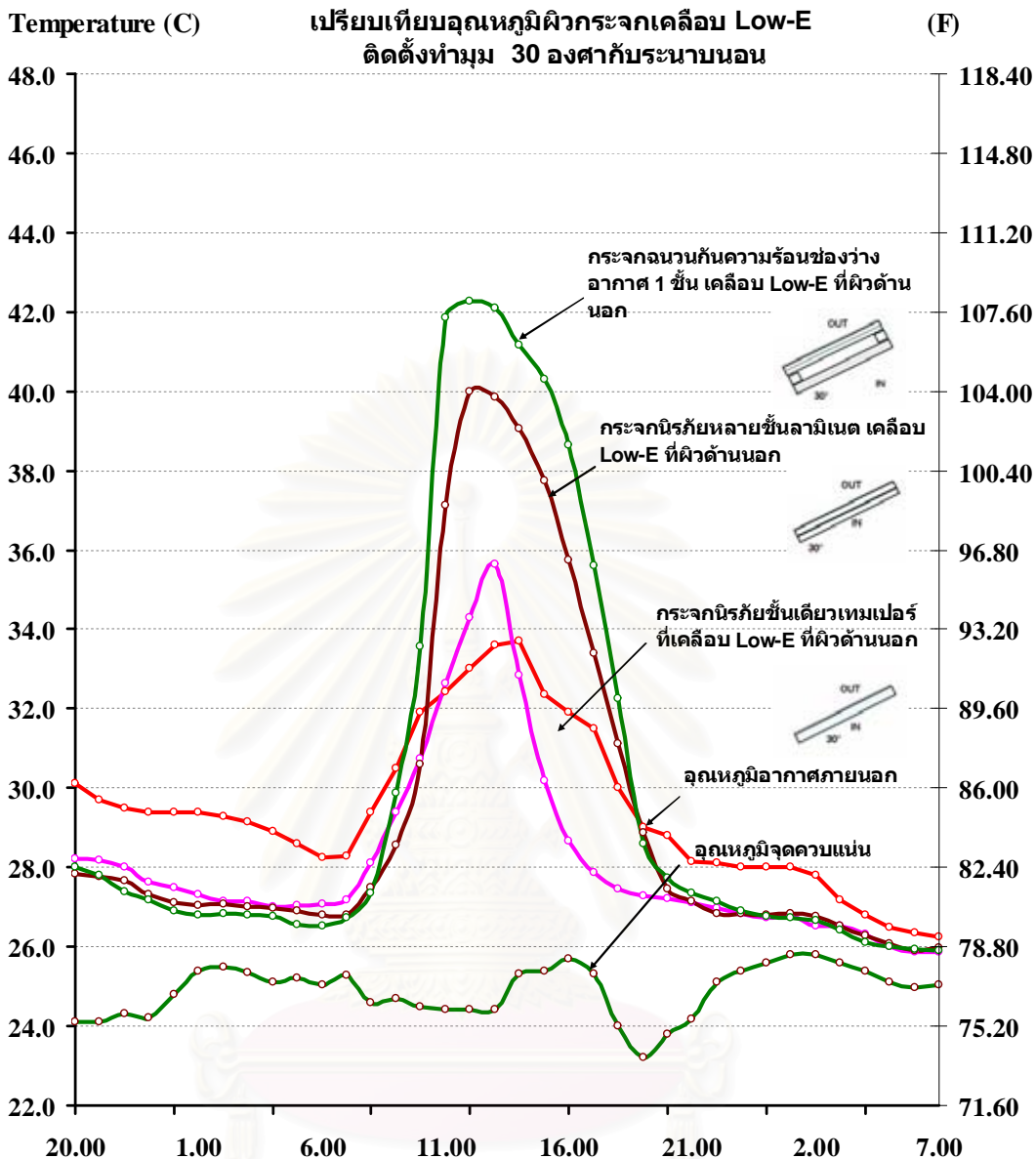
การเคลือบสารลดการแผ่รังสี Low-E ลงบนผิวกระจกด้านนอกอาคารจะทำให้อุณหภูมิผิวกระจกที่ถูกเคลือบ Low-e ไว้จะมีอุณหภูมิสูงมากกว่ากระจกชนิดเดียวกันที่ไม่เคลือบ อีกทั้งความร้อนที่สะสมไว้ต้องใช้ระยะเวลาเวลานานกว่าในการถ่ายเทอุณหภูมิอากาศ แต่เทคนิควิธีการเคลือบสาร Low-E ก็ไม่สามารถช่วยให้กระจกเก็บความร้อนนั้นไว้ เพื่อให้อุณหภูมิผิวกระจกสูงกว่าอุณหภูมิควบแน่นในช่วงเวลากลางคืน



แผนภูมิที่ 5.16 แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลากการเกิดการควบแน่นของกระจกทดลองที่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 0° กับระนาบนอน



แผนภูมิที่ 5.17 แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาที่การเกิดควบแน่นของกระจกทดลองที่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 15 องศา กับระนาบนอน



แผนภูมิที่ 5.18 แสดงการเปรียบเทียบช่วงเวลาการเกิดควบแน่นของกระจกทดลองที่เคลือบสาร Low-E โดยติดตั้งทำมุม 30° กับระนาบนอน

จากการวิจัยพบว่าเปลี่ยนองศาการติดตั้งกระจกช่องแสงด้านบนสำหรับอาคารพักอาศัยปรับอากาศ เป็นเทคนิควิธีการลดปัญหาการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจกภายนอกอาคารที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เนื่องจากการติดตั้งกระจกที่ระนาบนอน 30 องศา กระจกทดลองทั้ง 3 ชนิดไม่เกิดการควบแน่น เนื่องจากมุมที่เพิ่มขึ้นช่วยลดอิทธิพลการแผ่รังสีจากห้องฟ้า และทำให้กระจกเกิดการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับสภาพแวดล้อม ทำให้อุณหภูมิผิวกระจกภายนอกสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีการติดตั้งกระจกที่ 0, 15 องศา

ดังนั้นการวิจัยนี้จึงสรุปเทคนิคการลดปัญหาการเกิดการควบแน่นที่ผิวกระจกภายนอก โดยผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้กระจกที่มีคุณสมบัติความเป็นฉนวนที่ดี เพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคาร อันส่งผลต่อการประหยัดพลังงาน และลดปัญหาการเกิดการควบแน่น โดยออกแบบมุมช่องแสงด้านบนอาคารให้มีระนาบแนวนอนอย่างน้อย 30 องศา ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งในการประยุกต์ใช้สำหรับการออกแบบช่องแสงสำหรับอาคารพักอาศัยปรับอากาศต่อไป.

## 5.5 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาองค์ประกอบและเทคนิควิธีการป้องกันปัญหาการควบแน่นบริเวณผิวกระจกช่องแสงด้านบนอาคารพักอาศัยปรับอากาศ มีข้อเสนอแนะเพื่อประโยชน์ในการพัฒนาข้อมูลให้ดียิ่งขึ้นในอนาคตดังนี้

5.5.1 การศึกษาครั้งนี้พิจารณาเฉพาะอุณหภูมิผิวกระจกภายนอกและภายใน ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศ อุณหภูมิจุดควบแน่น เท่านั้น ซึ่งการวิจัยในอนาคตควรนำตัวแปรทางด้านอื่นที่มีผลมาพิจารณาประกอบด้วย เช่น การติดตั้งกระจกทดลองโดยวางทำมุมกับท้องฟ้า

5.5.2 การศึกษาในครั้งนี้มีข้อจำกัดในเรื่องเครื่องมือ และจำนวนของหัววัดอุณหภูมิ ในอนาคตควรที่จะเพิ่มเครื่องมือในการวิจัยเพื่อให้สามารถเข้าใจองค์ประกอบการควบแน่นมากยิ่งขึ้น

5.5.3 เนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้ทำการทดลองในช่วงฤดูหนาวเท่านั้น ดังนั้นควรทำการศึกษาในฤดูฝน และฤดูร้อน เพื่อให้ทราบถึงอิทธิพลได้ดียิ่งขึ้น.

5.5.4 การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความเข้าใจเฉพาะที่ใช้กระจกทดลองที่แตกต่างกันเท่านั้น ดังนั้นในการวิจัยในอนาคตควรเพิ่มเติมชนิดกระจกที่มีคุณสมบัติค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเพื่อเป็นข้อมูลที่น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น.

5.5.5 การศึกษาครั้งนี้พิจารณาเฉพาะอาคารบ้านพักอาศัยที่มีการปรับอากาศภายในตลอด 24 ชั่วโมงเท่านั้น ซึ่งการวิจัยในอนาคตควรพิจารณาเปรียบเทียบกับในสภาวะอื่น ๆ เช่น สภาวะไม่ปรับอากาศ และสภาวะปรับอากาศในช่วงเช้า-เย็น เพื่อความเข้าใจมากยิ่งขึ้น.

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- กุสกาณา กุบาฮา และสุทธิพงศ์ เนื่องเยาว์. การศึกษาลักษณะการรั่วซึมอากาศของหน้าต่าง และประตู. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.
- เกษียร ธรานนท์. อิทธิพลของค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจกต่อการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่อาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
- พันธุดา พุฒิไพโรจน์. การพิจารณาคุณสมบัติด้านการประหยัดพลังงานของ หน้าต่างสำหรับ อาคารปรับอากาศ. ในบทความวิชาการชุดที่ 8. กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย, 2546.
- รุ่งโรจน์ วงศ์มหาศิริ. อิทธิพลการหน่วงเหนี่ยวความร้อนจากการผสมมวลสารและฉนวนเข้าด้วยกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
- ราชบัณฑิตยสถาน. พจนานุกรม ศัพท์เทอร์โมไดนามิกส์ อังกฤษ-ไทย. กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน, 2548.
- วันเอก กิจสมใจ. ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวภายนอกของผนังอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
- สุวิชา เบญจพร. อิทธิพลของความชื้นที่แทรกซึมผ่านผนังทึบของอาคารปรับอากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.
- สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงาน เพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- สุนทร บุญญาธิการ. นวัตกรรมการใช้กระจกสำหรับเมืองร้อนขึ้น. กรุงเทพฯ: คู่มือพิมพ์. 2551.
- สุนทร บุญญาธิการ และคณะ. พลังงานใกล้ตัว. กรุงเทพมหานคร: เฟสท์ ออฟ เซท (1993), 2545.
- สุนทร บุญญาธิการ. บ้านชีวาพิศัย บ้านพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อคุณภาพชีวิตผลิตพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.
- อุตุนิยมวิทยา, กรม. สถิติภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2550-2551 [แฟ้มข้อมูล]. กรุงเทพฯ: กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ผู้ผลิต), 2551.

อุทัย ศุภิสกุลวงศ์. การศึกษานวัตกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังวัสดุท่อของอาคารพักอาศัย  
ในเขตร้อนชื้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิต  
วิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

อนุสรณ์ ศรีสุวรรณ. การศึกษานวัตกรรมเคลือบสะท้อนความร้อน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหาร  
ธุรกิจ, ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2545.

#### ภาษาอังกฤษ

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

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 1989

ASHRAE Handbook of Fundamentals. I-P Edition. (n.p.) Atlanta Georgia, 1989.

Diydata, Condensation [Online]. Available from:[http://diydata.com/problem/  
condensation/condensation.php#conditions](http://diydata.com/problem/condensation/condensation.php#conditions)

Fanger, P.O. Thermal Comfort. McGraw-Hill Book Company. United States, 1970.

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

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

Hastings, S. Robert and Crenshaw, Richard W. 1977. Window Design Strategies to  
Conserve Energy. Washington: U.S.Government Printing Office.

Irene Addison, Climate Change and the Greenhouse Effect [Online]. Available from:  
[http://www.coolwilliamstown.org/what\\_is.php](http://www.coolwilliamstown.org/what_is.php) [1996].

Lechner, N. Heating, Cooling, Lighting. New York: John Wiley&Sons. 1991.

Mike Mayberry, Condensation and Skylights [Online]. Available from: [http://www.  
suninlighting.com/content/view/19/9/](http://www.suninlighting.com/content/view/19/9/) [2008].

Nils Petermann, Window Technologies: Low-E Coatings [Online]. Available from:  
<http://www.efficientwindows.org/lowe.cfm> [2008].

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

Windows today, Pilkington Activ - The world's first self cleaning glass [Online]. Available from:[http://www.windowstoday.co.uk/self\\_cleaning\\_glass.htm](http://www.windowstoday.co.uk/self_cleaning_glass.htm)



