

การศึกษารูปแบบช่องเปิดและขนาดที่เหมาะสม จากการใช้แสงธรรมชาติโดย  
ไม่เพิ่มภาระความร้อน สำหรับห้องเรียนคอมพิวเตอร์ทั่วไป

A STUDY OF TYPICAL VOID FOR GENERAL COMPUTER-CLASSROOM  
BY CONTROLLING REDUCING BUILDING HEATGAIN



เจริญ เตชเชษฐาวงศ์  
CHAROEN TAECHAJESSADAWONG

ฉพ.  
๖๖๖  
๖๖๖

เลขที่.....  
เลขทะเบียน..... 43738  
วัน, เดือน, ปี..... 30 ก.ย. 254๖

b.....  
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน  
บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**A STUDY OF TYPICAL VOID FOR GENERAL COMPUTER-CLASSROOM  
BY CONTROLLING REDUCING BUILDING HEATGAIN**



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

**2002**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับก ISBN 974-648-697-7 นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2002**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG** ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์           | การศึกษารูปแบบช่องเปิดและขนาดที่เหมาะสม จากการใช้แสงธรรมชาติ โดยไม่เพิ่มภาระความร้อน สำหรับห้องเรียนคอมพิวเตอร์ทั่วไป |
| นักศึกษา                    | นาย เจริญ เตชเจษฎาวงศ์  |
| รหัสประจำตัว                | 40063108  |
| ปริญญา                      | สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต   |
| สาขาวิชา                    | สถาปัตยกรรมเขตร้อน  |
| พ.ศ.                        | 2545  |
| อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ | รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ  |

### บทคัดย่อ

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ เป็นการนำเสนอถึงรูปแบบของช่องเปิดและขนาดสัดส่วนที่เหมาะสม จากการใช้แสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร โดยไม่เพิ่มภาระความร้อนเข้ามาภายในอาคารด้วยเช่นกัน เป็นการศึกษารูปแบบช่องเปิดในส่วนของห้องเรียนคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้ระบบปรับอากาศเป็นหลัก และลักษณะของการใช้งานก็มีความต้องการใช้แสงสว่างเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งโดยปกติอาคารเรียนหรือห้องเรียนคอมพิวเตอร์ทั่วไป ไม่ได้ให้ความสำคัญกับช่องเปิดของอาคารเท่าที่ควร โดยเป็นการแก้ปัญหาแสงสว่างในการใช้งานจากการใช้แสงประดิษฐ์เป็นหลัก ทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนแสงสว่างเพิ่มขึ้น จากการศึกษารูปแบบช่องเปิดและขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมนี้ ทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้แสงธรรมชาติที่ส่องผ่านช่องเปิดเข้ามาภายในอาคาร จึงได้มีการนำเสนอแนวทางการออกแบบตลอดจนวิธีการแก้ปัญหา

จากการศึกษาพบว่ารูปแบบช่องเปิดและขนาดสัดส่วนที่เหมาะสม สำหรับห้องเรียนคอมพิวเตอร์มีขนาดสัดส่วนไม่เกิน 50% ของพื้นที่ผนังโดยหันไปทางทิศใต้ และ 18% สำหรับผนังทางทิศเหนือ โดยการออกแบบช่องเปิดให้มีลักษณะ 2 ทาง จะทำให้แสงสว่างในบริเวณส่วนที่อยู่ลึกเข้าไปจากช่องเปิดมีปริมาณแสงสว่างที่เพิ่มขึ้น และค่าปริมาณแสงสว่างภายในห้องเรียนโดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่ดี นอกจากนี้วัสดุอุปกรณ์บังแดดที่ใช้ภูมินิยมสามารถช่วยเพิ่มปริมาณแสงสว่างภายในได้ด้วยเช่นกัน ผลจากการการออกแบบช่องเปิดในการศึกษาวิจัยนี้ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์ลง โดยจะเห็นได้จากการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติควบคู่กับการใช้แสงประดิษฐ์ ซึ่งได้แบ่งการเปิดปิดการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็น 3 ระบบ โดยระบบการใช้แสงสว่างเพียงอย่างเดียวซึ่งไม่ต้องเปิดไฟฟ้าเลย มีอัตราส่วน 60% ของระยะเวลาการใช้งาน ส่วนที่เหลืออีก 25% เป็นการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติควบคู่กับแสงประดิษฐ์ และอีก 15% เป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งระบบ

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>Thesis Title</b>   | A Study of Typical Void for General Computer- classroom<br>By Controlling Daylight and Reducing Building Heatgain |
| <b>Student</b>        | Mr. Charoen Taechajessadawong   |
| <b>Student ID.</b>    | 40063108  |
| <b>Degree</b>         | Master of Architecture  |
| <b>Programme</b>      | Tropical Architecture   |
| <b>Year</b>           | 2002  |
| <b>Thesis Advisor</b> | Assoc.Prof. Teeramon Wairojanakij   |

## ABSTRACT

The content of thesis is to present the typical void and appropriate proportion in using natural light in to the building, by reducing building heatgain. It is a study about typical void in Computer-classroom. Where an air-conditioning system is mainly used and light is need. In general school building or computer-classroom do not emphasize the adequate using more man-made light, therefore more electric power is required. The study of the typical void and the appropriate proportion illustrates the problems cause by using natural light passing through the building. As a result the designs as well as solutions are presented.

The study shows that typical void and it's appropriate proportion should not exceed 50% of the wall area and should face the south, Where as 18% should face the north. The bilateral void increases the light in the far end. And the average amount of light in the classroom is appropriate . Moreover Aluminum sun-screen materials increase the amount of light in the building. This research makes it possible to decrease the consumption of electric power by using both natural and man-made light. The light consumption is divided into 3 system, namely 60% is based on natural light without electric power, 25% is based on natural and man-made light, 15% is based on electric power.

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาในการทำทุกขั้นตอน จาก รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อ.สุชาติ กิจธนะเสรี ผู้อำนวยการสถาบันคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง ที่ได้ช่วยเหลือในการให้ข้อมูลตลอดจนคำแนะนำต่างๆที่เกี่ยวข้อง

ขอขอบพระคุณสำนักคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (สพช.) ที่ได้ให้ทุนในการสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณมารดา, คุณกิตติวัฒน์-คุณนุจรีย์ โลหะการ, คุณนุจรินทร์ เตชเจษฎาวงศ์ ที่ได้ให้การสนับสนุนในการศึกษา คุณประโยชน์ทั้งหลายที่เกิดขึ้นจากการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแต่ผู้มีพระคุณ



เจริญ

เตชเจษฎาวงศ์

# สารบัญ

|   | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย .....   | I    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....  | II   |
| กิตติกรรมประกาศ.....  | III  |
| สารบัญ.....   | IV   |
| สารบัญตาราง.....  | VI   |
| สารบัญรูป.....  | VII  |
| บทที่ 1 บทนำ.....   | 1    |
| 1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....   | 4    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย.....                                     | 7    |
| 1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย.....  | 7    |
| 1.4 ระเบียบวิธีในการศึกษาวิจัย.....                                 | 7    |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....                                  | 8    |
| บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....                            | 10   |
| 2.1 แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ.....                                     | 13   |
| 2.2 สภาพาท้องฟ้า.....   | 15   |
| 2.3 มุมที่เกิดจากตำแหน่งการ โคจรของดวงอาทิตย์.....                  | 18   |
| 2.4 พฤติกรรมของแสง.....   | 19   |
| 2.5 มาตรฐานการวัดความสบายทางแสงสว่าง (Lighting Comfort Index) ..... | 22   |
| 2.6 การวัดความสว่างและหน่วยของระบบทางแสง.....                       | 22   |
| 2.7 สภาพความสบายทางสายตา (Visual Comfort) .....                     | 25   |
| 2.8 การออกแบบระบบแสงสว่างในอาคาร.....                               | 28   |
| 2.9 การออกแบบให้ความสว่างแก่อาคาร โดยใช้แสงประดิษฐ์.....            | 33   |
| บทที่ 3 แนวทางการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร.....                     | 38   |
| 3.1 การให้แสงจากด้านข้าง (Sidelighting Concept) .....               | 38   |
| 3.2 การให้แสงทางด้านบน.....   | 48   |
| 3.3 เทคนิคในการใช้อุปกรณ์ในการนำแสงจากธรรมชาติ.....                 | 51   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต 51

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

|  | หน้า       |
|--|------------|
| 3.4 ประเภทของกระจกและคุณสมบัติของกระจก.....  | 56         |
| 3.5 รังสีดวงอาทิตย์ที่มีอิทธิพลต่อกระจก.....   | 61         |
| 3.6 การป้องกันความร้อนผ่านผนังกระจก.....   | 67         |
| 3.7 อุปกรณ์บังแดด (Device Shading) .....   | 68         |
| 3.8 สภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อระดับความส่องสว่าง.....  | 70         |
| <b>บทที่ 4 สภาพภูมิอากาศกับสภาวะการส่องสว่าง.....</b>  | <b>74</b>  |
| 4.1 สภาพภูมิอากาศในเขตกรุงเทพฯ.....  | 74         |
| 4.2 ลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อกรุงเทพฯ.....  | 75         |
| 4.3 ปริมาณแสงสว่างและรังสีดวงอาทิตย์ในเขตกรุงเทพฯ.....                                       | 77         |
| 4.4 สภาพท้องฟ้าในเขตกรุงเทพฯ.....  | 90         |
| <b>บทที่ 5 กรณีศึกษาอาคารตัวอย่างในการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ.....</b>                        | <b>92</b>  |
| 5.1 แนวทางในการเก็บข้อมูลทางกายภาพจากอาคารตัวอย่าง.....                                      | 92         |
| 5.2 การตรวจสอบประสิทธิภาพของช่องเปิดกับค่าความสว่างภายนอก.....                               | 184        |
| <b>บทที่ 6 การวิเคราะห์แนวทางการออกแบบ.....</b>  | <b>186</b> |
| 6.1 การพิจารณาการจัดวางตำแหน่งของอาคาร.....  | 186        |
| 6.2 การวิเคราะห์การจัดกลุ่มห้องเรียน.....  | 186        |
| 6.3 การวิเคราะห์สัดส่วนของห้องเรียน.....   | 189        |
| 6.4 แนวทางการพิจารณาช่องเปิด.....  | 198        |
| 6.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุกระจกของช่องเปิด.....                                       | 200        |
| 6.6 การวิเคราะห์สภาพภายในห้องเรียนเพื่อประสิทธิภาพในการส่องสว่าง.....<br>จากแสงธรรมชาติ..... | 202        |
| 6.7 การวิเคราะห์วัสดุผนังหรือเปลือกอาคาร.....  | 203        |
| 6.8 แนวทางการเลือกอุปกรณ์บังแดดเป็นวัสดุสะท้อนแสง.....                                       | 208        |

## สารบัญ (ต่อ)

|  | หน้า |
|--|------|
| บทที่ 7 ข้อมูลพื้นฐานและการออกแบบสถาปัตยกรรม.....          | 210  |
| 7.1 องค์ประกอบของอาคารสถาบันคอมพิวเตอร์.....               | 210  |
| 7.2 ข้อมูลทางกายภาพที่ตั้งโครงการ.....                     | 211  |
| 7.3 การออกแบบสถาปัตยกรรม.....                              | 214  |
| 7.4 การตรวจสอบสภาพแสงสว่างภายในห้องเรียนคอมพิวเตอร์.....   |      |
| จากหุ่นจำลอง.....  | 227  |
| 7.5 การเลือกชนิดของควงโคมและการจัดวางตำแหน่งของควงโคม..... | 242  |
| บทที่ 8 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....                           | 252  |
| 8.1 การใช้แสงธรรมชาติ.....                                 | 252  |
| 8.2 การป้องกันความร้อนเข้าสู่ช่องเปิดและกรอบอาคาร.....     | 253  |
| 8.3 ข้อเสนอแนะ.....  | 254  |
| บรรณานุกรม.....  | 255  |
| ภาคผนวก ก.....   | 256  |
| ภาคผนวก ข.....   | 259  |
| ภาคผนวก ค.....   | 262  |
| ประวัติผู้เขียน.....                                       | 265  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

| ตารางที่   | หน้า |
|--|------|
| 1.1 แสดงการใช้พลังงานในเชิงพาณิชย์กับสถานะทางเศรษฐกิจ.....                                   | 1    |
| 1.2 แสดงความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าและกำลังผลิตสำรอง.....                                  | 2    |
| 1.3 แสดงการใช้พลังงานของประเทศ.....  | 2    |
| 1.4 การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารประเภทต่างๆ.....  | 3    |
| 2.1 แสดงความยาวคลื่นที่ตอบสนองต่อวัตถุสีต่างๆ.....   | 11   |
| 2.2 แสดงค่า Relative Sensitivity กับความยาวคลื่นของแสงอาทิตย์ที่ช่วงตามนุษย์<br>มองเห็น..... | 12   |
| 2.3 มาตรฐานการวัดแสงสว่างของสถาบันต่างๆ.....   | 22   |
| 2.4 อิทธิพลของการบังแสงภายนอกต่อการสะท้อนแสงภายใน.....                                       | 31   |
| 2.5 แสดงค่ามาตรฐานกำหนดในการส่องสว่างตาม พรบ. 2535.....                                      | 35   |
| 2.6 แสดงค่าระดับการส่องสว่างที่เหมาะสมตามมาตรฐาน IES.....                                    | 36   |
| 2.7 แสดงค่ามาตรฐานต่ำสุดของ Daylight Factor .....  | 37   |
| 3.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของกระจกประเภทต่างๆ.....  | 65   |
| 3.2 แสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายนอกอาคาร.....  | 70   |
| 3.3 แสดงค่ามาตรฐานในการกำหนดค่าการสะท้อนแสงภายใน.....  | 72   |
| 3.4 ค่าการสะท้อนแสงของสี.....  | 72   |
| 4.1 ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างรวมของท้องฟ้า.....   | 78   |
| 4.2 ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างทางแนวตั้งทางทิศเหนือ.....   | 79   |
| 4.3 ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างทางแนวตั้งทางทิศตะวันออก.....                                      | 80   |
| 4.4 ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างทางแนวตั้งทางทิศใต้.....   | 81   |
| 4.5 ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างทางแนวตั้งทางทิศตะวันตก.....                                       | 82   |
| 4.6 ค่าเฉลี่ยรวมปริมาณรังสีดวงอาทิตย์.....   | 83   |
| 4.7 ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แนวตั้งทางทิศเหนือ.....                                    | 84   |
| 4.8 ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แนวตั้งทางทิศตะวันออก.....                                 | 85   |
| 4.9 ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แนวตั้งทางทิศใต้.....                                      | 86   |
| 4.10 ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แนวตั้งทางทิศตะวันตก.....                                 | 87   |
| 4.11 ค่าความถี่ของความส่องสว่างภายนอกในแนวระนาบของกรุงเทพฯ (1999-2000).....                  | 88   |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่   | หน้า |
|--|------|
| 5.1 แสดงอัตราส่วนพื้นที่ของผนังที่ติดกับช่องเปิดของอาคารในทิศทางต่างๆ.....                       | 95   |
| 5.2 ตารางการเปรียบเทียบค่า Daylight Factor ที่ 1.5% จากอาคารตัวอย่าง .....                       | 101  |
| 5.3 แสดงช่วงเวลาในการบังแดดและช่วงเวลาที่แดดส่องเข้าสู่ผนังอาคารใน.....<br>ทิศทาง AZI 180° ..... | 161  |
| 5.4 แสดงช่วงเวลาในการบังแดดและช่วงเวลาที่แดดส่องเข้าสู่ผนังอาคารใน.....<br>ทิศทาง AZI 0° .....   | 162  |
| 5.5 แสดงช่วงเวลาในการบังแดดและช่วงเวลาที่แดดส่องเข้าสู่ผนังอาคารใน.....<br>ทิศทาง AZI -90° ..... | 163  |
| 5.6 แสดงช่วงเวลาในการบังแดดและช่วงเวลาที่แดดส่องเข้าสู่ผนังอาคารใน.....<br>ทิศทาง AZI -90° ..... | 164  |
| 5.7 แสดงช่วงเวลาในการบังแดดและช่วงเวลาที่แดดส่องเข้าสู่ผนังอาคารใน.....<br>ทิศทาง AZI 90° .....  | 165  |
| 5.8 เปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างภายในห้องที่มีช่องเปิดเพียงด้านเดียว.....                       | 168  |
| 5.9 เปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างภายในห้องที่มีช่องเปิด 2 ด้าน .....                             | 168  |
| 5.10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของวัสดุกระจก.....                                   | 170  |
| 5.11 ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดที่มีเพียงด้านเดียว .....                                   | 170  |
| 5.12 ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดที่มี 2 ด้าน .....  | 170  |
| 6.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของกระจก.....   | 201  |
| 6.2 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุผนัง .....                                     | 204  |
| 6.3 เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของวัสดุผนังประเภทต่างๆ.....                                       | 206  |
| 6.4 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุหลังคา .....                                   | 207  |
| 6.5 เปรียบเทียบวัสดุอุปกรณ์บังแดด .....  | 209  |
| 7.1 การตรวจสอบประสิทธิภาพแสงสว่างภายในจากหุ่นจำลองห้องเรียนขนาด 30 คน.....                       | 228  |
| 7.2 การตรวจสอบประสิทธิภาพแสงสว่างภายในจากหุ่นจำลองห้องเรียนขนาด 70 คน.....                       | 232  |

# สารบัญรูป

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| 1.1 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร.....  | 3    |
| 1.2 แสดงปริมาณเปรียบเทียบการนำความร้อนเข้าสู่อาคาร.....                                   | 5    |
| 1.3 แสดงปริมาณแสงสว่างที่ส่องผ่านช่องเปิดด้านข้างเข้ามาภายในอาคาร.....                    | 5    |
| 1.4 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย .....  | 9    |
| 2.1 ลักษณะวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์และแกนโลกเอียง $23.5^{\circ}$ .....                    | 10   |
| 2.2 แสดงสเปกตรัมของพลังงานต่างๆ.....  | 11   |
| 2.3 ดวงอาทิตย์อ้อมเหนือ-ใต้และการส่องของแนวแสง.....                                       | 13   |
| 2.4 แสงที่เกิดจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง.....   | 14   |
| 2.5 ลักษณะการเกิดแสงจากท้องฟ้า.....   | 14   |
| 2.6 ลักษณะการเกิดแสงจากพื้นดิน.....   | 15   |
| 2.7 แสดงลักษณะท้องฟ้าปิด (Overcast sky).....  | 16   |
| 2.8 แสดงลักษณะท้องฟ้าโปร่ง (Clear sky).....   | 17   |
| 2.9 แสดงลักษณะมุมต่างๆที่เกิดขึ้น.....  | 18   |
| 2.10 แสดงลักษณะแนวทางการโคจรของดวงอาทิตย์ของกรุงเทพฯ.....                                 | 19   |
| 2.11 การสะท้อนของแสงที่ตกกระทบวัตถุ.....  | 19   |
| 2.12 การกระจายแบบ Diffuse Reflect การกระจายแบบ Combine Specular and Diffuse Reflect ..... | 20   |
| 2.13 การหักเหของแสงผ่านวัตถุโปร่งแสง.....   | 20   |
| 2.14 การทะลุผ่านของแสงผ่านวัตถุโปร่งใส.....   | 21   |
| 2.15 การดูดกลืนแสงของวัตถุ .....  | 21   |
| 2.16 ความเข้มแห่งการส่องสว่างแปรเปลี่ยนไปตามมุมที่กระทำกับแหล่งกำเนิดแสง.....             | 23   |
| 2.17 ความสัมพันธ์ระหว่างฟุตแคนเดิลกับลักซ์ .....  | 23   |
| 2.18 การกระจายฟลักซ์จะลดลงโดยแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง.....                            | 24   |
| 2.19 ความแตกต่างระหว่างความส่องสว่างกับความจ้า.....                                       | 25   |
| 2.20 แสดงรูปหน้าตัดของรูปนัยน์ตา.....   | 25   |
| 2.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุและประสิทธิภาพของสายตา.....                               | 26   |
| 2.22 แสดงลักษณะมุมมองของสายตาที่สามารถรับรู้ .....  | 26   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| 2.23 แสดงความจำที่สายตายอมรับได้ (Angle Degree).....                              | 27   |
| 2.24 องค์ประกอบของ Daylight Factor .....  | 29   |
| 2.25 แสดงการหาความสว่างจากการกระจายของแสงที่ส่องฟ้าผ่านช่องเปิด.....              | 30   |
| 2.26 แสดงสัมประสิทธิ์การบังแสงภายนอก.....   | 31   |
| 2.27 Daylight factor Protractor .....   | 33   |
| 2.28 การแบ่งห้องออกเป็นส่วนๆ (Zonal Cavity).....                                  | 34   |
| 3.1 รูปแบบหน้าต่างช่วงล่างและการส่องสว่าง.....                                    | 39   |
| 3.2 การปรับแก้ฝ้าเพดานเพื่อลดความแปรปรวนของหน้าต่างช่วงล่าง .....                 | 39   |
| 3.3 ลักษณะการส่องผ่านของแสงของหน้าต่างช่วงกลางและทัศนวิสัย.....                   | 40   |
| 3.4 การใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อลดความจ้าของแสงและการปรับแนวลาดเอียง .....            | 40   |
| ของกระจกเพื่อลดความจ้าของแสง .....  | 40   |
| 3.5 แสดงลักษณะรูปแบบของหน้าต่างช่วงกลาง.....                                      | 41   |
| 3.6 ลักษณะการส่องผ่านแสงของหน้าต่างช่วงบน.....                                    | 42   |
| 3.7 รูปแบบหน้าต่างที่มีผลต่อการส่องสว่างภายใน.....                                | 43   |
| 3.8 แสดงความสัมพันธ์ของช่องเปิดที่มีผลต่อการส่องสว่างภายในห้อง.....               | 44   |
| 3.9 เปรียบเทียบความสูงของหน้าต่างที่มีความสัมพันธ์ต่อการส่องผ่าน .....            | 45   |
| ของแสงเข้ามาภายใน.....  | 45   |
| 3.10 เปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างของหน้าต่าง 2 ด้าน ที่มีความสูงแตกต่างกัน ..... | 46   |
| 3.11 การเปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างจากการปรับเปลี่ยนความยาวของหน้าต่าง.....     | 47   |
| 3.12 ลักษณะการให้แสงแบบ Horizontal Light หรือ Skylight .....                      | 48   |
| 3.13 การปรับมุมลาดเอียงที่มีผลต่อการนำแสง.....                                    | 49   |
| 3.14 ความสูงหรือจำนวนชั้นของอาคารที่มีผลต่อการส่องสว่าง.....                      | 49   |
| 3.15 การให้แสงแบบ Sawtooth .....  | 50   |
| 3.16 การให้แสงแบบ Monitor.....  | 51   |
| 3.17 รูปแบบการนำแสงของหิ้งสะท้อนแสง.....  | 52   |
| 3.18 ลักษณะของหิ้งสะท้อนแสงแบบต่างๆ.....  | 53   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| 3.19 ลักษณะรูปแบบของ Light Pipe .....   | 54   |
| 3.20 แสดงประสิทธิภาพการสะท้อนแสงพื้นผิวของ Light Pipe ที่เข้ามาภายใน .....                  | 54   |
| 3.21 การสะท้อนแสงและการกระจายแสงของ Light Pipe.....   | 55   |
| 3.22 แสดง Top view ของ Light Pipe .....   | 55   |
| 3.23 แสดงค่าส่องผ่านรังสีและแสงของกระจกใส.....  | 58   |
| 3.24 แสดงค่าส่องผ่านรังสีและแสงของกระจก โพลทรีตัดแสง.....                                   | 59   |
| 3.25 แสดงค่าการส่องผ่านรังสีและแสงของกระจกตัดแสง.....                                       | 60   |
| 3.26 ปรัชญาการณั้ที่รังสีดวงอาทิตย์กระทบกระจกและปริมาณความร้อน<br>ทั้งหมดผ่านทะลุกระจก..... | 63   |
| 3.27 ประเภทของกระจกสะท้อนแสงที่มีผลต่อการส่องผ่านรังสีดวงอาทิตย์.....                       | 64   |
| 3.28 เปรียบเทียบการส่องผ่านแสงของกระจกประเภทต่างๆ.....                                      | 67   |
| 3.29 ลักษณะอุปกรณ์บังแดดและเงาที่เกิดขึ้น.....  | 68   |
| 3.30 อุปกรณ์บังแดดที่มีผลต่อการนำแสงสว่าง.....  | 69   |
| 3.31 แสดงการเปรียบเทียบการใช้สีที่มีผลต่อการสะท้อนแสงภายใน.....                             | 71   |
| 3.32 รูปแบบของฝ้าเพดานที่ช่วยในการกระจายแสง.....  | 73   |
| 3.33 แสดงปริมาณแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งานซึ่งขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบ.....                        | 73   |
| 4.1 แนวทางการ โจรของดวงอาทิตย์และทิศทางลมในเขตกรุงเทพฯ.....                                 | 76   |
| 4.2 แสดงปริมาณแสงรวมของดวงอาทิตย์.....  | 78   |
| 4.3 แสดงปริมาณแสงสว่างแนวตั้งทางด้านทิศเหนือ.....   | 79   |
| 4.4 แสดงปริมาณแสงสว่างแนวตั้งทางด้านทิศตะวันออก.....  | 80   |
| 4.5 แสดงปริมาณแสงสว่างแนวตั้งทางด้านทิศใต้.....   | 81   |
| 4.6 แสดงปริมาณแสงสว่างแนวตั้งทางทิศตะวันตก.....   | 82   |
| 4.7 แสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์.....  | 83   |
| 4.8 แสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แนวตั้งทางทิศเหนือ.....  | 84   |
| 4.9 แสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แนวตั้งทางทิศตะวันออก.....                                     | 85   |
| 4.10 แสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แนวตั้งทางทิศใต้.....   | 86   |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| 4.11 แสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แนวตั้งทางทิศตะวันตก .....                      | 87   |
| 4.12 แสดงสภาพของท้องฟ้าในเขตกรุงเทพฯ เฉลี่ย 10 ปี (2533-2542) .....           | 91   |
| 5.1 สภาพแวดล้อมโดยรอบของอาคารตัวอย่าง.....                                    | 93   |
| 5.2 แสดงการวางอาคารที่มีผลต่อการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ.....                  | 94   |
| 5.3 ลักษณะทางกายภาพของแปลนพื้นที่ 1-4.....                                    | 97   |
| 5.4 ลักษณะทางกายภาพของแปลนพื้นที่ 5, พื้นที่คาดฟ้า, รูปตัดอาคาร.....          | 98   |
| 5.5 ลักษณะทางกายภาพของรูปด้านทิศตะวันตก, ทิศเหนือ .....                       | 99   |
| 5.6 ลักษณะทางกายภาพของรูปด้านทิศตะวันออก, ทิศใต้.....                         | 100  |
| 5.7 แสดงลักษณะของช่องเปิดของห้องที่ทำการตรวจวัดการส่องสว่างของแสงธรรมชาติ.... | 103  |
| 5.8 อุปกรณ์ Lux Meter ที่ใช้ในการตรวจวัดการส่องสว่างของแสงธรรมชาติ.....       | 103  |
| 5.9 แสดงค่า DF ห้อง 502-503 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.....                        | 104  |
| 5.10 Daylight Contour ของห้อง 502-503 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.....              | 105  |
| 5.11 แสดงค่า DF ห้อง 502-503 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.....                      | 106  |
| 5.12 Daylight Contour ของห้อง 502-503 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.....             | 107  |
| 5.13 แสดงค่า DF ห้อง 502-503 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.....                      | 108  |
| 5.14 Daylight Contour ของห้อง 502-503 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.....             | 109  |
| 5.15 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของห้อง 502-503 ทั้ง 3 ช่วงเวลา.....            | 110  |
| 5.16 แสดงค่า DF ห้อง 507 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.....                           | 111  |
| 5.17 Daylight Contour ของห้อง 507 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.....                  | 112  |
| 5.18 แสดงค่า DF ห้อง 507 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.....                          | 113  |
| 5.19 Daylight Contour ของห้อง 507 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.....                 | 114  |
| 5.20 แสดงค่า DF ห้อง 507 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.....                          | 115  |
| 5.21 Daylight Contour ของห้อง 507 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.....                 | 116  |
| 5.22 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของห้อง 507 ทั้ง 3 ช่วงเวลา .....               | 117  |
| 5.23 แสดงค่า DF ห้อง 509 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.....                           | 118  |
| 5.24 Daylight Contour ของห้อง 509 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.....                  | 119  |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่  | หน้า |
|---|------|
| 5.25 แสดงค่า DF ห้อง 509 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.....            | 120  |
| 5.26 Daylight Contour ของห้อง 509 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ....  | 121  |
| 5.27 แสดงค่า DF ห้อง 509 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.....            | 122  |
| 5.28 Daylight Contour ของห้อง 509 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ....  | 123  |
| 5.29 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของห้อง 509 ทั้ง 3 ช่วงเวลา ..... | 124  |
| 5.30 แสดงค่า DF ห้อง 315 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.....             | 125  |
| 5.31 Daylight Contour ของห้อง 315 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น. ....   | 126  |
| 5.32 แสดงค่า DF ห้อง 315 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.....            | 127  |
| 5.33 Daylight Contour ของห้อง 315 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ....  | 128  |
| 5.34 แสดงค่า DF ห้อง 315 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.....            | 129  |
| 5.35 Daylight Contour ของห้อง 315 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ....  | 130  |
| 5.36 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของห้อง 315 ทั้ง 3 ช่วงเวลา ..... | 131  |
| 5.37 แสดงค่า DF ห้อง 501 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.....             | 132  |
| 5.38 Daylight Contour ของห้อง 501 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น. ....   | 133  |
| 5.39 แสดงค่า DF ห้อง 501 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.....            | 134  |
| 5.40 Daylight Contour ของห้อง 501 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ....  | 135  |
| 5.41 แสดงค่า DF ห้อง 501 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.....            | 136  |
| 5.42 Daylight Contour ของห้อง 501 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ....  | 137  |
| 5.43 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของห้อง 501 ทั้ง 3 ช่วงเวลา ..... | 138  |
| 5.44 แสดงค่า DF ห้อง 506 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.....             | 139  |
| 5.45 Daylight Contour ของห้อง 506 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น. ....   | 140  |
| 5.46 แสดงค่า DF ห้อง 506 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.....            | 141  |
| 5.47 Daylight Contour ของห้อง 506 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ....  | 142  |
| 5.48 แสดงค่า DF ห้อง 506 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.....            | 143  |
| 5.49 Daylight Contour ของห้อง 506 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ....  | 144  |
| 5.50 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของห้อง 506 ทั้ง 3 ช่วงเวลา ..... | 145  |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่   | หน้า |
|--|------|
| 5.51 แสดงค่า DF ห้อง 508 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.....                                | 146  |
| 5.52 Daylight Contour ของห้อง 508 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น. ....                      | 147  |
| 5.53 แสดงค่า DF ห้อง 508 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.....                               | 148  |
| 5.54 Daylight Contour ของห้อง 508 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ....                     | 149  |
| 5.55 แสดงค่า DF ห้อง 508 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.....                               | 150  |
| 5.56 Daylight Contour ของห้อง 508 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ....                     | 151  |
| 5.57 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของห้อง 508 ทั้ง 3 ช่วงเวลา .....                    | 152  |
| 5.58 แสดงค่า DF ห้อง 512-513 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.....                            | 153  |
| 5.59 Daylight Contour ของห้อง 512-513 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.....                   | 154  |
| 5.60 แสดงค่า DF ห้อง 512-513 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.....                           | 155  |
| 5.61 Daylight Contour ของห้อง 512-513 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.....                  | 156  |
| 5.62 แสดงค่า DF ห้อง 512-513 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.....                           | 157  |
| 5.63 Daylight Contour ของห้อง 512-513 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.....                  | 158  |
| 5.64 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของห้อง 512-513 ทั้ง 3 ช่วงเวลา.....                 | 159  |
| 5.65 แสดงประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดในทิศทางมุม AZI 180°.....                      | 161  |
| 5.66 แสดงประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดในทิศทางมุม AZI 0°.....                        | 162  |
| 5.67 แสดงประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดในทิศทางมุม AZI -90°.....                      | 163  |
| 5.68 แสดงประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดในทิศทางมุม AZI -90°.....                      | 164  |
| 5.69 แสดงประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดในทิศทางมุม AZI 90°.....                       | 165  |
| 5.70 ลักษณะของอุปกรณ์บังแดดที่มีผลในการลดทอนประสิทธิภาพแสงสว่าง.....               | 167  |
| 5.71 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิดด้านเดียว 50%, 70% ณ ตำแหน่งกลางผนังและริมผนัง .. | 171  |
| 5.72 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิดด้านเดียว 30%, 90%, 100% ณ ตำแหน่งกลางผนัง .....  |      |
| และริมผนัง .....   | 172  |
| 5.73 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิดด้านเดียว 50% - 80% .....                         | 173  |
| 5.74 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิด 20% - 40% .....                                  | 174  |
| 5.75 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิดด้านเดียว 80% - 100% .....                        | 175  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่   | หน้า |
|--|------|
| 5.76 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิดด้านเดียว 50% - 70% .....                         | 176  |
| 5.77 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิดด้านเดียว 40% - 20%.....                          | 177  |
| 5.78 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิด 2 ด้าน 70%, 50% ณ ตำแหน่งกลางผนังและริมผนัง .... | 178  |
| 5.79 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิด 2 ด้าน 30%, 90%, 100% ณ ตำแหน่งกลางผนัง .....    | 179  |
| และริมผนัง.....  | 179  |
| 5.80 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิด 2 ด้าน 50% - 80% .....                           | 180  |
| 5.81 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิด 2 ด้าน 20% - 40% .....                           | 181  |
| 5.82 แสดงค่าความส่องสว่างภายในจากช่องเปิด 50% (หันไปทางทิศใต้).....                | 184  |
| 5.83 การตรวจสอบประสิทธิภาพของช่องเปิดกับค่าความส่องสว่างภายนอก.....                | 185  |
| 6.1 การจัดวางอาคารแบบ Sol-air orientation .....                                    | 186  |
| 6.2 การจัดกลุ่มห้องเรียนแบบ Single load corridor .....                             | 187  |
| 6.3 การจัดกลุ่มห้องเรียนแบบ Double load corridor .....                             | 187  |
| 6.4 การจัดห้องเรียนแบบเป็นกลุ่ม .....  | 188  |
| 6.5 ขนาดสัดส่วนของการจัดโต๊ะเรียนคอมพิวเตอร์ .....                                 | 189  |
| 6.6 การจัดวางที่นั่งเรียนแบบที่ 1 ขนาด 70 คน .....                                 | 190  |
| 6.7 การจัดวางที่นั่งเรียนแบบที่ 2 ขนาด 70 คน .....                                 | 191  |
| 6.8 การจัดวางที่นั่งเรียนแบบที่ 3 ขนาด 70 คน .....                                 | 192  |
| 6.9 การจัดวางที่นั่งเรียนแบบที่ 4 ขนาด 70 คน .....                                 | 193  |
| 6.10 การจัดวางที่นั่งเรียนแบบที่ 5 ขนาด 70 คน.....                                 | 194  |
| 6.11 การจัดวางที่นั่งเรียนแบบที่ 6 ขนาด 70 คน .....                                | 195  |
| 6.12 การจัดวางที่นั่งเรียนแบบที่ 7 ขนาด 70 คน .....                                | 196  |
| 6.13 การจัดวางที่นั่งเรียนแบบ 30 คน.....   | 197  |
| 6.14 พื้นที่ช่องเปิดขนาดห้องเรียน 70 คน ด้านติดภายนอกอาคารทางทิศใต้.....           | 198  |
| 6.15 พื้นที่ช่องเปิดขนาดห้องเรียน 70 คน ด้านติด Corridor ทางทิศเหนือ .....         | 199  |
| 6.16 พื้นที่ช่องเปิดขนาดห้องเรียน 30 คน ด้านติดภายนอกอาคารทางทิศใต้.....           | 199  |
| 6.17 พื้นที่ช่องเปิดขนาดห้องเรียน 30 คน ด้านติด Corridor ทางทิศเหนือ .....         | 200  |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่   | หน้า |
|--|------|
| 6.18 การเลือกใช้วัสดุที่เป็นองค์ประกอบภายในห้องเรียน.....  | 202  |
| 6.19 ลักษณะของวัสดุโครงสร้างหลังคา.....  | 207  |
| 7.1 ลักษณะทางกายภาพของที่ตั้งโครงการ.....  | 211  |
| 7.2 แสดงขนาดที่ตั้งของโครงการและผลกระทบจากสภาพแวดล้อม.....   | 212  |
| 7.3 การจัดวาง Zone ของพื้นที่ใช้สอยของโครงการ.....   | 213  |
| 7.4 Function Diagram ของโครงการ.....   | 213  |
| 7.5 พังบริเวณ.....   | 214  |
| 7.6 แปลนพื้นที่ชั้นที่ 1.....  | 215  |
| 7.7 แปลนพื้นที่ชั้นที่ 2.....  | 216  |
| 7.8 แปลนพื้นที่ชั้นที่ 3-4.....  | 217  |
| 7.9 แปลนพื้นที่ชั้นที่ 5-6.....  | 218  |
| 7.10 แปลนพื้นที่ชั้นที่ 7-8, แปลนชั้นคาดฟ้า.....   | 219  |
| 7.11 รูปตัด.....   | 220  |
| 7.12 รูปด้าน 1.....  | 221  |
| 7.13 รูปด้าน 2.....  | 222  |
| 7.14 รูปด้าน 3.....  | 223  |
| 7.15 รูปด้าน 4.....  | 224  |
| 7.16 แบบขยายอุปกรณ์บังแดด.....   | 225  |
| 7.17 Shading Mask.....   | 226  |
| 7.18 การตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ใช้วัสดุคอนกรีต (1) เป็นตัวสะท้อนแสง.....<br>สำหรับห้องเรียนขนาด 30 คน.....         | 228  |
| 7.19 การตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ใช้วัสดุลูมิเนียม (1) เป็นตัวสะท้อนแสง.....<br>สำหรับห้องเรียนขนาด 30 คน.....       | 228  |
| 7.20 การตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ใช้วัสดุลูมิเนียม (1) + (2) เป็นตัวสะท้อนแสง.....<br>สำหรับห้องเรียนขนาด 30 คน..... | 229  |
| 7.21 ลักษณะหุ่นจำลองด้านติด Corridor สำหรับห้องเรียน 30 คน.....  | 229  |

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่   | หน้า |
|--|------|
| 7.22 แสดงค่า Daylight Factor ภายในห้องเรียนที่ใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงคอนกรีต (1) .....<br>สำหรับห้องเรียนขนาด 30 คน .....          | 230  |
| 7.23 แสดงค่า Daylight Factor ภายในห้องเรียนที่ใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงอลูมิเนียม (1) .....<br>สำหรับห้องเรียนขนาด 30 คน .....       | 230  |
| 7.24 แสดงค่า Daylight Factor ภายในห้องเรียนที่ใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงอลูมิเนียม .....<br>(1) + (2) สำหรับห้องเรียนขนาด 30 คน ..... | 231  |
| 7.25 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight Factor ทั้งอุปกรณ์สะท้อนแสงทั้ง 3 กรณี .....   | 231  |
| 7.26 การตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ใช้วัสดุคอนกรีต (1) เป็นตัวสะท้อนแสง.....<br>สำหรับห้องเรียนขนาด 70 คน .....                    | 232  |
| 7.27 การตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ใช้วัสดุอลูมิเนียม (1) เป็นตัวสะท้อนแสง.....<br>สำหรับห้องเรียนขนาด 70 คน .....                 | 233  |
| 7.28 แสดงค่า Daylight Factor ภายในห้องเรียนที่ใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงอลูมิเนียม .....<br>(1) + (2) สำหรับห้องเรียนขนาด 70 คน ..... | 233  |
| 7.29 ลักษณะของหุ่นจำลองด้านติด Corridor สำหรับห้องเรียนขนาด 70 คน .....  | 234  |
| 7.30 แสดงค่า Daylight Factor ภายในห้องเรียนที่ใช้วัสดุอุปกรณ์สะท้อนแสง.....<br>คอนกรีต (1).....                                | 234  |
| 7.31 แสดงค่า Daylight Factor ภายในห้องเรียนที่ใช้วัสดุอุปกรณ์สะท้อนแสง.....<br>อลูมิเนียม (1).....                             | 235  |
| 7.32 แสดงค่า Daylight Factor ภายในห้องเรียนที่ใช้วัสดุอุปกรณ์สะท้อนแสง.....<br>อลูมิเนียม (1) + (2).....                       | 235  |
| 7.33 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ทั้งอุปกรณ์สะท้อนแสงทั้ง 3 กรณี .....  | 236  |
| 7.34 การเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างภายในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่าลดลง .....<br>สำหรับห้องเรียน 30 คน .....                    | 237  |
| 7.35 การเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างภายในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่าลดลง.....<br>สำหรับห้องเรียน 70 คน .....                     | 238  |
| 7.36 การแบ่งห้องออกเป็นส่วนๆตามวิธี Zonal Cavity Method .....  | 238  |
| 7.37 การจัดระบบควบคุมดวงโคมห้องเรียนคอมพิวเตอร์ขนาด 30 คน .....  | 244  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่   | หน้า |
|--|------|
| 7.38 การจักระบบควบคุมดวงโคมห้องเรียนคอมพิวเตอร์ขนาด 70 คน .....    | 244  |
| 7.39 การปิด-เปิดระบบไฟฟ้าแบบที่ 1 ห้องเรียนคอมพิวเตอร์ 30 คน ..... | 245  |
| 7.40 การปิด-เปิดระบบไฟฟ้าแบบที่ 2 ห้องเรียนคอมพิวเตอร์ 30 คน ..... | 246  |
| 7.41 การปิด-เปิดระบบไฟฟ้าแบบที่ 3 ห้องเรียนคอมพิวเตอร์ 30 คน ..... | 246  |
| 7.42 การปิด-เปิดระบบไฟฟ้าแบบที่ 1 ห้องเรียนคอมพิวเตอร์ 70 คน ..... | 247  |
| 7.43 การปิด-เปิดระบบไฟฟ้าแบบที่ 2 ห้องเรียนคอมพิวเตอร์ 70 คน ..... | 248  |
| 7.44 การปิด-เปิดระบบไฟฟ้าแบบที่ 3 ห้องเรียนคอมพิวเตอร์ 70 คน ..... | 248  |



# บทที่ 1

## บทนำ

ปัจจุบันพลังงานจัดเป็นปัจจัยขั้นพื้นฐาน ที่มีความสำคัญในการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ วิวัฒนาการทางด้านเทคโนโลยีที่ผลิตขึ้น ล้วนต้องอาศัยพลังงานเป็นเชื้อเพลิงเป็นส่วนสำคัญ ซึ่งรูปแบบของพลังงานที่นำมาใช้จะเป็นพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด (Non-Renewable Energy) อันได้แก่พลังงานเชื้อเพลิงจำพวก น้ำมัน ถ่านหิน ลิกไนต์ แก๊สธรรมชาติ เป็นต้น ทำให้พลังงานเหล่านี้เริ่มมีปริมาณลดน้อยลง ในส่วนของประเทศไทยช่วงที่ผ่านมาได้มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีความต้องการใช้พลังงานเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากปริมาณเชื้อเพลิงภายในประเทศประเทศมีปริมาณที่ไม่เพียงพอกับความต้องการ จึงต้องอาศัยการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศโดยเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 (2540-2544) ได้มีนโยบายในการรณรงค์ในการใช้พลังงานและพัฒนาพลังงานในด้านต่างๆ เพื่อให้สอดคล้องกับเศรษฐกิจและสถานการณ์พลังงานของประเทศ จึงได้มีแนวทางการลดการใช้พลังงานลงและลดการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศ

จากการศึกษาการใช้พลังงานของประเทศไทยนับตั้งแต่กลางปี 2539 เป็นต้นมา ต่อเนื่องถึงปี 2540 และ 2541 ประเทศไทยต้องประสบกับวิกฤตการณ์ทางเศรษฐกิจในปี 2540 การขยายตัวทางเศรษฐกิจจะลดตัวลงร้อยละ 0.4 และลดลงอย่างมากถึงร้อยละ 7.8 ในปี 2541 ส่งผลให้ความต้องการพลังงานในเชิงพาณิชย์ในปี 2540 เพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 7.4 ในปี 2541

ตารางที่ 1.1 แสดงการใช้พลังงานในเชิงพาณิชย์กับสภาวะทางเศรษฐกิจ

| การใช้                      | 2539    | 2540    | 2541    | อัตราการเพิ่มเฉลี่ย ต่อปี (%) 2540-2541 |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---|
| การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์    | 1,120.7 | 1,175.7 | 1,089.2 | -1.4                                    |
| น้ำมันดิบและน้ำมันสำเร็จรูป | 685.2   | 681.3   | 610.9   | -5.6                                    |
| แก๊สธรรมชาติ                | 227.6   | 281.0   | 305.0   | 15.8                                    |
| ถ่านหินนำเข้า               | 48.7    | 41.1    | 20.4    | -35.3                                   |
| ลิกไนต์                     | 125.9   | 139.4   | 127.5   | 0.6                                     |
| ไฟฟ้าพลังน้ำและนำเข้า       | 33.4    | 32.8    | 25.4    | -12.8                                   |
| อัตราเพิ่ม (%)              |         |         |         |   |
| การใช้พลังงานเชิงพาณิชย์    | 11.2    | 4.9     | -7.4    | -1.5                                    |
| ผลิตภัณฑ์มวลรวม (GDP)       | 6.7     | -0.4    | -7.8    | -4.2                                    |

ที่มา : ธนาคารแห่งประเทศไทย (หน่วย : พันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารพลังงานเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศ ได้มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากระดับ 77,083 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง ในปี 2539 เป็น 82,075 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง ในปี 2540 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.5 และลดลงเหลือ 79,900 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง ในปี 2541 หรือลดลงร้อยละ 2.7

ตารางที่ 1.2 แสดงความต้องการพลังงานไฟฟ้าและกำลังผลิตสำรอง

| พ.ศ.          | ความต้องการพลังไฟฟ้า<br>สูงสุด<br>(เมกะวัตต์) | กำลังผลิตสำรองเฉลี่ย<br>(ร้อยละ) | ค่าตัวประกอบการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย<br>(ร้อยละ) |
|---------------|---|----------------------------------|---|
| 2535          | 8,904   | 18.5                             | 73.5                                      |
| 2536          | 9,839   | 24.2                             | 74.5                                      |
| 2537          | 11,064  | 19.1                             | 74.3                                      |
| 2538          | 12,268  | 16.1                             | 74.9                                      |
| 2539          | 13,311  | 17.1                             | 75.1                                      |
| 2540          | 14,506  | 19.2                             | 73.5                                      |
| 2541          | 14,180  | 27.6                             | 73.4                                      |
| 2542 (7เดือน) | 13,712  | 27.3                             | 76.0                                      |

ที่มา : วารสารพลังงาน (สพช.) 2542

ตารางที่ 1.3 แสดงการใช้พลังงานของประเทศ

| พ.ศ.          | ที่อยู่อาศัย | ธุรกิจ-อุตสาหกรรมและอื่นๆ | เกษตรกรรม | ลูกค้าตรงของ<br>กฟผ. | รวม    |
|---------------|--------------|---------------------------|-----------|----------------------|--------|
| 2539          | 15,999       | 58,920                    | 121       | 2,042                | 77,083 |
| 2540          | 17,322       | 62,580                    | 167       | 2,005                | 82,075 |
| 2541          | 18,772       | 59,295                    | 211       | 1,621                | 79,900 |
| อัตราเพิ่ม(%) |              |                           |           |                      |        |
| 2539          | 12.7         | 8.3                       | 16.6      | -4.6                 | 8.8    |
| 2540          | 8.3          | 6.2                       | 37.7      | -1.8                 | 6.5    |
| 2541          | 8.4          | -5.2                      | 26.3      | -19.2                | -2.7   |

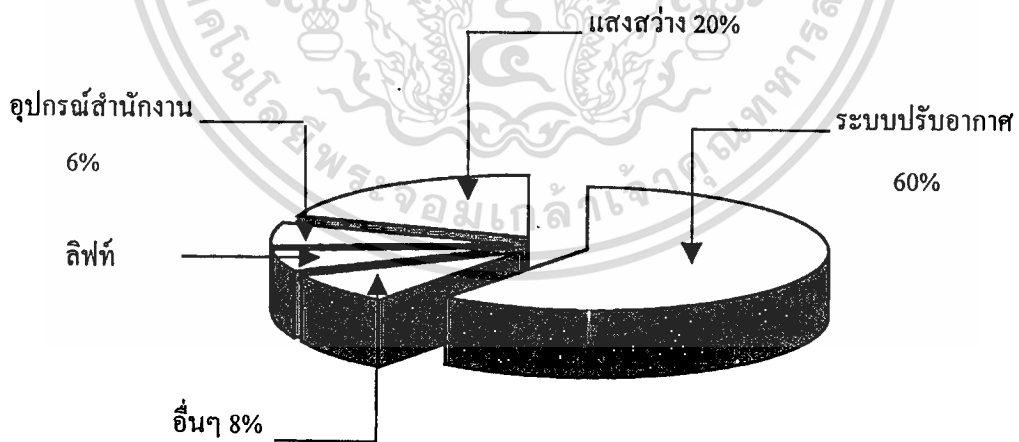
ที่มา : วารสารพลังงาน (สพช.) 2542

สำหรับรูปแบบการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารโดยส่วนใหญ่แล้ว จะใช้เพื่อการปรับอากาศและระบบแสงสว่างเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีความจำเป็นในการให้บริการและให้ความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้อาคาร โดยเฉพาะอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่ จากการสำรวจเกี่ยวกับสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารประเภทต่างๆ ซึ่งจัดแบ่งการใช้ไฟฟ้าออกเป็น 3 ลักษณะ คือ การใช้ไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และระบบอำนวยความสะดวกอื่นๆ พบว่าอาคารประเภทธุรกิจโรงแรมและศูนย์การค้า จะมีสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าสูงกว่าอาคารอื่นๆ รองลงมาจะเป็นอาคารสำนักงาน โรงพยาบาลและสถานศึกษาตามลำดับ

ตารางที่ 1.4 การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารประเภทต่างๆ

| ประเภทอาคาร | ระบบปรับอากาศ (%) | ระบบแสงสว่าง (%) | อื่นๆ   |
|-------------|-------------------|------------------|---------|
| โรงแรม      | 60 – 70           | 15 – 20          | 10 – 25 |
| สำนักงาน    | 50 – 60           | 20 – 30          | 10 – 20 |
| ศูนย์การค้า | 60 – 65           | 20 – 25          | 10 – 20 |
| โรงพยาบาล   | 50 – 60           | 20 – 30          | 10 – 30 |
| สถานศึกษา   | 30 – 45           | 30 – 50          | 5 – 40  |

ที่มา : วารสารพลังงาน (สพช.) 2542



รูปที่ 1.1 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร

ที่มา : กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

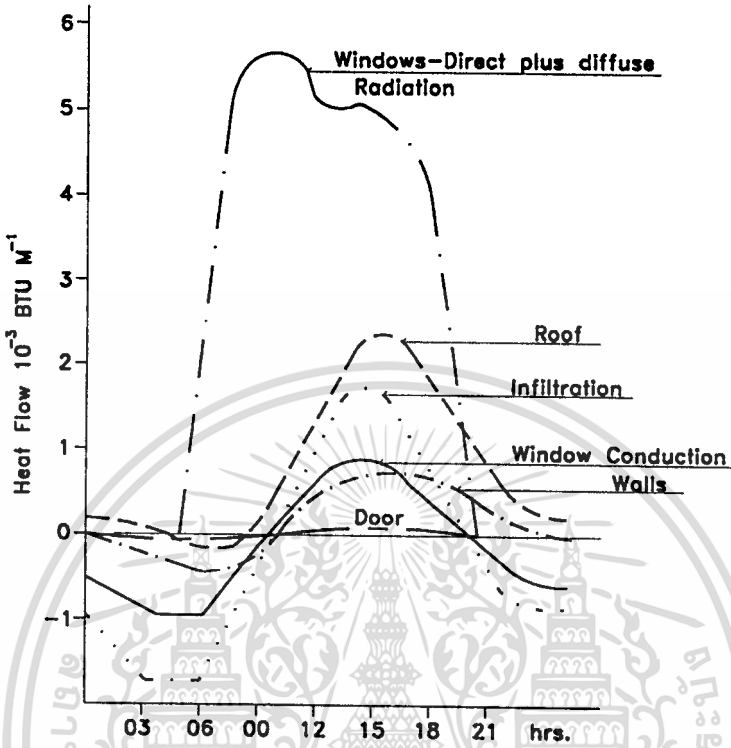
จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 8 (2540-2544) เพื่อให้สอดคล้องกับเศรษฐกิจและสถานการณ์ด้านพลังงานของประเทศ จึงได้มีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ของพลังงานจากธรรมชาติมากขึ้น เพื่อนำมาเสริมทดแทนพลังงานเดิมที่มีอยู่อย่างจำกัด อันได้แก่พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น โดยเฉพาะในส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีทั้งรูปแบบพลังงานความร้อนและพลังงานแสงสว่าง หากมีการศึกษาถึงวิธีการนำมาใช้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ก็สามารก่อให้เกิดประโยชน์ได้ ประกอบกับประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ซึ่งจะมีปริมาณแสงอาทิตย์เกือบตลอดทั้งปี ดังนั้นการใช้พลังงานหมุนเวียน (Renewable Energy) ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ ในการที่จะนำพลังงานเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ เพื่อชดเชยและทดแทนพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัด

พลังงานทางด้านแสงสว่าง (Daylight) เป็นพลังงานอีกรูปแบบหนึ่งที่มีต้นกำเนิดจากดวงอาทิตย์ แสงจากดวงอาทิตย์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และแสงเป็นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีช่วงคลื่นที่ตาคนเรามองเห็น (Visible Ray) เป็นช่วงคลื่นที่อยู่ระหว่าง  $0.36 - 0.76 \mu\text{m}$ . แต่ถ้าเลยจาก  $0.76 \mu\text{m}$  ก็จะเป็นคลื่นความร้อน ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าแสงจากดวงอาทิตย์ที่ให้พลังงานความร้อนมีถึง 60% จากการแผ่รังสีที่เหลือจึงเป็นพลังงานทางด้านแสงสว่าง ในการใช้แสงธรรมชาติเพื่อการส่องสว่างนั้น พบว่าแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่มีสเปกตรัมที่สมบูรณ์ โดยเฉพาะแสงสีขาว (White Light) เป็นแสงชนิดเดียวที่มีครบทุกช่วงคลื่น ได้แก่ ม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด แดง

## 1.1 ความเป็นมาของปัญหา

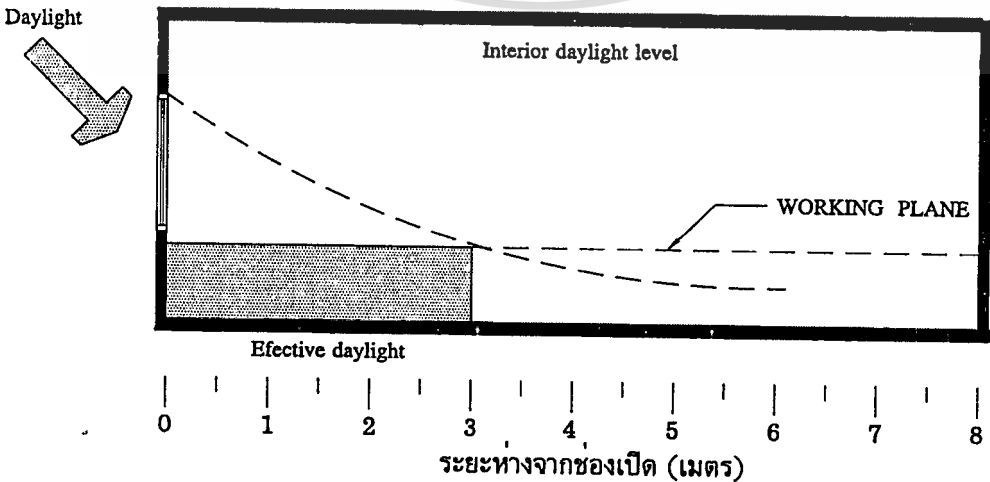
ในการออกแบบอาคารต่างๆในปัจจุบัน ผู้ออกแบบอาคารไม่ค่อยได้คำนึงถึงและให้ความสำคัญกับช่องเปิดหรือหน้าต่างของอาคารเท่าที่ควร การนำแสงสว่างเข้ามาใช้ภายในอาคารก็ไม่สามารถใช้ได้อย่างเต็มที่ ทำให้ช่องเปิดหรือหน้าต่างของอาคารจึงเป็นเพียงองค์ประกอบส่วนหนึ่งที่ทำให้อาคารมีรูปลักษณ์ดูสวยงามเท่านั้น ส่วนความต้องการทางด้านแสงสว่างภายในอาคารจึงอาศัยแสงประดิษฐ์ (Artificial Light) เข้ามาช่วยแก้ไขภายในอาคาร การนำแสงสว่างจากธรรมชาติ (Daylight) มาใช้ ถึงแม้จะมีข้อดีในการช่วยลดการใช้พลังงานจากการใช้แสงประดิษฐ์ลง แต่ก็ยังคงเป็นปัญหาสำหรับผู้ออกแบบที่จะนำแสงธรรมชาติมาใช้งาน เนื่องจากไม่สามารถควบคุมทิศทางของแสง ปริมาณและความเข้มของแสงให้มีค่าคงที่ตลอดเวลาได้ เนื่องจากสภาพของท้องฟ้ามีการแปรเปลี่ยนตลอดเวลา จากช่วงระยะเวลาหนึ่งไปสู่อีกเวลาหนึ่ง และในบางครั้งก็อาจทำให้ความร้อนส่วนหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านช่องเปิดหรือหน้าต่างเข้ามาภายในได้ ทำให้อุณหภูมิภายในอาคาร จึงเป็นการเพิ่มภาระในการใช้พลังงานที่จะขจัดความร้อนส่วนนี้ออกไป โดยเฉพาะในส่วนของอาคารที่ปรับอากาศ

จากการศึกษาพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นจากช่องเปิดหรือหน้าต่างของอาคาร มีความสัมพันธ์ เกี่ยวข้องกับปริมาณความร้อนและปริมาณแสงสว่างที่เข้าสู่อาคารมาก ดังแสดงในรูป



รูปที่ 1.2 แสดงปริมาณเปรียบเทียบการนำความร้อนเข้าสู่อาคาร

ในส่วนปริมาณแสงสว่างที่ส่องผ่านช่องเปิดอาคาร ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเป็นช่องเปิดทาง ด้านข้าง โดยมีความสูงประมาณ 2 – 2.5 เมตร ปริมาณแสงสว่างจากธรรมชาติที่นำมาใช้งานจะอยู่ ในระยะ 2 – 3 เมตร จากระยะห่างช่องเปิด ทำให้ส่วนที่อยู่ลึกเกินเลยกว่า 3 เมตร มีปริมาณแสงที่ ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน จึงต้องอาศัยแสงประดิษฐ์เข้าช่วย



รูปที่ 1.3 แสดงปริมาณแสงสว่างที่ส่องผ่านช่องเปิดด้านข้างเข้ามาภายในอาคารนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากการนำแสงสว่างจากธรรมชาติ (Daylight) มาใช้เพื่อการส่องสว่าง ซึ่งมีผลต่อช่องเปิดของอาคาร ดังต่อไปนี้

1. รูปแบบช่องเปิดและตำแหน่งทิศทาง มีความสัมพันธ์โดยตรงต่อปริมาณแสงและปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคาร เนื่องจากทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออกและตะวันตก มีปริมาณแสงสว่างและความเข้มจากรังสีดวงอาทิตย์ที่แตกต่างกันออกไป

2. ความไม่คงที่จากการส่องสว่าง (Non-uniformity) สาเหตุอันเนื่องมาจากสภาพของท้องฟ้าที่แปรปรวน (Variation) ในแต่ละวัน เดือน ปี ที่แตกต่างกันไป ตลอดจนสภาพแวดล้อมโดยรอบทำให้แสงแดดที่ใช้ในการส่องสว่าง (Illumination) มีความไม่คงที่ ที่มีความพอเหมาะต่อการประกอบกิจกรรม

3. ปริมาณความร้อนที่ส่องผ่านช่องเปิดของอาคาร (Heat Gain) แสงจะมีรังสีความร้อนปะปนมา โดยเฉพาะในส่วนของรังสีตรง (Direct Radiation) ซึ่งในการแผ่รังสีตรงในรูปแบบรังสีคลื่นสั้น เมื่อส่องผ่านวัสดุที่เป็นกระจก ทำให้รังสีตกกระทบวัตถุก็จะแปรเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาวทำให้เกิดความร้อนสะสมอยู่ภายในอาคาร

4. การเกิดแสงจ้า (Glare) รังสีตรงให้พลังงานความร้อนสูงและยังก่อให้เกิดแสงจ้าได้ง่าย การเลือกอุปกรณ์บังแดดที่ดี จะช่วยลดแสงจ้าจากส่วนที่สว่างจากท้องฟ้าที่สว่างมากเกินไปหรือการสะท้อนแสงของวัตถุ

ในการควบคุมปริมาณแสง (Daylight) ที่ส่องผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคาร จึงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังต่อไปนี้

- ลักษณะช่องเปิด ตำแหน่ง ขนาดและทิศทาง
- สภาพท้องฟ้าและสภาพแวดล้อมจากภายนอก
- ค่า SC (Shading Coefficient) ของกระจกที่ใช้ทำช่องเปิด
- ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในอาคาร
- ทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน เดือน ปี
- ความสามารถในการบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (shading Device)

จากปัญหาที่เกิดขึ้นเหล่านี้ หากทราบข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับพฤติกรรมของแสงธรรมชาติ ได้ดีและถูกต้อง ก็สามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ในการเลือกทำการศึกษารูปแบบช่องเปิดและการจัดวาง ด้วยการควบคุมแสงสว่างจากธรรมชาติและลดค่าความร้อนเข้าสู่อาคาร สำหรับอาคารสถาบันคอมพิวเตอร์เนื่องจาก

1. ลักษณะการใช้งานเป็นอาคารเรียนที่มีความต้องการแสงสว่างโดยตรงอยู่แล้ว และมีการใช้งานในช่วงเวลากลางวัน หากมีการศึกษาและออกแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก็จะเป็นแนวทางในการลดการใช้พลังงานทางด้านแสงสว่างถึง การศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ลักษณะของห้องจะมีขนาดที่เป็นมาตรฐานเป็นส่วนใหญ่ ขนาดความกว้างยาวและความสูงที่แน่นอน

3. เป็นการใช้งานที่ต้องการปริมาณแสง ที่มีการกระจายแสงอย่างสม่ำเสมอซึ่งเหมาะแก่การศึกษา

## 1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1.2.1 ศึกษารูปแบบช่องเปิดและการจัดวางที่เหมาะสม ในการนำแสงสว่างจากธรรมชาติมาใช้งาน แต่ไม่เพิ่มปริมาณความร้อนให้กับอาคาร โดยการนำแสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามาใช้งานให้มากที่สุดและมีประสิทธิภาพ

1.2.2 ศึกษาวัสดุกระจกและคุณสมบัติที่เหมาะสม ที่จะนำมาใช้ทำช่องเปิดเพื่อประสิทธิภาพในการส่องสว่าง ในการใช้งานภายในอาคาร

1.2.3 ศึกษาเทคนิคและแนวทางอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติและมีความเหมาะสมในการนำแสงสว่างจากธรรมชาติ

## 1.3 ขอบเขตการศึกษาวิจัย

1.3.1 ในการศึกษารูปแบบช่องเปิดและการจัดวาง ด้วยการควบคุมแสงสว่างจากธรรมชาติและลดค่าความร้อนเข้าสู่อาคาร จะทำการศึกษาในส่วนของอาคารสถาบันคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีลักษณะเป็นอาคารเรียนและใช้ระบบปรับอากาศเป็นส่วนใหญ่ และมีความต้องการทางด้านแสงสว่างในการประกอบกิจกรรม โดยศึกษาถึงประสิทธิภาพในการส่องสว่าง (Illumination) ภายในอาคารและปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น

1.3.2 ในส่วนของการนำแสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร จะใช้ในลักษณะของแสงกระจาย (Diffuse Light) โดยหลีกเลี่ยงรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Radiation)

1.3.3 การออกแบบช่องเปิดและการจัดวาง ด้วยการควบคุมแสงสว่างจากธรรมชาติและลดค่าความร้อนเข้าสู่อาคารนั้น เนื่องจากสภาพของท้องฟ้าแปรเปลี่ยนได้จากเวลาหนึ่งสู่เวลาหนึ่งซึ่งเป็นการยากต่อการควบคุม จึงต้องมีการใช้การส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ควบคู่กับแสงธรรมชาติ เพื่อให้การส่องสว่างอยู่ในระดับที่ใช้งานได้

## 1.4 ระเบียบวิธีในการศึกษาวิจัย

1.4.1 ศึกษาลักษณะการส่องสว่างจากอาคารตัวอย่าง เพื่อหาปริมาณแสงสว่างที่เกิดขึ้นจากการส่องผ่านช่องเปิดเข้ามาภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.2 ศึกษาค่าความส่องสว่างและพลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ตลอดปี เพื่อประเมินค่าแสงสว่างที่เกิดขึ้น

1.4.3 ศึกษารูปแบบช่องเปิดและการจัดวางที่เหมาะสม และมีประสิทธิภาพต่อการควบคุมแสงสว่าง แล้วแยกประเภทออกเป็นกลุ่มและมีหลักเกณฑ์

1.4.4 ศึกษาแนวทางอื่นที่เหมาะสม สำหรับการนำแสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4.5 สร้างแนวทางในการออกแบบ ที่ได้จากการศึกษาลักษณะช่องเปิดที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการส่องสว่าง แต่ลดค่าพลังงานความร้อน

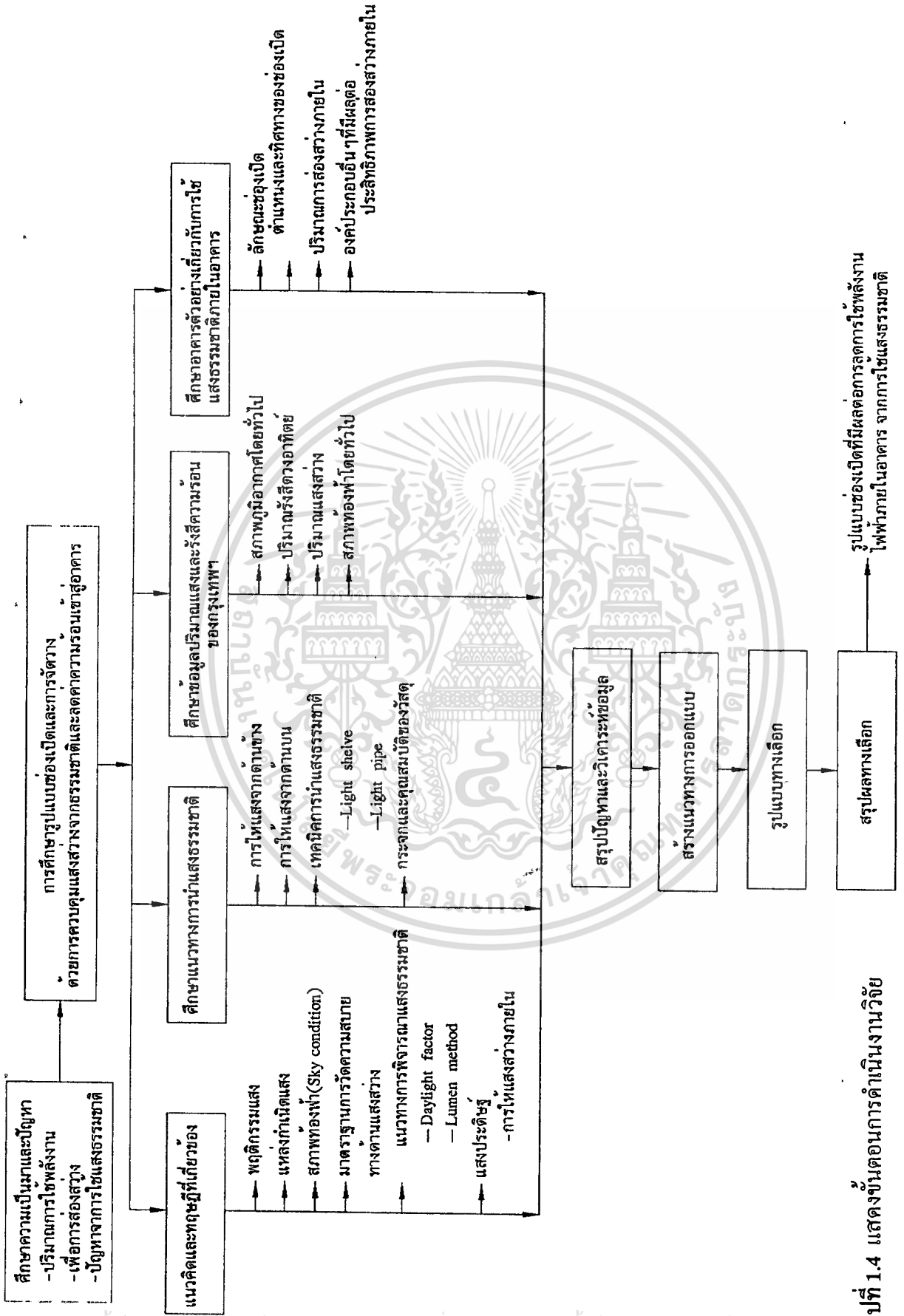
## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพื่อเป็นแนวทางในการประกอบการพิจารณา รูปแบบช่องเปิดของอาคาร ตลอดจนการเลือกใช้วัสดุกระจกที่ใช้ทำช่องเปิด ที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่อการนำแสงสว่างจากธรรมชาติมาใช้ โดยคำนึงถึงความสบายแก่ผู้ใช้อาคาร

1.5.2 สามารถทราบถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อรูปแบบช่องเปิด ในการนำแสงสว่างจากธรรมชาติมาใช้ จากสภาพภูมิประเทศ สภาพแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศที่ใกล้เคียงกัน

1.5.3 เพื่อเป็นแนวทางในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของการใช้แสงประดิษฐ์ลง

1.5.4 เป็นประโยชน์ต่อแนวทางในการออกแบบอาคารอื่นๆ ที่มีลักษณะการใช้งานใกล้เคียงกัน



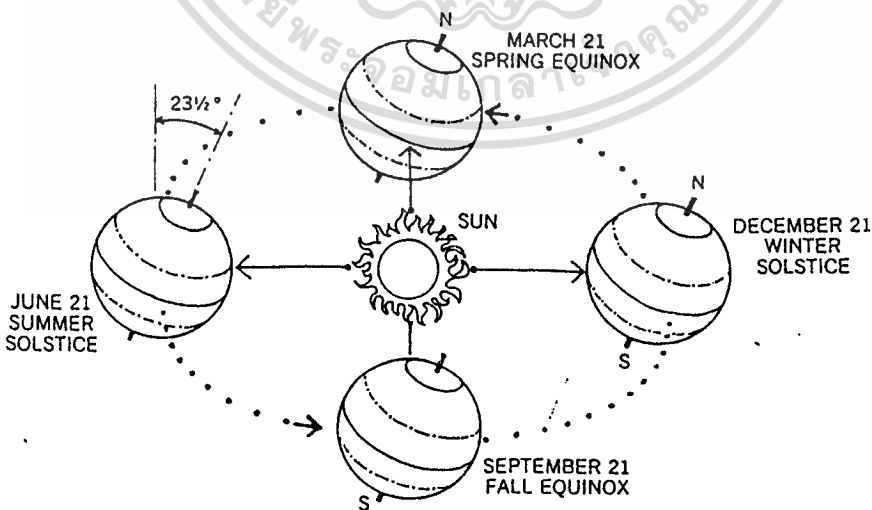
รูปที่ 1.4 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

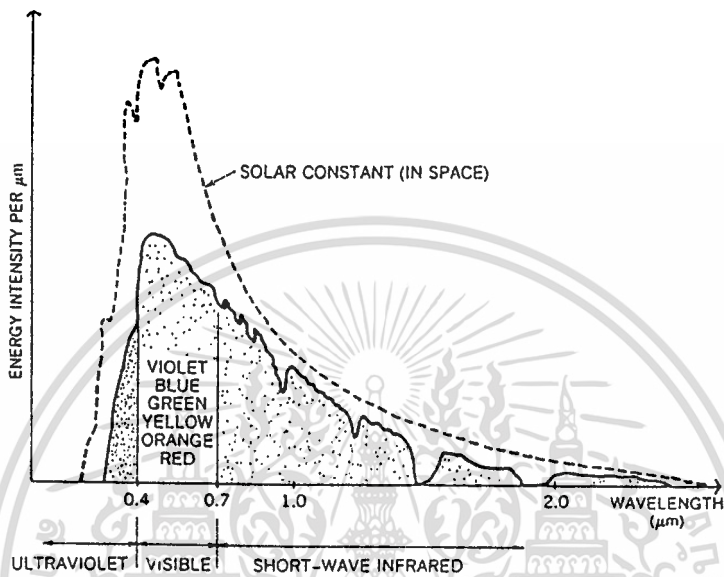
# แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากรูปร่างพื้นฐานของโลกมีลักษณะเป็นทรงกลมที่มีการหมุนรอบตัวเอง และการโคจรรอบดวงอาทิตย์ที่มีลักษณะเป็นวงรีมากกว่าวงกลม ดวงอาทิตย์จะอยู่ก่อนมาทางด้านหนึ่งของวงรี แกนของวงรีตามยาวเรียกว่าแกนหลัก (Major Axis) เป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของวงรี ส่วนเส้นที่ตั้งฉากทางด้านแคบของวงรีเรียกว่าแกนรอง (Minor Axis) แกนของโลกที่เอียงประมาณ  $23.5^{\circ}$  (เทียบกับทางโคจรของดวงอาทิตย์) ทำให้เกิดปรากฏการณ์กลางวันและกลางคืน ตลอดจนฤดูกาลต่างๆ การมองเห็นตำแหน่งของดวงอาทิตย์ (หรือทิศทางของแสง) จึงแปรเปลี่ยนไปตลอดเวลาตามที่ตั้งแต่ละต่องัดบนโลก สำหรับประเทศไทยที่อยู่ในแถบโซนร้อน (Tropical Zone) คืออยู่ระหว่างเส้น Tropic of Cancer (ละติจูด  $27^{\circ} 7'$  เหนือ) กับเส้น Tropic of Capricorn (ละติจูด  $23^{\circ} 27'$ ) จะมีแสงแดดจ้าเกือบตลอดปี ดวงอาทิตย์เปรียบเสมือนวัตถุดำที่มีอุณหภูมิประสิทธิผล (Effective Temperature) ประมาณ 5,777 k มีโครงสร้างภายในและกลไกการถ่ายเทความร้อนที่ซับซ้อน โดยพื้นผิวชั้นนอกที่ห่อหุ้มบริเวณการพาความร้อน (Convection Zone) ซึ่งอยู่บริเวณแนวเส้นรอบวงของดวงอาทิตย์นั้นเรียกว่าทรงกลมแสง (Photosphere) จากการศึกษาพบว่าความเข้มแสง (Illuminance) ของแสงอาทิตย์มีค่าประมาณ 128 klux โดยมีประสิทธิภาพแสงสว่าง (Illuminous Efficacy) 94.2 lm/w



รูปที่ 2.1 ลักษณะวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์และแกนโลกเอียง  $23.5^{\circ}$

แสงเป็นพลังงานในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) ที่มาจากดวงอาทิตย์ โดยมีความยาวคลื่นที่สามารถมองเห็นด้วยตาอยู่ที่ 0.36–0.76  $\mu\text{m}$ . และมีช่วงคลื่นก่อนคลื่นสีม่วงประมาณ 0.3 $\mu\text{m}$ . เป็นช่วงคลื่นที่เรียกว่ารังสีเหนือม่วง (UV. Ray) และช่วงคลื่นต่อจากคลื่นสีแดงคือ (Infra-red)



รูปที่ 2.2 แสดงสเปกตรัมของพลังงานต่างๆ

การที่เราสามารถมองเห็นวัตถุเป็นสีต่างๆนั้น เกิดจากที่วัตถุนั้นตอบสนองต่อ Visible Spectrum ที่มีความยาวคลื่นค่าใดค่าหนึ่ง เช่น วัตถุสีแดงจะตอบสนองต่อ Visible Spectrum ที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 630-590 nm. ดังที่ปรากฏในตาราง

ตารางที่ 2.1 แสดงความยาวคลื่นที่ตอบสนองต่อวัตถุสีต่างๆ

| สี      | ความยาวคลื่น (nm.) |
|---------|--------------------|
| ม่วง    | 420 – 380          |
| คราม    | 440 – 420          |
| น้ำเงิน | 490 – 440          |
| เขียว   | 560 – 490          |
| เหลือง  | 590 – 560          |
| แสด     | 630 – 590          |
| แดง     | 760 – 630          |

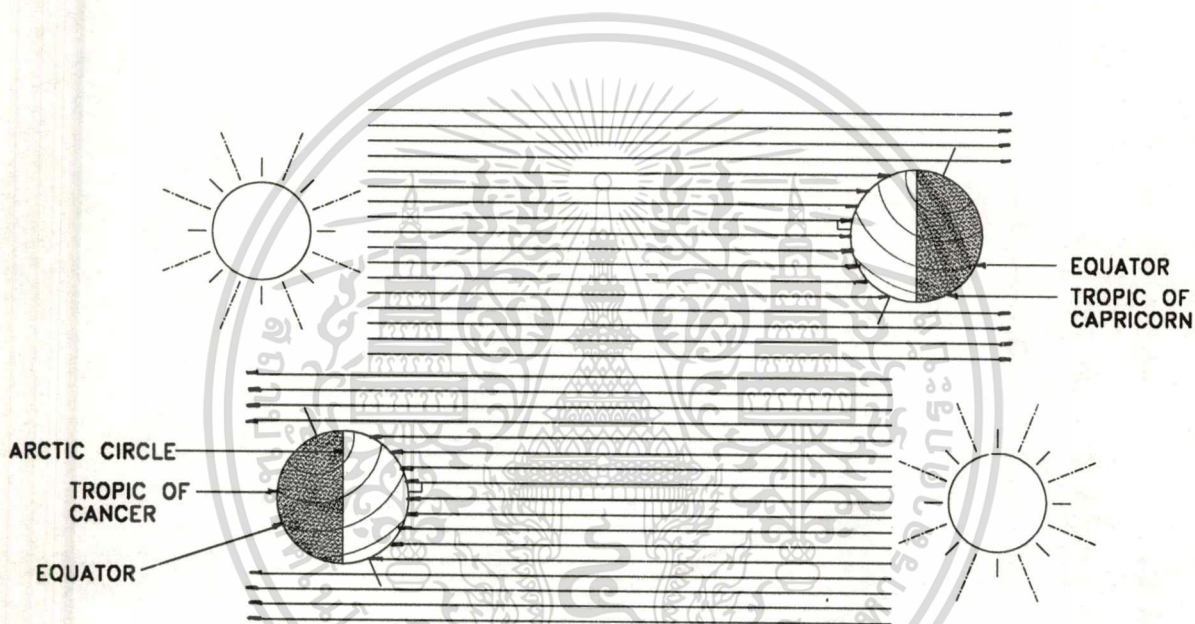
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดงค่า Relative Sensitivity กับความยาวคลื่น (Wavelength) ของแสงอาทิตย์ในช่วงตามนุษย์มองเห็น

| Wavelength<br>λ (nanometers) | Relative Value | Wavelength<br>λ (nanometers) | Relative Value |
|------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|
| 380                          | 0.000589       | 590                          | 0.0655         |
| 390                          | 0.002209       | 600                          | 0.03315        |
| 400                          | 0.00929        | 610                          | 0.01593        |
| 410                          | 0.03484        | 620                          | 0.00737        |
| 420                          | 0.0966         | 630                          | 0.003335       |
| 430                          | 0.1998         | 640                          | 0.001497       |
| 440                          | 0.3281         | 650                          | 0.000677       |
| 450                          | 0.455          | 660                          | 0.0003129      |
| 460                          | 0.567          | 670                          | 0.0001480      |
| 470                          | 0.676          | 680                          | 0.0000715      |
| 480                          | 0.793          | 690                          | 0.00003533     |
| 490                          | 0.904          | 700                          | 0.00001780     |
| 500                          | 0.982          | 710                          | 0.00000914     |
| 510                          | 0.997          | 720                          | 0.00000478     |
| 520                          | 0.935          | 730                          | 0.000002546    |
| 530                          | 0.811          | 740                          | 0.000001379    |
| 540                          | 0.650          | 750                          | 0.000000760    |
| 550                          | 0.481          | 760                          | 0.000000425    |
| 560                          | 0.3288         | 770                          | 0.0000002413   |
| 570                          | 0.2076         | 780                          | 0.0000001390   |
| 580                          | 0.1212         |                              |                |

ที่มา : IES Lighting Handbook 1981

แสงธรรมชาติมีต้นกำเนิดมาจากดวงอาทิตย์ โดยทิศทางการส่องของแนวแสงมีความสำคัญ คือ ถ้าหากมองจากโลกไปยังดวงอาทิตย์ จะพบว่าแสงอาทิตย์จะมีลักษณะเป็นรูปกรวยแหลม เรียกว่า Solar ray cone ซึ่งจะแปรเปลี่ยนไปตามการโคจรของดวงอาทิตย์ โดยในวันที่จุดโคจรอยู่ห่างสุด (Solstice)  $23.5^{\circ}$  ลักษณะลำแสงที่เป็นกรวยแหลมจะกลายเป็นรูปทรงกลมแบบธรรมดา หรือทำมุม  $0^{\circ}$  กับเส้นศูนย์สูตร ซึ่งเป็นวันที่ดวงอาทิตย์โคจรใกล้โลกมากที่สุด (Equinox) แต่เนื่องจากโลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์มาก แสงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลกจึงมีลักษณะเป็นรังสีขนานจากการศึกษาพบว่าความเข้มแสง (Illuminance) ของแสงอาทิตย์มีค่าประมาณ 128 klux โดยมีประสิทธิภาพแสงสว่าง (Luminous Efficacy)  $94.2 \text{ lm / W}$



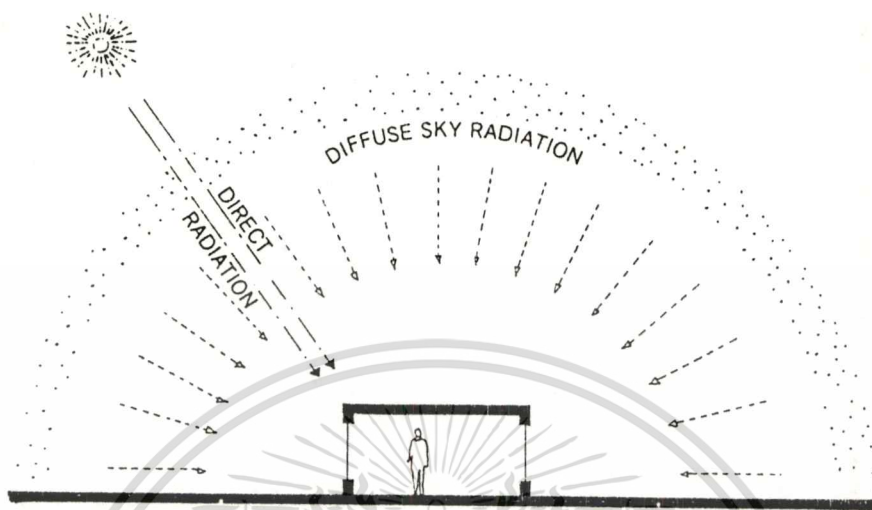
รูปที่ 2.3 ดวงอาทิตย์อ้อมเหนือ-ใต้ และการส่องของแนวแสง

ที่มา : Design Methods for Architects

## 2.1 แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ

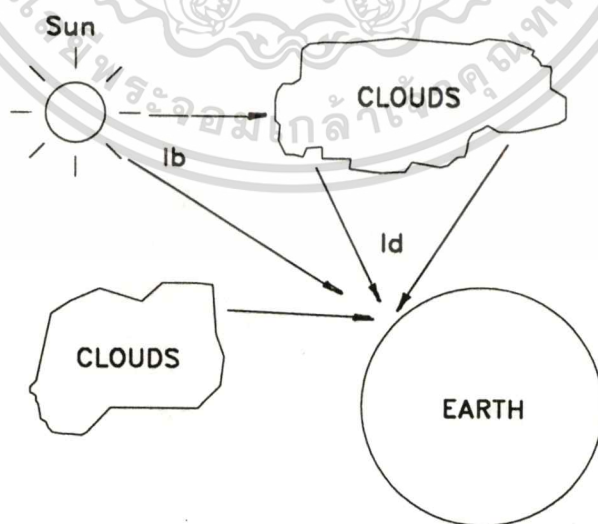
**2.1.1 แสงแดด (Sunlight)** เป็นแสงที่เกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์โดยตรง มีความเข้มสูงโดยเฉพาะในช่วงที่สภาพของท้องฟ้ามีเมฆน้อย (Clear Sky) ในการใช้แสงธรรมชาติในการส่องสว่างจะไม่ใช้แสงนี้โดยตรง (Direct Light) แต่จะให้แสงแดดนี้ผ่านวัสดุกระจายแสงจำพวกวัสดุฝ้าแสง (Translucent) หรือวัสดุทรงปริซึม (Prismatic) หรือใช้กับพื้นผิวสะท้อนแบบกระจายรังสี (Diffuse Reflected Surface)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสงที่เกิดจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง