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





ภาคผนวก ก

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร  
(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-1 อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน มกราคม 2551

| วันที่    | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/1/2008  | 24.2          | 22.9 | 21.0 | 23.7  | 26.7  | 27.4  | 25.7  | 24.0  | 24.5   |
| 2/1/2008  | 21.9          | 20.0 | 18.5 | 22.0  | 25.2  | 26.2  | 24.2  | 22.9  | 22.6   |
| 3/1/2008  | 22.0          | 20.2 | 20.0 | 24.0  | 28.1  | 28.6  | 26.0  | 25.0  | 24.2   |
| 4/1/2008  | 23.8          | 22.0 | 21.0 | 26.1  | 29.9  | 31.0  | 28.0  | 26.8  | 26.1   |
| 5/1/2008  | 25.5          | 23.7 | 22.1 | 27.8  | 30.8  | 31.0  | 28.6  | 26.7  | 27.0   |
| 6/1/2008  | 24.0          | 24.0 | 23.9 | 27.0  | 30.8  | 31.0  | 28.0  | 26.8  | 26.9   |
| 7/1/2008  | 24.0          | 22.0 | 21.0 | 28.0  | 31.2  | 32.0  | 28.1  | 26.0  | 26.5   |
| 8/1/2008  | 23.4          | 22.0 | 21.2 | 29.0  | 32.0  | 33.0  | 29.2  | 25.9  | 27.0   |
| 9/1/2008  | 23.8          | 22.4 | 21.8 | 29.0  | 32.5  | 31.9  | 28.4  | 26.0  | 27.0   |
| 10/1/2008 | 25.5          | 24.1 | 23.4 | 28.0  | 31.1  | 31.3  | 27.9  | 26.3  | 27.2   |
| 11/1/2008 | 26.3          | 26.0 | 24.9 | 29.0  | 31.0  | 31.1  | 27.8  | 26.8  | 27.9   |
| 12/1/2008 | 26.2          | 25.8 | 25.0 | 29.0  | 32.0  | 31.2  | 28.8  | 27.0  | 28.1   |
| 13/1/2008 | 26.2          | 25.0 | 23.9 | 28.1  | 33.0  | 32.0  | 29.0  | 26.1  | 27.9   |
| 14/1/2008 | 26.9          | 25.0 | 25.0 | 28.0  | 32.8  | 32.0  | 30.0  | 28.0  | 28.5   |
| 15/1/2008 | 26.4          | 25.8 | 25.0 | 29.0  | 32.5  | 33.1  | 30.8  | 28.2  | 28.9   |
| 16/1/2008 | 25.7          | 25.0 | 23.0 | 27.8  | 31.2  | 32.3  | 29.2  | 26.8  | 27.6   |
| 17/1/2008 | 26.2          | 26.0 | 24.4 | 25.8  | 29.3  | 29.9  | 28.5  | 26.2  | 27.0   |
| 18/1/2008 | 24.0          | 23.0 | 23.0 | 28.0  | 31.2  | 32.2  | 30.3  | 27.8  | 27.4   |
| 19/1/2008 | 25.0          | 23.3 | 22.3 | 30.0  | 32.5  | 33.6  | 30.0  | 28.0  | 28.1   |
| 20/1/2008 | 25.9          | 24.0 | 23.0 | 31.0  | 34.2  | 35.0  | 30.6  | 27.0  | 28.8   |
| 21/1/2008 | 25.7          | 24.1 | 23.7 | 28.0  | 34.0  | 33.8  | 30.0  | 27.0  | 28.3   |
| 22/1/2008 | 25.1          | 24.7 | 24.0 | 28.0  | 32.9  | 34.0  | 30.8  | 27.5  | 28.4   |
| 23/1/2008 | 25.9          | 24.8 | 23.9 | 27.5  | 31.0  | 31.9  | 29.7  | 27.4  | 27.8   |
| 24/1/2008 | 25.1          | 23.0 | 23.0 | 27.6  | 32.3  | 31.4  | 29.4  | 28.0  | 27.5   |
| 25/1/2008 | 26.4          | 25.0 | 24.2 | 27.0  | 29.8  | 30.6  | 28.7  | 26.6  | 27.3   |
| 26/1/2008 | 24.8          | 23.4 | 23.0 | 26.7  | 29.2  | 31.5  | 29.8  | 27.8  | 27.0   |
| 27/1/2008 | 26.1          | 26.0 | 26.0 | 29.0  | 32.8  | 32.8  | 29.7  | 27.9  | 28.8   |
| 28/1/2008 | 27.0          | 26.2 | 25.0 | 30.0  | 31.6  | 30.0  | 28.0  | 27.9  | 28.2   |
| 29/1/2008 | 27.3          | 27.0 | 27.0 | 30.0  | 32.0  | 31.5  | 28.0  | 27.8  | 28.8   |
| 30/1/2008 | 27.2          | 27.0 | 27.2 | 26.0  | 30.2  | 30.8  | 28.0  | 27.0  | 27.9   |
| 31/1/2008 | 27.0          | 26.4 | 26.2 | 28.8  | 31.5  | 31.0  | 28.2  | 27.9  | 28.4   |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร  
(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-2 อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน กุมภาพันธ์ 2551

| วันที่    | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/2/2008  | 27.6          | 27.0 | 27.0 | 28.9  | 31.7  | 31.1  | 28.2  | 27.9  | 28.7   |
| 2/2/2008  | 27.3          | 26.7 | 26.0 | 28.0  | 31.7  | 31.6  | 28.0  | 27.2  | 28.3   |
| 3/2/2008  | 27.0          | 25.0 | 24.7 | 26.0  | 29.8  | 30.0  | 27.1  | 26.0  | 27.0   |
| 4/2/2008  | 24.2          | 24.0 | 24.0 | 26.0  | 24.6  | 23.0  | 23.0  | 23.0  | 24.0   |
| 5/2/2008  | 23.7          | 23.2 | 23.2 | 25.9  | 29.3  | 29.4  | 28.0  | 26.5  | 26.2   |
| 6/2/2008  | 24.9          | 24.0 | 23.5 | 29.0  | 32.2  | 32.4  | 29.2  | 27.8  | 27.9   |
| 7/2/2008  | 27.0          | 26.9 | 25.8 | 29.0  | 32.1  | 31.2  | 28.9  | 28.0  | 28.6   |
| 8/2/2008  | 27.4          | 27.0 | 26.0 | 29.2  | 32.0  | 32.2  | 28.9  | 27.8  | 28.8   |
| 9/2/2008  | 27.0          | 26.9 | 26.2 | 28.0  | 31.0  | 31.1  | 28.1  | 27.0  | 28.2   |
| 10/2/2008 | 26.2          | 25.9 | 25.8 | 28.1  | 31.7  | 32.0  | 28.4  | 27.3  | 28.2   |
| 11/2/2008 | 27.0          | 26.8 | 26.3 | 28.0  | 31.3  | 31.4  | 28.7  | 27.7  | 28.4   |
| 12/2/2008 | 27.1          | 27.0 | 26.2 | 28.8  | 31.4  | 31.1  | 28.3  | 28.0  | 28.5   |
| 13/2/2008 | 27.5          | 26.1 | 25.2 | 27.0  | 30.8  | 31.0  | 28.0  | 27.0  | 27.8   |
| 14/2/2008 | 26.1          | 25.0 | 24.5 | 27.0  | 30.8  | 32.0  | 29.3  | 27.2  | 27.7   |
| 15/2/2008 | 26.9          | 23.4 | 24.0 | 25.6  | 29.3  | 30.9  | 29.2  | 27.0  | 27.0   |
| 16/2/2008 | 25.9          | 25.1 | 24.8 | 27.3  | 30.2  | 32.0  | 27.9  | 27.1  | 27.5   |
| 17/2/2008 | 26.9          | 26.9 | 25.8 | 29.6  | 31.0  | 30.0  | 27.9  | 27.0  | 28.1   |
| 18/2/2008 | 26.9          | 26.0 | 25.0 | 28.0  | 31.0  | 32.0  | 29.7  | 27.7  | 28.3   |
| 19/2/2008 | 26.0          | 25.0 | 23.9 | 27.8  | 29.9  | 31.3  | 29.4  | 27.8  | 27.6   |
| 20/2/2008 | 25.5          | 24.0 | 23.0 | 26.8  | 29.5  | 30.9  | 28.0  | 26.0  | 26.7   |
| 21/2/2008 | 23.8          | 23.5 | 21.9 | 26.0  | 30.1  | 31.4  | 28.6  | 24.5  | 26.2   |
| 22/2/2008 | 22.9          | 22.0 | 20.0 | 28.7  | 32.4  | 33.1  | 29.0  | 26.4  | 26.8   |
| 23/2/2008 | 24.2          | 22.2 | 22.0 | 28.2  | 33.0  | 34.1  | 31.0  | 28.0  | 27.8   |
| 24/2/2008 | 25.0          | 24.9 | 24.0 | 30.0  | 33.0  | 34.0  | 29.9  | 28.0  | 28.6   |
| 25/2/2008 | 27.0          | 26.5 | 26.2 | 30.0  | 31.1  | 28.9  | 27.9  | 27.6  | 28.2   |
| 26/2/2008 | 27.2          | 27.0 | 26.2 | 28.8  | 30.0  | 31.8  | 28.8  | 28.0  | 28.5   |
| 27/2/2008 | 27.0          | 26.0 | 26.0 | 27.8  | 31.1  | 32.9  | 30.2  | 28.8  | 28.7   |
| 28/2/2008 | 27.0          | 25.0 | 25.7 | 27.8  | 29.2  | 31.3  | 29.0  | 27.0  | 27.8   |
| 29/2/2008 | 25.8          | 24.5 | 24.0 | 29.0  | 32.7  | 33.9  | 31.0  | 28.0  | 28.6   |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร  
(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6.3 อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน มีนาคม 2551

| วันที่    | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/3/2008  | 27.0          | 26.0 | 26.0 | 27.0  | 31.0  | 32.8  | 30.0  | 28.0  | 28.5   |
| 2/3/2008  | 26.3          | 25.0 | 24.1 | 29.7  | 33.2  | 34.2  | 31.0  | 27.8  | 28.9   |
| 3/3/2008  | 26.2          | 24.5 | 23.8 | 28.5  | 31.1  | 32.5  | 29.8  | 26.2  | 27.8   |
| 4/3/2008  | 24.7          | 22.5 | 21.1 | 27.1  | 31.2  | 32.3  | 29.1  | 25.0  | 26.6   |
| 5/3/2008  | 24.2          | 23.0 | 22.8 | 28.0  | 31.7  | 32.8  | 30.0  | 27.8  | 27.5   |
| 6/3/2008  | 24.8          | 22.6 | 21.9 | 29.1  | 32.4  | 34.0  | 31.3  | 28.1  | 28.0   |
| 7/3/2008  | 26.0          | 25.0 | 25.7 | 30.3  | 33.8  | 33.4  | 31.1  | 28.9  | 29.3   |
| 8/3/2008  | 27.9          | 27.0 | 26.6 | 30.0  | 31.7  | 31.6  | 29.9  | 27.4  | 29.0   |
| 9/3/2008  | 26.8          | 25.8 | 25.9 | 30.8  | 32.9  | 34.0  | 28.0  | 27.8  | 29.0   |
| 10/3/2008 | 27.0          | 26.0 | 25.0 | 30.4  | 30.1  | 28.3  | 29.0  | 28.0  | 28.0   |
| 11/3/2008 | 27.9          | 27.8 | 26.1 | 30.5  | 28.0  | 31.0  | 28.7  | 28.0  | 28.5   |
| 12/3/2008 | 28.0          | 27.2 | 27.0 | 30.5  | 33.0  | 32.8  | 29.2  | 28.3  | 29.5   |
| 13/3/2008 | 27.9          | 27.3 | 27.0 | 30.1  | 32.3  | 32.0  | 29.0  | 28.0  | 29.2   |
| 14/3/2008 | 28.0          | 27.2 | 27.3 | 31.0  | 33.0  | 33.0  | 29.2  | 28.8  | 29.7   |
| 15/3/2008 | 28.4          | 28.0 | 27.9 | 31.0  | 32.1  | 32.0  | 29.0  | 28.0  | 29.6   |
| 16/3/2008 | 28.0          | 27.5 | 27.1 | 30.0  | 32.5  | 32.7  | 29.0  | 28.3  | 29.4   |
| 17/3/2008 | 28.0          | 27.8 | 27.2 | 31.8  | 32.9  | 32.1  | 29.0  | 28.0  | 29.6   |
| 18/3/2008 | 28.0          | 27.0 | 27.0 | 31.2  | 32.3  | 32.4  | 29.4  | 28.3  | 29.5   |
| 19/3/2008 | 27.9          | 27.5 | 27.1 | 31.2  | 32.2  | 33.1  | 29.6  | 28.5  | 29.6   |
| 20/3/2008 | 28.0          | 27.4 | 27.3 | 31.1  | 32.2  | 32.0  | 29.0  | 28.8  | 29.5   |
| 21/3/2008 | 28.2          | 28.0 | 27.9 | 30.8  | 32.9  | 32.5  | 29.0  | 28.9  | 29.8   |
| 22/3/2008 | 28.0          | 27.2 | 26.9 | 31.0  | 33.1  | 33.3  | 29.9  | 29.0  | 29.8   |
| 23/3/2008 | 28.8          | 28.1 | 28.1 | 32.0  | 34.0  | 34.0  | 30.0  | 29.3  | 30.5   |
| 24/3/2008 | 28.2          | 27.0 | 27.0 | 31.0  | 34.2  | 33.5  | 29.9  | 29.0  | 30.0   |
| 25/3/2008 | 28.3          | 28.0 | 27.9 | 30.6  | 33.2  | 31.2  | 29.0  | 28.4  | 29.6   |
| 26/3/2008 | 28.0          | 27.3 | 26.9 | 31.2  | 33.2  | 33.0  | 29.7  | 29.1  | 29.8   |
| 27/3/2008 | 29.0          | 28.5 | 28.2 | 30.8  | 32.3  | 32.4  | 30.0  | 29.0  | 30.0   |
| 28/3/2008 | 28.4          | 28.1 | 28.0 | 31.6  | 32.9  | 33.0  | 30.0  | 29.0  | 30.1   |
| 29/3/2008 | 28.9          | 28.1 | 28.0 | 32.0  | 33.5  | 33.6  | 30.0  | 29.0  | 30.4   |
| 30/3/2008 | 28.8          | 28.0 | 28.0 | 32.5  | 35.0  | 34.6  | 30.0  | 29.2  | 30.8   |
| 31/3/2008 | 29.1          | 28.3 | 26.4 | 33.0  | 34.1  | 35.0  | 31.3  | 30.0  | 30.9   |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร  
(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-4 อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน เมษายน 2551

| วันที่    | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/4/2008  | 28.0          | 27.6 | 26.7 | 33.0  | 35.9  | 35.1  | 31.0  | 30.0  | 30.9   |
| 2/4/2008  | 29.0          | 28.9 | 28.8 | 31.0  | 33.8  | 34.0  | 30.0  | 29.9  | 30.7   |
| 3/4/2008  | 29.0          | 27.0 | 27.0 | 32.3  | 34.4  | 34.3  | 31.0  | 29.4  | 30.6   |
| 4/4/2008  | 29.0          | 28.7 | 27.5 | 33.0  | 34.6  | 32.8  | 30.7  | 29.0  | 30.7   |
| 5/4/2008  | 27.6          | 26.5 | 27.0 | 32.0  | 33.0  | 34.8  | 31.0  | 30.0  | 30.2   |
| 6/4/2008  | 28.0          | 27.0 | 27.0 | 27.8  | 28.3  | 29.4  | 28.1  | 27.1  | 27.8   |
| 7/4/2008  | 26.9          | 26.8 | 26.3 | 31.3  | 33.5  | 33.0  | 30.0  | 29.3  | 29.6   |
| 8/4/2008  | 28.8          | 28.0 | 28.0 | 31.1  | 34.0  | 34.0  | 30.6  | 29.6  | 30.5   |
| 9/4/2008  | 29.0          | 28.4 | 29.0 | 32.0  | 34.0  | 33.6  | 30.7  | 29.9  | 30.8   |
| 10/4/2008 | 29.2          | 29.0 | 28.9 | 32.0  | 35.2  | 34.8  | 30.9  | 30.0  | 31.3   |
| 11/4/2008 | 29.4          | 29.0 | 28.8 | 32.6  | 33.7  | 34.7  | 31.0  | 29.7  | 31.1   |
| 12/4/2008 | 29.3          | 29.2 | 29.5 | 28.7  | 34.1  | 33.7  | 30.6  | 29.7  | 30.6   |
| 13/4/2008 | 29.1          | 29.0 | 29.0 | 31.8  | 34.2  | 34.0  | 30.8  | 30.0  | 31.0   |
| 14/4/2008 | 29.2          | 28.5 | 28.2 | 32.0  | 34.9  | 34.0  | 31.0  | 30.0  | 31.0   |
| 15/4/2008 | 29.1          | 28.8 | 28.0 | 34.0  | 35.0  | 35.9  | 31.1  | 30.3  | 31.5   |
| 16/4/2008 | 27.8          | 27.2 | 27.1 | 33.1  | 35.0  | 33.0  | 31.0  | 30.0  | 30.5   |
| 17/4/2008 | 29.8          | 29.0 | 28.1 | 34.3  | 35.6  | 33.5  | 31.0  | 30.5  | 31.5   |
| 18/4/2008 | 30.0          | 29.0 | 27.9 | 33.0  | 35.0  | 33.0  | 31.0  | 30.8  | 31.2   |
| 19/4/2008 | 30.0          | 29.2 | 28.0 | 31.2  | 34.0  | 34.0  | 31.0  | 30.4  | 31.0   |
| 20/4/2008 | 30.0          | 29.4 | 29.7 | 32.7  | 34.0  | 34.0  | 30.9  | 30.0  | 31.3   |
| 21/4/2008 | 29.9          | 29.0 | 29.0 | 33.2  | 34.3  | 34.1  | 31.1  | 30.2  | 31.4   |
| 22/4/2008 | 30.0          | 29.2 | 29.0 | 33.5  | 34.8  | 34.1  | 31.3  | 30.9  | 31.6   |
| 23/4/2008 | 25.7          | 25.4 | 26.1 | 30.5  | 33.7  | 33.4  | 25.0  | 25.9  | 28.2   |
| 24/4/2008 | 25.5          | 25.0 | 25.4 | 31.1  | 34.6  | 35.0  | 27.7  | 28.2  | 29.1   |
| 25/4/2008 | 27.9          | 23.9 | 23.8 | 25.0  | 28.7  | 31.8  | 28.4  | 25.3  | 26.9   |
| 26/4/2008 | 25.4          | 25.0 | 25.0 | 29.0  | 33.0  | 29.0  | 27.0  | 27.0  | 27.6   |
| 27/4/2008 | 27.0          | 26.7 | 26.9 | 30.1  | 33.2  | 32.2  | 29.7  | 26.3  | 29.0   |
| 28/4/2008 | 25.2          | 25.9 | 26.0 | 30.1  | 33.2  | 33.9  | 29.5  | 26.9  | 28.8   |
| 29/4/2008 | 26.0          | 26.0 | 26.0 | 30.5  | 32.7  | 32.5  | 27.0  | 26.0  | 28.3   |
| 30/4/2008 | 25.8          | 25.5 | 25.6 | 30.0  | 33.2  | 32.7  | 30.1  | 30.0  | 29.1   |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร  
(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-5 อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน พฤษภาคม 2551

| วันที่    | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/5/2008  | 29.4          | 29.1 | 28.8 | 32.1  | 33.0  | 32.0  | 29.8  | 29.0  | 30.4   |
| 2/5/2008  | 28.2          | 27.4 | 27.6 | 31.2  | 32.0  | 31.0  | 30.0  | 30.0  | 29.7   |
| 3/5/2008  | 29.8          | 29.0 | 29.5 | 32.1  | 32.5  | 31.0  | 29.9  | 29.0  | 30.4   |
| 4/5/2008  | 29.0          | 28.5 | 27.4 | 29.8  | 30.8  | 30.7  | 29.3  | 28.9  | 29.3   |
| 5/5/2008  | 28.7          | 27.9 | 27.7 | 32.9  | 33.4  | 34.1  | 31.0  | 30.0  | 30.7   |
| 6/5/2008  | 29.2          | 28.3 | 27.8 | 32.3  | 34.9  | 35.6  | 32.2  | 30.1  | 31.3   |
| 7/5/2008  | 29.0          | 28.3 | 28.0 | 32.0  | 34.0  | 34.1  | 31.0  | 30.1  | 30.8   |
| 8/5/2008  | 29.9          | 28.5 | 28.0 | 32.3  | 35.0  | 35.0  | 31.1  | 30.0  | 31.2   |
| 9/5/2008  | 29.8          | 28.0 | 28.0 | 33.0  | 34.0  | 33.2  | 30.8  | 29.4  | 30.8   |
| 10/5/2008 | 29.0          | 28.0 | 27.2 | 32.7  | 34.0  | 33.0  | 30.7  | 30.2  | 30.6   |
| 11/5/2008 | 27.0          | 26.8 | 26.2 | 30.8  | 32.0  | 30.3  | 26.6  | 25.5  | 28.2   |
| 12/5/2008 | 25.8          | 25.1 | 25.8 | 30.0  | 31.0  | 29.6  | 29.0  | 26.0  | 27.8   |
| 13/5/2008 | 25.8          | 25.8 | 26.0 | 29.7  | 32.0  | 31.7  | 25.0  | 25.0  | 27.6   |
| 14/5/2008 | 25.2          | 25.0 | 25.2 | 29.6  | 27.1  | 30.2  | 24.7  | 25.0  | 26.5   |
| 15/5/2008 | 25.0          | 25.1 | 25.9 | 29.0  | 31.0  | 32.0  | 29.8  | 29.0  | 28.4   |
| 16/5/2008 | 29.0          | 28.0 | 28.0 | 32.0  | 33.0  | 31.3  | 29.8  | 29.6  | 30.1   |
| 17/5/2008 | 29.0          | 27.7 | 27.8 | 32.0  | 32.1  | 30.0  | 29.7  | 29.1  | 29.7   |
| 18/5/2008 | 26.0          | 26.0 | 26.1 | 31.1  | 31.5  | 30.1  | 29.0  | 28.4  | 28.5   |
| 19/5/2008 | 27.8          | 27.0 | 27.0 | 31.2  | 33.6  | 28.0  | 26.8  | 28.2  | 28.7   |
| 20/5/2008 | 27.0          | 26.5 | 27.0 | 30.2  | 33.3  | 32.9  | 30.4  | 25.3  | 29.1   |
| 21/5/2008 | 26.0          | 26.3 | 27.0 | 32.2  | 32.8  | 32.1  | 28.2  | 27.6  | 29.0   |
| 22/5/2008 | 28.1          | 28.3 | 27.7 | 31.0  | 33.0  | 32.5  | 30.0  | 26.5  | 29.6   |
| 23/5/2008 | 25.0          | 26.0 | 26.0 | 31.0  | 33.0  | 29.5  | 29.8  | 29.0  | 28.7   |
| 24/5/2008 | 28.8          | 28.0 | 27.9 | 32.0  | 33.0  | 32.0  | 30.7  | 27.8  | 30.0   |
| 25/5/2008 | 28.0          | 27.3 | 27.1 | 31.9  | 32.8  | 32.0  | 29.9  | 29.0  | 29.8   |
| 26/5/2008 | 28.3          | 27.5 | 27.2 | 32.8  | 33.0  | 32.5  | 30.8  | 29.4  | 30.2   |
| 27/5/2008 | 29.1          | 27.7 | 27.3 | 32.0  | 33.4  | 32.9  | 30.8  | 30.0  | 30.4   |
| 28/5/2008 | 29.0          | 27.2 | 27.2 | 31.8  | 32.9  | 32.2  | 30.0  | 25.9  | 29.5   |
| 29/5/2008 | 26.0          | 26.0 | 26.5 | 29.9  | 31.0  | 31.5  | 30.0  | 25.0  | 28.2   |
| 30/5/2008 | 25.0          | 26.0 | 26.5 | 30.4  | 31.1  | 31.9  | 30.9  | 27.9  | 28.7   |
| 31/5/2008 | 26.9          | 26.9 | 27.2 | 31.3  | 33.0  | 32.0  | 30.2  | 29.0  | 29.6   |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร  
(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-6 อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน มิถุนายน 2551

| วันที่    | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/6/2008  | 28.9          | 28.4 | 28.0 | 30.9  | 31.7  | 33.0  | 30.5  | 30.0  | 30.2   |
| 2/6/2008  | 26.0          | 26.0 | 26.7 | 30.2  | 31.2  | 30.0  | 29.5  | 25.6  | 28.2   |
| 3/6/2008  | 25.0          | 25.2 | 25.8 | 29.9  | 27.8  | 30.9  | 29.0  | 28.0  | 27.7   |
| 4/6/2008  | 25.9          | 25.0 | 25.1 | 30.1  | 32.5  | 28.8  | 27.7  | 26.9  | 27.8   |
| 5/6/2008  | 26.4          | 26.7 | 26.9 | 29.0  | 33.0  | 32.1  | 30.1  | 29.4  | 29.2   |
| 6/6/2008  | 29.5          | 29.2 | 28.2 | 31.9  | 33.4  | 31.9  | 29.0  | 28.0  | 30.1   |
| 7/6/2008  | 28.0          | 26.0 | 26.0 | 31.0  | 33.8  | 34.0  | 30.9  | 29.5  | 29.9   |
| 8/6/2008  | 29.0          | 28.0 | 28.0 | 32.1  | 31.1  | 32.8  | 30.6  | 29.5  | 30.1   |
| 9/6/2008  | 28.0          | 27.3 | 27.0 | 30.8  | 32.8  | 31.9  | 30.5  | 29.8  | 29.8   |
| 10/6/2008 | 28.5          | 27.8 | 27.9 | 32.5  | 34.1  | 33.3  | 30.5  | 29.0  | 30.4   |
| 11/6/2008 | 29.5          | 27.9 | 27.0 | 32.0  | 33.6  | 32.0  | 29.9  | 29.0  | 30.1   |
| 12/6/2008 | 28.7          | 28.0 | 25.2 | 31.1  | 30.8  | 29.1  | 29.5  | 28.9  | 28.9   |
| 13/6/2008 | 27.7          | 27.4 | 28.2 | 30.8  | 31.4  | 32.0  | 30.0  | 29.9  | 29.7   |
| 14/6/2008 | 29.0          | 28.3 | 27.7 | 29.3  | 31.0  | 30.7  | 29.1  | 28.5  | 29.2   |
| 15/6/2008 | 28.6          | 28.4 | 28.5 | 30.0  | 31.8  | 31.6  | 29.0  | 28.9  | 29.6   |
| 16/6/2008 | 28.7          | 28.4 | 28.9 | 30.5  | 32.1  | 32.1  | 24.0  | 25.9  | 28.8   |
| 17/6/2008 | 26.2          | 26.4 | 26.3 | 29.1  | 31.1  | 31.0  | 24.7  | 25.8  | 27.6   |
| 18/6/2008 | 26.0          | 26.3 | 26.1 | 28.5  | 31.0  | 31.0  | 29.0  | 28.6  | 28.3   |
| 19/6/2008 | 25.7          | 25.8 | 25.7 | 27.8  | 29.8  | 30.8  | 28.7  | 24.0  | 27.3   |
| 20/6/2008 | 24.0          | 24.6 | 24.8 | 29.4  | 31.1  | 30.9  | 28.3  | 26.9  | 27.5   |
| 21/6/2008 | 26.1          | 25.7 | 25.9 | 31.0  | 33.9  | 32.7  | 30.8  | 29.6  | 29.5   |
| 22/6/2008 | 28.0          | 27.0 | 26.7 | 32.0  | 33.0  | 32.9  | 30.1  | 29.0  | 29.8   |
| 23/6/2008 | 28.9          | 27.8 | 27.9 | 31.2  | 32.9  | 33.0  | 31.2  | 29.9  | 30.4   |
| 24/6/2008 | 28.7          | 27.6 | 27.0 | 31.9  | 32.4  | 32.9  | 29.0  | 29.1  | 29.8   |
| 25/6/2008 | 28.5          | 27.6 | 27.0 | 31.3  | 33.1  | 32.8  | 30.9  | 30.0  | 30.2   |
| 26/6/2008 | 28.9          | 28.0 | 27.9 | 32.0  | 32.5  | 30.4  | 29.9  | 29.2  | 29.9   |
| 27/6/2008 | 28.1          | 27.0 | 26.8 | 31.9  | 33.1  | 33.1  | 30.0  | 29.5  | 29.9   |
| 28/6/2008 | 29.2          | 28.0 | 28.0 | 32.0  | 32.8  | 33.0  | 30.9  | 29.6  | 30.4   |
| 29/6/2008 | 28.6          | 28.2 | 27.3 | 32.4  | 33.0  | 33.3  | 30.7  | 30.0  | 30.4   |
| 30/6/2008 | 29.0          | 25.9 | 26.8 | 31.5  | 33.1  | 33.1  | 31.0  | 26.8  | 29.7   |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร