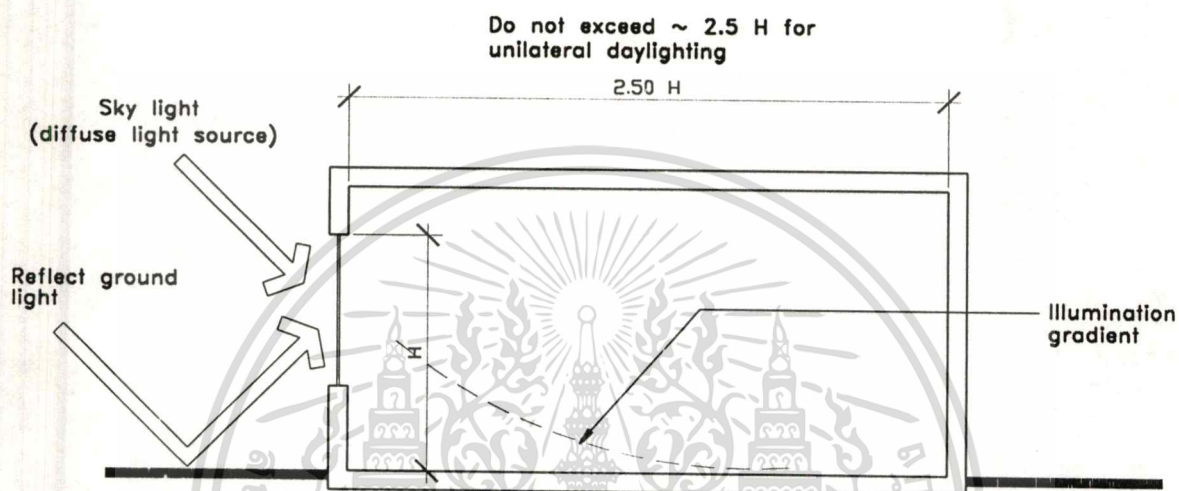
2.1.2 แสงจากท้องฟ้า (Skylight) เป็นแสงที่เกิดจากการกระเจิงและสะท้อนของแสงแดดในชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก แสงจากท้องฟ้ารวม (Total Skylight) ที่ตกกระทบบนพื้นผิวภายนอก ได้มาจากแสงทุกส่วนของครึ่งทรงกลมฟ้า (Sky Dome) โดยลักษณะการเกิดแสงจากท้องฟ้าแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 2.5 ลักษณะการเกิดแสงจากท้องฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.1.3 แสงจากพื้นดินและพื้นผิวสะท้อนแสง (Ground and Other Reflecting)** โดยปกติแล้วแสงธรรมชาติจากการสะท้อนแสงของพื้นดิน เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่สำคัญ โดยทั่วไปนั้นพื้นดินจะสะท้อนแสงทั้งหมดจากแสงแดดและแสงจากท้องฟ้าราว 10-30% และคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 15% ของแสงธรรมชาติทั้งหมดที่กระทบหน้าต่าง



รูปที่ 2.6 ลักษณะการเกิดแสงจากพื้นดิน

## 2.2 สภาพของท้องฟ้า (Sky Component)

สภาพท้องฟ้า (Sky Component) ความส่องสว่างของท้องฟ้าจะมีการแปรเปลี่ยนตลอดเวลา แต่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า โดยการแปรเปลี่ยนนี้ประกอบด้วยองค์ประกอบหลายๆ อย่าง อันได้แก่ การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ปริมาณและประเภทของเมฆบนท้องฟ้า ความชื้นฝุ่นละอองของท้องฟ้า โดยทั่วไปสภาพของท้องฟ้าสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

- สภาพท้องฟ้ามีด (Overcast Sky)
- สภาพท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky)
- สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก (Partly Cloudy Sky)

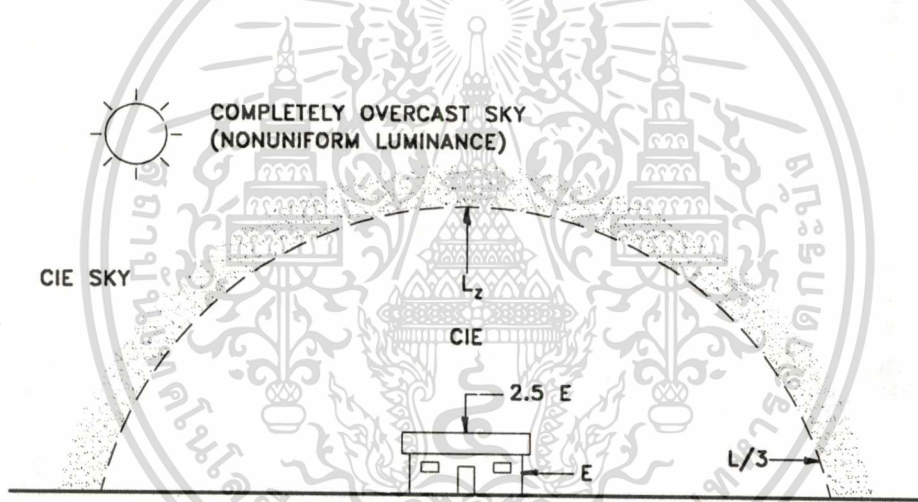
แต่เนื่องจากดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ควบคุมความสว่างไม่ได้ รวมทั้งท้องฟ้ามีเมฆบางส่วนก็มีปัญหาเช่นเดียวกัน ซึ่งไม่สามารถกำหนดสัดส่วนที่แน่นอนได้ ดังนั้น The International Illumination Society (CIE ย่อมาจาก Commission International de l'Eclairage) จึงได้กำหนดแบบจำลองท้องฟ้าไว้ สำหรับการออกแบบการให้แสงสว่างจากธรรมชาติ 2 ประเภทคือ

2.2.1 สภาพท้องฟ้าปิด (Overcast Sky) เป็นสภาวะท้องฟ้าแบบเดียวกันทั้งหมด มีเมฆปกคลุมมากกว่า 70% ไม่สามารถมองเห็นดวงอาทิตย์ และมีการเปลี่ยนแปลงแบบช้าๆกว่าท้องฟ้าชนิดอื่นๆ ขอบเขตของท้องฟ้ามีคี่ขึ้นอยู่กับฤดูกาลต่างๆ ท้องฟ้าสภาพเช่นนี้จะให้ความสว่างที่กึ่งกลางท้องฟ้า (Zenith) มากที่สุด และสว่างลดต่ำลงมายังเส้นขอบฟ้า (The Horizon) โดยมีสัดส่วนความสว่างที่เส้นขอบฟ้าเท่ากับ  $1/3$  ของความสว่างที่กึ่งกลางท้องฟ้า ค่าความสว่างที่จุดหนึ่งจุดใดบนท้องฟ้าที่ทำมุมกับเส้นขอบฟ้าเท่ากับ  $0^\circ$  สามารถแสดงออกในลักษณะสมการ โดยเทียบกับความสว่างที่กลางท้องฟ้า หรือความสว่างที่ระนาบเส้นขอบฟ้า ดังนี้

$$L_\theta = 1/3 L_z (1+2 \sin \theta) \text{ หรือ } 3/7 E_h (1+2 \sin \theta) \quad (2.1)$$

โดยที่  $L_z$  = ความสว่างที่กลางท้องฟ้า

$E_h$  = ความสว่างที่ระนาบขอบฟ้า



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะท้องฟ้าปิด (Overcast sky)

2.2.2 สภาพท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky) เป็นสภาวะที่มีเมฆปกคลุมไม่เกิน 30% ความสว่างของท้องฟ้าประเภทนี้ไม่เท่ากันทั้งท้องฟ้า ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์และปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ โดยปกติความสว่างที่เส้นขอบฟ้าจะสว่างมากกว่ากลางท้องฟ้า ความสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้ สามารถแสดงออกในรูปของสมการได้ดังนี้

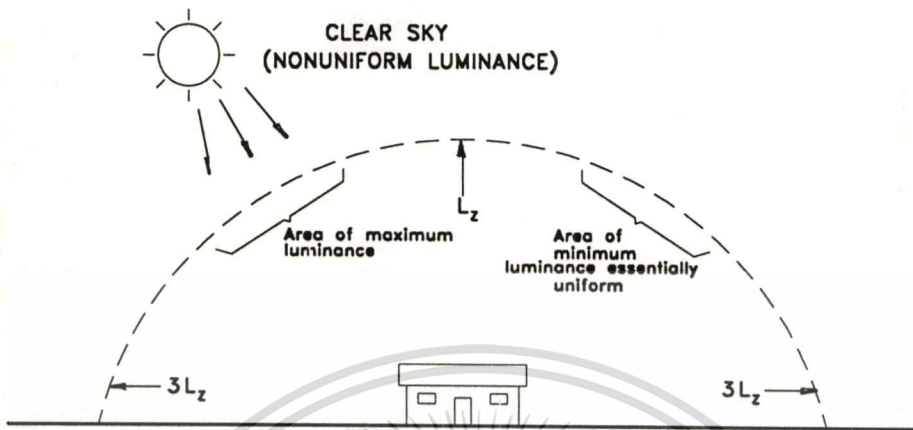
$$L_\phi = L_m \operatorname{Cosec} (\phi + \theta - 15) \quad (2.2)$$

โดยที่  $L_\phi$  = ความสว่างของท้องฟ้าในตำแหน่งที่ทำมุม  $\theta^\circ$  เหนือแนวราบ

$L_m$  = บริเวณที่มีความสว่างต่ำสุดของท้องฟ้า

$\theta$  = มุมเงยของดวงอาทิตย์ (Solar Altitude)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะสภาพท้องฟ้าโปร่ง (Clear sky)

2.2.3 สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก (Partly Cloudy Sky) ถึงแม้ CIE ไม่ได้จำลองท้องฟ้าลักษณะนี้ไว้ แต่เนื่องจากว่าประเทศไทยมีลักษณะท้องฟ้าส่วนใหญ่เป็นลักษณะนี้ ท้องฟ้าลักษณะนี้มีเมฆปกคลุม 30-70% โดยค่าความส่องสว่างมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การคำนวณจึงเป็นไปได้ยาก แต่ได้มีผู้ทำการศึกษาถึงลักษณะการส่องสว่างของท้องฟ้าชนิดนี้ คือ Hopkinson Petherbrige และ Longmore นอกจากนี้ได้หาค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าแบบปิด (Overcast Sky) แล้วได้หาสมการ สำหรับความส่องสว่างโดยเฉลี่ยที่ระนาบนอนของท้องฟ้ามีเมฆบางส่วนด้วย ดังนี้

$$E(av.) = 538 \times \phi \quad (\text{lux}) \quad (2.3)$$

ในเวลาต่อมา Lynes ได้กำหนดสมการที่คล้ายกันแต่ให้ความส่องสว่างสูงกว่า คือ

$$E(av.) = 570 \times \phi \quad (\text{lux}) \quad (2.4)$$

โดยทั้ง 2 สมการไม่รวมแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ โดยค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าเกิดจากขอบเมฆที่สะท้อนแสงจากท้องฟ้าอีกชั้นหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามค่าความส่องสว่างนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามประเทศซึ่งตั้งอยู่ในที่แตกต่างกัน

## 2.3 มุมที่เกิดจากตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์

ตำแหน่งของดวงอาทิตย์มีผลต่อความสว่าง ความเข้มของแสงตลอดจนปริมาณรังสีความร้อนที่เกิดขึ้น มุมที่ดวงอาทิตย์กระทำต่อพื้นที่แต่ละที่ (Altitude , Azimuth) จะแปรเปลี่ยนไปตามวันและเวลาที่แตกต่างกันออกไป โดยมุมต่างๆที่เกิดขึ้นแสดงได้ดังนี้

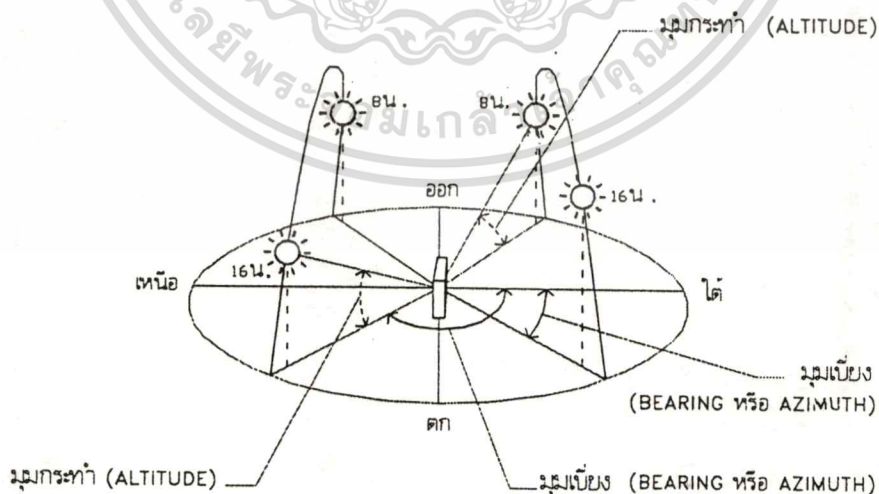
**2.3.1 มุมไต่ (Angle of Declination)** คือมุมที่เกิดขึ้นเนื่องจากดวงอาทิตย์ทำมุมกับเส้นศูนย์สูตร (หรือระนาบของเส้นศูนย์สูตร)

**2.3.2 มุมแนวตั้ง (Angle of Incident)** คือมุมระหว่างดวงอาทิตย์กับแนวตั้งฉากของผนัง ซึ่งใช้ในการหาปริมาณความร้อนที่ผนังหรืออาคารได้รับ

**2.3.3 มุมกระทำ (Altitude Angle)** คือมุมที่ดวงอาทิตย์กระทำจริงทางแนวตั้งกับระนาบขอบฟ้า

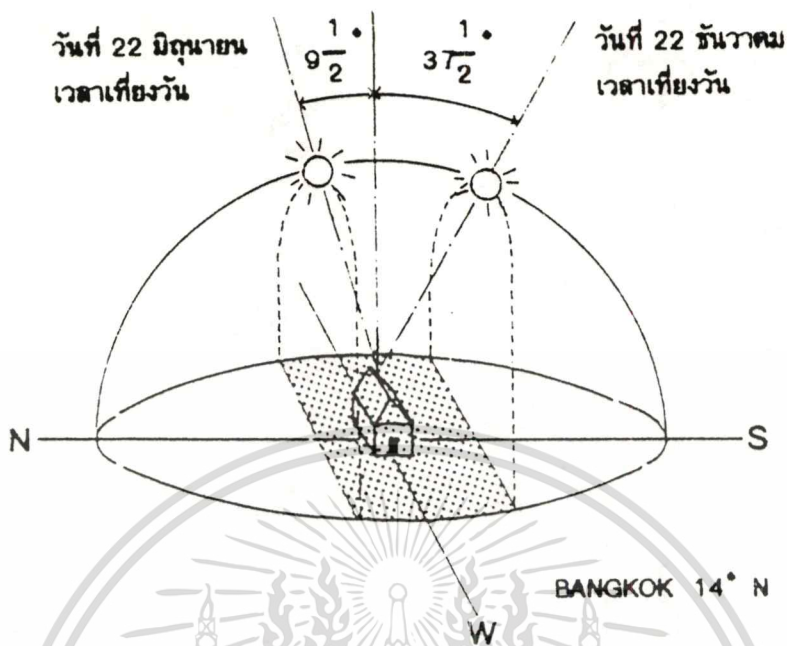
**2.3.4 มุมเบี่ยง (Azimuth หรือ Bearing Angle)** คือมุมตามแนวระดับที่ดวงอาทิตย์กระทำกับทิศใต้ ซึ่งในตอนเช้าจะหมุนไปทางตะวันออก และตอนบ่ายจะหมุนไปทางตะวันตก Azimuth ในซีกโลกเหนือ เช่น ประเทศไทย คือ มุมที่ดวงอาทิตย์หมุนตามแนวระดับเบี่ยงกับทิศใต้ Azimuth ในซีกโลกภาคใต้ คือ มุมที่ดวงอาทิตย์หมุนตามแนวระดับเบี่ยงกับทิศเหนือ

**2.3.4 มุมตัด (Profile Angle)** คือมุมที่ระดับของดวงอาทิตย์กระทำในแนวระนาบที่ตั้งฉากกับผนังหรืออาคาร ค่าของมุมตัดจะแตกต่างไปจากค่าของมุมกระทำ Altitude Angle และในการออกแบบค่ามุมตัดสามารถนำไปหาค่าความลึกของอุปกรณ์บังแดดแนวนอนได้



รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะของมุมต่างๆที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

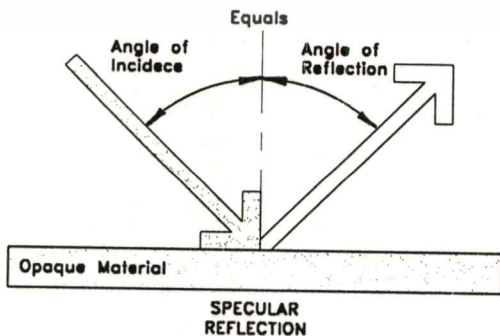


รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะแนวทางการโคจรของดวงอาทิตย์ของกรุงเทพฯ

## 2.4 พฤติกรรมของแสง

เมื่อแสงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสง ผ่านออกสู่ตัวกลางชนิดต่างๆ เช่น อากาศของเหลว วัตถุโปร่งแสง จนกระทั่งถึงวัตถุทึบแสง แสงจะมีพฤติกรรมที่แตกต่างกันออกไปดังนี้

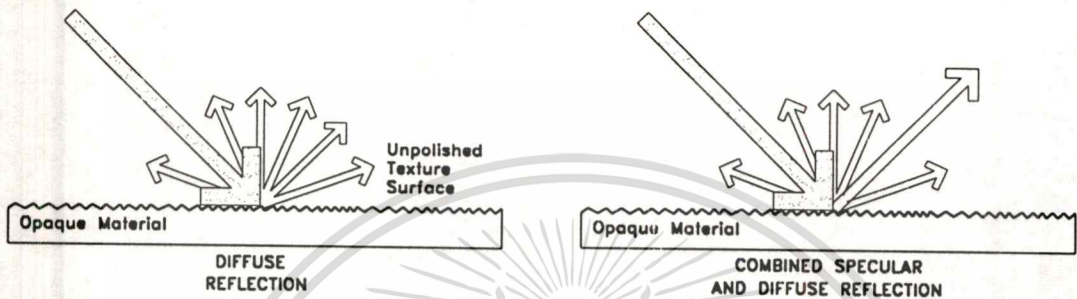
2.4.1 การสะท้อน (Reflect) เป็นพฤติกรรมที่แสงตกกระทบบนวัตถุตัวกลางแล้วสะท้อนออก ถ้าตัวกลางมีลักษณะผิวมันเรียบ การสะท้อนของแสงจะเป็นไปในลักษณะมุมตกกระทบ (Incident Angle) เท่ากับมุมสะท้อน (Reflect Angle)



รูปที่ 2.11 การสะท้อนของแสงที่ตกกระทบวัตถุ

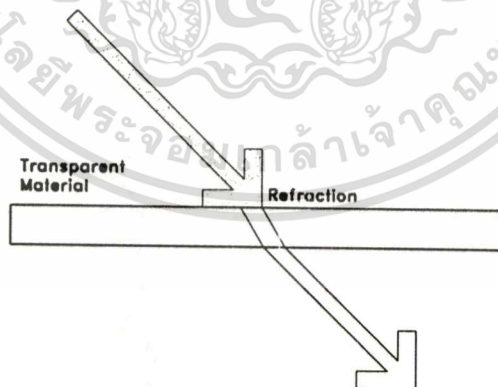
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การกระจาย (Diffuse) เป็นลักษณะของแสงที่กระจายตัวออก เมื่อกระทบถูกกับผิวตัวกลางที่มีลักษณะผิวไม่สม่ำเสมอ ทำให้มุมที่แสงตกกระทบวัตถุ (Incident Angle) ไม่เท่ากับมุมสะท้อน (Reflect Angle)



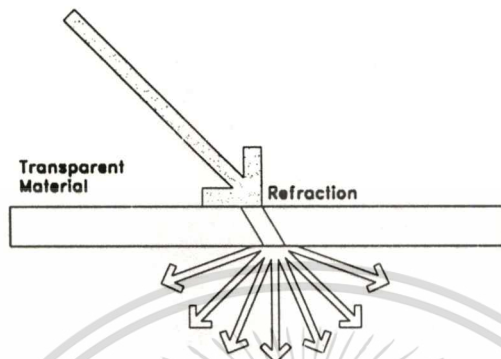
รูปที่ 2.12 การกระจายแบบ Diffuse Reflect และ การกระจายแบบ Combine Specular and Diffuse Reflect

2.4.3 การหักเห (Refract) เป็นปรากฏการณ์ที่แสงหักเหออกจากแนวทางเดิมแสง เมื่อพุ่งผ่านวัตถุโปร่งแสง



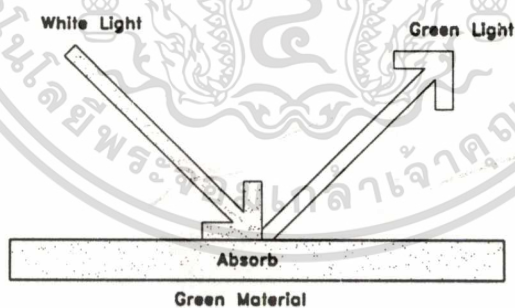
รูปที่ 2.13 การหักเหของแสงผ่านวัตถุโปร่งแสง

2.4.4 การทะลุผ่าน (Transmission) การที่แสงพุ่งชนวัตถุที่โปร่งใส แล้วทะลุผ่านออกไปอีกด้านหนึ่ง



รูปที่ 2.14 การทะลุผ่านของแสงผ่านวัตถุโปร่งใส

2.4.5 การดูดกลืน (Absorb) เป็นปรากฏการณ์ที่แสงถูกดูดกลืนและหายเข้าไปในตัวกลาง พลังงานแสงถูกดูดกลืนหายเข้าไปในวัตถุใดๆ จะแปรเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน



รูปที่ 2.15 การดูดกลืนแสงของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 มาตรฐานการวัดความสบายทางแสงสว่าง (Lighting Comfort Index)

ในการวัดความสบายทางด้านแสงสว่าง เพื่อให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน จึงได้มีสถาบันต่างๆมากมายได้กำหนดมาตรฐานความสบายทางสายตาขึ้น โดยจะกำหนดในลักษณะของค่าต่ำสุดของระดับความสว่างที่เกิดขึ้นแต่ละกิจกรรม (รวมไปถึงมาตรฐานของอุปกรณ์และการติดตั้งและป้องกัน) มาตรฐานต่างๆที่กำหนดระดับความสว่างนี้ แต่ละมาตรฐานมีการกำหนดไว้แตกต่างกันอยู่บ้าง อย่างไรก็ตามมาตรฐานต่างๆก็ได้มีการรับรองจากสถาบัน ซึ่งสามารถใช้เป็นบรรทัดฐานได้ ในที่นี้จะกล่าวถึงมาตรฐานรับรองที่ใช้กันสากลทั่วไป

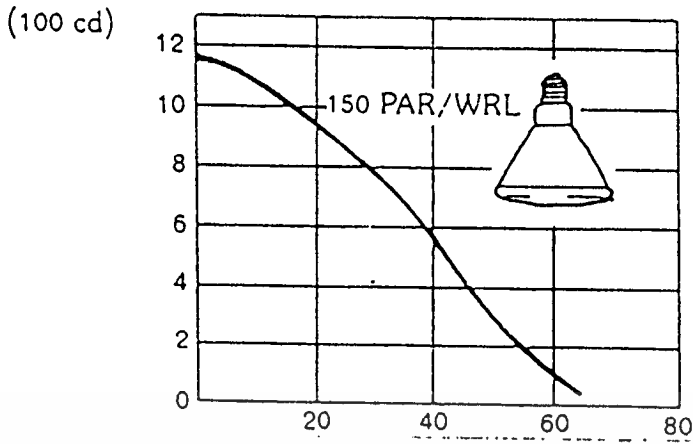
### ตารางที่ 2.3 มาตรฐานการวัดแสงสว่างของสถาบันต่างๆ

| มาตรฐาน | ชื่อเต็ม  | คำแปล                             |
|---------|---|-----------------------------------|
| ANSI    | American National Standard Institute              | สำนักงานมาตรฐานสหรัฐอเมริกา       |
| BS      | British Standard                                  | มาตรฐานอังกฤษ                     |
| BSI     | British Standard Institute                        | สำนักงานมาตรฐานอังกฤษ             |
| CENELEC | Commit Uropean de Normalization Electro Technique | คณะกรรมการมาตรฐานไฟฟ้ายุโรป       |
| CIE     | Commission International de L'Eclairage           | คณะกรรมการมาตรฐานแสงสว่างสากล     |
| IEC     | International Electrotechnical Commission         | คณะกรรมการมาตรฐานไฟฟ้าสากล        |
| IES     | Illumination Engineering Society                  | สมาคมวิศวกรรมแสงสว่างสหรัฐอเมริกา |
| EIT     | The Engineering Institute of Thailand             | วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย         |
| DIN     | Deutsches Institute Normung                       | สำนักงานมาตรฐานเยอรมัน            |

## 2.6 การวัดความสว่างและหน่วยของระบบทางแสง

การวัดความสว่างของแสง สามารถวัดได้ในรูปของความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity) จำนวนเส้นแรงของปริมาณแสง และในรูปของปริมาณลูเมนต่อตารางหน่วยพื้นที่ดังนี้

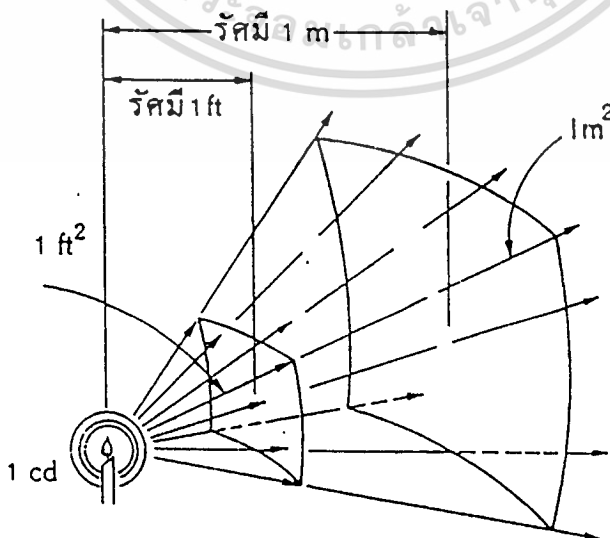
**2.6.1 แคนเดลล่า (Candela)** เป็นการบอกค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดแสงใดๆ ในรูปของปริมาณความเข้มแห่งการส่องสว่างหรือกำลังส่องสว่าง ความเข้มของการส่องสว่าง 1 แคนเดลล่า มีค่าเท่ากับความเข้มแห่งการส่องสว่างของวัตถุดำ (Black Body) ที่อุณหภูมิเยือกแข็งของพลาคินัม ความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง มีค่าแปรเปลี่ยนไปตามมุมที่กระทำกับแนวแกนของแหล่งกำเนิดแสง



รูปที่ 2.16 ความเข้มแห่งการส่องสว่างแปรเปลี่ยนไปตามมุมที่กระทำกับแหล่งกำเนิดแสง

**2.6.2 ลูเมน (Lumen)** แหล่งกำเนิดแสงจะปล่อย Luminous Flux ออกมาโดยรอบทิศทาง Luminous Intensity คือปริมาณของ Luminous Flux ที่วัดได้ในหน่วยของ Lumen เป็นการบอกค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดแสงในรูปของปริมาณ Luminous Flux ที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงนั้นๆ

**2.6.3 ฟุตแคนเดิล (Footcandle)** เมื่อนำแหล่งกำเนิดแสงที่มีขนาดเล็กมากๆ และมีค่าเท่ากับ 1 แคนเดิล่า ไปวางที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมที่มีรัศมี 1 ฟุต ปริมาณแสง 1 ลูเมน จะไปตกลงบนทุกๆหนึ่งตารางฟุตบนพื้นผิวของทรงกลม ปริมาณแห่งการส่องสว่างที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 1 ฟุตแคนเดิล หรือ 1 ลูเมนต่อตารางฟุต ถ้ารัศมีของทรงกลมดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 1 เมตร ปริมาณแห่งการส่องสว่างที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 1 ลักซ์ (Lux) หรือ 1 ลูเมนต่อตารางเมตร



รูปที่ 2.17 ความสัมพันธ์ระหว่างฟุตแคนเดิลกับลักซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ  $1 \text{ Lux} = 1 \text{ Lumen} / \text{m}^2$  หรือ  $10.764 \text{ Lux} = 1 \text{ Lumen} / \text{ft}^2 = \text{Foot-Candle}$

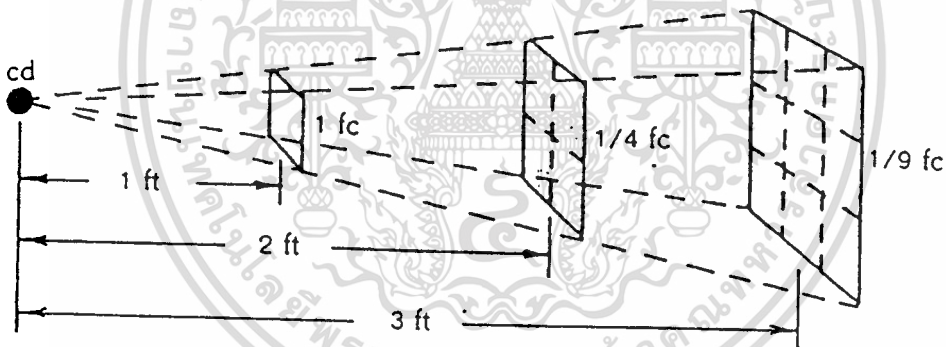
**2.6.4 การส่องสว่าง (Illumination)** ปริมาณแห่งการส่องสว่างบนพื้นผิวใดๆ จะแปรตามโดยตรงกับความเข้มแห่งการส่องสว่าง Illuminous Intensity ของแหล่งกำเนิดแสง และแปรผกผันกับค่าระยะทางยกกำลังสองระหว่างพื้นผิวนั้น กับแหล่งกำเนิด

$$E = I / D^2 \quad (2.5)$$

โดยที่  $E$  = ปริมาณการส่องสว่างบนพื้นงาน

$I$  = ความเข้มแห่งการส่องสว่างจากแหล่งกำเนิดแสง

$D$  = ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงถึงแหล่งที่ต้องการ  
คำนวณ



รูปที่ 2.18 การกระจายของพลังจะลดลงโดยแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง

**2.6.5 ความจ้า (Brightness)** เป็นผลซึ่งเกิดจากการที่แสงถูกสะท้อนออกจากผิววัตถุ หรือพุ่งออกจากแหล่งกำเนิดแสงเข้าสู่ตา เมื่อแสงตกลงพื้นผิวของวัตถุใดๆ บางส่วนของแสงจะถูกดูดกลืนเข้าไปในผิวนั้นๆ แต่บางส่วนของแสงจะถูกสะท้อนออกมา การวัดความจ้าของวัตถุใดๆ ด้วยปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาต่อพื้นที่ 1 ตารางหน่วย มีหน่วยเป็นฟุตแลมเบิร์ต (Footlambert) ความจ้าหรือฟุตแลมเบิร์ตไม่ใช่ความสว่างหรือฟุตแคนเดิล ปริมาณความจ้าของวัตถุใดๆจะมีค่าเท่ากับผลคูณของปริมาณแห่งการส่องสว่าง กับความสามารถในการสะท้อนแสงของวัตถุนั้นๆ

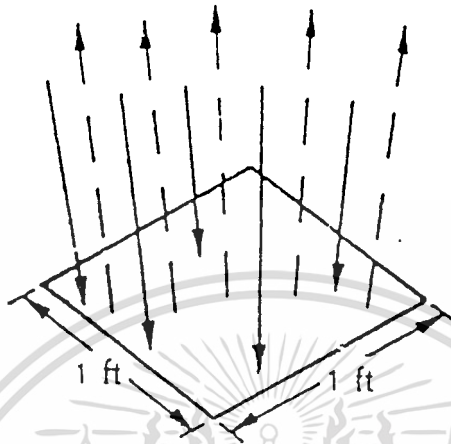
$$FI = FC * \rho$$

(2.6)

โดยที่ FI = ปริมาณความจ้า หน่วยฟุตแลมเบิร์ต

FC = ปริมาณการส่องสว่าง (Illumination)

$\rho$  = ค่าการสะท้อนแสงของวัตถุ (%)



รูปที่ 2.19 ความแตกต่างระหว่างการส่องสว่างกับความจ้า

2.6.6 ความเข้มแสงอาทิตย์ (Solar Intensity, I)

ความเข้มแสงอาทิตย์ คือ พลังงาน

ของแสงที่ตกตั้งฉากกับพื้นที่ 1 ตารางหน่วย ในเวลา 1 วินาที จะมีหน่วยเป็น  $W / m^2$

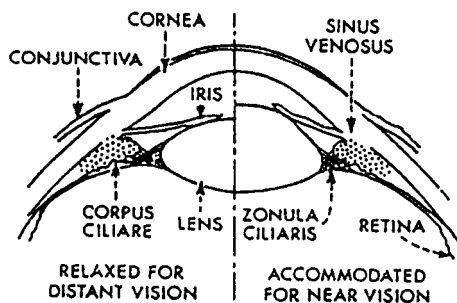
จะได้  $I = \text{Power} / \text{Area}$

2.7 สภาวะความสบายทางสายตา (Visual Comfort)

2.7.1 ความสว่างกับการมองเห็น

เมื่อแสงกระทบที่วัตถุใดๆแสงจะสะท้อนเข้าสู่

กระจกตา ผ่านแก้วตา (Cornea) ลูกตา (Lens) เรตินา (Retina) ประสาทตา (Nerve) และเข้าสู่การรับรู้ทางสมองตามลำดับ กล้ามเนื้อตาทำหน้าที่ขยายตัวหรือหดตัว เพื่อโฟกัสให้คลื่นแสงที่มากระทบแก้วตาและลูกตาไปตกลงบนบริเวณเรตินา นอกจากนั้นยังมีไอลิส(Iris) คอยทำหน้าที่ปิดเปิดกระจกตาเพื่อควบคุมปริมาณแสง ให้เข้าสู่กระจกตามความเหมาะสม

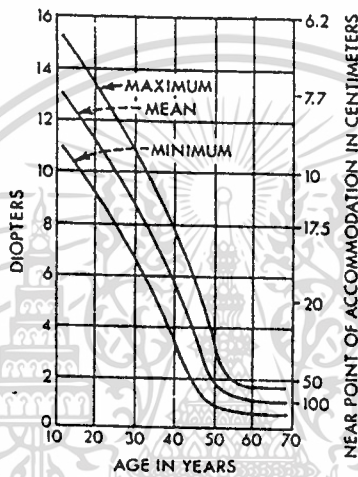


รูปที่ 2.20 แสดงรูปหน้าตัดของรูปร่างตา

งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 ความสัมพันธ์ของแสงและการมองเห็น ในการออกแบบระบบแสงสว่างที่ดีที่สุด ปริมาณแสงที่เหมาะสมกับการใช้งาน จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆดังต่อไปนี้

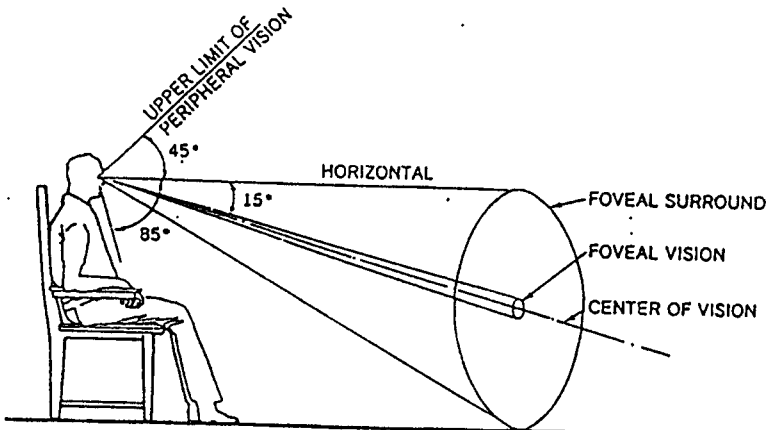
1. ขนาดของวัตถุ วัตถุขนาดใหญ่ต้องการแสงสว่างน้อยกว่าวัตถุขนาดเล็ก
2. เวลา ขึ้นอยู่กับการเคลื่อนที่ของวัตถุ วัตถุที่เคลื่อนที่เร็วจะทำให้มีเวลาในการมองเห็นวัตถุสั้นมาก จำเป็นต้องมีความสว่างมากกว่าวัตถุที่เคลื่อนที่ช้าหรือหยุดอยู่กับที่
3. สีและผิวของวัตถุ วัสดุสีอ่อนผิวมันต้องการแสงสว่างน้อยกว่าวัตถุที่มีสีทึบหรือหยาบ
4. ประสิทธิภาพของดวงตา ขึ้นอยู่กับวัยของผู้ใช้อาคาร ตาของคนวัยทำงานย่อมมีประสิทธิภาพดีกว่าตาของผู้สูงอายุ



รูปที่ 2.21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุและประสิทธิภาพของสายตา

2.7.3 ระดับสายตาในการมองเห็น (Visual Field)

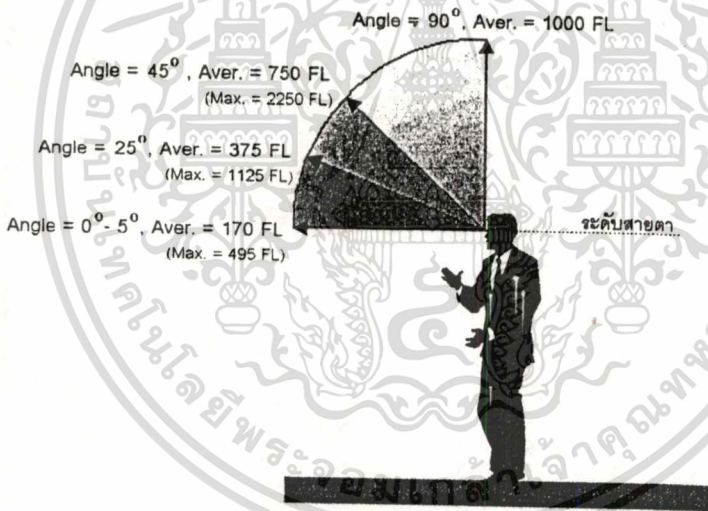
สายตามนุษย์มีขีดจำกัดในการรับรู้จากการมองเห็นสิ่งต่างๆ โดยเฉพาะการตอบรับของสีของวัตถุที่ได้รับ โดยโคน (Cones) จะมีการตอบสนองได้ดีของนัยน์ตา ตลอดจนขีดความสามารถของมมมองที่รับรู้ได้ เช่น มมมองเวลานั่งอ่านหนังสือ กับมมมองขณะที่ยืน



รูปที่ 2.22 แสดงลักษณะมมมองของสายตาที่สามารถรับรู้  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.7.4 ความสว่างและความจ้า (Brightness and Glare)** สภาวะความสบายทางสายตา ได้ถูกกำหนดขึ้น โดยปริมาณความเข้มของแสงจากการส่องสว่างที่สายตาได้รับ โดยปริมาณจากการส่องสว่างของแสงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความจ้าของแสง องค์ประกอบที่ทำให้เกิดความสว่างและความจ้านั้นขึ้นอยู่กับ ขนาดและทิศทางแหล่งกำเนิดแสง และตำแหน่งของวัตถุที่ใช้สายตาในการมอง ตลอดจนประสิทธิภาพของการปรับสายตาในการรับรู้ ถ้าปริมาณแสงมีความเข้มของการส่องสว่างมาก ความจ้าก็จะมากด้วย การที่มีปริมาณแสงสว่างและความจ้าที่มากเกินไป จะทำให้เวลามองจะรู้สึกไม่สบายตา ลักษณะของการเกิดความจ้าสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1. ความจ้าที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงโดยตรง เช่น ดวงอาทิตย์ โดยไม่มีอุปกรณ์ป้องกัน ทำให้ปริมาณแสงมีปริมาณมากเกินไปจนความพอดีที่สายตายอมรับได้
2. ความจ้าที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงส่องกระทบวัตถุ จะเกิดขึ้นกับวัตถุโดยเฉพาะ วัสดุที่มีผิวเรียบมันวาว



รูปที่ 2.23 แสดงระดับความจ้าที่สายตายอมรับได้ (Angle Degree)

ที่มา : วารสารอาษา กรกฎาคม 2541

## 2.8 การออกแบบระบบแสงสว่างในอาคาร

การให้แสงสว่างแก่อาคาร ในการพิจารณาระดับความสว่างภายในอาคาร ที่นิยมใช้ สามารถแบ่งออกได้ 2 แนวทาง คือ

1. การพิจารณาจากปริมาณค่าความส่องสว่างรวม (Absolute Illuminance) เป็นการพิจารณาระดับความส่องสว่างภายในอาคารในตำแหน่งต่างๆ ในความสูงที่กำหนดจากระดับพื้นห้องนั้นๆ โดยวัดค่าความส่องสว่างออกมาเป็นปริมาณแสงต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็นฟุตแคนเดิล (Footcandle) หรือ ลักซ์ (Lux) ซึ่งค่าของความสว่างที่เกิดขึ้นภายในอาคาร จะขึ้นอยู่กับเวลา ทิศทางการเปิดของช่องแสงและสภาพของท้องฟ้า

2. การพิจารณาโดยใช้อัตราส่วนของระดับความส่องสว่างภายในอาคาร ต่อระดับความส่องสว่างภายนอกอาคาร (Relative Illuminance) ภายใต้สภาพท้องฟ้าปิด (Overcast Sky) ค่าที่ได้จากการส่องสว่างจะแสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ (%) ซึ่งมีค่าคงที่ไม่แปรเปลี่ยนตามช่วงเวลา หรือ ทิศทางการเปิดของช่องแสง

การพิจารณาความส่องสว่างภายในอาคารจากแสงธรรมชาติ ตามมาตรฐานของ IES Code ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ เพราะสามารถให้ผลในการวิเคราะห์ในรายละเอียดที่ค่อนข้างจะถูกต้อง โดยมีแนวทางดังนี้

**2.8.1 Daylight Factor Method** เป็นการพิจารณาปริมาณความส่องสว่างภายในอาคารที่ได้จากแสงธรรมชาติ ที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยพิจารณาจากอัตราส่วนของความส่องสว่าง ณ จุดที่อยู่ในห้องที่พิจารณา ต่อความส่องสว่างภายนอกอาคาร โดยระดับความส่องสว่างภายในอาคารจะขึ้นอยู่กับสภาพของท้องฟ้า ซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ที่มีผลต่อความส่องสว่างและความเข้มของแสง นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับมุมที่ดวงอาทิตย์กระทำต่อพื้นที่แต่ละที่ (Azimuth , Altitude) ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามวันและเวลาที่แตกต่างกันออกไป

$$DF = \text{ความส่องสว่างภายใน} / \text{ความส่องสว่างภายนอก} \times 100\% \quad (2.7)$$

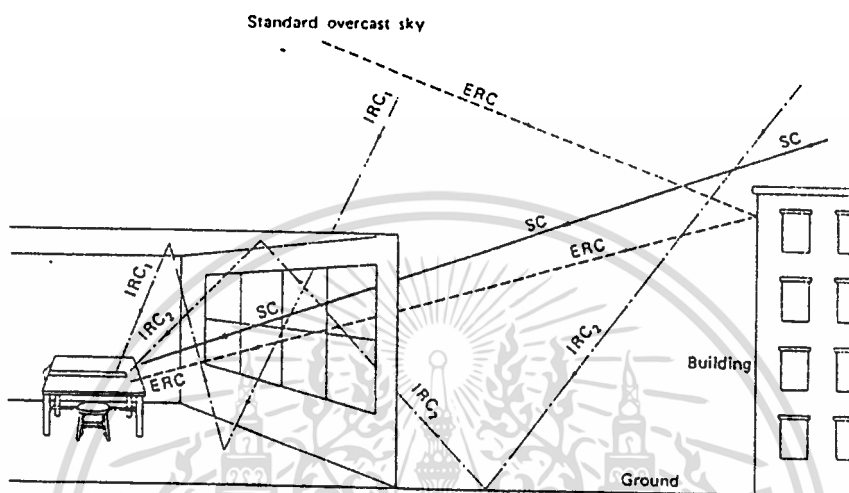
ใน IES Code 1997 ได้กำหนดค่า Daylight Factor ออกเป็น 2 ค่า คือ ค่า Daylight Factor ขั้นต่ำ ใช้สำหรับค่าความส่องสว่างที่ต้องใช้สายตาเพื่อการปฏิบัติหน้าที่ และค่า Daylight Factor เฉลี่ย ใช้สำหรับความส่องสว่างที่ใช้กับพื้นที่ทั่วไป ซึ่งค่า Daylight Factor ขั้นต่ำอยู่ระหว่าง 0.6-2.5% และค่า Daylight Factor โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 5% การพิจารณา Daylight Factor ที่เข้ามายังจุดที่พิจารณาภายในประกอบด้วย 3 ส่วนคือ

$$DF = SC + ERC + IRC \quad (2.8)$$

โดยที่ SC = ความสว่างจากท้องฟ้า (Sky Component)

ERC = ส่วนที่สะท้อนจากภายนอก (External Reflected Component)

IRC = ส่วนที่สะท้อนภายใน (Internal Reflected Component)



รูปที่ 2.24 องค์ประกอบของ Daylight Factor

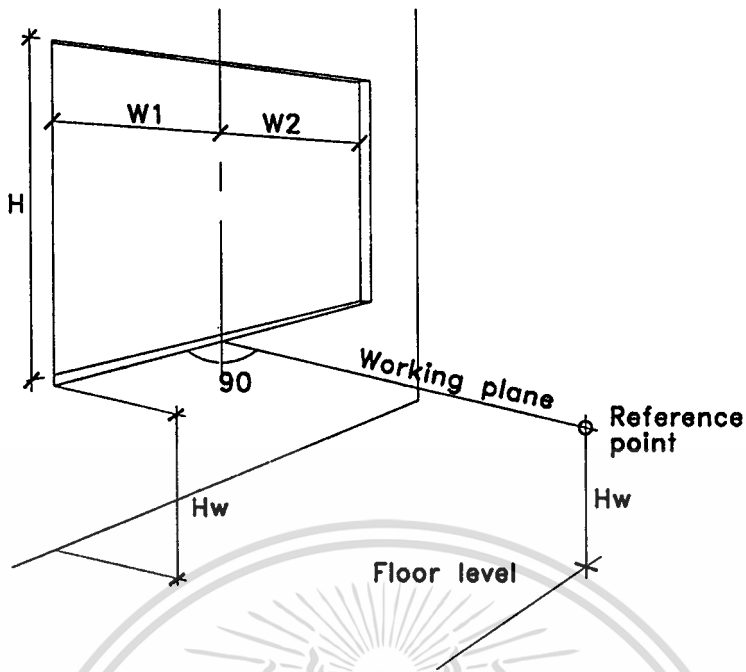
1. ความสว่างจากท้องฟ้า (Sky Component) ใช้ตัวย่อว่า “SC” เป็นความสว่างจากแสงกระจายของท้องฟ้าเข้าสู่อาคารโดยตรงผ่านช่องเปิดอาคาร เช่น หน้าต่างหรือผนังกระจก ค่าความสว่างของจุดที่ต้องการหา จึงขึ้นอยู่กับขนาดช่องเปิดที่อยู่เหนือจุดนั้นๆ และระยะที่จุดนั้นๆ ห่างจากช่องเปิด ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$SC = 50 / \pi [\tan^{-1}(W/D) - D(D^2 + H^2) \times \tan^{-1}(W/D^2 + H^2)]\% \quad (2.9)$$

โดยที่ W = ความกว้างของช่องเปิด

D = ระยะห่างตั้งฉากจากจุดที่ต้องการวัดค่ากับช่องเปิด

H = ความสูงจากจุดที่ต้องการถึงขอบบนทางช่องเปิด



รูปที่ 2.25 แสดงการหาค่าความสว่างจากการกระจายแสงของท้องฟ้าผ่านช่องเปิด

2. ความสว่างจากการสะท้อนภายนอก (External Reflect Component) ใช้ตัวย่อว่า “ERC” เป็นความสว่างที่เกิดจากการที่แสงภายนอกกระทบกับวัตถุภายนอกอาคาร แล้วสะท้อนเข้าไปภายในอาคารโดยผ่านช่องเปิด ซึ่งเป็นการยากที่จะกำหนดค่าที่แท้จริง นอกจากจะรู้ค่าที่แท้จริงแล้วเท่านั้นจึงจะนำมาใช้ได้ ซึ่งโดยปกติอนุโลมให้ใช้ค่า 1/10 ของค่าความสว่างของท้องฟ้าเป็นค่าของ ERC

3. ความสว่างจากการสะท้อนภายใน (Internal Reflected Component) ใช้ตัวย่อว่า “IRC” เป็นความสว่างที่เกิดจากการที่แสงภายนอกเข้ามาภายในห้องแล้ว ไปกระทบกับพื้นผิวเพดานและผนัง แล้วสะท้อนความสว่างขึ้นภายใน โดยการคำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ยที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนภายในสร้างขึ้น โดย Building Research Station

$$IRC = 0.85 W / A (1 - R) \times (C. R_{fw} + 5.R_{cw}) \% \quad (2.10)$$

โดยที่ W = พื้นที่ของหน้าต่าง

R = ค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยของเพดาน พื้นและผนังทั้งหมดรวมทั้งหน้าต่าง

A = พื้นที่ของเพดาน พื้นและผนังทั้งหมดรวมทั้งพื้นที่หน้าต่าง

R<sub>fw</sub> = ค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยของพื้นและผนังทั้งหมด

ด้านที่เป็นหน้าต่าง)

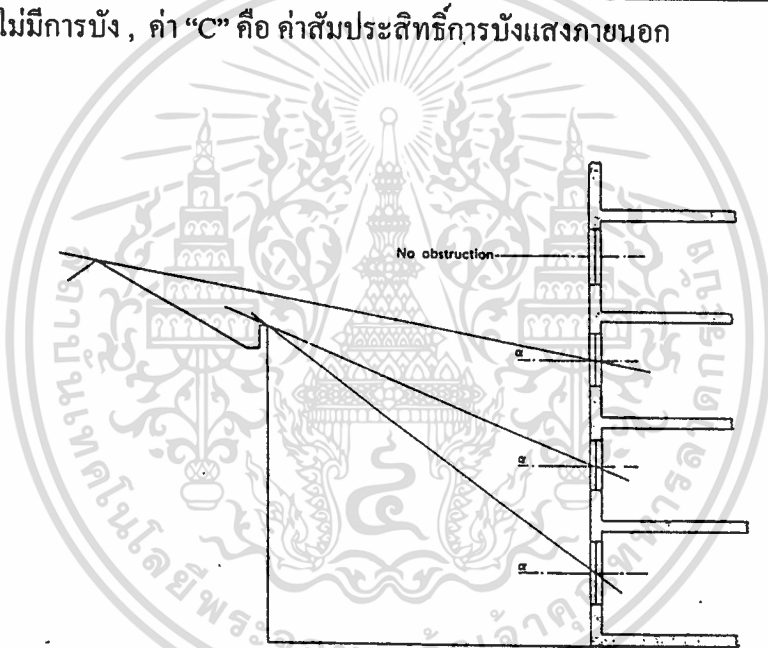
$R_{cw}$  = ค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยทางเพดานและผนังทั้งหมด  
ส่วนที่สูงกว่าแนวกึ่งกลางของหน้าต่าง (ยกเว้นผนัง  
ด้านที่เป็นหน้าต่าง)

$C$  = ค่าสัมประสิทธิ์การบังแสงภายนอกหน้าต่าง

ตารางที่ 2.4 อิทธิพลของการบังแสงภายนอกต่อการสะท้อนแสงภายใน

|                                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| มุมบังแสงเหนือแนวนอน(องศา)        | 0  | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| ค่า "C" ท้องฟ้าปิด (Overcast Sky) | 39 | 35 | 31 | 25 | 20 | 14 | 10 | 7  | 5  |
| ค่า "C" ท้องฟ้าแจ่มใส             | 50 | 42 | 35 | 27 | 21 | 16 | 11 | 7  | 5  |

มุม "0" องศา คือ ไม่มีการบัง , ค่า "C" คือ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแสงภายนอก



รูปที่ 2.26 แสดงสัมประสิทธิ์การบังแสงภายนอก

ค่ามุม  $\theta$  เป็นค่ามุมบังแสงเหนือแนวนอนภายนอกอาคาร โดยวัดที่กึ่งกลางช่องเปิด ค่า  $\theta$  เปลี่ยนแปลงตามความสูงของวัตถุบังแสงที่อยู่เหนือแนวกึ่งกลางช่องเปิด และระยะห่างของวัตถุบังแสง

**2.8.2 Lumen Method** เป็นการพิจารณาค่าความส่องสว่างรวม ที่ตกกระทบ ณ จุดใดจุดหนึ่ง ในระดับที่กำหนดภายในอาคาร อันเนื่องมาจากปริมาณแสงจากภายนอกที่ส่องผ่านช่องเปิด หรือช่องแสงเข้ามาในขณะนั้น โดยแสดงออกได้จากสมการดังนี้

$$E_i = TR \times (E_{xvk} \times CU_k + E_{xvg} \times C_{ug}) \quad (2.11)$$

โดยที่  $E_i$  = ค่าความส่องสว่างภายใน ณ ตำแหน่งที่พิจารณากับช่องเปิดหน้าต่าง

$TR$  = ค่าความส่องสว่างที่ผ่านหน้าต่าง

$E_{xvk}$  = ค่าความส่องสว่างแนวตั้งจากท้องฟ้าที่ตกกระทบบนพื้นที่หน้าต่าง

$CU_k$  = สัมประสิทธิ์การส่องสว่างจากท้องฟ้า

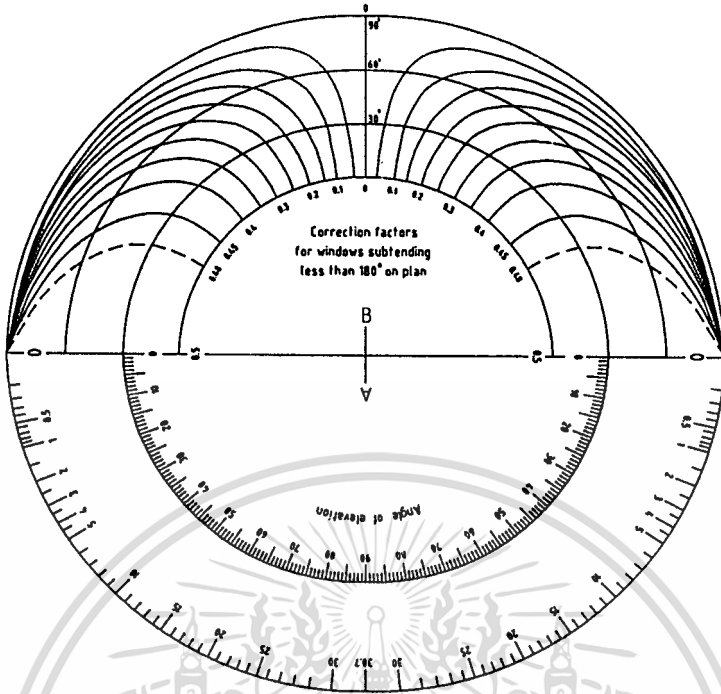
$E_{xvg}$  = ค่าการส่องสว่างภายนอกแนวตั้งจากพื้นที่ตกกระทบบนหน้าต่าง

$C_{ug}$  = สัมประสิทธิ์การสะท้อนจากพื้นดิน

#### คุณลักษณะของ Lumen Method

- เป็นการหาค่าความส่องสว่างที่ได้ 10 , 30 , 50 , 70 , 90% ต่อความลึกของห้อง
- ค่าที่ได้ต้องนำมาเปรียบเทียบกับตารางข้อมูล
- ค่าการส่องสว่างสมมุติเป็นค่าการส่องสว่างสม่ำเสมอ
- เป็นการสมมุติฐานค่าความส่องสว่างจากท้องฟ้า จากค่าความส่องสว่างแนวราบกับค่าความส่องสว่างแนวตั้ง

**2.8.3 Daylight Factor Protractor หรือ BRS Method** เป็นการหาค่าความสว่างจากท้องฟ้า (Sky Component SC.) และค่าการสะท้อนแสงจากภายนอก (External Reflect Component ERC.) ที่ส่องผ่านช่องเปิดเข้ามาภายใน โดยใช้ Protractor ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน (จากรูปที่ 2.28) คือด้าน A และด้าน B โดยที่ด้าน A ของ Protractor ใช้กับรูปตัดของห้องเพื่อหา Initial Sky Component (และมุม Altitude เฉลี่ย) ส่วนด้าน B ของ Protractor ใช้กับแปลนของห้องเพื่อหา Correction Factor สำหรับหน้าต่างที่ยาวไม่จำกัด แต่สำหรับหน้าต่างที่มีความยาวจำกัดบานหนึ่งต้องประยุกต์ใช้กับ Correction Factor (Scale B)



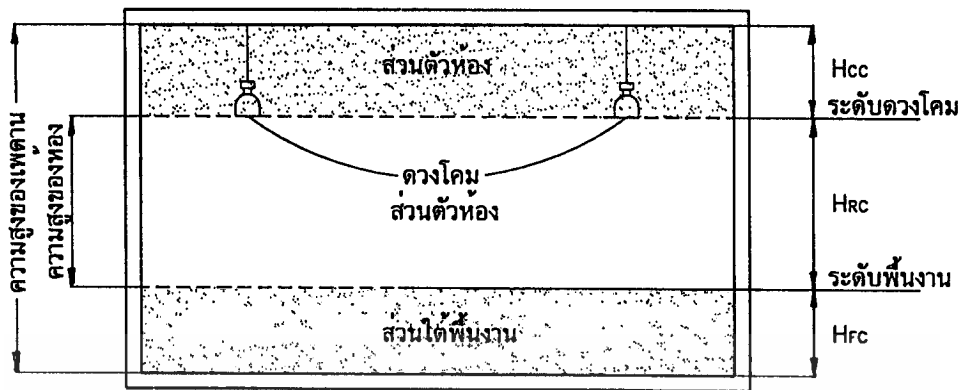
รูปที่ 2.27 Daylight Factor Protractor

## 2.9 การออกแบบให้ความสว่างแก่อาคารโดยใช้แสงประดิษฐ์

การออกแบบแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร โดยทั่วไปมี 2 วิธี โดยมีแนวทางดังต่อไปนี้

**2.9.1 Point – By Point Method** วิธีนี้จะพิจารณาค่าระดับความสว่างเจาะจงลงไป ในจุดใดจุดหนึ่ง แทนที่จะเป็นพื้นที่กว้างๆ การคำนวณหาค่าระดับความส่องสว่างโดยวิธีนี้ จะกระทำโดยใช้กราฟแสดงการกระจายของกำลังเทียนและกฎกำลังสองผกผันเข้าช่วย

**2.9.2 Zonal Cavity Method** เป็นวิธีการพิจารณาว่าปริมาณแสงที่ออกมาจากดวงโคม จะกระจัดกระจายลงไปทั่วพื้นห้องหรือพื้นงาน ค่าระดับความสว่างที่คำนวณจะเป็นค่าเฉลี่ย Zonal Cavity Method เป็นวิธีการออกแบบระบบแสงสว่างมาจากความหมายที่ว่า เราจะแบ่งห้องใดๆ ซึ่งเราต้องการที่จะออกแบบระบบแสงสว่างให้กับมัน โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน (Zone Cavity) ด้วยกัน โดยแนวทางสามารถแบ่งออกได้ดังนี้



รูปที่ 2.28 การแบ่งห้องออกเป็นส่วนๆ

ส่วนที่หนึ่งเรียกว่า “ส่วนโพรงเพดาน” (Ceiling Cavity) ส่วนนี้หมายถึง บริเวณนับตั้งแต่เพดานลงมาถึงระดับของดวงโคม (Luminaire Plane) ความสูงของระยะนี้เรียกว่า ความสูงของโพรงเพดาน ใช้ตัวอักษรย่อว่า Hcc

ส่วนที่สองเรียกว่า “ส่วนตัวห้อง” (Room Cavity) ส่วนนี้จะนับจากระดับของดวงโคมลงมาถึงระดับพื้นงาน (Work Plane) เราเรียกความสูงของระยะนี้ว่า ความสูงของห้อง (Room Cavity Height) และใช้ตัวย่อว่า Hrc

ส่วนสุดท้ายคือส่วนที่เรียกว่า “ส่วนใต้พื้นงาน” (Floor Cavity) ส่วนนี้จะนับจากระดับพื้นงานลงมาถึงระดับพื้นห้อง เราเรียกความสูงระยะนี้ว่า ความสูงของพื้นงาน (Floor Cavity Height) และใช้ตัวย่อว่า Hfc

อัตราส่วนโพรง (Cavity Ratio) เป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ที่อยู่แนวดิ่ง ซึ่งหมายถึงผนังทั้ง 4 ด้าน ต่อพื้นที่ในแนวระดับซึ่งหมายถึงเพดานและพื้นรวมกัน ค่าอัตราส่วนโพรงมีอยู่สามตัวด้วยกันคือ อัตราส่วนโพรงเพดาน (Ceiling Cavity Ratio) หรือ CCR อัตราส่วนห้อง (Room Cavity Ratio) หรือ RCR และอัตราส่วนใต้พื้นงาน (Floor Cavity Ratio) หรือ FCR ซึ่งค่าอัตราส่วนโพรงแต่ละค่าคำนวณมาจากความสูงแต่ละส่วน (Cavity Height) ที่สัมพันธ์กันนั่นเอง โดยแสดงได้ดังนี้

$$CCR = 5 H_{cc} (W + L) / W \times L \quad (2.12)$$

$$RCR = 5 H_{rc} (W + L) / W \times L \quad (2.13)$$

$$FCR = 5 H_{fc} (W + L) / W \times L \quad (2.14)$$

โดยที่ W = ความกว้างของห้อง

L = ความยาวของห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาการออกแบบระบบแสงสว่าง ทั้งการให้แสงธรรมชาติและการให้แสงจากแสงประดิษฐ์ เพื่อให้สอดคล้องกับแนวทางในการประหยัดการใช้พลังงาน และถูกต้องตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมและการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ได้มีผลเกี่ยวข้องกับกรออกแบบการให้แสงสว่างภายในอาคารจากการใช้แสงประดิษฐ์ เนื่องจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็นระบบหนึ่งของอาคารที่มีการใช้พลังงานที่สูง โดยเกณฑ์ที่กำหนดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการส่องสว่างในอาคารในกรณีที่มีการส่องสว่างด้วยไฟฟ้า จะต้องมีการออกแบบตามหลักวิธีการที่ยอมรับได้ในทางวิศวกรรมให้ได้ระดับความสว่าง สำหรับงานแต่ละประเภทอย่างเพียงพอ โดยที่อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งสำหรับใช้ส่องสว่างภายในอาคาร จะต้องใช้กำลังไฟฟ้าไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.5 แสดงค่ามาตรฐานกำหนดในการส่องสว่างตาม พรบ. พศ.2535

| อาคาร<br>ประเภท / ลักษณะพื้นที่                         | ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุด (1)<br>(วัดต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งาน) |
|---|--|
| สำนักงาน, โรงแรม, สถาบันศึกษา, โรงพยาบาล<br>สถานพักผ่อน | 16   |
| ร้านขายของ, ซูเปอร์มาร์เก็ตและศูนย์การค้า (2)           | 23   |

ที่มา : ระบบไฟฟ้ากำลังและการส่องสว่างด้วยไฟฟ้า สพช.

- (1) ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งอาคารแต่ไม่รวมที่จอดรถ
- (2) รวมถึงไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไปที่ใช้ในการโฆษณาเผยแพร่สินค้า ยกเว้นที่ใช้ในตู้กระจกแสดงสินค้าหน้าร้าน

ตารางที่ 2.6 แสงค่าระดับการส่องสว่างที่เหมาะสมตามมาตรฐาน IES

| Type of , Task of Activity        | Rang of Service Illuminance (Lux) |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>General building area</b>      |                                   |
| Circulation area                  |                                   |
| Corridor                          | 50 – 100 – 150                    |
| Stair, Escalator                  | 100 – 150 – 200                   |
| Stores and Stockrooms             | 100 – 150 – 200                   |
| <b>Libraries</b>                  |                                   |
| Shelves, Book stack<br>(Vertical) | 150 – 200 – 300                   |
| Reading table                     | 300 – 500 – 750                   |
| Counters, Cataloguing and Sorting | 200 – 300 – 500                   |
| <b>Office</b>                     |                                   |
| General office, Typing            |                                   |
| Computer rooms                    | 300 – 500 – 750                   |
| Deep-plan general office          | 500 – 750 – 1000                  |
| Drawing office                    | 500 – 750 – 1000                  |
| Conference rooms                  | 300 – 500 – 750                   |
| <b>School</b>                     |                                   |
| Classrooms                        |                                   |
| - General Lughtin                 | 300 – 500 – 750                   |
| - Chalkboard                      | 300 – 500 – 750                   |
| - Drafting                        | 500 – 750 – 1000                  |
| Lecture Theatres                  |                                   |
| - General lighting                | 300 – 500 – 750                   |
| - Chalkboard                      | 500 – 750 – 1000                  |
| - Demonstration benches           | 500 – 750 – 1000                  |
| Laboratories                      | 300 – 500 – 750                   |
| Art rooms                         | 300 – 500 – 750                   |
| Work shops                        | 300 – 500 – 750                   |
| Assembly hall                     | 150 – 200 – 300                   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 แสดงค่ามาตรฐาน ค่าสุดของ Daylight Factor สำหรับช่องเปิดด้านข้าง

| Building Type              | Location  | Daylight Factor (%) |
|----------------------------|---|---------------------|
| Dwelling                   | Living rooms (over $\frac{1}{2}$ depth, but for minimum Area $8 \text{ m}^2$ )                    | 1                   |
|                            | Bedrooms (over $\frac{1}{4}$ depth, but for minimum area $6 \text{ m}^2$ )                        | 0.5                 |
|                            | Kitchen (over $\frac{1}{2}$ depth, but for minimum area $5 \text{ m}^2$ )                         | 2                   |
| Office and Bank            | General office, counter, accounting book areas, Public areas                                      | 2                   |
|                            | Typing table, business machines, manually Operated Computers                                      | 4                   |
| Drawing office             | General   | 2                   |
|                            | Drawing board   | 6                   |
| Assembly and Concert halls | Foyers, auditoria, stair (on treads)  | 1                   |
|                            | Corridors (on floors)   | 0.5                 |
| Churches                   | Body of church  | 1                   |
|                            | Chancel, choir, pulpit  | 1.5                 |
|                            | Altars, communion tables (depending on lighting – Emphasis required)                              | 3 – 6               |
|                            | Vestries  | 2                   |
| Libraries                  | Shelves (on vertical surfaces of book spines), reading Table (additional lighting on book stacks) | 1                   |
| Art galleries and Museums  | General   | 1                   |
|                            | On pictures (but special provision for conservation Where required)                               | 6 (max)             |
| School and Colleges        | Assembly and teaching areas   | 2                   |
|                            | Art rooms   | 4                   |
|                            | Laboratories (benches)  | 3                   |
|                            | Staff rooms, common-rooms   | 1                   |
| Hospitals                  | Wards   | 1                   |
|                            | Reception rooms, waiting rooms  | 2                   |
|                            | Phamacies   | 3                   |
| Sports halls               | General   | 2                   |
| Swimming polls             | Poll surfaces   | 2                   |
|                            | Surrounding floor areas   | 1                   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

# แนวทางการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร

จากความต้องการในการใช้แสงเพื่อการส่องสว่างภายในอาคารโดยทั่วไปแล้ว โดยให้มีปริมาณแสงที่เพียงพอต่อการใช้งานในระดับที่ไม่มากหรือน้อยจนเกินไป ดังนั้นในการใช้แสงธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพ จึงไม่ใช่การนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารให้เกิดความสว่างขึ้นที่จุดใดจุดหนึ่งเพียงจุดเดียว โดยไม่คำนึงถึงระดับของการส่องสว่าง แต่เพื่อเป็นการนำแสงธรรมชาติให้เข้ามาสู่ภายในอาคาร ณ ตำแหน่งต่างๆในระดับที่เหมาะสม โดยพยายามให้แสงสว่างตามธรรมชาติส่องเข้าถึงทุกพื้นที่ ในการศึกษาถึงแนวทางการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร จึงขอแบ่งออกได้ดังนี้

### 3.1 การให้แสงจากด้านข้าง (Sidelighting Concept)

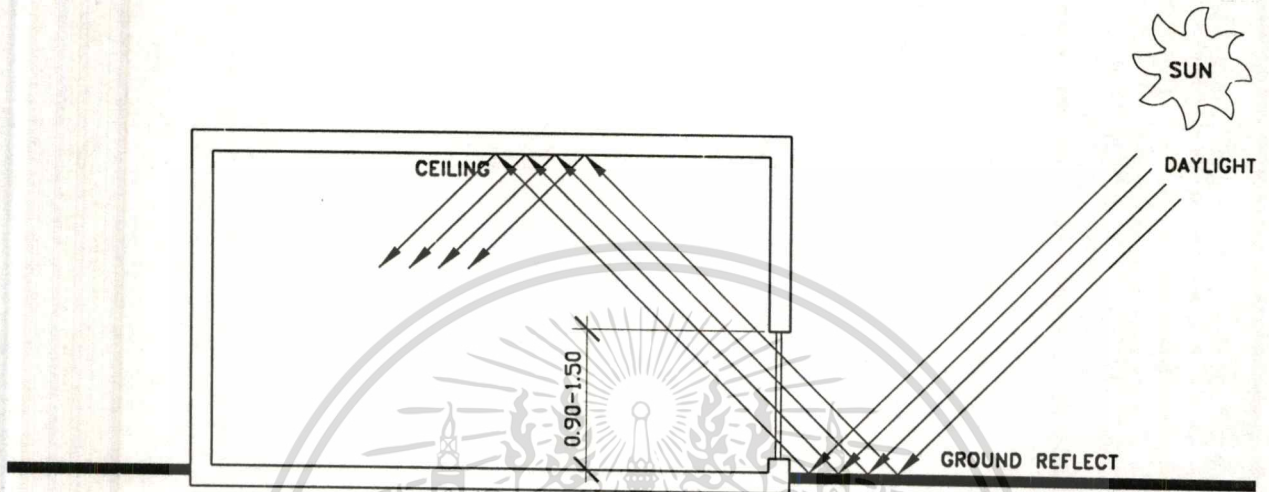
เป็นรูปแบบของการนำแสงธรรมชาติที่พบเห็นโดยทั่วไปในอาคารต่างๆ แสงธรรมชาติจะส่องผ่านช่องเปิดหน้าต่างที่อยู่ในส่วนของกรอบอาคารด้านข้างเข้ามาภายในอาคาร ลักษณะของแหล่งกำเนิดแสงที่ส่องผ่านเข้ามาจะมีแหล่งกำเนิดต่างๆ เช่น แสงจากท้องฟ้า แสงจากพื้นดิน พื้นผิวภายนอกที่เป็นตัวสะท้อนแสงและการสะท้อนแสงภายในอาคาร ในสภาวะที่ท้องฟ้าปิด (Overcast Sky) แหล่งกำเนิดแสงที่มีผลต่อช่องเปิดหน้าต่างด้านข้างคือ แสงจากท้องฟ้า ขณะที่ความสว่างจากพื้นดินหรือปัจจัยภายนอกอื่นๆ จะมีผลน้อยมากต่อความสว่างภายในอาคาร แต่เมื่ออยู่ในสภาวะท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky) ค่าการสะท้อนแสงจากพื้นดินจะมีความสำคัญมาก นอกจากนี้ช่องเปิดหน้าต่างด้านข้างยังช่วยสร้างทัศนวิสัยที่ดี ให้กับผู้ที่อยู่ภายในอาคารกับสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร

ลักษณะของช่องเปิดหน้าต่างด้านข้าง สามารถจำแนกออกได้พอสังเขปดังต่อไปนี้

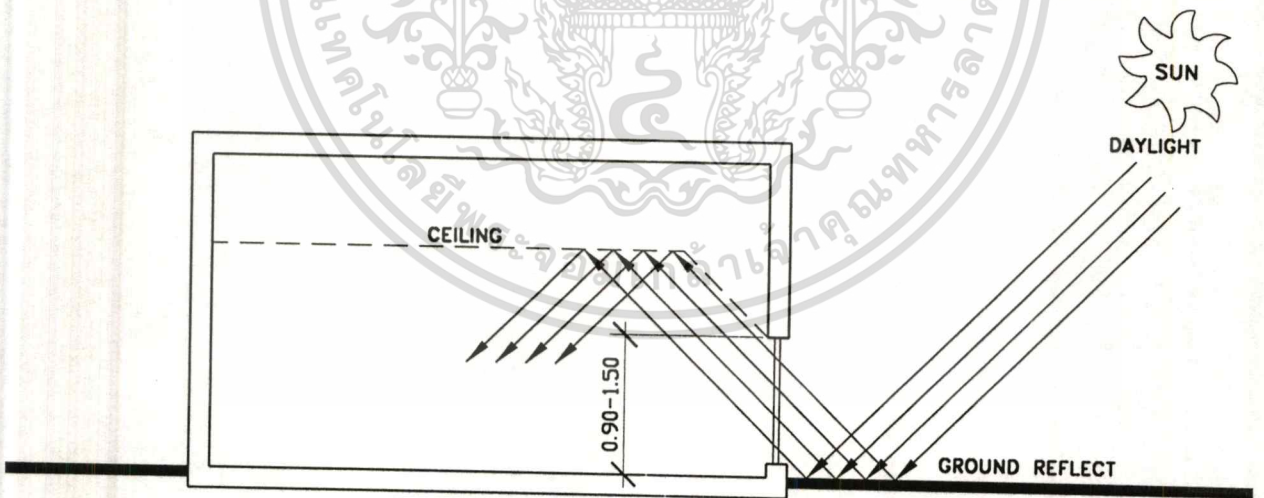
**3.1.1 หน้าต่างช่วงล่าง (Low Windows)** หน้าต่างช่วงล่างเป็นรูปแบบหน้าต่างที่มีระดับความสูงจากพื้นโดยประมาณ 0.90-1.50 เมตร หน้าต่างช่วงล่างจะได้รับผลกระทบจากการสะท้อนแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่อยู่ใกล้โดยรอบ หรือบริเวณที่อยู่ต่ำกว่าระดับสายตา เช่น แสงสะท้อนจากพื้นดินและพื้นผิวสะท้อนแสง ในการใช้งานของหน้าต่างช่วงล่างจะไม่ค่อยมีปัญหาเรื่องความจ้า (Glare) ของแสงที่เกิดขึ้นกับแนวระนาบของการใช้งาน (Working Plane) ในส่วนของความร้อนของแสงแดดโดยตรงจะมีผลต่อหน้าต่างช่วงล่างน้อยมาก รูปแบบของหน้าต่างช่วงล่างจะมีข้อเสียคือจะเกิดลักษณะของความเปรียบต่าง (Contrast) ที่เกิดขึ้น ระหว่างแนวผนังช่วงบนเหนือช่องหน้าต่างกับบริเวณฝ้าเพดานที่อยู่ติดต่อกัน ซึ่งเป็นส่วนที่การส่องสว่างไม่ถึง แนวทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับแก้ลักษณะดังกล่าวนี้จึงต้องปรับระดับแนวฝ้าเพดาน ให้มีความลาดเอียงเพื่อลดระดับความเปรียบต่างที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ในส่วนของทัศนวิสัยก็มีข้อจำกัดในระดับที่ไม่เกินสายตา



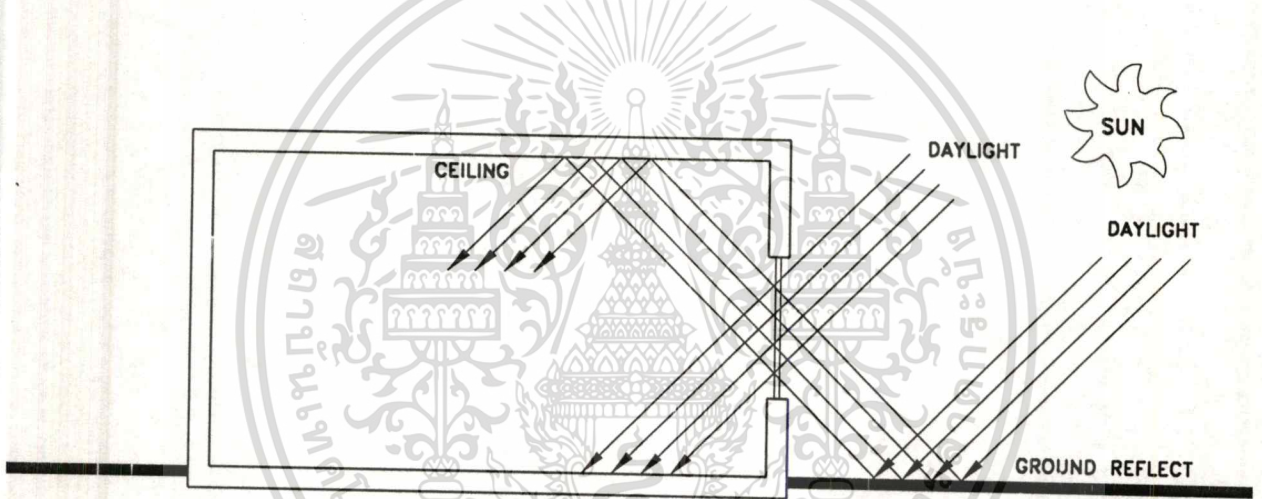
รูปที่ 3.1 รูปแบบหน้าต่างช่วงล่างและการส่องสว่าง



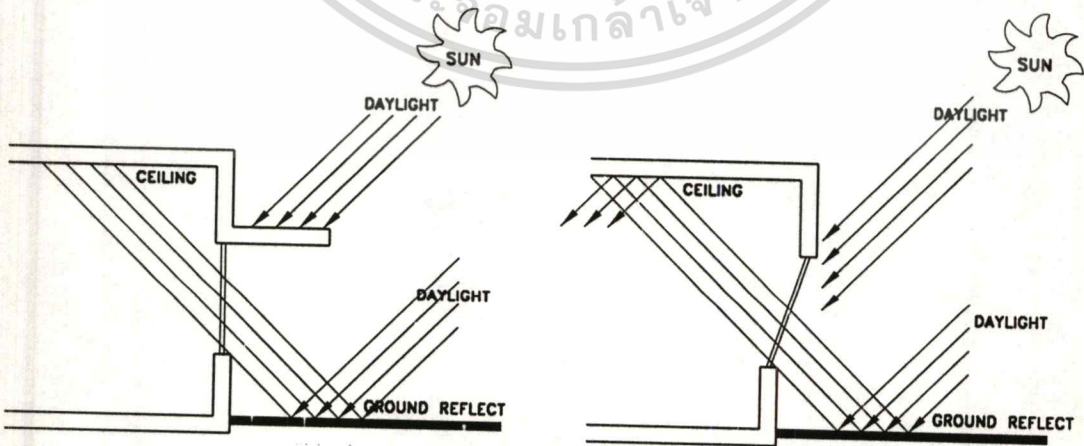
รูปที่ 3.2 การปรับแก้ฝ้าเพดานเพื่อลดความเปรียบต่างของหน้าต่างช่วงล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.1.2 หน้าต่างช่วงกลาง (Middle Windows)** ลักษณะของหน้าต่างช่วงกลางเป็นรูปแบบที่พบเห็นโดยทั่วไป โดยมีความสูงจากระดับพื้นห้องประมาณ 0.90-2.00 เมตร ประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงจากพื้นดินเข้ามาภายในจะไม่ได้เท่ากับหน้าต่างช่วงล่าง และประสิทธิภาพในการกระจายแสงก็ไม่เท่ากับหน้าต่างช่วงบน แต่อย่างไรก็ตามลักษณะการส่องสว่างของหน้าต่างลักษณะนี้ ก็จะมีค่าเพียงพอต่อระดับการใช้งาน (Working Plane) ในช่วงระยะ 2-3 เมตร จากช่องหน้าต่าง นอกจากนี้หน้าต่างช่วงกลางจะได้รับประโยชน์จากแสงสว่างแล้ว ยังมีลักษณะทัศนวิสัยที่ดีกว่ารูปแบบหน้าต่างชนิดอื่นๆ เนื่องจากเป็นช่วงที่อยู่ในระดับแนวสายตา จากปัญหาที่พบกับรูปแบบหน้าต่างช่วงกลาง คือ ปริมาณความจ้าของแสง (Glare) ที่ได้รับ โดยเฉพาะในส่วนบริเวณใกล้หน้าต่าง หากไม่ได้มีการป้องกันที่ดีพอ แนวทางการปรับแก้ปริมาณความจ้าของแสงที่เกิดขึ้น โดยการใช้อุปกรณ์บังแดดหรือการปรับความลาดเอียงของกระจก

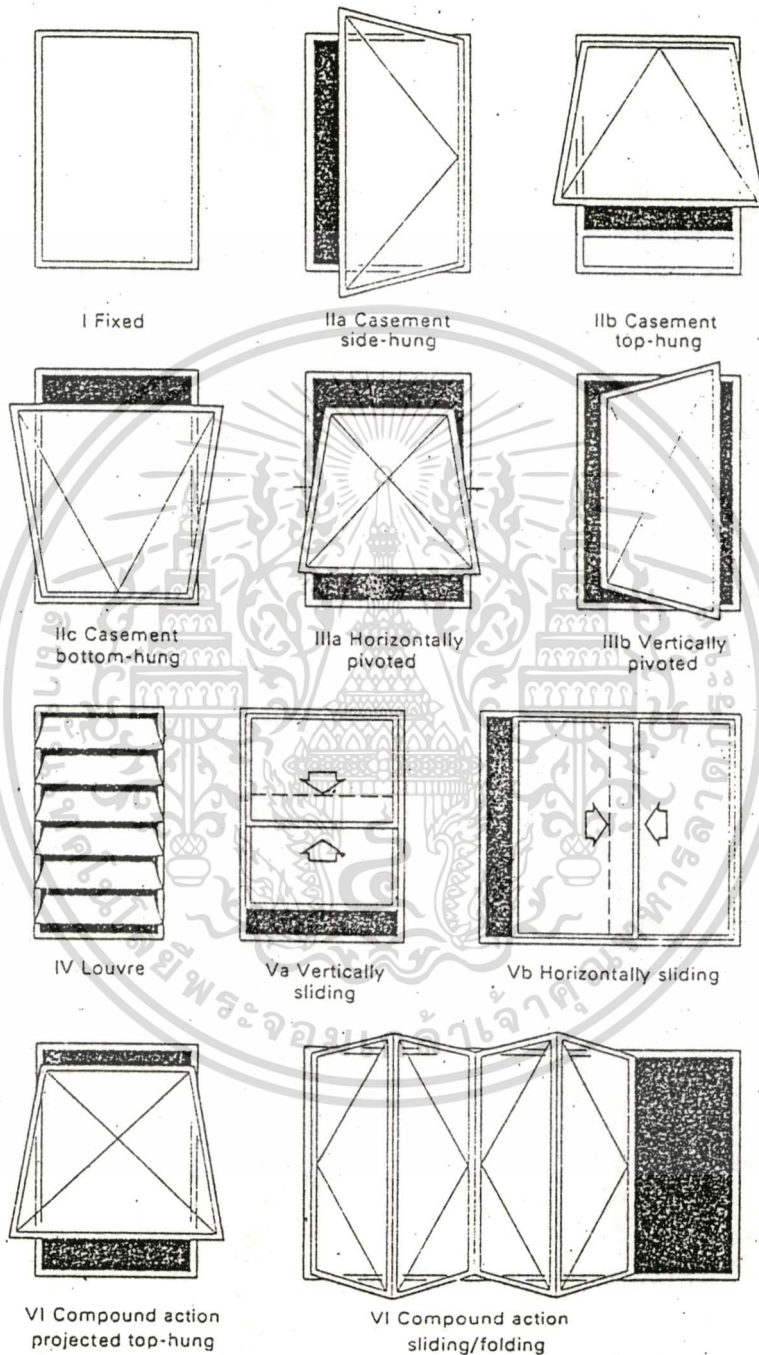


รูปที่ 3.3 ลักษณะการส่องผ่านแสงของหน้าต่างช่วงกลางและทัศนวิสัย



รูปที่ 3.4 การใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อลดความจ้าของแสง และการปรับแนวลาดของกระจกเพื่อลดความจ้าของแสง

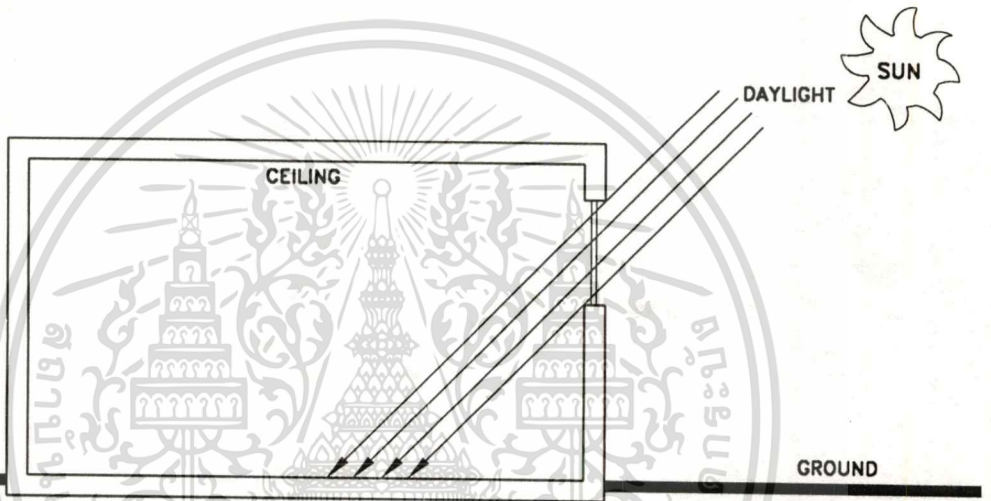
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