(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-7 อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน กรกฎาคม 2551

| วันที่    | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/7/2008  | 26.4          | 26.7 | 27.0 | 30.2  | 31.0  | 29.0  | 25.9  | 25.9  | 27.8   |
| 2/7/2008  | 25.0          | 25.0 | 25.4 | 29.0  | 28.9  | 28.5  | 26.5  | 26.2  | 26.8   |
| 3/7/2008  | 25.9          | 25.7 | 26.0 | 29.0  | 28.0  | 29.0  | 28.6  | 27.5  | 27.5   |
| 4/7/2008  | 26.7          | 25.8 | 26.0 | 30.8  | 31.6  | 32.3  | 30.0  | 26.9  | 28.8   |
| 5/7/2008  | 27.0          | 26.0 | 26.0 | 30.3  | 33.1  | 31.6  | 30.7  | 29.5  | 29.3   |
| 6/7/2008  | 28.3          | 27.5 | 26.1 | 30.8  | 32.1  | 30.8  | 29.8  | 29.0  | 29.3   |
| 7/7/2008  | 28.0          | 26.9 | 26.1 | 30.4  | 31.1  | 25.9  | 27.1  | 26.8  | 27.8   |
| 8/7/2008  | 26.6          | 26.4 | 26.5 | 30.1  | 30.9  | 26.5  | 29.0  | 28.3  | 28.0   |
| 9/7/2008  | 24.8          | 25.3 | 26.0 | 30.0  | 29.0  | 25.1  | 26.9  | 26.0  | 26.6   |
| 10/7/2008 | 25.2          | 25.0 | 24.4 | 25.0  | 27.1  | 29.1  | 28.0  | 26.5  | 26.3   |
| 11/7/2008 | 26.0          | 25.4 | 25.0 | 30.5  | 32.1  | 31.9  | 29.0  | 28.6  | 28.6   |
| 12/7/2008 | 28.0          | 27.5 | 26.2 | 31.2  | 32.2  | 32.9  | 30.4  | 29.4  | 29.7   |
| 13/7/2008 | 28.7          | 26.0 | 26.6 | 31.4  | 32.0  | 31.1  | 29.7  | 29.0  | 29.3   |
| 14/7/2008 | 28.5          | 26.7 | 26.8 | 32.3  | 33.2  | 32.2  | 30.0  | 29.0  | 29.8   |
| 15/7/2008 | 28.7          | 28.0 | 27.3 | 32.0  | 33.6  | 34.0  | 30.8  | 29.3  | 30.5   |
| 16/7/2008 | 29.5          | 28.4 | 27.7 | 32.7  | 33.8  | 33.9  | 30.8  | 29.0  | 30.7   |
| 17/7/2008 | 27.5          | 27.5 | 27.0 | 31.5  | 32.9  | 32.0  | 28.0  | 28.0  | 29.3   |
| 18/7/2008 | 27.7          | 27.7 | 28.4 | 31.0  | 32.6  | 30.0  | 29.7  | 29.5  | 29.6   |
| 19/7/2008 | 27.0          | 27.0 | 27.0 | 31.0  | 33.0  | 32.0  | 29.8  | 25.2  | 29.0   |
| 20/7/2008 | 24.9          | 24.8 | 25.0 | 27.0  | 29.0  | 29.9  | 28.2  | 28.0  | 27.1   |
| 21/7/2008 | 27.8          | 27.2 | 27.9 | 30.9  | 31.8  | 33.1  | 30.9  | 26.5  | 29.5   |
| 22/7/2008 | 26.0          | 26.5 | 26.9 | 30.9  | 33.0  | 33.0  | 30.9  | 25.8  | 29.1   |
| 23/7/2008 | 26.8          | 26.5 | 26.0 | 31.0  | 32.7  | 33.0  | 25.9  | 26.4  | 28.5   |
| 24/7/2008 | 26.3          | 26.0 | 25.9 | 29.4  | 30.1  | 29.5  | 29.0  | 27.9  | 28.0   |
| 25/7/2008 | 27.2          | 26.8 | 26.7 | 31.0  | 31.0  | 30.0  | 28.2  | 28.7  | 28.7   |
| 26/7/2008 | 25.5          | 25.3 | 25.0 | 28.7  | 31.9  | 32.0  | 30.5  | 28.6  | 28.4   |
| 27/7/2008 | 27.5          | 26.8 | 26.6 | 29.8  | 32.4  | 31.6  | 27.9  | 28.0  | 28.8   |
| 28/7/2008 | 27.6          | 27.0 | 27.0 | 30.2  | 30.8  | 31.0  | 30.0  | 28.0  | 29.0   |
| 29/7/2008 | 27.6          | 27.4 | 26.7 | 29.0  | 31.5  | 31.0  | 29.0  | 28.6  | 28.9   |
| 30/7/2008 | 28.6          | 28.1 | 27.0 | 31.1  | 31.3  | 29.3  | 28.7  | 28.5  | 29.1   |
| 31/7/2008 | 28.0          | 27.5 | 27.8 | 30.8  | 31.5  | 32.0  | 29.0  | 28.5  | 29.4   |



ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร  
(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-8 อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน สิงหาคม 2551

| วันที่    | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/8/2008  | 28.0          | 27.0 | 27.5 | 30.8  | 31.0  | 30.5  | 27.7  | 27.4  | 28.7   |
| 2/8/2008  | 26.2          | 25.6 | 25.7 | 28.0  | 30.0  | 30.0  | 28.8  | 28.1  | 27.8   |
| 3/8/2008  | 27.5          | 27.0 | 26.0 | 29.6  | 31.2  | 32.1  | 29.8  | 29.0  | 29.0   |
| 4/8/2008  | 28.3          | 26.8 | 26.3 | 30.1  | 31.6  | 32.4  | 30.0  | 28.9  | 29.3   |
| 5/8/2008  | 28.7          | 27.5 | 26.8 | 31.2  | 32.5  | 31.0  | 26.3  | 26.3  | 28.8   |
| 6/8/2008  | 26.8          | 26.5 | 25.9 | 29.1  | 31.5  | 30.9  | 29.8  | 28.4  | 28.6   |
| 7/8/2008  | 27.8          | 27.5 | 27.6 | 29.0  | 31.2  | 31.0  | 29.9  | 29.2  | 29.2   |
| 8/8/2008  | 28.5          | 27.1 | 26.4 | 28.4  | 29.0  | 28.9  | 28.6  | 28.6  | 28.2   |
| 9/8/2008  | 28.8          | 26.9 | 28.1 | 30.8  | 33.0  | 31.0  | 29.4  | 29.1  | 29.6   |
| 10/8/2008 | 29.0          | 28.2 | 28.0 | 31.4  | 33.0  | 31.3  | 28.1  | 28.0  | 29.6   |
| 11/8/2008 | 27.2          | 27.0 | 27.0 | 31.0  | 30.0  | 28.5  | 28.2  | 27.1  | 28.2   |
| 12/8/2008 | 27.0          | 26.2 | 25.9 | 28.0  | 29.0  | 28.7  | 27.8  | 24.6  | 27.2   |
| 13/8/2008 | 25.5          | 24.7 | 24.8 | 29.1  | 31.1  | 29.5  | 27.4  | 27.1  | 27.4   |
| 14/8/2008 | 26.8          | 26.5 | 26.2 | 30.2  | 32.2  | 32.5  | 30.0  | 27.7  | 29.0   |
| 15/8/2008 | 27.8          | 27.2 | 26.5 | 31.2  | 32.5  | 33.9  | 30.2  | 26.4  | 29.5   |
| 16/8/2008 | 26.8          | 26.8 | 26.4 | 31.4  | 34.1  | 33.4  | 25.6  | 26.8  | 28.9   |
| 17/8/2008 | 26.7          | 26.0 | 25.4 | 30.6  | 32.5  | 32.8  | 26.6  | 27.1  | 28.5   |
| 18/8/2008 | 27.6          | 26.5 | 25.9 | 30.8  | 32.5  | 33.0  | 31.1  | 29.9  | 29.7   |
| 19/8/2008 | 28.6          | 27.6 | 27.2 | 29.9  | 32.1  | 31.5  | 28.8  | 25.9  | 29.0   |
| 20/8/2008 | 26.7          | 26.0 | 26.1 | 30.0  | 33.1  | 32.2  | 28.4  | 28.0  | 28.8   |
| 21/8/2008 | 27.7          | 27.2 | 26.8 | 31.0  | 33.5  | 33.5  | 30.1  | 29.0  | 29.9   |
| 22/8/2008 | 28.1          | 27.5 | 27.1 | 30.4  | 33.1  | 32.4  | 30.9  | 29.5  | 29.9   |
| 23/8/2008 | 24.9          | 25.7 | 26.0 | 31.2  | 32.8  | 33.0  | 30.0  | 29.0  | 29.1   |
| 24/8/2008 | 28.5          | 28.0 | 26.9 | 31.1  | 31.9  | 32.4  | 29.8  | 29.0  | 29.7   |
| 25/8/2008 | 28.4          | 27.7 | 27.5 | 31.0  | 33.2  | 31.5  | 29.9  | 29.1  | 29.8   |
| 26/8/2008 | 28.6          | 28.4 | 27.3 | 31.4  | 34.2  | 30.2  | 30.8  | 30.0  | 30.1   |
| 27/8/2008 | 29.4          | 28.2 | 27.4 | 31.2  | 34.2  | 32.9  | 29.9  | 29.1  | 30.3   |
| 28/8/2008 | 28.6          | 27.9 | 25.8 | 29.0  | 32.3  | 30.0  | 29.0  | 29.0  | 29.0   |
| 29/8/2008 | 28.2          | 26.4 | 26.4 | 31.1  | 32.1  | 31.1  | 29.2  | 28.9  | 29.2   |
| 30/8/2008 | 28.7          | 28.5 | 26.2 | 28.8  | 31.8  | 29.8  | 28.9  | 28.5  | 28.9   |
| 31/8/2008 | 27.0          | 26.2 | 26.0 | 31.6  | 33.5  | 32.0  | 29.7  | 29.4  | 29.4   |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร  
(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-9 อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน กันยายน 2551

| วันที่    | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/9/2008  | 28.0          | 27.2 | 26.7 | 31.3  | 33.2  | 30.1  | 28.8  | 28.6  | 29.2   |
| 2/9/2008  | 28.3          | 28.0 | 26.9 | 29.0  | 32.0  | 31.3  | 29.2  | 28.6  | 29.2   |
| 3/9/2008  | 28.0          | 27.4 | 27.2 | 29.3  | 33.1  | 33.0  | 30.0  | 29.2  | 29.7   |
| 4/9/2008  | 28.9          | 28.2 | 27.2 | 31.4  | 33.3  | 32.0  | 30.0  | 27.6  | 29.8   |
| 5/9/2008  | 27.0          | 26.0 | 25.8 | 31.1  | 34.0  | 30.9  | 25.1  | 25.1  | 28.1   |
| 6/9/2008  | 25.3          | 24.9 | 25.6 | 31.0  | 33.0  | 33.8  | 29.7  | 25.5  | 28.6   |
| 7/9/2008  | 26.0          | 25.9 | 25.6 | 28.7  | 32.8  | 32.4  | 28.3  | 27.2  | 28.4   |
| 8/9/2008  | 26.9          | 26.1 | 26.2 | 28.5  | 32.3  | 31.0  | 26.0  | 25.1  | 27.8   |
| 9/9/2008  | 25.2          | 25.1 | 25.0 | 29.8  | 31.6  | 25.0  | 25.5  | 25.7  | 26.6   |
| 10/9/2008 | 25.2          | 25.0 | 25.3 | 29.9  | 32.6  | 33.0  | 27.2  | 27.0  | 28.2   |
| 11/9/2008 | 26.8          | 26.0 | 24.5 | 26.4  | 29.0  | 29.3  | 26.5  | 26.0  | 26.8   |
| 12/9/2008 | 25.3          | 25.0 | 26.0 | 29.7  | 30.1  | 30.1  | 28.0  | 25.8  | 27.5   |
| 13/9/2008 | 26.0          | 25.7 | 26.0 | 30.4  | 31.4  | 29.0  | 27.8  | 27.1  | 27.9   |
| 14/9/2008 | 27.0          | 27.0 | 26.2 | 31.8  | 31.8  | 32.0  | 25.9  | 26.5  | 28.5   |
| 15/9/2008 | 26.5          | 26.5 | 26.2 | 30.0  | 32.2  | 31.0  | 26.8  | 27.5  | 28.3   |
| 16/9/2008 | 27.1          | 26.2 | 26.6 | 28.0  | 29.6  | 29.0  | 26.4  | 26.0  | 27.4   |
| 17/9/2008 | 26.2          | 25.8 | 25.7 | 27.0  | 26.0  | 27.0  | 26.6  | 26.0  | 26.3   |
| 18/9/2008 | 26.0          | 26.1 | 25.5 | 30.0  | 32.0  | 31.7  | 29.9  | 25.1  | 28.3   |
| 19/9/2008 | 24.7          | 24.5 | 25.0 | 29.0  | 30.0  | 29.2  | 28.9  | 25.4  | 27.1   |
| 20/9/2008 | 25.3          | 24.9 | 25.0 | 28.0  | 30.0  | 29.5  | 28.5  | 27.2  | 27.3   |
| 21/9/2008 | 24.5          | 24.7 | 25.0 | 28.7  | 30.9  | 31.0  | 30.0  | 28.0  | 27.9   |
| 22/9/2008 | 26.7          | 25.9 | 26.1 | 30.8  | 32.8  | 33.2  | 30.3  | 29.3  | 29.4   |
| 23/9/2008 | 27.5          | 26.4 | 25.5 | 31.2  | 33.7  | 33.1  | 30.0  | 29.0  | 29.6   |
| 24/9/2008 | 27.8          | 26.8 | 26.4 | 31.0  | 33.6  | 32.7  | 31.1  | 29.1  | 29.8   |
| 25/9/2008 | 28.1          | 27.8 | 27.7 | 31.4  | 33.7  | 32.1  | 30.0  | 29.0  | 30.0   |
| 26/9/2008 | 28.2          | 28.0 | 27.9 | 31.1  | 32.8  | 30.7  | 29.2  | 28.3  | 29.5   |
| 27/9/2008 | 27.5          | 27.4 | 27.2 | 31.2  | 33.8  | 34.0  | 27.2  | 25.0  | 29.2   |
| 28/9/2008 | 25.7          | 25.5 | 26.1 | 30.0  | 32.6  | 31.0  | 26.0  | 26.8  | 28.0   |
| 29/9/2008 | 26.5          | 26.2 | 26.0 | 29.0  | 32.4  | 33.3  | 31.1  | 29.6  | 29.3   |
| 30/9/2008 | 29.0          | 28.0 | 27.2 | 31.0  | 32.4  | 32.1  | 28.7  | 29.0  | 29.7   |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร  
(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-10 อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน ตุลาคม 2551

| วันที่     | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |    |       | เฉลี่ย |
|------------|---------------|------|------|-------|-------|-------|----|-------|--------|
|            | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19 | 22:00 |        |
| 1/10/2008  | 28.0          | 25.9 | 25.2 | 26.0  | 29.7  | 29.0  | 29 | 28.2  | 27.6   |
| 2/10/2008  | 26.3          | 25.9 | 25.4 | 30.3  | 31.2  | 32.0  | 28 | 28.0  | 28.5   |
| 3/10/2008  | 27.6          | 25.6 | 25.1 | 30.0  | 27.7  | 29.0  | 27 | 26.0  | 27.3   |
| 4/10/2008  | 25.0          | 25.0 | 25.1 | 29.8  | 32.4  | 31.0  | 29 | 27.0  | 28.0   |
| 5/10/2008  | 26.3          | 25.7 | 25.3 | 31.7  | 33.4  | 32.8  | 30 | 29.0  | 29.3   |
| 6/10/2008  | 28.3          | 27.2 | 27.0 | 31.4  | 33.8  | 32.1  | 29 | 28.8  | 29.7   |
| 7/10/2008  | 28.0          | 27.0 | 26.3 | 31.5  | 32.4  | 33.0  | 30 | 28.8  | 29.6   |
| 8/10/2008  | 28.7          | 27.0 | 26.8 | 29.5  | 31.2  | 31.7  | 28 | 27.7  | 28.9   |
| 9/10/2008  | 27.0          | 26.3 | 26.8 | 32.0  | 33.2  | 32.9  | 30 | 28.0  | 29.5   |
| 10/10/2008 | 27.4          | 27.0 | 27.0 | 31.4  | 33.0  | 32.0  | 28 | 27.7  | 29.2   |
| 11/10/2008 | 27.2          | 25.2 | 25.8 | 31.1  | 33.4  | 32.5  | 27 | 25.9  | 28.6   |
| 12/10/2008 | 26.4          | 26.1 | 26.2 | 30.7  | 33.0  | 33.7  | 30 | 29.0  | 29.5   |
| 13/10/2008 | 28.3          | 27.0 | 27.0 | 32.0  | 34.0  | 33.0  | 28 | 28.0  | 29.7   |
| 14/10/2008 | 27.0          | 27.0 | 27.0 | 31.0  | 33.1  | 33.7  | 31 | 29.8  | 30.0   |
| 15/10/2008 | 29.0          | 27.5 | 27.0 | 32.0  | 33.1  | 33.9  | 30 | 29.1  | 30.3   |
| 16/10/2008 | 28.0          | 25.5 | 26.0 | 32.0  | 33.9  | 32.0  | 31 | 30.9  | 29.9   |
| 17/10/2008 | 29.0          | 28.5 | 28.0 | 31.3  | 32.3  | 31.7  | 28 | 27.4  | 29.6   |
| 18/10/2008 | 27.4          | 27.4 | 27.2 | 29.1  | 31.1  | 31.4  | 29 | 27.0  | 28.7   |
| 19/10/2008 | 27.0          | 26.0 | 24.3 | 26.5  | 31.0  | 30.8  | 27 | 26.4  | 27.5   |
| 20/10/2008 | 25.5          | 25.2 | 25.6 | 31.0  | 33.2  | 30.8  | 28 | 27.6  | 28.4   |
| 21/10/2008 | 27.3          | 27.0 | 27.0 | 31.9  | 33.9  | 32.2  | 28 | 27.5  | 29.4   |
| 22/10/2008 | 27.0          | 26.7 | 26.8 | 30.4  | 34.0  | 27.7  | 27 | 27.0  | 28.4   |
| 23/10/2008 | 26.8          | 26.0 | 26.0 | 31.1  | 33.5  | 28.0  | 28 | 27.0  | 28.3   |
| 24/10/2008 | 26.0          | 25.9 | 26.9 | 28.8  | 32.0  | 30.0  | 27 | 27.8  | 28.2   |
| 25/10/2008 | 26.6          | 26.1 | 26.3 | 30.4  | 31.0  | 32.0  | 26 | 26.1  | 28.1   |
| 26/10/2008 | 26.0          | 25.8 | 25.6 | 25.8  | 29.7  | 29.7  | 27 | 26.6  | 27.1   |
| 27/10/2008 | 26.1          | 25.9 | 25.5 | 29.0  | 31.9  | 29.2  | 27 | 26.7  | 27.7   |
| 28/10/2008 | 25.8          | 25.3 | 25.0 | 29.0  | 31.9  | 33.0  | 30 | 26.9  | 28.4   |
| 29/10/2008 | 26.4          | 25.3 | 25.4 | 29.5  | 28.0  | 30.0  | 28 | 27.0  | 27.5   |
| 30/10/2008 | 26.4          | 26.6 | 26.4 | 29.5  | 30.0  | 27.7  | 25 | 25.6  | 27.2   |
| 31/10/2008 | 25.6          | 25.1 | 25.3 | 28.0  | 30.9  | 30.0  | 28 | 27.9  | 27.6   |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร  
(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-11 อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน พฤศจิกายน 2551

| วันที่     | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|------------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|            | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/11/2008  | 25.1          | 24.9 | 25.0 | 28.9  | 32.2  | 30.4  | 28.5  | 27.4  | 27.8   |
| 2/11/2008  | 26.9          | 26.5 | 25.3 | 30.1  | 31.7  | 31.9  | 28.3  | 26.7  | 28.4   |
| 3/11/2008  | 25.8          | 25.5 | 25.5 | 30.0  | 33.2  | 32.0  | 29.5  | 27.0  | 28.6   |
| 4/11/2008  | 26.0          | 25.5 | 26.0 | 30.1  | 27.1  | 25.0  | 25.7  | 25.5  | 26.4   |
| 5/11/2008  | 25.2          | 25.0 | 25.0 | 28.1  | 30.3  | 31.2  | 28.0  | 27.3  | 27.5   |
| 6/11/2008  | 26.8          | 27.0 | 26.6 | 30.0  | 31.1  | 30.9  | 28.8  | 27.5  | 28.6   |
| 7/11/2008  | 27.0          | 26.8 | 26.8 | 29.1  | 31.7  | 30.9  | 28.4  | 27.7  | 28.6   |
| 8/11/2008  | 27.0          | 26.6 | 26.7 | 31.3  | 33.0  | 24.4  | 25.0  | 25.9  | 27.5   |
| 9/11/2008  | 25.6          | 26.1 | 26.1 | 29.0  | 30.6  | 30.9  | 28.0  | 27.6  | 28.0   |
| 10/11/2008 | 26.3          | 25.3 | 25.0 | 26.9  | 29.5  | 29.2  | 27.0  | 26.1  | 26.9   |
| 11/11/2008 | 25.0          | 23.8 | 23.0 | 26.5  | 28.6  | 28.7  | 26.8  | 26.2  | 26.1   |
| 12/11/2008 | 25.0          | 23.8 | 23.0 | 26.8  | 29.0  | 28.5  | 26.8  | 25.0  | 26.0   |
| 13/11/2008 | 24.2          | 23.0 | 22.0 | 27.0  | 29.8  | 29.0  | 26.2  | 25.0  | 25.8   |
| 14/11/2008 | 23.1          | 22.5 | 21.2 | 25.8  | 28.9  | 28.9  | 27.0  | 26.6  | 25.5   |
| 15/11/2008 | 25.3          | 24.5 | 24.2 | 27.2  | 31.3  | 30.9  | 29.3  | 28.3  | 27.6   |
| 16/11/2008 | 27.2          | 26.7 | 26.8 | 29.0  | 30.7  | 30.0  | 28.0  | 26.8  | 28.2   |
| 17/11/2008 | 27.0          | 26.9 | 26.6 | 29.2  | 31.5  | 32.2  | 29.9  | 27.8  | 28.9   |
| 18/11/2008 | 26.8          | 26.3 | 26.4 | 28.9  | 29.0  | 27.9  | 26.6  | 26.0  | 27.2   |
| 19/11/2008 | 25.7          | 25.6 | 25.0 | 29.0  | 29.0  | 29.0  | 28.0  | 27.0  | 27.3   |
| 20/11/2008 | 27.0          | 25.9 | 24.8 | 27.6  | 30.0  | 30.0  | 29.0  | 25.9  | 27.5   |
| 21/11/2008 | 25.0          | 25.0 | 24.0 | 28.2  | 30.0  | 30.0  | 28.0  | 26.7  | 27.1   |
| 22/11/2008 | 26.0          | 25.2 | 24.8 | 27.6  | 30.3  | 30.3  | 28.0  | 26.9  | 27.4   |
| 23/11/2008 | 26.0          | 26.1 | 26.0 | 29.0  | 32.3  | 32.7  | 30.0  | 28.0  | 28.8   |
| 24/11/2008 | 27.6          | 26.3 | 26.0 | 29.5  | 32.0  | 31.2  | 29.9  | 29.0  | 28.9   |
| 25/11/2008 | 27.0          | 27.1 | 26.6 | 28.4  | 29.2  | 30.3  | 28.1  | 27.0  | 28.0   |
| 26/11/2008 | 26.1          | 26.0 | 25.0 | 28.7  | 29.2  | 29.9  | 28.6  | 27.9  | 27.7   |
| 27/11/2008 | 26.6          | 24.8 | 24.0 | 28.3  | 30.0  | 30.5  | 27.8  | 26.0  | 27.3   |
| 28/11/2008 | 24.6          | 23.0 | 22.0 | 25.9  | 28.2  | 29.2  | 26.6  | 25.5  | 25.6   |
| 29/11/2008 | 23.4          | 22.2 | 21.0 | 25.1  | 28.5  | 29.2  | 26.7  | 25.0  | 25.1   |
| 30/11/2008 | 23.2          | 21.9 | 21.6 | 24.0  | 27.0  | 27.9  | 26.0  | 24.1  | 24.5   |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร  
(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-12 อุณหภูมิกระเปาะแห้งราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน ธันวาคม 2551

| วันที่     | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|------------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|            | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/12/2008  | 22.0          | 21.0 | 20.6 | 24.8  | 27.9  | 29.0  | 26.6  | 24.0  | 24.5   |
| 2/12/2008  | 23.2          | 22.3 | 21.0 | 24.8  | 28.6  | 29.7  | 27.0  | 25.0  | 25.2   |
| 3/12/2008  | 22.5          | 20.6 | 21.2 | 26.8  | 30.0  | 31.1  | 27.0  | 24.0  | 25.4   |
| 4/12/2008  | 23.2          | 22.4 | 22.0 | 28.8  | 31.2  | 31.5  | 28.5  | 27.0  | 26.8   |
| 5/12/2008  | 24.7          | 23.8 | 23.0 | 27.2  | 30.0  | 31.0  | 28.9  | 28.0  | 27.1   |
| 6/12/2008  | 27.0          | 25.0 | 24.1 | 24.6  | 27.8  | 28.8  | 26.4  | 24.5  | 26.0   |
| 7/12/2008  | 23.8          | 24.0 | 23.0 | 26.5  | 29.7  | 30.1  | 27.2  | 25.0  | 26.2   |
| 8/12/2008  | 23.2          | 22.5 | 21.6 | 26.9  | 30.5  | 30.0  | 27.0  | 25.0  | 25.8   |
| 9/12/2008  | 22.9          | 22.0 | 21.0 | 24.9  | 28.2  | 28.2  | 25.9  | 24.8  | 24.7   |
| 10/12/2008 | 21.4          | 19.7 | 18.6 | 25.2  | 29.2  | 29.1  | 24.5  | 22.0  | 23.7   |
| 11/12/2008 | 21.5          | 20.7 | 19.2 | 26.2  | 28.7  | 29.2  | 25.9  | 24.0  | 24.4   |
| 12/12/2008 | 21.7          | 21.0 | 19.8 | 26.9  | 30.0  | 30.9  | 27.0  | 24.9  | 25.3   |
| 13/12/2008 | 24.6          | 23.1 | 22.0 | 28.0  | 31.0  | 31.0  | 27.0  | 26.2  | 26.6   |
| 14/12/2008 | 26.0          | 24.0 | 22.8 | 27.3  | 31.0  | 31.4  | 27.9  | 26.3  | 27.1   |
| 15/12/2008 | 23.9          | 22.7 | 21.7 | 26.7  | 30.0  | 30.0  | 27.0  | 25.7  | 26.0   |
| 16/12/2008 | 23.7          | 22.5 | 21.0 | 26.0  | 29.2  | 30.1  | 26.8  | 24.0  | 25.4   |
| 17/12/2008 | 23.4          | 22.1 | 21.1 | 26.0  | 29.3  | 29.7  | 26.0  | 24.0  | 25.2   |
| 18/12/2008 | 23.1          | 22.0 | 20.7 | 25.1  | 28.8  | 29.0  | 26.0  | 24.1  | 24.8   |
| 19/12/2008 | 22.8          | 20.5 | 20.0 | 25.1  | 28.9  | 28.0  | 24.9  | 23.9  | 24.3   |
| 20/12/2008 | 22.0          | 21.0 | 20.4 | 25.3  | 29.8  | 30.0  | 26.1  | 24.8  | 24.9   |
| 21/12/2008 | 24.1          | 23.0 | 22.1 | 26.4  | 30.2  | 31.9  | 28.0  | 26.2  | 26.5   |
| 22/12/2008 | 24.0          | 21.5 | 22.3 | 27.5  | 31.0  | 31.2  | 28.1  | 26.7  | 26.5   |
| 23/12/2008 | 24.6          | 22.2 | 22.4 | 27.1  | 30.0  | 30.8  | 28.0  | 26.0  | 26.4   |
| 24/12/2008 | 24.0          | 22.9 | 23.0 | 27.8  | 31.4  | 30.7  | 28.8  | 28.0  | 27.1   |
| 25/12/2008 | 26.7          | 25.0 | 24.8 | 27.2  | 30.5  | 31.2  | 29.7  | 27.8  | 27.9   |
| 26/12/2008 | 26.9          | 26.0 | 25.8 | 28.0  | 30.8  | 28.0  | 27.9  | 27.0  | 27.6   |
| 27/12/2008 | 25.7          | 24.7 | 23.8 | 27.0  | 29.6  | 30.1  | 27.0  | 25.8  | 26.7   |
| 28/12/2008 | 24.1          | 23.0 | 23.0 | 27.8  | 30.1  | 30.0  | 28.2  | 26.7  | 26.6   |
| 29/12/2008 | 25.5          | 24.2 | 23.0 | 27.7  | 31.0  | 31.5  | 29.0  | 27.7  | 27.5   |
| 30/12/2008 | 27.0          | 26.0 | 25.2 | 29.1  | 32.0  | 32.0  | 30.0  | 28.5  | 28.7   |
| 31/12/2008 | 27.1          | 24.8 | 25.1 | 28.2  | 31.5  | 32.1  | 30.0  | 29.0  | 28.5   |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร  
(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-13 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน มกราคม 2551