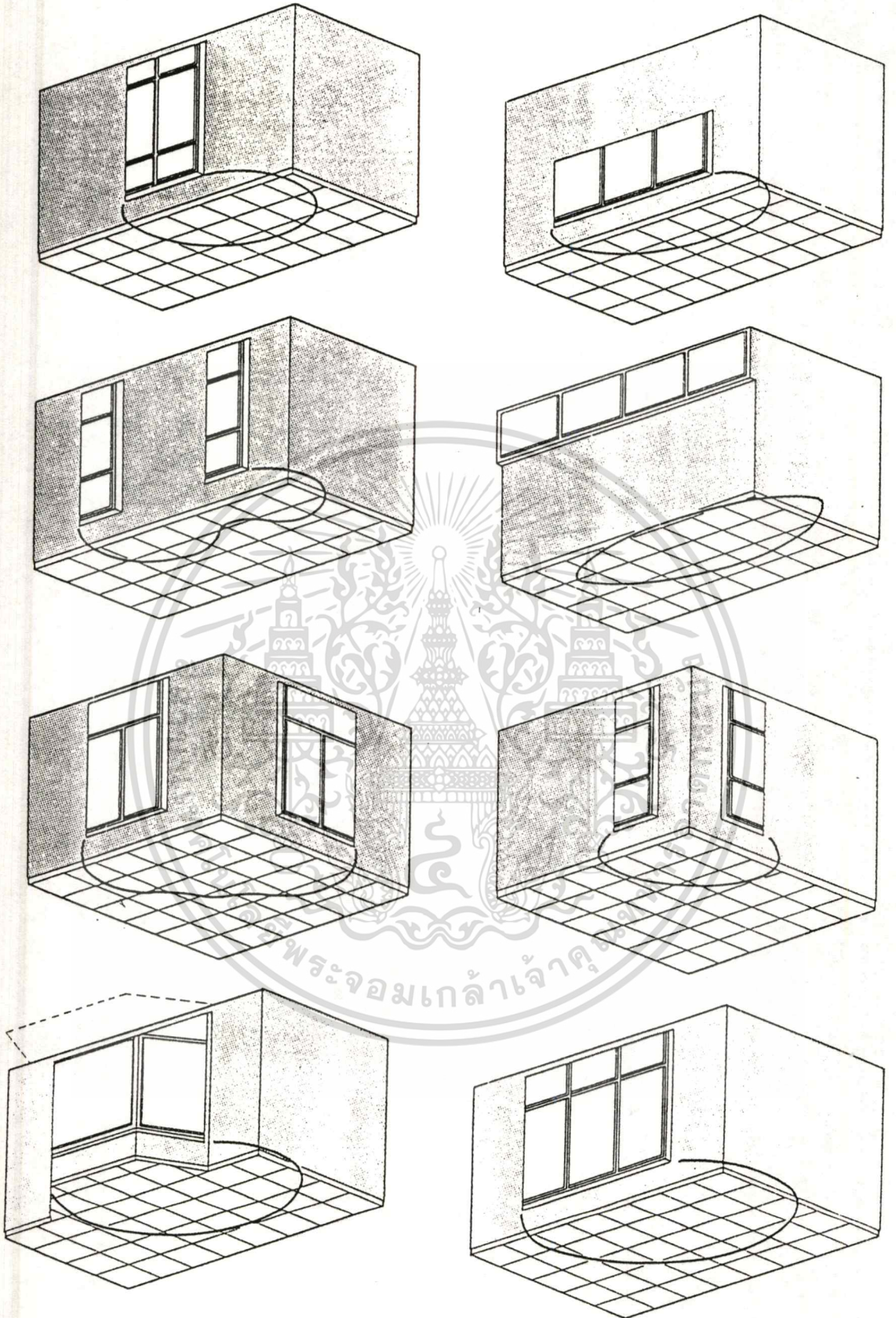
รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะรูปแบบของหน้าต่างช่วงกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.1.3 หน้าต่างช่วงบน (High Windows)** หน้าต่างช่วงบนเป็นช่วงหน้าต่างที่มีระดับความสูงจากพื้นประมาณ 2 เมตรขึ้นไป หน้าต่างลักษณะนี้จะให้การส่องสว่างผ่านเข้ามาภายในได้ดีกว่าหน้าต่างช่วงล่างและหน้าต่างช่วงกลาง ทั้งจากแสงตรงและแสงกระจายและในสภาวะที่ท้องฟ้าปิด (Overcast Sky) ข้อเสียของหน้าต่างชนิดนี้คือ ปริมาณแสงที่ส่องผ่านเข้ามาภายในในระดับของการใช้งาน (Working Plane) ในบริเวณที่อยู่ใกล้หน้าต่างจะมีปริมาณแสงที่ไม่เพียงพอ และทัศนวิสัยก็ยิ่งด้อยกว่าหน้าต่างชนิดอื่น ในส่วนความจ้าของแสงที่เกิดขึ้นกับหน้าต่างช่วงบนจะไม่ค่อยมีปัญหา เนื่องจากเป็นช่วงที่อยู่เหนือระดับสายตา



รูปที่ 3.6 ลักษณะการส่องผ่านแสงของหน้าต่างช่วงบน



รูปที่ 3.7 รูปแบบหน้าต่างที่มีผลต่อการส่องสว่างภายใน

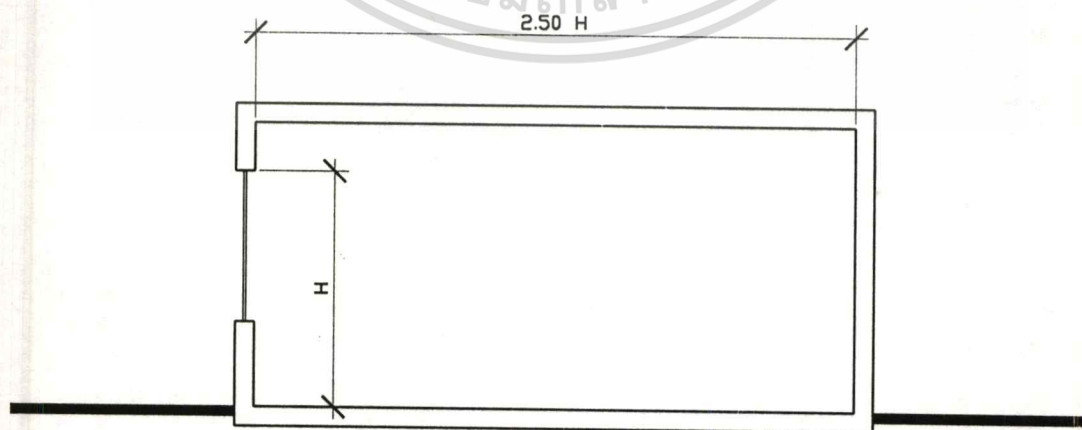
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.1.4 การออกแบบช่องแสงด้านข้าง (Sidelighting Concept)** ในการออกแบบระบบแสงธรรมชาติ รูปทรงและสัดส่วนมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ใช้สอย ในการให้แสงสว่างโดยตรง ตลอดจนการจัดวางตำแหน่งของช่องแสง ซึ่งจะต้องทำการศึกษาถึงสัดส่วนที่มีความสัมพันธ์กับพื้นที่และความเหมาะสมของช่องแสงในการนำแสงธรรมชาติ จากลักษณะช่องเปิดทางด้านข้าง แสดงให้เห็นถึงปริมาณแสงที่ส่องผ่านช่องเปิดเข้ามาภายใน ในระดับที่เพียงพอต่อการใช้งาน โดยมีสัดส่วนช่องเปิดกับระยะห่างจากช่องเปิดที่ระยะ 2.5 เท่าของความสูงช่องเปิด ในการออกแบบโดยการให้แสงทางด้านข้างจะคำนึงถึงสภาวะท้องฟ้าปิด (Overcast Sky) เป็นหลักมากกว่าสภาวะท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky) แนวทางการให้แสงจากด้านข้าง เป็นการแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่แตกต่างกันจากแหล่งกำเนิดแสง เช่น แสงจากท้องฟ้า แสงจากการสะท้อนของพื้นดินและสภาพแวดล้อมข้างเคียง ตลอดจนสภาพการสะท้อนแสงภายใน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญมากน้อยแตกต่างกันไป แต่สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการเปลี่ยนแปลงของสภาวะท้องฟ้า

### 3.1.5 ความสัมพันธ์ของช่องเปิดที่มีผลต่อสภาพการส่องสว่างภายใน

โดยลักษณะทั่วไปสัดส่วนของช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับลักษณะการส่องสว่าง 2 กรณี คือ

1. สัดส่วนช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่ส่องผ่านเข้ามายังพื้นที่ภายใน
2. สัดส่วนของช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับลักษณะการกระจายแสง ที่ส่องผ่านเข้ามาพื้นที่ภายใน ในลักษณะแนวกว้าง แนวยาวและแนวตั้ง โดยความลึกของห้องไม่ควรเกิน  $2.5 H$  เมื่อ  $H$  คือ ความสูงของช่องเปิด

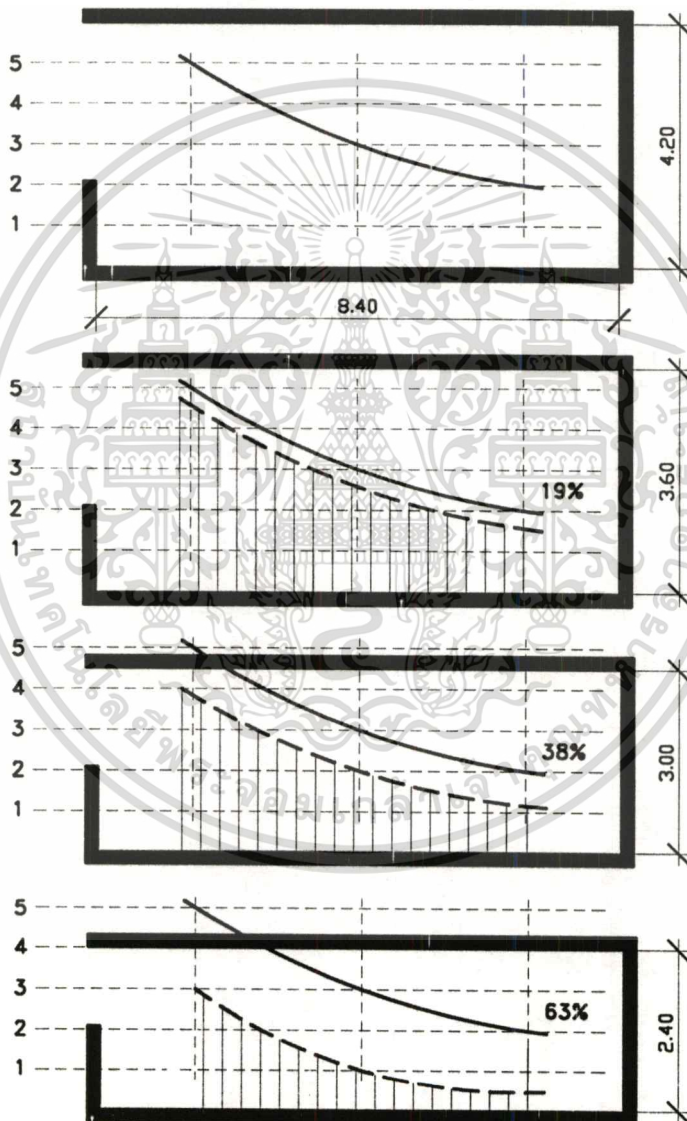


รูปที่ 3.8 แสดงความสัมพันธ์ของช่องเปิดที่มีผลต่อการส่องสว่างภายในห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

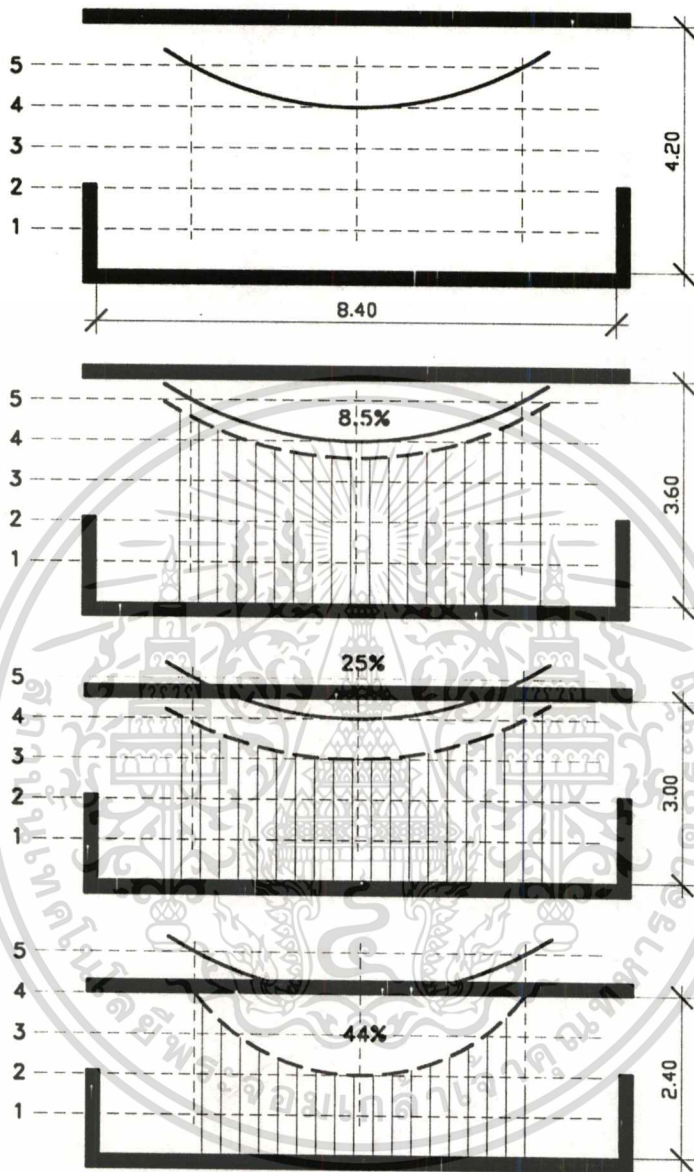
### 3.16 ความสูงและความกว้างของหน้าต่าง (Windows Height and Windows Width)

ขนาดของหน้าต่างและความสูงของหน้าต่าง โดยมีระดับที่อยู่เหนือระดับการทำงาน (Work Plane) จะเป็นตัวแปรที่สำคัญในการออกแบบแสงสว่างจากธรรมชาติ ซึ่งโดยปกติรูปแบบของหน้าต่างที่มีขนาดใหญ่จะยอมให้ปริมาณแสงส่องผ่านเข้ามาได้มาก แต่ความสูงของหน้าต่างจะเป็นตัวแปรสำคัญมากกว่า โดยที่ความสูงของหน้าต่างจะมีผลต่อความลึกในการส่องสว่างของแสงที่ผ่านเข้ามาภายใน ในส่วนความกว้างของหน้าต่างจะมีผลต่อปริมาณการส่องสว่างภายในคือหน้าต่างที่กว้างยาวจะมีประสิทธิภาพในการส่องสว่างที่ดีกว่าหน้าต่างที่แคบ ดังแสดงในรูปที่ 3.11



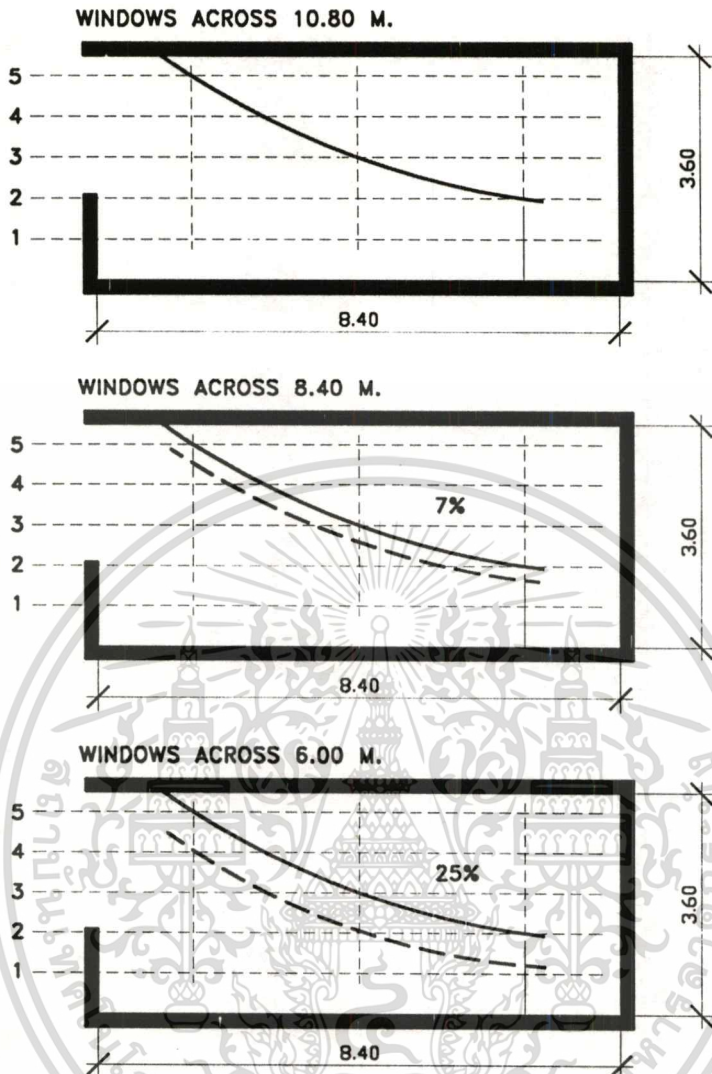
รูปที่ 3.9 เปรียบเทียบความสูงของหน้าต่างที่มีความสัมพันธ์ต่อการส่องผ่านของแสงเข้ามาภายใน จากรูปที่ 3.9 ประสิทธิภาพในการส่องสว่างเข้ามาภายในจะมีปริมาณลดน้อยลง 19% 38% และ 63% ตามลำดับ จากบริเวณด้านหลังของห้อง โดยขนาดของช่องเปิดจะมีการแปรเปลี่ยนขนาดลงแต่ความลึกของห้องคงที่คือ 8.40 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 เปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างของหน้าต่าง 2 ด้านที่มีความสูงแตกต่างกัน

รูปที่ 3.10 แสดงการเปรียบเทียบของปริมาณการส่องสว่างของแสง โดยมีหน้าต่างทั้ง 2 ด้าน ปริมาณการส่องสว่างจะมีแนวโน้มที่ลดลงในบริเวณส่วนกลางของห้องจากระดับ 8.5% 25% 44% โดยที่ขนาดของหน้าต่างมีการแปรเปลี่ยน แต่ขนาดความลึกของห้องคงที่คือ 8.40 เมตร



รูปที่ 3.11 การเปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างจากการปรับเปลี่ยนความยาวของหน้าต่าง

จากรูปที่ 3.11 ปริมาณการส่องสว่างของแสงที่ส่องผ่านเข้ามาภายในจะมีขนาดที่ลดลงจากการปรับเปลี่ยนความยาวของหน้าต่างที่แตกต่างกัน 10.80 เมตร , 8.40 เมตร และ 6.00 เมตร ประสิทธิภาพในการส่องสว่างจะลดลง 7% และ 25% จากจุดที่อยู่บริเวณด้านหลังของห้อง

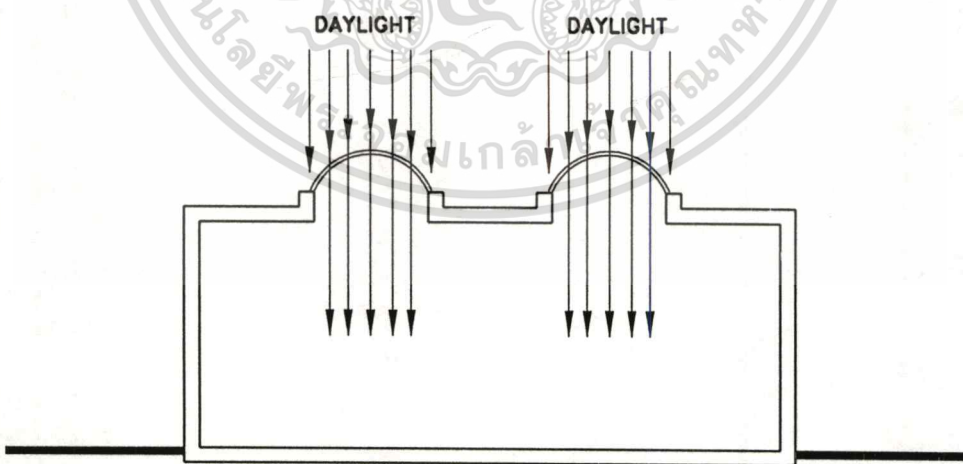
### 3.2 การให้แสงทางด้านบน (Top Lighting)

การให้แสงทางด้านบนสามารถให้การส่องผ่านของแสง มีประสิทธิภาพดีกว่าการให้แสงทางด้านข้าง เนื่องจากเป็นการให้แสงโดยตรงจากด้านบน การให้แสงทางด้านบนโดยมากจะเกิดในลักษณะอาคารที่มีขนาดของเส้นรอบรูปมาก ซึ่งการให้แสงทางด้านข้างมีประสิทธิภาพที่ไม่เพียงพอหรือเอื้ออำนวยต่อการใช้งาน รูปแบบการให้แสงจากด้านบนโดยมากจะไม่คำนึงถึงทัศนวิสัยของผู้ใช้อาคาร แต่จะคำนึงถึงประสิทธิภาพในการส่องสว่างเป็นหลัก แต่ข้อควรคำนึงถึงของการให้แสงทางด้านบนคือ ปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นพร้อมกับการให้การส่องสว่าง โดยเฉพาะในส่วนของสภาพภูมิอากาศเขตร้อน หากไม่มีการศึกษาป้องกันที่ดีพอ

ในการให้แสงทางด้านบนมีรูปแบบในการให้การส่องสว่างดังนี้

- Horizontal Light
- Sawtooth Light
- Monitor Light

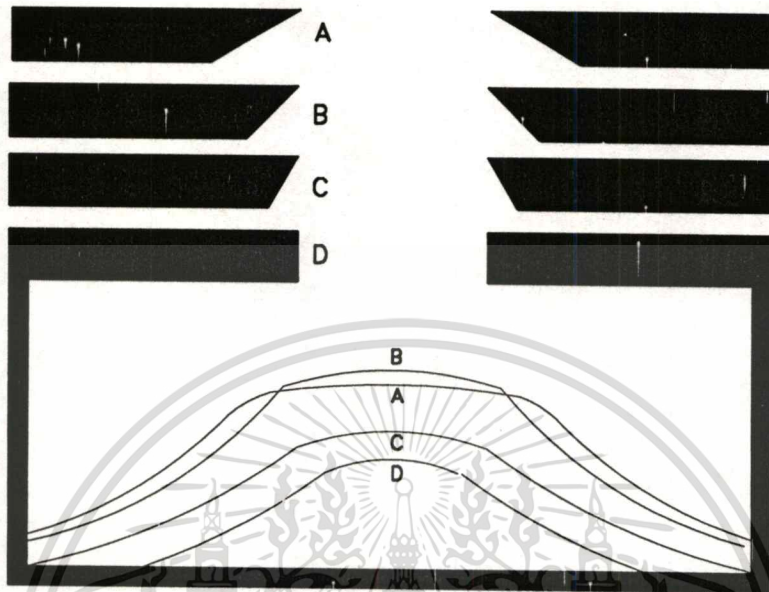
**3.2.1 Horizontal Light** รูปแบบของ Horizontal Light เป็นการให้แสงสว่างในแนวนอนหรือแนวเอียง ซึ่งสามารถให้ปริมาณแสงที่คงที่สม่ำเสมอ รวมทั้งประสิทธิภาพของแสงมากกว่าการให้แสงโดยลักษณะอื่นๆ แต่ข้อคำนึงถึงคือปริมาณความร้อนและความจ้าที่ผ่านเข้าสู่ภายในพร้อมกับแสงสว่าง และปริมาณแสงที่มีความจ้ามกเกินไป เนื่องจากการให้แสงโดยตรงผ่านช่องเปิดเข้ามาภายใน ซึ่งในการให้แสงลักษณะนี้จะมีความเหมาะสมกับลักษณะสภาพภูมิอากาศในเขตหนาว



รูปที่ 3.12 ลักษณะการให้แสงแบบ Horizontal Light หรือ Sky Light

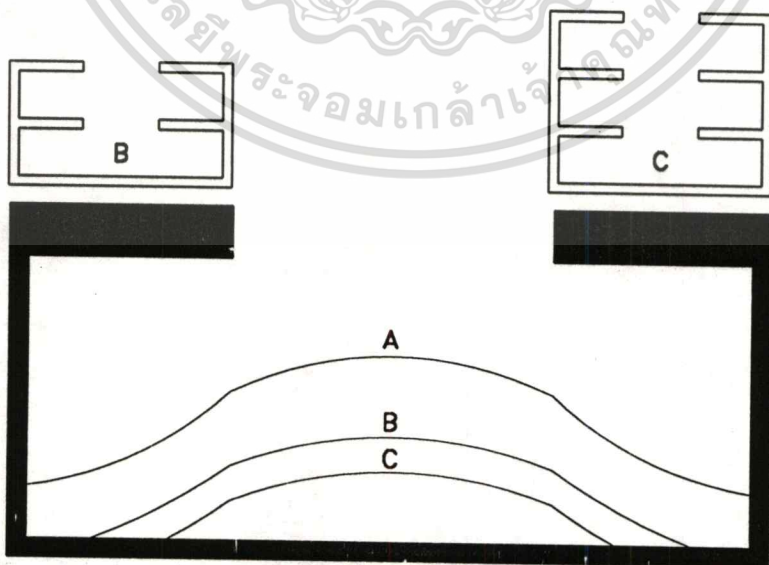
จากการศึกษาพบว่าความหนาของส่วนหลังคา ระหว่างแนวระดับฝ้าเพดานกับส่วนที่สูงที่สุดของหลังคาจะมีผลต่อปริมาณแสง และความสูงของช่องแสงจะมีความสำคัญต่อการส่องผ่าน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแสง ตลอดจนการกระจายและคุณภาพของแสงภายในห้อง นอกจากนี้การปรับมุมลาดเอียงของหลังคาหรือฝ้าเพดาน ก็ยังมีผลกระทบต่อปริมาณของแสงและการกระจายแสงภายในห้อง ดังแสดง



รูปที่ 3.13 การปรับมุมลาดเอียงที่มีผลต่อการนำแสง โดยที่ (a) = 30°, (b) = 45°, (c) = 60°, (d) = 90°

รูปแบบของการให้แสงแนวนอน (Horizontal Light) ยังมีความสัมพันธ์กับความสูงหรือจำนวนชั้นของอาคาร จากการศึกษาพบว่าปริมาณของแสงจะมีลักษณะการส่องสว่างที่ลดลง ตามระดับความสูงของอาคารหรือจำนวนชั้นของอาคาร

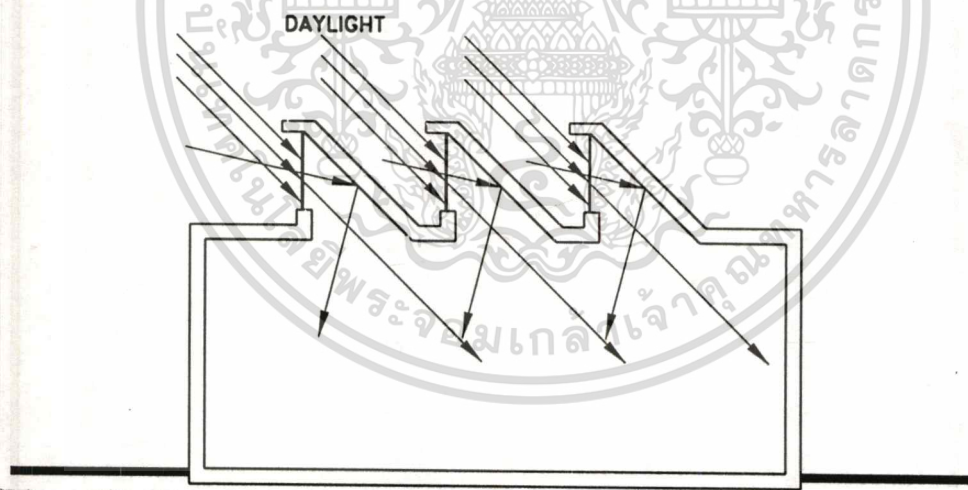


รูปที่ 3.14 ความสูงหรือจำนวนชั้นของอาคารมีผลต่อการส่องสว่างโดยที่ (a) เป็นอาคารชั้นเดียว

(b) เป็นอาคาร 2 ชั้น , (c) เป็นอาคาร 3 ชั้น

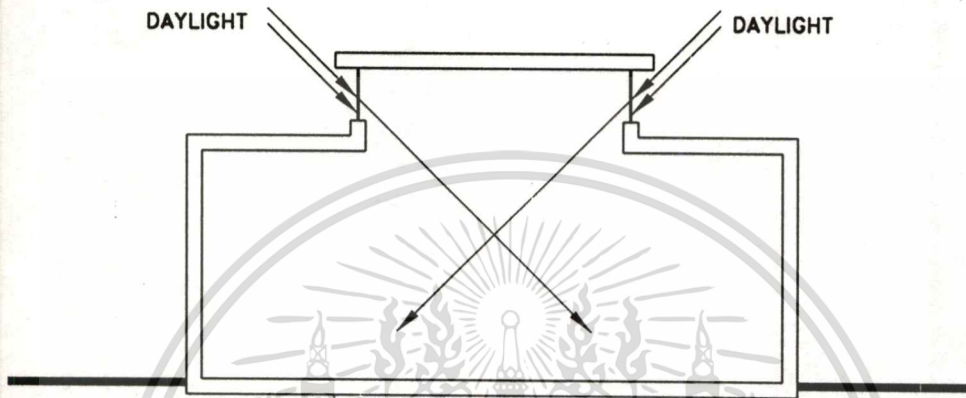
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2.2 Sawtooth Light** จะเป็นลักษณะการให้แสงจากช่องแสงเพียงด้านเดียว หรือในบางกรณีจะมีช่องแสง 2 ด้าน ลักษณะการให้แสงประเภทนี้สามารถก่อให้เกิดประสิทธิภาพ โดยหลีกเลี่ยงแสงแดดโดยตรงได้ (Direct Sun) โดยส่วนใหญ่จะหันทิศทางของช่องเปิดไปทางด้านทิศเหนือ ซึ่งไม่ค่อยได้รับแสงแดดโดยตรง ประสิทธิภาพในการส่องสว่างจึงสามารถใช้ได้อย่างเต็มที่ แสงที่ได้รับจึงมีคุณภาพที่นุ่มนวล มีปริมาณการส่องสว่างที่พอเหมาะและมีความร้อนปะปนมาน้อย นอกจากนี้การมีลักษณะกระจกทางตั้งทำให้ไม่สะสมความสกปรก สามารถทำความสะอาดได้ง่าย ข้อควรคำนึงถึงการให้แสงในลักษณะนี้คือ การเอียงของกระจกในส่วนของช่องเปิดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด จะมีความแตกต่างกันระหว่างประเทศในเขตหนาวและประเทศในเขตร้อน อันเป็นผลเนื่องมาจากมุมตกกระทบของดวงอาทิตย์ที่แตกต่างกัน ในประเทศเขตหนาวตำแหน่งและมุม Altitude ของดวงอาทิตย์จะค่อนข้างต่ำ ทำให้สามารถเอียงกระจกไปด้านหลังในลักษณะมุมเอียงที่น้อยกว่า 90 องศา จึงสามารถรับแสงได้มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยที่ไม่ได้รับแดดโดยตรง แต่ในประเทศเขตร้อนตำแหน่งและมุม Altitude ของดวงอาทิตย์ค่อนข้างสูง จึงจำเป็นต้องเอียงกระจกไปด้านหน้า ในลักษณะมุมเอียงที่มากกว่า 90 องศา จึงจะไม่ได้รับแดดโดยตรง



รูปที่ 3.15 การให้แสงแบบ Sawtooth

**3.2.3 Monitor** เป็นลักษณะการให้แสงแบบช่องแสง 2 ด้าน ทำให้มีลักษณะการส่องสว่างที่สม่ำเสมอ หากมีการพิจารณาถึงความเหมาะสมของระยะห่างระหว่างช่องแสงกับความสูงของอาคาร ข้อควรคำนึงถึงการให้แสงในลักษณะนี้คือ ช่องเปิดในด้านทิศใต้ซึ่งต้องมีการป้องกันจากแสงแดดโดยตรง จะทำให้ประสิทธิภาพของช่องแสงด้านนี้จะลดลง



รูปที่ 3.16 การให้แสงแบบ Monitor

### 3.3 เทคนิคการใช้อุปกรณ์ในการนำแสงจากธรรมชาติ

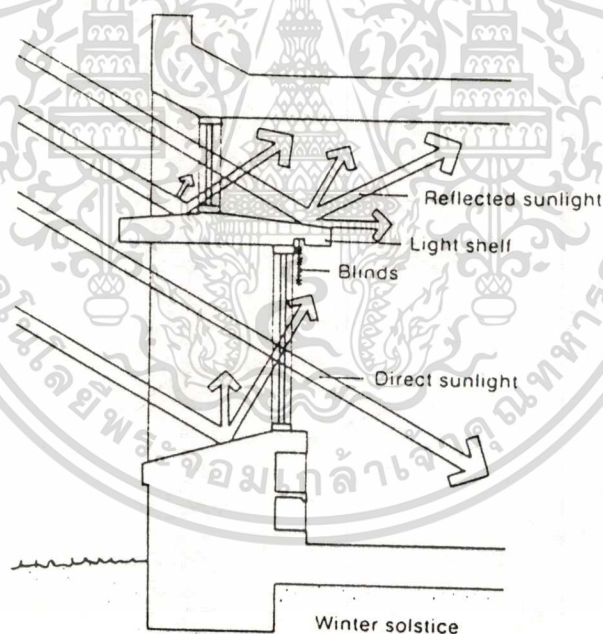
นอกจากแนวทางการนำแสงธรรมชาติ ทั้งจากการให้แสงทางด้านข้างและการให้แสงทางด้านบนแล้ว ในบางครั้งก็ต้องอาศัยแนวทางหรือเทคนิคอื่นๆมาช่วยเสริม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแสงให้ดียิ่งขึ้น โดยแนวทางดังกล่าวสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

**3.3.1 หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelves)** เป็นแนวทางการนำแสงธรรมชาติที่อาศัยลักษณะการสะท้อนแสง จากพื้นผิววัสดุที่มีลักษณะการยื่นเป็นอุปกรณ์บังแดด คุณสมบัติในการนำแสงขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของหิ้งสะท้อนแสง และการสะท้อนแสงของฝ้าเพดาน ตลอดจนผนังและพื้นภายในห้อง นอกจากนี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการนำแสงแล้ว ยังเป็นการป้องกันปริมาณแสงจ้าที่เกิดขึ้นบริเวณใกล้ช่องเปิด เมื่อเปรียบเทียบการลงทุนและการควบคุมแสงด้วยวิธีอื่นแล้ว หิ้งสะท้อนแสงจะให้ความคุ้มค่าและการใช้งานที่ยาวนานกว่า

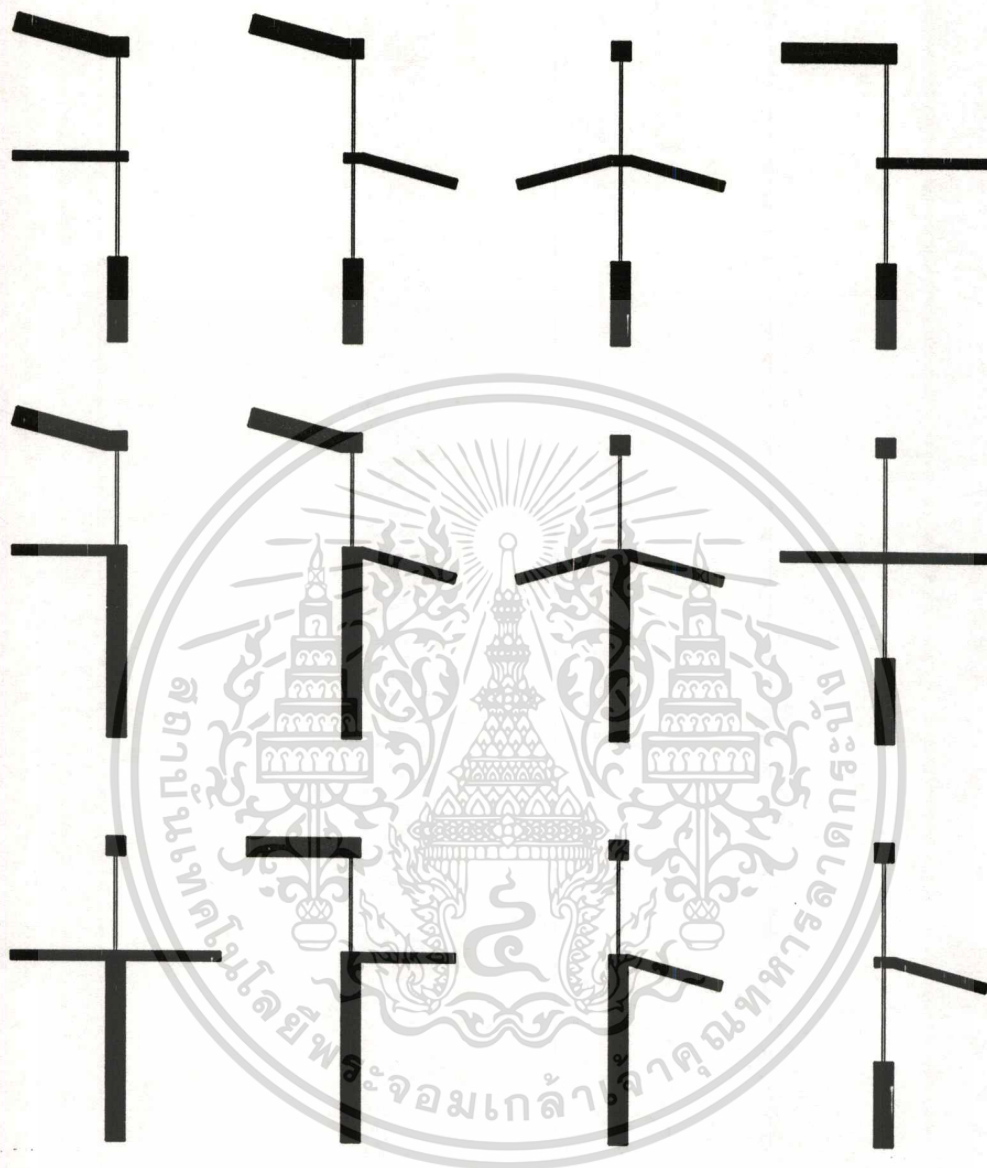
**แนวทางการออกแบบ Light Shelves** Light Shelves เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะการยื่นออกจากตัวอาคาร เพื่อประโยชน์ในการบังแดดและการสะท้อนแสง แนวทางการเลือกรูปแบบจึงมักคำนึงถึงความสูง ความลึก ตำแหน่งของช่องเปิด ตลอดจนพื้นผิวที่นำมาทำเป็นตัวสะท้อนแสง และมุมลาดเอียงของ Light Shelves

1. ความสูง ระดับความสูงของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสม จะต้องคำนึงถึงการสะท้อนของแสงแดดที่มีต่อฝ้าเพดาน ในการให้แสงส่องผ่านเข้ามาเป็นสำคัญ การติดตั้ง Light Shelves ที่ระดับเหนือสายตา (1.65-2.00 ม.) ซึ่งเป็นระดับเหนือสายตาและเป็นระดับความสูงโดยทั่วไปของประตูหน้าต่าง จะเป็นช่วงระดับความสูงที่ดีที่สุดในขณะที่ตัวแปรอื่นๆเป็นแนวทางในการพิจารณา

2. ความลึก ความลึกของ Light Shelves ขึ้นอยู่กับพื้นที่ใช้สอยของหน้าต่างหรือช่องเปิด ตลอดจนความสูงของช่องเปิด ทิศทางและตำแหน่งของช่องเปิด ที่ต้องการให้ร่มเงา ในการออกแบบ Light Shelves ที่มีความลึกมากๆ นอกจากจะช่วยป้องกันความร้อนและให้ร่มเงากับอาคารแล้ว ยังช่วยลดปริมาณแสงที่มีความจ้ามากเกินไปบริเวณใกล้หน้าต่าง

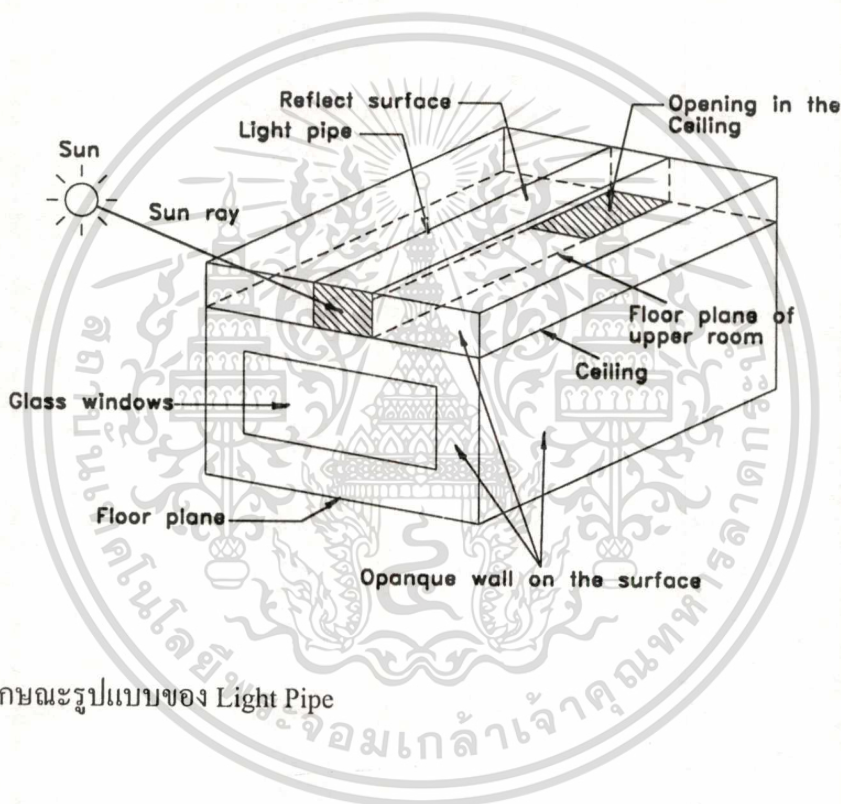


รูปที่ 3.17 รูปแบบของการนำแสงของหิ้งสะท้อนแสง

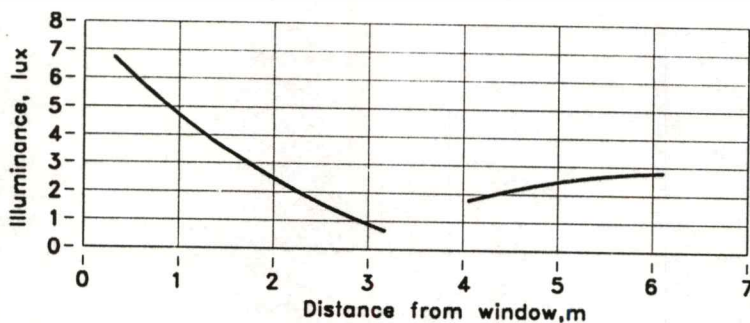


รูปที่ 3.18 ลักษณะของHINGEสะท้อนแสงแบบต่างๆ

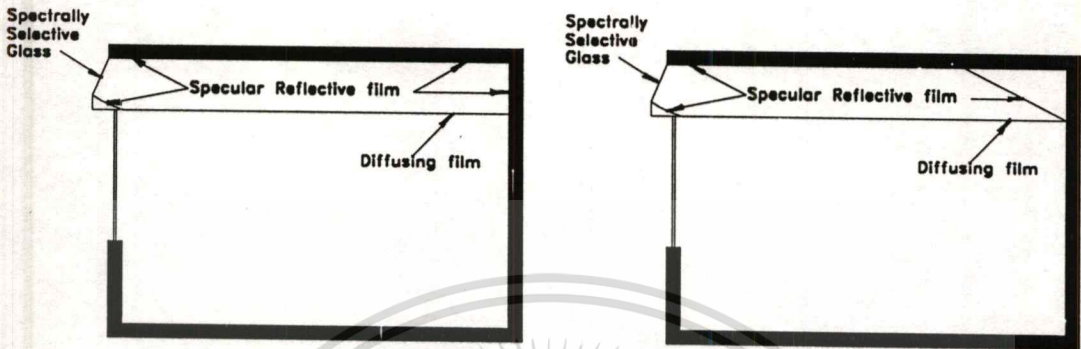
**3.3.2 ระบบท่อนำแสง (Light Pipe)** เป็นการนำแสงธรรมชาติโดยการอาศัยการสะท้อนแสงภายในท่อนำแสง ที่มีลักษณะของผิววัสดุที่สะท้อนแสงได้ดี เช่น กระจก ปริซึม พลาสติกสะท้อนแสง ทำให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่างบริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปจากช่องเปิด แต่ปริมาณความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงจะมีจำนวนน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการให้แสงโดยตรงจากช่องแสงทางด้านบน เมื่อเปรียบเทียบกับการคุ้มทุนต่อการนำมาใช้งานแล้วรูปแบบของระบบท่อนำแสงยังมีข้อดีน้อยกว่าระบบการนำแสงชนิดอื่นๆเนื่องจากมีราคาแพงกว่าและปริมาณการส่องสว่างที่ได้ก็ยังมีประสิทธิภาพไม่มากนัก



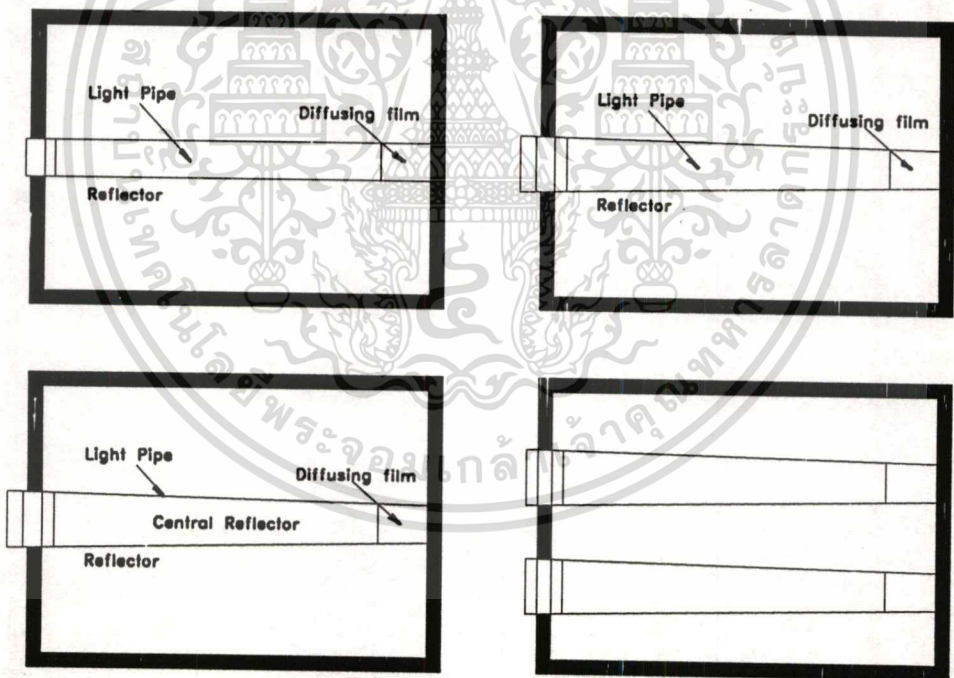
รูปที่ 3.19 ลักษณะรูปแบบของ Light Pipe



**รูปที่ 3.20** แสดงประสิทธิภาพการสะท้อนแสงพื้นผิวของ Light Pipe ที่เข้ามาภายใน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 การสะท้อนแสงและการกระจายแสงของ Light Pipe



รูปที่ 3.22 แสดง Top-view ของ Light Pipe

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 ประเภทของกระจกและคุณสมบัติของกระจก

การนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารนั้น องค์ประกอบที่สำคัญที่สุดองค์ประกอบหนึ่งคือ กระจก ซึ่งในการเลือกใช้กระจกนั้นมีความสำคัญมาก ในการที่จะทำให้ภายในอาคารนั้นมีระดับของการส่องสว่างมากหรือน้อย ดังนั้นการเลือกใช้กระจกที่เหมาะสมจึงจำเป็นต้องรู้ถึงคุณสมบัติ และชนิดของกระจกดังนี้

1. ค่าการส่องผ่านของแสง (Visible Transmittance, VT) เป็นดัชนีที่บ่งให้รู้ถึงสัดส่วนของแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านกระจกเข้ามา ซึ่งค่า Visible Transmittance นี้ถ้ามีค่าสูงจะหมายถึงกระจกที่มีความใสมาก ทำให้สามารถมองเห็นสภาพภายนอกอาคารและทิวทัศน์ได้ดี แต่ข้อเสียคือความจ้าของแสง (Glare) ซึ่งจะเป็นผลให้เกิดความไม่สบายแก่ผู้ใช้อาคาร

2. ค่าการสะท้อนแสงของกระจก (Visible Reflectance, VR) เป็นดัชนีที่บ่งให้รู้ถึงระดับความเป็นกระจกเงาของกระจก ซึ่งโดยทั่วไปกระจกชนิดที่มีความเป็นกระจกเงานี้ จะสามารถมองเห็นภายในสู่ภายนอกได้ในเวลากลางวัน และทำหน้าที่เป็นเสมือนกระจกเงาในเวลากลางคืน และถ้า Visible Reflectance มีค่าสูง ก็จะส่งผลให้ค่า Visible Transmittance มีค่าต่ำลง

3. ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (Shading Coefficient, SC) เป็นดัชนีที่บ่งให้รู้ถึงความร้อนของแสงแดดที่เข้ามา โดยหามาจากอัตราส่วนความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาของกระจกที่เลือก ต่อความร้อนที่ผ่านเข้ามาของกระจกใสหนา 1/8 นิ้ว ในสถานะเดียวกัน ซึ่งค่าที่ได้จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 โดยที่หากกระจกนั้นมีค่าสัมประสิทธิ์การบังเงาที่น้อย ก็จะหมายถึงปริมาณความร้อนที่ผ่านกระจกนั้นเข้ามาก็จะมีค่าน้อยด้วย

ASHRAE ได้ใช้กระจกหนา 3 มม. เป็นกระจกมาตรฐาน โดยตั้งสมมุติฐานว่าน่าจะเป็นกระจกใช้งานในอาคารที่ยอมให้รังสีความร้อนผ่านเข้ามามากที่สุด เพราะบางและโปร่งแสง ดังนั้นค่าที่ได้จึงเป็นมาตรฐาน เพื่อเปรียบเทียบกับค่าปริมาณความร้อนที่ผ่านกระจกประเภทต่างๆว่ามีสัดส่วนมากน้อยเพียงใด เมื่อเปรียบเทียบกับค่าปริมาณความร้อนที่ผ่านกระจกมาตรฐาน โดยแสดงเป็นสมการดังนี้

$$SC = \text{Solar Heat Gain ที่ทะลุผ่านกระจก} / \text{Solar Heat Gain Factor หรือ} \quad (3.1)$$

$$SC = (t + 27\% a) \text{ ของกระจก} / 0.8835$$

4. ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (U-Value) เป็นดัชนีที่บ่งชี้ให้รู้ถึงการส่งผ่านความร้อนของกระจก ในสภาวะอุณหภูมิภายในและภายนอกที่แตกต่างกัน โดยที่ U-Value คือ อัตราการไหลผ่านความร้อน ดังนั้นหากมีค่าน้อยก็จะหมายถึง อัตราการไหลผ่านของความร้อนนั้นน้อยด้วย ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ในการส่งผ่านความร้อนนี้ จะเป็นค่าที่ตำแหน่งกึ่งกลางของแผ่นกระจก โดยทั่วไปค่า U-Value บริเวณของขอบแผ่นกระจกจะมีค่ามากกว่า คุณสมบัตินี้มีความสำคัญต่อการลดภาระการทำความเย็นในประเทศเขตร้อน เช่น ประเทศไทย

5. ค่าการส่งผ่านรังสีอุลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet Transmittance) เป็นดัชนีบ่งชี้ให้รู้ถึงสัดส่วนของรังสีอุลตราไวโอเล็ตที่ส่องผ่านกระจกเข้ามา ซึ่งค่า Ultraviolet Transmittance นี้ ควรจะมีค่าต่ำ เนื่องจากรังสีอุลตราไวโอเล็ตจะทำให้สิ่งของต่างๆมีสีที่ซีดจางลง

6. สีของกระจก (Glazing Color) การเลือกสีของกระจกซึ่งมีส่วนสำคัญในการมองเห็นทิวทัศน์ภายนอก เช่น สีบรอนซ์ จะทำให้ความรู้สึกลม่นหมอง นอกจากนี้สีของกระจกนี้จะทำให้สิ่งของที่อยู๋ภายในอาคารมีสีที่ผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริงได้ ดังนั้นการเลือกสีของกระจกจึงควรพิจารณาให้เหมาะสม

7. ค่าการส่งผ่านเสียง (Sound Transmission) เป็นคุณสมบัติเฉพาะที่อาจเป็นปัจจัยสำคัญของบางประเภทอาคาร ที่ต้องการควบคุมระดับเสียงภายในอาคารให้อยู่ในระดับที่ต้องการ เช่น ห้องประชุม เป็นต้น โดยมีดัชนีบอกความเป็นฉนวนกันเสียง คือ Outdoor-to-indoor Transmission Class (OITC) ซึ่งหากมีค่าสูงก็จะมีคุณสมบัติความเป็นฉนวนดียิ่งขึ้น ในการช้อนกันของกระจกก็มีส่วนทำให้ค่า OITC นี้สูงขึ้นด้วย

3.4.1 กระจกโฟลท (Float Glass) เป็นกระจกพื้นฐานที่ผลิตขึ้นจากกระบวนการผลิตโดยตรง แบ่งออกได้ดังนี้

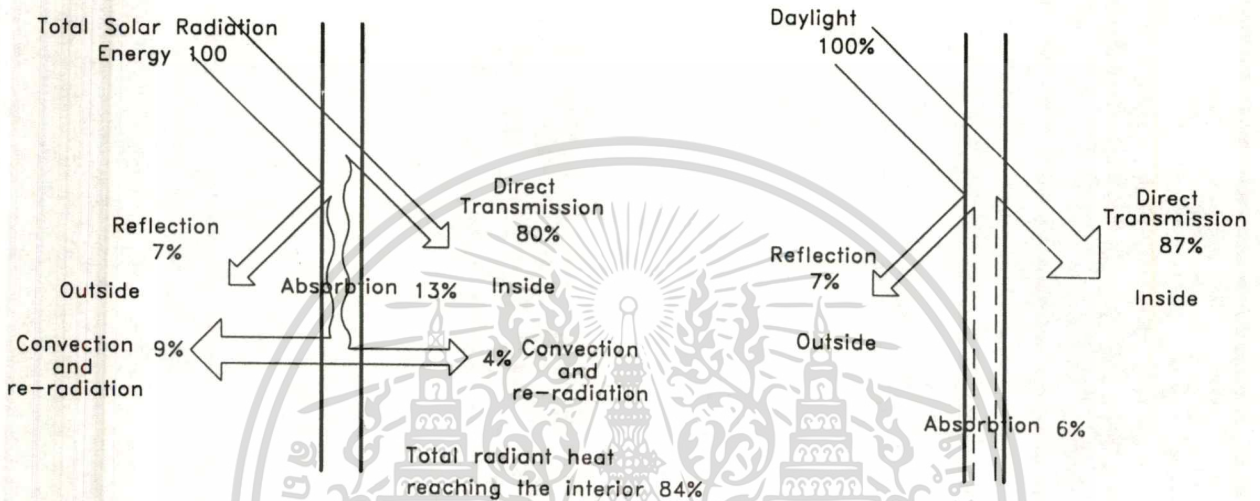
1. กระจกใส (Clear Glass) คือกระจกโปร่งแสงที่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน กระจกชนิดนี้สามารถปล่อยให้แสงสามารถส่องผ่านได้ประมาณ 75-92% ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาของกระจก

#### คุณสมบัติของกระจกใส

- การมองเห็นจากภายนอกและภายในสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน
- มีค่าการตัดพลังงานแสงสว่างเพียง 8% (สำหรับกระจกหนา 12 มม.)
- มีค่าการสะท้อนแสงต่ำเพียงประมาณ 7%
- ผิวกระจกจะไม่ร้อนมากหากกระจกมีความใสมากๆ เหมาะสมกับเขตร้อน

### ข้อควรคำนึงในการใช้กระจกใส

เนื่องจากความใสของกระจกที่ยอมให้แสงผ่านเข้ามาได้มาก ทำให้ความร้อนเข้ามาได้มากด้วย เมื่อคลื่นสั้น 0.3 ไมครอน ผ่านกระจกใสเข้ามากระทบวัตถุหรือวัสดุภายในอาคาร จะเปลี่ยนเป็นคลื่นยาว 3-50 ไมครอน ซึ่งไม่สามารถผ่านออกไปภายนอกได้



รูปที่ 3.23 แสดงค่าส่องผ่านรังสีและแสงของกระจกใส

### 2. กระจกโพลทสีตัดแสง (Tinted Glass or Heat Absorbing Glass) เป็น

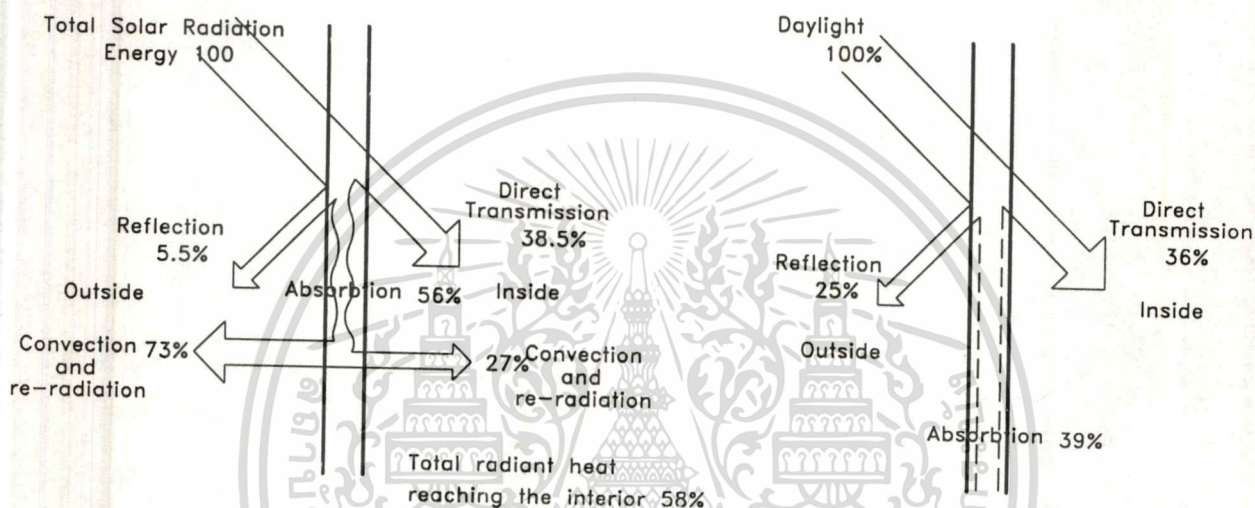
การผสมออกไซด์ของโลหะเข้าไปในส่วนผสมของกระจก ทำให้กระจกมีสีตัดแสง รวมถึงการดูดซับพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ส่องมากระทบผิวกระจก และช่วยลดปริมาณของแสงที่ผ่านกระจกลง ปริมาณของแสงที่ทะลุผ่านกระจก ขึ้นอยู่กับความเข้มของสีและความหนาของกระจก

#### คุณสมบัติของกระจกโพลทสีตัดแสง

- ช่วยตัดแสงไม่ให้เข้ามาในอาคารมาก มีค่า SC (Shading Coefficient) ต่ำกว่ากระจกใสมาก เมื่อค่า SC ต่ำมากแสงเข้าน้อย ทำให้ความร้อนเข้ามาน้อยด้วย
- สามารถดูดกลืนพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ 35-50% ขึ้นอยู่กับชนิดของสีและความเข้ม ความหนาของกระจก ช่วยลดภาระในการทำความเย็น
- ผิวกระจกร้อนเนื่องจากสีของเนื้อกระจก ที่เกิดจากการเติมออกไซด์ของโลหะต่างๆเป็นตัวดูดซับความร้อน (เหมาะกับสภาพภูมิอากาศที่หนาว)

### ข้อควรคำนึงในการใช้กระจกโพลีคาร์บอเนต

- ไม่ควรให้ลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศเป่ากระทบผิวหน้าของกระจกโดยตรง เพราะจะทำให้สูญเสียพลังงานมาก
- ไม่ควรติดผ้าม่านที่มีความหนาที่บ หรือวางสิ่งของชิดกับกระจกเพราะจะทำให้กระจกสะสมความร้อนเพิ่มขึ้น เป็นสาเหตุให้กระจกแตกได้



รูปที่ 3.24 แสดงค่าส่องผ่านรังสีและแสงของกระจกโพลีคาร์บอเนต

3.4.2 Surface Coating Glass เป็นกระจกใสและกระจกสีที่นำไปผ่านกระบวนการปรับแต่งผิวให้มีความสวยงามมากขึ้น แบ่งออกได้ดังนี้

1. กระจกสะท้อนแสง (Reflecting Glass) เป็นการเคลือบผิวกระจกโพลีคาร์บอเนตด้วยแผ่นออกไซด์โลหะ ซึ่งมีคุณสมบัติในด้านการสะท้อนแสง ทำให้สามารถสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีได้บางส่วน กระจกสะท้อนแสงสามารถผลิตเป็นกระจกชนิดต่างๆ ได้คือ

- กระจกสะท้อนแสงกึ่งนิรภัย (Heat Strengthened Reflective Glass)
- กระจกสะท้อนแสงชนิดนิรภัย (Tempered Reflect Glass)
- กระจกสะท้อนแสงชนิดฉนวนความร้อน (Insulated Reflective Glass)

#### คุณสมบัติของกระจกสะท้อนแสง

- ทำให้แสงจากดวงอาทิตย์และรังสีความร้อนผ่านเข้ามาในอาคารได้น้อย ซึ่งจะช่วยในการประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศ

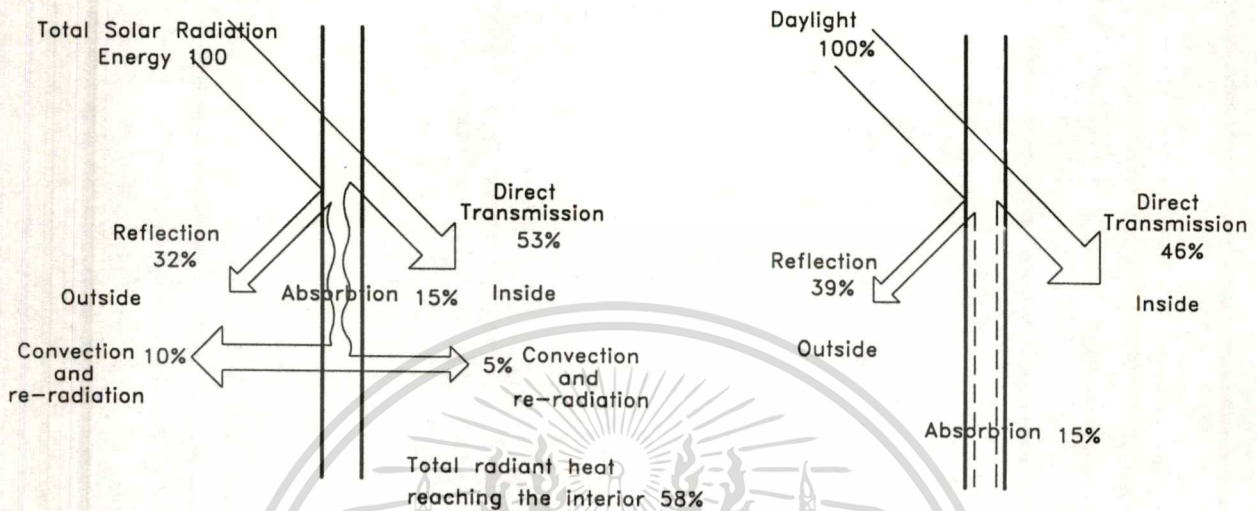
- ช่วยลดแสงจ้าทำให้เกิดความสบายตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข้อควรคำนึงในการใช้กระจกสะท้อนแสง

- ไม่ควรให้ลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศเป่าโดนกระจกโดยตรง เพราะจะทำให้เกิด

### Thermal Breakage



รูปที่ 3.25 แสดงค่าการส่องผ่านรังสีและแสงของกระจกตัดแสง

### 2. กระจก Low-E (Low Emissivity Glass) เป็นกระจกสะท้อนแสงที่ยอม

ให้แสงส่องผ่านเข้ามาได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับกระจกโฟลท ในขณะที่เดียวกันก็สามารถสะท้อนคลื่นความร้อนและป้องกันการถ่ายเทความร้อนได้ดี มีการสะท้อนแสงน้อย

#### คุณสมบัติของกระจก Low-E

- ป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกได้ดี
- ยอมให้แสงผ่านได้มากกว่ากระจกสะท้อนแสง และลดความจ้าของแสง
- ช่วยสะท้อนแสงอุลตราไวโอเลต (UV.)

### 3.4.3 Processed Glass เป็นกระจกที่นำมาตัดแปลงปรุงแต่งด้วยกระบวนการต่างๆ

เพื่อตอบสนองการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป แบ่งออกได้ดังนี้

#### 1. กระจกฉนวน (Insulated Glass) เป็นการนำกระจกอย่างน้อย 2 แผ่นมา

ประกบกัน โดยมีลูมินีเยมซึ่งบรรจุสารดูดความชื้นคั่นกลาง ทำให้อากาศระหว่างกระจกจะกลายเป็นอากาศแห้ง ไม่มีความชื้นเหลืออยู่ซึ่งมีคุณสมบัติในการกันความร้อน

#### คุณสมบัติของกระจกฉนวน

- ป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้ามาภายใน
- ช่วยลดเสียงรบกวนจากภายนอกได้ดีกว่ากระจกธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กระจก Heat Mirror เป็นระบบกระจก Double Glazing ที่เคลือบสาร Low-E ทั้ง 2 ด้าน ของฟิล์มที่คั่นอยู่ระหว่างช่องอากาศ โดยที่ช่องว่างทั้ง 2 ข้างจะกลายเป็น Reflective Air Space ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกชนิดนี้ (U-Value) อาจมีค่าต่ำถึง 0.25 BTU./hr.ft

#### คุณสมบัติของกระจก Heat Mirror

- สามารถสะท้อนความร้อน (Reflect) ออกไปจากกระจกได้ถึง 80% หรือยอมให้ความร้อนส่งผ่าน (Transmits) เข้ามาเพียง 10% ที่เหลืออีก 10% จะถูกดูดกลืน (Absorb) เข้าไปในกระจก ทำให้ความร้อนที่เข้ามามีน้อยมาก

- แสงสว่างส่งผ่านเข้ามาได้ถึง 50% ทำให้ลดปริมาณการใช้พลังงาน
- ป้องกันรังสีอุลตราไวโอเลต (UV.) ได้ดี สามารถสะท้อนได้ 98% และยอมให้ส่องผ่านเข้ามา (Transmits) 2%

3. กระจก Heat Stop เป็นกระจกที่ผลิตขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาการบำรุงรักษาของกระจก Heat Mirror รวมทั้งสามารถป้องกันรังสีคลื่นยาวได้ดีกว่า กระจก Heat Stop มีลักษณะกระจกเป็น Double Glazing ประกอบขึ้นด้วยกระจก Heat Reflective ที่เคลือบสาร Low-E เป็นกระจกด้านนอกและด้านในใช้กระจกใส สารที่เคลือบนั้นสามารถป้องกันรังสี Infrared ให้เข้ามาเพียง 5% ช่องว่างตรงกลางระหว่างกระจกบรรจุก๊าซอาร์กอนซึ่งเป็นก๊าซเฉื่อย มีคุณสมบัติในการนำความร้อนต่ำ ทำให้กระจกชนิดนี้มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำด้วย แสงสามารถส่องผ่านกระจกชนิดนี้เข้ามาประมาณ 60%

#### คุณสมบัติของกระจก Heat Stop

- ป้องกันรังสีคลื่นยาว (Long wave) ได้ดีกว่ากระจก Heat mirror
- แสงที่ผ่านกระจก Heat stop เข้ามา จะน้อยกว่าแสงที่ผ่านกระจก Heat mirror คือเข้ามาประมาณ 60 %

### 3.5 รังสีดวงอาทิตย์ที่มีอิทธิพลต่อกระจก

กระจกนอกจากจะให้แสงสว่างผ่านเข้ามาภายในแล้ว กระจกยังรับเอาความร้อนเข้ามาภายในด้วย โดยคุณสมบัติที่ต่างจากวัสดุก่อสร้างชนิดอื่นของกระจกคือ กระจกยอมให้รังสีความร้อนที่เป็นรังสีคลื่นสั้นมีความยาวคลื่น 0.23-0.5  $\mu\text{m}$ . ผ่านทะลุกระจกเข้าไปได้ โดยรังสีที่มีผลต่อกระจกแบ่งออกได้ดังนี้ [2]

3.5.1 รังสีทางตรง (Direct Radiation) รังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องผ่านชั้นในอวกาศก่อนผ่านชั้นบรรยากาศของโลกมีพลังงานระหว่าง 1,351-1,442  $\text{W/m}^2$ . ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างโลก

กับดวงอาทิตย์ กระจกที่อยู่ภายใต้แสงแดดจะรับรังสีทางนี้เท่านั้น ความเข้มสูงสุดที่ผิวโลกได้รับรังสีดวงอาทิตย์  $0.05 \mu\text{m}$ . (คลื่นสีเขียว-เหลือง)

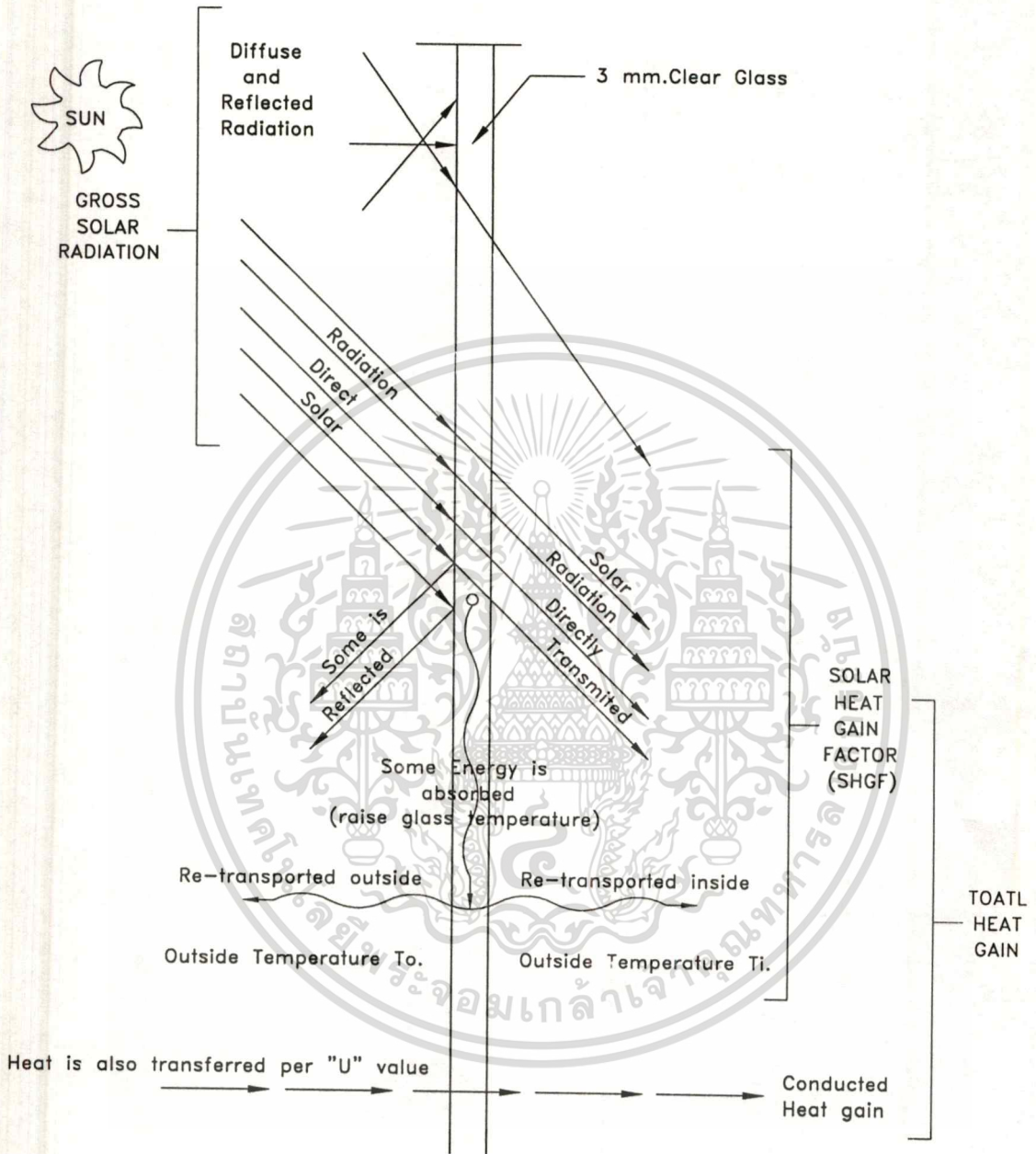
**3.5.2 รังสีกระจาย (Diffuse Radiation)** เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ผ่านชั้นบรรยากาศของโลกเข้ามา จะกระทบกับอนุของชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก รวมทั้งละอองน้ำในอากาศและฝุ่นละอองที่กระจายทั่วไป ทำให้เกิดการสะท้อนรังสีบางส่วนไปในทิศทางต่างๆ แทนที่จะพุ่งเป็นลำแสงตรงจากดวงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว รังสีกระจายนี้มีประมาณ 25% ของรังสีทางตรง กระจกที่อยู่ทั้งในกลางแดดและในที่ร่มจะได้รับรังสีกระจายนี้

**3.5.3 รังสีสะท้อน (Reflected Radiation)** ในประเทศออสเตรเลียโดย C.S.I.R.O ได้เสนอให้หาค่าความร้อนผ่านกระจก โดยการรวมรังสีความร้อนสะท้อนเข้าไปด้วย เพราะโดยธรรมชาติคลื่นความร้อนเมื่อกระทบกับพื้นผิวเรียบผืนใหญ่ๆ เช่น ผืนน้ำ ผืนดิน หิ้ง หลังคา ลานจอดรถ จะสะท้อนความร้อนจำนวนมากกลับสู่ชั้นบรรยากาศ ทำให้บรรยากาศรอบๆข้างร้อนขึ้น หรืออาจสะท้อนความร้อนกลับมาที่กระจกอาคารได้เช่นเดียวกัน โดยกำหนดค่ารังสีความร้อนประมาณ 2% ของรังสีทั้งหมด

เมื่อรังสีดวงอาทิตย์กระทบผิวกระจก จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ดังต่อไปนี้

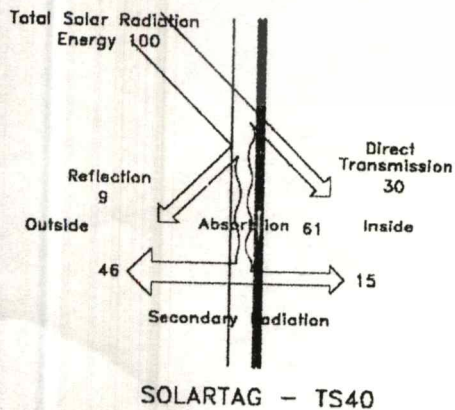
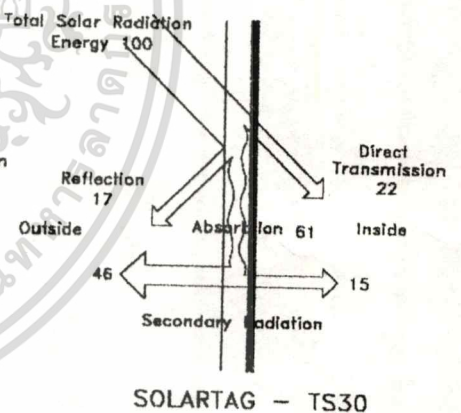
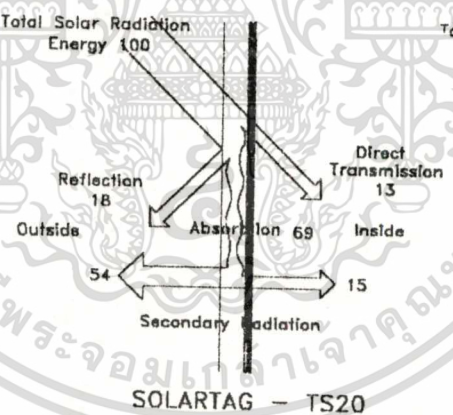
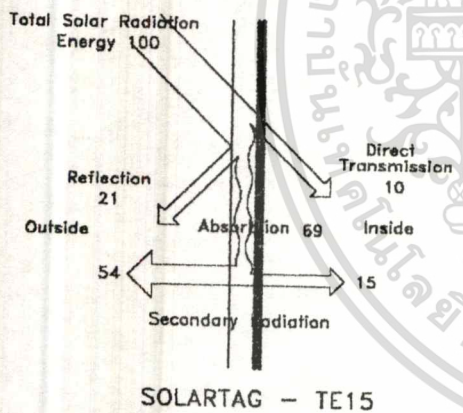
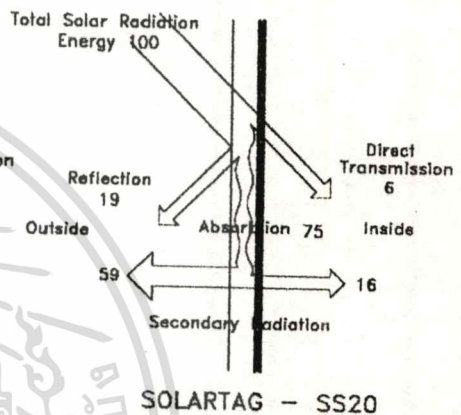
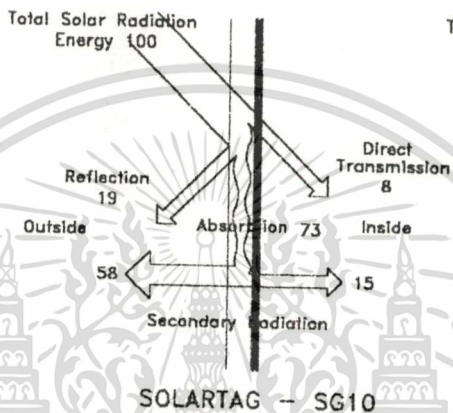
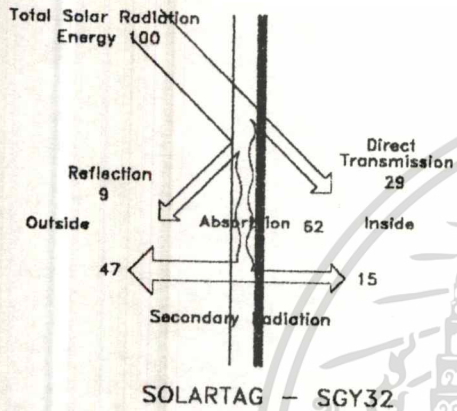
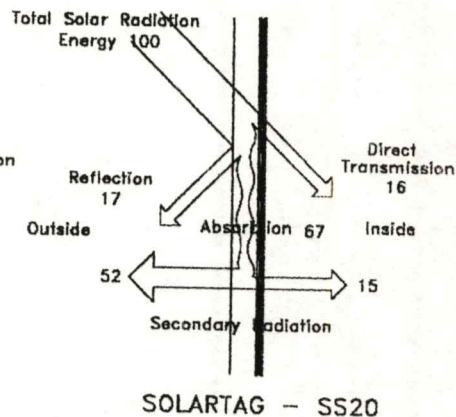
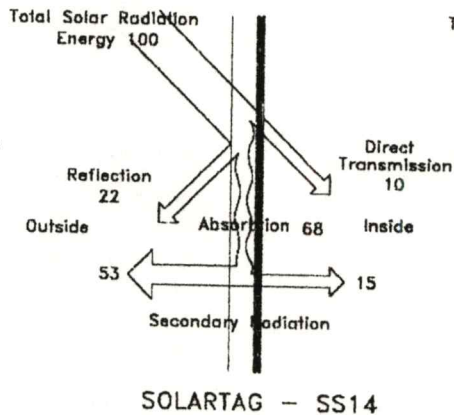
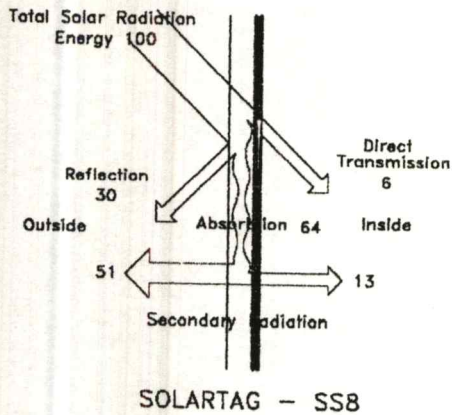
1. รังสีดวงอาทิตย์ผ่านทะลุกระจก ซึ่งโดยปกติส่วนใหญ่จะมีปรากฏการณ์เช่นนี้
2. รังสีดวงอาทิตย์บางส่วนจะถูกดูดกลืนโดยเนื้อกระจก โดยเฉพาะกระจกหนาและกระจกสี
3. รังสีดวงอาทิตย์บางส่วนจะถูกสะท้อนกลับเข้าไปในบรรยากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับมุมที่แสงตกกระทบกับผิวกระจกว่าทำมุมชันมากน้อยเพียงใด

ปรากฏการณ์ทั้ง 3 นี้จะมีค่าไม่คงที่เปลี่ยนแปลงไปตามอิทธิพลต่างๆกัน เช่น มุมกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ต่อผิวกระจก ถ้ามุมกระทบเป็นมุมชันมากรังสีก็จะทะลุผ่านกระจกไปมากและสะท้อนกลับน้อย ในทางตรงกันข้ามถ้ามุมราบมากรังสีก็จะถูกสะท้อนออกมามาก นอกจากนี้ความหนาของเนื้อกระจกและองค์ประกอบของสารในเนื้อกระจก มีส่วนทำให้การดูดกลืนความร้อนเข้าไปในเนื้อกระจกไม่เท่ากัน



รูปที่ 3.26 ปรางค์การณที่รังสีดวงอาทิตย์กระทบกระจกและปริมาณความร้อนทั้งหมดผ่านทะลุกระจก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### Diagram of Interception

Single Glazing Thickness 8 MM.

Conditions (by ASHRAE)

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Outdoor Temperature   | 31.7 °C (89°F)  |
| Room Temperature      | 23.9 °C (75°F)  |
| Outdoor Wind Velocity | 3.3 m/sec (7.5mph)  |
| Indoor Air Velocity   | 0 m/sec (0 mph)   |
| Solar Intensity       | 672.7 kcal/m <sup>2</sup> hr (248 Btu/ft <sup>2</sup> hr) |

รูปที่ 3.27 ประเภทของกระจกสะท้อนแสงที่มีผลต่อการส่งผ่านรังสีดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

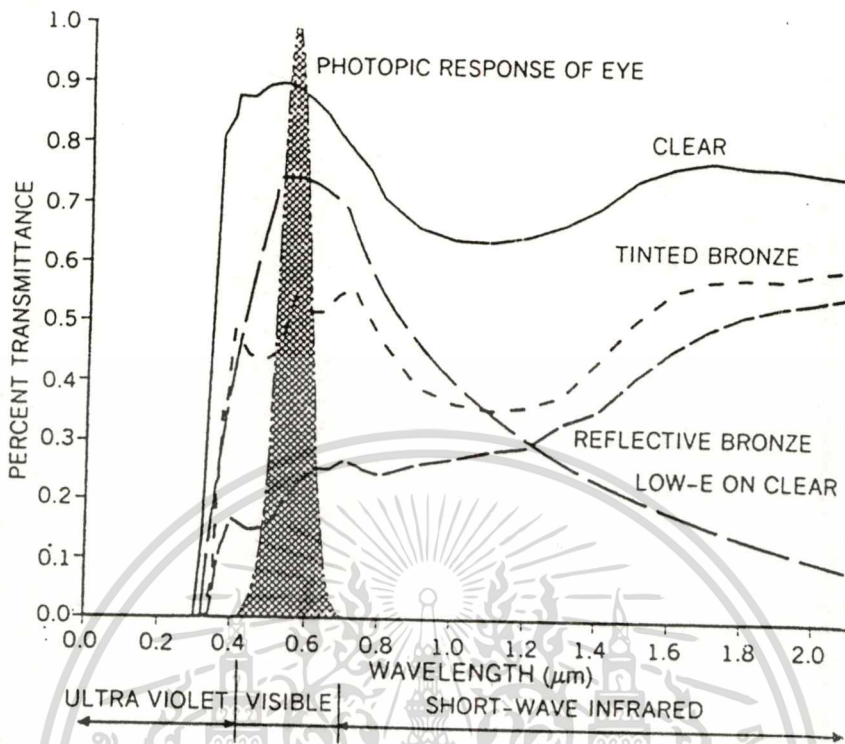
| Glass Type                    | Thickness (mm.) | Visible Rays |               | Solar Energy |                          | Reflective Heat Gain (kcal/m <sup>2</sup> hr.) (Btu/ft <sup>2</sup> hr.) | U - Value  |  | Shading Coefficient |      |      |      |
|-------------------------------|-----------------|--------------|---------------|--------------|--------------------------|--|--|--|---------------------|------|------|------|
|                               |                 | Reflection   | Transmittance | Reflection   | Transmittance Absorbtion |  | Winter Nighttime (kcal/m <sup>2</sup> hr.) (Btu/ft <sup>2</sup> hr.) | Summer Daytime (kcal/m <sup>2</sup> hr.) (Btu/ft <sup>2</sup> hr.) |                     |      |      |      |
| กระจกใส (Clear Float Glass)   | 2               | 7            | 91            | 8            | 88                       | 594  | 219  | 5.68   | 1.16                | 5.02 | 1.03 | 1.02 |
|                               | 3               | 7            | 90            | 8            | 86                       | 585  | 216  | 5.64   | 1.15                | 5.02 | 1.03 | 1.00 |
|                               | 4               | 7            | 89            | 8            | 84                       | 576  | 212  | 5.59   | 1.14                | 5.01 | 1.03 | 0.99 |
|                               | 5               | 7            | 89            | 7            | 82                       | 568  | 209  | 5.54   | 1.13                | 5.01 | 1.03 | 0.97 |
|                               | 6               | 7            | 88            | 7            | 80                       | 559  | 206  | 5.50   | 1.13                | 5.01 | 1.03 | 0.96 |
|                               | 8               | 7            | 87            | 7            | 76                       | 540  | 199  | 5.41   | 1.11                | 4.99 | 1.02 | 0.92 |
|                               | 10              | 7            | 85            | 7            | 73                       | 525  | 194  | 5.32   | 1.09                | 4.95 | 1.01 | 0.90 |
|                               | 12              | 7            | 84            | 7            | 70                       | 511  | 188  | 5.24   | 1.07                | 4.92 | 1.01 | 0.87 |
| กระจกสีเทา (Coolgray)         | 15              | 7            | 81            | 7            | 61                       | 494  | 182  | 5.12   | 1.05                | 4.88 | 1.00 | 0.84 |
|                               | 18              | 7            | 78            | 7            | 65                       | 466  | 172  | 4.97   | 1.02                | 4.80 | 0.98 | 0.79 |
|                               | 5               | 6            | 44            | 6            | 49                       | 415  | 153  | 5.84   | 1.13                | 5.38 | 1.10 | 0.69 |
|                               | 6               | 5            | 38            | 6            | 43                       | 388  | 143  | 5.50   | 1.13                | 5.39 | 1.10 | 0.64 |
|                               | 8               | 5            | 28            | 5            | 33                       | 354  | 130  | 5.41   | 1.10                | 5.38 | 1.10 | 0.57 |
|                               | 10              | 5            | 20            | 5            | 25                       | 324  | 119  | 5.32   | 1.09                | 5.35 | 1.09 | 0.52 |
|                               | 12              | 5            | 15            | 5            | 19                       | 289  | 99   | 5.24   | 1.07                | 5.32 | 1.09 | 0.47 |
|                               | 5               | 5            | 20            | 6            | 40                       | 402  | 148  | 5.54   | 1.13                | 5.40 | 1.10 | 1.66 |
| กระจกสีน้ำตาล (Dark Coolgray) | 6               | 4            | 15            | 5            | 34                       | 386  | 142  | 5.50   | 1.13                | 5.40 | 1.10 | 0.63 |
|                               | 5               | 6            | 54            | 6            | 55                       | 449  | 165  | 5.54   | 1.13                | 5.31 | 1.09 | 0.75 |
|                               | 6               | 6            | 49            | 6            | 50                       | 428  | 158  | 5.50   | 1.13                | 5.32 | 1.09 | 0.71 |
|                               | 8               | 5            | 39            | 5            | 40                       | 382  | 141  | 5.41   | 1.11                | 5.33 | 1.09 | 0.63 |
|                               | 10              | 5            | 32            | 5            | 32                       | 349  | 129  | 5.32   | 1.09                | 5.31 | 1.09 | 0.57 |
|                               | 12              | 5            | 26            | 5            | 27                       | 326  | 120  | 5.24   | 1.07                | 5.28 | 1.08 | 0.52 |
|                               | 5               | 7            | 76            | 6            | 59                       | 470  | 173  | 5.54   | 1.14                | 5.27 | 1.08 | 0.79 |
|                               | 6               | 38           | 8             | 33           | 6                        | 143  | 53   | 4.04   | 0.83                | 3.88 | 0.79 | 0.21 |
| SOLARTAG - SS8 (Silver)       | 8               | 37           | 8             | 30           | 6                        | 147  | 54   | 3.99   | 0.82                | 3.87 | 0.79 | 0.21 |
|                               | 10              | 37           | 8             | 28           | 6                        | 148  | 55   | 3.94   | 0.81                | 3.85 | 0.79 | 0.22 |
|                               | 12              | 36           | 8             | 26           | 6                        | 150  | 55   | 3.89   | 0.80                | 3.83 | 0.79 | 0.22 |
|                               | 6               | 29           | 14            | 24           | 10                       | 187  | 69   | 4.40   | 0.90                | 4.33 | 0.89 | 0.28 |
| SOLARTAG - SS14 (Silver)      | 8               | 28           | 14            | 22           | 10                       | 189  | 70   | 4.35   | 0.89                | 4.30 | 0.88 | 0.29 |
|                               | 10              | 28           | 14            | 21           | 10                       | 190  | 70   | 4.29   | 0.88                | 4.27 | 0.87 | 0.29 |
|                               | 12              | 27           | 14            | 19           | 10                       | 191  | 71   | 4.23   | 0.87                | 4.24 | 0.87 | 0.29 |
|                               | 6               | 23           | 20            | 18           | 16                       | 230  | 85   | 4.56   | 0.93                | 4.50 | 0.92 | 0.36 |
| SOLARTAG - SS20 (Silver)      | 8               | 23           | 20            | 17           | 16                       | 230  | 85   | 4.50   | 0.92                | 4.46 | 0.91 | 0.36 |
|                               | 10              | 22           | 20            | 16           | 16                       | 230  | 85   | 4.43   | 0.91                | 4.42 | 0.91 | 0.36 |
|                               | 12              | 22           | 20            | 15           | 16                       | 230  | 85   | 4.38   | 0.90                | 4.38 | 0.90 | 0.36 |
|                               | 6               | 16           | 20            | 15           | 16                       | 230  | 85   | 4.38   | 0.90                | 4.38 | 0.90 | 0.36 |

| Glass Type                       | Thickness (mm.) | Visible Rays |               | Solar Energy |               | Reflective Heat Gain (kcal/m <sup>2</sup> hr.) (Btu/ft <sup>2</sup> hr.) | U - Value  |  | Shading Coefficient |      |      |
|----------------------------------|-----------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--|--|--|---------------------|------|------|
|                                  |                 | Reflection   | Transmittance | Reflection   | Transmittance |  | Winter Nighttime (kcal/m <sup>2</sup> hr.°C) (Btu/ft <sup>2</sup> hr.°F) | Summer Daytime (kcal/m <sup>2</sup> hr.°C) (Btu/ft <sup>2</sup> hr.°F) |                     |      |      |
| SOLARTAG - SG132 (Silver - Gray) | 6               | 12           | 32            | 10           | 29            | 61   | 314  | 1.02   | 4.89                | 1.00 | 0.51 |
|                                  | 8               | 12           | 32            | 9            | 29            | 62   | 314  | 1.00   | 4.84                | 0.99 | 0.51 |
|                                  | 10              | 12           | 32            | 9            | 29            | 62   | 313  | 0.99   | 4.79                | 0.99 | 0.51 |
|                                  | 12              | 12           | 32            | 9            | 29            | 62   | 311  | 0.97   | 4.73                | 0.97 | 0.51 |
| SOLARTAG - SG10 (Silver - Gold)  | 6               | 21           | 10            | 21           | 8             | 71   | 176  | 0.86   | 4.13                | 0.85 | 0.26 |
|                                  | 8               | 20           | 10            | 19           | 8             | 73   | 178  | 0.85   | 4.11                | 0.84 | 0.27 |
|                                  | 10              | 19           | 10            | 18           | 8             | 74   | 178  | 0.84   | 4.08                | 0.84 | 0.27 |
|                                  | 12              | 19           | 10            | 17           | 8             | 75   | 178  | 0.83   | 4.05                | 0.83 | 0.27 |
| SOLARTAG - TE10 (Earth - Bronze) | 6               | 19           | 10            | 21           | 6             | 73   | 164  | 0.85   | 4.08                | 0.84 | 0.24 |
|                                  | 8               | 19           | 10            | 19           | 6             | 75   | 166  | 0.84   | 4.06                | 0.83 | 0.25 |
|                                  | 10              | 19           | 10            | 18           | 6             | 76   | 167  | 0.83   | 4.04                | 0.83 | 0.25 |
|                                  | 12              | 18           | 10            | 17           | 6             | 77   | 167  | 0.82   | 4.01                | 0.82 | 0.25 |
| SOLARTAG - TE15 (Earth - Bronze) | 6               | 23           | 15            | 23           | 10            | 67   | 187  | 0.89   | 4.28                | 0.88 | 0.28 |
|                                  | 8               | 23           | 15            | 21           | 10            | 69   | 189  | 0.88   | 4.25                | 0.87 | 0.29 |
|                                  | 10              | 22           | 15            | 20           | 10            | 70   | 190  | 0.87   | 4.22                | 0.86 | 0.29 |
|                                  | 12              | 22           | 15            | 19           | 10            | 71   | 190  | 0.86   | 4.19                | 0.86 | 0.29 |
| SOLARTAG - TS20 (Silver - Blue)  | 6               | 21           | 20            | 19           | 13            | 68   | 210  | 0.91   | 4.37                | 0.90 | 0.32 |
|                                  | 8               | 20           | 20            | 18           | 13            | 69   | 210  | 0.90   | 4.34                | 0.89 | 0.33 |
|                                  | 10              | 19           | 20            | 16           | 13            | 71   | 212  | 0.88   | 4.31                | 0.88 | 0.33 |
|                                  | 12              | 19           | 20            | 15           | 13            | 72   | 213  | 0.87   | 4.27                | 0.88 | 0.33 |
| SOLARTAG - TS30 (Blue)           | 6               | 15           | 30            | 18           | 22            | 60   | 265  | 0.99   | 4.75                | 0.97 | 0.42 |
|                                  | 8               | 15           | 30            | 17           | 22            | 61   | 266  | 0.98   | 4.71                | 0.96 | 0.42 |
|                                  | 10              | 15           | 30            | 16           | 22            | 62   | 266  | 0.96   | 4.66                | 0.96 | 0.42 |
|                                  | 12              | 14           | 30            | 15           | 22            | 63   | 266  | 0.95   | 4.62                | 0.95 | 0.42 |
| SOLARTAG - TS40 (Blue)           | 6               | 10           | 40            | 10           | 30            | 60   | 319  | 1.02   | 4.88                | 1.00 | 0.52 |
|                                  | 8               | 10           | 40            | 9            | 30            | 61   | 319  | 1.00   | 4.83                | 0.99 | 0.52 |
|                                  | 10              | 10           | 40            | 9            | 30            | 61   | 317  | 0.99   | 4.78                | 0.98 | 0.52 |
|                                  | 12              | 10           | 40            | 9            | 30            | 61   | 316  | 0.97   | 4.72                | 0.97 | 0.51 |
| SOLARTAG - TGR25 (Green)         | 6               | 23           | 25            | 18           | 18            | 64   | 237  | 0.92   | 4.43                | 0.91 | 0.37 |
|                                  | 8               | 23           | 25            | 17           | 18            | 65   | 238  | 0.91   | 4.39                | 0.90 | 0.37 |
|                                  | 10              | 22           | 25            | 16           | 18            | 66   | 238  | 0.90   | 4.36                | 0.89 | 0.38 |
|                                  | 12              | 22           | 25            | 15           | 18            | 67   | 238  | 0.89   | 4.32                | 0.88 | 0.38 |
| SOLARTAG - TBL35 (Blue)          | 6               | 21           | 35            | 18           | 25            | 57   | 279  | 0.99   | 4.73                | 0.97 | 0.45 |
|                                  | 8               | 21           | 35            | 17           | 25            | 58   | 279  | 0.97   | 4.69                | 0.96 | 0.45 |
|                                  | 10              | 20           | 35            | 16           | 25            | 59   | 279  | 0.96   | 4.64                | 0.95 | 0.45 |
|                                  | 12              | 20           | 35            | 15           | 25            | 60   | 280  | 0.95   | 4.60                | 0.94 | 0.45 |

(HEAT REFLECTIVE GLASS)

THICKNESS (mm.)

ไม่รับประกันได้อายุการใช้งาน และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 เปรียบเทียบการส่องผ่านแสงของกระจกประเภทต่างๆ

### 3.6 การป้องกันความร้อนผ่านผนังกระจก

ความร้อนที่ผ่านผนังกระจกเข้าสู่อาคาร จะมี 2 ลักษณะคือ ความร้อนของรังสีดวงอาทิตย์ซึ่งเมื่อความร้อนส่องผ่านกระจกเข้าไปภายในห้อง ความร้อนก็จะเข้าไปพร้อมกับแสงนั้น ทำให้ห้องร้อนขึ้น และความร้อนอีกส่วนหนึ่งเกิดจากการนำความร้อนของตัวกระจกเอง ดังนั้น แนวทางการป้องกันความร้อนไม่ให้ผ่านกระจกเข้ามาภายใน สามารถทำได้ดังต่อไปนี้

#### 1. การเลือกใช้กระจกกันแสง

กระจกทึบแสง เช่น กระจกติดฟิล์มกรองแสง จะช่วยลดปริมาณความร้อนของแสงแดดให้เข้าสู่ภายในอาคารน้อยลง แต่แนวทางการใช้จำเป็นต้องคำนึงถึงปริมาณแสงสว่างที่ส่องผ่านเข้ามาภายในด้วย

#### 2. การป้องกันไม่ให้แสงแดดส่องกระทบกระจกโดยตรง

แสงสว่างที่ผ่านผนังกระจกเข้ามา (Diffuse Light) จะไม่มีความร้อนแฝงอยู่มากนัก ผิดกับแสงแดด (Direct Light) ซึ่งมีความร้อนแฝงอยู่จำนวนมาก ดังนั้นการป้องกันไม่ให้แสงแดดส่องกระทบกระจกโดยตรง ซึ่งทำได้โดยการใช้อุปกรณ์บังแดด (Device Shading) อุปกรณ์บังแดดที่ดี

จะต้องมีขนาดที่เหมาะสม สามารถป้องกันรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้และแสงสว่างเข้ามาในอาคารได้อย่างเหมาะสม

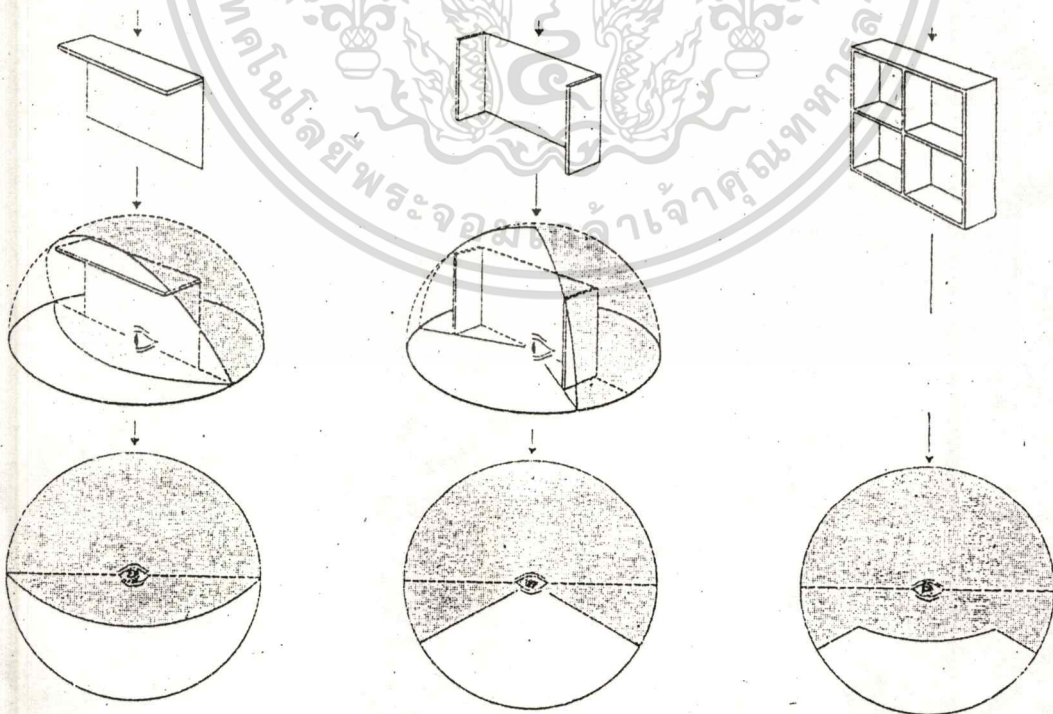
### 3.7 อุปกรณ์บังแดด (Device Shading)

อุปกรณ์บังแดด(Device Shading) มีประโยชน์ทั้งในอาคารที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศ และอาคารที่มีเครื่องปรับอากาศ ในการออกแบบอุปกรณ์บังแดดจะต้องพิจารณาถึงการวางอาคาร โดยดูจากทิศทางแดด ลม ตำแหน่งและทางเดินของดวงอาทิตย์ จะวางอาคารอย่างไรจึงจะให้รังสีดวงอาทิตย์เข้าได้น้อยที่สุดในช่วงฤดูร้อน และในกรณีที่อาคารไม่มีเครื่องปรับอากาศก็จำเป็นต้องคำนึงถึงทิศทางของลม การลดปริมาณแสงจ้าและความร้อนซึ่งอาจจะมาจากดวงอาทิตย์โดยตรง หรือสะท้อนจากพื้นดินและอาคารข้างเคียง นอกจากนี้ลักษณะของอุปกรณ์บังแดดจะส่งผลกับรูปลักษณะของตัวอาคารด้วย

#### ลักษณะโดยทั่วไปของอุปกรณ์บังแดดและเงาที่ได้รับ

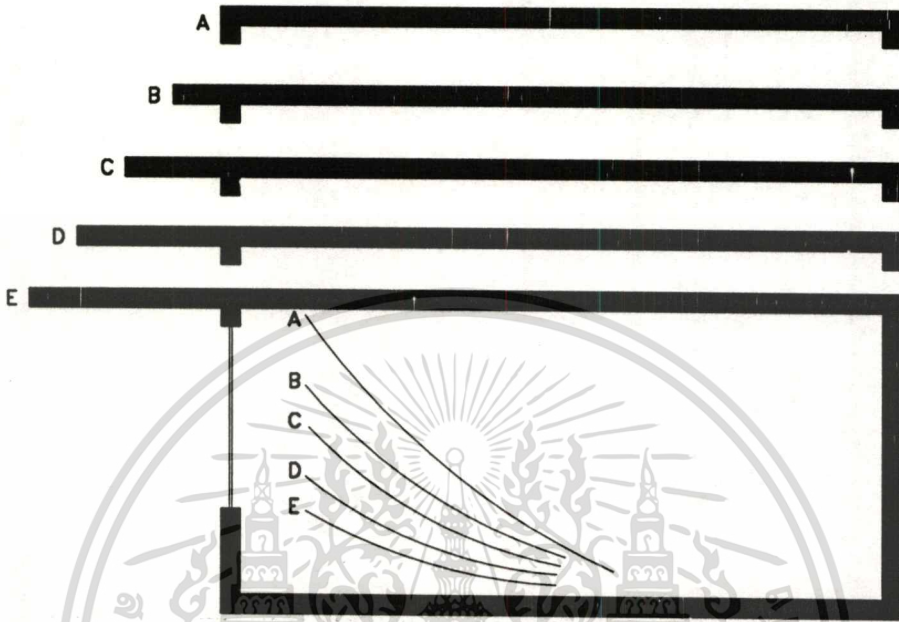
1. ทางนอน (Horizontal Overhangs) บังแดดได้คล้ายรูปเสี้ยว (Segmental Area)
2. ทางตั้ง (Vertical Louvers) บังแดดได้เป็นรูป Radial Mask
3. แบบตาราง (Eggcrate Types) เป็นอุปกรณ์บังแดดผสมทางตั้งและนอนเงาที่ได้รับจะ

เป็นแบบรวม



รูปที่ 3.29 ลักษณะอุปกรณ์บังแดดและเงาที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.30 อุปกรณ์บังแดดที่มีผลต่อการนำแสงสว่าง

สำหรับประเทศไทยที่ตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ซึ่งมีปริมาณแสงและรังสีดวงอาทิตย์มากเกือบตลอดทั้งปี จึงจำเป็นต้องมีการใช้อุปกรณ์บังแดดในการป้องกันรังสีความร้อนนี้ รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมตามทิศต่างๆ ในเขตนี้ พอสรุปได้ดังนี้

1. ด้านทิศใต้และบริเวณโดยรอบทางด้านทิศใต้ของอาคาร อุปกรณ์บังแดดชนิดทางนอนจะมีประสิทธิภาพสูงสุด
2. ด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกของอาคาร อุปกรณ์บังแดดทางตั้งจะมีประสิทธิภาพสูงสุด และถ้าเป็นอุปกรณ์บังแดดที่สามารถปรับมุมได้ ก็สามารถบังแดดได้ตลอดเวลา
3. ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ อุปกรณ์บังแดดแบบตารางจะด้ร่มเงามากขึ้น
4. ด้านทิศเหนือใช้อุปกรณ์บังแดดทางตั้ง และควรมีชายคาหรืออุปกรณ์บังแดดทางนอนสำหรับบังแดดบางเดือน

### 3.8 สภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อระดับความส่องสว่าง

#### 3.8.1 ค่าการสะท้อนแสงภายนอกอาคาร

สภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร มีผลต่อระดับการส่องสว่างแก่อาคารที่แตกต่างกันออกไปเนื่องจากสภาพแวดล้อมแต่ละที่มีความแตกต่างกัน เช่น อาคารข้างเคียง ต้นไม้ พื้นดิน สิ่งเหล่านี้ล้วนมีผลต่อระดับการส่องสว่างจากการสะท้อนแสงและค่ารังสีความร้อนกับตัวอาคาร โดยเฉพาะการสะท้อนแสงจากพื้นดิน จากการศึกษาพบว่าค่าการสะท้อนแสงจากพื้นดิน จะมีสัดส่วนประมาณ 15% ของแสงธรรมชาติที่ตกกระทบหน้าต่าง โดยสามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายนอกอาคาร

| Material                    | Reflectance<br>% | Material                      | Reflectance<br>% |
|-----------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|
| - หินทราย (Blue Stone)      | 18               | - แอสฟัลท์ (Asphalt) ไม่สกปรก | 7                |
| - อิฐ                       |                  | - กรวด (Gravel)               | 13               |
| - สีเหลืองอ่อน (Light Buff) | 48               | - หิมะ                        |                  |
| - สีเหลืองเข้ม (Dark Buff)  | 40               | - หิมะใหม่                    | 74               |
| - สีน้ำตาลแดง               | 30               | - หิมะเก่า                    | 64               |
| - ซีเมนต์                   | 27               | - ต้นไม้ (ทั่วไป)             | 25               |
| - คอนกรีต                   | 40               | - กระจก                       |                  |
| - หินอ่อนสีขาว              | 45               | - กระจกใส                     | 7                |
| - สีขาวทาสีอาคาร            |                  | - กระจกสะท้อนแสง              | 20-30            |
| - สีขาวใหม่                 | 75               | - กระจกสี                     | 7                |
| - สีขาวเก่า                 | 55               |                               |                  |

ที่มา : Building and Outside Surface

#### 3.8.2 ค่าการสะท้อนแสงภายใน

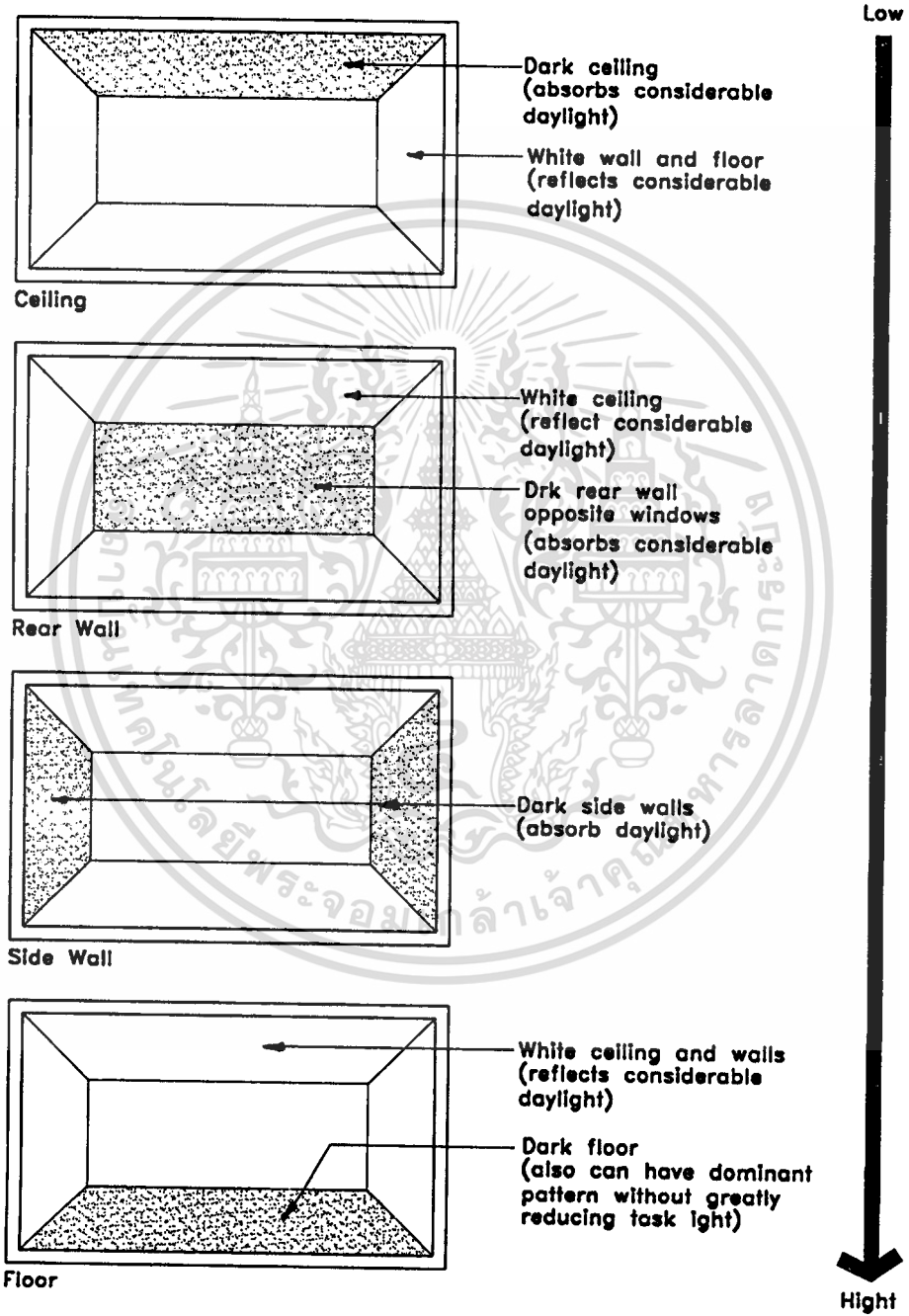
ค่าการสะท้อนแสงภายในอาคารเป็นคุณสมบัติของวัสดุภายในอาคาร ที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติ ในการนำแสงสว่างจากธรรมชาตินอกจากค่าการสะท้อนแสงจากภายนอกแล้ว ค่าการสะท้อนแสงภายในก็มีส่วนสำคัญต่อการนำแสง จากรูปที่ 3.32 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบของค่าการสะท้อนแสงภายในดังนี้

- ฝ้าเพดานที่มีสีทึบแต่ผนังและพื้นมีสีสว่างจะทำให้ประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงภายในมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด

- ฝ้าเพดาน พื้น และผนังด้านข้างใช้สีสว่าง แต่ผนังด้านตรงข้ามหน้าต่างใช้สีทึบ ประสิทธิภาพของการสะท้อนแสงจะดีกว่าแบบแรก

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ฝ้าเพดาน พื้น ผนังด้านตรงข้ามหน้าต่างใช้สีสว่าง แต่ผนังด้านข้างทั้งสองใช้สีทึบ ประสิทธิภาพการสะท้อนแสงภายในจะดีกว่าแบบที่สอง
- ฝ้าเพดาน ผนังทั้งหมดใช้สีสว่าง พื้นใช้สีทึบ ประสิทธิภาพการสะท้อนแสงภายในจะดีที่สุด



รูปที่ 3.31 แสดงการเปรียบเทียบการใช้สีที่มีผลต่อการสะท้อนแสงภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงค่ามาตรฐานในการกำหนดค่าการสะท้อนแสงภายใน

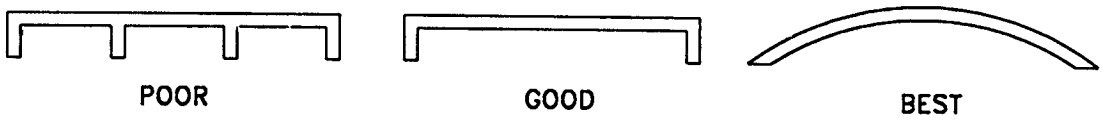
|                                 | ค่าการสะท้อนแสง(%) | ค่าการสะท้อนแสง(%) |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|
|                                 | ห้องเรียน          | สำนักงาน           |
| - เพดาน                         | 70 – 90            | > 80               |
| - ผนัง                          | 40 – 60            | 50 – 70            |
| - พื้น                          | 30 – 50            | 20 – 40            |
| - เฟอร์นิเจอร์และเครื่องอุปกรณ์ | -                  | 25 – 45            |
| - โตะทำงาน                      | 35 – 50            | 35 – 50            |

ตารางที่ 3.4 ค่าการสะท้อนแสงของสี

| สี                                 | ค่าการสะท้อนแสง % |
|------------------------------------|-------------------|
| - ขาว (White)                      | 80 – 85           |
| - สีครีม                           | 65 – 75           |
| - สีเหลืองอ่อน (Pale yellow ,Rose) | 80                |
| - สีทราย (Pale beige)              | 70                |
| - ฟ้าอ่อน , เขียวอ่อน              | 70 – 75           |
| - สีเทาอ่อน                        | 45 – 70           |
| - สีชมพู (Pink)                    | 50 – 70           |
| - สีนํ้าตาล (Tan)                  | 30 – 50           |
| - สีเหลืองออกนํ้าตาล               | 55 – 65           |
| - แดง                              | 20 – 40           |
| - Medium brown                     | 25                |
| - Medium blue / Green              | 20 – 30           |
| - เทาเข้ม                          | 20 – 25           |
| - ดำ                               | 10                |

จากค่าที่แสดงดังตาราง 3.2 แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบภายในห้องที่มีส่วนสำคัญในการให้การส่องสว่างจากการสะท้อนแสงเข้ามาภายใน โดยฝ้าเพดานภายในอาคารเป็นองค์ประกอบสำคัญในการให้ความส่องสว่างจากการสะท้อนแสง การออกแบบและการจัดวางที่ดี ตลอดจนการเลือกใช้สีที่เหมาะสม จะช่วยในการกระจายแสงทั้งระนาบแนวนอนและแนวตั้ง การสะท้อนแสงของพื้นผิวฝ้าเพดานจะมีผลน้อย ถ้าความสูงของฝ้าเพดานมีความสูงมาก และห้องมีลักษณะเล็กแคบฝ้าเพดานจะสามารถกระจายแสงได้ดีกว่าห้องที่กว้างและยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 รูปแบบของฝ้าเพดานที่ช่วยในการกระจายแสง

3.8.3 การพิจารณาทิศทางของแสงธรรมชาติต่อพื้นที่ใช้งาน การคำนึงถึงทิศทางของแสงที่เข้ามาภายในอาคาร มีความสำคัญต่อความเข้มปริมาณของแสง จากการศึกษาพบว่าปริมาณความสว่างของแสงที่ตกลงบนพื้นที่ทำงาน (Working Plane) ใดๆ จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบของแสงบนระนาบนั้นๆ ที่กระทำกับเส้นตั้งฉากกับระนาบโดยเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$FC = I \times \cos \theta \quad (3.2)$$

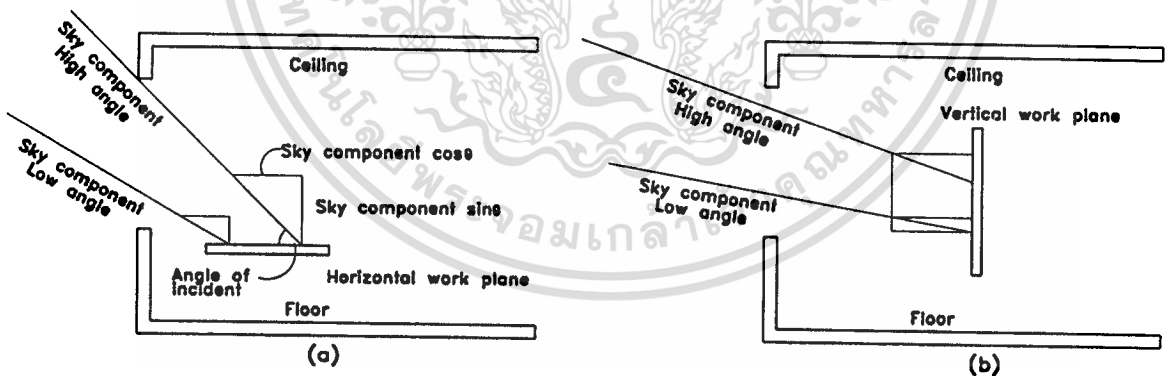
โดยที่ FC = ค่าความเข้มของปริมาณแสงสว่างบนระนาบใช้งาน

(Working Plane) มีหน่วยเป็นฟุตแคนเดิล

I = ปริมาณแสงสว่างที่ตกกระทบบนพื้นที่ใช้งาน

(Intensity) มีหน่วยเป็นแคนเดิลล่า

$\theta$  = มุมตกกระทบของแสง (Incident Angle)



Effect daylight incidence angle on illumination components. High-angle skylight is more effect for illumination on the horizontal plane(a) where low-angle skylight is more effect on vertical surface (b)

รูปที่ 3.33 แสดงปริมาณแสงสว่างบนพื้นที่ใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบ

จากการศึกษาพบว่าถ้ามุมตกกระทบของแสงมีองศาที่แตกต่างกัน ถึงแม้ปริมาณของแสงที่ตกกระทบจะมีปริมาณแสงสว่างที่เท่ากัน แต่ปริมาณแสงบนพื้นที่ใช้งานจะไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบ ถ้ามุมยิ่งน้อยปริมาณของแสงที่ระนาบของพื้นที่ใช้งานก็จะมากยิ่งขึ้น ในทางปฏิบัติ การออกแบบระบบแสงสว่าง ควรให้มีมุมตกกระทบของแสงบนพื้นที่ใช้งานมีค่าน้อยที่สุด ไม่ว่าการฉีกโถงทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

# สภาพภูมิอากาศ กับสภาวะการส่องสว่าง

### 4.1 สภาพภูมิอากาศในเขตกรุงเทพมหานคร

กรุงเทพมหานครตั้งอยู่บนละติจูดที่  $13^{\circ} 44' N$  และลองจิจูดที่  $100^{\circ} 33' E$  สภาพอากาศเป็นแบบร้อนชื้น (Tropical Zone) สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปจะมีลมมรสุมอยู่ 2 ช่วง คือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

#### 4.1.1 ภูมิอากาศ (Climate)

1. ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ประเทศไทยจะได้รับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยประมาณ 1,500 มม. ความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยประมาณ 78% อุณหภูมิโดยเฉลี่ยประมาณ 25 องศาเซลเซียส ความร้อนจะไม่มากนักในช่วงฤดูกาลนี้

2. ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม โดยจะได้รับลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งในช่วงระยะเวลานี้ปริมาณน้ำฝนจะน้อย และจะเป็นช่วงที่ได้รับอิทธิพลมหนาวจากประเทศจีนแผ่ปกคลุมลงมา ทำให้มีอุณหภูมิต่ำลง โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 18 องศาเซลเซียส อากาศโดยทั่วไปจะเป็นอากาศแห้งแล้งและเย็น

3. ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน จะทำให้ช่วงนี้มีอุณหภูมิที่สูงขึ้นกว่าช่วงอื่นๆ โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 38 องศาเซลเซียส อากาศโดยทั่วไปจะมีลักษณะอากาศที่แห้งแล้ง ในช่วงตอนปลายของฤดูจะเริ่มมีฝนตก

4.1.2 อุณหภูมิ (Temperature) เนื่องจากตั้งอยู่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร ซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับแสงตั้งฉากของดวงอาทิตย์เกือบตลอดปี โดยเฉพาะช่วงเดือนเมษายนประเทศไทยหันเข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุด โดยมีอุณหภูมิประมาณ 26.1-34.9 องศาเซลเซียส ทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่าช่วงอื่นๆ ความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนมีน้อย

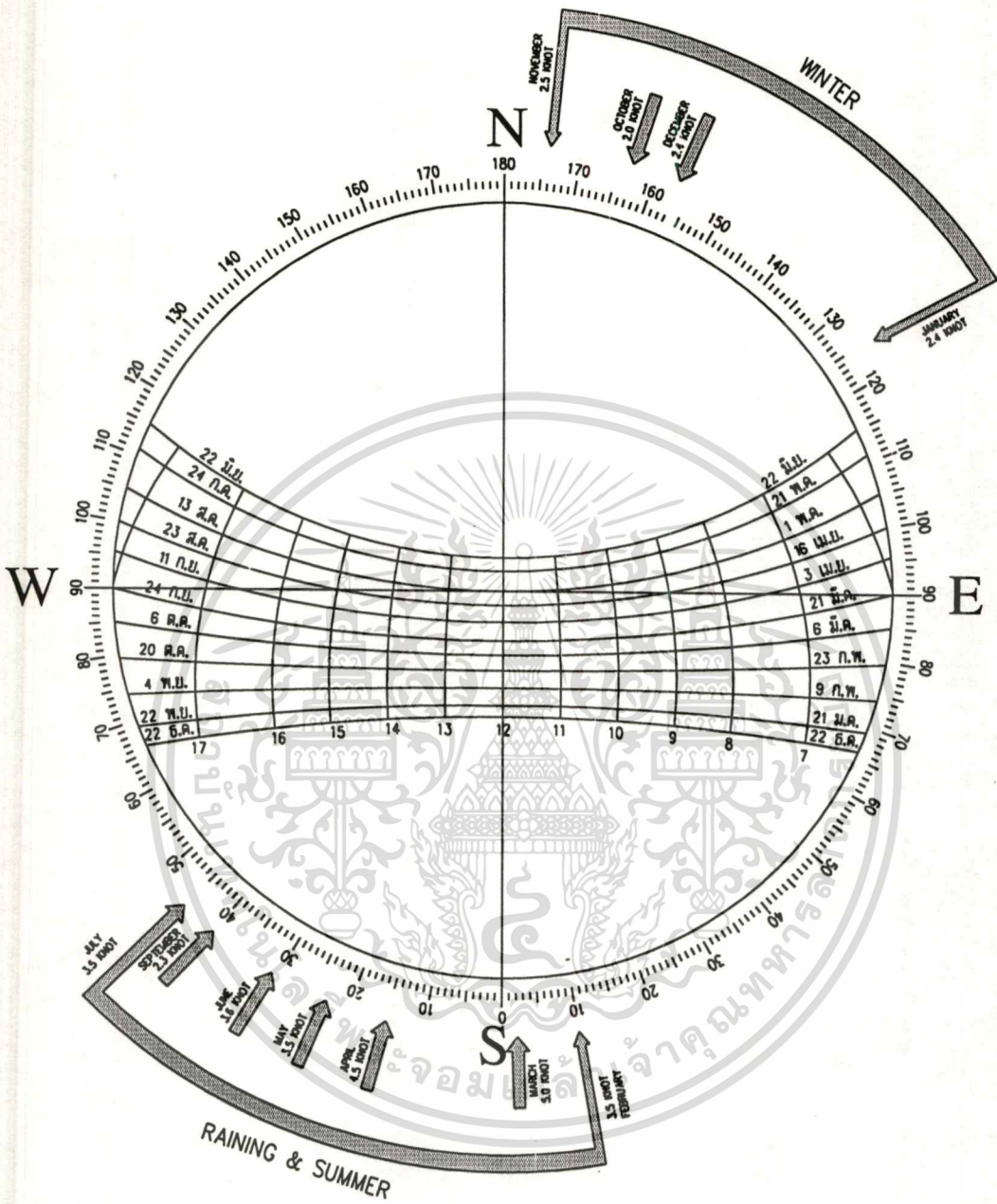
4.1.3 ความชื้นสัมพัทธ์ (Humidity) ช่วงเดือนธันวาคมและมกราคมเป็นช่วงที่อากาศแห้งที่สุดโดยอยู่ระหว่าง 70-72% เมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนในเดือนมีนาคมและเดือนเมษายน ลมจะเริ่มเปลี่ยนทิศเป็นมรสุมตะวันออกเฉียงใต้และทิศใต้ ทำให้ความชื้นในอากาศเริ่มสูงขึ้น แต่เนื่องจากอุณหภูมิอากาศยังอยู่ในระดับสูง ความชื้นสัมพัทธ์จึงยังไม่สูงมากในช่วงระยะนี้ ระหว่างเดือนมีนาคมและต้นเดือนสิงหาคมซึ่งเป็นระยะอากาศร้อน ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงประมาณ 74-78% ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม ความชื้นสัมพัทธ์จะอยู่ในช่วงสูงสุดตั้งแต่ 80% ขึ้นไป

#### 4.2 ลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อกรุงเทพมหานคร

โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์มีลักษณะเป็นวงรี ในขณะที่โคจรไปก็จะหมุนรอบตัวเองไปพร้อมกัน แกนของโลกที่เอียง  $23.5^{\circ}$  กับแนวโคจรรอบดวงอาทิตย์ ในวันที่ 21 มิถุนายนบริเวณเส้นรุ้งที่  $23.5^{\circ}$  เหนือ จะเข้าใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุดเมื่อเทียบกับตำแหน่งต่างๆบนโลก ในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูร้อนเข้าสู่ฤดูฝน จะสังเกตเห็นว่าเมื่อเวลาเที่ยงวันดวงอาทิตย์ไม่ได้อยู่ตรงศีรษะ แต่เอียงไปทางทิศเหนือเป็นมุม  $23.5^{\circ}$  สำหรับกรุงเทพมหานครซึ่งอยู่ที่เส้นรุ้ง  $13^{\circ} 44'$  เหนือ นั้นเอียงทำมุมกับทิศเหนือ  $(23.5^{\circ} - 13.4^{\circ}) = 10.1^{\circ}$

ในวันที่ 21 ธันวาคม บริเวณเส้นรุ้งที่  $23.5^{\circ}$  ใต้ จะอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุดเมื่อเทียบกับจุดอื่นๆบนโลก ในเขตกรุงเทพมหานครจะเป็นช่วงฤดูหนาว ซึ่งจะเห็นดวงอาทิตย์ปรากฏอยู่เอียงไปทางทิศใต้เป็นมุม  $23.5^{\circ}$  สำหรับในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งอยู่เส้นรุ้งที่  $13^{\circ} 44'$  เหนือ นั้นเอียงทำมุมกับทิศใต้  $(13.4^{\circ} - (-23.5^{\circ})) = 36.9^{\circ}$  ดวงอาทิตย์จะอ้อมทิศใต้

ในวันที่ 21 มีนาคมและวันที่ 21 กันยายน บริเวณเส้นศูนย์สูตรจะอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุดเทียบกับจุดอื่นๆบนโลกของทุกปี จะสังเกตเห็นว่าเวลาที่เที่ยงวันดวงอาทิตย์อยู่เหนือศีรษะพอดี ตำแหน่งทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์ ณ เขตกรุงเทพมหานคร ในวันและเวลาต่างๆของปี ดังแสดงในรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าช่วงกลางเดือนเมษายนถึงกลางเดือนสิงหาคม ดวงอาทิตย์จะเอียงไปทางเหนือ โดยจะอ้อมทางเหนือสุดในวันที่ 22 มิถุนายน นอกนั้นเวลาส่วนใหญ่ 8 เดือน ดวงอาทิตย์จะเอียงไปทางทิศใต้ โดยจะอ้อมได้สุดวันที่ 22 ธันวาคม



1 KNOT = 0.514 M./S.

1 KNOT = 30.84 M./M.

รูปที่ 4.1 แนวทางการโคจรของดวงอาทิตย์ และทิศทางลมในเขตกรุงเทพมหานคร

**SOLAR CHART AND ANNUAL WIND SPEED**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.3 ปริมาณแสงสว่างและรังสีดวงอาทิตย์ในเขตกรุงเทพ (Illuminance and Radiation)

จากการที่กรุงเทพตั้งอยู่ที่ละติจูดที่  $13^{\circ} 44' N$  และลองจิจูดที่  $100^{\circ} 33' E$  ซึ่งอยู่ในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (Tropical Zone) ทำให้มีปริมาณรังสีและปริมาณแสงสว่างที่เข้าเกือบตลอดทั้งปี โดยปกติแล้วปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแสงสว่างที่เกิดขึ้นในการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของรังสีจากดวงอาทิตย์ และปริมาณของแสงสว่างจะมีการแปรเปลี่ยนตลอดเวลาในแต่ละและช่วงวัน เดือน ปี จากการศึกษาสถิติการวัดค่าปริมาณแสงสว่างและรังสีของดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปี(มกราคมถึงเดือนธันวาคม 2542-2543) ของสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งเอเชีย AIT โดยเก็บข้อมูลสถิติของค่าความส่องสว่างและค่าปริมาณรังสีแบบเวลาตามระบบสุริยะ (Solar time) และแบบเวลาตามท้องถิ่น (Local time)

เวลาตามระบบสุริยะ (Solar time) คือ เวลาซึ่งเกิดจากการแบ่งการโคจรของดวงอาทิตย์ โดยอ้างอิงจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่เป็นจริง ซึ่งจะไม่ตรงกับเวลาของท้องถิ่น (Local time) ในการออกแบบที่กันแดดจะใช้เวลาตามระบบสุริยะ

เวลาตามท้องถิ่น (Local time) คือ เวลาที่อนุโลมที่กำหนดขึ้นให้มีมาตรฐานเดียวกันทั้งประเทศ ไม่ว่าจะอยู่ ณ สถานที่ใดๆ เพื่อประโยชน์ในการอ้างอิงหรือการติดต่อสื่อสาร

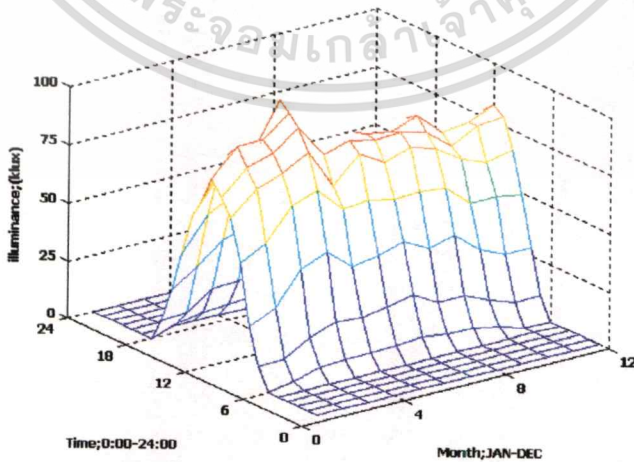
## ปริมาณแสงสว่างดวงอาทิตย์ของกรุงเทพฯ (1999-2000) (Solar time)

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างรวมของท้องฟ้า (หน่วย klux)

Hourly mean of global illuminance (klux) by calendar (Solar time)

| Solar Time | Jan   | Feb   | Mar   | Apr    | May   | Jun   | Jul   | Aug   | Sep   | Oct   | Nov   | Dec   |
|------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1          | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 2          | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 3          | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 4          | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 5          | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 6          | 0     | 2.2   | 5.26  | 6.04   | 6.11  | 6.39  | 7.32  | 5.71  | 5.39  | 3.55  | 0     | 0     |
| 7          | 9.34  | 9.78  | 16.21 | 20.49  | 19.48 | 21.63 | 23.96 | 17.73 | 18.25 | 13.45 | 9.53  | 9.63  |
| 8          | 24.8  | 30.51 | 44.57 | 48.93  | 39.71 | 41.79 | 44.83 | 39.48 | 42.16 | 33.26 | 28.3  | 28.47 |
| 9          | 50.63 | 56.49 | 69.8  | 73.46  | 62.66 | 63.68 | 61.05 | 61.58 | 60.65 | 50.96 | 51.14 | 49.11 |
| 10         | 67.83 | 77.97 | 81.38 | 87.76  | 70.95 | 81.41 | 75.07 | 78.93 | 75.6  | 68.19 | 64.1  | 66.85 |
| 11         | 74.78 | 84.77 | 88.62 | 96.43  | 82.01 | 85.56 | 82.81 | 83.52 | 80.66 | 72.19 | 77.65 | 78.86 |
| 12         | 81.01 | 92.07 | 92.42 | 100.9  | 79.38 | 78.52 | 83.65 | 81.71 | 85.84 | 75.67 | 77.1  | 81.66 |
| 13         | 69.46 | 86.52 | 85.58 | 104.69 | 70.41 | 70.93 | 82.38 | 74.36 | 83.13 | 67.75 | 66.76 | 78.02 |
| 14         | 60.64 | 75.1  | 77.58 | 91.82  | 64.44 | 64.76 | 74.75 | 62.5  | 69.77 | 58.82 | 60.68 | 66.3  |
| 15         | 42.47 | 57.07 | 62.31 | 75.03  | 52.45 | 50.39 | 55.42 | 47.65 | 51.97 | 44.22 | 41.35 | 47.42 |
| 16         | 25.41 | 32.44 | 41.39 | 44.25  | 39.6  | 33.85 | 38.81 | 32.29 | 32.53 | 26.5  | 23.79 | 25.81 |
| 17         | 9.63  | 10.74 | 18.39 | 18.96  | 20.62 | 17.34 | 21.35 | 16.51 | 14.06 | 10.44 | 9.56  | 8.76  |
| 18         | 0     | 3.7   | 5.99  | 6.74   | 7.38  | 6.01  | 6.6   | 5.56  | 4.35  | 5.84  | 0     | 0     |
| 19         | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 20         | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 21         | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 22         | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 23         | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 24         | 0     | 0     | 0     | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

ที่มา : สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)



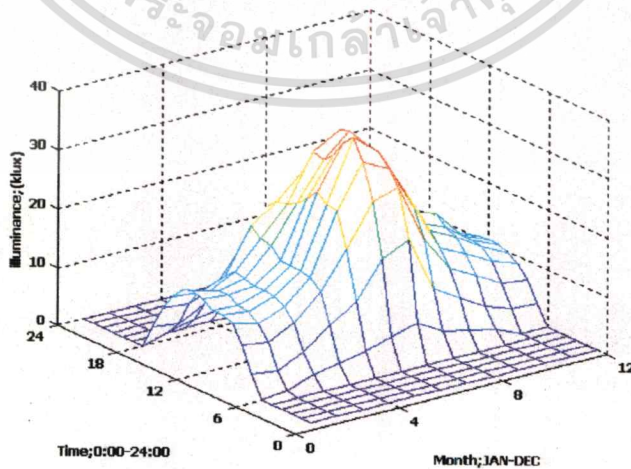
เอกสารที่ 4.2 แสดงปริมาณแสงสว่างรวมของดวงอาทิตย์ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างทางแนวตั้งทางทิศเหนือ(1999-2000)หน่วย (klux)

Hourly mean of illuminance on vertical plane for north orientation(klux) by calendar  
Month (Solar time)

| Solar Time | Jan   | Feb   | Mar   | Apr   | May   | Jun   | Jul   | Aug   | Sep   | Oct   | Nov   | Dec   |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 2          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 3          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 4          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 5          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 6          | 0     | 0.5   | 2.11  | 2.93  | 3.8   | 5.22  | 6.44  | 3.89  | 2.93  | 1.95  | 0     | 0     |
| 7          | 3.81  | 3.1   | 5.21  | 8.63  | 11.71 | 17.78 | 19.97 | 10.45 | 7.75  | 5.24  | 3.67  | 3.37  |
| 8          | 7.85  | 7.27  | 9.47  | 13.8  | 19.82 | 26.81 | 27.99 | 18.03 | 12.16 | 9.77  | 7.38  | 6.65  |
| 9          | 10.8  | 9.62  | 11.46 | 15.47 | 25.55 | 32.75 | 30.55 | 22.65 | 14.74 | 12.59 | 10.22 | 8.78  |
| 10         | 11.71 | 11    | 12.55 | 15.8  | 25.88 | 36.15 | 32.46 | 24.74 | 17.03 | 14.66 | 11.96 | 9.69  |
| 11         | 11.62 | 11.4  | 12.85 | 15.94 | 27.16 | 34.29 | 32.68 | 24.81 | 17.48 | 15.56 | 12.19 | 10.31 |
| 12         | 12.84 | 12.27 | 12.79 | 15.97 | 25.2  | 31.6  | 33.07 | 24.84 | 18.54 | 17.03 | 12.2  | 10.51 |
| 13         | 13.42 | 12.25 | 13.18 | 17.63 | 23.76 | 30    | 33.7  | 23.81 | 18.5  | 15.8  | 11.75 | 10.23 |
| 14         | 12.86 | 11.41 | 13.67 | 18.21 | 22.81 | 30.64 | 33.19 | 22.86 | 17.43 | 14.7  | 11.73 | 9.89  |
| 15         | 10.8  | 10.35 | 12.09 | 19.51 | 22.34 | 26.63 | 28.84 | 19.68 | 14.86 | 13.21 | 9.57  | 8.99  |
| 16         | 8.08  | 7.67  | 9.6   | 15.14 | 20.87 | 21.12 | 25.48 | 15.95 | 11.68 | 9.38  | 7.24  | 6.66  |
| 17         | 4.01  | 3.34  | 5.77  | 8.1   | 14.49 | 13.17 | 18.03 | 10.03 | 6.75  | 4.64  | 4.06  | 3.31  |
| 18         | 0     | 1.27  | 2.35  | 3.04  | 6.18  | 4.42  | 6.07  | 3.3   | 2.41  | 3.18  | 0     | 0     |
| 19         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 20         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 21         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 22         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 23         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 24         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

ที่มา : สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)



รูปที่ 4.3 แสดงปริมาณแสงสว่างแนวตั้งทางด้านทิศเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

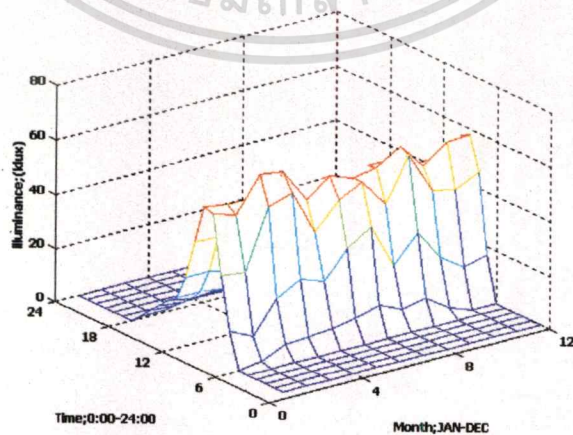
ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างทางแนวตั้งทางทิศตะวันออก(1999-2000) หน่วย (klux)

Hourly mean of illuminance on vertical plane for east orientation(klux) by calendar

Month (Solar time)

| Solar Time | Jan   | Feb   | Mar   | Apr   | May   | Jun   | Jul   | Aug   | Sep   | Oct   | Nov   | Dec   |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 2          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 3          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 4          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 5          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 6          | 0     | 1.3   | 5.44  | 5.69  | 6.71  | 8.26  | 10.92 | 6.97  | 8.79  | 3.17  | 0     | 0     |
| 7          | 13.11 | 9.03  | 20.77 | 25.96 | 22.84 | 32.64 | 38.74 | 22.15 | 31.78 | 20.68 | 14.76 | 16.85 |
| 8          | 32.47 | 31.62 | 53.36 | 56.42 | 39.58 | 49.25 | 53.54 | 43.27 | 58.75 | 43.94 | 41.77 | 45.68 |
| 9          | 53.83 | 51.16 | 64.07 | 62.7  | 50.16 | 56.74 | 53.41 | 54.96 | 60.35 | 50.99 | 57.61 | 58    |
| 10         | 54.74 | 53.38 | 53.72 | 55.41 | 43.44 | 54.15 | 48.98 | 54.13 | 53.93 | 50.23 | 50.41 | 56.15 |
| 11         | 40.32 | 40.13 | 39.81 | 40.63 | 37.21 | 40.15 | 38.64 | 40.26 | 40.3  | 37.34 | 42.32 | 43.45 |
| 12         | 25.35 | 25.8  | 23.86 | 24.41 | 23.38 | 23.61 | 24.92 | 26.67 | 25.93 | 25.03 | 23.76 | 24.07 |
| 13         | 16.12 | 16.42 | 15.13 | 16.73 | 16.21 | 17.64 | 18.72 | 19.05 | 17.75 | 16.06 | 14.31 | 13.5  |
| 14         | 13.55 | 12.2  | 12.8  | 13.78 | 12.78 | 15.91 | 15.08 | 16.42 | 14.28 | 13.53 | 11.91 | 10.85 |
| 15         | 9.9   | 9.29  | 9.86  | 11.46 | 11.32 | 12.96 | 12.35 | 13.1  | 11.38 | 11.17 | 8.54  | 8.32  |
| 16         | 6.7   | 6.36  | 7.35  | 7.72  | 8.81  | 9.58  | 9.01  | 9.72  | 8.47  | 7.59  | 6.1   | 5.59  |
| 17         | 3.26  | 2.91  | 4.64  | 5.05  | 5.67  | 5.6   | 5.8   | 5.6   | 4.18  | 3.86  | 3.51  | 2.87  |
| 18         | 0     | 1.2   | 1.99  | 2.46  | 2.59  | 2.25  | 2.4   | 2.19  | 1.62  | 3.4   | 0     | 0     |
| 19         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 20         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 21         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 22         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 23         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 24         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

ที่มา : สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)



รูปที่ 4.4 แสดงปริมาณแสงสว่างแนวตั้งทางด้านทิศตะวันออก

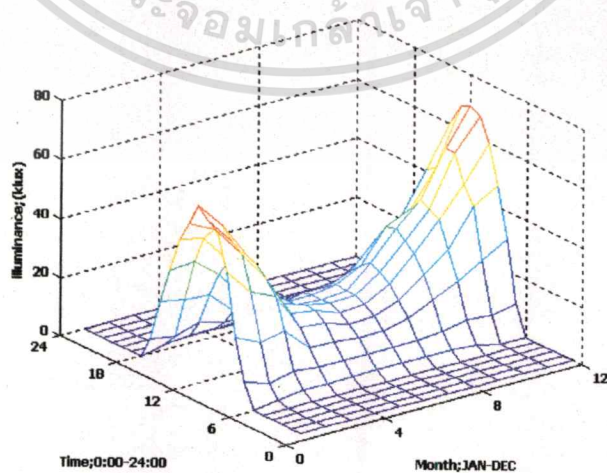
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างทางแนวตั้งทางทิศใต้ (1999-2000) หน่วย (klux)

Hourly mean of illuminance on vertical plane for south orientation (klux) (Solar time)

| Solar Time | Jan   | Feb   | Mar   | Apr   | May   | Jun   | Jul   | Aug   | Sep   | Oct   | Nov   | Dec   |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 2          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 3          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 4          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 5          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 6          | 0     | 1.2   | 2.48  | 2.38  | 2.43  | 2.5   | 2.8   | 2.47  | 2.45  | 2     | 0     | 0     |
| 7          | 8.25  | 5.38  | 7.37  | 6.29  | 6.44  | 6.22  | 6.54  | 6.57  | 7.31  | 8.83  | 8.35  | 10.31 |
| 8          | 21.89 | 18.23 | 19.54 | 11.56 | 11.55 | 10.31 | 10.43 | 12.52 | 16.85 | 20.8  | 25.56 | 30.56 |
| 9          | 42.75 | 33.84 | 29.99 | 17.12 | 16.21 | 13.62 | 13.86 | 17.14 | 23.78 | 29.96 | 42.23 | 47.13 |
| 10         | 54.96 | 44.93 | 34.46 | 20.21 | 18.92 | 15.95 | 16.63 | 21.44 | 29.44 | 38.72 | 48.35 | 59.69 |
| 11         | 57.22 | 47.7  | 37.44 | 22.27 | 19.65 | 17.78 | 18.42 | 23.83 | 32.2  | 40.66 | 57.5  | 67.48 |
| 12         | 60.96 | 51.56 | 39.38 | 24.21 | 18.06 | 17.46 | 18.19 | 25.51 | 34.65 | 42.32 | 57.19 | 69.38 |
| 13         | 52.88 | 49.07 | 36.82 | 25.55 | 17.37 | 17.78 | 18.88 | 23.25 | 34    | 37.77 | 48.93 | 68.01 |
| 14         | 46.25 | 44.03 | 33.97 | 22.47 | 14.5  | 16.66 | 16.76 | 19.96 | 28.66 | 33.54 | 46.95 | 60.94 |
| 15         | 33.91 | 34.79 | 28.26 | 17.89 | 12.66 | 14.17 | 14.2  | 15.91 | 21.8  | 26.36 | 34.73 | 47.1  |
| 16         | 21.95 | 20.22 | 19.91 | 11.89 | 10.27 | 10.55 | 10.56 | 11.4  | 13.83 | 17.21 | 21.64 | 28.21 |
| 17         | 7.44  | 6.14  | 8.73  | 6.51  | 6.59  | 5.89  | 6.76  | 6.68  | 6.08  | 6.67  | 7.9   | 9.45  |
| 18         | 0     | 1.6   | 2.63  | 2.56  | 2.73  | 2.3   | 2.6   | 2.49  | 2.07  | 3.58  | 0     | 0     |
| 19         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 20         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 21         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 22         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 23         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 24         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

ที่มา : สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)



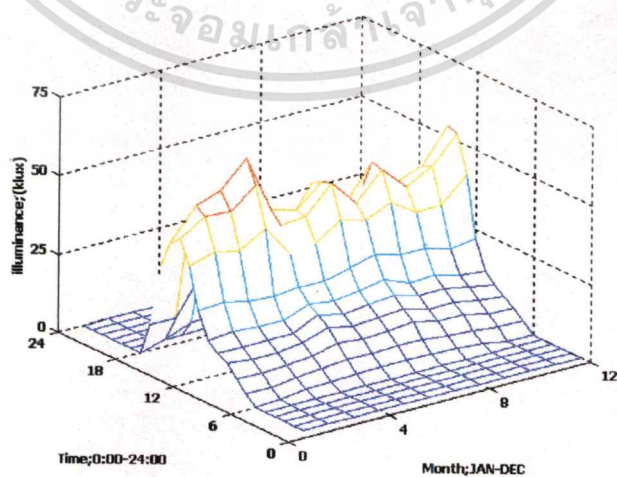
เอกภพที่ 4.5 แสดงปริมาณแสงสว่างแนวตั้งทางด้านทิศใต้  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างทางแนวตั้งทางทิศตะวันตก(1999-2000) หน่วย (klux)

Hourly mean of illuminance on vertical plane for west orientation (klux) (Solar time)

| Solar Time | Jan   | Feb   | Mar   | Apr   | May   | Jun   | Jul   | Aug   | Sep   | Oct   | Nov   | Dec   |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 2          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 3          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 4          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 5          | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 6          | 0     | 0.6   | 1.79  | 1.96  | 2.16  | 2.25  | 2.57  | 2.18  | 1.99  | 1.56  | 0     | 0     |
| 7          | 3.09  | 2.75  | 3.77  | 4.65  | 5.46  | 5.31  | 5.72  | 5.49  | 4.73  | 3.99  | 3.18  | 3.01  |
| 8          | 6.32  | 6.14  | 6.54  | 7.4   | 9.44  | 8.35  | 9.01  | 9.75  | 7.91  | 7.84  | 6.17  | 5.9   |
| 9          | 9.61  | 8.82  | 8.86  | 10.26 | 12.76 | 10.9  | 11.69 | 12.43 | 10.37 | 10.56 | 8.82  | 8.08  |
| 10         | 11.73 | 11.51 | 11.43 | 11.68 | 15.44 | 13.71 | 14.72 | 15.33 | 13.24 | 13.44 | 11.69 | 10.17 |
| 11         | 14.08 | 14.88 | 14.39 | 14.21 | 17.7  | 16.54 | 17.53 | 19.01 | 15.94 | 16.11 | 14.11 | 13.27 |
| 12         | 22.49 | 23.02 | 21.32 | 20.57 | 21.62 | 21.44 | 23.37 | 25.64 | 23.25 | 23.24 | 20.9  | 21.88 |
| 13         | 35.03 | 37.71 | 35.71 | 40.85 | 30.76 | 31.79 | 37.24 | 35.01 | 38.52 | 33.24 | 33.26 | 40.66 |
| 14         | 42.31 | 47.33 | 47.01 | 52.83 | 38.28 | 39.05 | 47.41 | 38.85 | 47.3  | 39.74 | 44.15 | 52.25 |
| 15         | 39.41 | 49.14 | 52.18 | 60.24 | 41.7  | 39.61 | 46.1  | 37.96 | 48.04 | 39.95 | 42.83 | 53.61 |
| 16         | 30.36 | 34.1  | 46.84 | 48.18 | 42.8  | 32.89 | 44.5  | 31.59 | 39    | 30.23 | 31.74 | 39.74 |
| 17         | 10.68 | 10.49 | 22.48 | 21.31 | 27.73 | 19.96 | 31.72 | 18.76 | 20.81 | 12.77 | 12.41 | 14.54 |
| 18         | 0     | 2.33  | 5.28  | 5.85  | 10.1  | 5.88  | 9.8   | 5.11  | 5.69  | 7.64  | 0     | 0     |
| 19         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 20         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 21         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 22         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 23         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 24         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |

ที่มา : สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)



รูปที่ 4.6 แสดงปริมาณแสงสว่างแนวตั้งทางด้านทิศตะวันตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

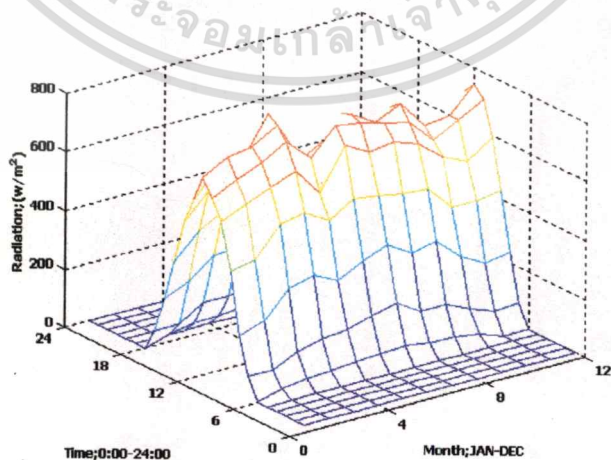
## ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ของกรุงเทพฯ (1990-2000) (Solar time)

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยรวมปริมาณรังสีดวงอาทิตย์(1999-2000) หน่วย ( $w / m^2$ )

Hourly mean of global radiation ( $w / m^2$ ) by calendar month (Solar time)

| Solar Time | Jan    | Feb    | Mar    | Apr    | May    | Jun    | Jul    | Aug    | Sep    | Oct    | Nov    | Dec    |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 3          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 5          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 6          | 0      | 24.2   | 36.04  | 41.69  | 48.73  | 52.04  | 57.82  | 45.21  | 42.19  | 30.82  | 0      | 0      |
| 7          | 73.02  | 73.61  | 113.05 | 134.84 | 144.21 | 169.29 | 190.3  | 140.21 | 140.33 | 104.4  | 74.25  | 76.94  |
| 8          | 196.14 | 225.63 | 316.42 | 336.87 | 299.08 | 342.02 | 373.33 | 321.06 | 342.1  | 264.94 | 221.38 | 235.58 |
| 9          | 405.76 | 419    | 518.47 | 533.75 | 485.72 | 536.65 | 524.53 | 508.99 | 501.23 | 418.72 | 417.73 | 427.49 |
| 10         | 558.6  | 595.99 | 627.34 | 662.07 | 563.13 | 703.62 | 657.19 | 668.68 | 640.74 | 573.62 | 535.83 | 594.6  |
| 11         | 619.99 | 659.59 | 698.26 | 743.84 | 666.73 | 752.98 | 739.7  | 719.63 | 696.42 | 614.56 | 660.65 | 710.68 |
| 12         | 675.82 | 723.9  | 734.31 | 785.72 | 647.35 | 695.54 | 755.75 | 705.94 | 747.9  | 649.34 | 659.91 | 742.71 |
| 13         | 583.28 | 676.07 | 676.53 | 809.08 | 564.68 | 618.97 | 740.97 | 636.8  | 720.21 | 577.87 | 568.88 | 707.41 |
| 14         | 494.3  | 575.68 | 602.21 | 693.29 | 511.84 | 557.01 | 663.73 | 525.73 | 593.6  | 494.58 | 511.24 | 592.99 |
| 15         | 342.38 | 428.1  | 470.54 | 547.94 | 409.25 | 424.36 | 478.36 | 392.47 | 429.35 | 362.21 | 337.99 | 414.3  |
| 16         | 203.51 | 239.03 | 302.77 | 307.58 | 298.75 | 275.33 | 325.42 | 259.75 | 260.48 | 211.48 | 188.41 | 218.22 |
| 17         | 75.3   | 73.36  | 128.65 | 126.89 | 152.02 | 137.34 | 171.34 | 129.25 | 106.68 | 80.48  | 72.01  | 69.64  |
| 18         | 0      | 23.67  | 39.52  | 44.41  | 53.79  | 48.12  | 50.7   | 43.26  | 31.68  | 41.90  | 0      | 0      |
| 19         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 20         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 21         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 22         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 23         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 24         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

ที่มา : สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)



รูปที่ 4.7 แสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์

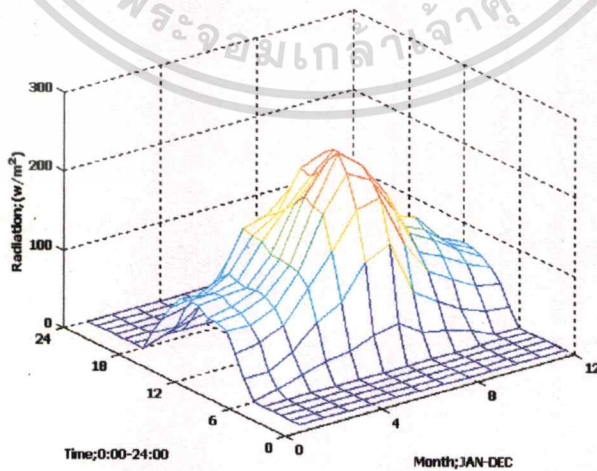
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แนวตั้งทางทิศเหนือ(1999-2000)(w / m<sup>2</sup>)

Hourly mean of radiation on vertical plane for north orientation (w / m<sup>2</sup>) by (Solar time)

| Solar Time | Jan   | Feb   | Mar   | Apr    | May    | Jun    | Jul    | Aug    | Sep    | Oct    | Nov   | Dec   |
|------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 1          | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     |
| 2          | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     |
| 3          | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     |
| 4          | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     |
| 5          | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     |
| 6          | 0     | 7.00  | 17.41 | 26.43  | 30.71  | 40.96  | 49.22  | 29.36  | 22.65  | 14.17  | 0     | 0     |
| 7          | 23.54 | 24.88 | 40.26 | 70.94  | 88.18  | 129.73 | 144.11 | 74.51  | 54.52  | 36.26  | 25.00 | 21.85 |
| 8          | 49.36 | 55.84 | 70.14 | 108.05 | 146.18 | 190.05 | 196.78 | 129.88 | 86.73  | 68.1   | 50.93 | 44.25 |
| 9          | 73.15 | 72.33 | 86.29 | 123.02 | 188.29 | 230.76 | 214.29 | 165.71 | 105.39 | 90.4   | 72.63 | 60.03 |
| 10         | 80.13 | 82.59 | 95.37 | 126.26 | 191.39 | 251.15 | 226.16 | 181.65 | 123.38 | 106.55 | 86.24 | 67.62 |
| 11         | 79.28 | 85.51 | 97.2  | 128.24 | 199.28 | 236.17 | 226.35 | 180.58 | 127.26 | 113.85 | 87.88 | 72.04 |
| 12         | 88.96 | 91.92 | 94.25 | 128.44 | 183.72 | 215.96 | 227.41 | 179.7  | 134.03 | 124.05 | 88.49 | 74.19 |
| 13         | 89.87 | 91.09 | 96.7  | 138.87 | 171.62 | 204.37 | 229.1  | 170.58 | 133.17 | 114.31 | 84.84 | 71.98 |
| 14         | 87.25 | 82.17 | 99.52 | 140.29 | 159.14 | 208.16 | 221.29 | 161.07 | 123.77 | 104.69 | 82.67 | 67.6  |
| 15         | 69.94 | 74.05 | 87.73 | 144.23 | 152.42 | 180.01 | 192.2  | 135.17 | 103.97 | 92.27  | 65.76 | 60.5  |
| 16         | 49.85 | 55.2  | 69.4  | 107.75 | 141.58 | 143.5  | 169.89 | 107.18 | 80.34  | 64.21  | 49.21 | 43.82 |
| 17         | 24.48 | 24.37 | 43.11 | 60.76  | 100.18 | 91.39  | 123.16 | 67.6   | 44.36  | 31.33  | 27.46 | 21.07 |
| 18         | 0     | 9.07  | 18.64 | 26.6   | 47.05  | 32.3   | 45.3   | 23.16  | 15.63  | 22.48  | 0     | 0     |
| 19         | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     |
| 20         | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     |
| 21         | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     |
| 22         | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     |
| 23         | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     |
| 24         | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     |

ที่มา : สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)



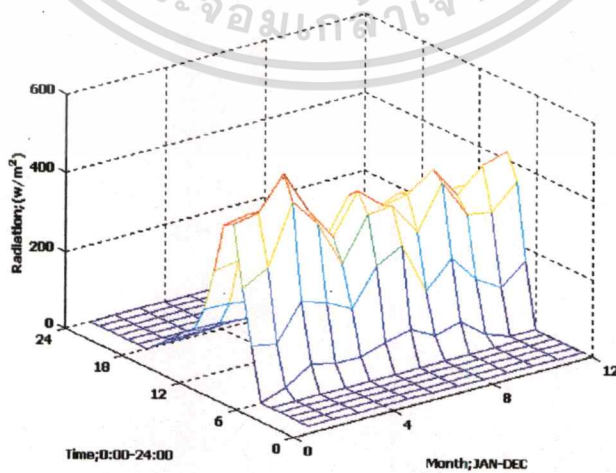
เอกรูปที่ 4.8 แสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แนวตั้งทางด้านทิศเหนือ ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แนวตั้งทางทิศตะวันออก (1999-2000)(w / m<sup>2</sup>)

Hourly mean of radiation on vertical plane for east orientation (w / m<sup>2</sup>) by (Solar time)

| Solar Time | Jan    | Feb    | Mar    | Apr    | May    | Jun    | Jul    | Aug    | Sep    | Oct    | Nov    | Dec    |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 3          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 5          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 6          | 0      | 22.4   | 66.99  | 51.33  | 50.59  | 69.65  | 87.23  | 53.98  | 71.4   | 23.55  | 0      | 0      |
| 7          | 135.68 | 122.46 | 215.71 | 196.84 | 164.26 | 257.93 | 291.87 | 157.88 | 224.31 | 153.24 | 116.49 | 167.57 |
| 8          | 271.61 | 309.48 | 458.78 | 386.84 | 267.17 | 375.11 | 381.99 | 297.6  | 407.4  | 308.04 | 295.54 | 357.44 |
| 9          | 424.78 | 436.66 | 520.16 | 410.47 | 326.71 | 423.95 | 368.76 | 380.74 | 426.82 | 347.17 | 402.93 | 421.71 |
| 10         | 410.73 | 422.59 | 418.09 | 382.12 | 294.18 | 402.9  | 344.09 | 371.26 | 366.92 | 348.24 | 344.98 | 386.95 |
| 11         | 282.12 | 291.92 | 288.28 | 295.79 | 264.04 | 293.9  | 278.31 | 287.91 | 283.39 | 263.24 | 292.94 | 310.7  |
| 12         | 171.84 | 170.35 | 158.22 | 183.84 | 169.36 | 172.61 | 189.14 | 198.47 | 194.32 | 183.53 | 170.52 | 171.76 |
| 13         | 109.91 | 106.22 | 99.4   | 114.57 | 112.38 | 128.28 | 136.86 | 137.66 | 128.74 | 114.59 | 100.88 | 92.82  |
| 14         | 92.16  | 79.37  | 85.95  | 95.48  | 87.84  | 116.64 | 111.62 | 118.59 | 103.61 | 95.95  | 84.05  | 75.17  |
| 15         | 66.07  | 60.67  | 66.3   | 78.75  | 75.85  | 94.42  | 90.6   | 93.96  | 81.7   | 78.04  | 59.49  | 57.52  |
| 16         | 44.08  | 41.07  | 48.93  | 50.37  | 57.62  | 68.96  | 65.25  | 69.26  | 59.69  | 52.18  | 41.75  | 38.32  |
| 17         | 21.09  | 18.24  | 31.23  | 31.56  | 34.78  | 39.93  | 41.09  | 39.66  | 28.65  | 25.71  | 24.2   | 19.40  |
| 18         | 0      | 8.17   | 13.18  | 14.34  | 13.73  | 15.88  | 16.81  | 15.51  | 10.87  | 22.84  | 0      | 0      |
| 19         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 20         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 21         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 22         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 23         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 24         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

ที่มา : สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)



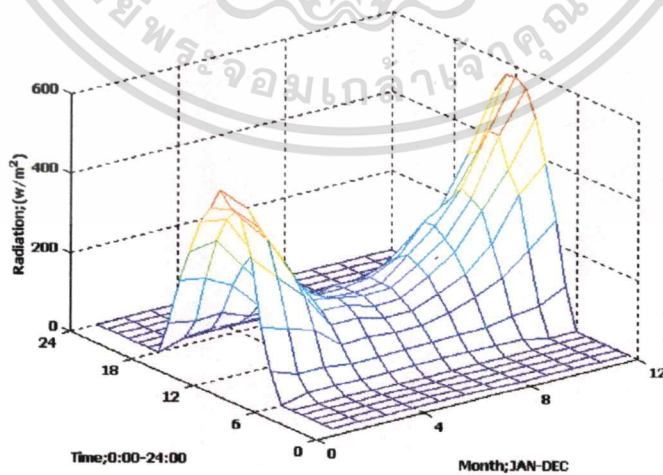
รูปที่ 4.9 แสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ทางด้านทิศตะวันออก ไม่นับญาติให้ผ่านไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แนวตั้งทางทิศใต้ (1999-2000)(w / m<sup>2</sup>)

Hourly mean of radiation on vertical plane for south orientation (w / m<sup>2</sup>) by(Solar time)

| Solar Time | Jan    | Feb    | Mar    | Apr    | May    | Jun    | Jul    | Aug    | Sep    | Oct    | Nov    | Dec    |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 3          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 5          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 6          | 0      | 15.8   | 19.25  | 17.74  | 18.52  | 19.11  | 20.77  | 18.7   | 17.92  | 15.8   | 0      | 0      |
| 7          | 76.87  | 55.15  | 55.91  | 45.53  | 47.25  | 46.56  | 48.37  | 49.18  | 51.41  | 62.92  | 69.59  | 104.71 |
| 8          | 177.81 | 157.65 | 136.01 | 81.53  | 85.03  | 77.48  | 78.28  | 93.72  | 114.6  | 147.76 | 200.12 | 258.91 |
| 9          | 339.39 | 274.36 | 209.69 | 120.85 | 120.51 | 103.24 | 104.33 | 129.06 | 162.18 | 220.76 | 329.57 | 390.87 |
| 10         | 431.67 | 359.53 | 249.25 | 145.39 | 142.77 | 120.94 | 125.61 | 162.1  | 205.37 | 293.77 | 380.54 | 491.92 |
| 11         | 445.15 | 381.89 | 276.76 | 160.52 | 148.9  | 135.7  | 139.99 | 180.08 | 229.17 | 313.08 | 455.02 | 555.65 |
| 12         | 479.2  | 415.05 | 294.74 | 174.84 | 137.1  | 133.03 | 138.16 | 192.07 | 250.91 | 328.53 | 456.33 | 573.71 |
| 13         | 420.14 | 398.9  | 279.79 | 187.69 | 131.63 | 136.16 | 144.31 | 177.4  | 247.79 | 292.87 | 393.09 | 566.23 |
| 14         | 376.73 | 363.57 | 260.45 | 167.99 | 108.89 | 127.59 | 127.96 | 153.05 | 208.86 | 260.43 | 374.85 | 514.66 |
| 15         | 287.62 | 299.56 | 218.01 | 135.78 | 94.83  | 108.28 | 108.2  | 122.12 | 161.24 | 204.4  | 284.44 | 407.07 |
| 16         | 203.29 | 193.12 | 156.21 | 88.53  | 76.91  | 80.83  | 80.27  | 86.64  | 104.69 | 134.98 | 184.85 | 260.01 |
| 17         | 85.34  | 71.72  | 76.27  | 49.11  | 49.44  | 45.34  | 51.01  | 51.02  | 46.89  | 55.96  | 78.28  | 110.54 |
| 18         | 0      | 18.83  | 24.33  | 20.28  | 21.68  | 18.64  | 20.42  | 19.94  | 16.41  | 32.24  | 0      | 0      |
| 19         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 20         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 21         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 22         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 23         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 24         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

ที่มา : สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)



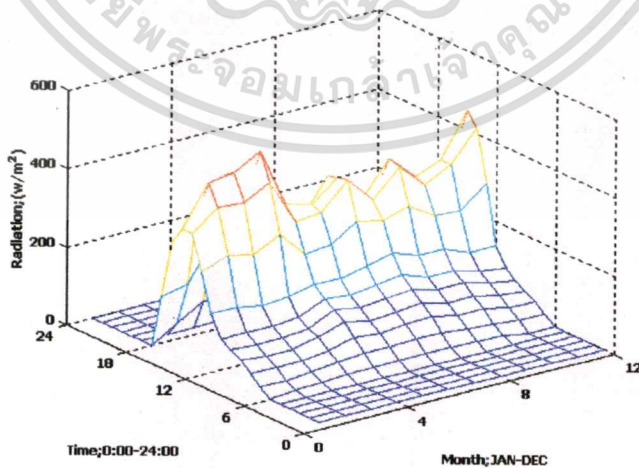
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 4.10 แสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แนวตั้งทางด้านทิศใต้  
เมื่वाกรณโดยทงสน อักทงทามมเห็ดดแปลงเนอหา และตองอองอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แนวตั้งทางทิศตะวันตก (1999-2000)( $w / m^2$ )

Hourly mean of radiation on vertical plane for west orientation ( $w / m^2$ ) by (Solar time)

| Solar Time | Jan    | Feb    | Mar    | Apr    | May    | Jun    | Jul    | Aug    | Sep    | Oct    | Nov    | Dec    |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 2          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 3          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 4          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 5          | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 6          | 0      | 6.9    | 11.93  | 14.21  | 16.57  | 16.53  | 18.71  | 16.17  | 13.99  | 11.69  | 0      | 0      |
| 7          | 21.46  | 19.73  | 26.15  | 33.76  | 40.77  | 39.16  | 42.02  | 40.93  | 33.78  | 28.9   | 22.1   | 20.61  |
| 8          | 45.05  | 43.3   | 44.95  | 53.35  | 70.65  | 62.6   | 67.83  | 73.44  | 58.2   | 57.56  | 44.21  | 41.58  |
| 9          | 68.24  | 60.51  | 61.57  | 75.5   | 96.94  | 83.42  | 89.14  | 94.94  | 78.27  | 79.09  | 64.01  | 57.59  |
| 10         | 82.21  | 77.14  | 79.26  | 86.09  | 117.9  | 105.48 | 112.86 | 117.98 | 101.66 | 100.64 | 85.13  | 71.39  |
| 11         | 98.05  | 99.09  | 96.36  | 103.84 | 133.88 | 126.84 | 133.77 | 144.25 | 120.62 | 119.16 | 101.62 | 93.24  |
| 12         | 151.59 | 149.63 | 138    | 143.94 | 157.76 | 157.78 | 172.34 | 187.99 | 166.49 | 164.15 | 138.84 | 139.88 |
| 13         | 247.1  | 271.49 | 256.39 | 292.54 | 224.82 | 233.08 | 272.33 | 258.38 | 279.36 | 237.79 | 232    | 285.33 |
| 14         | 332.49 | 382.46 | 377.4  | 411.8  | 295.36 | 301.71 | 367.87 | 299.94 | 367.44 | 305.26 | 339.21 | 415.03 |
| 15         | 332.86 | 432.7  | 442.13 | 481.5  | 327.31 | 311.21 | 362.91 | 296.82 | 377.47 | 313.4  | 339.43 | 447.92 |
| 16         | 289.87 | 352.1  | 425.16 | 397.05 | 339.22 | 260.66 | 354.77 | 249.17 | 309.77 | 244.5  | 265.82 | 358.4  |
| 17         | 136.65 | 150.92 | 250    | 198.48 | 230.52 | 163.46 | 261.69 | 155.32 | 172.92 | 120.4  | 128.92 | 175    |
| 18         | 0      | 40.63  | 80.95  | 70.48  | 97.98  | 51.19  | 91.43  | 44.51  | 54.34  | 98.4   | 0      | 0      |
| 19         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 20         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 21         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 22         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 23         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |
| 24         | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      |

ที่มา : สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)



เอกสารที่ 4.11 แสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์แนวตั้งทางทิศตะวันตก ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ค่าความถี่ของความส่องสว่างภายนอกในแนวระนาบของกรุงเทพฯ (1999-2000)

| Illumination level<br>(lux) | Frequency<br>(hours) | Relative Frequency |
|-----------------------------|----------------------|--------------------|
| 5,000                       | 320                  | 0.0179             |
| 10,000                      | 525                  | 0.0294             |
| 15,000                      | 756                  | 0.0423             |
| 20,000                      | 867                  | 0.0485             |
| 25,000                      | 932                  | 0.0521             |
| 30,000                      | 1,860                | 0.1041             |
| 35,000                      | 1,728                | 0.0967             |
| 40,000                      | 1,601                | 0.0896             |
| 45,000                      | 1,472                | 0.0824             |
| 50,000                      | 1,353                | 0.0757             |
| 55,000                      | 1,230                | 0.0688             |
| 60,000                      | 1,103                | 0.0617             |
| 65,000                      | 964                  | 0.0539             |
| 70,000                      | 828                  | 0.0463             |
| 75,000                      | 691                  | 0.0387             |
| 80,000                      | 546                  | 0.0305             |
| 85,000                      | 424                  | 0.0237             |
| 90,000                      | 302                  | 0.0169             |
| 95,000                      | 185                  | 0.0103             |
| 100,000                     | 108                  | 0.0060             |
| 105,000                     | 50                   | 0.0028             |
| 110,000                     | 10                   | 0.0005             |

ที่มา : สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)

#### ค่าความส่องสว่าง (Illuminance)

จากการตรวจสอบค่าความส่องสว่างของท้องฟ้ากรุงเทพฯเฉลี่ยตลอดทั้งปี (1999-2000) สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

ปริมาณค่าความส่องสว่างทั้งหมดที่วัดได้จะเป็นค่าความส่องสว่างแบบรวม เนื่องจากแสงจะประกอบไปด้วยแสงตรง(Direct Light)ที่ได้จากดวงอาทิตย์ และแสงกระจาย(Diffuse Light)ที่เกิดจากสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะในช่วงที่มีเมฆปกคลุมมากจะทำให้มีการกระจายของแสงในลักษณะนี้ จะมีปริมาณค่าความส่องสว่างมากที่สุดในเดือนเมษายน โดยมีค่าความส่องสว่างตลอด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งวัน 775,000 Lux โดยช่วงเวลา 13.00 น. เป็นช่วงเวลาที่มียค่าความส่องสว่างสูงสุด 104,690 Lux ส่วนเดือนที่มีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุดคือเดือนพฤศจิกายน โดยมีค่าความส่องสว่างตลอดทั้งวัน 509,000 Lux ช่วงเวลา 11.00 น. เป็นช่วงที่มีค่าความส่องสว่างสูงสุด 77,650 Lux

จากข้อมูลแสดงค่าความส่องสว่างทางแนวตั้งตามทิศต่างๆ ซึ่งมีค่าความส่องสว่างที่แตกต่างกัน โดยสามารถเรียงจากทิศที่มีค่าความส่องสว่างมากที่สุดไปทิศที่มีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุดได้ดังนี้

|                       |            |     |
|-----------------------|------------|-----|
| 1. ทิศตะวันออก (EAST) | = 3603,000 | Lux |
| 2. ทิศใต้ (SOUTH)     | = 3518,000 | Lux |
| 3. ทิศตะวันตก (WEST)  | = 3137,000 | Lux |
| 4. ทิศเหนือ (NORTH)   | = 2101,000 | Lux |

จากตารางที่ 4.11 ซึ่งได้แสดงค่าความถี่ของความส่องสว่างภายนอก ในแนวระนาบของกรุงเทพฯ (1999-2000) จะพบว่าค่าความถี่ของปริมาณแสงสว่างที่เกิดขึ้นโดยส่วนมากจะอยู่ในช่วง 30,000 – 60,000 lux คิดเป็นสัดส่วนอยู่ที่ 58% ของปริมาณแสงสว่างตลอดทั้งปี โดยที่สภาพของท้องฟ้าจะมีลักษณะเป็นแบบมีเมฆมาก (Partly cloudy sky) ดังนั้นในการออกแบบช่องเปิดจากการใช้แสงจากธรรมชาติ จึงต้องคำนึงถึงปริมาณแสงสว่างที่เกิดขึ้นโดยส่วนมากเป็นสำคัญ

### ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (RADIATION)

ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มีความสัมพันธ์กับปริมาณแสง ซึ่งมีแหล่งกำเนิดและลักษณะเช่นเดียวกับแสง ดังนั้นในการตรวจวัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่วัดได้จึงเป็นลักษณะของรังสีรวม (Global Radiation) ซึ่งจะประกอบด้วยรังสีตรง (Direct Radiation) และรังสีแบบกระจาย (Diffuse Radiation) จากการตรวจสอบพบว่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดทั้งปี (1999-2000) มีปริมาณรังสีสูงสุดในเดือนเมษายน โดยตลอดทั้งวันมีค่า 5,767 วัตต์ / ตารางเมตร ช่วงเวลา 13.00 น. เป็นช่วงที่มีปริมาณรังสีมากที่สุด 809.08 วัตต์ / ตารางเมตร ส่วนเดือนที่มีปริมาณรังสีน้อยที่สุดคือเดือนมกราคมมีปริมาณรังสีรวมตลอดทั้งวัน 4,228 วัตต์ / ตารางเมตร ช่วงเวลา 12.00 น. มีปริมาณสูงสุด 675.82 วัตต์ / ตารางเมตร

จากข้อมูลปริมาณรังสีทางแนวตั้งตามทิศต่างๆ จะมีค่าปริมาณรังสีที่แตกต่างกันออกไป โดยสามารถเรียงลำดับจากทิศที่มีปริมาณรังสีมากที่สุดไปหาทิศที่มีปริมาณรังสีน้อยที่สุดได้ดังนี้

|                       |          |                   |
|-----------------------|----------|-------------------|
| 1. ทิศตะวันออก (EAST) | = 26,320 | วัตต์ / ตารางเมตร |
| 2. ทิศใต้ (SOUTH)     | = 26,253 | วัตต์ / ตารางเมตร |
| 3. ทิศตะวันตก (WEST)  | = 24,811 | วัตต์ / ตารางเมตร |
| 4. ทิศเหนือ (NORTH)   | = 14,874 | วัตต์ / ตารางเมตร |

จากข้อมูลปริมาณค่าความส่องสว่างและรังสีดวงอาทิตย์ จะเห็นได้ว่ามีความสัมพันธ์กันโดยตรง ดังนั้นในการจัดวางอาคารที่เกี่ยวกับการป้องกันรังสีความร้อนและเลือกช่องเปิดในการใช้แสงธรรมชาติให้กับอาคาร จึงต้องพิจารณาอย่างถี่ถ้วน

#### ทิศตะวันออก

จะเห็นว่าทั้งปริมาณค่าความส่องสว่างมีมากที่สุด แต่ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ก็มีปริมาณมากเช่นเดียวกัน เนื่องจากเป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์โดยตรงเนื่องจากดวงอาทิตย์มีมุมAltitude ที่ต่ำ โดยเฉพาะช่วงเวลา 8.00-12.00 น. ดังนั้นจึงควรป้องกันรังสีตรงให้กับช่องเปิดในช่วงเวลาเช้า หรือหลีกเลี่ยงการออกแบบช่องเปิดในทิศทางนี้

#### ทิศใต้

เป็นทิศที่มีค่าความส่องสว่างและปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มากรองลงมาจากทิศตะวันออก ในทิศนี้การออกแบบช่องเปิด ควรมียุทธศาสตร์บังแดดให้กับช่องเปิด เนื่องจากแนวการโคจรของดวงอาทิตย์จะมีลักษณะที่อ้อมได้เป็นส่วนใหญ่ ถึงแม้มุมAltitudeของดวงอาทิตย์จะไม่ต่ำมาก แต่ก็ได้รับอิทธิพลจากรังสีตรงและรังสีกระจาย ช่วงเวลาที่ป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ 8.00-17.00 น.

#### ทิศตะวันตก

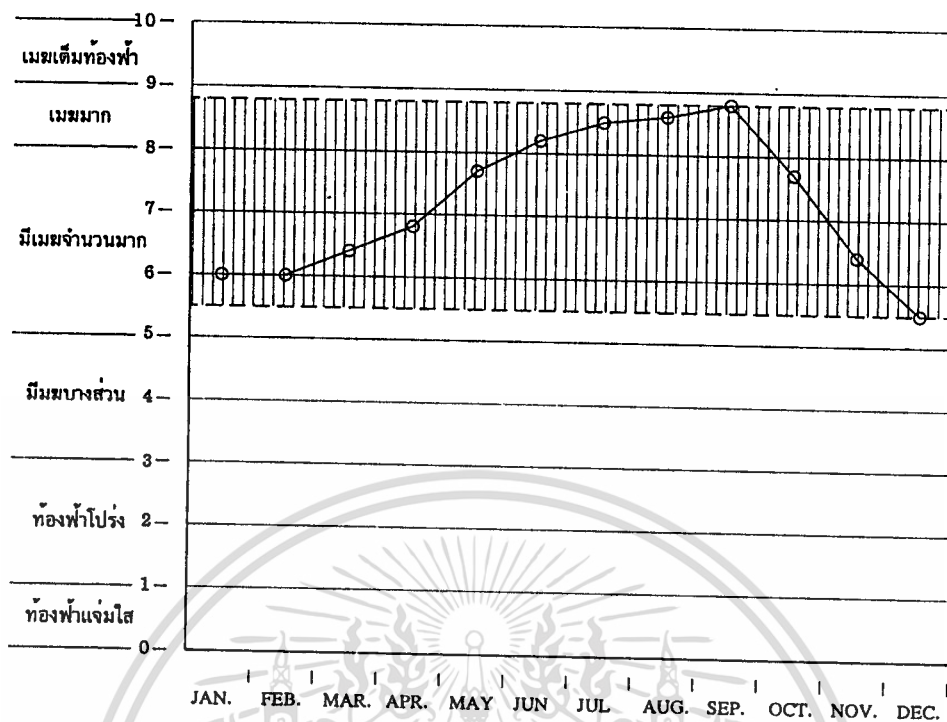
ค่าความส่องสว่างและปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ จะมีปริมาณน้อยกว่าทิศตะวันออกและตะวันตก แต่ก็จะได้รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปีตั้งแต่ช่วงเวลาที่เที่ยงถึงเวลาเย็น ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สภาพอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในรอบเวลากลางวัน การออกแบบช่องเปิดทางด้านทิศนี้จึงควรหลีกเลี่ยง

#### ทิศเหนือ

ค่าความส่องสว่างทางด้านทิศนี้จะมีค่าสว่างน้อยกว่าทิศอื่น แต่ก็ยังมีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์น้อยเช่นเดียวกัน ซึ่งปริมาณรังสีส่วนใหญ่ที่ได้รับประมาณ 70% เป็นรังสีกระจายจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นการออกแบบช่องเปิดเพื่อใช้แสงธรรมชาติในทิศทางนี้จึงมีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากปริมาณแสงค่อนข้างสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นแสงกระจายที่ได้รับจากดวงอาทิตย์

## 4.4 สภาพท้องฟ้าในเขตกรุงเทพฯ

สภาพของท้องฟ้ามีความสัมพันธ์และเกี่ยวข้องโดยตรง ทั้งค่าความส่องสว่างและปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่เกิดขึ้น จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาสามารถตรวจสอบสภาพท้องฟ้าที่เกิดขึ้น ในช่วงระยะ 10 ปี (2533-2542) ได้ดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 แสดงสภาพของท้องฟ้าในเขตกรุงเทพฯ เฉลี่ย 10 ปี (2533-2542)

จากรูปที่ 4.12 จะเห็นได้ว่าสภาพของท้องฟ้าในกรุงเทพฯ ส่วนใหญ่ จะอยู่ในช่วง 5.5-8.7 ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของสภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมมาก (Partly Cloudy Sky) ซึ่งท้องฟ้าในลักษณะเช่นนี้จะมีความแปรปรวนของแสงสว่างตลอดเวลา

## บทที่ 5

# กรณีศึกษาอาคารตัวอย่างในการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ

ในการศึกษาถึงลักษณะของช่องเปิด ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการนำแสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารจากอาคารตัวอย่าง โดยได้ทำการศึกษาจากอาคารเรียนรวมและปฏิบัติการของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งเก็บข้อมูลทางกายภาพทางด้านแสงสว่างจากธรรมชาติจากอาคารตัวอย่าง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ถึงรายละเอียดต่างๆที่เกิดขึ้น แล้วนำผลที่ได้มาสรุปเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบต่อไป ในส่วนของข้อมูลทางด้านเสียง ลมและรังสีความร้อนจะไม่ทำการศึกษา เนื่องจากไม่เกี่ยวข้องกับหัวข้อในการวิจัยนี้

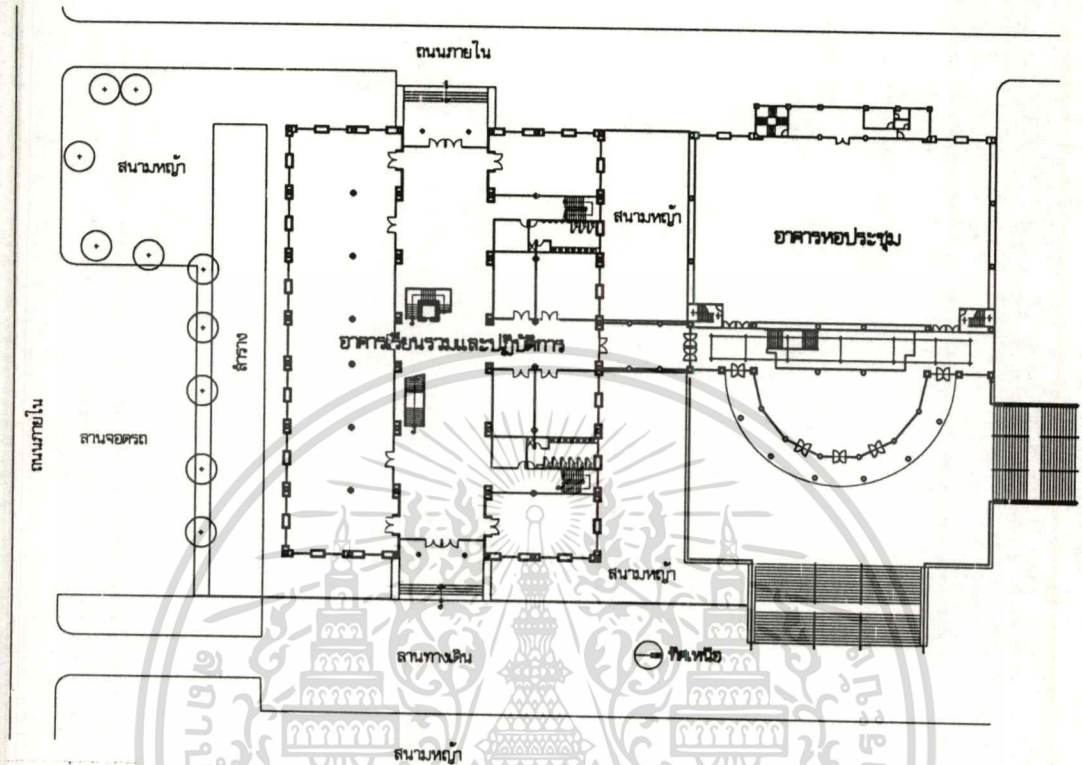
ในการเก็บข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน

1. เก็บข้อมูลทางกายภาพ (Physical) ถึงประสิทธิภาพในการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ
2. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลที่ได้จากการเก็บข้อมูล

### 5.1 แนวทางในการเก็บข้อมูลทางกายภาพจากอาคารตัวอย่าง

- 5.1.1 ผังบริเวณและสภาพแวดล้อมโดยรอบ
- 5.1.2 การวางตำแหน่งของตัวอาคารที่มีผลต่อการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ
- 5.1.3 ลักษณะทางกายภาพของอาคารตัวอย่าง
- 5.1.4 การตรวจสอบประสิทธิภาพของแสงสว่างจากธรรมชาติที่เข้ามาภายในห้องเรียน
- 5.1.5 ตำแหน่งและทิศทางของช่องเปิดที่มีผลต่อการนำแสงสว่างจากธรรมชาติ
  - สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังที่มีผลต่อการส่องสว่างภายใน
  - เปรียบเทียบสัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อปริมาตรการส่องสว่างภายใน กับปริมาณความร้อนที่ส่องผ่านช่องเปิด
- 5.1.6 ประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดที่มีผลต่อการนำแสงสว่างจากธรรมชาติ

### 5.1.1 ผังบริเวณและสภาพแวดล้อมโดยรอบ



รูปที่ 5.1 สภาพแวดล้อมโดยรอบของอาคารตัวอย่าง

สภาพแวดล้อมโดยรอบของอาคารตัวอย่างมีรายละเอียด ดังนี้

- ทิศเหนือ ติดกับอาคารหอประชุมสูง 2 ชั้น ระยะห่างจากตัวอาคาร 12 เมตร
- ทิศใต้ ติดลำรางน้ำและลานจอดรถ
- ทิศตะวันออก ติดลานทางเดินหน้าอาคารและสนามหญ้า
- ทิศตะวันตก ติดถนนภายในอาคาร

#### ปัญหาที่ได้รับจากสภาพแวดล้อม

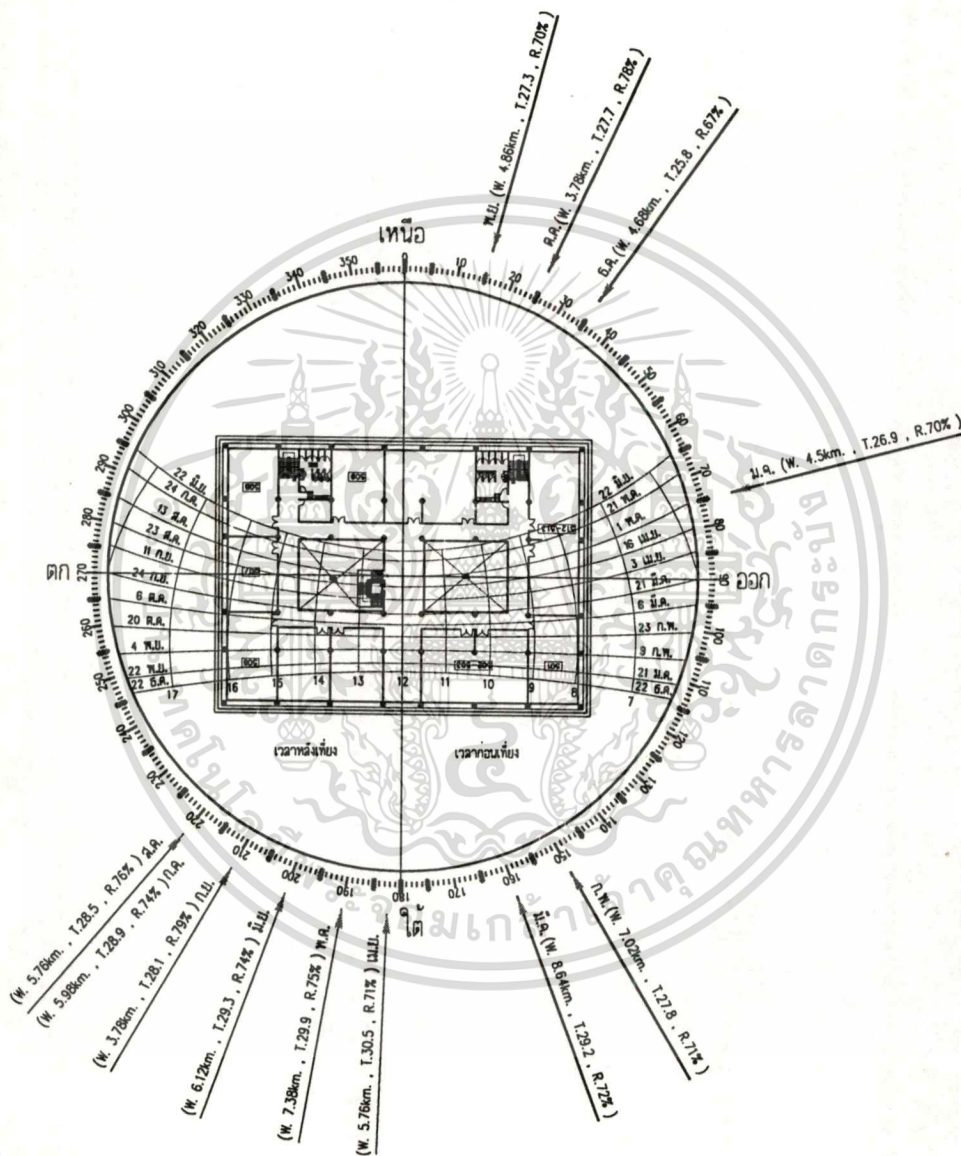
จากการศึกษาสภาพแวดล้อมโดยรอบของตัวอาคาร ที่เกี่ยวกับแสงสว่างจากธรรมชาติ สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

- ทิศใต้ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตกโดยรอบเป็นที่โล่งปราศจากอาคารข้างเคียง ทำให้ไม่มีข้อจำกัดในการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ

- ทิศเหนือ เป็นเพียงทิศเดียวที่ติดอาคารข้างเคียงสูง 2 ชั้น ทำให้ประสิทธิภาพในการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติไม่เต็มที่ โดยเฉพาะชั้น 1-2 ต้องอาศัยแสงประดิษฐ์ในการใช้ห้องเรียน

แม้ว่าการมีโถงทั้งสี่ ด้านนี้ จะช่วยให้การถ่ายเทอากาศได้ดีขึ้น แต่ต้องอาศัยถึงเจ้าของอาคารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.2 การวางตำแหน่งของตัวอาคารที่มีผลต่อการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ  
 ลักษณะของอาคารเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยวางตามแกนของอาคารด้านยาวของอาคารหัน  
 ไปทางทิศเหนือและทิศใต้ ด้านกว้างของอาคารหันไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก



รูปที่ 5.2 แสดงการวางอาคารที่มีผลต่อการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาอัตราส่วนพื้นที่ของผนัง ในส่วนที่เป็นผนังทึบและช่องเปิดของอาคารในด้านทิศต่างๆ สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงอัตราส่วนพื้นที่ของผนังทึบกับช่องเปิดของอาคารในทิศต่างๆ

| ตำแหน่ง     | พื้นที่รวมของผนัง<br>(ตร.ร.ม.) | พื้นที่ของผนังทึบ<br>(ตร.ร.ม.) | อัตราส่วนพื้นที่ของผนังทึบ<br>(%) | พื้นที่ของช่องเปิด<br>(ตร.ร.ม.) | อัตราส่วนพื้นที่ของช่องเปิด<br>(%) |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| ทิศเหนือ    | 1,160.00                       | 290.00                         | 25%                               | 870.00                          | 75%                                |
| ทิศใต้      | 1,160.00                       | 310.00                         | 27%                               | 850.00                          | 73%                                |
| ทิศตะวันออก | 828.00                         | 208.00                         | 25%                               | 620.00                          | 75%                                |
| ทิศตะวันตก  | 828.00                         | 208.00                         | 25%                               | 620.00                          | 75%                                |

จากการจัดวางตำแหน่งของตัวอาคารและการจัดวางห้องภายในอาคาร สามารถสรุปออกได้ดังนี้

**ข้อดี**

1. การจัดวางตำแหน่งของอาคาร โดยด้านยาวของอาคาร หันไปทางทิศเหนือและทิศใต้ ซึ่งมีอัตราส่วนพื้นที่ของช่องเปิด 75%, ด้านทิศใต้ 73% และด้านกว้างของอาคารหันไปทางทิศตะวันออก ซึ่งมีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิด 75% และด้านทิศตะวันตก 55% ทำให้ด้านต่างของอาคารสามารถใช้ประสิทธิภาพจากแสงสว่างจากธรรมชาติได้อย่างเต็มที่
2. การจัดวางห้องภายในของอาคารให้อยู่บริเวณโดยรอบของกรอบอาคาร ทำให้ทุกห้องสามารถใช้แสงสว่างจากธรรมชาติได้ทุกห้อง

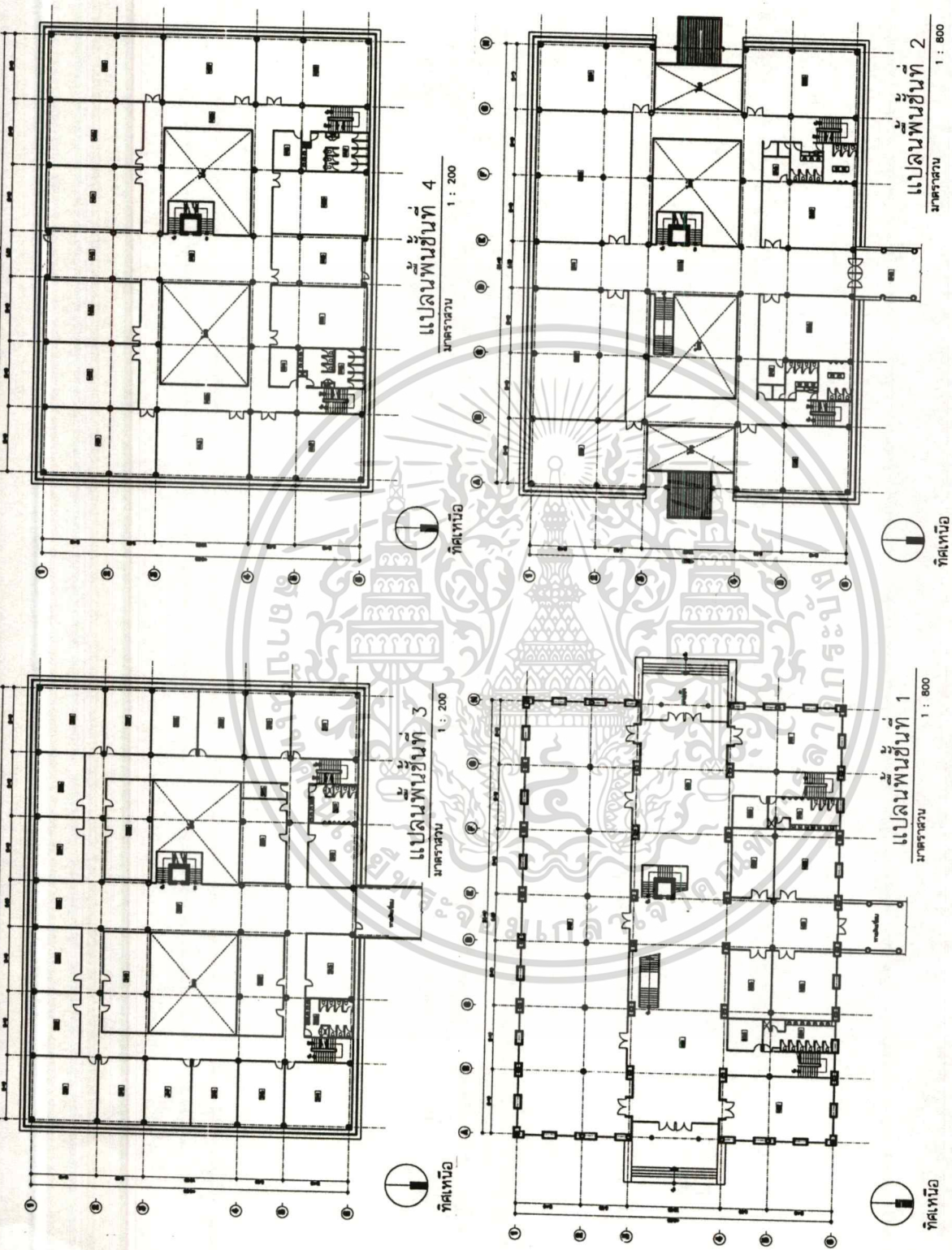
**ข้อเสีย**

1. เนื่องจากอัตราส่วนพื้นที่ของผนังด้านทิศตะวันตกและทิศใต้ ในส่วนของพื้นที่ของผนังทึบ 25% และ 27% อัตราส่วนของช่องเปิด 73% และ 75% ทำให้ผนัง 2 ด้านนี้ได้รับปริมาณแสงและรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์มาก จึงต้องอาศัยอุปกรณ์ในการป้องกันปริมาณแสงที่มีความจ้ามากเกินไป และรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่จะส่องเข้ามาภายในโดยตรง เช่น อุปกรณ์บังแดด (Overhang)
2. อุปกรณ์บังแดด (Overhang) ที่ติดตั้งในด้านทิศตะวันตกและทิศตะวันออก มีลักษณะเป็นเกร็ดคลุมนิยมนิยมติดคายทำให้บุคคลบังมุมมองของอาคารสู่ภายนอก และมีผลต่อประสิทธิภาพในการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ

### 5.1.3 ลักษณะทางกายภาพของอาคารตัวอย่าง

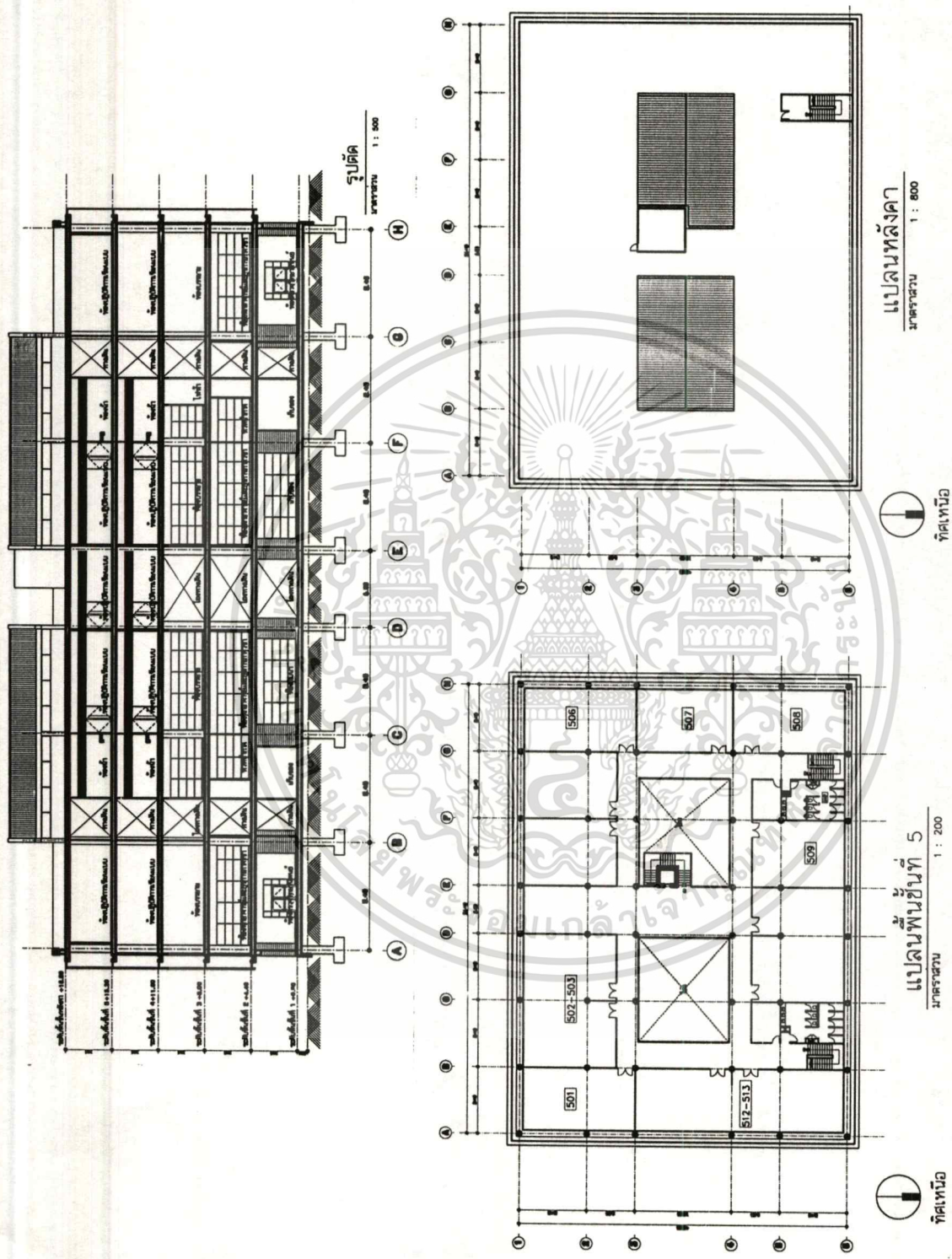
ลักษณะทางกายภาพของอาคารเรียนรวมและปฏิบัติการสถาปัตยกรรม มีรายละเอียดดังนี้

1. ลักษณะอาคาร เป็นอาคาร ค.ส.ล. สูง 5 ชั้น ความสูง 3.60 ม./ชั้น  
พื้นที่ใช้สอยของอาคารรวมทั้งสิ้น 10,350 ตร.ม.  
(ไม่รวมชั้นดาดฟ้า)
2. วัสดุที่ใช้ในอาคาร
  - 2.1 พื้น พื้นภายในอาคารแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ
    - 2.1.1 พื้นชั้น1ทางเดินภายใน พื้น ค.ส.ล. กรุกระเบื้องดินเผาสีเขียว
    - 2.1.2 พื้นภายในห้อง, ทางเดิน พื้น ค.ส.ล. ทำผิวหินขัดสีขาว
  - 2.2 ผนัง ผนังแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะดังนี้
    - 2.2.1 ผนังภายนอก ผนังภายนอกชั้น 1 เป็นผนังก่ออิฐหนา 10 ซม. กรุด้วยกระเบื้องดินเผา  
ผนังภายนอกชั้น 2-5 เป็นผนังก่ออิฐหนา 10 ซม. ฉาบปูนเรียบทาสีขาว
    - 2.2.2 ผนังภายในอาคาร ผนังยิปซัมบอร์ด หนา 12 ม.ม. ฉาบเรียบทาสีครีมอ่อน
  - 2.3 ฝ้าเพดาน ฝ้าเพดานชั้น 1-4 ฝ้าพื้นคอนกรีตทาสีขาว  
ฝ้าเพดานชั้น 5 เป็นฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด หนา 9 ม.ม. ทาสีครีมอ่อน
  - 2.4 หน้าต่าง เป็นช่องแสงติดตายและช่องแสงบานกระทุ้ง ลูกฟักกระจกใส หนา 6 ม.ม. ช่วงล่างเป็นกระจกฝ้าติดตาย หนา 6 ม.ม.
3. อุปกรณ์บังแดด อุปกรณ์บังแดด ค.ส.ล. (Overhang) ชั้น 2-4 ยื่นยาว 1.80 ม. ชั้น 5 ยื่นยาว 2.00 ม.



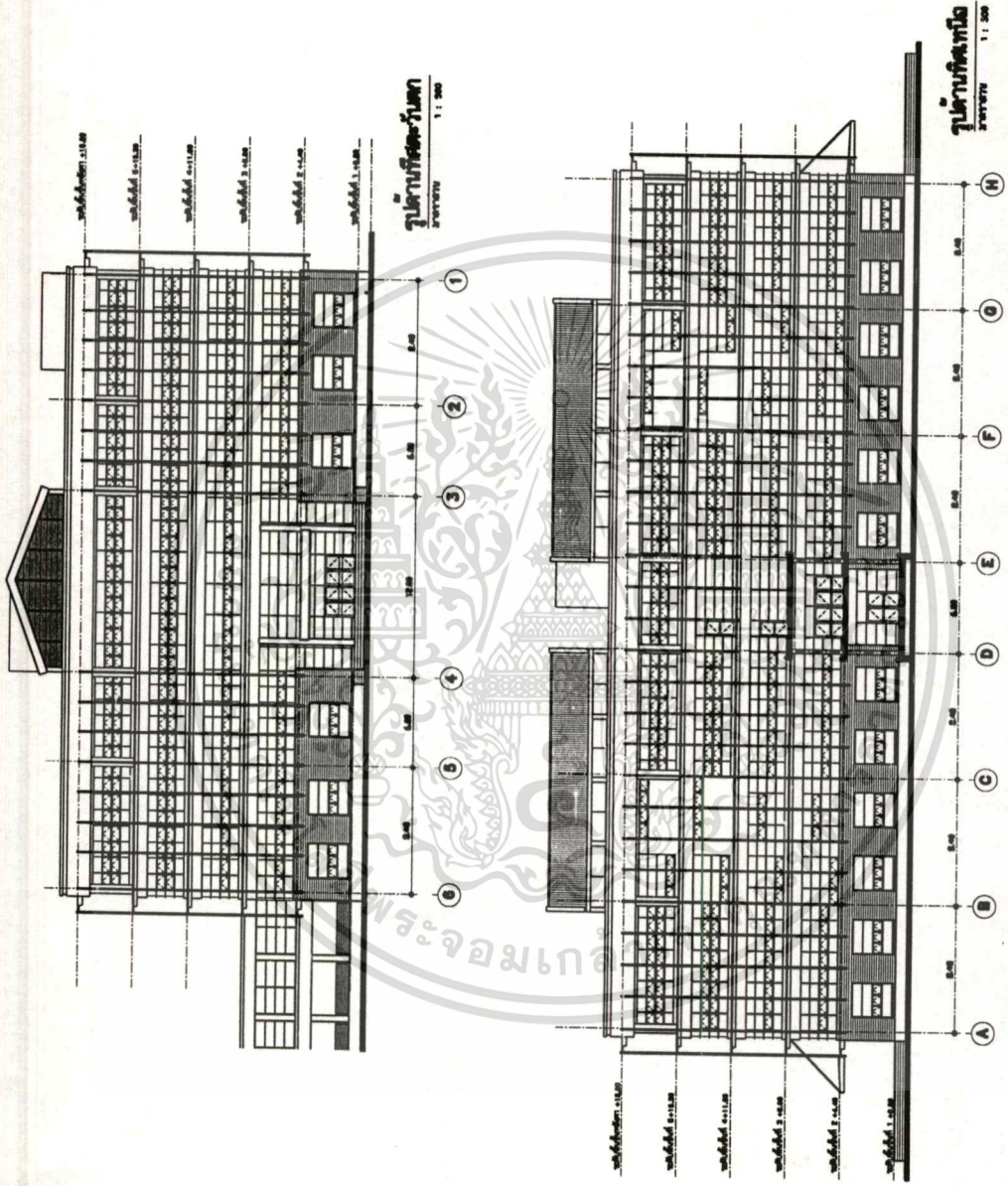
รูปที่ 5.3 ลักษณะทางกายภาพของแปลนพื้นที่ 1-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



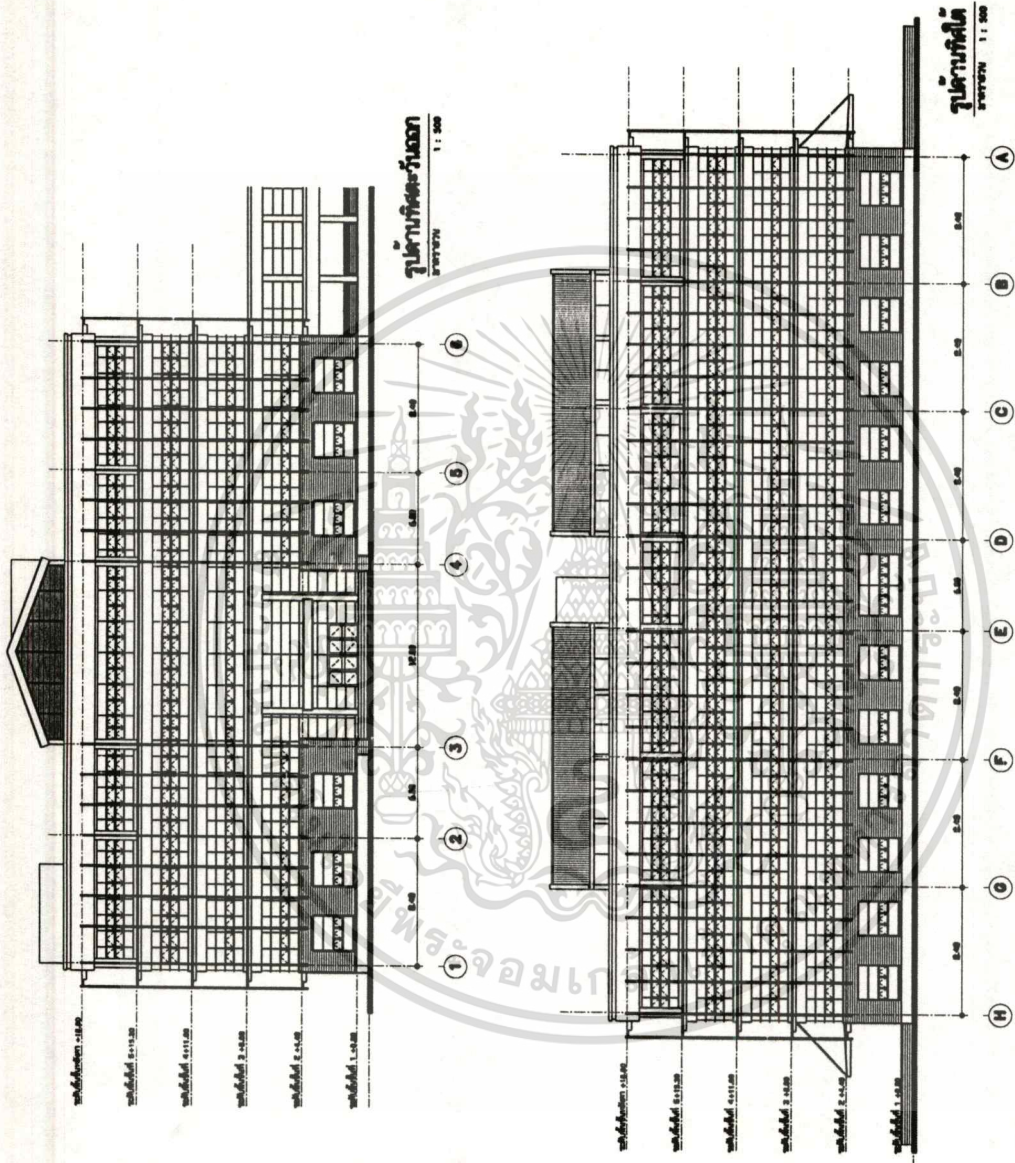
รูปที่ 5.4 ลักษณะทางกายภาพของแปลนพื้นที่ 5, แปลนคอร์ทฟ้า, รูปตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 ลักษณะทางกายภาพของรูปด้านทิศตะวันตก-ทิศเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 ลักษณะทางกายภาพของรูปด้านทิศตะวันตก-ทิศใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5.1.4 การตรวจสอบประสิทธิภาพของแสงสว่างจากธรรมชาติภายในห้องเรียน

ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของแสงสว่างจากธรรมชาติภายในห้องเรียน มีแนวทางดังต่อไปนี้

1. การตรวจสอบระดับความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติภายในห้องเรียน จะแบ่งการตรวจสอบออกเป็น 3 ช่วงเวลา คือ ช่วงเวลา 9.00 – 10.00 น. 12.00 – 13.00 น. 15.00 – 16.00 น.

2. ห้องที่ใช้ในการตรวจสอบระดับความส่องสว่าง ใช้ห้องเรียนในการปฏิบัติการเขียนแบบชั้น 5 ซึ่งลักษณะของห้องเรียนแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

- ห้องเรียนที่มีช่องเปิดเพียงทิศทางเดียวในด้านทิศเหนือ ได้ และตะวันตก
- ห้องเรียนที่มีช่องเปิด 2 ทิศทาง ซึ่งจะเป็นห้องที่อยู่มุมของอาคารแต่ละด้าน

ในการตรวจสอบระดับความส่องสว่างของห้องเรียนและปฏิบัติการในการเขียนแบบ จะใช้ค่าระดับความส่องสว่างที่เป็นค่ามาตรฐานในการอ้างอิงของ CIE (จากตารางที่ 2.7 ซึ่งได้กำหนดค่าความส่องสว่างสำหรับห้องเรียนเป็นค่า Daylight factor (DF) ขั้นต่ำอยู่ที่ 2% ) แต่เมื่อทำการตรวจวัดความส่องสว่างจริงจากอาคารตัวอย่างแล้วเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของIES จากตารางที่ 2.6 พบว่ามีความแตกต่างกันซึ่งได้ใช้ค่าความส่องสว่างระดับปานกลางของห้องเรียนอยู่ที่ 750 Lux เพื่อให้มีความสอดคล้องกันดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงใช้ค่า Daylight factor (DF) ขั้นต่ำอยู่ที่ 1.5% เป็นค่ามาตรฐานในการตรวจสอบ

ตารางที่ 5.2 ตารางเปรียบเทียบค่า (DF) ที่ 1.5% จากอาคารตัวอย่าง

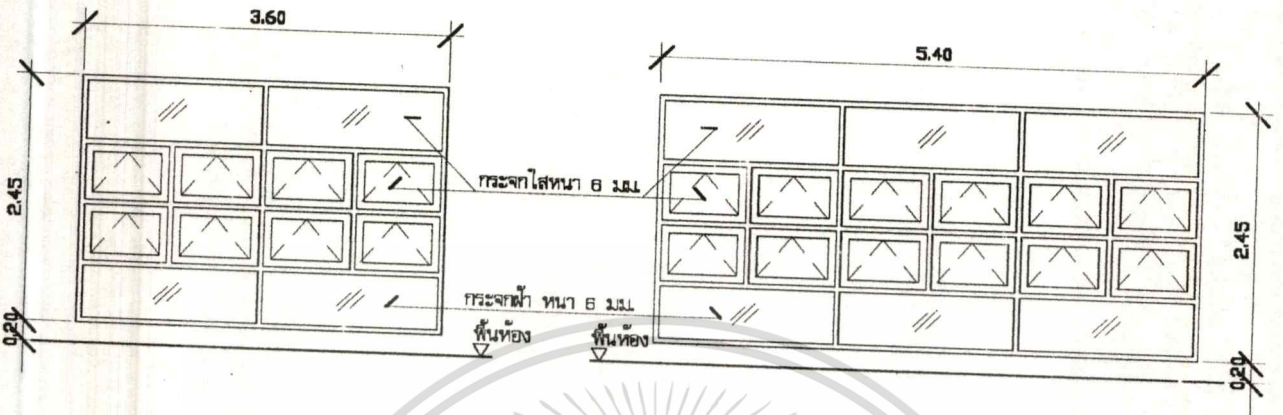
| ห้อง    | Daylight factor (%) | ค่าความส่องสว่างภายใน (Lux) | ค่าความส่องสว่างภายนอก (Lux) |
|---------|---------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 501     | 1.5                 | 756                         | 50,200                       |
| 502-503 | 1.5                 | 978                         | 65,500                       |
| 506     | 1.5                 | 795                         | 52,300                       |
| 507     | 1.5                 | 878                         | 56,800                       |
| 508     | 1.5                 | 750                         | 50,000                       |
| 509     | 1.5                 | 776                         | 52,400                       |
| 512-513 | 1.5                 | 985                         | 65,000                       |

3. การตรวจสอบระดับการส่องสว่างภายในจะใช้อุปกรณ์ Lux Meter ในการวัดค่าความส่องสว่างทั้งภายในและภายนอกในเวลาที่ยพร้อมกัน เพื่อเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างที่แปรเปลี่ยนทุกๆตำแหน่งที่ทำการตรวจวัด ในการตรวจวัดค่าความส่องสว่างภายในจะใช้วิธีการตรวจวัดแบบตาราง (Grid Method) โดยกำหนดให้มีขนาดความกว้างและความยาวเท่ากับ 1.00 x 100 ม. วัดที่ระดับความสูงในการใช้งาน (Working plane) 0.76 ม. ทั่วทั้งห้อง

4. ตรวจวัดค่าการสะท้อนแสงของวัสดุต่างๆภายในห้องเรียน อันได้แก่ ผนังห้อง เพดาน พื้น กระดาษ ใช้อุปกรณ์ Lux Meter ในการตรวจวัด โดยการวัดครั้งแรกจะใช้ Lux Meter วางในระนาบเดียวกับวัสดุที่ทำการตรวจวัด และวัดค่าการสะท้อนแสงโดยใช้ Lux Meter หันเข้าหาวัสดุโดยมีระยะห่างเท่ากับ 30 ซม.

5. ตรวจสอบอัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างจากธรรมชาติเพียงพอ และอัตราส่วนของช่องเปิดและผนังทึบที่มีผลต่อการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ





รูปที่ 5.7 แสดงลักษณะช่องเปิดของห้องที่ทำการตรวจวัดความส่องสว่างของแสงธรรมชาติ



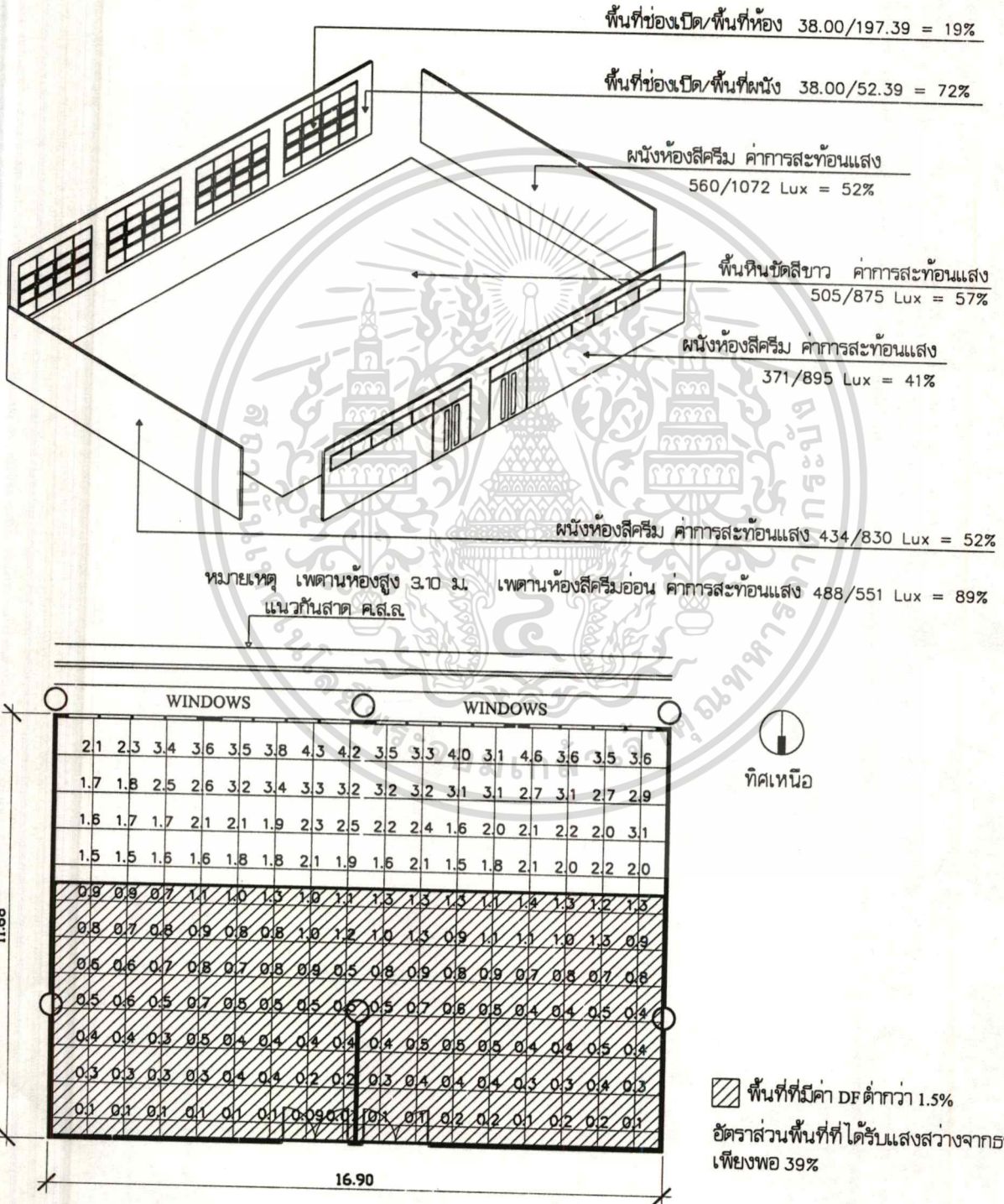
รูปที่ 5.8 อุปกรณ์ Lux Meter ที่ใช้ในการตรวจวัดความส่องสว่างของแสงธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

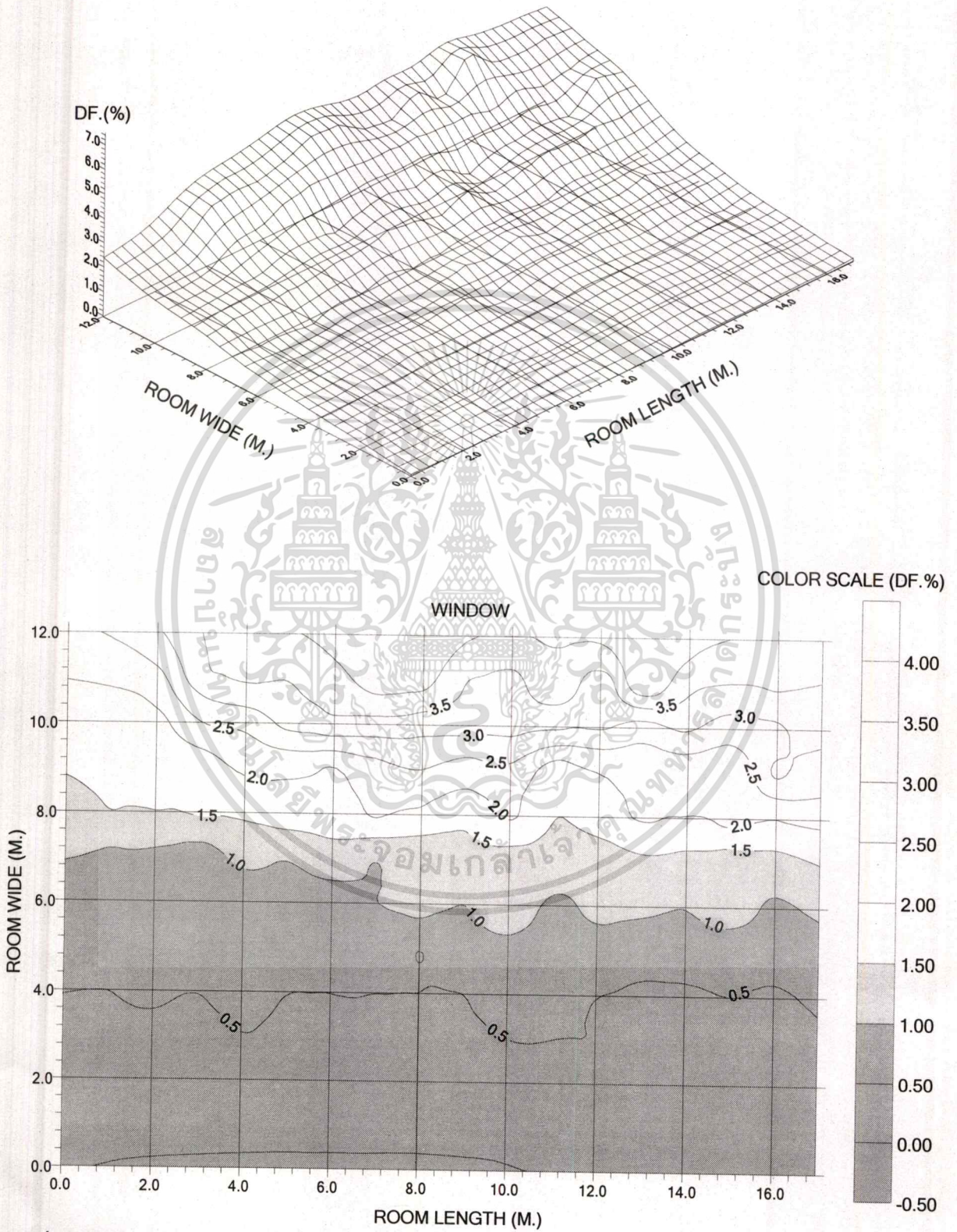
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 1 ด้าน)

การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้ วันที่ทำการตรวจวัด 21 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น. ชั้น 5 ห้อง 502-503 อาคารเรียนรวมและปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศใต้)

สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆมากกระจายแสงแดดจ้า



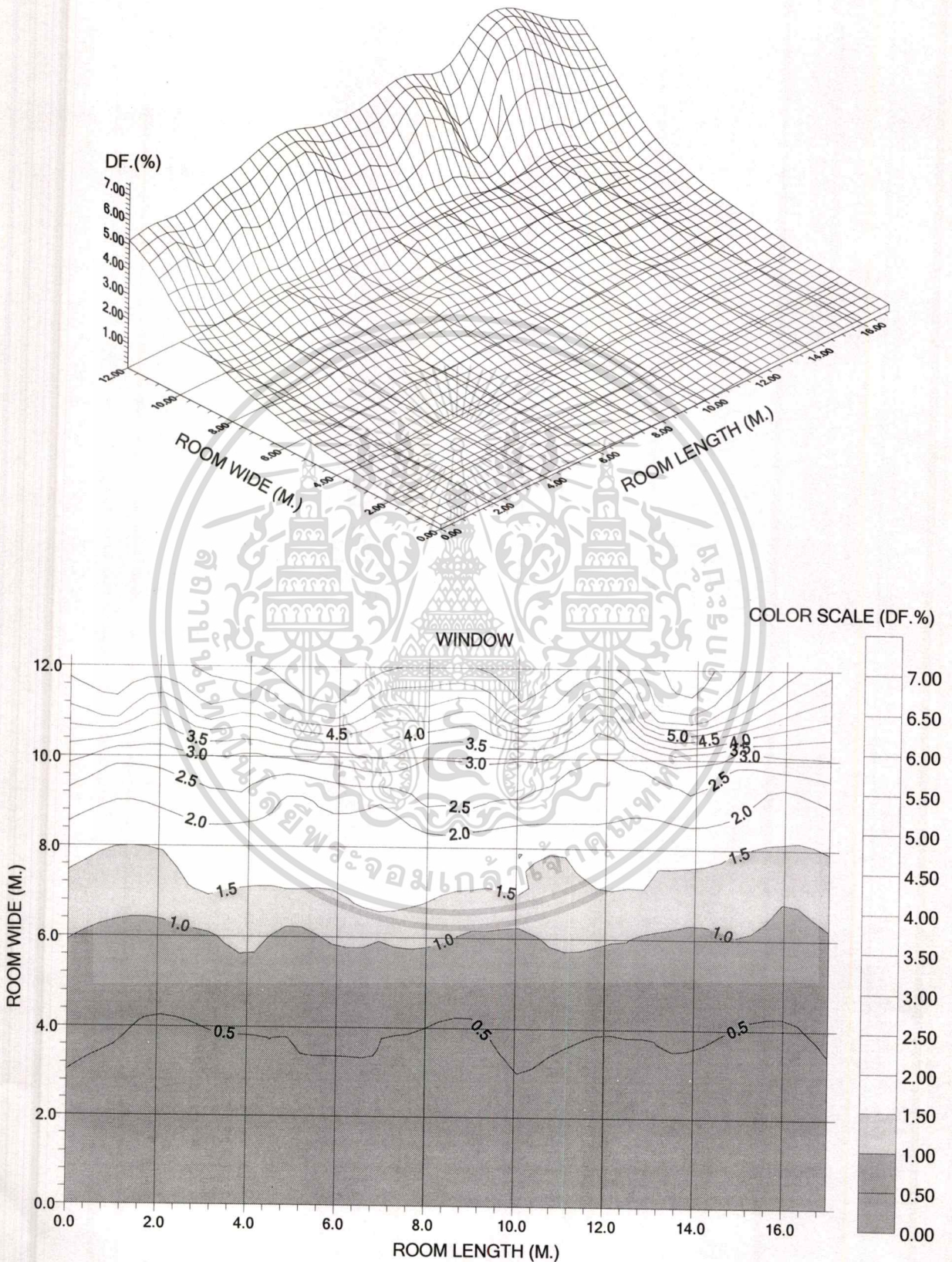
เอกสารรูปที่ 5.9 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 9.00-10.00 น. ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 แสดงค่า DF ห้อง 502-503 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





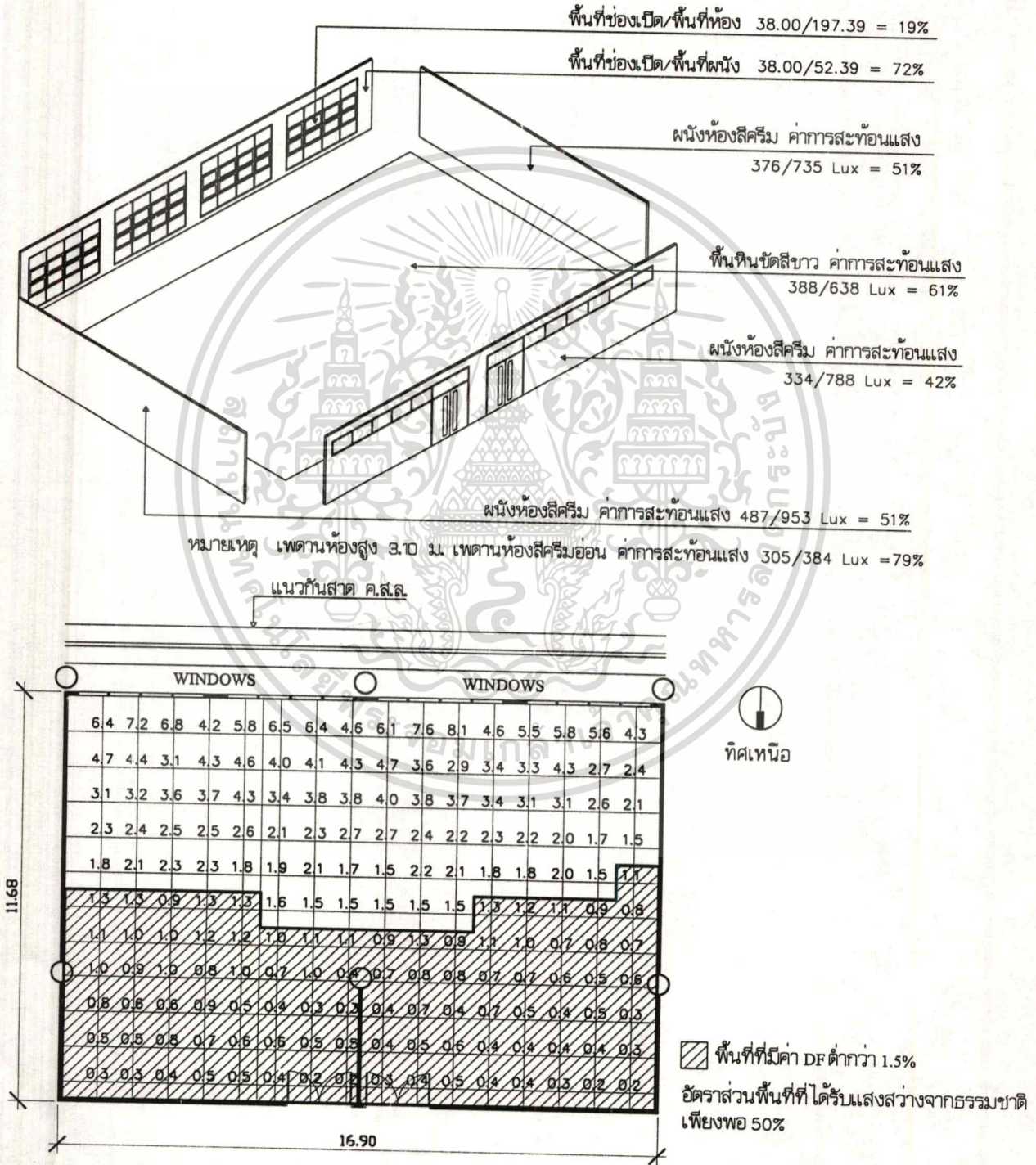
รูปที่ 5.12 แสดงค่า DF ห้อง 502-503 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

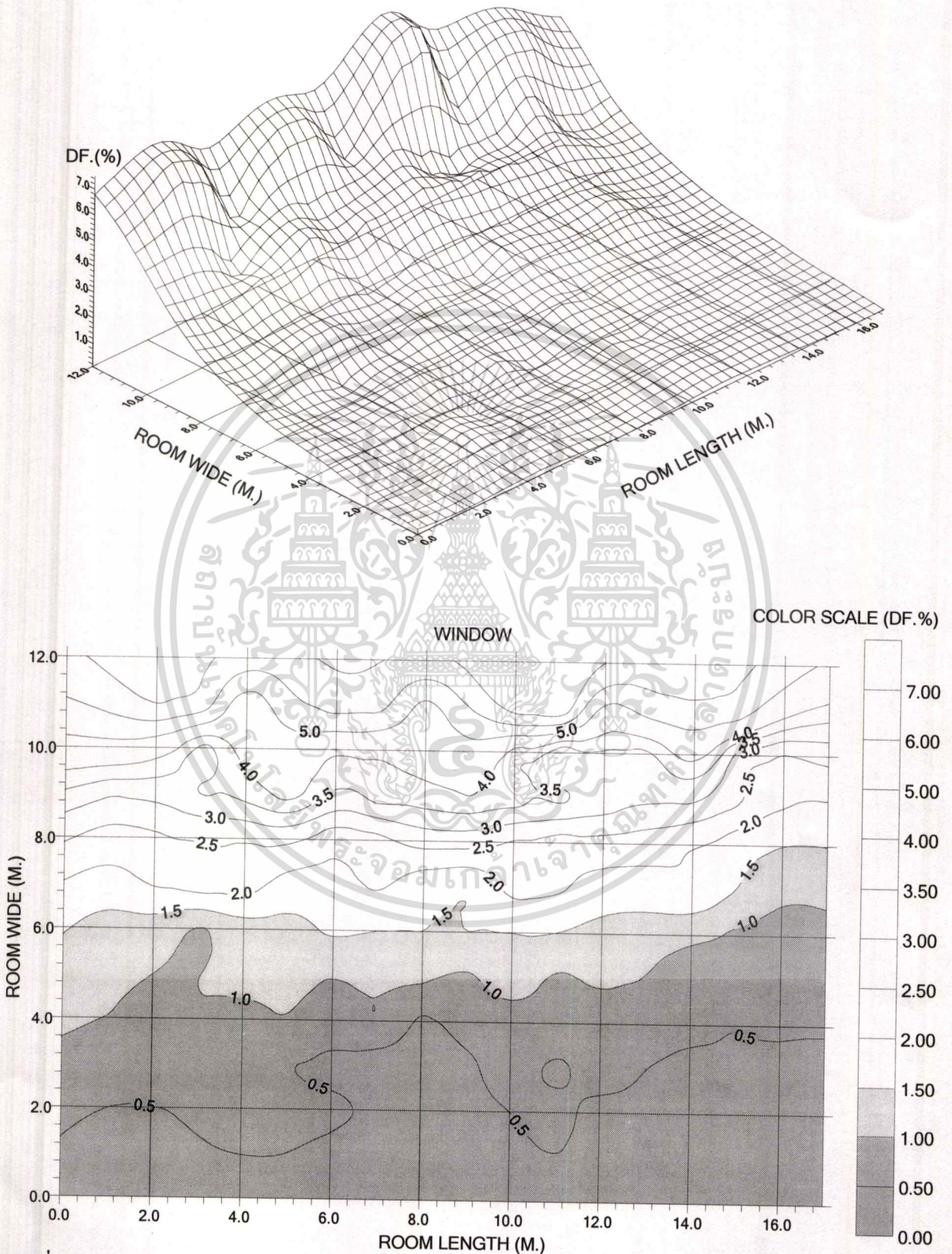
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 1 ด้าน)

การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้  
วันที่ทำการตรวจวัด 21 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ชั้น 5 ห้อง 502-503 อาคาร  
เรียนรวมและปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศใต้)

สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆมากกระจุกกระจายแสงแดดจ้า

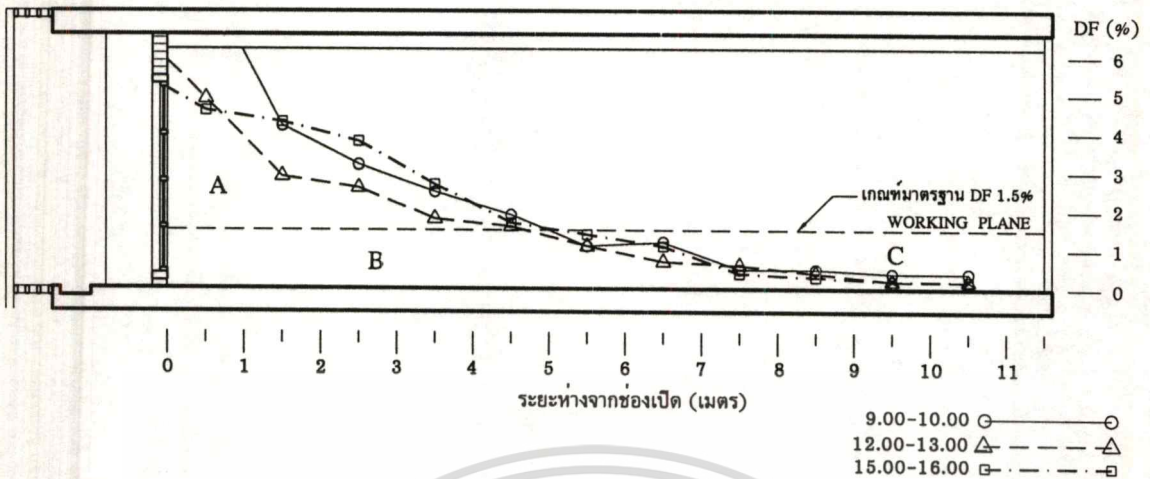


รูปที่ 5.13 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 15.00-16.00 น  
ไม่อาจกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.14 แสดงค่า DF ห้อง 502-503 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



A = พื้นที่ที่มีปริมาณการส่องสว่างเกินความต้องการใช้งาน

B = พื้นที่ที่มีปริมาณการส่องสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งาน

C = พื้นที่ที่ต้องใช้แสงประดิษฐ์ช่วยเสริม

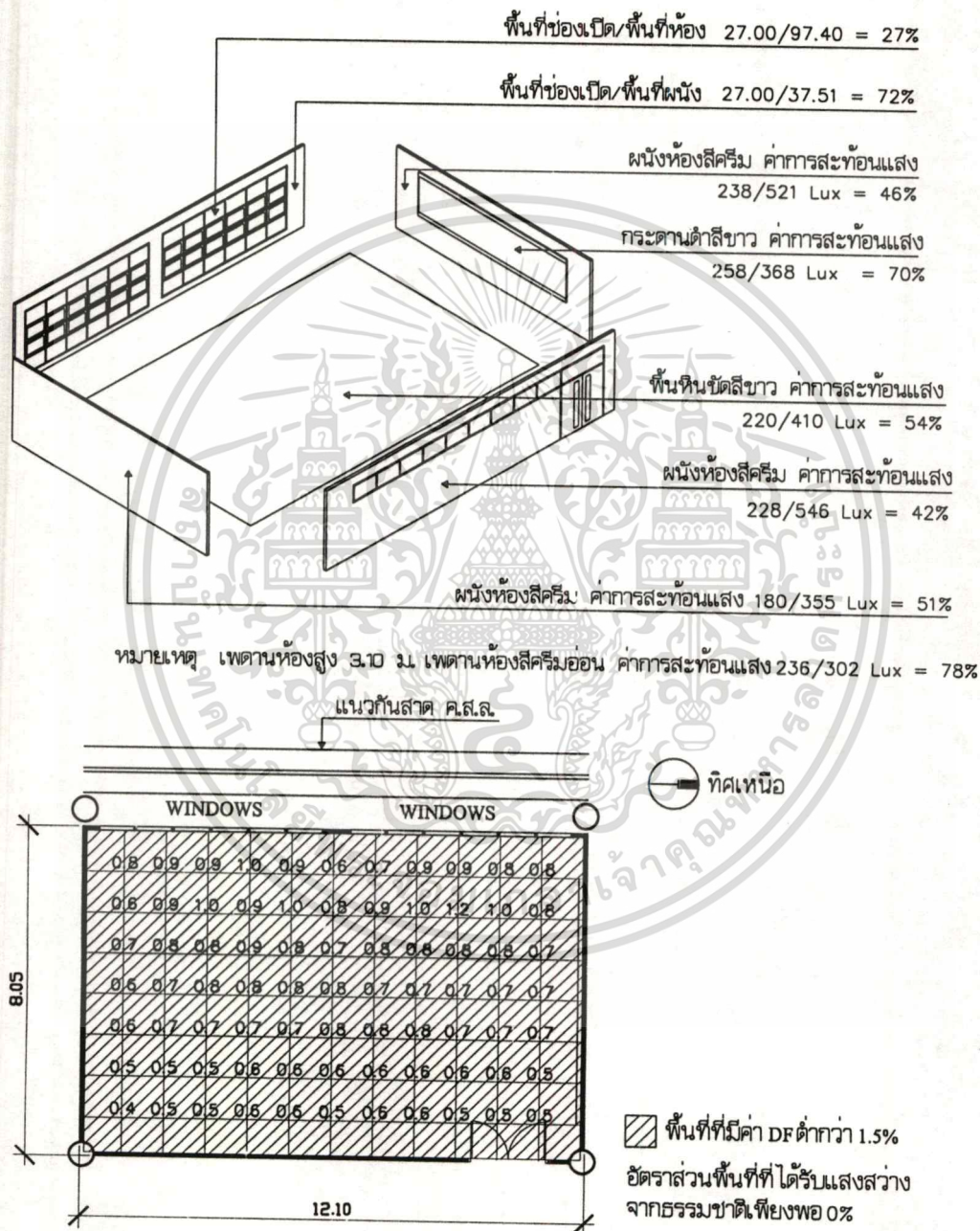
### รูปที่ 5.15 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight factor ทั้ง 3 ช่วงเวลา

จากการตรวจสอบสภาพการส่องสว่างทั้ง 3 ช่วงเวลา พบว่าประสิทธิภาพในการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติอยู่ในเกณฑ์ที่ดีเกือบตลอดทั้งวัน มีอัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอต่อการใช้งาน 40-50% ของพื้นที่ห้อง โดยระดับความส่องสว่างที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน DF 1.5% ที่ระยะ 4-5 เมตร จากระยะห่างช่องเปิด ส่วนสภาพแวดล้อมภายในห้องมีการสะท้อนแสงที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดี ทำให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่างภายใน

การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 1 ด้าน)

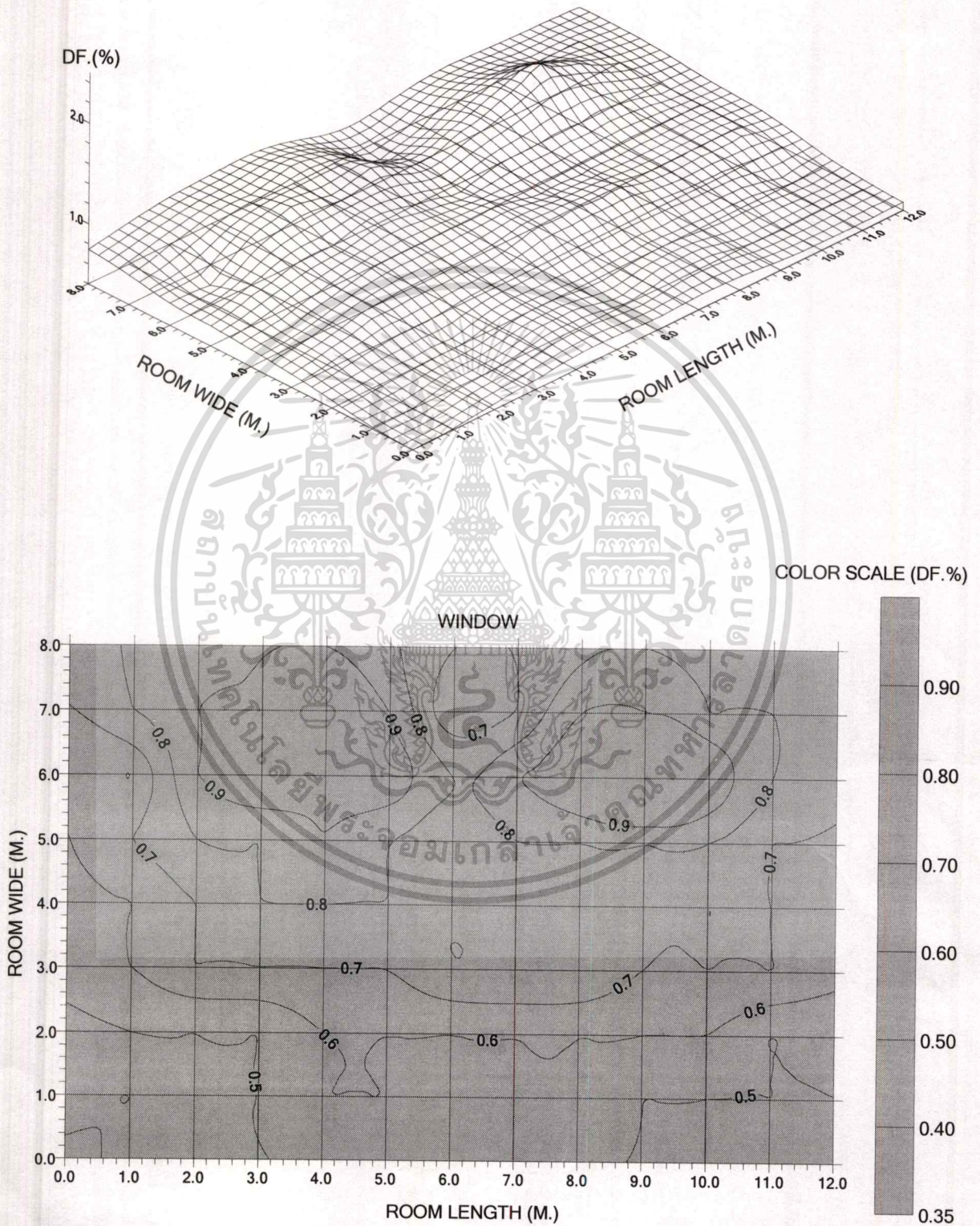
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้ วันที่ทำการตรวจวัด 23 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น. ชั้น 5 ห้อง 507 อาคารเรียนรวม และปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันตก)

สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆมากกระจุกกระจายแสงแดดจ้า



รูปที่ 5.16 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 9.00-10.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



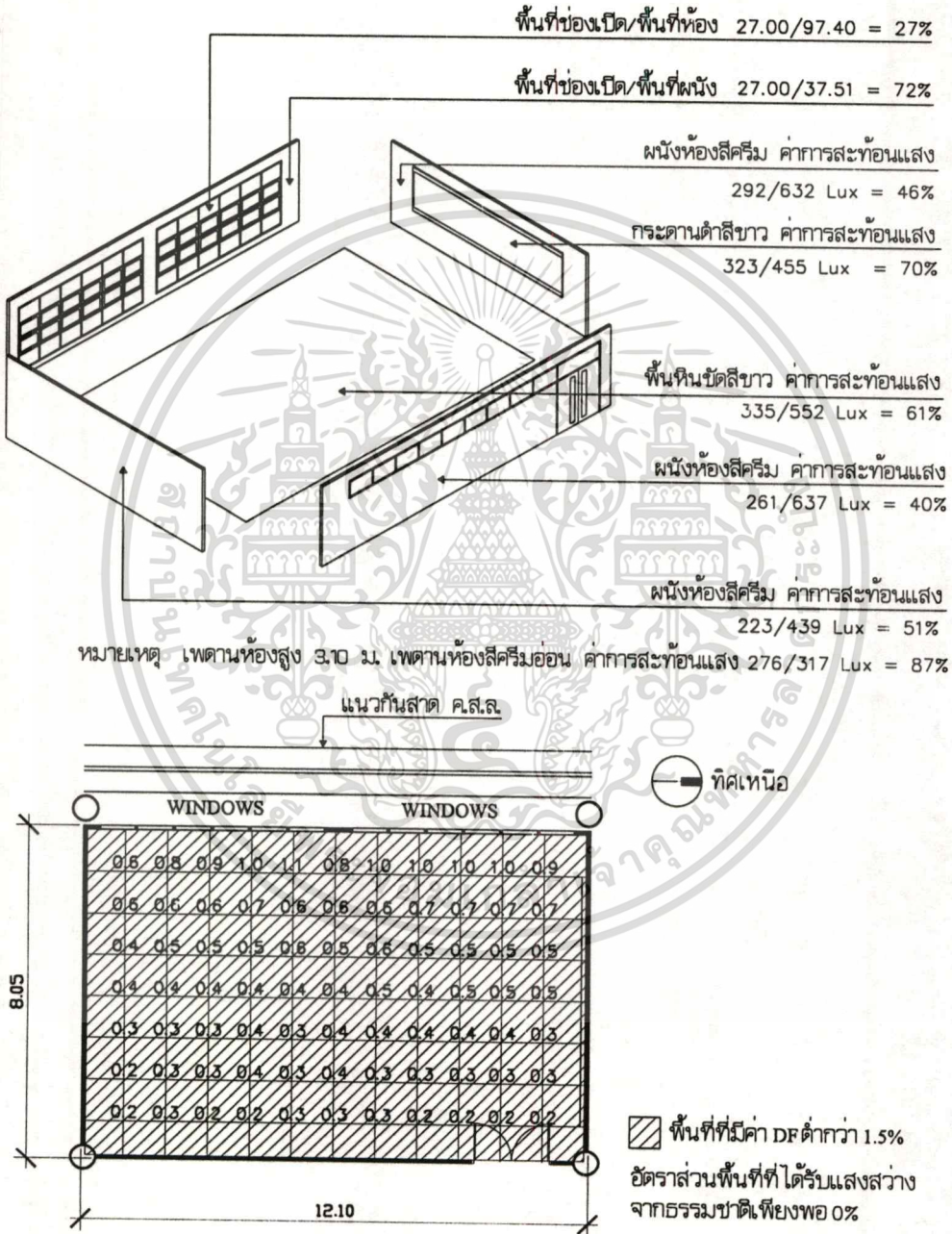
รูปที่ 5.17 แสดงค่า DF ห้อง 507 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 1 ด้าน)**

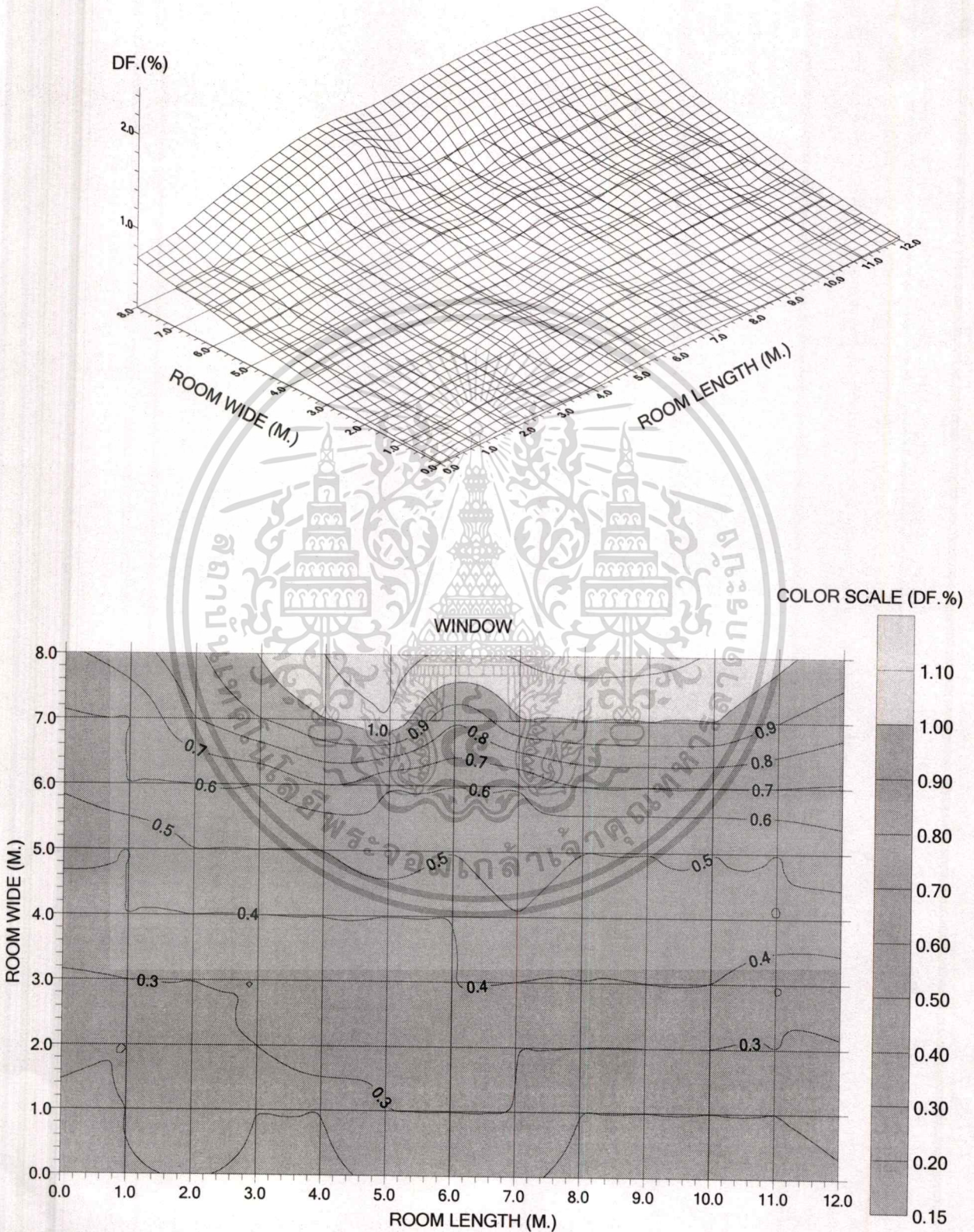
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้  
วันที่ทำการตรวจวัด 23 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ชั้น 5 ห้อง 507 อาคารเรียนรวม  
และปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันตก)

สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆมากกระจุกกระจายแสงแดดจ้า



รูปที่ 5.18 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 12.00-13.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



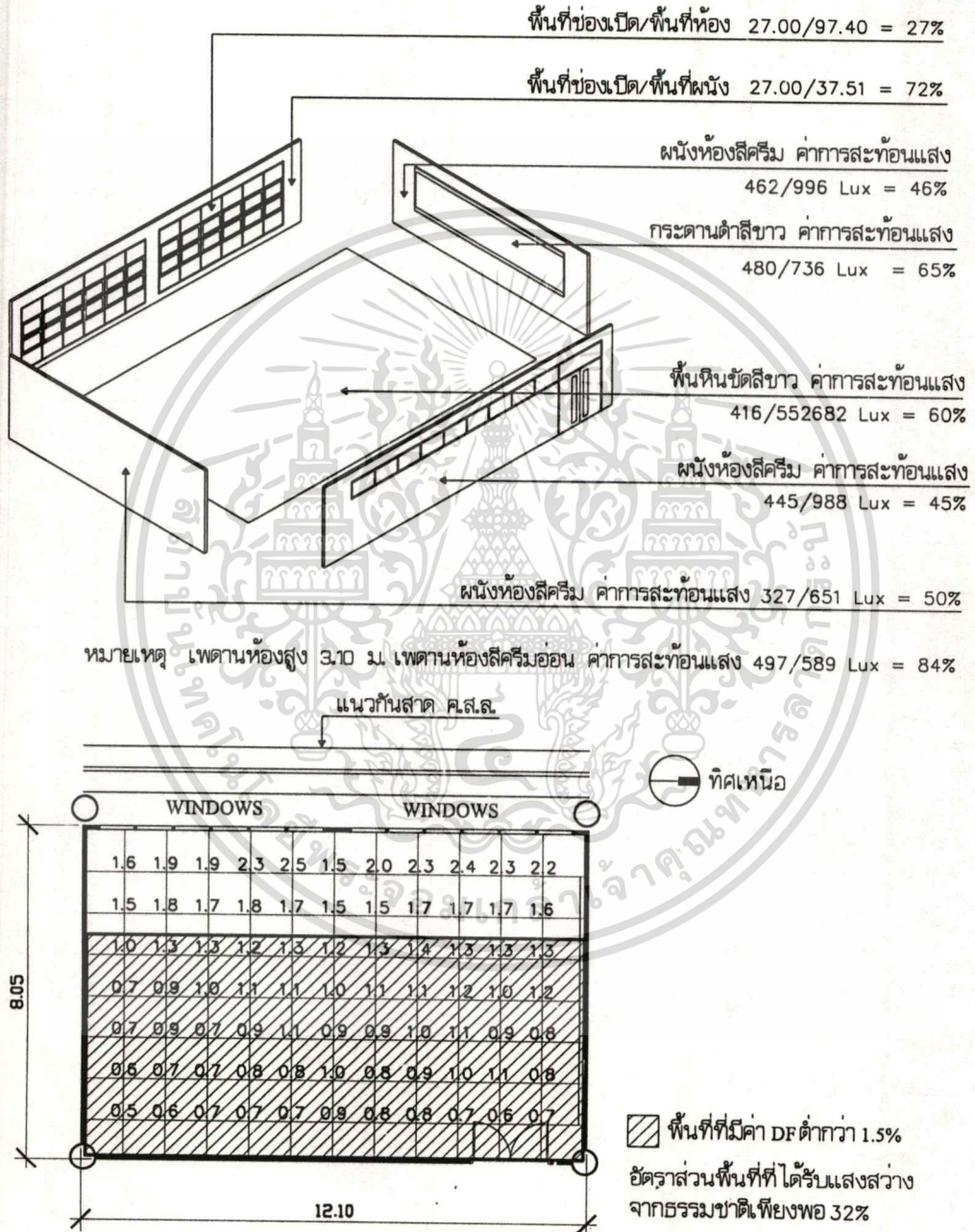
รูปที่ 5.19 แสดงค่า DF ห้อง 507 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 1 ด้าน)

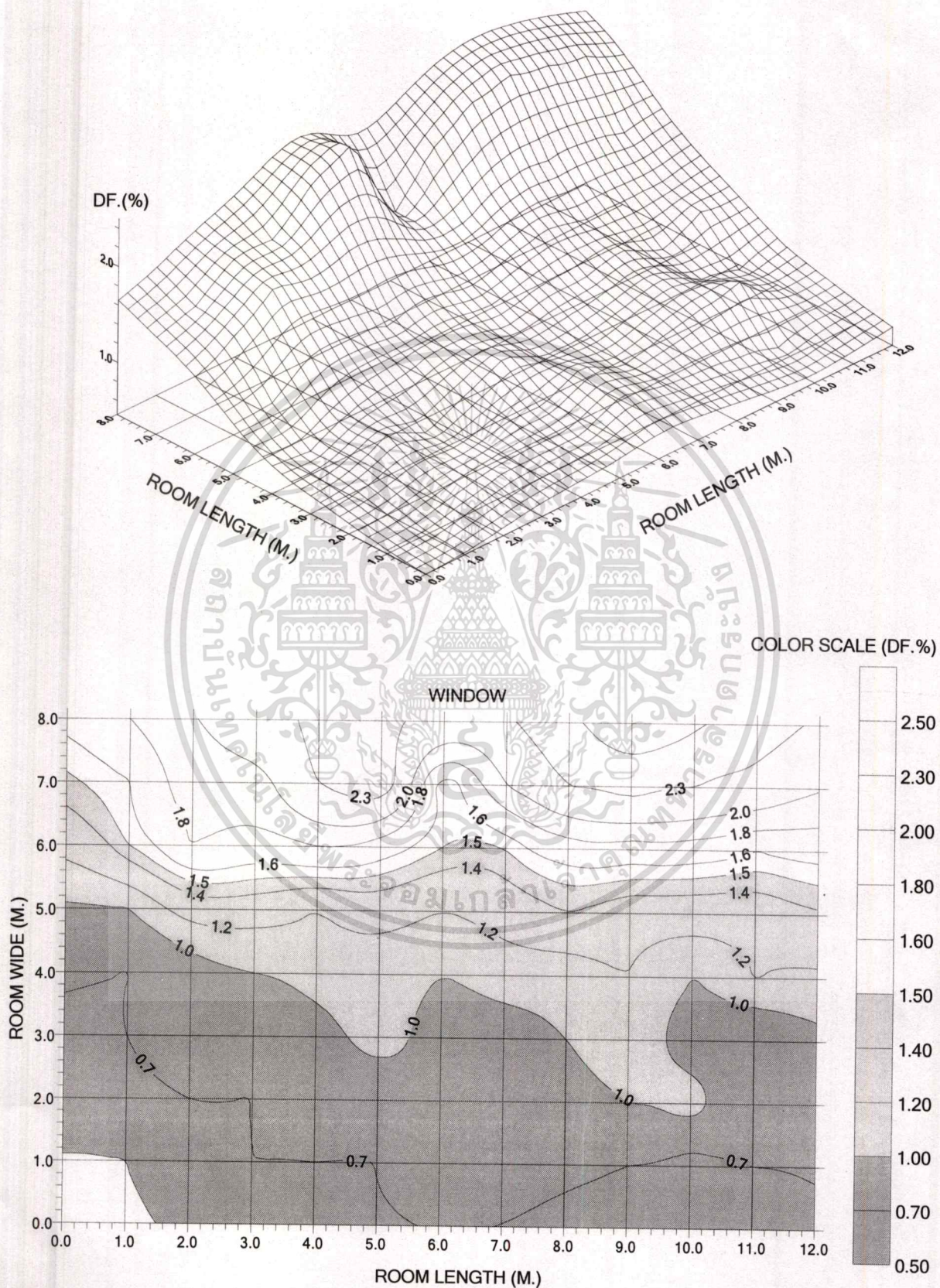
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้  
วันที่ทำการตรวจวัด 23 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ชั้น 5 ห้อง 507 อาคารเรียนรวม  
และปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันตก)

สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆมากกระจุกกระจายแสงแดดจ้า



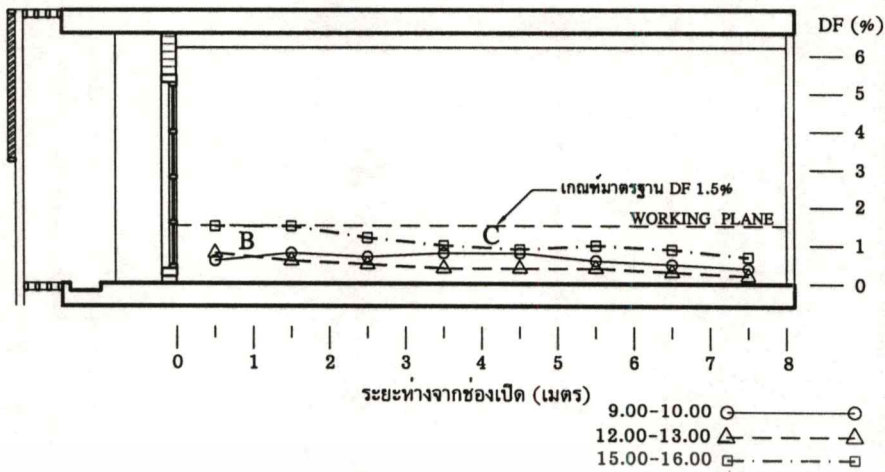
รูปที่ 5.20 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 15.00-16.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.21 แสดงค่า DF ห้อง 507 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- A = พื้นที่ที่มีปริมาณการส่องสว่างเกินความต้องการใช้งาน  
 B = พื้นที่ที่มีปริมาณการส่องสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งาน  
 C = พื้นที่ที่ต้องใช้แสงประดิษฐ์ช่วยเสริม

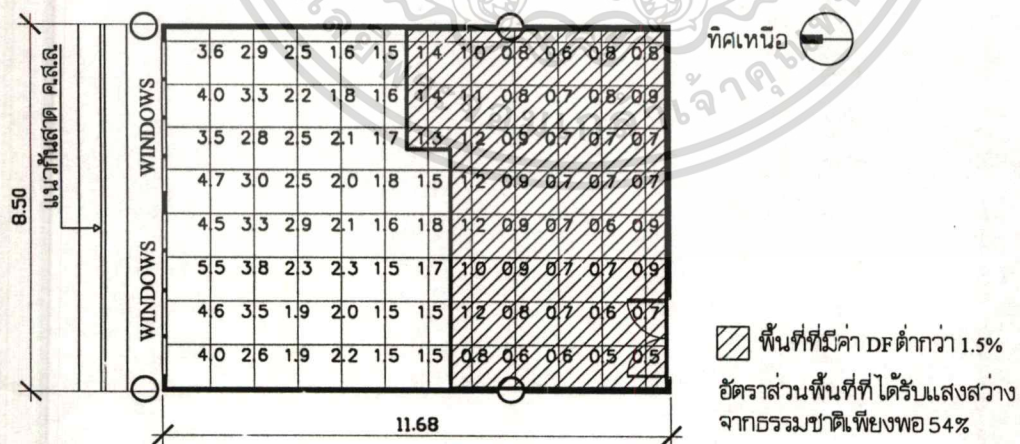
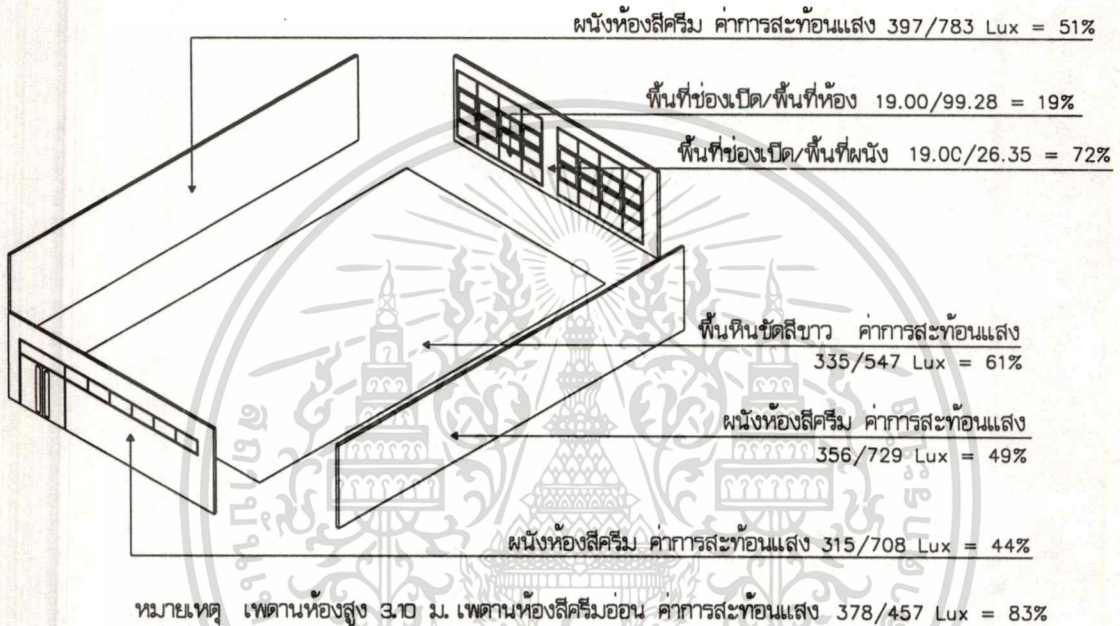
รูปที่ 5.22 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight factor ทั้ง 3 ช่วงเวลา

จากการตรวจสอบสภาพการส่องสว่างภายในทั้ง 3 ช่วงเวลา พบว่าประสิทธิภาพในการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐานตลอดทั้งวัน มีอัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอต่อการใช้งานเพียง 32% ของพื้นที่ห้องซึ่งอยู่ในช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ส่วนช่วงเวลาอื่นๆปริมาณแสงสว่างภายในจะไม่เพียงพอต่อการใช้งาน เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนช่องเปิดด้านทิศนี้ที่มีถึง 72% แต่ปริมาณแสงสว่างที่ส่องเข้ามาภายในมีปริมาณที่น้อย เป็นผลเนื่องมาจากอุปกรณ์บังแดดภายนอกด้านทิศนี้เป็นส่วนสำคัญ ในการลดทอนปริมาณแสงที่ส่องเข้ามาภายใน ส่วนสภาพแวดล้อมภายในห้องมีค่าการสะท้อนแสงที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดี

การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 1 ด้าน)

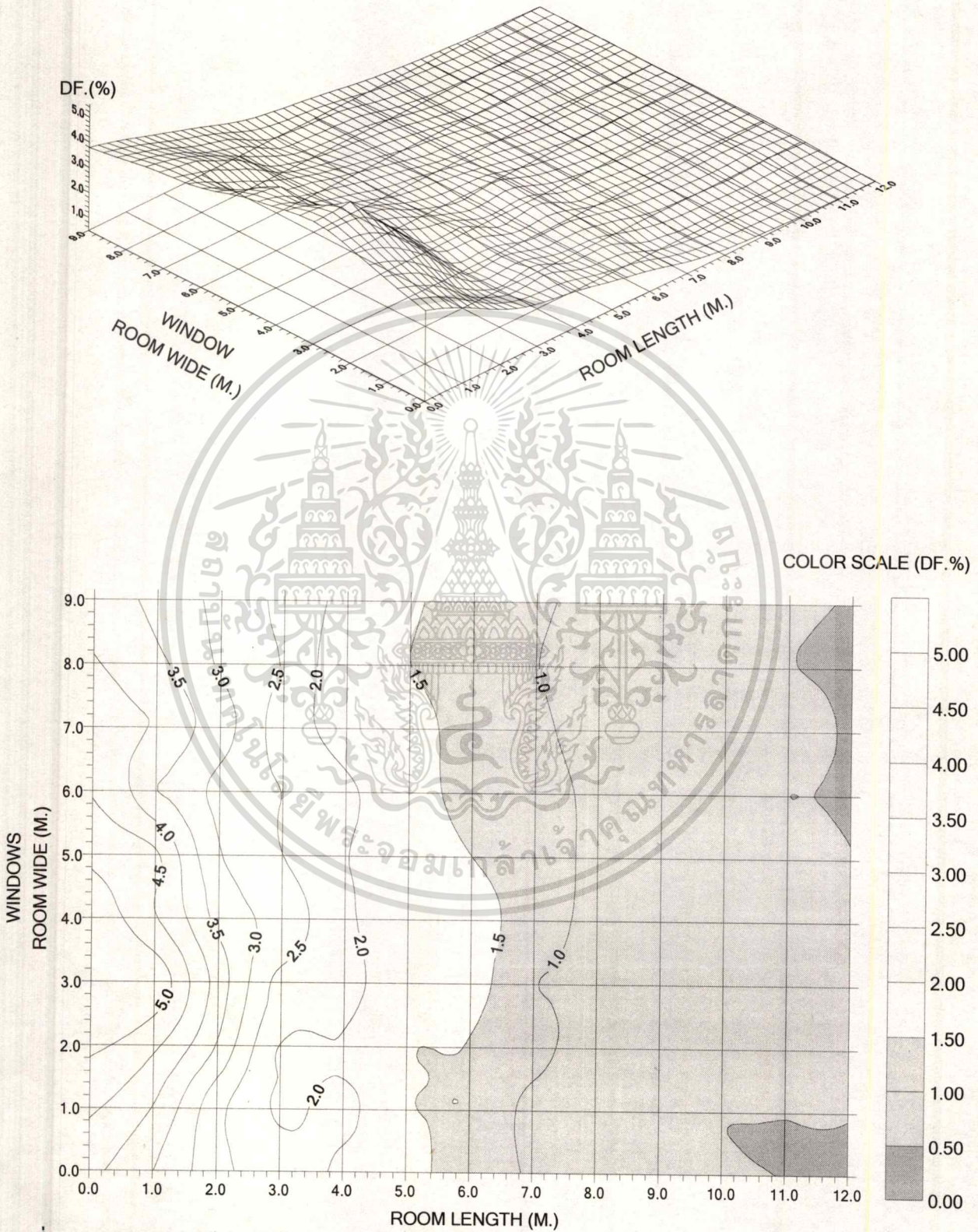
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้ วันที่ทำการตรวจวัด 27 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น. ชั้น 5 ห้อง 509 อาคารเรียนรวม และปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศเหนือ)

สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆมากแสงแดดอ่อน



รูปที่ 5.23 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 9.00-10.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



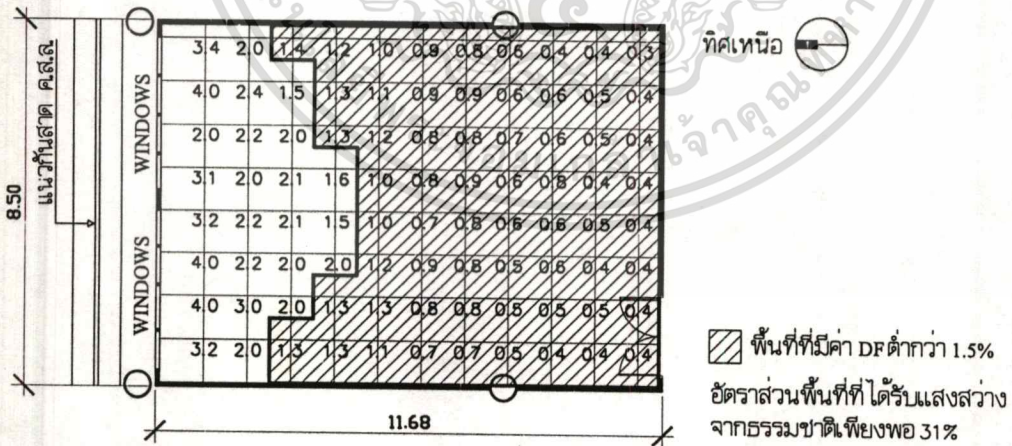
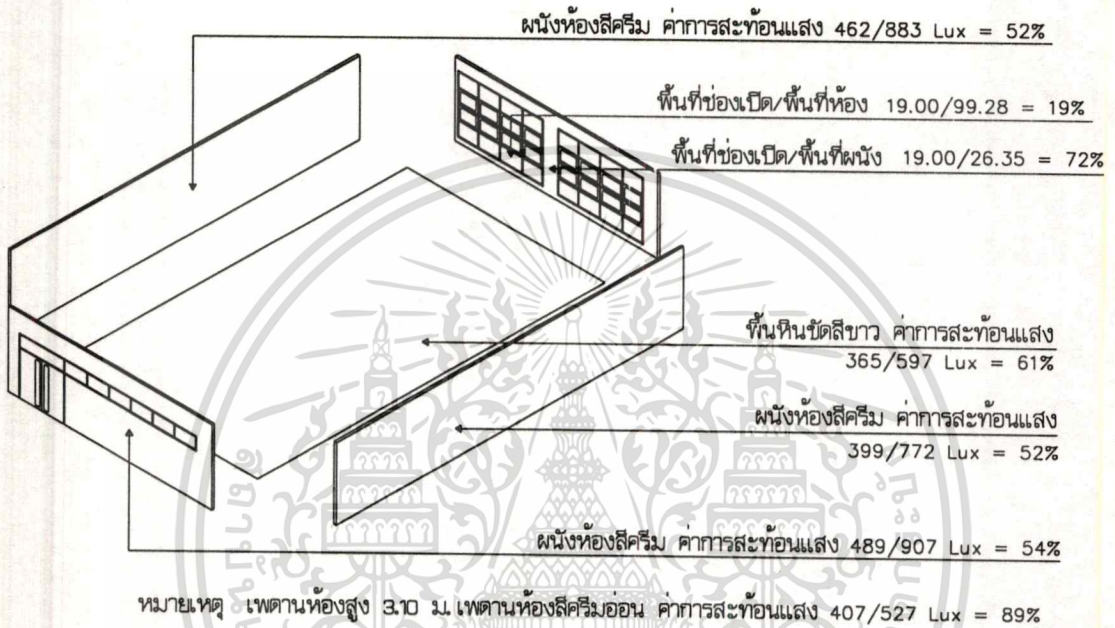
รูปที่ 5.24 แสดงค่า DF ห้อง 509 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 1 ด้าน)**

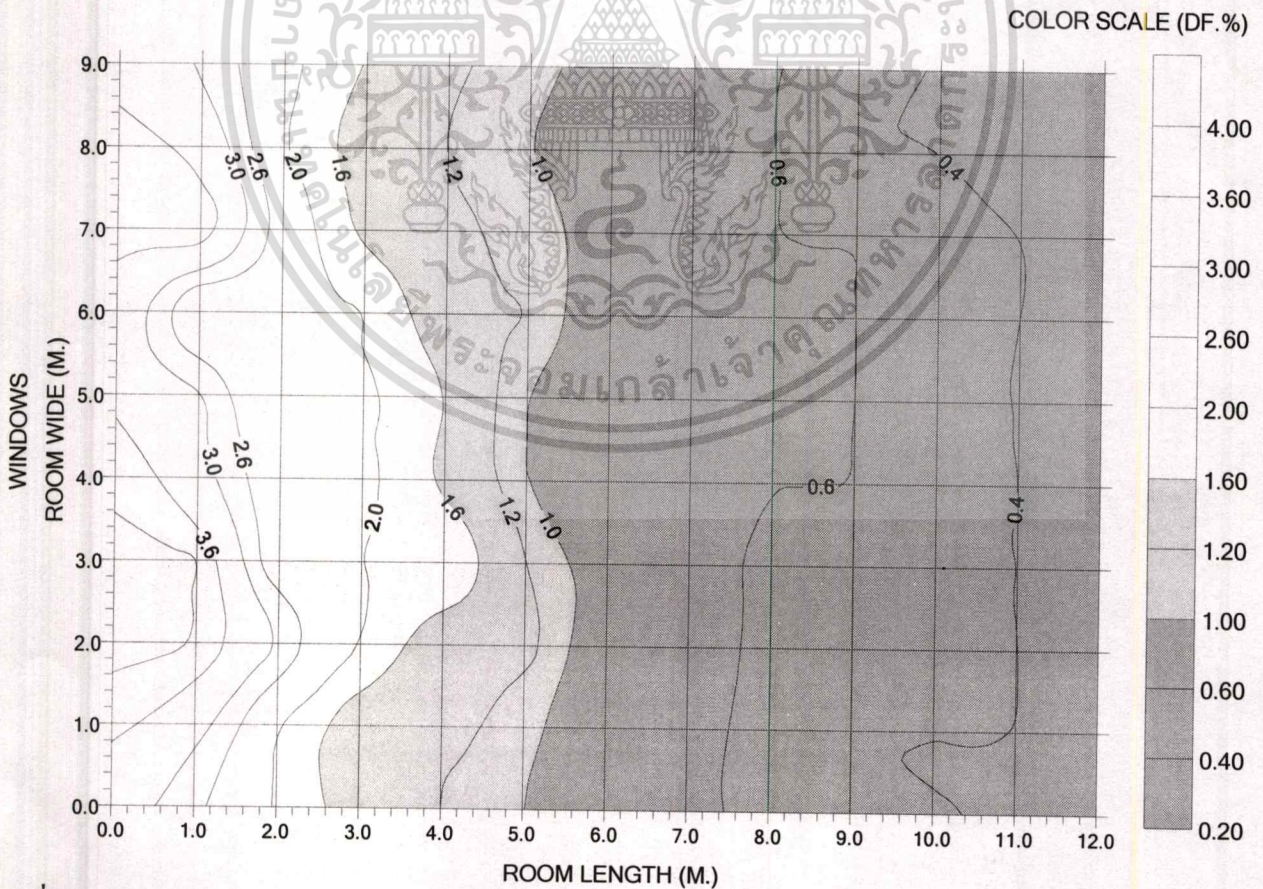
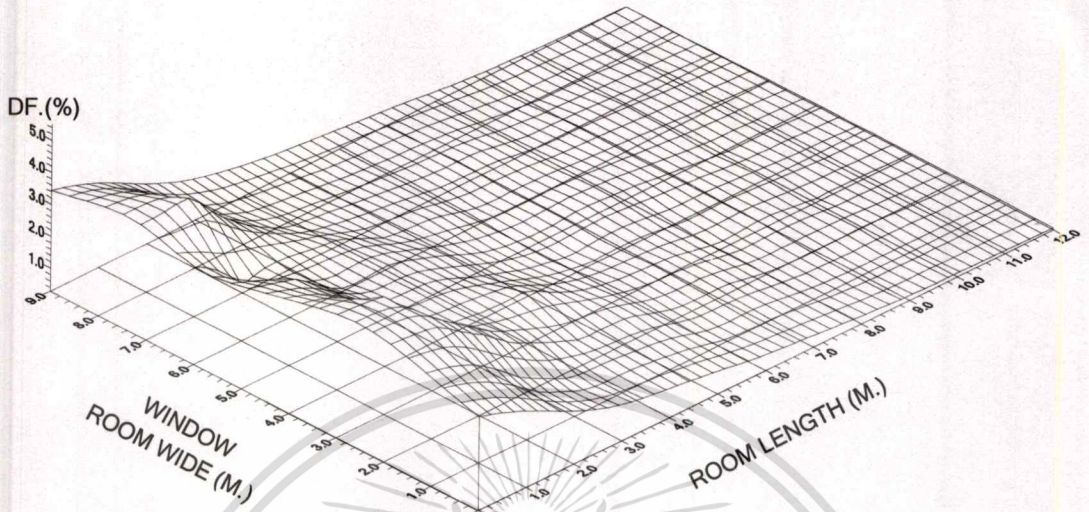
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้  
วันที่ทำการตรวจวัด 27 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ชั้น 5 ห้อง 509 อาคารเรียนรวม  
และปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศเหนือ)

สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆกระจุกกระจายแสงแดดจ้า



รูปที่ 5.25 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 12.00-13.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



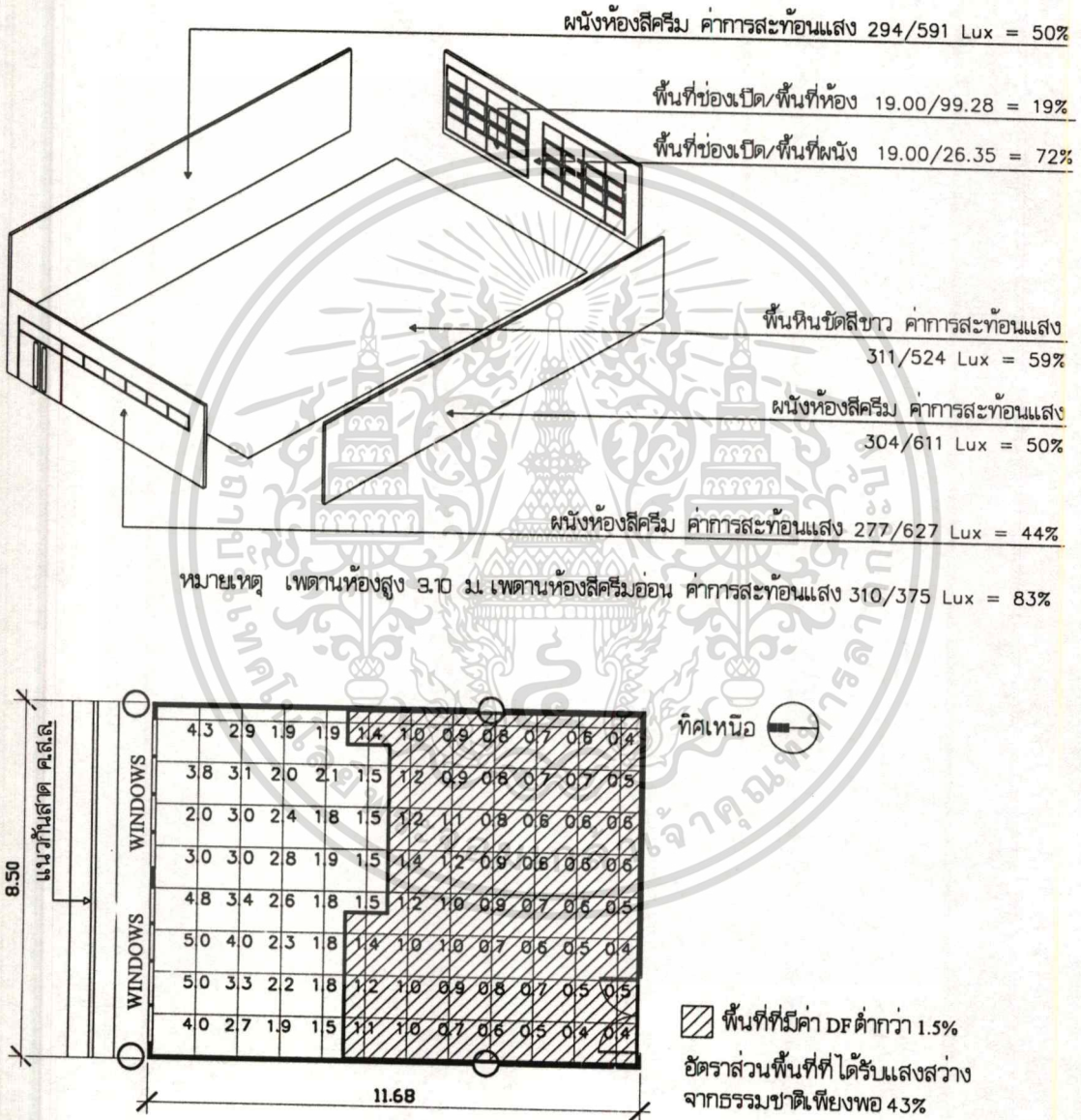
รูปที่ 5.26 แสดงค่า DF ห้อง 509 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 1 ด้าน)**

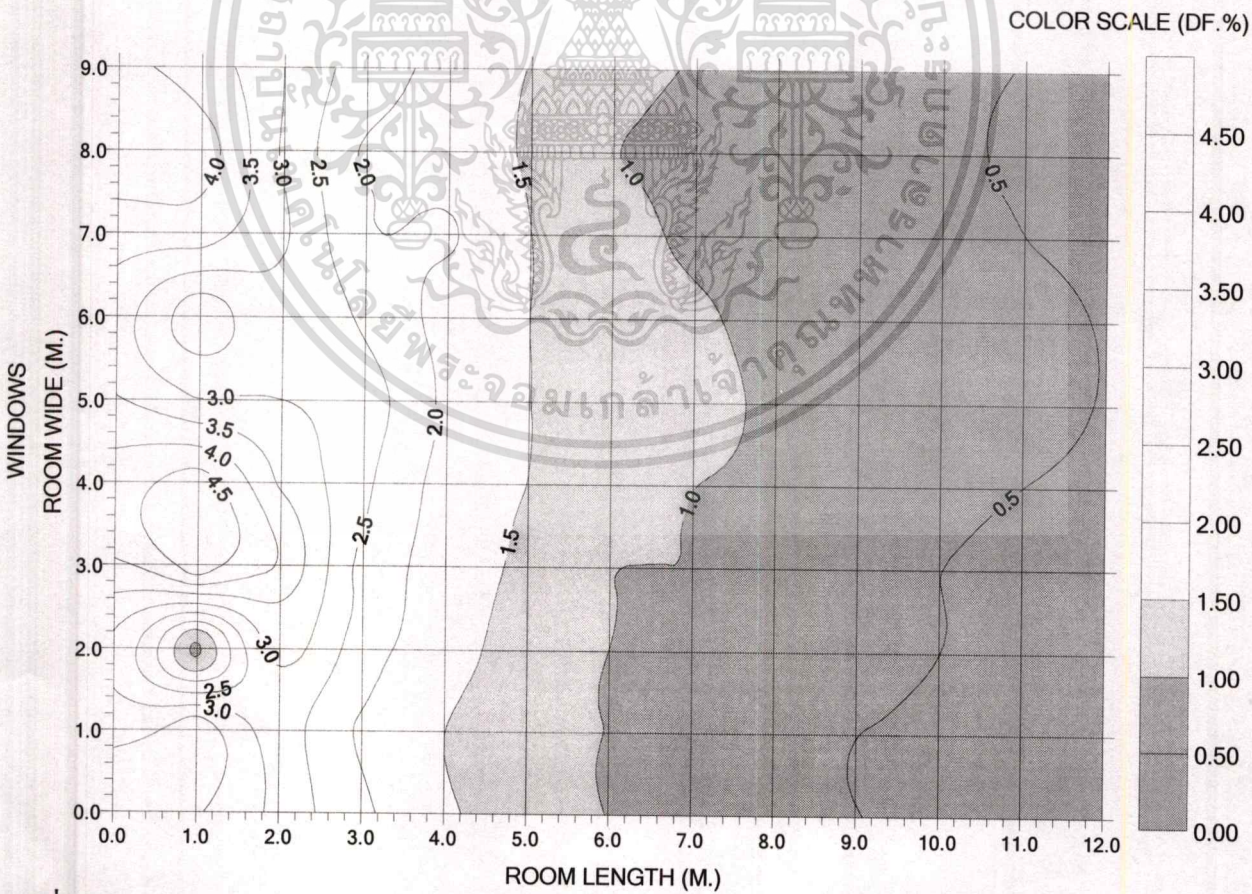
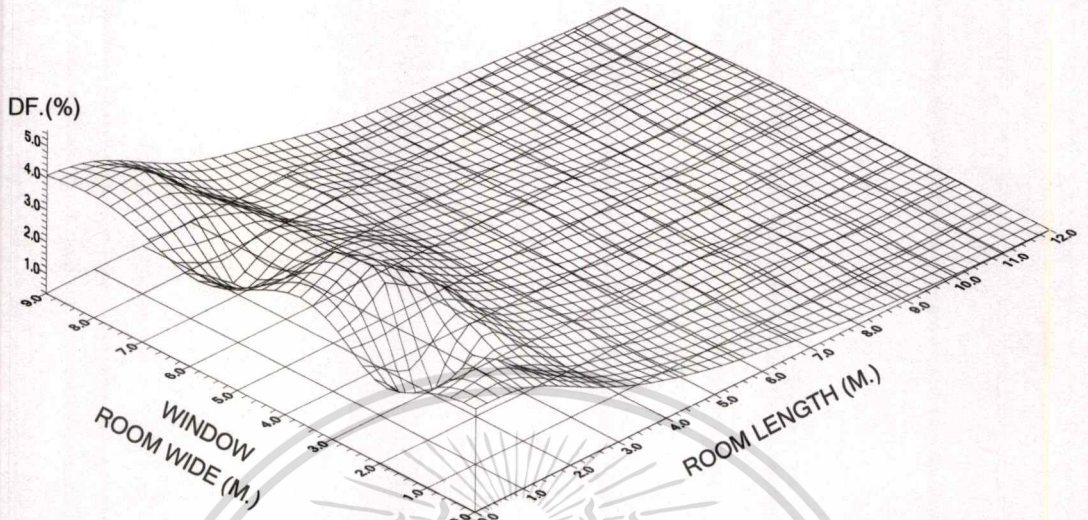
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้  
วันที่ทำการตรวจวัด 27 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ชั้น 5 ห้อง 509 อาคารเรียนรวม  
และปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศเหนือ)

สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆกระจุกกระจายแสงแดดจ้า



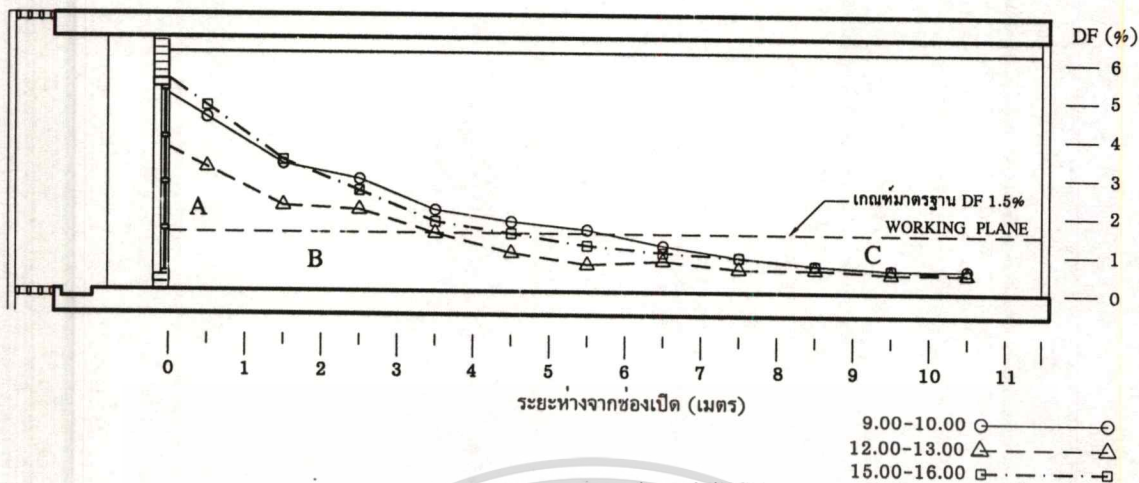
**รูปที่ 5.27** แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 15.00-16.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.28 แสดงค่า DF ห้อง 509 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- A = พื้นที่ที่มีปริมาณการส่องสว่างเกินความต้องการใช้งาน  
 B = พื้นที่ที่มีปริมาณการส่องสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งาน  
 C = พื้นที่ที่ต้องใช้แสงประดิษฐ์ช่วยเสริม

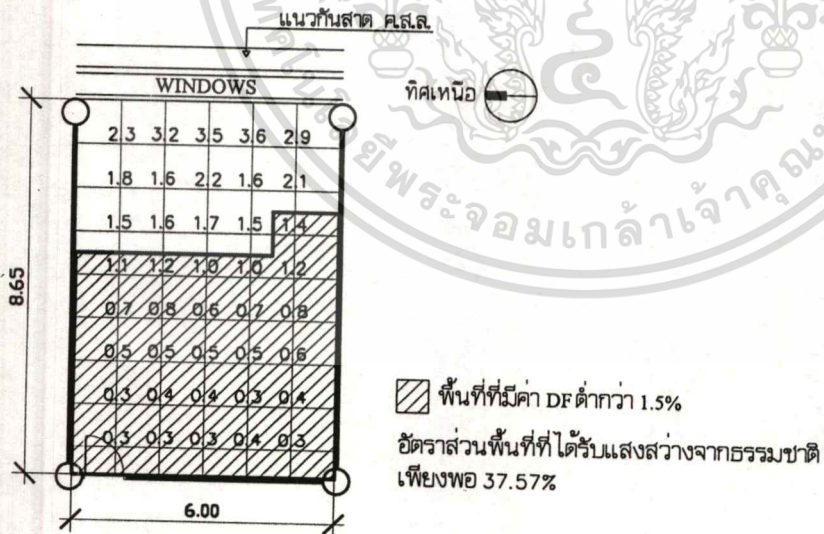
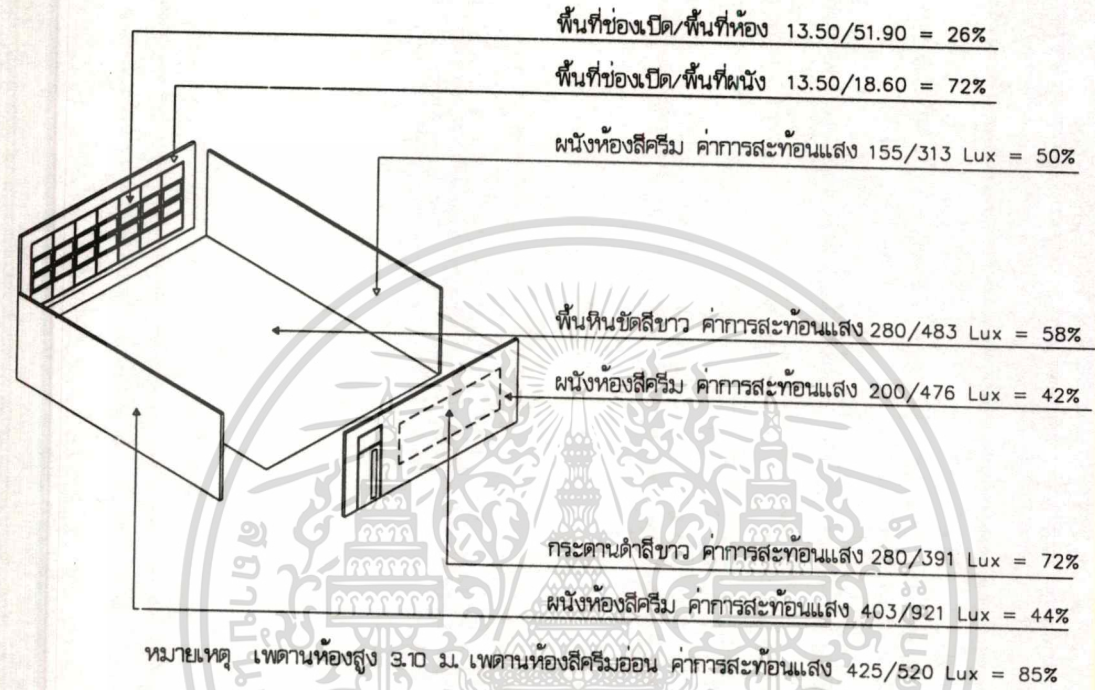
รูปที่ 5.29 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight factor ทั้ง 3 ช่วงเวลา

จากการตรวจสอบสภาพการส่องสว่างภายในทั้ง 3 ช่วงเวลา พบว่าประสิทธิภาพในการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติค่อนข้างที่จะคงที่เกือบตลอดทั้งวัน โดยช่วงเวลา 9.00-10.00 น. จะมีปริมาณการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติเข้ามาภายในมากที่สุด โดยมีอัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอต่อการใช้งาน 54% ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. และ 15.00-16.00 น. ปริมาณแสงสว่างภายในเริ่มมีปริมาณที่ลดลง อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอต่อการใช้งานคิดเป็น 31% และ 43% ในขณะที่ปริมาณแสงธรรมชาติที่เพียงพอต่อการใช้งานจะมีระยะ 4-5 เมตร จากระยะห่างช่องเปิด โดยที่ช่องเปิดมีอัตราส่วนที่ 72% ส่วนสภาพแวดล้อมภายในห้องมีค่าการสะท้อนแสงที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดี ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการส่องสว่างภายใน

การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 1 ด้าน)

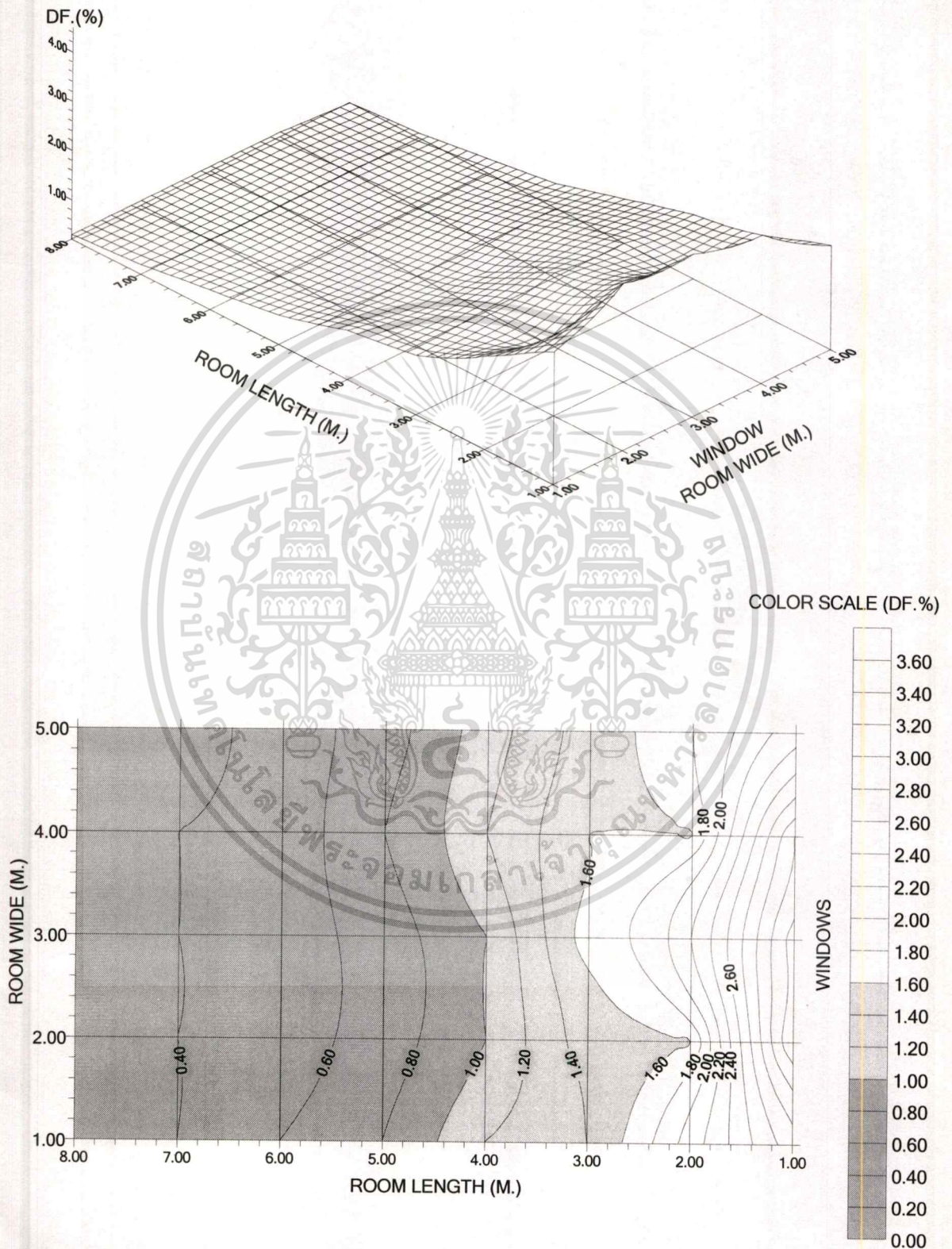
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้ วันที่ทำการตรวจวัด 25 พฤศจิกายน 2544 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น. ชั้น 3 ห้อง 315 อาคารเรียนรวม และปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันออก)

สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆกระจัดกระจายแสงแดดจ้า



รูปที่ 5.30 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 9.00-10.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



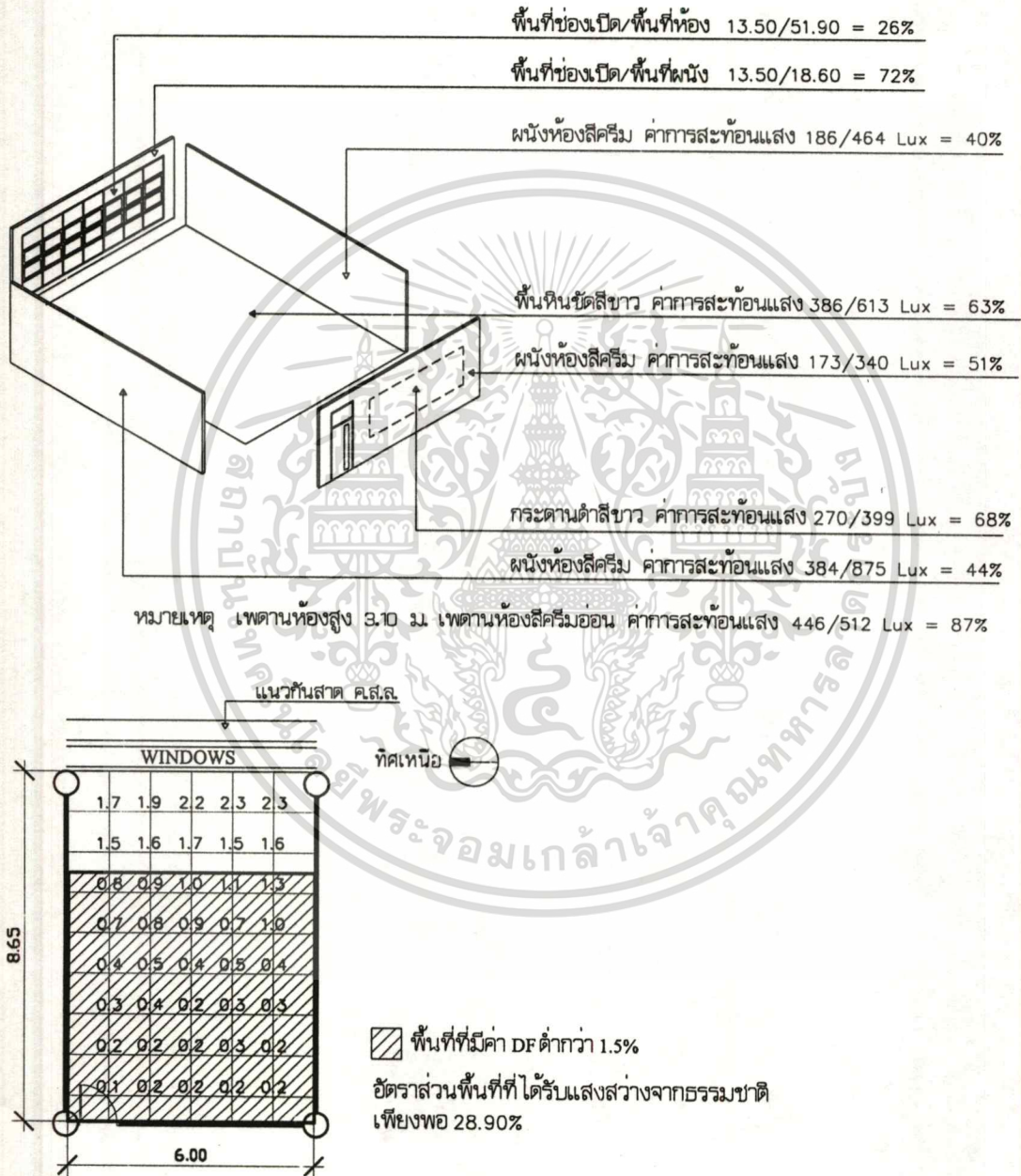
รูปที่ 5.31 แสดงค่า DF ห้อง 315 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 1 ด้าน)

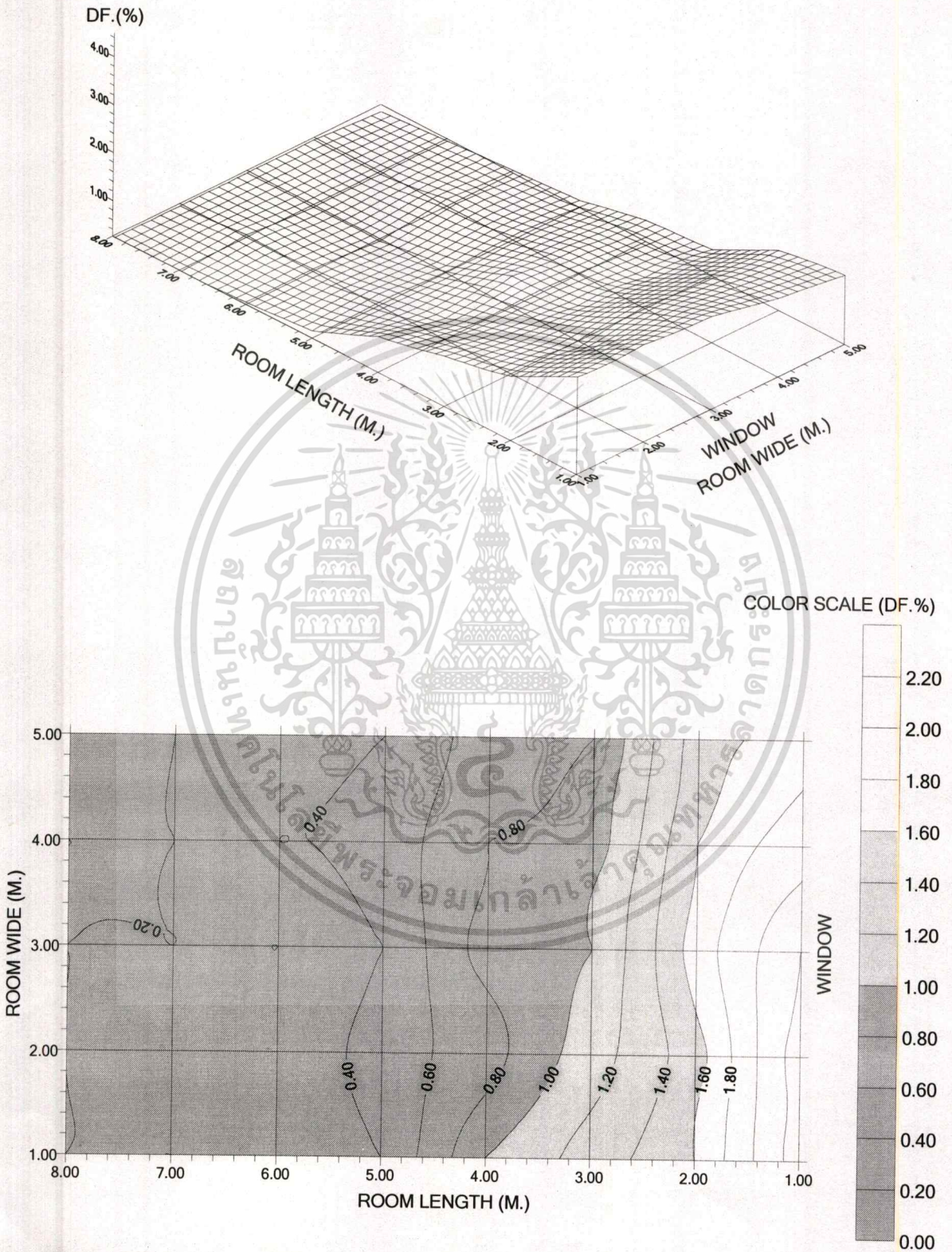
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้  
วันที่ทำการตรวจวัด 25 พฤศจิกายน 2544 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ชั้น 3 ห้อง 315 อาคารเรียน  
รวมและปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันออก)

สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆกระจุกกระจายแสงแดดจ้า



รูปที่ 5.32 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 12.00-13.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

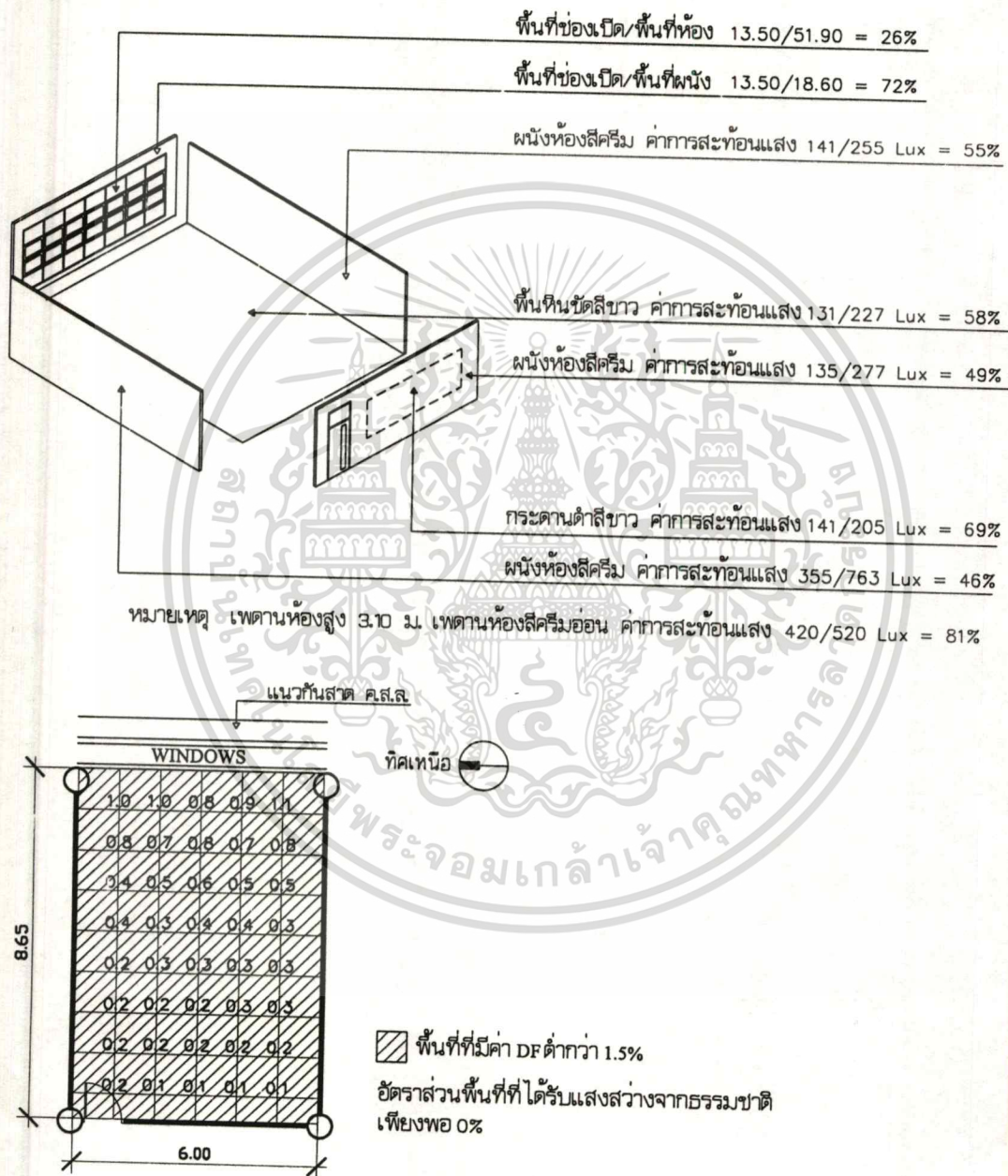


รูปที่ 5.33 แสดงค่า DF ห้อง 315 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

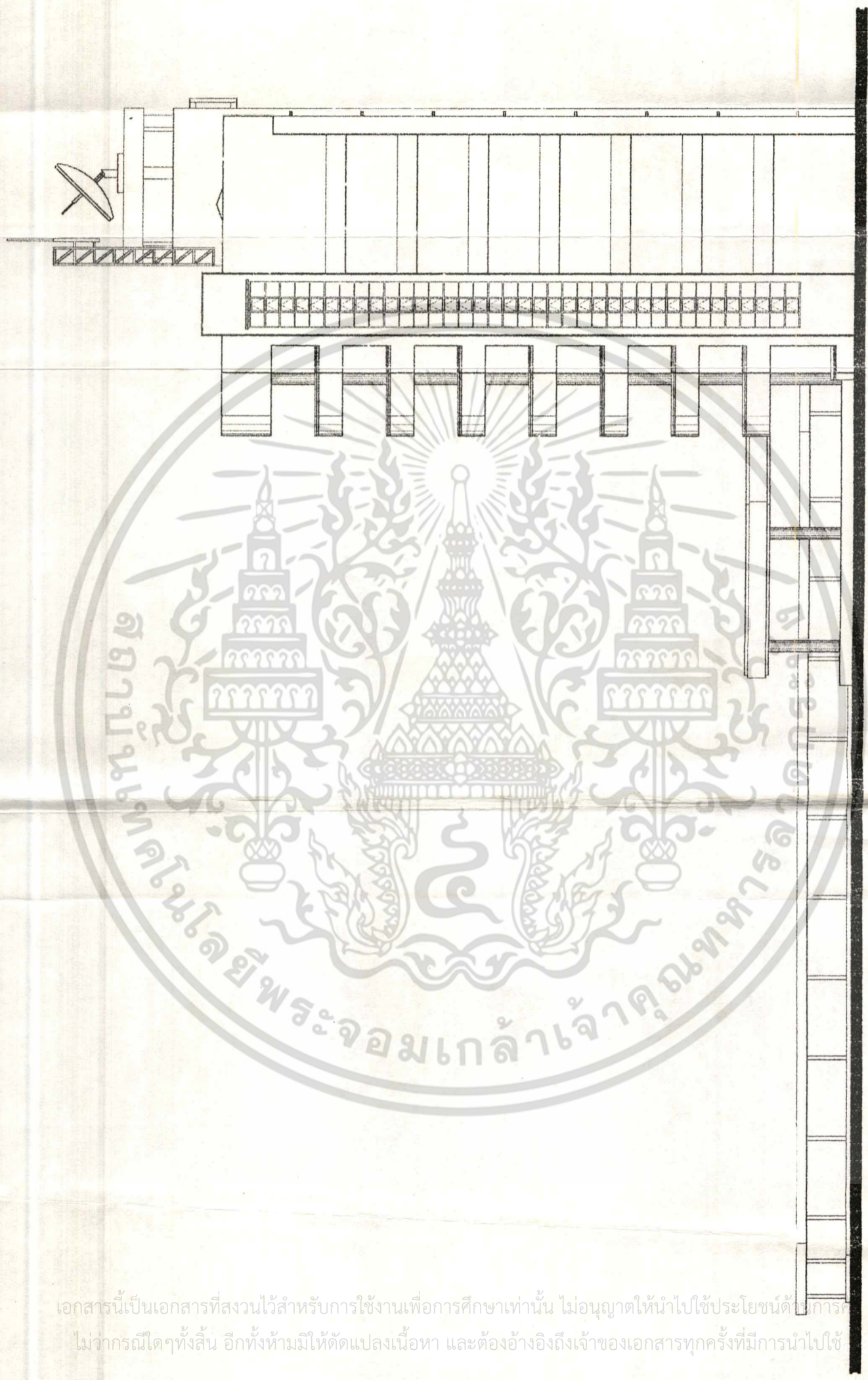
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 1 ด้าน)

การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้  
 วันที่ทำการตรวจวัด 25 พฤศจิกายน 2544 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ชั้น 3 ห้อง 315 อาคารเรียน  
 รวมและปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันออก)  
 สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆกระจุกกระจายแสงแดดจ้า



รูปที่ 5.34 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 15.00-16.00 น

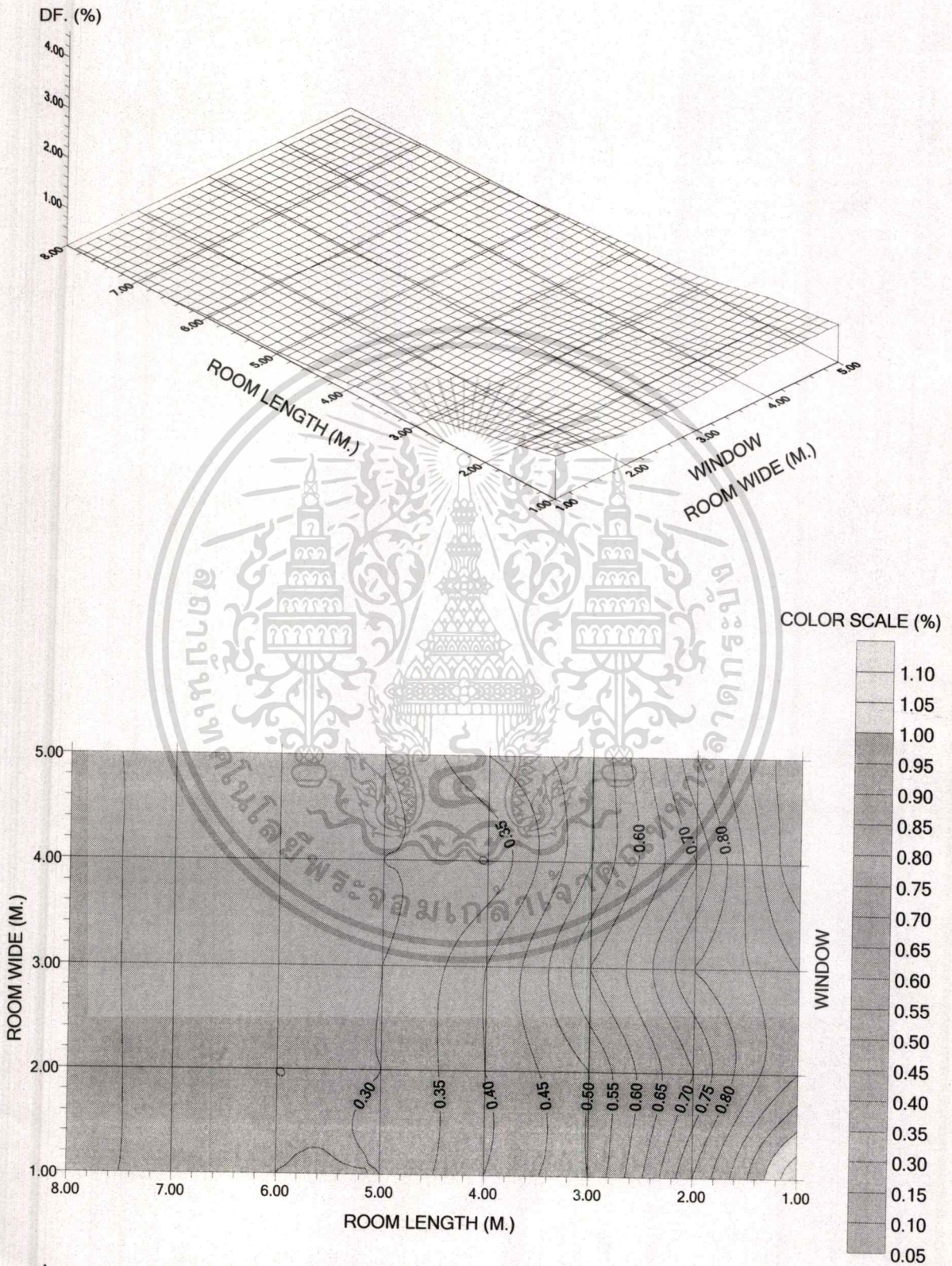
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ELEVATION 4  
SCALE 1 : 250

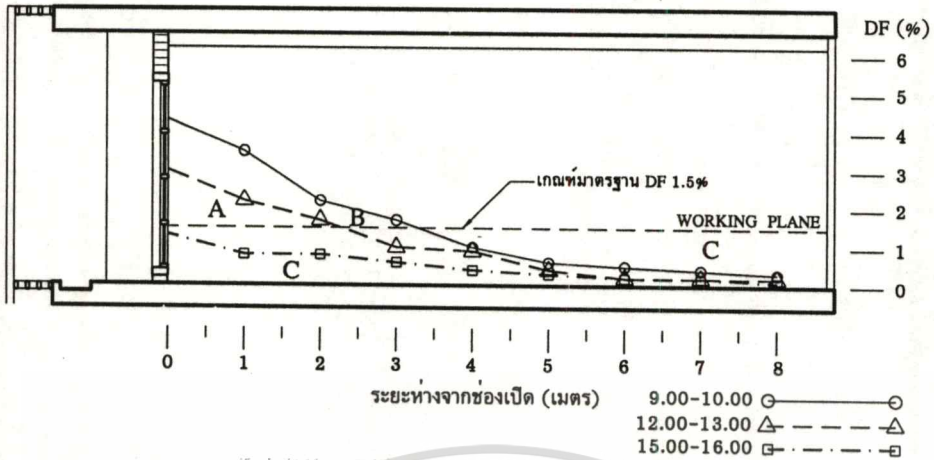
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7.15 รูปด้าน 4



รูปที่ 5.35 แสดงค่า DF ห้อง 315 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



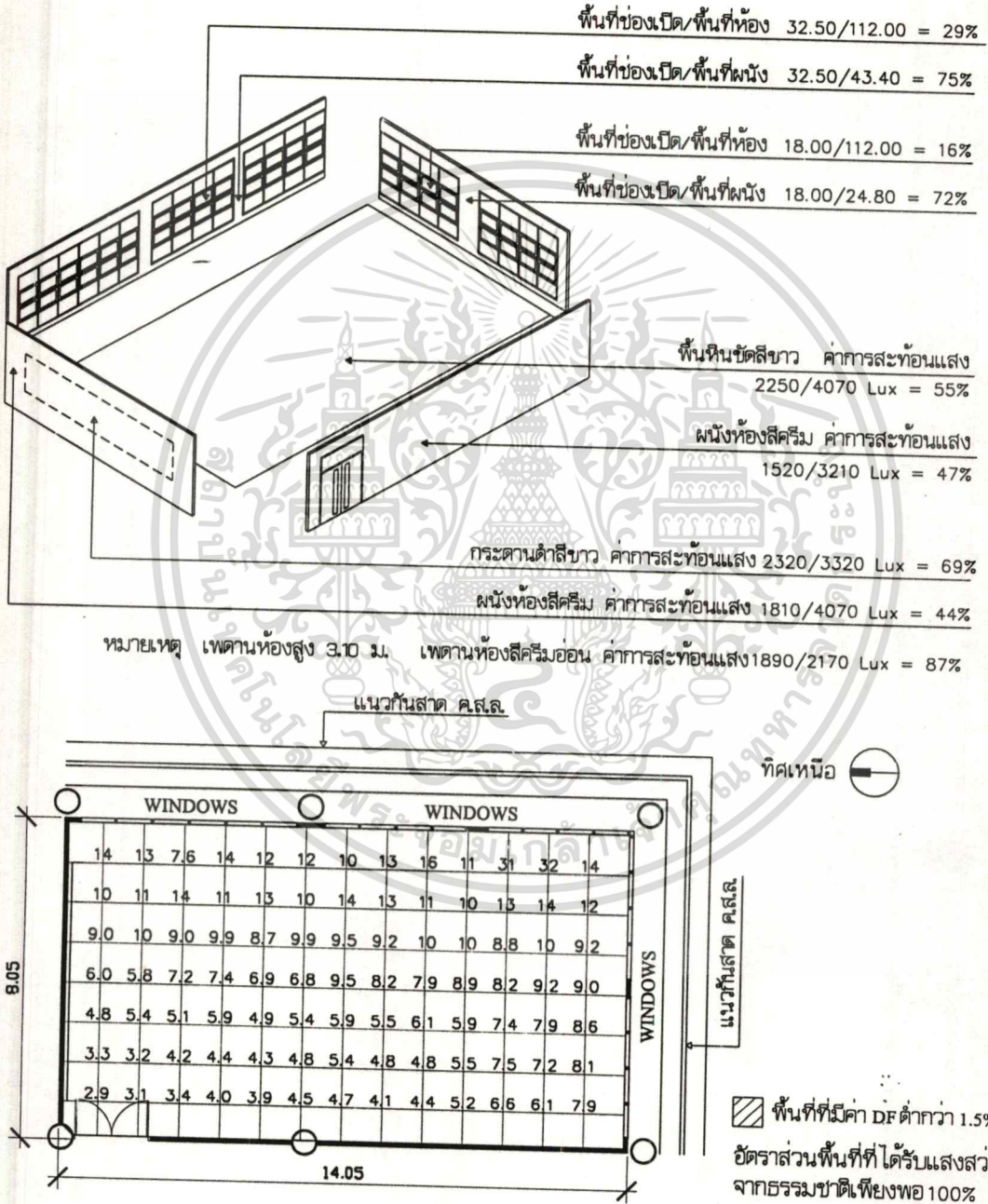
- A = พื้นที่ที่มีปริมาณการส่องสว่างเกินความต้องการใช้งาน  
 B = พื้นที่ที่มีปริมาณการส่องสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งาน  
 C = พื้นที่ที่ต้องใช้แสงประดิษฐ์ช่วยเสริม

รูปที่ 5.36 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight factor ทั้ง 3 ช่วงเวลา

จากการตรวจสอบสภาพการส่องสว่างภายในทั้ง 3 ช่วงเวลา พบว่าประสิทธิภาพในการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 9.00-10.00 น. จะมีปริมาณการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติเข้ามาภายในมากที่สุด โดยพื้นที่บางส่วนบริเวณใกล้ช่องเปิดจะได้รับแสงตรง เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ต้องอาศัยมุม Altitude ที่ต่ำ อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอต่อการใช้งานอยู่ที่ 37% ของพื้นที่ห้อง ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ประสิทธิภาพในการส่องสว่างภายในเริ่มมีปริมาณที่ลดลง อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอก็คือ 28% ส่วนช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ปริมาณแสงสว่างภายในห้องจะไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่อยู่ด้านหลังของช่องเปิดและดวงอาทิตย์เริ่มมีมุม Altitude ที่ต่ำลง ซึ่งปริมาณแสงสว่างภายในห้องที่ได้รับจะมีลักษณะที่ตรงกันข้ามกับช่วงเวลา 9.00-10.00 น. ส่วนสภาพแวดล้อมภายในห้องมีค่าการสะท้อนแสงอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่างภายใน

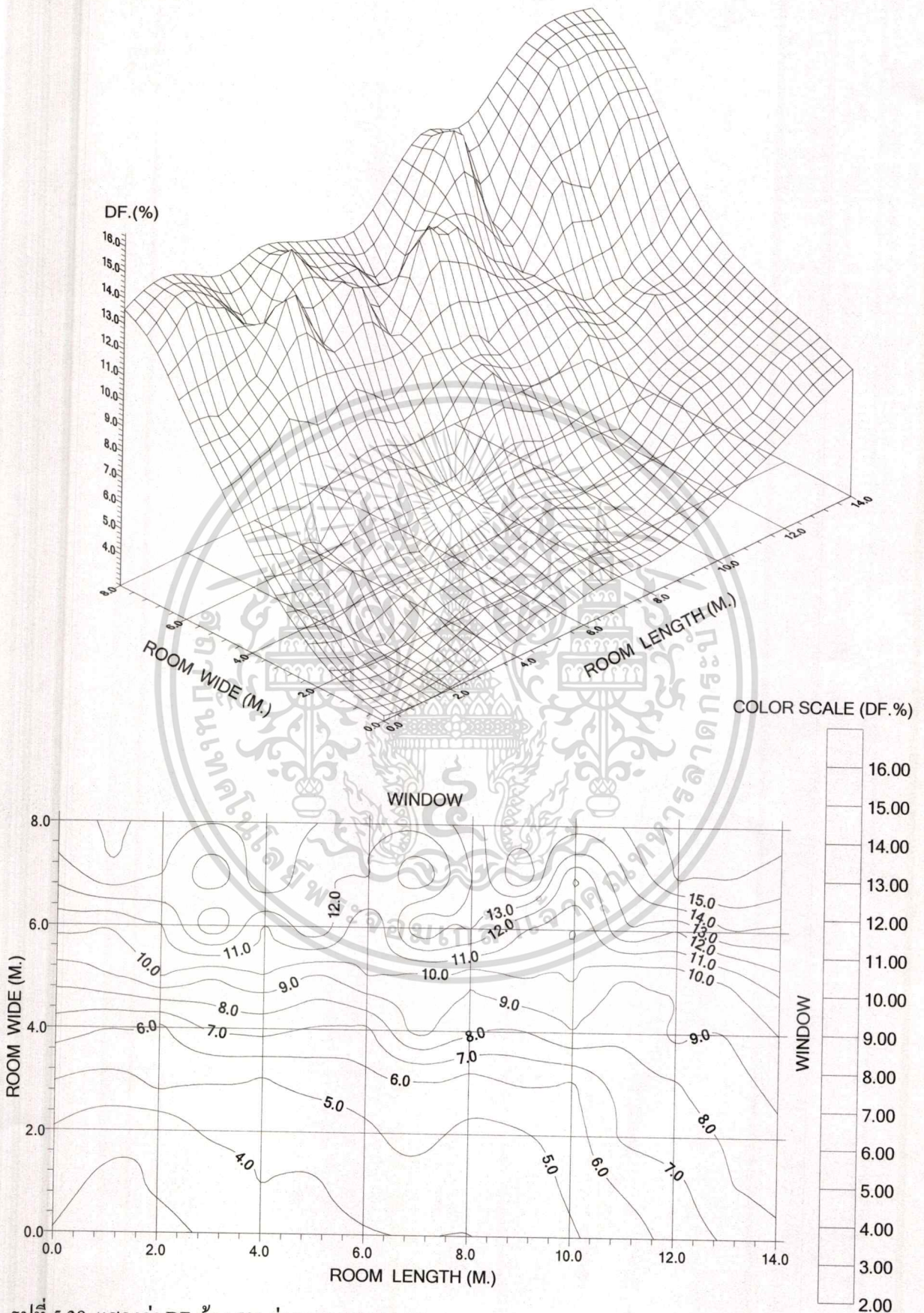
**การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 2 ด้าน)**

การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้  
วันที่ทำการตรวจวัด 20 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น. ชั้น 5 ห้อง 501 อาคารเรียนรวม  
และปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันออก, ทิศใต้)  
สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆกระจุกกระจายแสงแดดจ้า



**รูปที่ 5.37** แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 9.00-10.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

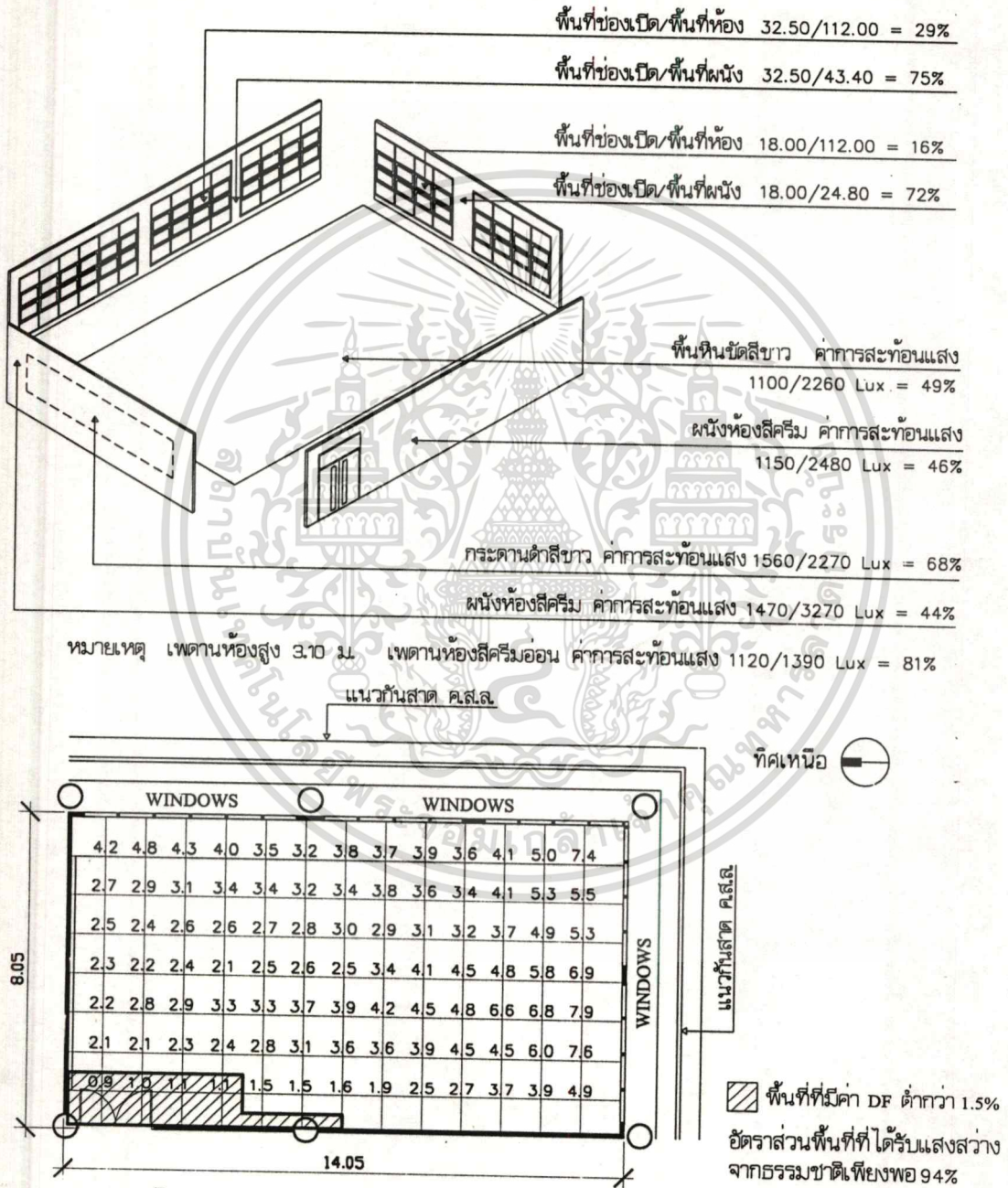


รูปที่ 5.38 แสดงค่า DF ห้อง 501 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

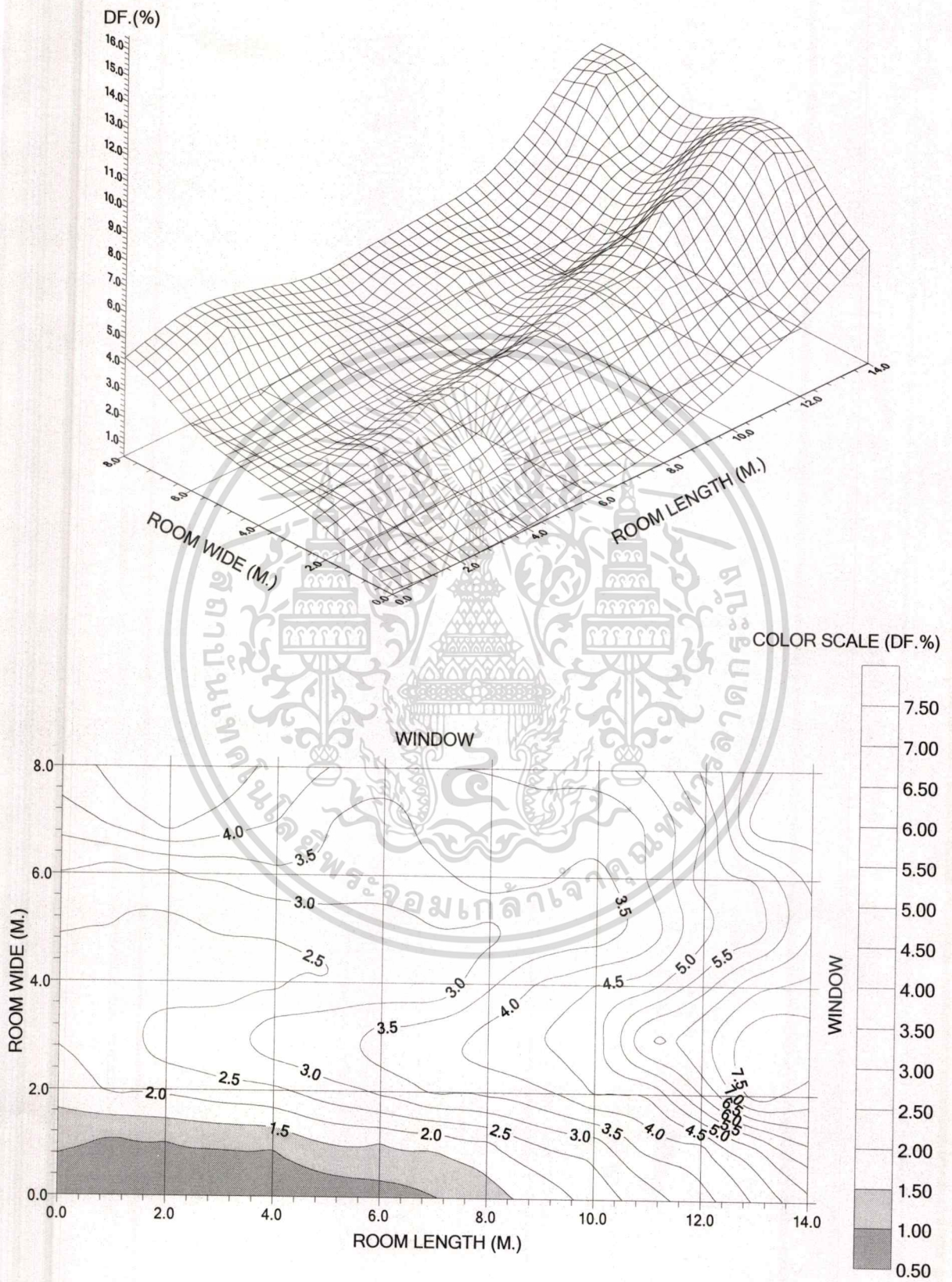
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 2 ด้าน)

การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้  
วันที่ทำการตรวจวัด 20 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ชั้น 5 ห้อง 501 อาคารเรียนรวม  
และปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันออก, ทิศใต้)  
สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆมากแสงแดดจ้า



รูปที่ 5.39 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 12.00-13.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

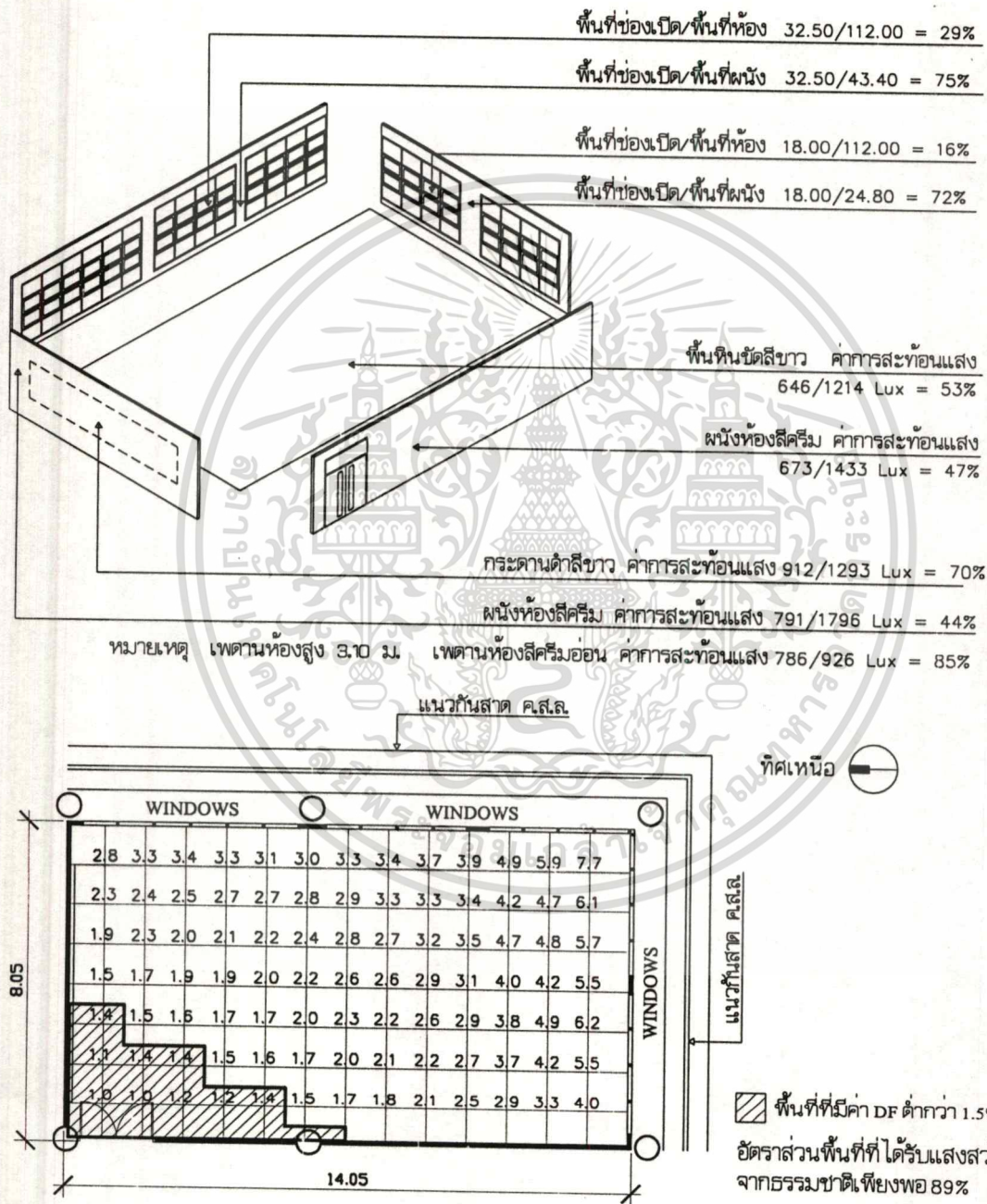


รูปที่ 5.40 แสดงค่า DF ห้อง 501 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

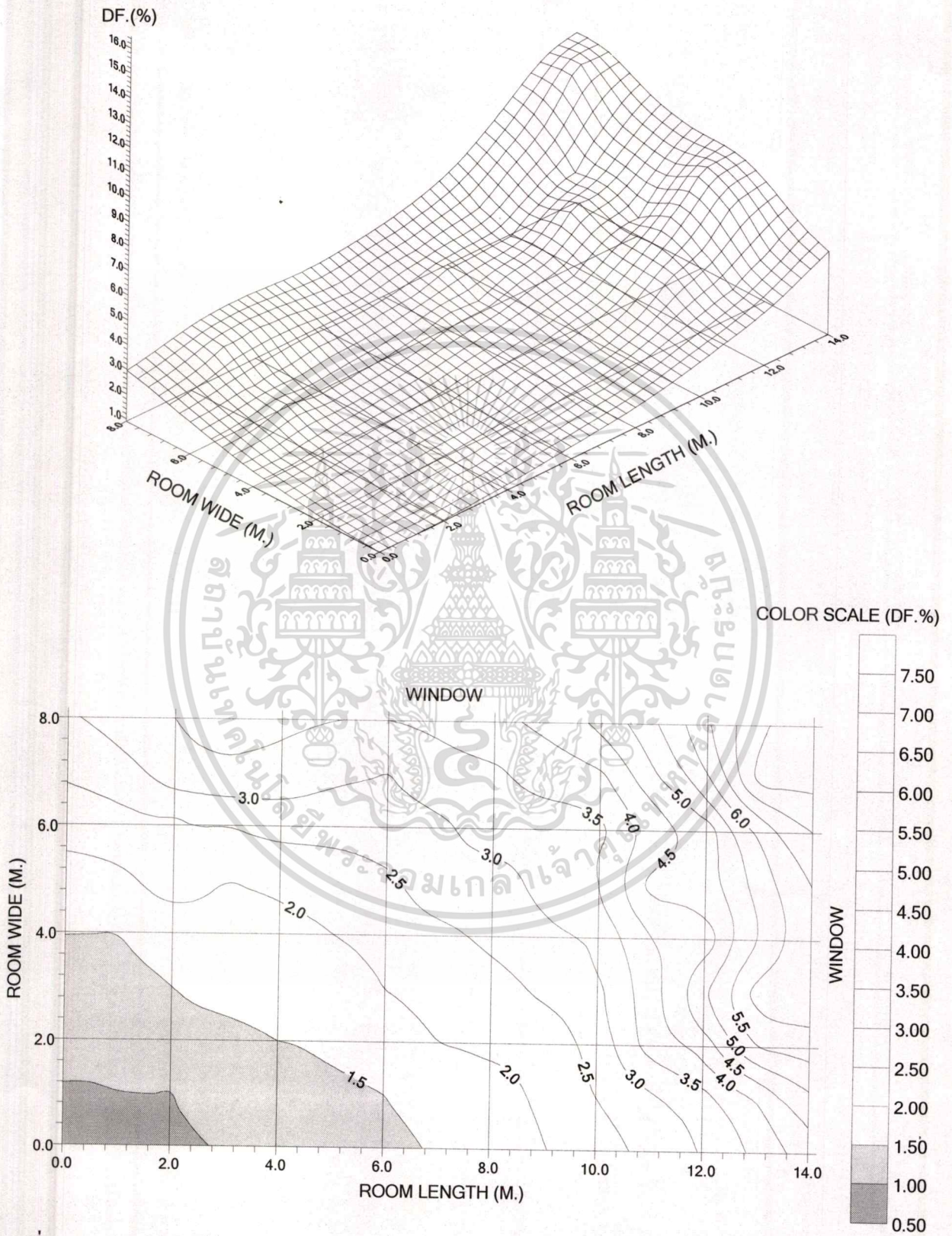
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 2 ด้าน)

การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้  
 วันที่ทำการตรวจวัด 20 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ชั้น 5 ห้อง 501 อาคารเรียนรวม  
 และปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันออก, ทิศใต้)  
 สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆมากแสงแดดจ้า



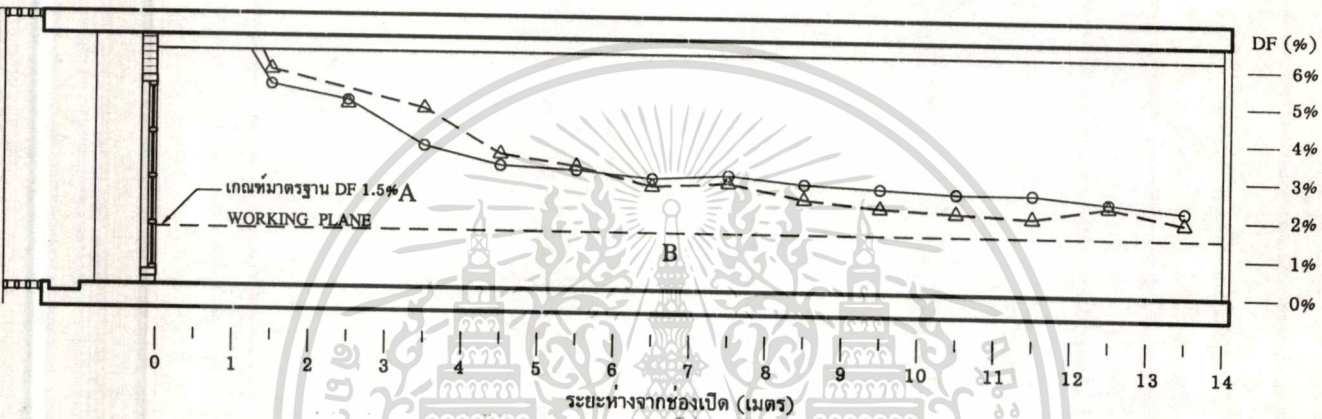
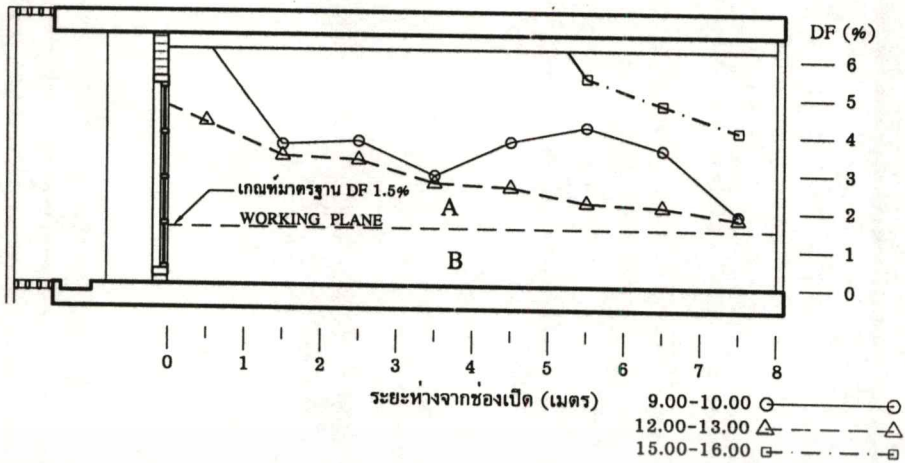
รูปที่ 5.41 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 15.00-16.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.42 แสดงค่า DF ห้อง 501 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- A = พื้นที่ที่มีปริมาณการส่องสว่างเกินความต้องการใช้งาน  
 B = พื้นที่ที่มีปริมาณการส่องสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งาน  
 C = พื้นที่ที่ต้องใช้แสงประดิษฐ์ช่วยเสริม

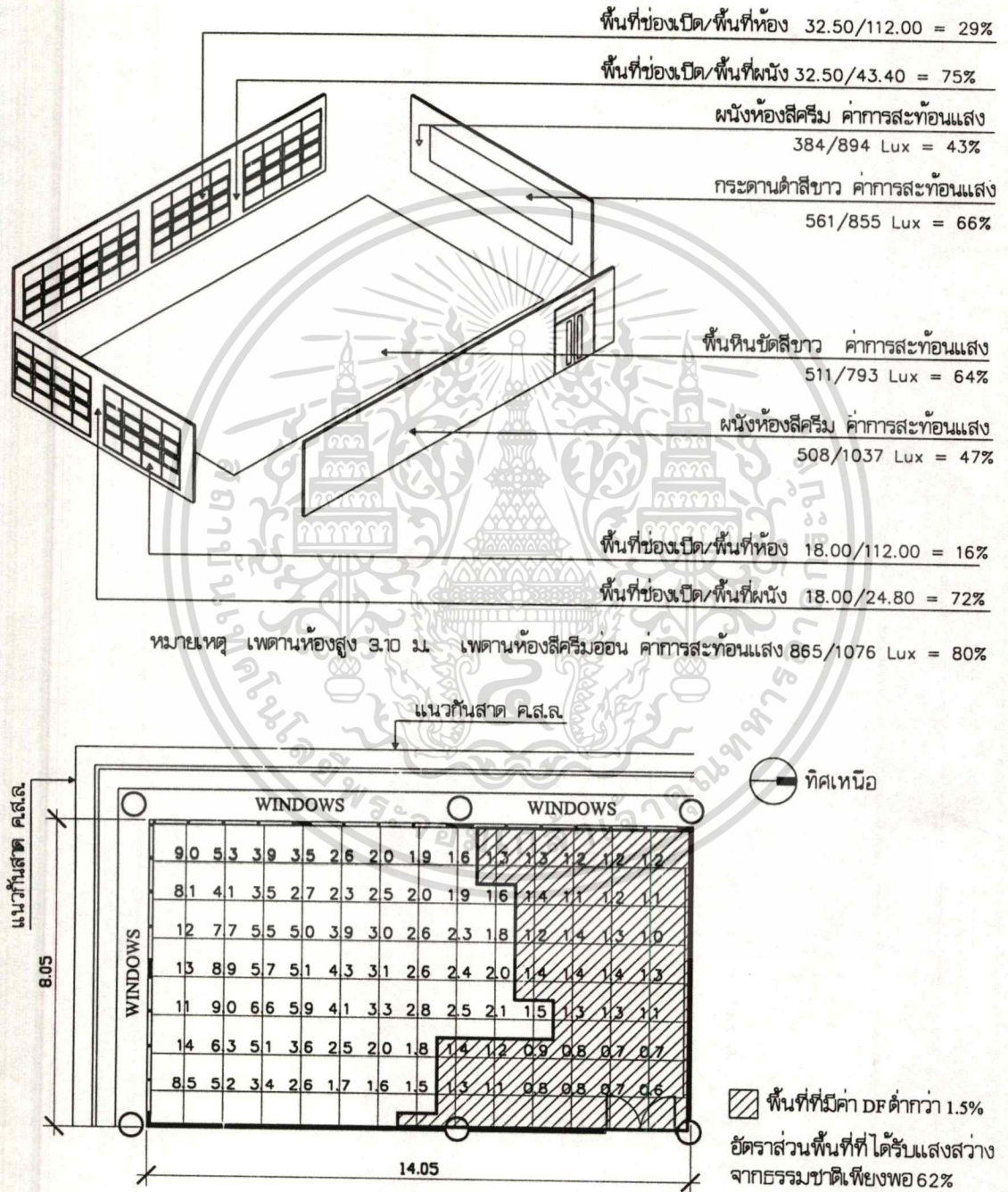
รูปที่ 5.43 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight factor ทั้ง 3 ช่วงเวลา

จากการตรวจสอบสภาพการส่องสว่างภายในทั้ง 3 ช่วงเวลา พบว่าประสิทธิภาพในการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติอยู่ในเกณฑ์ที่ดีตลอดทั้งวัน จากการที่มีช่องเปิด 2 ด้าน โดยพื้นที่ช่องเปิดด้านทิศตะวันออกมีอัตราส่วน 75% อัตราส่วนช่องเปิดด้านทิศใต้ 72% ปริมาณแสงสว่างจะมีมากบริเวณใกล้ช่องเปิดทั้ง 2 ด้าน โดยเฉพาะช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออกในช่วงเวลา 9.00-10.00 น. จะมีพื้นที่บางส่วนจะได้รับแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ส่วนสภาพแวดล้อมภายใน มีค่าการสะท้อนแสงอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ทำให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่างภายใน

การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 2 ด้าน)

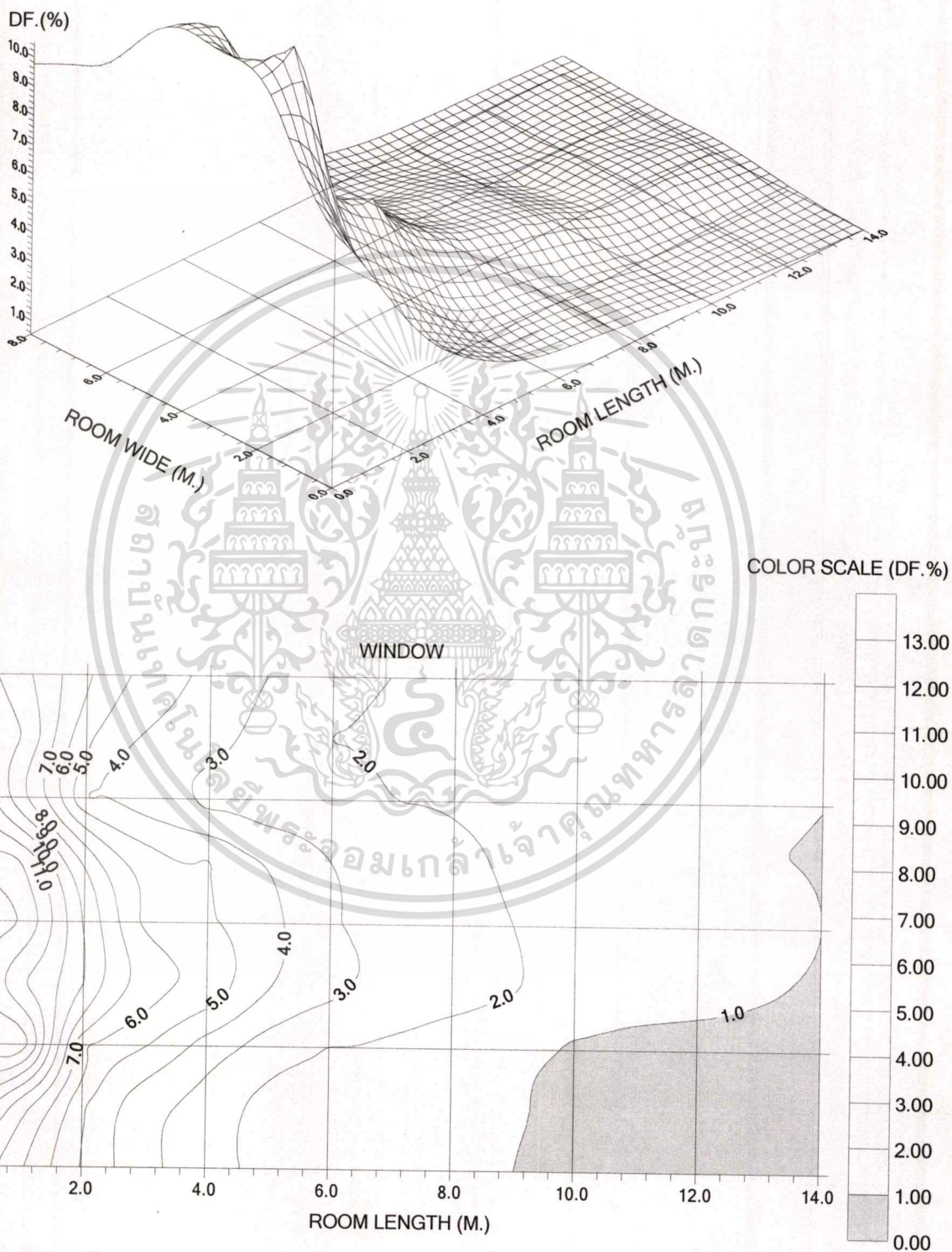
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้  
วันที่ทำการตรวจวัด 22 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น. ชั้น 5 ห้อง 506 อาคารเรียนรวม  
และปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันตก, ทิศใต้)

สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆมากแสงแดดจ้า



รูปที่ 5.44 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 9.00-10.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



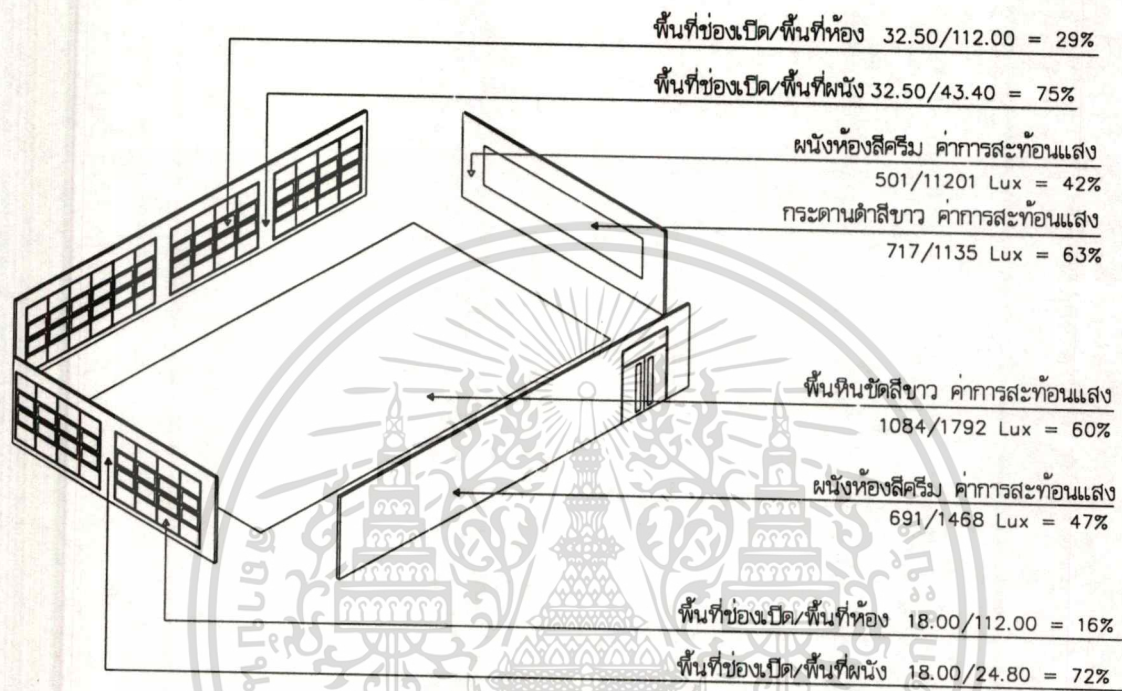
รูปที่ 5.45 แสดงค่า DF ห้อง 506 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

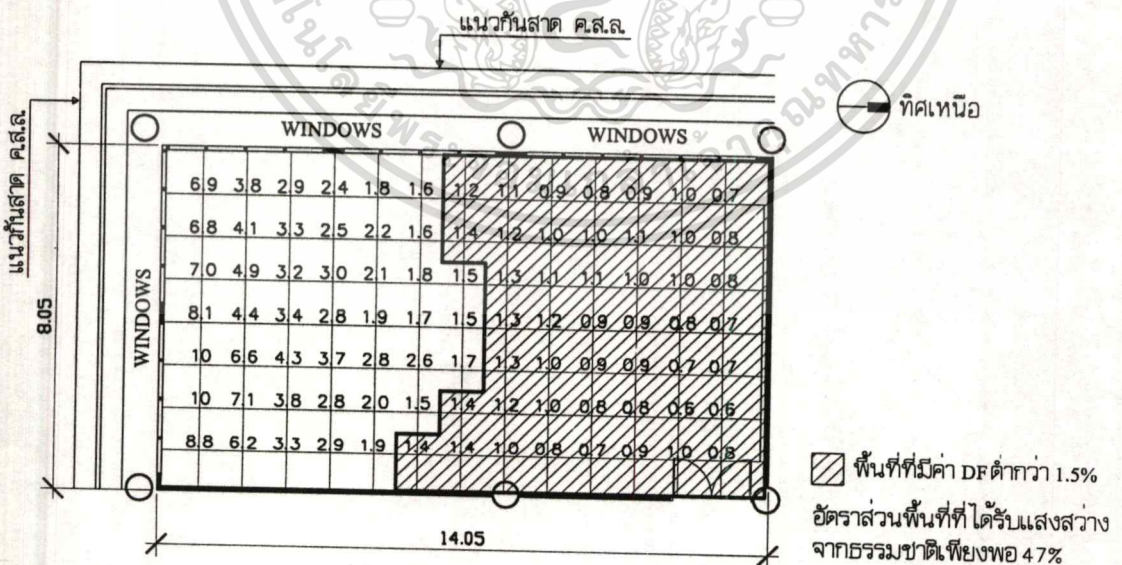
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 2 ด้าน)

การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้ วันที่ทำการตรวจวัด 22 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ชั้น 5 ห้อง 506 อาคารเรียนรวม และปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันตก, ทิศใต้)

สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆมากแสงแดดจ้า

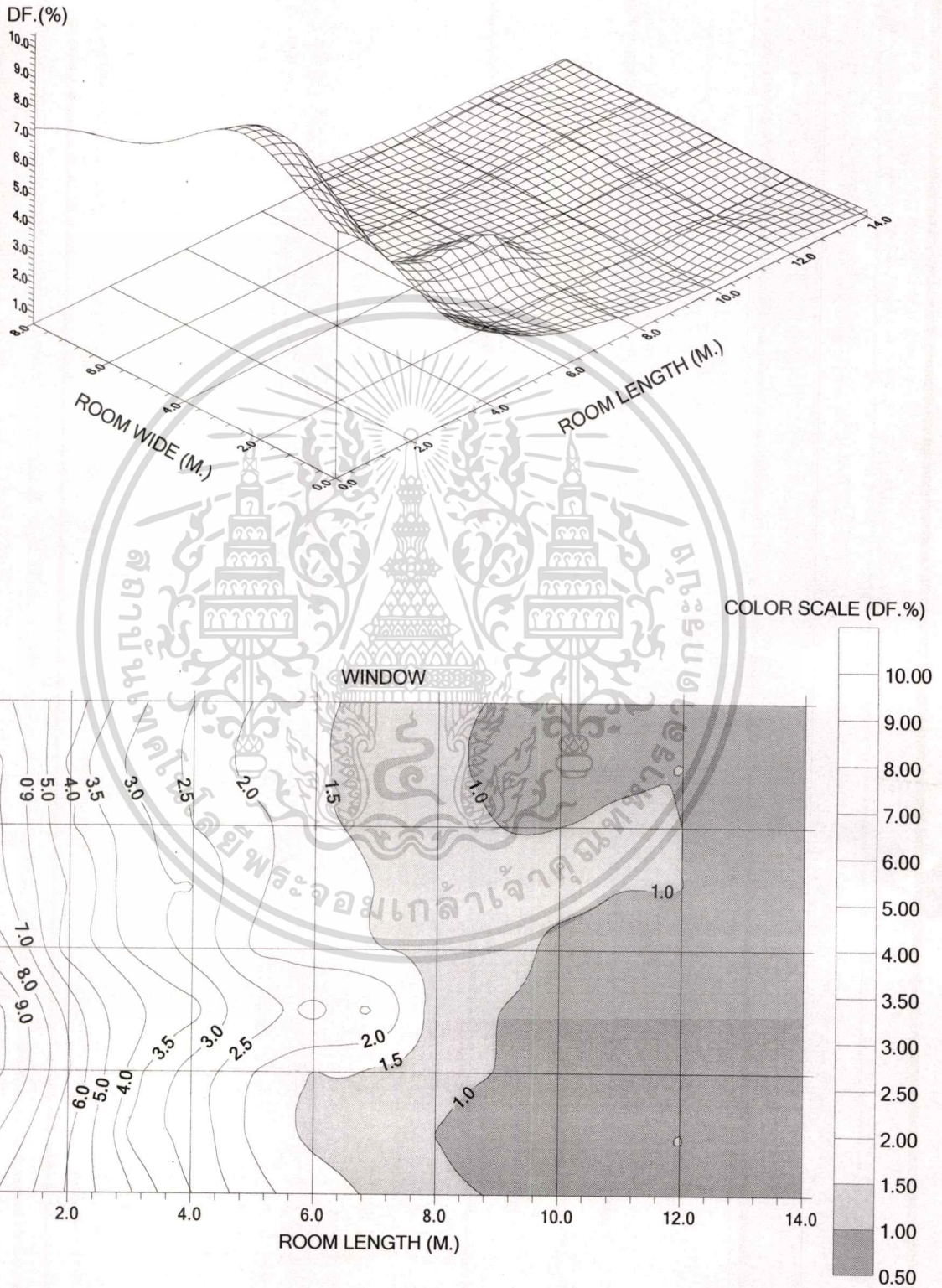


หมายเหตุ เพดานห้องสูง 3.10 ม. เพดานห้องสีครีมอ่อน ค่าการสะท้อนแสง  $810/1008 \text{ Lux} = 80\%$



รูปที่ 5.46 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 12.00-13.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

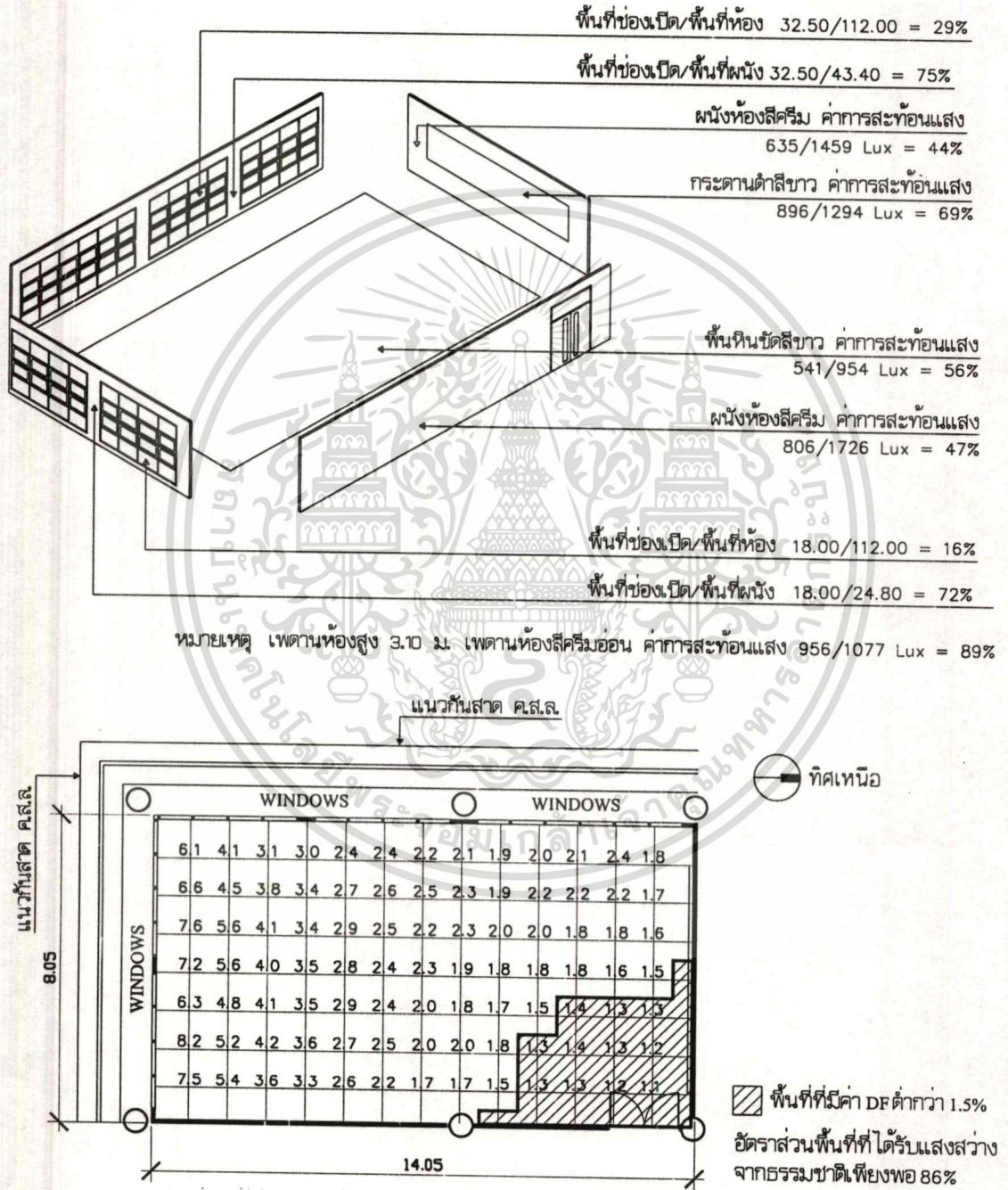


รูปที่ 5.47 แสดงค่า DF ห้อง 506 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

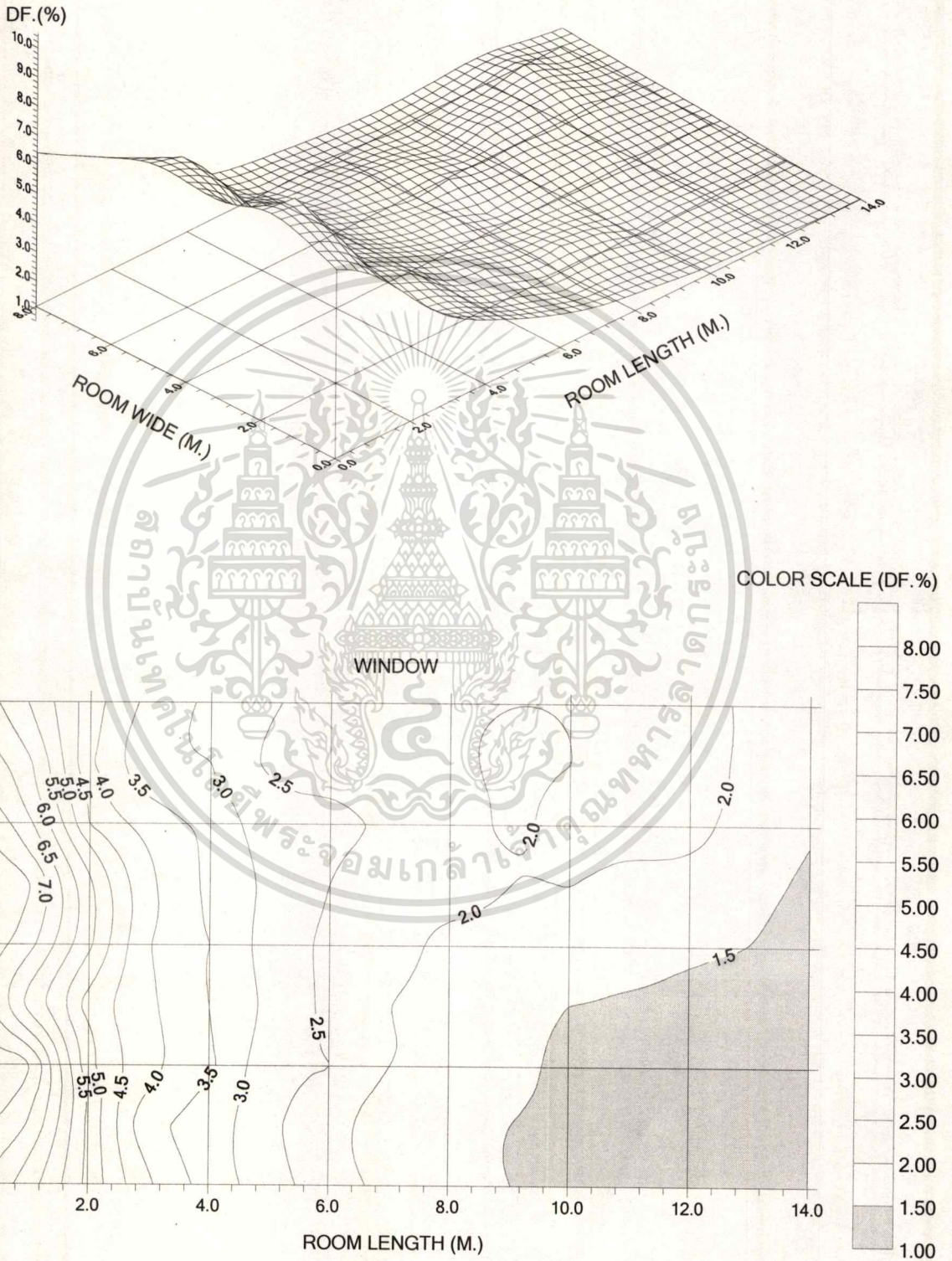
**การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 2 ด้าน)**

การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้  
 วันที่ทำการตรวจวัด 22 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ชั้น 5 ห้อง 506 อาคารเรียนรวม  
 และปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันตก, ทิศใต้)  
 สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆมากแสงแดดจ้า



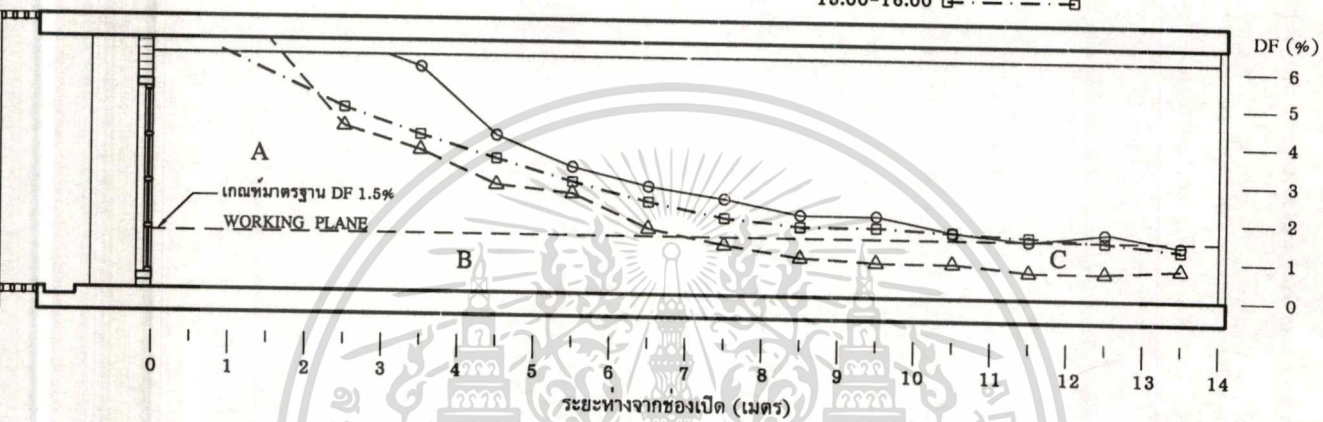
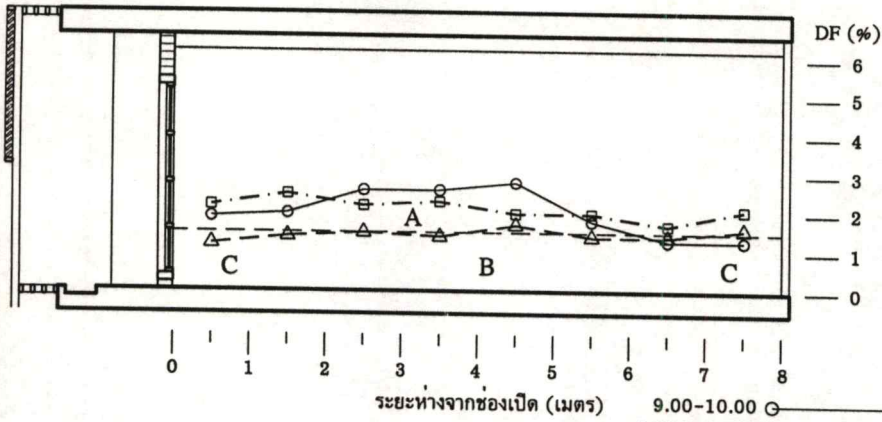
รูปที่ 5.48 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 15.00-16.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าการฉีดยาทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.49 แสดงค่า DF ห้อง 506 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- A = พื้นที่ที่มีปริมาณการส่องสว่างเกินความต้องการใช้งาน
- B = พื้นที่ที่มีปริมาณการส่องสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งาน
- C = พื้นที่ที่ต้องใช้แสงประดิษฐ์ช่วยเสริม

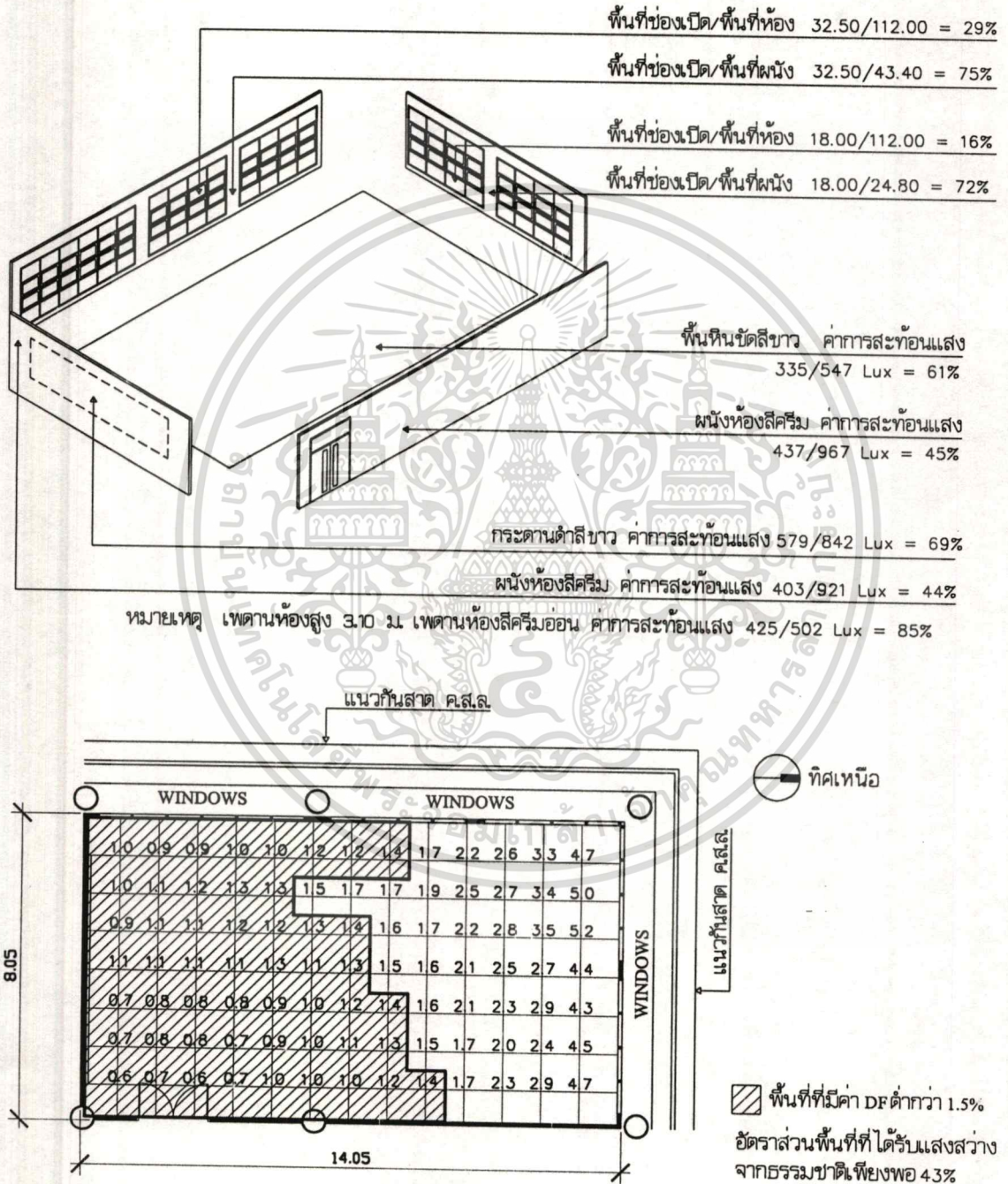
รูปที่ 5.50 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight factor ทั้ง 3 ช่วงเวลา

จากการตรวจสอบสภาพการส่องสว่างภายในทั้ง 3 ช่วงเวลา พบว่าประสิทธิภาพในการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติอยู่ในเกณฑ์ที่ดีตลอดทั้งวัน จากการที่มีช่องเปิด 2 ด้าน โดยพื้นที่ช่องเปิดทางด้านทิศใต้มีอัตราส่วน 72% อัตราส่วนช่องเปิดทางด้านทิศตะวันตก 75% ของพื้นที่ผนัง ปริมาณแสงสว่างภายในที่เพียงพอต่อการใช้งานมีอัตราส่วนโดยส่วนใหญ่เกิน 50% ของพื้นที่ห้อง โดยปริมาณแสงสว่างจะมีมากที่สุดทางช่องเปิดด้านทิศใต้ ส่วนช่องเปิดทางด้านทิศตะวันตกถึงแม้จะมีอัตราส่วนช่องเปิด 75% แต่ปริมาณแสงสว่างที่ส่องผ่านช่องเปิดเข้ามาทางทิศนี้มีน้อย เป็นผลเนื่องจากอุปกรณ์บังแดดภายนอกด้านทิศนี้เป็นส่วนสำคัญ ที่ลดทอนปริมาณแสงสว่างที่ส่องเข้ามาภายใน ส่วนสภาพแวดล้อมภายในมีค่าการสะท้อนแสงอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่างภายใน

**การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 2 ด้าน)**

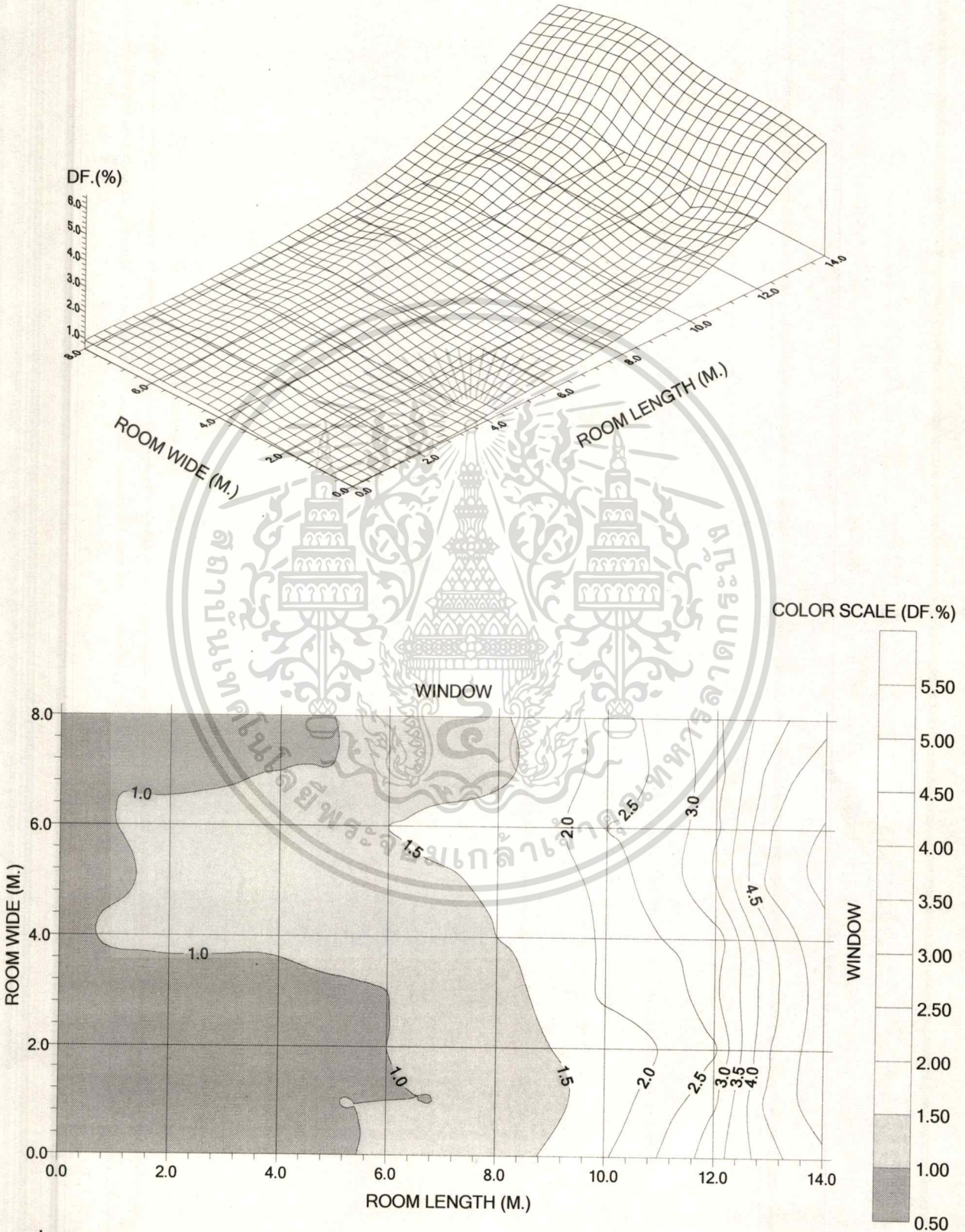
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้  
วันที่ทำการตรวจวัด 26 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น. ชั้น 5 ห้อง 508 อาคารเรียนรวม  
และปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันตก, ทิศเหนือ)

สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆกระจุกกระจายแสงแดดอ่อน



**รูปที่ 5.51** แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 9.00-10.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

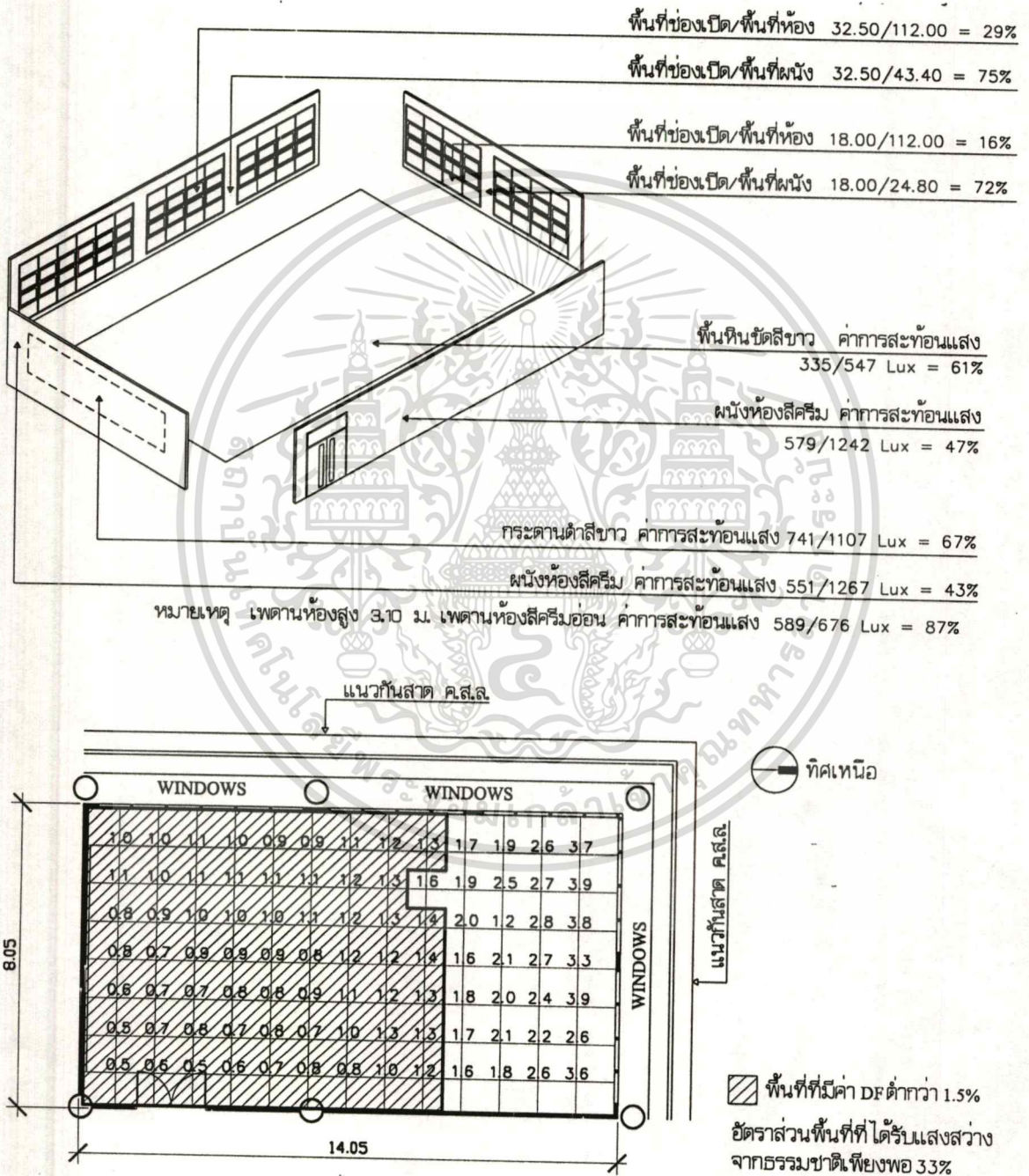


รูปที่ 5.52 แสดงค่า DF ห้อง 508 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

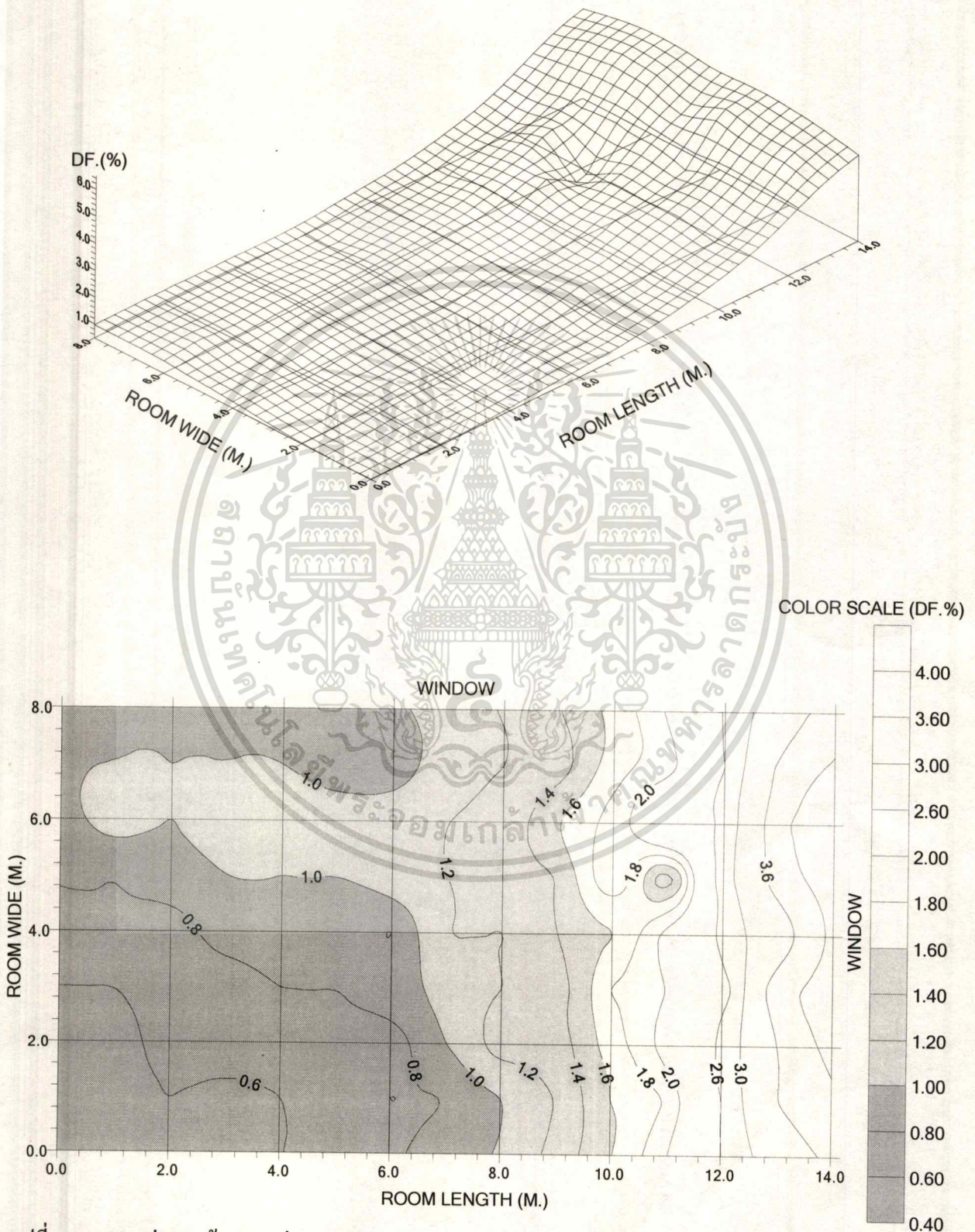
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 2 ด้าน)

การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้ วันที่ทำการตรวจวัด 26 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ชั้น 5 ห้อง 508 อาคารเรียนรวม และปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันตก, ทิศเหนือ) สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆกระจายแสงแดดจ้า



รูปที่ 5.53 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 12.00-13.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

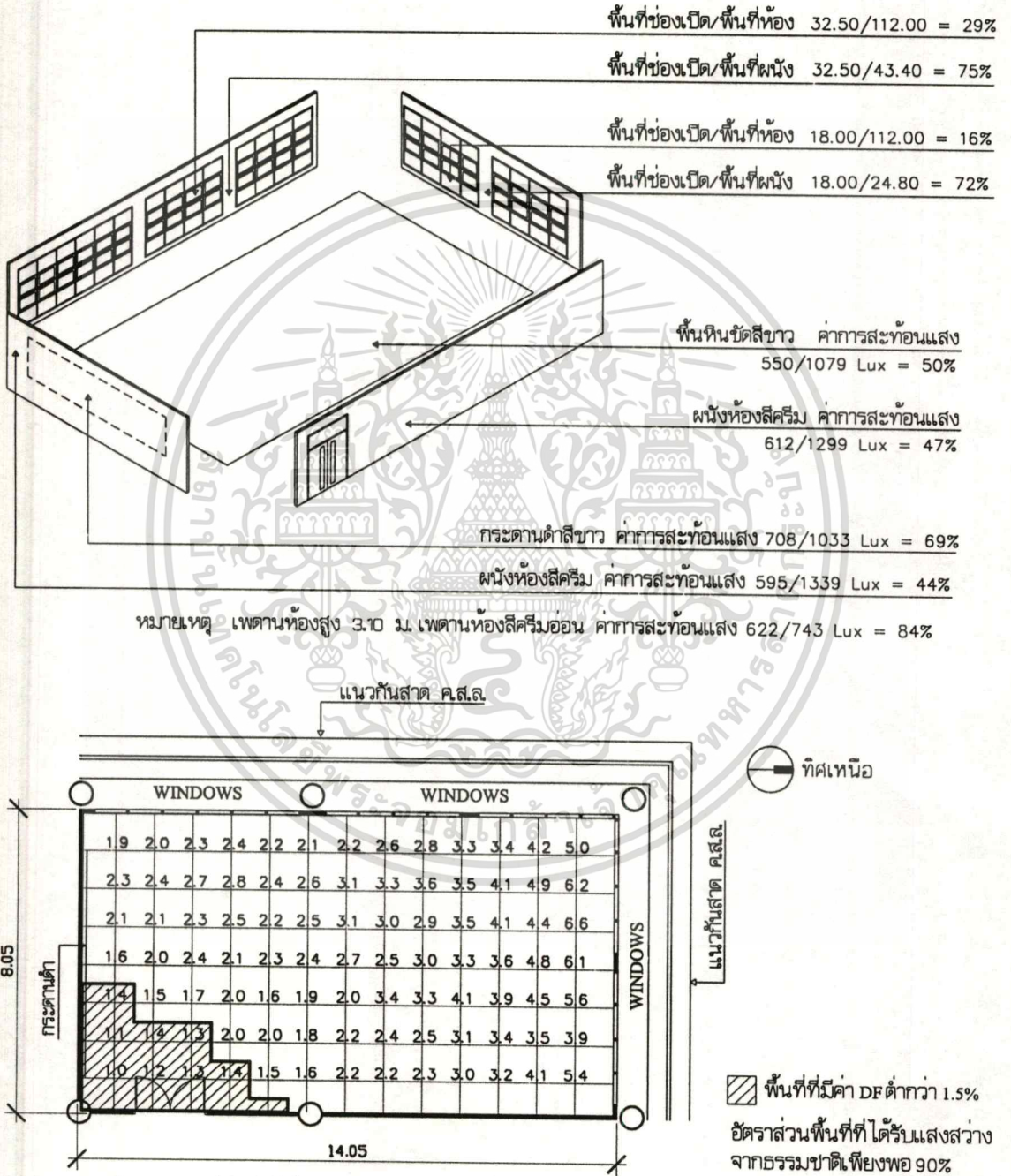


รูปที่ 5.54 แสดงค่า DF ห้อง 508 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

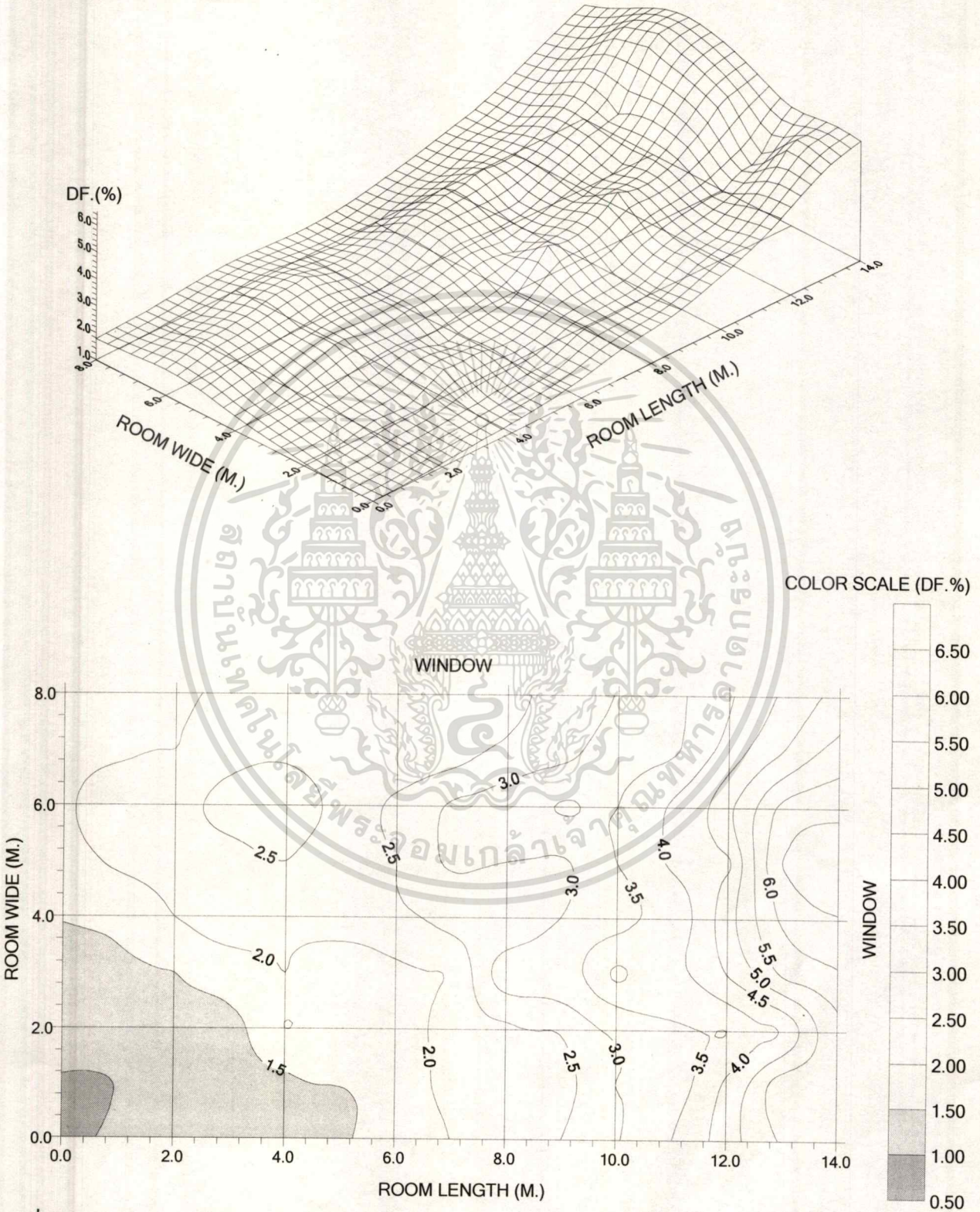
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 2 ด้าน)

การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้  
วันที่ทำการตรวจวัด 26 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ชั้น 5 ห้อง 508 อาคารเรียนรวม  
และปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันตก, ทิศเหนือ)  
สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆกระจุกกระจายแสงแดดจ้า



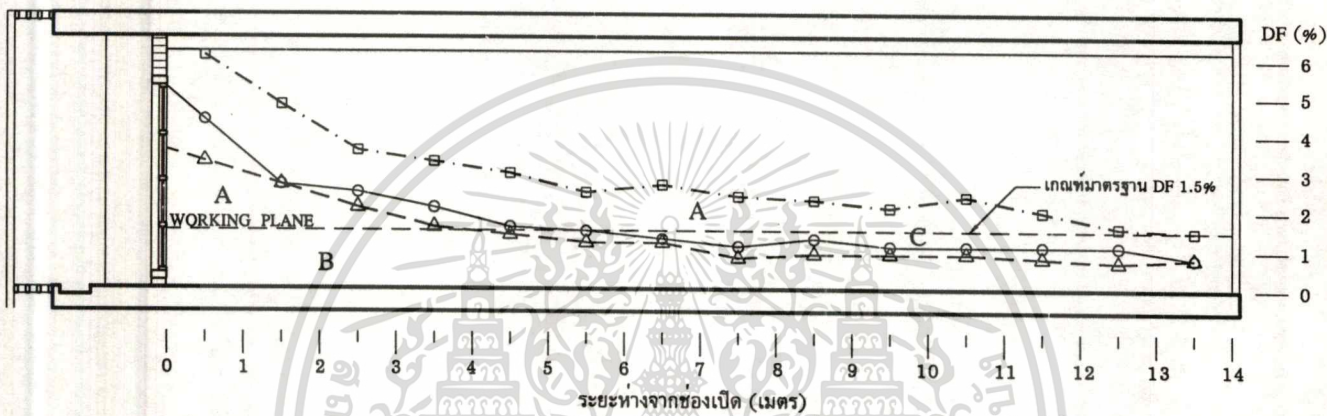
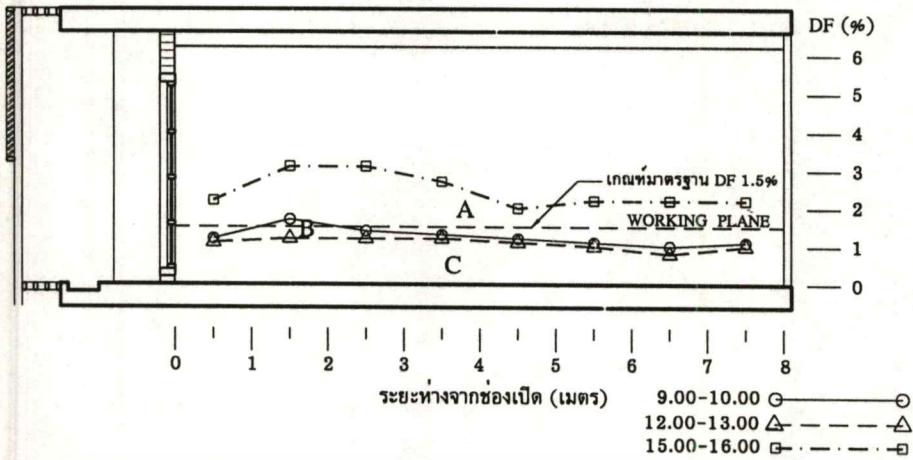
รูปที่ 5.55 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 15.00-16.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.56 แสดงค่า DF ห้อง 508 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



- A = พื้นที่ที่มีปริมาณการส่องสว่างเกินความต้องการใช้งาน  
B = พื้นที่ที่มีปริมาณการส่องสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งาน  
C = พื้นที่ที่ต้องใช้แสงประดิษฐ์ช่วยเสริม

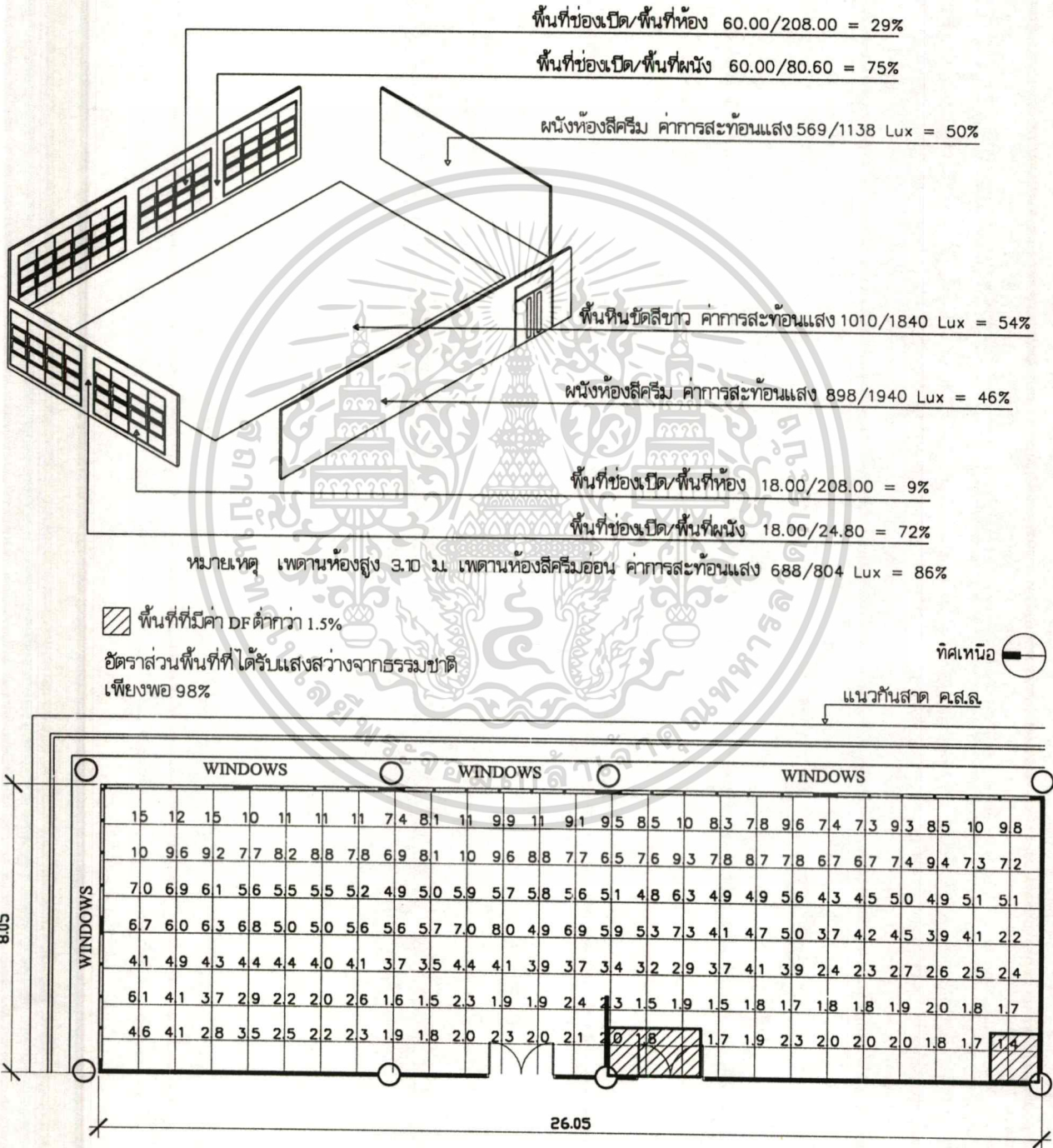
รูปที่ 5.57 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight factor ทั้ง 3 ช่วงเวลา

จากการตรวจสอบสภาพการส่องสว่างภายในทั้ง 3 ช่วงเวลา พบว่าประสิทธิภาพในการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติอยู่ในเกณฑ์ที่ดีตลอดทั้งวัน จากการที่มีช่องเปิด 2 ด้าน โดยพื้นที่ช่องเปิดทางด้านทิศใต้มีอัตราส่วน 72% อัตราส่วนช่องเปิดทางด้านทิศตะวันตก 75% ของพื้นที่ผนัง ปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งานมีอัตราส่วนส่วนใหญ่เกิน 50% ของพื้นที่ห้อง โดยปริมาณแสงมากที่สุดทางช่องเปิดด้านทิศใต้ ส่วนช่องเปิดทางด้านทิศตะวันตกถึงแม้จะมีอัตราส่วนช่องเปิด 75% แต่ปริมาณแสงสว่างที่ส่องผ่านช่องเปิดเข้ามาทิศนี้มีน้อย เป็นผลเนื่องมาจากอุปกรณ์บังแดดภายนอกด้านทิศนี้เป็นส่วนสำคัญ ที่ลดทอนปริมาณแสงสว่างที่ส่องเข้ามาภายใน ส่วนสภาพแวดล้อมภายในมีค่าการสะท้อนแสงอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างภายใน

**การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 2 ด้าน)**

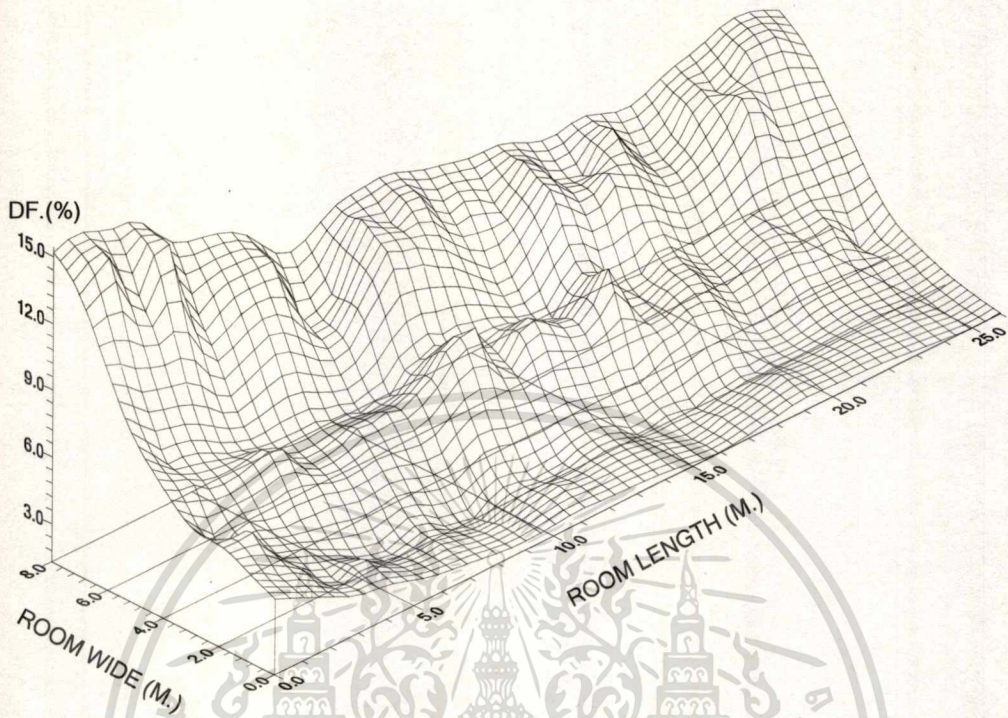
การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้  
วันที่ทำการตรวจวัด 28 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น. ชั้น 5 ห้อง 512-513 อาคารเรียน  
รวมและปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันออก, ทิศเหนือ)

สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆกระจุกกระจายแสงแดดจ้า

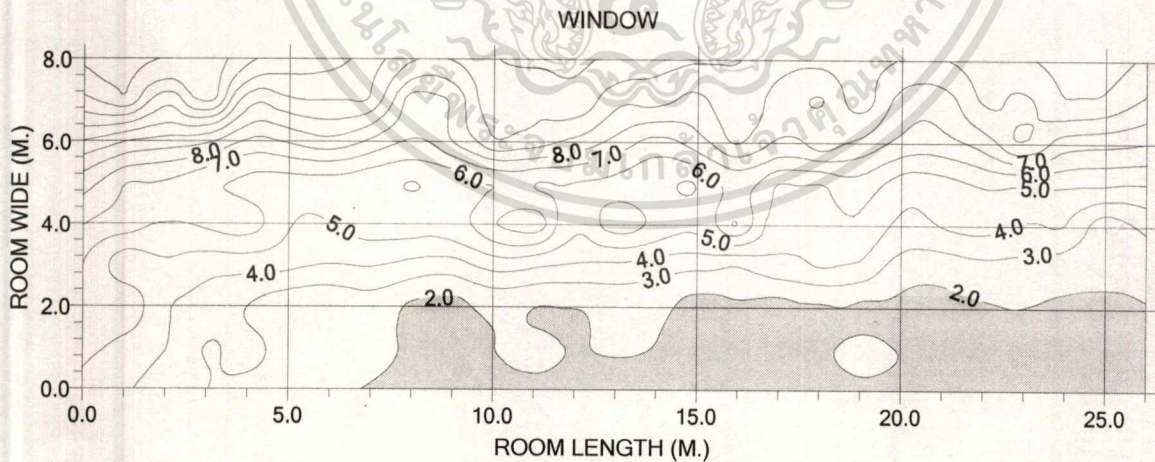
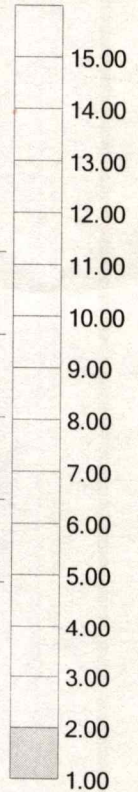


รูปที่ 5.58 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 9.00-10.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COLOR SCALE (DF.%)



รูปที่ 5.59 แสดงค่า DF ห้อง 512-513 ช่วงเวลา 9.00-10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 2 ด้าน)**

การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้  
วันที่ทำการตรวจวัด 28 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ชั้น 5 ห้อง 512-513 อาคาร  
เรียนรวมและปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันออก, ทิศเหนือ)  
สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆกระจุกกระจายแสงแดดจ้า

พื้นที่ช่องเปิด/พื้นที่ห้อง  $60.00/208.00 = 29\%$

พื้นที่ช่องเปิด/พื้นที่ผนัง  $60.00/80.60 = 75\%$

ผนังห้องสีครีม ค่าการสะท้อนแสง  $510/1059 \text{ Lux} = 48\%$

พื้นหินขัดสีขาว ค่าการสะท้อนแสง  $599/1102 \text{ Lux} = 54\%$

ผนังห้องสีครีม ค่าการสะท้อนแสง  $738/1540 \text{ Lux} = 48\%$

พื้นที่ช่องเปิด/พื้นที่ห้อง  $18.00/208.00 = 9\%$

พื้นที่ช่องเปิด/พื้นที่ผนัง  $18.00/24.80 = 72\%$

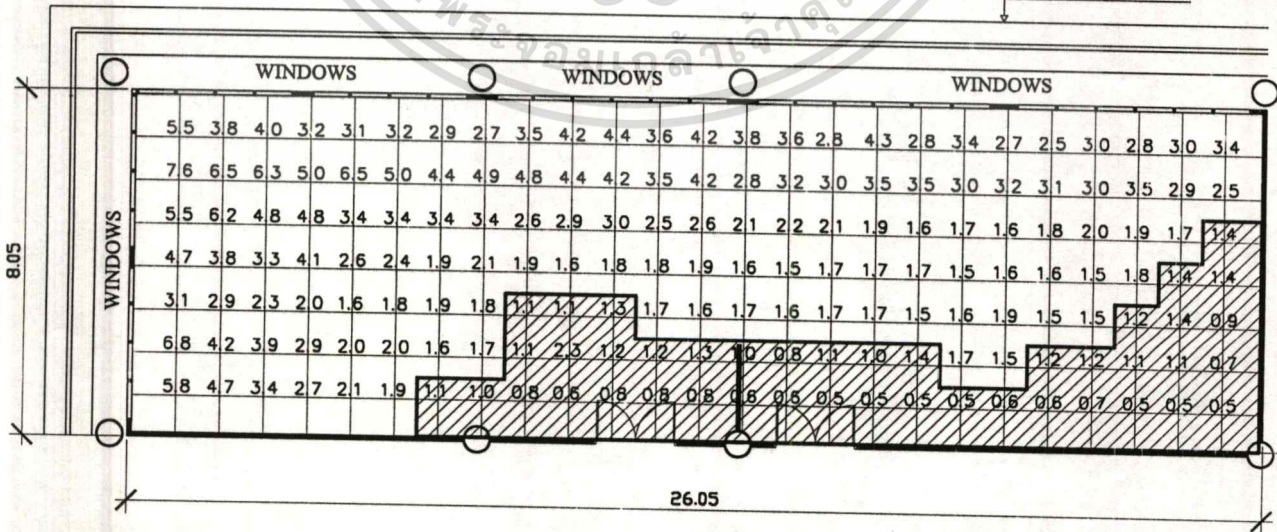
หมายเหตุ เพดานห้องสูง 3.10 ม. เพดานห้องสีครีมอ่อน ค่าการสะท้อนแสง  $645/775 \text{ Lux} = 83\%$

พื้นที่ที่มีค่า DF ต่ำกว่า 1.5%

อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างจากธรรมชาติ  
เพียงพอ 75%

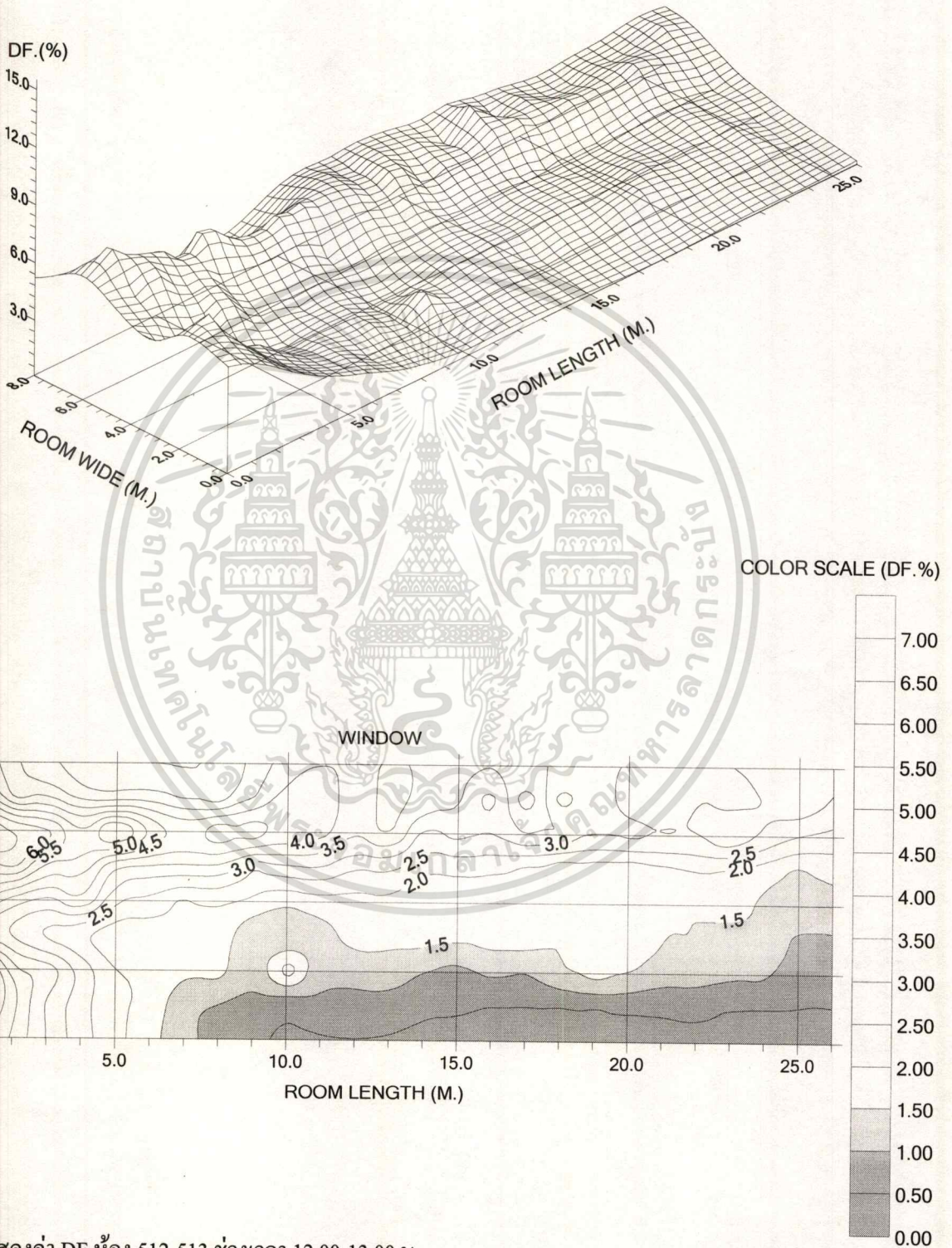
ทิศเหนือ

แนวกันสาด ค.ส.ล.



รูปที่ 5.60 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 12.00-13.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

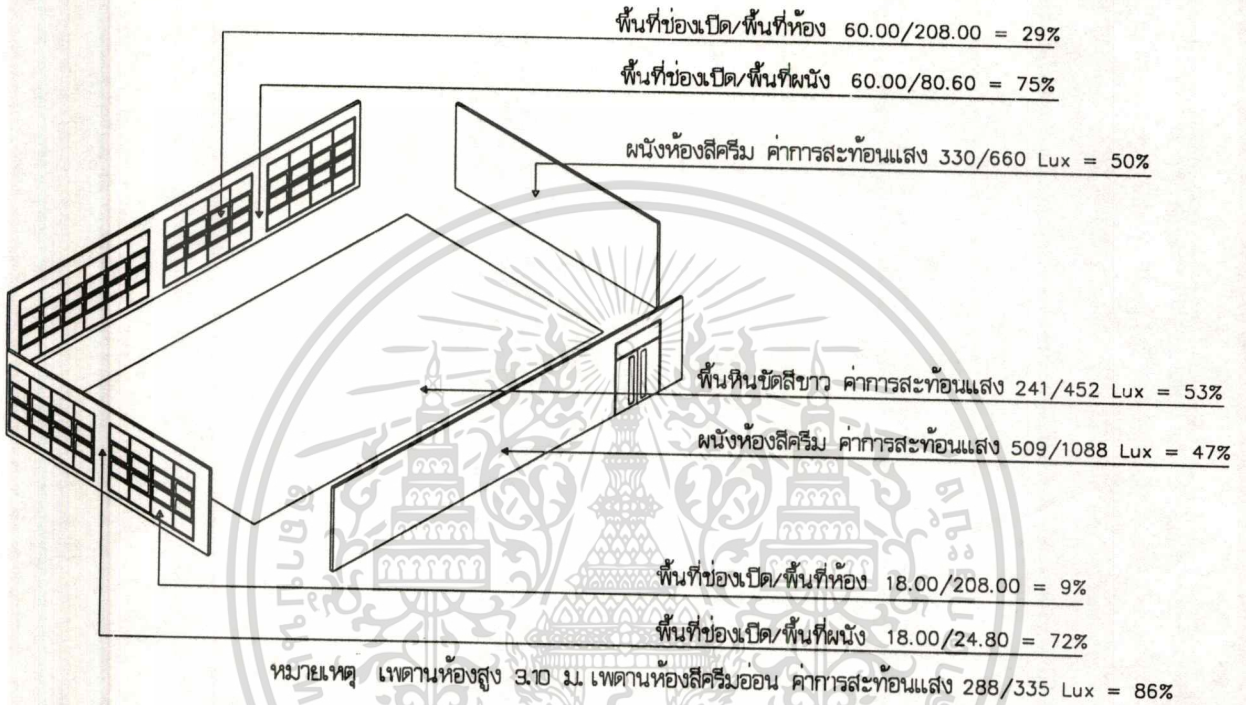


รูปที่ 5.61 แสดงค่า DF ห้อง 512-513 ช่วงเวลา 12.00-13.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติ (ห้องที่มีช่องเปิดที่มี 2 ด้าน)

การตรวจวัดค่าความส่องสว่างการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน มีรายละเอียดดังนี้  
 วันที่ทำการตรวจวัด 28 กุมภาพันธ์ 2544 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ชั้น 5 ห้อง 512-513 อาคาร  
 เรียนรวมและปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (ช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันออก, ทิศเหนือ)  
 สภาพท้องฟ้าช่วงเวลาที่ทำการตรวจวัด มีเมฆกระจุกกระจายแสงแดดจ้า

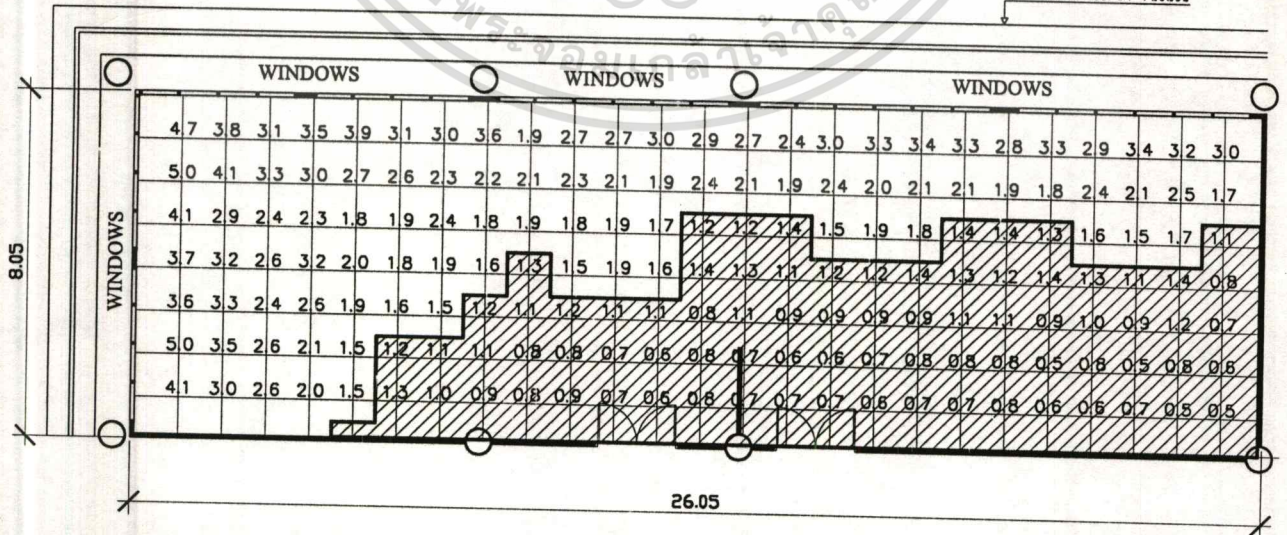


พื้นที่ที่มีค่า DF ต่ำกว่า 1.5%

อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างจากธรรมชาติ  
 เพียงพอ 57%

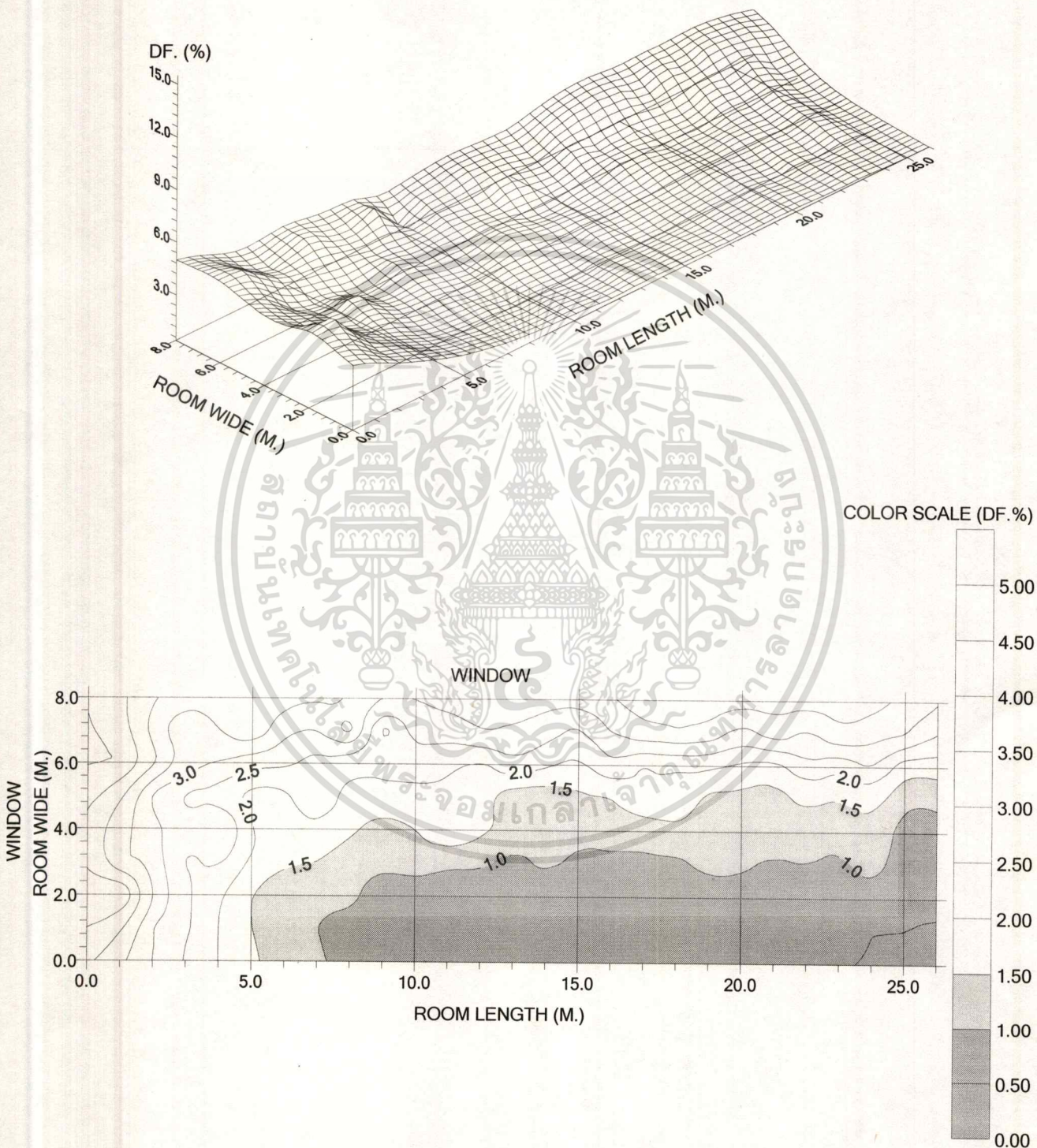
ทิศเหนือ

แนวกันสาด ค.ส.ล.



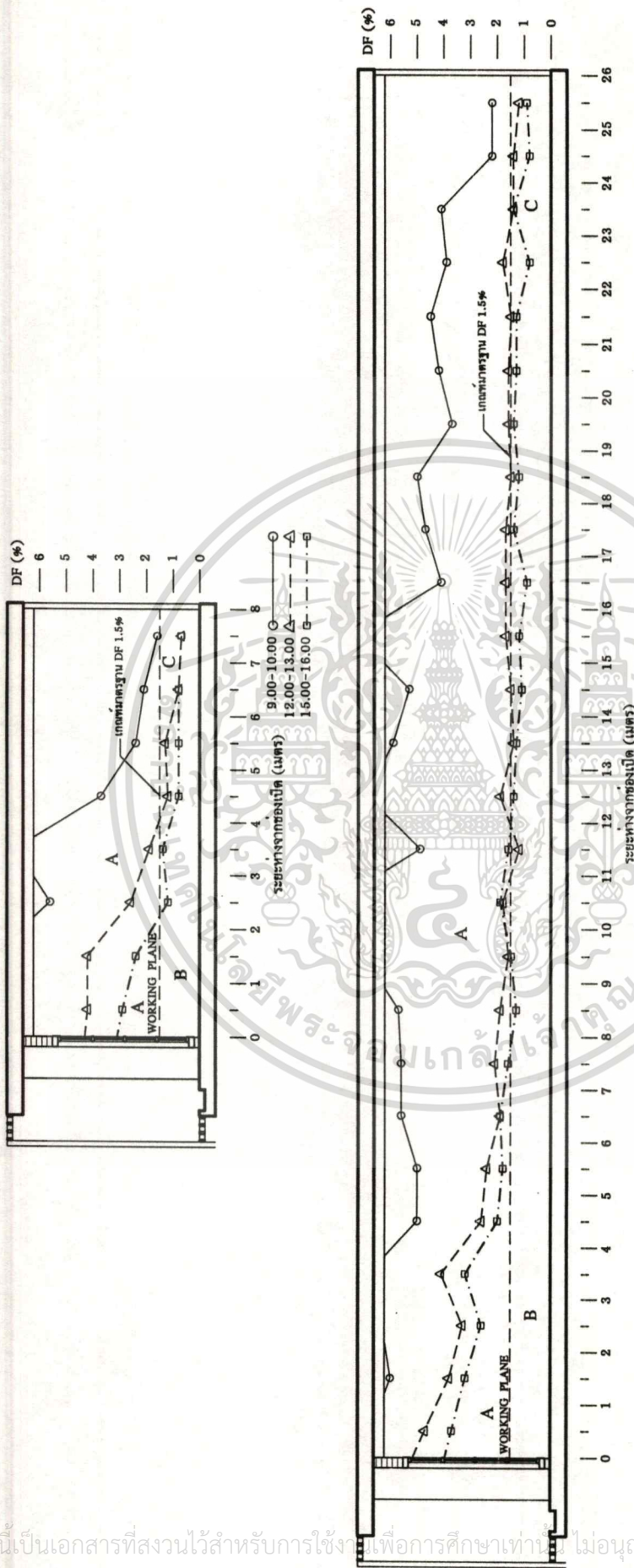
รูปที่ 5.62 แสดงค่า Daylight factor ภายในห้องเรียนจากแสงธรรมชาติช่วงเวลา 15.00-16.00 น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.63 แสดงค่า DF ห้อง 512-513 ช่วงเวลา 15.00-16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



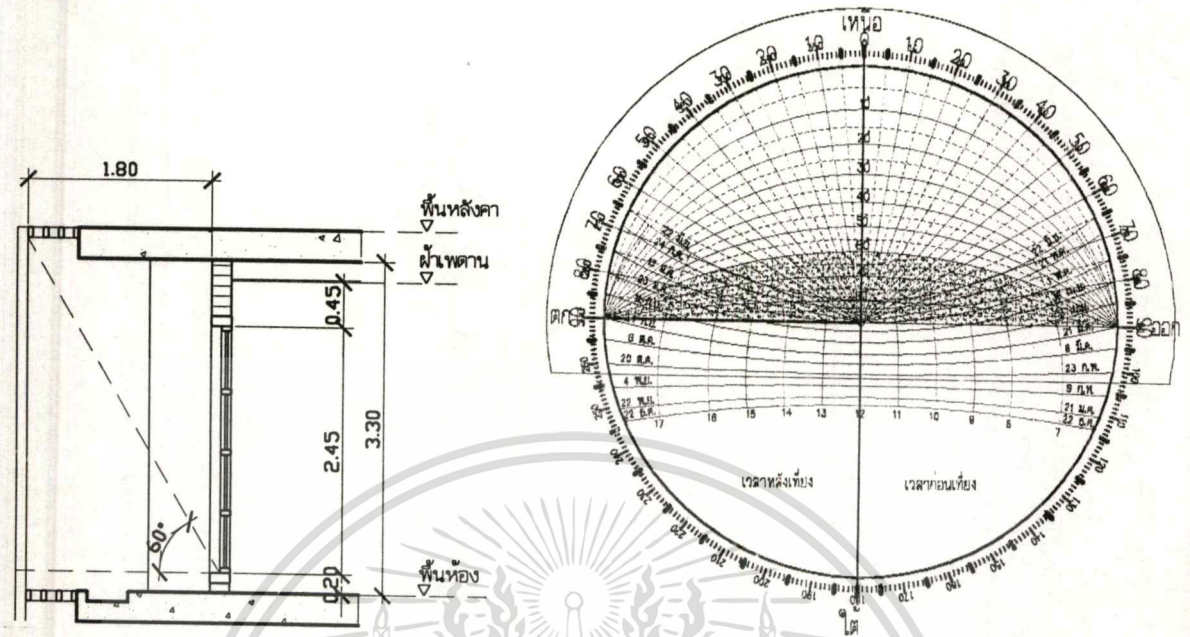
- A = พื้นที่ที่มีปริมาณการส่องสว่างเกินความต้องการใช้งาน
- B = พื้นที่ที่มีปริมาณการส่องสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งาน
- C = พื้นที่ที่ต้องใช้แสงประดิษฐ์ช่วยเสริม

รูปที่ 5.64 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight factor ทั้ง 3 ช่วงเวลา

จากการตรวจสอบประสิทธิภาพการส่องสว่างทั้ง 3 ช่วงเวลา การที่มีช่องเปิด 2 ด้านคือ ช่องเปิดด้านทิศตะวันออกมีอัตราส่วนช่องเปิด 75% อัตราส่วนช่องเปิดด้านทิศเหนือ 72% พบว่า ปริมาณการส่องสว่างโดยเฉลี่ยช่วงเวลา 9.00-10.00 น. ปริมาณแสงจะส่องผ่านช่องเปิดทางด้านทิศ ตะวันออกเข้ามามากที่สุดเนื่องจากเป็นช่วงที่ดวงอาทิตย์มีมุม Altitude ที่ต่ำและช่องเปิดหันเข้าสู่ ดวงอาทิตย์โดยตรง ทำให้พื้นที่บางส่วนได้รับแสงตรงจากดวงอาทิตย์ อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสง สว่างเพียงพอจึงมีอัตราส่วนที่สูง 98% ของพื้นที่ห้อง ส่วนช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ปริมาณแสง สว่างภายในเริ่มลดลง แต่อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอยังคงอยู่ที่ 75% ของพื้นที่ห้อง ส่วนช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ปริมาณแสงสว่างภายในห้องที่เพียงพอต่อการใช้งานเริ่มลดลงเหลือ 57% ของพื้นที่ห้อง จากสภาพการส่องสว่างภายในห้องโดยรวมแล้วถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีตลอดทั้ง วัน โดยปริมาณแสงที่ส่องผ่านช่องเปิดเข้ามาภายใน สามารถส่องผ่านช่องเปิดเข้ามาได้ทั้ง 2 ด้าน ได้อย่างเต็มที่ ส่วนสภาพแวดล้อมภายในมีค่าการสะท้อนแสงอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ทำให้ช่วยเพิ่มประ สสิทธิภาพในการส่องสว่างภายใน



5.1.5 การตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่มีผลต่อการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ

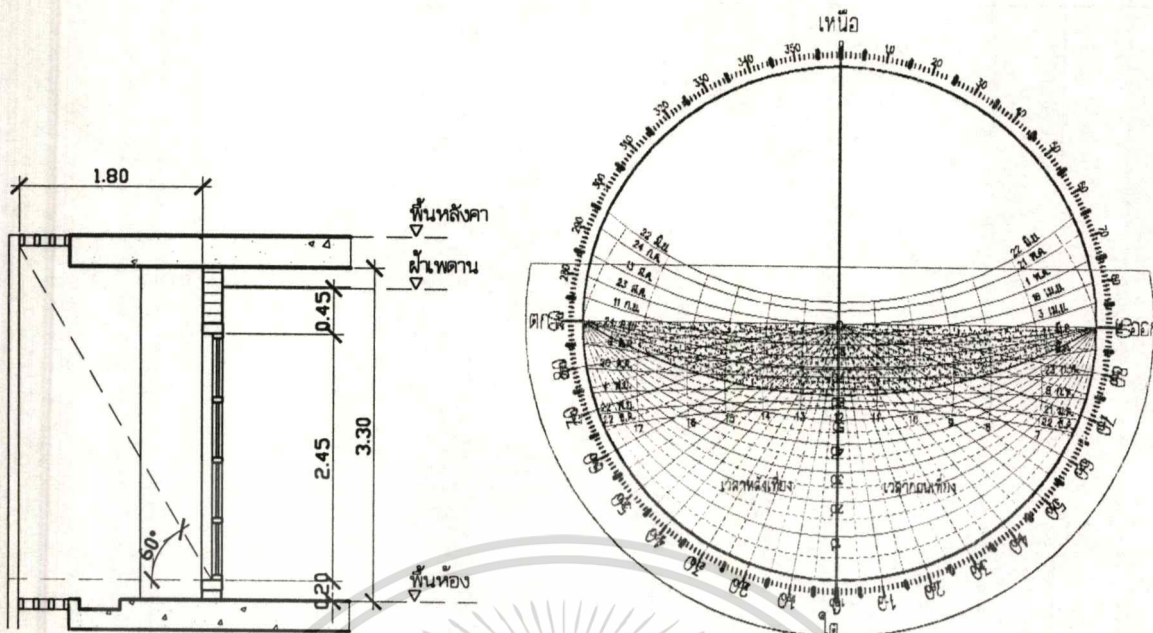


รายละเอียดของ Overhang ในทิศทาง AZI 180° Shading Mask 60° ในทิศทางมุม AZI180°  
รูปที่ 5.65 แสดงประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดในทิศทางมุม AZI 180°

ตารางที่ 5.3 ตารางแสดงช่วงเวลาในการบังแดดและเวลาที่แดดส่องเข้าสู่ฝ้าอาคารในทิศทางมุม AZI 180°

| Day/Month         | Period |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Remark |          |
|-------------------|--------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|
|                   | 7.00   | 8.00 | 9.00 | 10.00 | 11.00 | 12.00 | 13.00 | 14.00 | 15.00 | 16.00 | 17.00 | 18.00 |        |          |
| 22 Jun.           | █      | █    |      |       |       |       |       |       |       |       |       | █     |        | Overhang |
| 24 Jul. / 21 May  | █      | █    |      |       |       |       |       |       |       |       |       | █     |        |          |
| 13 Aug. / 1 May   | █      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       | █     |        |          |
| 24 Aug. / 16 Apr. |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 11 Sep. / 3 Apr.  |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 24 Sep. / 21 Mar. |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 6 Oct. / 6 Mar.   |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 20 Oct. / 23 Feb. |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 4 Nov. / 9 Feb.   |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 22 Nov. / 21 Jan. |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 22 Dec.           |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |

█ ช่วงเวลาที่แดดส่องเข้าสู่อาคาร

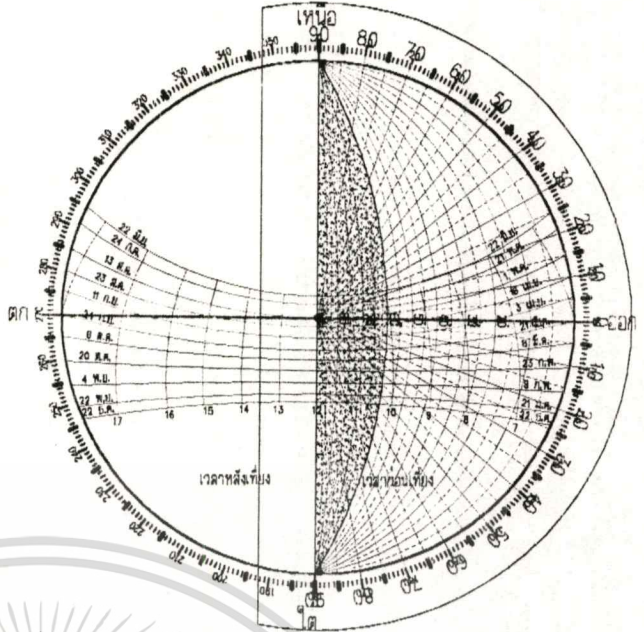
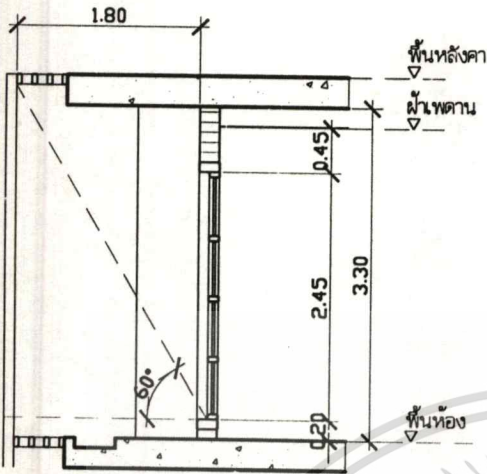


รายละเอียดของ Overhang ในทิศทาง AZI 0° Shading Mask 60° ในทิศทางมุม AZI 0°  
 รูปที่ 5.66 แสดงประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดในทิศทางมุม AZI 0°

ตารางที่ 5.4 ตารางแสดงช่วงเวลาในการบังแดดและเวลาที่แดดส่องเข้าสู่ผนังอาคารในทิศทางมุม AZI 0°

| Day/Month         | Period |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Remark   |
|-------------------|--------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
|                   | 7.00   | 8.00 | 9.00 | 10.00 | 11.00 | 12.00 | 13.00 | 14.00 | 15.00 | 16.00 | 17.00 | 18.00 |          |
| 22 Jun.           |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Overhang |
| 24 Jul. / 21 May  |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |
| 13 Aug. / 1 May   |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |
| 24 Aug. / 16 Apr. |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |
| 11 Sep. / 3 Apr.  |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |
| 24 Sep. / 21 Mar. |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |
| 6 Oct. / 6 Mar.   |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |          |
| 20 Oct. / 23 Feb. | █      | █    |      |       |       |       |       |       |       | █     | █     | █     |          |
| 4 Nov. / 9 Feb.   | █      | █    | █    |       |       |       |       |       | █     | █     | █     | █     |          |
| 22 Nov. / 21 Jan. | █      | █    | █    | █     |       |       |       |       | █     | █     | █     | █     |          |
| 22 Dec.           | █      | █    | █    | █     | █     |       |       |       | █     | █     | █     | █     |          |

█ ช่วงเวลาที่แดดส่องเข้าสู่อาคาร



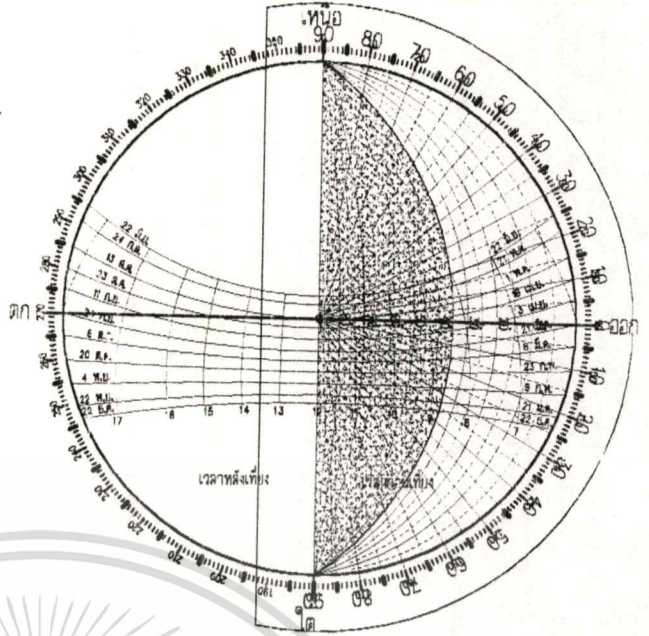
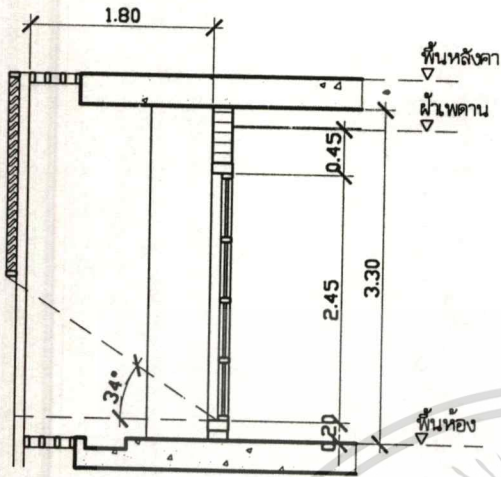
รายละเอียดของ Overhang ในทิศทาง AZ I-90° Shading Mask 60° ในทิศทางมุม AZI-90°  
 รูปที่ 5.67 แสดงประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดในทิศทางมุม AZI -90°

ตารางที่ 5.5 ตารางแสดงช่วงเวลาในการบังแดดและช่วงเวลาที่แดดส่องเข้าสู่ผนังอาคารในทิศทางมุม AZI-90°

| Day/Month         | Period |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Remark |          |
|-------------------|--------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|
|                   | 7.00   | 8.00 | 9.00 | 10.00 | 11.00 | 12.00 | 13.00 | 14.00 | 15.00 | 16.00 | 17.00 | 18.00 |        |          |
| 22 Jun.           | █      | █    | █    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        | Overhang |
| 24 Jul. / 21 May  | █      | █    | █    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 13 Aug. / 1 May   | █      | █    | █    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 24 Aug. / 16 Apr. | █      | █    | █    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 11 Sep. / 3 Apr.  | █      | █    | █    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 24 Sep. / 21 Mar. | █      | █    | █    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 6 Oct. / 6 Mar.   | █      | █    | █    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 20 Oct. / 23 Feb. | █      | █    | █    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 4 Nov. / 9 Feb.   | █      | █    | █    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 22 Nov. / 21 Jan. | █      | █    | █    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 22 Dec.           | █      | █    | █    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |

█ ช่วงเวลาที่แดดส่องเข้าสู่อาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



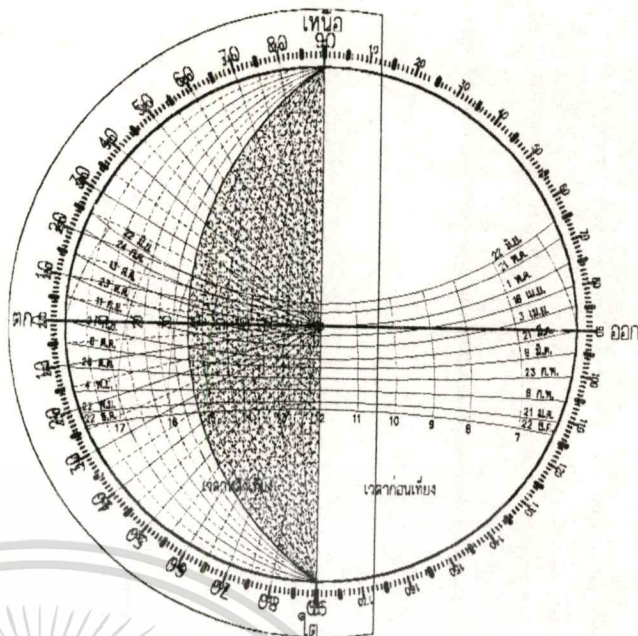
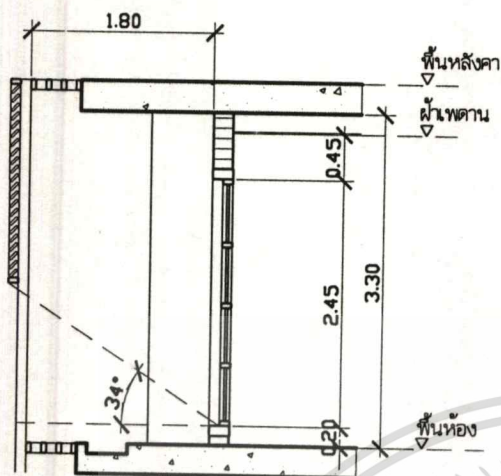
รายละเอียดของ Overhang ในทิศทาง AZI-90° Shading Mask 34° ในทิศทางมุม AZI-90°  
 รูปที่ 5.68 แสดงประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดในทิศทางมุม AZI-90°

ตารางที่ 5.6 ตารางแสดงช่วงเวลาในการบังแดดและช่วงเวลาที่แดดส่องเข้าสู่ผนังอาคารในทิศทางมุม AZI-90°

| Day/Month         | Period |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Remark |          |
|-------------------|--------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|----------|
|                   | 7.00   | 8.00 | 9.00 | 10.00 | 11.00 | 12.00 | 13.00 | 14.00 | 15.00 | 16.00 | 17.00 | 18.00 |        |          |
| 22 Jun.           | █      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        | Overhang |
| 24 Jul. / 21 May  | █      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 13 Aug. / 1 May   | █      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 24 Aug. / 16 Apr. | █      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 11 Sep. / 3 Apr.  | █      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 24 Sep. / 21 Mar. | █      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 6 Oct. / 6 Mar.   | █      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 20 Oct. / 23 Feb. | █      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 4 Nov. / 9 Feb.   | █      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 22 Nov. / 21 Jan. | █      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |
| 22 Dec.           | █      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |          |

█ ช่วงเวลาที่แดดส่องเข้าสู่อาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายละเอียดของ Overhang ในทิศทาง AZI 90° Shading Mask 34° ในทิศทางมุม AZI 90°  
 รูปที่ 5.69 แสดงประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดในทิศทางมุม AZI 90°

ตารางที่ 5.7 ตารางแสดงช่วงเวลาในการบังแดดและช่วงเวลาที่แดดส่องเข้าสู่ผนังอาคารในทิศทางมุม AZI 90°

| Day/Month         | Period |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Remark |  |          |
|-------------------|--------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--|----------|
|                   | 7.00   | 8.00 | 9.00 | 10.00 | 11.00 | 12.00 | 13.00 | 14.00 | 15.00 | 16.00 | 17.00 | 18.00 |        |  |          |
| 22 Jun.           |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |  | Overhang |
| 24 Jul. / 21 May  |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |  |          |
| 13 Aug. / 1 May   |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |  |          |
| 24 Aug. / 16 Apr. |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |  |          |
| 11 Sep. / 3 Apr.  |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |  |          |
| 24 Sep. / 21 Mar. |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |  |          |
| 6 Oct. / 6 Mar.   |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |  |          |
| 20 Oct. / 23 Feb. |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |  |          |
| 4 Nov. / 9 Feb.   |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |  |          |
| 22 Nov. / 21 Jan. |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |  |          |
| 22 Dec.           |        |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |  |          |

■ ช่วงเวลาที่แดดส่องเข้าสู่อาคาร

จากการตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดทั้ง 4 ทิศ สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

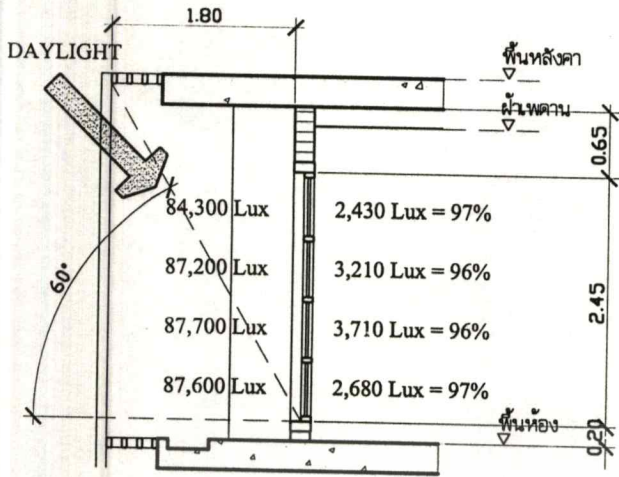
- ทิศทางมุม AZI 0° มุม ALT 60° ประเภทของอุปกรณ์บังแดดแนวนอน (Overhang) ขึ้น 1.80 ม. สามารถบังแดดได้ดีในช่วงเวลาที่ใช้งานคือ 9.00-16.00 น. อยู่ในช่วงเดือนตุลาคม มีนาคม ส่วนในช่วงเดือนพฤศจิกายน มกราคมและธันวาคม เป็นช่วงที่มีแสงแดดส่องเข้าสู่อาคารมากที่สุด ตั้งแต่ช่วงเวลา 7.00-16.00 น. ช่วงเวลาดังกล่าวจะมีปริมาณแสงส่องเข้ามาภายใน ทำให้บริเวณใกล้ช่องเปิดจึงมีปริมาณค่าความส่องสว่างที่สูง ห้องที่มีอุปกรณ์บังแดดชนิดนี้ คือ ห้อง 501, 502-503, 506

- ทิศทางมุม AZI 90° มุม ALT 34° ประเภทของอุปกรณ์บังแดดแนวนอน (Overhang) ขึ้น 1.80 ม. สามารถบังแดดได้ดีตั้งแต่ช่วง 12.00-15.30 น. ตั้งแต่ช่วงเวลา 15.30 น.เป็นต้นไป แสงแดดสามารถส่องเข้ามาภายในอาคารตลอดทั้งปี จากการที่สามารถป้องกันแดดได้ในช่วงเวลาดังกล่าว ทำให้มีผลในการลดทอนประสิทธิภาพของแสงสว่างภายในเกือบตลอดทั้งวัน ห้องที่มีอุปกรณ์บังแดดชนิดนี้คือ ห้อง 506 507 508

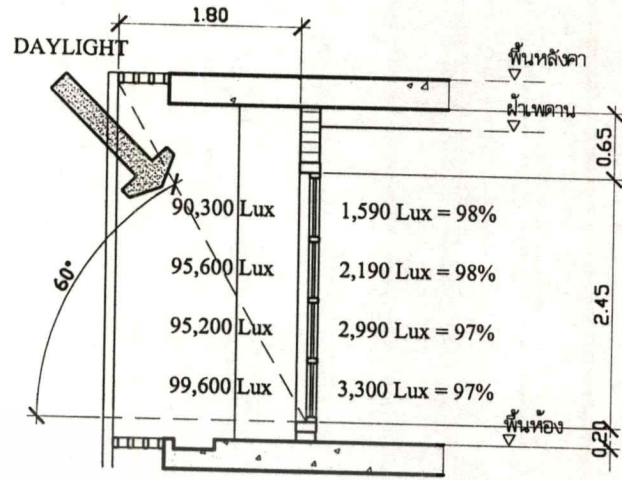
- ทิศทางมุม AZI 180° มุม ALT 60° ประเภทของอุปกรณ์บังแดดแนวนอน (Overhang) ขึ้น 1.80 ม. สามารถบังแดดได้ดีเกือบตลอดทั้งปี ตั้งแต่ช่วงเวลาที่ใช้งาน 9.00-16.00 น. ประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดในทิศทางนี้ไม่มีผลต่อการส่องสว่างภายใน ทำให้ค่าความส่องสว่างภายในเกือบตลอดทั้งวันมีค่าไม่ค่อยเปลี่ยนแปลง ห้องที่มีอุปกรณ์บังแดดชนิดนี้ คือ 508 509 512-513

- ทิศทางมุม AZI -90° มุม ALT 60° ประเภทของอุปกรณ์บังแดดแนวนอน (Overhang) ขึ้น 1.80 ม. ประสิทธิภาพการบังแดดในทิศทางนี้ จะมีแสงส่องเข้าสู่ภายในห้องช่วงเวลา 7.00-10.00 น. ตลอดทั้งปี บริเวณใกล้กับช่องเปิดในช่วงเวลาดังกล่าวจะมีค่าความส่องสว่างที่สูง ห้องที่มีอุปกรณ์บังแดดชนิดนี้คือ 501 512-513

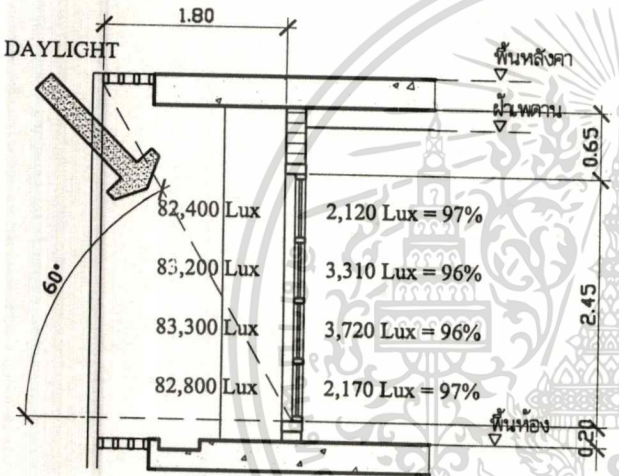
- ทิศทางมุม AZI -90° มุม ALT 34° ประเภทของอุปกรณ์บังแดดแนวนอน (Overhang) ขึ้น 1.80 ม. ประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดในทิศทางนี้ จะมีแสงส่องเข้าสู่ภายในห้องช่วงเวลาตั้งแต่ 7.00-8.45 น. ตลอดทั้งปี ห้องที่มีอุปกรณ์บังแดดชนิดนี้ คือ 512-513



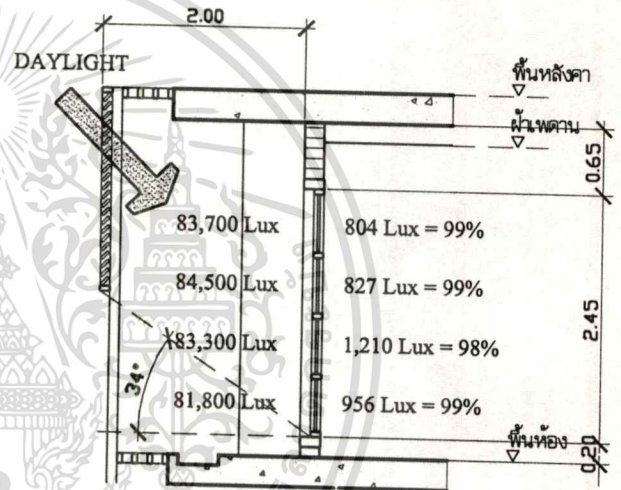
อุปกรณ์บังแดดทางด้านทิศเหนือ



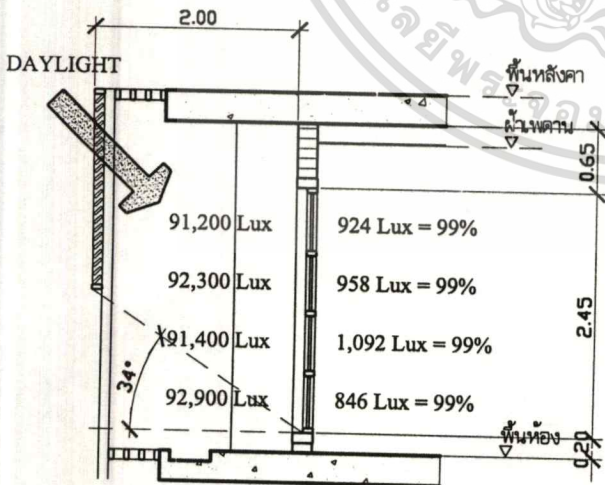
อุปกรณ์บังแดดทางด้านทิศใต้



อุปกรณ์บังแดดทางด้านทิศตะวันออก



อุปกรณ์บังแดดทางด้านทิศตะวันตก



อุปกรณ์บังแดดทางด้านทิศตะวันตก

รูปที่ 5.70 ลักษณะของอุปกรณ์บังแดดที่มีผลในการลดทอนประสิทธิภาพแสงสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.70 ลักษณะของอุปกรณ์บังแดดด้านทิศเหนือและทิศใต้มีลักษณะแบบเดียวกันคือ Overhang ที่ยื่นยาว 1.80 เมตร มุม  $\theta$   $60^\circ$  มีลักษณะที่ลดทอนประสิทธิภาพของแสงที่ใกล้เคียงกัน คือ 96% - 97% ตามลำดับ จากค่าความส่องสว่างภายนอก ส่วนด้านทิศตะวันออกมี 2 อุปกรณ์บังแดด 2 ลักษณะ คือ Overhang ที่ยื่น 1.80 ม. มุม  $\theta$   $60^\circ$  และมุม  $\theta$   $34^\circ$  ซึ่งด้านที่มีอุปกรณ์บังแดดมีมุม  $\theta$   $34^\circ$  จะลดทอนปริมาณแสงมากที่สุดคือ 98-99% ส่วนด้านทิศตะวันตกก็จะเป็นด้านที่มีอุปกรณ์บังแดด Overhang ชนิดเดียวกันที่มีมุม  $\theta$   $34^\circ$  ซึ่งเป็นมุมที่ต่ำ ทำให้มีประสิทธิภาพในการลดทอนแสงสว่างสูงที่สุดคือ 98-99% เช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงควรปรับปรุงประสิทธิภาพของ Overhang โดยเฉพาะด้านทิศตะวันออกและตะวันตก ให้อุปกรณ์บังแดดมีลักษณะที่ปรับเปลี่ยนได้ตามสภาพแวดล้อมภายนอก จะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่างภายใน

### 5.1.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของช่องเปิด

ตารางที่ 5.8 เปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างภายในห้องที่มีช่องเปิดเพียงด้านเดียว

| ห้อง    | ทิศช่องเปิด | พื้นที่ช่องเปิด (%) | พื้นที่ห้อง ตร.ม | อัตราส่วนพื้นที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอ |             |             | ชนิดอุปกรณ์บังแดด     |
|---------|-------------|---------------------|------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|-----------------------|
|         |             |                     |                  | 9.00-10.00                            | 12.00-13.00 | 15.00-16.00 |                       |
| 502-503 | SOUTH       | 72%                 | 197.39           | 39%                                   | 45%         | 50%         | Overhang ยื่น 1.80 ม. |
| 507     | WEST        | 72%                 | 97.40            | 0%                                    | 0%          | 32%         | Overhang ยื่น 1.80 ม. |
| 509     | NORTH       | 72%                 | 99.28            | 54%                                   | 31%         | 43%         | Overhang ยื่น 1.80 ม. |
| 315     | EAST        | 72%                 | 51.90            | 37%                                   | 28%         | 0%          | Overhang ยื่น 1.80 ม. |

ตารางที่ 5.9 เปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างภายในห้องที่มีช่องเปิด 2 ด้าน

| ห้อง    | ทิศช่องเปิด | พื้นที่ช่องเปิด (%) | พื้นที่ห้อง ตร.ม | อัตราส่วนพื้นที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอ |             |             | ชนิดอุปกรณ์บังแดด     |
|---------|-------------|---------------------|------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|-----------------------|
|         |             |                     |                  | 9.00-10.00                            | 12.00-13.00 | 15.00-16.00 |                       |
| 501     | EAST        | 75%                 | 112.00           | 100%                                  | 94%         | 89%         | Overhang ยื่น 1.80 ม. |
|         | SOUTH       | 72%                 |                  |                                       |             |             |                       |
| 506     | SOUTH       | 72%                 | 112.00           | 62%                                   | 47%         | 86%         | Overhang ยื่น 1.80 ม. |
|         | WEST        | 75%                 |                  |                                       |             |             |                       |
| 508     | WEST        | 75%                 | 112.00           | 43%                                   | 33%         | 90%         | Overhang ยื่น 1.80 ม. |
|         | NORTH       | 72%                 |                  |                                       |             |             |                       |
| 512-513 | EAST        | 75%                 | 208.00           | 98%                                   | 75%         | 57%         | Overhang ยื่น 1.80 ม. |
|         | NORTH       | 72%                 |                  |                                       |             |             |                       |

## การเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด

ในการเปรียบเทียบค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิด จะใช้ตามกฎกระทรวงออกตามในพระราชบัญญัติ การส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกแต่ละด้าน มีรายละเอียดดังนี้

$$OTTV_i = (U_w) (a-WWR) (TD_{eq}) + (U_f) (WWR) (\Delta T) + (SC) (WWR) (SF) \quad (5.1)$$

$OTTV_i$  = ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

$U_w$  = สัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

$WWR$  = อัตราส่วนพื้นที่ของหน้าต่างโปร่งแสง และหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา

$TD_{eq}$  = ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า (Temperature different equivalent) ระหว่างภายนอกและภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ โดยมีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

$U_f$  = สัมประสิทธิ์ในการถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกหรือผนังโปร่งแสง โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส

$\Delta T$  = ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกอาคาร ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

$SC$  = สัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่างซึ่งการคำนวณให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

$SF$  = ค่าตัวประกอบรังสีดวงอาทิตย์ (Solar factor) ที่ผ่านหน้าต่างโปร่งแสงและหรือผนังโปร่งแสง โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ให้เป็นไปตามที่กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมจะได้ประกาศกำหนด

### การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกระจก

ตารางที่ 5.10 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ของวัสดุกระจก

| โครงสร้าง                        | $\Delta X / k$ | R      | หมายเหตุ           |
|----------------------------------|----------------|--------|--------------------|
| 1. ฟิล์มอากาศด้านนอก             |                | 0.044  | จากตารางภาคผนวก ข. |
| 2. กระจก                         | 0.006/1.053    | 0.0056 |                    |
| 3. ฟิล์มอากาศด้านใน              |                | 0.120  | จากตารางภาคผนวก ข. |
| ความต้านทานความร้อนรวม ( $R_T$ ) |                | 0.1696 |                    |

จากสมการ  $U = 1/R_T = 1/0.1696 = 5.896$  วัตต์ต่อตารางเมตร

ตารางที่ 5.11 ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดที่มีเพียงด้านเดียว

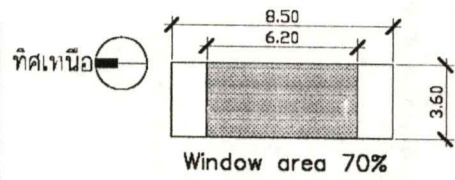
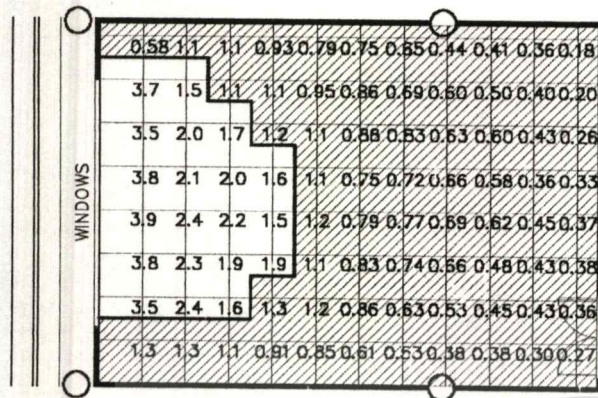
| ห้อง    | ตำแหน่งของช่องเปิด | Q<br>(watt) | OTTV<br>(w/m <sup>2</sup> ) |
|---------|--------------------|-------------|-----------------------------|
| 502-503 | SOUTH              | 6,086.53    | 116.18                      |
| 507     | WEST               | 4,429.00    | 118.08                      |
| 509     | NORTH              | 2,627.58    | 99.53                       |
| 315     | EAST               | 2,415.50    | 129.87                      |

ตารางที่ 5.12 ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องเปิดที่มี 2 ด้าน

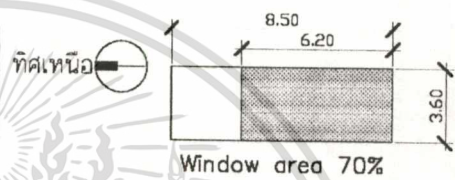
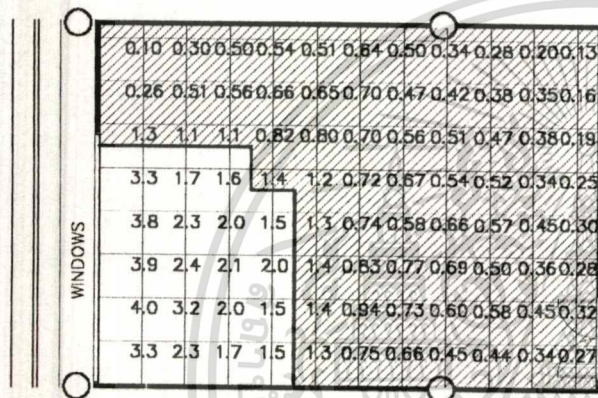
| ห้อง    | ตำแหน่งของช่องเปิด | Q<br>(watt) | OTTV<br>(w/m <sup>2</sup> ) |
|---------|--------------------|-------------|-----------------------------|
| 501     | EAST               | 5,765.07    | 126.80                      |
|         | SOUTH              | 2,882.50    |                             |
| 506     | SOUTH              | 2,882.50    | 119.50                      |
|         | WEST               | 5,267.65    |                             |
| 508     | WEST               | 5,267.65    | 113.63                      |
|         | NORTH              | 2,481.65    |                             |
| 512-513 | NORTH              | 1,066.52    | 124.69                      |
|         | EAST               | 2,481.65    |                             |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

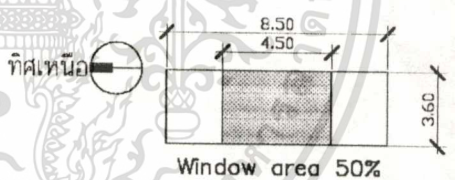
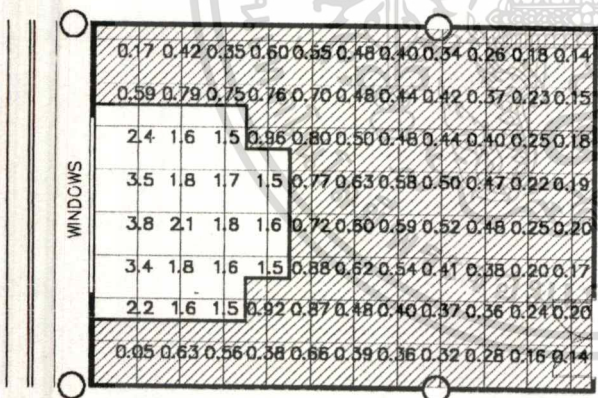
5.1.7 การเปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิดด้วยวิธี Daylight factor protractor



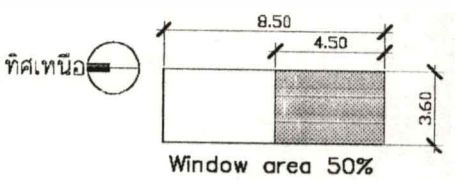
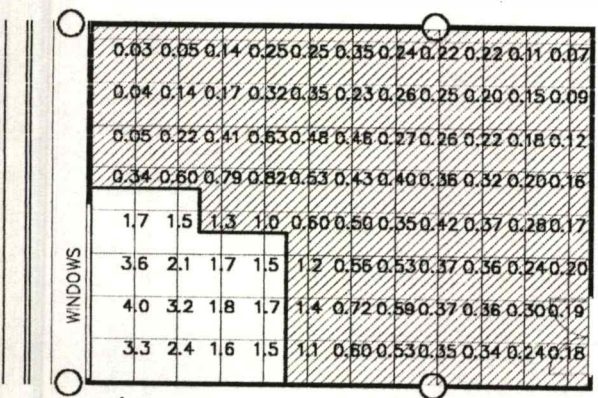
Enough Daylighting areas = 23.00 sq.m. (24%)  
 OTTV = 97.58 w/m<sup>2</sup>



Enough Daylighting areas = 23.75 sq.m. (25%)  
 OTTV = 97.58 w/m<sup>2</sup>



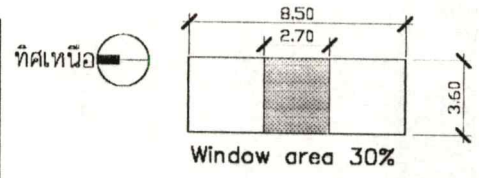
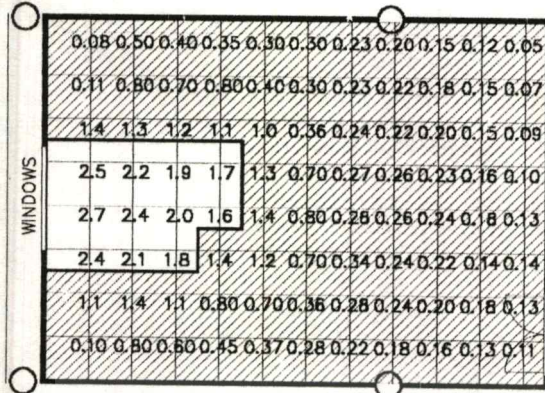
Enough Daylighting areas = 17.50 sq.m. (18%)  
 OTTV = 80.78 w/m<sup>2</sup>



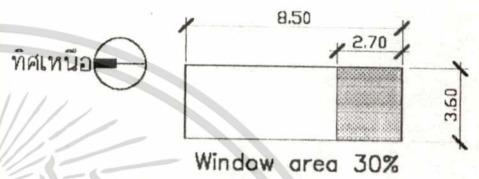
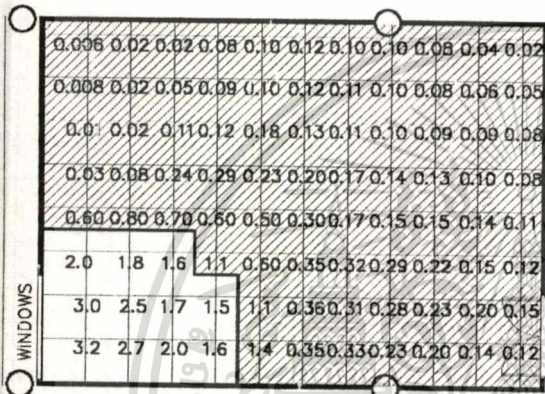
Enough Daylighting areas = 18.25 sq.m. (19%)  
 OTTV = 80.78 w/m<sup>2</sup>

รูปที่ 5.71 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิด 50%, 70% ณ ตำแหน่งกลางผนังและริมผนัง

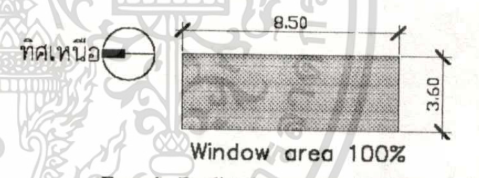
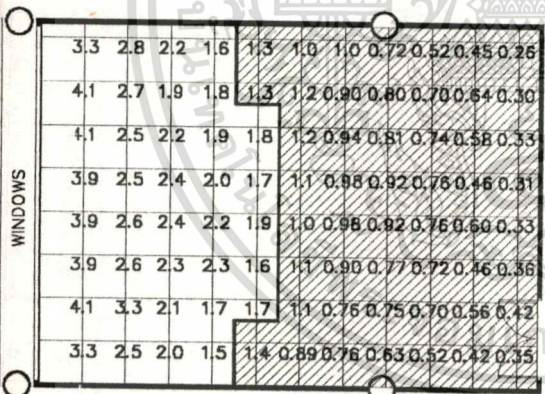
ไม่วารณิโดวทังลัน อิกทังห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



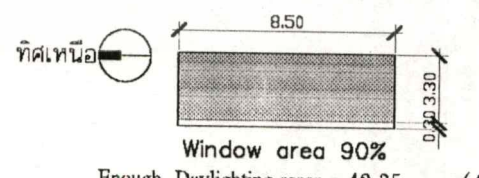
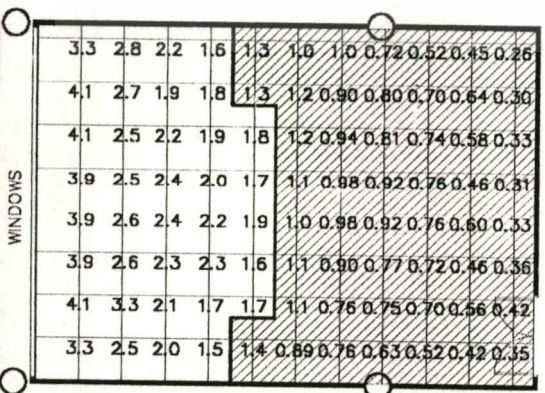
Enough Daylighting areas = 7.50 sq.m. (7.8%)  
 OTTV = 62.99 w/m<sup>2</sup>



Enough Daylighting areas = 6.25 sq.m. (6.6%)  
 OTTV = 62.99 w/m<sup>2</sup>

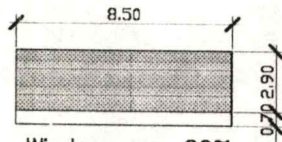
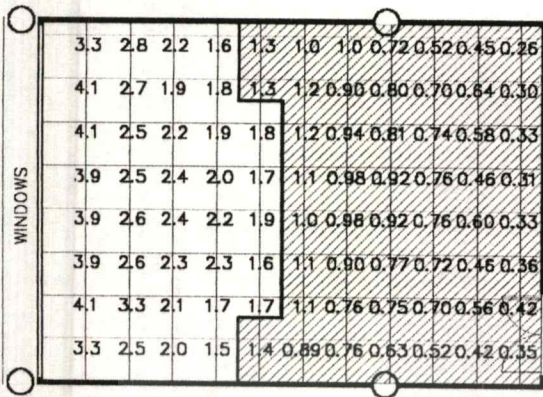


Enough Daylighting areas = 42.35 sq.m. (44%)  
 OTTV = 124.16 w/m<sup>2</sup>

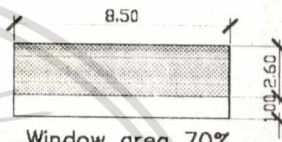
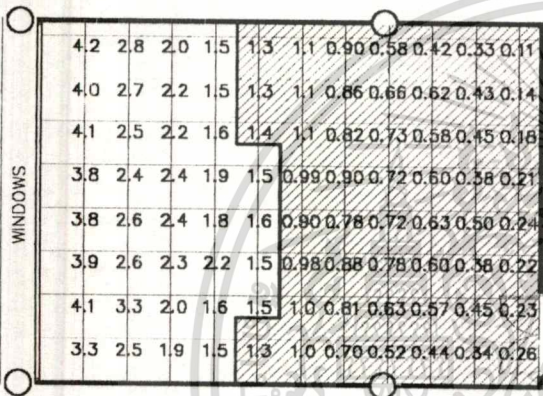


Enough Daylighting areas = 42.35 sq.m. (44%)  
 OTTV = 116.73 w/m<sup>2</sup>

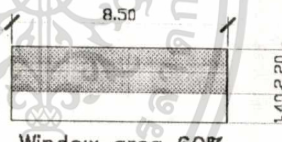
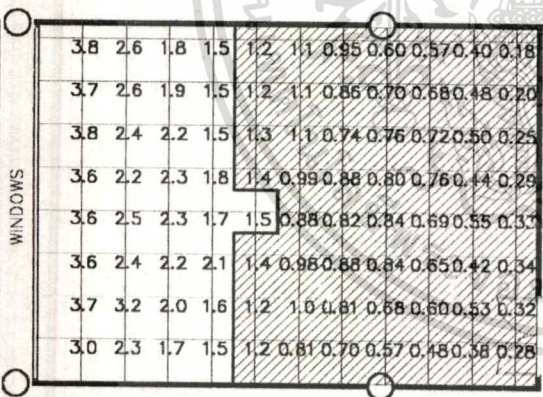
รูปที่ 5.72 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิด 30%, 90%, 100% ณ ตำแหน่งกลางผนังและริมผนัง  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาของท่าน มิอนุญาติให้เผยแพร่ข้อมูลด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



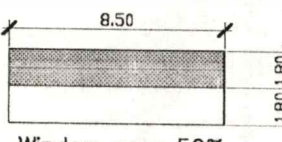
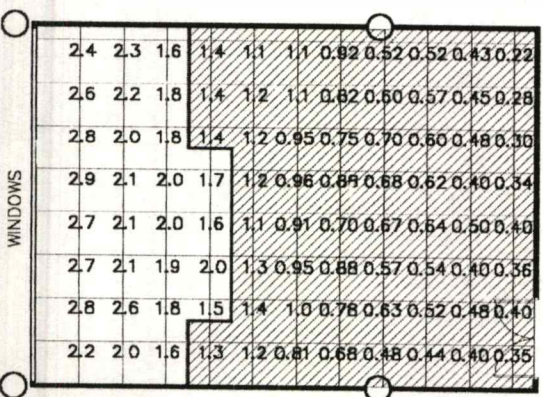
Window area 80%  
 Enough Daylighting areas = 42.35 sq.m. (44%)  
 OTTV = 106.80 w/m<sup>2</sup>



Window area 70%  
 Enough Daylighting areas = 41.35 sq.m. (43%)  
 OTTV = 99.43 w/m<sup>2</sup>



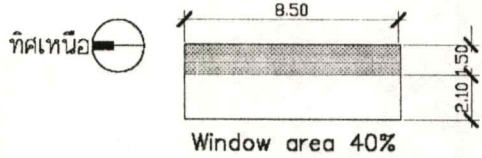
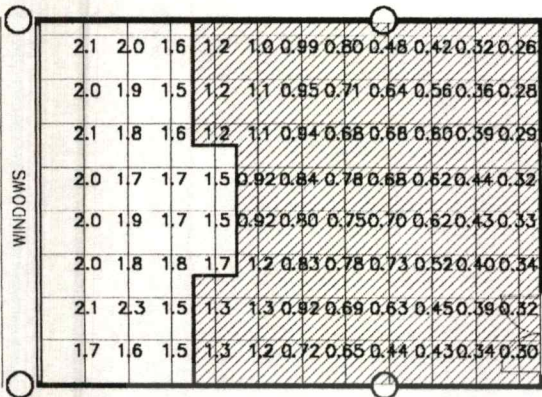
Window area 60%  
 Enough Daylighting areas = 38.35 sq.m. (40%)  
 OTTV = 89.65 w/m<sup>2</sup>



Window area 50%  
 Enough Daylighting areas = 33.00 sq.m. (35%)  
 OTTV = 79.89 w/m<sup>2</sup>

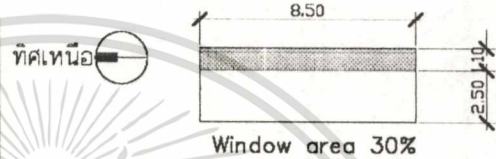
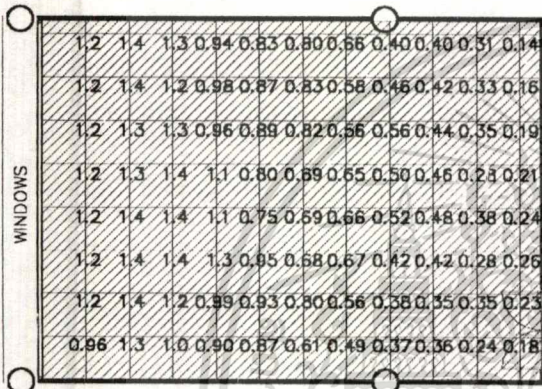
รูปที่ 5.73 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิด 50% - 80 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



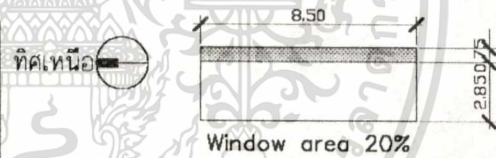
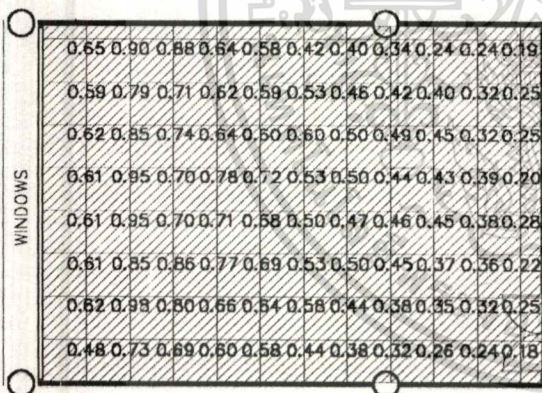
Enough Daylighting areas = 32.00 sq.m. (34%)

OTTV = 72.58 w/m<sup>2</sup>



Enough Daylighting areas = 00.00 sq.m. (0%)

OTTV = 62.87 w/m<sup>2</sup>



Enough Daylighting areas = 00.00 sq.m. (0%)

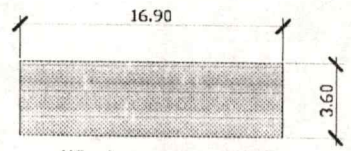
OTTV = 54.42 w/m<sup>2</sup>

รูปที่ 5.74 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิด 20% - 40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WINDOWS

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 5.6  | 4.1  | 5.4  | 4.9  | 6.1  | 6.4  | 5.1  | 5.3  | 4.7  | 6.4  | 5.7  | 3.2  | 7.0  | 7.2  | 6.1  | 5.8  |
| 3.0  | 3.0  | 3.1  | 3.0  | 3.2  | 3.4  | 3.8  | 3.1  | 3.2  | 3.1  | 2.9  | 2.5  | 3.0  | 3.4  | 2.7  | 3.6  |
| 2.5  | 2.6  | 2.9  | 3.0  | 2.2  | 2.6  | 2.3  | 3.0  | 3.0  | 2.9  | 2.8  | 2.7  | 2.6  | 3.1  | 2.8  | 1.9  |
| 1.9  | 1.8  | 2.5  | 1.8  | 2.2  | 1.9  | 1.9  | 2.1  | 2.0  | 1.8  | 1.8  | 2.1  | 1.8  | 2.0  | 1.9  | 1.9  |
| 1.6  | 1.7  | 2.1  | 2.0  | 1.9  | 1.7  | 2.1  | 2.0  | 1.5  | 2.0  | 1.5  | 1.7  | 2.1  | 1.9  | 1.8  | 1.5  |
| 1.2  | 1.1  | 1.2  | 1.4  | 0.89 | 1.4  | 1.3  | 1.4  | 1.2  | 1.1  | 1.4  | 1.3  | 1.2  | 0.87 | 1.3  | 1.2  |
| 0.80 | 1.2  | 0.90 | 1.3  | 0.99 | 0.91 | 1.1  | 0.89 | 1.0  | 1.1  | 1.0  | 1.2  | 1.3  | 0.90 | 0.77 | 1.0  |
| 0.77 | 0.51 | 0.65 | 0.74 | 0.85 | 0.87 | 0.77 | 0.75 | 0.56 | 0.89 | 0.75 | 0.63 | 0.63 | 0.78 | 0.67 | 0.63 |
| 0.51 | 0.49 | 0.49 | 0.64 | 0.53 | 0.64 | 0.49 | 0.49 | 0.49 | 0.60 | 0.48 | 0.50 | 0.60 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| 0.33 | 0.38 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.32 | 0.23 | 0.45 | 0.46 | 0.37 | 0.35 | 0.36 | 0.38 | 0.33 | 0.33 |
| 0.28 | 0.31 | 0.30 | 0.32 | 0.33 | 0.29 | 0.24 | 0.19 | 0.19 | 0.25 | 0.32 | 0.30 | 0.29 | 0.33 | 0.26 | 0.22 |



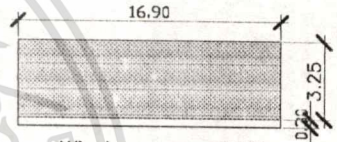
Window area 100%

Enough Daylighting areas = 91.85 sq.m. (48%)

OTTV = 143.04 w/m<sup>2</sup>

WINDOWS

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 5.6  | 4.1  | 5.4  | 4.9  | 6.1  | 6.4  | 5.1  | 5.3  | 4.7  | 6.4  | 5.7  | 3.2  | 7.0  | 7.2  | 6.1  | 5.8  |
| 3.0  | 3.0  | 3.1  | 3.0  | 3.2  | 3.4  | 3.8  | 3.1  | 3.2  | 3.1  | 2.9  | 2.5  | 3.0  | 3.4  | 2.7  | 3.6  |
| 2.5  | 2.6  | 2.9  | 3.0  | 2.2  | 2.6  | 2.3  | 3.0  | 3.0  | 2.9  | 2.8  | 2.7  | 2.6  | 3.1  | 2.8  | 1.9  |
| 1.9  | 1.8  | 2.5  | 1.8  | 2.2  | 1.9  | 1.9  | 2.1  | 2.0  | 1.8  | 1.8  | 2.1  | 1.8  | 2.0  | 1.9  | 1.9  |
| 1.6  | 1.7  | 2.1  | 2.0  | 1.9  | 1.7  | 2.1  | 2.0  | 1.5  | 2.0  | 1.5  | 1.7  | 2.1  | 1.9  | 1.8  | 1.5  |
| 1.2  | 1.1  | 1.2  | 1.4  | 0.89 | 1.4  | 1.3  | 1.4  | 1.2  | 1.1  | 1.4  | 1.3  | 1.2  | 0.87 | 1.3  | 1.2  |
| 0.80 | 1.2  | 0.90 | 1.3  | 0.99 | 0.91 | 1.1  | 0.89 | 1.0  | 1.1  | 1.0  | 1.2  | 1.3  | 0.90 | 0.77 | 1.0  |
| 0.77 | 0.51 | 0.65 | 0.74 | 0.85 | 0.87 | 0.77 | 0.75 | 0.56 | 0.89 | 0.75 | 0.63 | 0.63 | 0.78 | 0.67 | 0.63 |
| 0.51 | 0.49 | 0.49 | 0.64 | 0.53 | 0.64 | 0.49 | 0.49 | 0.49 | 0.60 | 0.48 | 0.50 | 0.60 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| 0.33 | 0.38 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.32 | 0.23 | 0.45 | 0.46 | 0.37 | 0.35 | 0.36 | 0.38 | 0.33 | 0.33 |
| 0.28 | 0.31 | 0.30 | 0.32 | 0.33 | 0.29 | 0.24 | 0.19 | 0.19 | 0.25 | 0.32 | 0.30 | 0.29 | 0.33 | 0.26 | 0.22 |



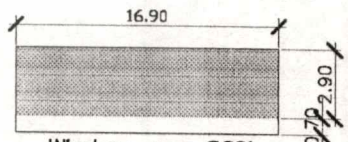
Window area 90%

Enough Daylighting areas = 91.85 sq.m. (48%)

OTTV = 132.66 w/m<sup>2</sup>

WINDOWS

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 5.6  | 4.1  | 5.4  | 4.9  | 6.1  | 6.4  | 5.1  | 5.3  | 4.7  | 6.4  | 5.7  | 3.2  | 7.0  | 7.2  | 6.1  | 5.8  |
| 3.0  | 3.0  | 3.1  | 3.0  | 3.2  | 3.4  | 3.8  | 3.1  | 3.2  | 3.1  | 2.9  | 2.5  | 3.0  | 3.4  | 2.7  | 3.6  |
| 2.5  | 2.6  | 2.9  | 3.0  | 2.2  | 2.6  | 2.3  | 3.0  | 3.0  | 2.9  | 2.8  | 2.7  | 2.6  | 3.1  | 2.8  | 1.9  |
| 1.9  | 1.8  | 2.5  | 1.8  | 2.2  | 1.9  | 1.9  | 2.1  | 2.0  | 1.8  | 1.8  | 2.1  | 1.8  | 2.0  | 1.9  | 1.9  |
| 1.6  | 1.7  | 2.1  | 2.0  | 1.9  | 1.7  | 2.1  | 2.0  | 1.5  | 2.0  | 1.5  | 1.7  | 2.1  | 1.9  | 1.8  | 1.5  |
| 1.2  | 1.1  | 1.2  | 1.4  | 0.89 | 1.4  | 1.3  | 1.4  | 1.2  | 1.1  | 1.4  | 1.3  | 1.2  | 0.87 | 1.3  | 1.2  |
| 0.80 | 1.2  | 0.90 | 1.3  | 0.99 | 0.91 | 1.1  | 0.89 | 1.0  | 1.1  | 1.0  | 1.2  | 1.3  | 0.90 | 0.77 | 1.0  |
| 0.77 | 0.51 | 0.65 | 0.74 | 0.85 | 0.87 | 0.77 | 0.75 | 0.56 | 0.89 | 0.75 | 0.63 | 0.63 | 0.78 | 0.67 | 0.63 |
| 0.51 | 0.49 | 0.49 | 0.64 | 0.53 | 0.64 | 0.49 | 0.49 | 0.49 | 0.60 | 0.48 | 0.50 | 0.60 | 0.50 | 0.50 | 0.50 |
| 0.33 | 0.38 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.46 | 0.32 | 0.23 | 0.45 | 0.46 | 0.37 | 0.35 | 0.36 | 0.38 | 0.33 | 0.33 |
| 0.28 | 0.31 | 0.30 | 0.32 | 0.33 | 0.29 | 0.24 | 0.19 | 0.19 | 0.25 | 0.32 | 0.30 | 0.29 | 0.33 | 0.26 | 0.22 |



Window area 80%

Enough Daylighting areas = 91.85 sq.m. (48%)

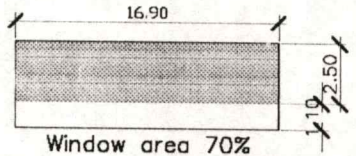
OTTV = 122.28 w/m<sup>2</sup>

รูปที่ 5.75 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิด 80% - 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WINDOWS

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 5.5  | 4.1  | 5.4  | 4.9  | 6.0  | 6.4  | 5.1  | 5.3  | 4.6  | 6.4  | 5.6  | 3.2  | 7.0  | 7.2  | 6.1  | 5.7  |
| 3.0  | 2.9  | 3.1  | 3.0  | 3.1  | 3.4  | 3.8  | 3.0  | 3.1  | 3.0  | 2.8  | 2.7  | 2.9  | 3.3  | 2.8  | 3.0  |
| 2.4  | 2.6  | 2.9  | 2.9  | 2.3  | 2.6  | 2.3  | 3.0  | 3.0  | 2.9  | 2.8  | 2.5  | 2.6  | 3.1  | 2.7  | 1.9  |
| 1.9  | 1.9  | 2.0  | 1.8  | 2.2  | 2.0  | 2.3  | 2.2  | 2.1  | 1.8  | 1.8  | 2.1  | 1.8  | 2.1  | 1.9  | 2.1  |
| 1.6  | 1.7  | 2.0  | 1.8  | 1.8  | 1.6  | 1.8  | 1.9  | 1.8  | 1.9  | 1.9  | 1.6  | 2.0  | 1.8  | 1.7  | 1.5  |
| 1.2  | 1.1  | 1.1  | 1.2  | 0.98 | 1.2  | 1.3  | 1.4  | 1.2  | 1.1  | 1.4  | 1.3  | 1.2  | 0.89 | 1.3  | 1.2  |
| 0.78 | 1.2  | 0.83 | 1.2  | 0.89 | 0.90 | 1.1  | 0.88 | 1.0  | 1.1  | 1.0  | 1.2  | 1.3  | 0.89 | 0.77 | 1.0  |
| 0.77 | 0.51 | 0.54 | 0.55 | 0.52 | 0.86 | 0.63 | 0.63 | 0.49 | 0.87 | 0.74 | 0.52 | 0.63 | 0.77 | 0.56 | 0.52 |
| 0.49 | 0.37 | 0.49 | 0.52 | 0.56 | 0.73 | 0.58 | 0.47 | 0.38 | 0.59 | 0.47 | 0.48 | 0.59 | 0.46 | 0.38 | 0.40 |
| 0.33 | 0.34 | 0.45 | 0.44 | 0.44 | 0.46 | 0.32 | 0.21 | 0.23 | 0.45 | 0.46 | 0.33 | 0.33 | 0.34 | 0.32 | 0.32 |
| 0.25 | 0.30 | 0.34 | 0.36 | 0.33 | 0.30 | 0.18 | 0.11 | 0.13 | 0.14 | 0.39 | 0.30 | 0.26 | 0.24 | 0.25 | 0.25 |

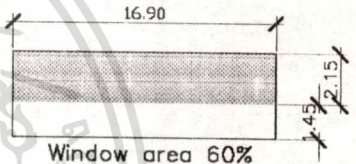


Enough Daylighting areas = 91.85 sq.m. (48%)

OTTV = 110.42 w/m<sup>2</sup>

WINDOWS

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 5.2  | 3.8  | 5.1  | 4.6  | 5.8  | 6.1  | 4.8  | 5.0  | 4.4  | 6.1  | 5.4  | 3.1  | 6.7  | 6.9  | 5.9  | 5.4  |
| 3.0  | 3.0  | 3.3  | 3.0  | 3.3  | 3.5  | 3.9  | 3.2  | 3.3  | 3.2  | 3.0  | 2.6  | 3.0  | 3.5  | 2.8  | 3.7  |
| 2.4  | 2.5  | 2.9  | 3.0  | 2.2  | 2.5  | 2.3  | 3.0  | 3.0  | 2.9  | 2.8  | 2.7  | 2.5  | 3.0  | 2.7  | 1.9  |
| 1.8  | 1.8  | 2.0  | 1.8  | 2.2  | 2.0  | 2.3  | 2.1  | 2.0  | 1.8  | 1.8  | 2.1  | 2.0  | 2.0  | 1.9  | 1.9  |
| 1.4  | 1.5  | 1.9  | 1.8  | 1.8  | 1.7  | 1.9  | 1.9  | 1.6  | 1.9  | 1.6  | 1.6  | 1.8  | 1.8  | 1.5  | 1.3  |
| 1.2  | 1.0  | 1.1  | 1.4  | 0.95 | 1.3  | 1.2  | 1.3  | 1.1  | 0.98 | 1.4  | 1.3  | 1.2  | 0.88 | 1.3  | 1.1  |
| 0.74 | 1.1  | 0.84 | 1.2  | 0.95 | 0.86 | 1.1  | 0.84 | 0.47 | 1.1  | 0.96 | 1.1  | 1.2  | 0.85 | 0.73 | 0.99 |
| 0.68 | 0.45 | 0.56 | 0.69 | 0.89 | 0.76 | 0.59 | 0.62 | 0.43 | 0.79 | 0.59 | 0.55 | 0.56 | 0.66 | 0.59 | 0.46 |
| 0.48 | 0.44 | 0.48 | 0.57 | 0.81 | 0.46 | 0.43 | 0.39 | 0.36 | 0.58 | 0.46 | 0.47 | 0.56 | 0.48 | 0.35 | 0.37 |
| 0.31 | 0.36 | 0.39 | 0.43 | 0.41 | 0.43 | 0.30 | 0.21 | 0.21 | 0.42 | 0.46 | 0.31 | 0.32 | 0.30 | 0.32 | 0.30 |
| 0.23 | 0.34 | 0.34 | 0.40 | 0.38 | 0.56 | 0.33 | 0.21 | 0.11 | 0.11 | 0.32 | 0.30 | 0.28 | 0.26 | 0.27 | 0.25 |

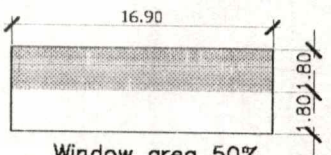


Enough Daylighting areas = 89.15 sq.m. (47%)

OTTV = 100.05 w/m<sup>2</sup>

WINDOWS

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 3.7  | 2.7  | 3.7  | 3.3  | 4.1  | 4.4  | 3.5  | 3.6  | 3.2  | 4.4  | 3.8  | 2.4  | 4.8  | 4.9  | 4.1  | 3.8  |
| 2.8  | 2.7  | 2.9  | 2.8  | 3.0  | 3.2  | 3.6  | 2.9  | 3.0  | 2.9  | 2.7  | 2.4  | 2.8  | 2.7  | 2.9  | 3.3  |
| 2.2  | 2.3  | 2.5  | 2.6  | 2.2  | 2.3  | 2.1  | 2.7  | 2.7  | 2.6  | 2.5  | 2.2  | 2.3  | 2.6  | 2.4  | 2.1  |
| 1.7  | 1.7  | 1.9  | 1.7  | 2.1  | 1.8  | 1.7  | 2.0  | 1.8  | 1.8  | 1.6  | 2.0  | 1.9  | 1.9  | 1.7  | 1.6  |
| 1.3  | 1.4  | 1.6  | 1.6  | 1.7  | 1.6  | 1.7  | 1.8  | 1.6  | 1.8  | 1.6  | 1.5  | 1.6  | 1.5  | 1.3  | 1.2  |
| 1.1  | 1.1  | 1.0  | 1.2  | 0.90 | 1.2  | 1.1  | 1.2  | 1.0  | 1.0  | 1.2  | 1.2  | 1.2  | 0.80 | 1.2  | 1.0  |
| 0.71 | 0.86 | 0.81 | 1.1  | 0.82 | 0.82 | 1.0  | 0.82 | 0.92 | 0.90 | 0.92 | 1.0  | 1.0  | 0.74 | 0.70 | 0.93 |
| 0.64 | 0.42 | 0.54 | 0.53 | 0.52 | 0.71 | 0.53 | 0.45 | 0.40 | 0.73 | 0.61 | 0.52 | 0.52 | 0.65 | 0.54 | 0.44 |
| 0.43 | 0.45 | 0.43 | 0.50 | 0.50 | 0.65 | 0.46 | 0.42 | 0.33 | 0.53 | 0.43 | 0.42 | 0.45 | 0.44 | 0.32 | 0.40 |
| 0.33 | 0.36 | 0.37 | 0.43 | 0.44 | 0.44 | 0.32 | 0.23 | 0.22 | 0.45 | 0.43 | 0.33 | 0.33 | 0.34 | 0.30 | 0.31 |
| 0.24 | 0.33 | 0.34 | 0.35 | 0.33 | 0.32 | 0.30 | 0.16 | 0.12 | 0.13 | 0.35 | 0.30 | 0.29 | 0.30 | 0.26 | 0.23 |



Enough Daylighting areas = 87.15 sq.m. (45%)

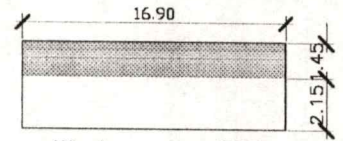
OTTV = 89.67 w/m<sup>2</sup>

รูปที่ 5.76 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิด 50% - 70%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WINDOWS

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2.5  | 2.8  | 2.6  | 2.3  | 2.9  | 3.0  | 2.8  | 2.5  | 2.5  | 2.6  | 2.7  | 2.3  | 3.3  | 3.4  | 2.8  | 2.5  |
| 2.1  | 2.1  | 2.2  | 2.3  | 2.3  | 2.5  | 2.5  | 2.3  | 2.3  | 2.3  | 2.2  | 2.0  | 2.2  | 2.4  | 2.1  | 2.5  |
| 1.9  | 2.0  | 2.2  | 2.2  | 1.8  | 2.0  | 1.8  | 2.2  | 2.2  | 2.2  | 2.1  | 1.9  | 2.0  | 2.3  | 1.8  | 1.5  |
| 1.5  | 1.5  | 1.7  | 1.6  | 1.7  | 1.6  | 1.5  | 1.7  | 1.6  | 1.5  | 1.6  | 1.7  | 1.6  | 1.6  | 1.5  | 1.6  |
| 1.2  | 1.3  | 1.4  | 1.4  | 1.4  | 1.4  | 1.4  | 1.4  | 1.2  | 1.4  | 1.2  | 1.3  | 1.4  | 1.4  | 1.4  | 1.1  |
| 0.93 | 0.83 | 0.92 | 1.1  | 0.81 | 1.1  | 1.0  | 1.1  | 0.91 | 0.90 | 1.1  | 1.0  | 1.0  | 0.72 | 1.0  | 0.93 |
| 0.63 | 0.79 | 0.71 | 1.0  | 0.71 | 0.72 | 0.91 | 0.71 | 0.81 | 0.81 | 0.80 | 0.91 | 0.92 | 0.71 | 0.62 | 0.82 |
| 0.56 | 0.58 | 0.48 | 0.48 | 0.46 | 0.54 | 0.47 | 0.36 | 0.36 | 0.56 | 0.55 | 0.46 | 0.45 | 0.57 | 0.49 | 0.37 |
| 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.41 | 0.43 | 0.41 | 0.40 | 0.31 | 0.32 | 0.50 | 0.41 | 0.39 | 0.42 | 0.43 | 0.31 | 0.40 |
| 0.30 | 0.52 | 0.41 | 0.40 | 0.41 | 0.40 | 0.29 | 0.21 | 0.21 | 0.40 | 0.40 | 0.30 | 0.31 | 0.32 | 0.30 | 0.30 |
| 0.21 | 0.32 | 0.33 | 0.33 | 0.34 | 0.33 | 0.30 | 0.20 | 0.11 | 0.11 | 0.32 | 0.30 | 0.28 | 0.26 | 0.22 | 0.20 |



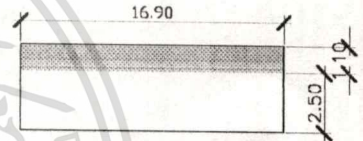
Window area 40%

Enough Daylighting areas = 75.15 sq.m. (39%)

OTTV = 79.29 w/m<sup>2</sup>

WINDOWS

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1.3  | 1.5  | 1.5  | 1.5  | 1.6  | 1.7  | 1.6  | 1.6  | 1.6  | 1.7  | 1.5  | 1.6  | 1.8  | 1.8  | 1.5  | 1.4  |
| 1.5  | 1.6  | 1.7  | 1.6  | 1.7  | 1.9  | 2.1  | 1.7  | 1.7  | 1.7  | 1.6  | 1.5  | 1.6  | 1.8  | 1.5  | 1.5  |
| 1.4  | 1.5  | 1.8  | 1.8  | 1.6  | 1.6  | 1.5  | 1.8  | 1.8  | 1.8  | 1.7  | 1.6  | 1.6  | 1.8  | 1.5  | 1.2  |
| 1.2  | 1.2  | 1.3  | 1.2  | 1.4  | 1.3  | 1.2  | 1.4  | 1.3  | 1.3  | 1.1  | 1.3  | 1.2  | 1.3  | 1.2  | 1.2  |
| 1.0  | 1.1  | 1.2  | 1.2  | 1.3  | 1.3  | 1.1  | 1.3  | 0.96 | 1.2  | 0.94 | 1.0  | 1.1  | 1.2  | 1.2  | 0.79 |
| 0.69 | 0.61 | 0.67 | 0.82 | 0.69 | 0.80 | 0.80 | 0.81 | 0.71 | 0.78 | 0.82 | 0.80 | 0.88 | 0.82 | 0.75 | 0.72 |
| 0.54 | 0.60 | 0.63 | 0.76 | 0.51 | 0.64 | 0.73 | 0.62 | 0.66 | 0.59 | 0.70 | 0.73 | 0.67 | 0.52 | 0.54 | 0.67 |
| 0.47 | 0.30 | 0.39 | 0.38 | 0.37 | 0.53 | 0.39 | 0.55 | 0.30 | 0.53 | 0.45 | 0.38 | 0.37 | 0.46 | 0.40 | 0.43 |
| 0.34 | 0.25 | 0.34 | 0.34 | 0.33 | 0.36 | 0.35 | 0.35 | 0.26 | 0.41 | 0.33 | 0.31 | 0.34 | 0.32 | 0.25 | 0.26 |
| 0.21 | 0.22 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.30 | 0.23 | 0.16 | 0.16 | 0.30 | 0.30 | 0.23 | 0.23 | 0.30 | 0.23 | 0.20 |
| 0.17 | 0.16 | 0.18 | 0.23 | 0.25 | 0.23 | 0.20 | 0.11 | 0.09 | 0.11 | 0.25 | 0.20 | 0.19 | 0.20 | 0.16 | 0.17 |



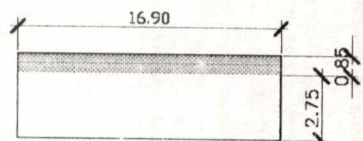
Window area 30%

Enough Daylighting areas = 51.00 sq.m. (27%)

OTTV = 68.91 w/m<sup>2</sup>

WINDOWS

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0.91 | 0.71 | 0.99 | 0.89 | 1.1  | 1.2  | 0.85 | 0.99 | 0.87 | 1.2  | 1.1  | 0.59 | 1.3  | 1.3  | 1.0  | 0.99 |
| 1.2  | 1.2  | 1.3  | 1.3  | 1.4  | 1.4  | 1.4  | 1.3  | 1.4  | 1.3  | 1.2  | 1.1  | 1.3  | 1.4  | 1.2  | 1.2  |
| 0.96 | 1.0  | 1.2  | 1.2  | 0.87 | 1.0  | 0.93 | 1.2  | 1.2  | 1.2  | 1.1  | 1.1  | 1.0  | 1.2  | 1.1  | 0.88 |
| 0.83 | 0.85 | 0.89 | 0.93 | 0.89 | 0.85 | 0.85 | 0.98 | 0.92 | 0.75 | 0.75 | 0.94 | 0.82 | 0.93 | 0.87 | 0.75 |
| 0.78 | 0.83 | 0.86 | 0.82 | 0.95 | 0.85 | 0.80 | 0.89 | 0.75 | 0.73 | 0.72 | 0.83 | 0.78 | 0.80 | 0.81 | 0.66 |
| 0.50 | 0.59 | 0.58 | 0.72 | 0.75 | 0.71 | 0.74 | 0.78 | 0.73 | 0.70 | 0.70 | 0.73 | 0.76 | 0.74 | 0.75 | 0.59 |
| 0.41 | 0.52 | 0.45 | 0.53 | 0.50 | 0.45 | 0.57 | 0.50 | 0.51 | 0.56 | 0.51 | 0.58 | 0.63 | 0.45 | 0.46 | 0.51 |
| 0.39 | 0.37 | 0.35 | 0.36 | 0.44 | 0.46 | 0.38 | 0.32 | 0.27 | 0.47 | 0.40 | 0.34 | 0.31 | 0.42 | 0.34 | 0.30 |
| 0.25 | 0.20 | 0.25 | 0.35 | 0.34 | 0.24 | 0.34 | 0.21 | 0.19 | 0.31 | 0.24 | 0.24 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | 0.28 |
| 0.21 | 0.19 | 0.21 | 0.21 | 0.20 | 0.20 | 0.14 | 0.11 | 0.10 | 0.20 | 0.19 | 0.15 | 0.15 | 0.18 | 0.18 | 0.21 |
| 0.07 | 0.11 | 0.13 | 0.13 | 0.14 | 0.17 | 0.11 | 0.07 | 0.04 | 0.04 | 0.10 | 0.11 | 0.10 | 0.10 | 0.11 | 0.13 |



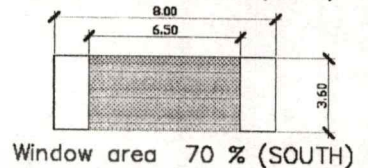
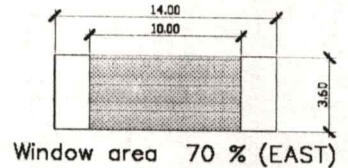
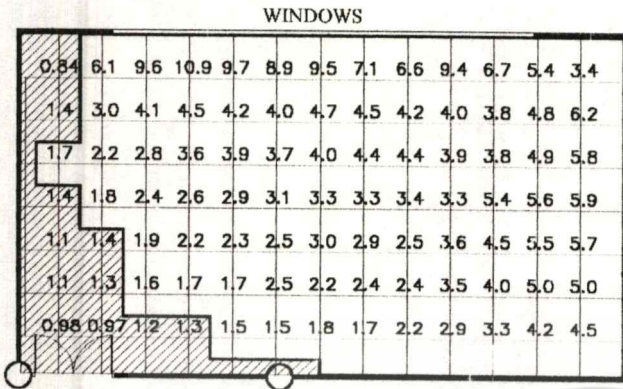
Window area 20%

Enough Daylighting areas = 00.00 sq.m. (0%)

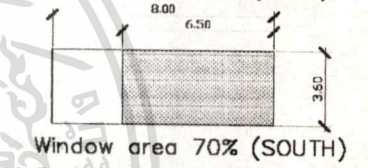
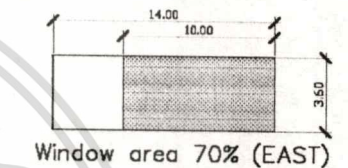
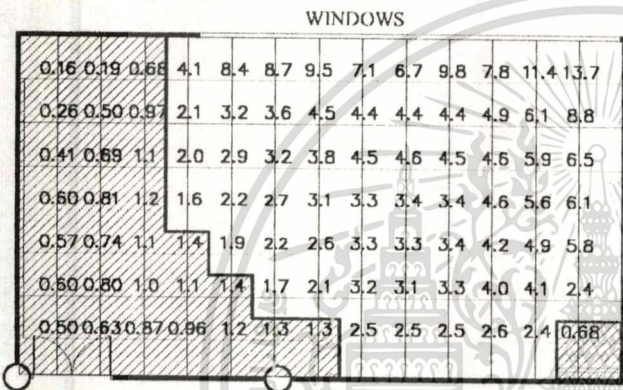
OTTV = 61.50 w/m<sup>2</sup