| วันที่    | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/1/2008  | 59            | 63   | 65   | 57    | 51    | 46    | 50    | 52    | 55     |
| 2/1/2008  | 59            | 65   | 70   | 57    | 51    | 42    | 61    | 55    | 58     |
| 3/1/2008  | 56            | 62   | 61   | 53    | 44    | 42    | 48    | 54    | 53     |
| 4/1/2008  | 54            | 65   | 72   | 52    | 42    | 46    | 52    | 54    | 55     |
| 5/1/2008  | 58            | 62   | 73   | 52    | 47    | 52    | 58    | 64    | 58     |
| 6/1/2008  | 75            | 70   | 68   | 56    | 44    | 51    | 56    | 59    | 60     |
| 7/1/2008  | 74            | 82   | 90   | 57    | 43    | 44    | 63    | 71    | 66     |
| 8/1/2008  | 83            | 85   | 87   | 52    | 42    | 35    | 57    | 68    | 64     |
| 9/1/2008  | 79            | 88   | 93   | 64    | 47    | 52    | 66    | 80    | 71     |
| 10/1/2008 | 88            | 92   | 96   | 78    | 57    | 58    | 73    | 89    | 79     |
| 11/1/2008 | 90            | 91   | 94   | 73    | 64    | 60    | 80    | 86    | 80     |
| 12/1/2008 | 90            | 91   | 95   | 76    | 60    | 65    | 76    | 84    | 80     |
| 13/1/2008 | 90            | 92   | 92   | 77    | 59    | 61    | 72    | 85    | 79     |
| 14/1/2008 | 90            | 92   | 95   | 85    | 55    | 63    | 71    | 83    | 79     |
| 15/1/2008 | 89            | 93   | 93   | 58    | 44    | 45    | 55    | 66    | 68     |
| 16/1/2008 | 71            | 61   | 68   | 55    | 42    | 38    | 51    | 64    | 56     |
| 17/1/2008 | 61            | 60   | 65   | 62    | 50    | 48    | 55    | 68    | 59     |
| 18/1/2008 | 75            | 73   | 70   | 50    | 46    | 43    | 51    | 63    | 59     |
| 19/1/2008 | 76            | 84   | 88   | 47    | 41    | 33    | 56    | 63    | 61     |
| 20/1/2008 | 75            | 90   | 91   | 48    | 40    | 34    | 56    | 73    | 63     |
| 21/1/2008 | 86            | 93   | 94   | 79    | 41    | 50    | 61    | 75    | 72     |
| 22/1/2008 | 92            | 93   | 91   | 81    | 51    | 41    | 66    | 82    | 75     |
| 23/1/2008 | 89            | 92   | 69   | 50    | 42    | 39    | 48    | 56    | 61     |
| 24/1/2008 | 67            | 81   | 74   | 55    | 41    | 45    | 50    | 57    | 59     |
| 25/1/2008 | 63            | 68   | 73   | 63    | 57    | 55    | 59    | 66    | 63     |
| 26/1/2008 | 73            | 78   | 77   | 62    | 57    | 53    | 61    | 71    | 67     |
| 27/1/2008 | 81            | 76   | 78   | 64    | 51    | 56    | 67    | 80    | 69     |
| 28/1/2008 | 84            | 89   | 92   | 69    | 61    | 65    | 77    | 78    | 77     |
| 29/1/2008 | 87            | 84   | 84   | 69    | 54    | 63    | 77    | 80    | 75     |
| 30/1/2008 | 84            | 84   | 84   | 85    | 72    | 66    | 77    | 84    | 80     |
| 31/1/2008 | 84            | 89   | 90   | 79    | 64    | 65    | 76    | 78    | 78     |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร  
(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-14 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน กุมภาพันธ์ 2551

| วันที่    | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/2/2008  | 78            | 81   | 81   | 73    | 63    | 63    | 76    | 78    | 74     |
| 2/2/2008  | 82            | 86   | 90   | 85    | 59    | 62    | 78    | 82    | 78     |
| 3/2/2008  | 80            | 92   | 94   | 91    | 73    | 61    | 82    | 84    | 82     |
| 4/2/2008  | 90            | 91   | 90   | 76    | 84    | 93    | 91    | 91    | 88     |
| 5/2/2008  | 93            | 96   | 96   | 84    | 68    | 63    | 70    | 77    | 81     |
| 6/2/2008  | 86            | 91   | 95   | 68    | 58    | 56    | 70    | 79    | 75     |
| 7/2/2008  | 84            | 87   | 92   | 78    | 65    | 68    | 83    | 85    | 80     |
| 8/2/2008  | 86            | 84   | 92   | 76    | 64    | 60    | 78    | 85    | 78     |
| 9/2/2008  | 86            | 85   | 89   | 75    | 65    | 60    | 76    | 84    | 78     |
| 10/2/2008 | 89            | 91   | 92   | 80    | 62    | 54    | 75    | 79    | 78     |
| 11/2/2008 | 84            | 83   | 87   | 77    | 62    | 60    | 73    | 79    | 76     |
| 12/2/2008 | 84            | 83   | 87   | 76    | 67    | 67    | 80    | 82    | 78     |
| 13/2/2008 | 84            | 84   | 73   | 58    | 52    | 54    | 70    | 84    | 70     |
| 14/2/2008 | 90            | 83   | 87   | 56    | 48    | 48    | 59    | 75    | 68     |
| 15/2/2008 | 85            | 88   | 67   | 58    | 51    | 49    | 52    | 66    | 65     |
| 16/2/2008 | 62            | 67   | 62   | 54    | 53    | 52    | 76    | 75    | 63     |
| 17/2/2008 | 79            | 80   | 85   | 67    | 58    | 65    | 76    | 80    | 74     |
| 18/2/2008 | 77            | 85   | 89   | 77    | 58    | 49    | 60    | 79    | 72     |
| 19/2/2008 | 86            | 68   | 68   | 57    | 45    | 44    | 51    | 52    | 59     |
| 20/2/2008 | 65            | 65   | 64   | 51    | 46    | 43    | 53    | 65    | 57     |
| 21/2/2008 | 68            | 69   | 66   | 56    | 40    | 36    | 54    | 69    | 57     |
| 22/2/2008 | 70            | 67   | 78   | 51    | 42    | 44    | 58    | 65    | 59     |
| 23/2/2008 | 68            | 81   | 82   | 49    | 32    | 26    | 48    | 54    | 55     |
| 24/2/2008 | 68            | 64   | 71   | 59    | 50    | 46    | 66    | 75    | 62     |
| 25/2/2008 | 84            | 88   | 91   | 70    | 66    | 71    | 83    | 81    | 79     |
| 26/2/2008 | 87            | 88   | 90   | 73    | 71    | 59    | 73    | 79    | 78     |
| 27/2/2008 | 90            | 92   | 92   | 84    | 60    | 52    | 60    | 74    | 76     |
| 28/2/2008 | 80            | 80   | 74   | 52    | 49    | 48    | 58    | 63    | 63     |
| 29/2/2008 | 70            | 73   | 79   | 51    | 45    | 43    | 54    | 72    | 61     |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร

(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-15 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน มีนาคม 2551

| วันที่    | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/3/2008  | 81            | 80   | 61   | 57    | 42    | 40    | 53    | 67    | 60     |
| 2/3/2008  | 82            | 91   | 91   | 48    | 39    | 42    | 54    | 58    | 63     |
| 3/3/2008  | 82            | 63   | 57   | 73    | 54    | 33    | 42    | 66    | 59     |
| 4/3/2008  | 69            | 60   | 62   | 42    | 32    | 31    | 51    | 68    | 52     |
| 5/3/2008  | 68            | 63   | 61   | 45    | 34    | 34    | 47    | 54    | 51     |
| 6/3/2008  | 67            | 78   | 82   | 41    | 42    | 41    | 49    | 63    | 58     |
| 7/3/2008  | 76            | 83   | 76   | 57    | 40    | 48    | 66    | 78    | 66     |
| 8/3/2008  | 78            | 83   | 85   | 65    | 57    | 56    | 62    | 81    | 71     |
| 9/3/2008  | 84            | 87   | 87   | 61    | 50    | 46    | 81    | 79    | 72     |
| 10/3/2008 | 84            | 89   | 92   | 69    | 72    | 80    | 71    | 81    | 80     |
| 11/3/2008 | 83            | 85   | 92   | 75    | 82    | 67    | 75    | 85    | 81     |
| 12/3/2008 | 82            | 88   | 89   | 70    | 57    | 54    | 70    | 80    | 74     |
| 13/3/2008 | 82            | 82   | 86   | 72    | 59    | 60    | 75    | 83    | 75     |
| 14/3/2008 | 82            | 83   | 86   | 69    | 60    | 56    | 77    | 80    | 74     |
| 15/3/2008 | 82            | 80   | 85   | 69    | 65    | 65    | 78    | 84    | 76     |
| 16/3/2008 | 81            | 83   | 84   | 71    | 61    | 57    | 76    | 79    | 74     |
| 17/3/2008 | 79            | 81   | 83   | 60    | 56    | 60    | 78    | 82    | 72     |
| 18/3/2008 | 77            | 84   | 84   | 65    | 56    | 54    | 59    | 77    | 70     |
| 19/3/2008 | 78            | 81   | 84   | 65    | 58    | 51    | 67    | 79    | 70     |
| 20/3/2008 | 79            | 81   | 84   | 65    | 62    | 64    | 78    | 79    | 74     |
| 21/3/2008 | 83            | 85   | 85   | 72    | 61    | 59    | 78    | 79    | 75     |
| 22/3/2008 | 85            | 90   | 91   | 71    | 61    | 56    | 72    | 80    | 76     |
| 23/3/2008 | 81            | 84   | 84   | 66    | 62    | 55    | 78    | 83    | 74     |
| 24/3/2008 | 77            | 82   | 84   | 71    | 56    | 62    | 74    | 76    | 73     |
| 25/3/2008 | 82            | 85   | 85   | 70    | 58    | 66    | 79    | 82    | 76     |
| 26/3/2008 | 81            | 84   | 86   | 58    | 54    | 59    | 74    | 78    | 72     |
| 27/3/2008 | 78            | 80   | 82   | 66    | 63    | 59    | 69    | 78    | 72     |
| 28/3/2008 | 82            | 84   | 83   | 62    | 59    | 61    | 71    | 80    | 73     |
| 29/3/2008 | 80            | 84   | 85   | 66    | 59    | 54    | 73    | 81    | 73     |
| 30/3/2008 | 80            | 85   | 85   | 61    | 53    | 50    | 71    | 79    | 71     |
| 31/3/2008 | 78            | 82   | 87   | 57    | 57    | 51    | 64    | 65    | 68     |



ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร  
(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-16 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน เมษายน 2551

| วันที่    | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/4/2008  | 70            | 77   | 81   | 50    | 48    | 48    | 68    | 77    | 65     |
| 2/4/2008  | 81            | 81   | 80   | 72    | 57    | 51    | 71    | 72    | 71     |
| 3/4/2008  | 83            | 83   | 90   | 63    | 53    | 51    | 66    | 78    | 71     |
| 4/4/2008  | 79            | 80   | 87   | 55    | 52    | 57    | 69    | 75    | 69     |
| 5/4/2008  | 76            | 86   | 84   | 66    | 65    | 57    | 66    | 73    | 72     |
| 6/4/2008  | 77            | 84   | 84   | 79    | 84    | 79    | 82    | 84    | 82     |
| 7/4/2008  | 86            | 86   | 89   | 66    | 59    | 55    | 70    | 76    | 73     |
| 8/4/2008  | 82            | 86   | 85   | 71    | 57    | 55    | 71    | 74    | 73     |
| 9/4/2008  | 81            | 82   | 78   | 65    | 56    | 56    | 67    | 73    | 70     |
| 10/4/2008 | 80            | 83   | 87   | 70    | 57    | 56    | 72    | 72    | 72     |
| 11/4/2008 | 75            | 78   | 79   | 65    | 63    | 50    | 66    | 76    | 69     |
| 12/4/2008 | 76            | 83   | 82   | 80    | 66    | 64    | 80    | 82    | 77     |
| 13/4/2008 | 84            | 83   | 86   | 67    | 59    | 52    | 65    | 71    | 71     |
| 14/4/2008 | 76            | 81   | 83   | 66    | 46    | 46    | 64    | 71    | 67     |
| 15/4/2008 | 77            | 80   | 87   | 58    | 54    | 48    | 69    | 70    | 68     |
| 16/4/2008 | 77            | 83   | 85   | 65    | 59    | 67    | 69    | 80    | 73     |
| 17/4/2008 | 82            | 86   | 92   | 62    | 60    | 59    | 65    | 77    | 73     |
| 18/4/2008 | 84            | 89   | 85   | 69    | 60    | 67    | 77    | 79    | 76     |
| 19/4/2008 | 84            | 91   | 92   | 77    | 63    | 61    | 73    | 76    | 77     |
| 20/4/2008 | 78            | 81   | 80   | 68    | 59    | 61    | 72    | 77    | 72     |
| 21/4/2008 | 78            | 83   | 85   | 65    | 60    | 60    | 73    | 77    | 73     |
| 22/4/2008 | 77            | 83   | 85   | 60    | 53    | 56    | 70    | 73    | 70     |
| 23/4/2008 | 93            | 87   | 82   | 66    | 58    | 59    | 92    | 92    | 79     |
| 24/4/2008 | 88            | 91   | 88   | 66    | 57    | 50    | 72    | 74    | 73     |
| 25/4/2008 | 82            | 92   | 95   | 92    | 80    | 66    | 81    | 89    | 85     |
| 26/4/2008 | 90            | 94   | 92   | 73    | 60    | 74    | 77    | 83    | 80     |
| 27/4/2008 | 86            | 90   | 89   | 74    | 61    | 66    | 80    | 83    | 79     |
| 28/4/2008 | 92            | 93   | 93   | 78    | 60    | 54    | 73    | 85    | 79     |
| 29/4/2008 | 89            | 92   | 92   | 68    | 57    | 58    | 79    | 85    | 78     |
| 30/4/2008 | 89            | 88   | 89   | 71    | 51    | 61    | 71    | 75    | 74     |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร

(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-17 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน พฤษภาคม 2551

| วันที่    | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/5/2008  | 81            | 84   | 84   | 66    | 61    | 63    | 73    | 72    | 73     |
| 2/5/2008  | 76            | 87   | 87   | 63    | 63    | 67    | 76    | 78    | 75     |
| 3/5/2008  | 69            | 73   | 76   | 65    | 61    | 63    | 66    | 76    | 69     |
| 4/5/2008  | 78            | 85   | 80   | 72    | 71    | 68    | 77    | 80    | 76     |
| 5/5/2008  | 80            | 80   | 81   | 54    | 60    | 56    | 67    | 75    | 69     |
| 6/5/2008  | 76            | 77   | 79   | 60    | 51    | 47    | 66    | 67    | 65     |
| 7/5/2008  | 78            | 75   | 76   | 59    | 56    | 56    | 66    | 76    | 68     |
| 8/5/2008  | 71            | 81   | 77   | 59    | 48    | 54    | 65    | 71    | 66     |
| 9/5/2008  | 69            | 77   | 71   | 55    | 56    | 60    | 67    | 73    | 66     |
| 10/5/2008 | 66            | 70   | 77   | 52    | 57    | 60    | 69    | 70    | 65     |
| 11/5/2008 | 77            | 80   | 79   | 67    | 61    | 70    | 91    | 93    | 77     |
| 12/5/2008 | 93            | 93   | 93   | 73    | 66    | 62    | 76    | 92    | 81     |
| 13/5/2008 | 93            | 93   | 95   | 67    | 59    | 63    | 92    | 96    | 82     |
| 14/5/2008 | 95            | 92   | 94   | 75    | 84    | 73    | 93    | 92    | 87     |
| 15/5/2008 | 92            | 93   | 93   | 81    | 70    | 63    | 71    | 78    | 80     |
| 16/5/2008 | 78            | 81   | 86   | 60    | 58    | 62    | 75    | 69    | 71     |
| 17/5/2008 | 78            | 79   | 84   | 62    | 63    | 71    | 74    | 78    | 74     |
| 18/5/2008 | 92            | 93   | 93   | 67    | 63    | 70    | 76    | 77    | 79     |
| 19/5/2008 | 85            | 90   | 86   | 69    | 58    | 85    | 90    | 85    | 81     |
| 20/5/2008 | 88            | 92   | 84   | 64    | 54    | 59    | 70    | 91    | 75     |
| 21/5/2008 | 92            | 93   | 87   | 59    | 57    | 63    | 75    | 87    | 77     |
| 22/5/2008 | 90            | 89   | 86   | 69    | 61    | 59    | 76    | 80    | 76     |
| 23/5/2008 | 92            | 92   | 93   | 72    | 66    | 75    | 66    | 78    | 79     |
| 24/5/2008 | 79            | 81   | 85   | 60    | 58    | 64    | 64    | 86    | 72     |
| 25/5/2008 | 91            | 90   | 84   | 66    | 60    | 61    | 72    | 78    | 75     |
| 26/5/2008 | 81            | 89   | 86   | 60    | 62    | 61    | 66    | 79    | 73     |
| 27/5/2008 | 83            | 86   | 91   | 62    | 60    | 58    | 67    | 77    | 73     |
| 28/5/2008 | 86            | 90   | 90   | 64    | 62    | 64    | 76    | 86    | 77     |
| 29/5/2008 | 93            | 95   | 94   | 71    | 66    | 64    | 77    | 92    | 82     |
| 30/5/2008 | 98            | 92   | 96   | 73    | 68    | 66    | 67    | 79    | 80     |
| 31/5/2008 | 85            | 91   | 92   | 69    | 63    | 66    | 73    | 78    | 77     |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร

(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-18 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน มิถุนายน 2551

| วันที่    | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/6/2008  | 85            | 89   | 85   | 72    | 63    | 60    | 73    | 78    | 76     |
| 2/6/2008  | 89            | 92   | 94   | 77    | 67    | 72    | 76    | 93    | 83     |
| 3/6/2008  | 93            | 96   | 94   | 80    | 87    | 72    | 78    | 90    | 86     |
| 4/6/2008  | 93            | 96   | 97   | 83    | 64    | 79    | 83    | 85    | 85     |
| 5/6/2008  | 91            | 94   | 92   | 78    | 60    | 63    | 70    | 74    | 78     |
| 6/6/2008  | 80            | 81   | 85   | 64    | 58    | 61    | 71    | 85    | 73     |
| 7/6/2008  | 90            | 93   | 94   | 70    | 57    | 51    | 66    | 75    | 75     |
| 8/6/2008  | 81            | 84   | 78   | 67    | 69    | 66    | 69    | 75    | 74     |
| 9/6/2008  | 84            | 84   | 87   | 68    | 63    | 67    | 75    | 79    | 76     |
| 10/6/2008 | 78            | 80   | 78   | 58    | 55    | 61    | 73    | 78    | 70     |
| 11/6/2008 | 78            | 82   | 98   | 65    | 60    | 60    | 75    | 81    | 75     |
| 12/6/2008 | 85            | 88   | 90   | 65    | 67    | 75    | 75    | 78    | 78     |
| 13/6/2008 | 87            | 89   | 72   | 68    | 63    | 59    | 65    | 69    | 72     |
| 14/6/2008 | 74            | 74   | 85   | 74    | 64    | 65    | 73    | 80    | 74     |
| 15/6/2008 | 79            | 78   | 78   | 70    | 63    | 64    | 77    | 79    | 74     |
| 16/6/2008 | 76            | 80   | 76   | 73    | 66    | 65    | 91    | 93    | 78     |
| 17/6/2008 | 97            | 96   | 98   | 84    | 68    | 71    | 87    | 93    | 87     |
| 18/6/2008 | 93            | 94   | 95   | 87    | 71    | 67    | 76    | 86    | 84     |
| 19/6/2008 | 90            | 89   | 89   | 84    | 71    | 67    | 78    | 90    | 82     |
| 20/6/2008 | 96            | 95   | 93   | 78    | 71    | 68    | 76    | 84    | 83     |
| 21/6/2008 | 91            | 93   | 91   | 60    | 51    | 57    | 67    | 77    | 73     |
| 22/6/2008 | 74            | 81   | 79   | 59    | 58    | 60    | 71    | 77    | 70     |
| 23/6/2008 | 78            | 79   | 72   | 58    | 56    | 58    | 68    | 71    | 68     |
| 24/6/2008 | 73            | 76   | 80   | 57    | 61    | 61    | 72    | 78    | 70     |
| 25/6/2008 | 75            | 78   | 79   | 64    | 60    | 57    | 66    | 70    | 69     |
| 26/6/2008 | 71            | 72   | 77   | 56    | 58    | 68    | 67    | 68    | 67     |
| 27/6/2008 | 72            | 77   | 78   | 60    | 57    | 59    | 71    | 78    | 69     |
| 28/6/2008 | 83            | 79   | 78   | 62    | 60    | 62    | 62    | 69    | 69     |
| 29/6/2008 | 75            | 78   | 81   | 53    | 55    | 58    | 66    | 75    | 68     |
| 30/6/2008 | 78            | 92   | 93   | 67    | 60    | 55    | 66    | 84    | 74     |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร

(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-19 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน กรกฎาคม 2551

| วันที่    | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/7/2008  | 89            | 94   | 92   | 78    | 72    | 76    | 89    | 93    | 85     |
| 2/7/2008  | 92            | 92   | 95   | 80    | 71    | 83    | 87    | 90    | 86     |
| 3/7/2008  | 91            | 93   | 94   | 78    | 83    | 76    | 80    | 77    | 84     |
| 4/7/2008  | 84            | 91   | 84   | 66    | 62    | 65    | 69    | 85    | 76     |
| 5/7/2008  | 84            | 84   | 82   | 62    | 56    | 63    | 63    | 63    | 70     |
| 6/7/2008  | 69            | 73   | 81   | 57    | 59    | 64    | 63    | 73    | 67     |
| 7/7/2008  | 74            | 76   | 82   | 63    | 64    | 86    | 91    | 92    | 79     |
| 8/7/2008  | 89            | 93   | 95   | 71    | 66    | 84    | 81    | 90    | 84     |
| 9/7/2008  | 97            | 94   | 96   | 78    | 78    | 89    | 84    | 90    | 88     |
| 10/7/2008 | 96            | 96   | 95   | 95    | 91    | 76    | 80    | 83    | 89     |
| 11/7/2008 | 90            | 84   | 90   | 63    | 60    | 61    | 74    | 78    | 75     |
| 12/7/2008 | 90            | 88   | 82   | 58    | 57    | 56    | 69    | 75    | 72     |
| 13/7/2008 | 82            | 92   | 93   | 65    | 65    | 70    | 73    | 81    | 78     |
| 14/7/2008 | 88            | 93   | 93   | 63    | 61    | 63    | 71    | 83    | 77     |
| 15/7/2008 | 87            | 85   | 80   | 59    | 58    | 59    | 67    | 79    | 72     |
| 16/7/2008 | 81            | 82   | 79   | 57    | 59    | 59    | 71    | 72    | 70     |
| 17/7/2008 | 88            | 86   | 91   | 64    | 62    | 66    | 77    | 85    | 77     |
| 18/7/2008 | 85            | 87   | 82   | 66    | 63    | 71    | 73    | 79    | 76     |
| 19/7/2008 | 95            | 92   | 94   | 68    | 62    | 65    | 74    | 92    | 80     |
| 20/7/2008 | 92            | 93   | 97   | 88    | 78    | 75    | 82    | 85    | 86     |
| 21/7/2008 | 84            | 90   | 85   | 71    | 66    | 59    | 68    | 83    | 76     |
| 22/7/2008 | 89            | 91   | 92   | 66    | 61    | 65    | 69    | 93    | 78     |
| 23/7/2008 | 94            | 96   | 88   | 62    | 57    | 58    | 92    | 97    | 81     |
| 24/7/2008 | 89            | 84   | 91   | 67    | 66    | 73    | 71    | 72    | 77     |
| 25/7/2008 | 79            | 90   | 85   | 60    | 60    | 65    | 75    | 80    | 74     |
| 26/7/2008 | 88            | 93   | 92   | 80    | 60    | 59    | 62    | 76    | 76     |
| 27/7/2008 | 83            | 83   | 81   | 64    | 58    | 62    | 79    | 82    | 74     |
| 28/7/2008 | 76            | 74   | 76   | 64    | 61    | 65    | 59    | 70    | 68     |
| 29/7/2008 | 67            | 74   | 79   | 64    | 57    | 60    | 71    | 78    | 69     |
| 30/7/2008 | 75            | 73   | 84   | 65    | 65    | 74    | 77    | 69    | 73     |
| 31/7/2008 | 70            | 75   | 76   | 64    | 62    | 58    | 74    | 81    | 70     |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร

(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-20 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน สิงหาคม 2551

| วันที่    | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/8/2008  | 85            | 85   | 81   | 66    | 66    | 68    | 81    | 87    | 77     |
| 2/8/2008  | 93            | 95   | 95   | 82    | 70    | 69    | 76    | 82    | 83     |
| 3/8/2008  | 88            | 84   | 92   | 71    | 63    | 62    | 73    | 84    | 77     |
| 4/8/2008  | 73            | 86   | 90   | 73    | 65    | 64    | 72    | 81    | 76     |
| 5/8/2008  | 87            | 81   | 81   | 60    | 57    | 71    | 86    | 84    | 76     |
| 6/8/2008  | 85            | 81   | 89   | 69    | 62    | 59    | 62    | 72    | 72     |
| 7/8/2008  | 73            | 77   | 78   | 64    | 61    | 60    | 70    | 70    | 69     |
| 8/8/2008  | 78            | 85   | 87   | 82    | 74    | 71    | 76    | 73    | 78     |
| 9/8/2008  | 74            | 85   | 79   | 66    | 59    | 68    | 77    | 83    | 74     |
| 10/8/2008 | 71            | 78   | 79   | 63    | 57    | 67    | 91    | 91    | 75     |
| 11/8/2008 | 87            | 90   | 92   | 68    | 71    | 81    | 83    | 91    | 83     |
| 12/8/2008 | 90            | 96   | 94   | 90    | 80    | 80    | 82    | 94    | 88     |
| 13/8/2008 | 96            | 92   | 93   | 76    | 64    | 69    | 75    | 84    | 81     |
| 14/8/2008 | 90            | 89   | 92   | 66    | 59    | 58    | 67    | 80    | 75     |
| 15/8/2008 | 88            | 90   | 82   | 57    | 58    | 53    | 68    | 93    | 74     |
| 16/8/2008 | 86            | 83   | 82   | 60    | 51    | 58    | 90    | 94    | 76     |
| 17/8/2008 | 90            | 88   | 88   | 63    | 58    | 62    | 90    | 84    | 78     |
| 18/8/2008 | 79            | 79   | 83   | 63    | 57    | 56    | 62    | 73    | 69     |
| 19/8/2008 | 67            | 73   | 73   | 65    | 59    | 61    | 78    | 90    | 71     |
| 20/8/2008 | 86            | 87   | 88   | 68    | 57    | 58    | 75    | 76    | 74     |
| 21/8/2008 | 77            | 80   | 78   | 62    | 53    | 59    | 72    | 73    | 69     |
| 22/8/2008 | 75            | 74   | 80   | 63    | 55    | 61    | 66    | 76    | 69     |
| 23/8/2008 | 92            | 94   | 92   | 63    | 59    | 56    | 73    | 78    | 76     |
| 24/8/2008 | 83            | 89   | 87   | 67    | 67    | 60    | 71    | 76    | 75     |
| 25/8/2008 | 84            | 86   | 92   | 73    | 61    | 68    | 72    | 79    | 77     |
| 26/8/2008 | 83            | 88   | 83   | 69    | 55    | 72    | 75    | 78    | 75     |
| 27/8/2008 | 81            | 87   | 89   | 67    | 59    | 57    | 75    | 81    | 75     |
| 28/8/2008 | 85            | 88   | 89   | 78    | 65    | 71    | 78    | 79    | 79     |
| 29/8/2008 | 85            | 90   | 93   | 77    | 60    | 65    | 77    | 78    | 78     |
| 30/8/2008 | 83            | 83   | 94   | 86    | 67    | 73    | 78    | 85    | 81     |
| 31/8/2008 | 84            | 90   | 92   | 67    | 62    | 66    | 76    | 80    | 77     |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร

(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-21 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน กันยายน 2551

| วันที่    | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|-----------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|           | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/9/2008  | 86            | 90   | 94   | 71    | 56    | 76    | 79    | 80    | 79     |
| 2/9/2008  | 85            | 86   | 89   | 86    | 64    | 67    | 77    | 80    | 79     |
| 3/9/2008  | 85            | 89   | 94   | 87    | 61    | 56    | 67    | 82    | 78     |
| 4/9/2008  | 84            | 83   | 90   | 73    | 64    | 68    | 78    | 88    | 79     |
| 5/9/2008  | 80            | 84   | 87   | 69    | 56    | 73    | 94    | 92    | 79     |
| 6/9/2008  | 90            | 93   | 95   | 67    | 58    | 61    | 72    | 80    | 77     |
| 7/9/2008  | 93            | 93   | 94   | 77    | 63    | 67    | 78    | 84    | 81     |
| 8/9/2008  | 88            | 93   | 90   | 81    | 63    | 72    | 92    | 88    | 83     |
| 9/9/2008  | 96            | 97   | 93   | 76    | 65    | 91    | 93    | 94    | 88     |
| 10/9/2008 | 95            | 96   | 95   | 73    | 62    | 57    | 89    | 90    | 82     |
| 11/9/2008 | 94            | 92   | 96   | 89    | 76    | 78    | 90    | 93    | 89     |
| 12/9/2008 | 96            | 94   | 89   | 71    | 66    | 70    | 77    | 90    | 82     |
| 13/9/2008 | 90            | 94   | 92   | 68    | 65    | 76    | 87    | 91    | 83     |
| 14/9/2008 | 90            | 91   | 95   | 60    | 63    | 63    | 93    | 96    | 81     |
| 15/9/2008 | 96            | 93   | 90   | 71    | 63    | 69    | 86    | 78    | 81     |
| 16/9/2008 | 81            | 89   | 81   | 77    | 72    | 78    | 90    | 95    | 83     |
| 17/9/2008 | 93            | 87   | 86   | 78    | 90    | 77    | 80    | 83    | 84     |
| 18/9/2008 | 92            | 91   | 86   | 65    | 54    | 56    | 70    | 88    | 75     |
| 19/9/2008 | 92            | 94   | 92   | 77    | 66    | 70    | 72    | 95    | 82     |
| 20/9/2008 | 91            | 92   | 92   | 72    | 64    | 67    | 71    | 83    | 79     |
| 21/9/2008 | 89            | 90   | 85   | 67    | 59    | 60    | 67    | 69    | 73     |
| 22/9/2008 | 74            | 82   | 83   | 58    | 49    | 52    | 57    | 63    | 65     |
| 23/9/2008 | 72            | 78   | 80   | 59    | 51    | 54    | 71    | 71    | 67     |
| 24/9/2008 | 71            | 77   | 81   | 63    | 56    | 56    | 64    | 65    | 67     |
| 25/9/2008 | 70            | 71   | 72   | 57    | 52    | 52    | 59    | 65    | 62     |
| 26/9/2008 | 72            | 74   | 76   | 63    | 57    | 67    | 68    | 75    | 69     |
| 27/9/2008 | 81            | 85   | 84   | 65    | 57    | 58    | 84    | 94    | 76     |
| 28/9/2008 | 93            | 94   | 93   | 71    | 60    | 66    | 89    | 94    | 83     |
| 29/9/2008 | 96            | 96   | 92   | 71    | 55    | 54    | 64    | 79    | 76     |
| 30/9/2008 | 75            | 71   | 75   | 58    | 57    | 61    | 78    | 78    | 69     |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร

(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-22 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน ตุลาคม 2551

| วันที่     | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|------------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|            | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/10/2008  | 88            | 93   | 97   | 90    | 76    | 75    | 78    | 83    | 85     |
| 2/10/2008  | 89            | 93   | 95   | 71    | 70    | 70    | 78    | 85    | 81     |
| 3/10/2008  | 91            | 97   | 96   | 71    | 79    | 78    | 87    | 92    | 86     |
| 4/10/2008  | 91            | 92   | 91   | 78    | 68    | 68    | 77    | 83    | 81     |
| 5/10/2008  | 86            | 91   | 89   | 63    | 57    | 62    | 71    | 79    | 75     |
| 6/10/2008  | 82            | 88   | 85   | 65    | 63    | 59    | 74    | 82    | 75     |
| 7/10/2008  | 84            | 84   | 89   | 66    | 64    | 56    | 71    | 80    | 74     |
| 8/10/2008  | 83            | 90   | 92   | 81    | 70    | 67    | 76    | 83    | 80     |
| 9/10/2008  | 90            | 94   | 90   | 66    | 60    | 62    | 73    | 78    | 77     |
| 10/10/2008 | 85            | 84   | 84   | 67    | 59    | 60    | 82    | 83    | 76     |
| 11/10/2008 | 87            | 94   | 85   | 68    | 58    | 64    | 81    | 89    | 78     |
| 12/10/2008 | 85            | 89   | 92   | 72    | 55    | 52    | 71    | 83    | 75     |
| 13/10/2008 | 82            | 84   | 83   | 60    | 55    | 56    | 77    | 82    | 72     |
| 14/10/2008 | 90            | 87   | 87   | 68    | 57    | 53    | 66    | 76    | 73     |
| 15/10/2008 | 79            | 84   | 86   | 63    | 54    | 52    | 71    | 81    | 71     |
| 16/10/2008 | 84            | 91   | 92   | 66    | 57    | 69    | 69    | 66    | 74     |
| 17/10/2008 | 77            | 74   | 72   | 59    | 59    | 57    | 67    | 78    | 68     |
| 18/10/2008 | 76            | 78   | 78   | 72    | 66    | 64    | 76    | 92    | 75     |
| 19/10/2008 | 92            | 85   | 93   | 87    | 72    | 68    | 86    | 92    | 84     |
| 20/10/2008 | 88            | 96   | 93   | 72    | 62    | 72    | 82    | 88    | 82     |
| 21/10/2008 | 90            | 87   | 88   | 66    | 57    | 65    | 81    | 88    | 78     |
| 22/10/2008 | 90            | 94   | 90   | 72    | 56    | 74    | 80    | 84    | 80     |
| 23/10/2008 | 86            | 92   | 92   | 71    | 57    | 77    | 85    | 77    | 80     |
| 24/10/2008 | 86            | 89   | 85   | 78    | 65    | 78    | 82    | 84    | 81     |
| 25/10/2008 | 84            | 85   | 86   | 69    | 67    | 60    | 92    | 90    | 79     |
| 26/10/2008 | 92            | 95   | 94   | 93    | 74    | 73    | 88    | 90    | 87     |
| 27/10/2008 | 93            | 93   | 93   | 78    | 61    | 76    | 92    | 90    | 85     |
| 28/10/2008 | 93            | 92   | 93   | 76    | 64    | 54    | 70    | 88    | 79     |
| 29/10/2008 | 92            | 92   | 91   | 75    | 86    | 73    | 82    | 90    | 85     |
| 30/10/2008 | 93            | 91   | 89   | 76    | 72    | 87    | 96    | 93    | 87     |
| 31/10/2008 | 94            | 95   | 95   | 82    | 69    | 71    | 83    | 80    | 84     |

ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร  
(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-23 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน พฤศจิกายน 2551

| วันที่     | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|------------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|            | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/11/2008  | 97            | 97   | 96   | 81    | 64    | 71    | 82    | 90    | 85     |
| 2/11/2008  | 93            | 92   | 92   | 61    | 60    | 55    | 74    | 79    | 76     |
| 3/11/2008  | 89            | 92   | 96   | 74    | 58    | 61    | 74    | 84    | 79     |
| 4/11/2008  | 90            | 90   | 89   | 71    | 79    | 92    | 93    | 89    | 87     |
| 5/11/2008  | 90            | 92   | 92   | 77    | 71    | 65    | 80    | 89    | 82     |
| 6/11/2008  | 91            | 89   | 91   | 72    | 66    | 66    | 79    | 88    | 80     |
| 7/11/2008  | 88            | 90   | 86   | 79    | 63    | 62    | 82    | 85    | 79     |
| 8/11/2008  | 88            | 87   | 86   | 69    | 56    | 94    | 97    | 93    | 84     |
| 9/11/2008  | 93            | 91   | 80   | 58    | 56    | 59    | 70    | 69    | 72     |
| 10/11/2008 | 74            | 80   | 70   | 57    | 55    | 57    | 65    | 63    | 65     |
| 11/11/2008 | 70            | 77   | 74   | 59    | 51    | 54    | 63    | 65    | 64     |
| 12/11/2008 | 67            | 72   | 72   | 56    | 52    | 54    | 64    | 69    | 63     |
| 13/11/2008 | 72            | 74   | 76   | 59    | 44    | 46    | 61    | 62    | 62     |
| 14/11/2008 | 74            | 73   | 82   | 61    | 51    | 51    | 63    | 65    | 65     |
| 15/11/2008 | 74            | 71   | 68   | 61    | 51    | 55    | 63    | 66    | 64     |
| 16/11/2008 | 69            | 71   | 69   | 70    | 67    | 65    | 81    | 86    | 72     |
| 17/11/2008 | 84            | 77   | 81   | 74    | 63    | 55    | 66    | 77    | 72     |
| 18/11/2008 | 79            | 78   | 72   | 64    | 62    | 69    | 74    | 77    | 72     |
| 19/11/2008 | 78            | 79   | 80   | 58    | 58    | 60    | 63    | 70    | 68     |
| 20/11/2008 | 63            | 64   | 69   | 59    | 53    | 53    | 58    | 77    | 62     |
| 21/11/2008 | 76            | 68   | 75   | 62    | 56    | 59    | 68    | 74    | 67     |
| 22/11/2008 | 76            | 82   | 77   | 69    | 57    | 60    | 74    | 80    | 72     |
| 23/11/2008 | 85            | 77   | 71   | 68    | 57    | 52    | 65    | 77    | 69     |
| 24/11/2008 | 70            | 74   | 72   | 61    | 54    | 57    | 62    | 70    | 65     |
| 25/11/2008 | 76            | 73   | 69   | 61    | 61    | 58    | 64    | 70    | 67     |
| 26/11/2008 | 79            | 75   | 76   | 61    | 57    | 58    | 63    | 63    | 67     |
| 27/11/2008 | 65            | 76   | 75   | 59    | 51    | 50    | 52    | 61    | 61     |
| 28/11/2008 | 62            | 59   | 58   | 49    | 47    | 44    | 59    | 59    | 55     |
| 29/11/2008 | 68            | 71   | 73   | 57    | 49    | 45    | 55    | 60    | 60     |
| 30/11/2008 | 65            | 74   | 74   | 58    | 49    | 50    | 55    | 58    | 60     |



ข้อมูลภูมิอากาศกรุงเทพมหานคร 2551: 455301-กรุงเทพฯ บางนา สกษ. จ.กรุงเทพมหานคร  
(อุตุนิยมวิทยา, 2552)

ตารางที่ 6-24 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ราย 3 ชั่วโมง ประจำเดือน ธันวาคม 2551

| วันที่     | เวลาทำการตรวจ |      |      |       |       |       |       |       | เฉลี่ย |
|------------|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
|            | 1:00          | 4:00 | 7:00 | 10:00 | 13:00 | 16:00 | 19:00 | 22:00 |        |
| 1/12/2008  | 64            | 63   | 68   | 55    | 47    | 47    | 50    | 64    | 57     |
| 2/12/2008  | 67            | 68   | 65   | 57    | 47    | 45    | 55    | 63    | 58     |
| 3/12/2008  | 76            | 83   | 81   | 57    | 44    | 47    | 70    | 83    | 68     |
| 4/12/2008  | 80            | 79   | 82   | 58    | 47    | 50    | 67    | 73    | 67     |
| 5/12/2008  | 82            | 86   | 70   | 61    | 53    | 48    | 58    | 67    | 66     |
| 6/12/2008  | 61            | 71   | 71   | 63    | 57    | 56    | 66    | 77    | 65     |
| 7/12/2008  | 73            | 75   | 73   | 62    | 54    | 53    | 61    | 73    | 66     |
| 8/12/2008  | 84            | 87   | 86   | 60    | 50    | 53    | 66    | 65    | 69     |
| 9/12/2008  | 75            | 74   | 71   | 54    | 52    | 50    | 57    | 56    | 61     |
| 10/12/2008 | 79            | 85   | 91   | 59    | 41    | 44    | 63    | 78    | 68     |
| 11/12/2008 | 81            | 78   | 93   | 55    | 42    | 49    | 60    | 67    | 66     |
| 12/12/2008 | 80            | 77   | 83   | 57    | 47    | 48    | 63    | 69    | 66     |
| 13/12/2008 | 66            | 71   | 75   | 57    | 46    | 48    | 63    | 61    | 61     |
| 14/12/2008 | 62            | 75   | 76   | 56    | 45    | 48    | 64    | 62    | 61     |
| 15/12/2008 | 74            | 82   | 80   | 58    | 48    | 50    | 66    | 69    | 66     |
| 16/12/2008 | 77            | 82   | 84   | 61    | 52    | 46    | 64    | 75    | 68     |
| 17/12/2008 | 76            | 83   | 88   | 61    | 50    | 48    | 63    | 71    | 68     |
| 18/12/2008 | 74            | 82   | 93   | 56    | 46    | 46    | 56    | 64    | 65     |
| 19/12/2008 | 70            | 79   | 81   | 54    | 46    | 54    | 70    | 65    | 65     |
| 20/12/2008 | 75            | 79   | 81   | 59    | 42    | 42    | 61    | 62    | 63     |
| 21/12/2008 | 60            | 62   | 66   | 52    | 45    | 42    | 56    | 63    | 56     |
| 22/12/2008 | 76            | 85   | 80   | 56    | 47    | 46    | 62    | 64    | 65     |
| 23/12/2008 | 73            | 82   | 79   | 57    | 53    | 47    | 61    | 69    | 65     |
| 24/12/2008 | 79            | 83   | 74   | 56    | 50    | 45    | 56    | 57    | 63     |
| 25/12/2008 | 67            | 76   | 70   | 56    | 47    | 47    | 54    | 52    | 59     |
| 26/12/2008 | 63            | 65   | 70   | 61    | 50    | 63    | 57    | 60    | 61     |
| 27/12/2008 | 65            | 71   | 74   | 63    | 55    | 58    | 66    | 70    | 65     |
| 28/12/2008 | 75            | 83   | 83   | 65    | 58    | 59    | 65    | 72    | 70     |
| 29/12/2008 | 74            | 82   | 84   | 68    | 52    | 52    | 61    | 65    | 67     |
| 30/12/2008 | 70            | 73   | 74   | 60    | 49    | 54    | 64    | 65    | 64     |
| 31/12/2008 | 74            | 89   | 75   | 60    | 50    | 48    | 59    | 57    | 64     |

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นายกุลวุฒิ จิณวุฒิ

วันเกิด 28 สิงหาคม 2519

ที่อยู่ เลขที่ 10 ลาซาล 34 แยก 1 ถนนสุขุมวิท 105 บางนา บางนา กรุงเทพฯ 10260

### ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญาตรี ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล คลองหก ปทุมธานี.

ระดับปริญญาโท กำลังศึกษาอยู่ในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### สถานที่ทำงานปัจจุบัน

บริษัท ไทย-เยอรมัน สเปเชียลตีกลาส จำกัด

ประเภทธุรกิจ โรงงานผลิตกระจกนิรภัย สำหรับธุรกิจก่อสร้าง

หน่วยงาน Commercial Project ฝ่าย ขายโครงการ

ตำแหน่ง Technical Sales Supervisor

ผลงานทางวิชาการ การประชุมวิชาการ สารศาสตร์ครั้งที่ 12

การประชุมวิชาการ สารศาสตร์ครั้งที่ 13

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย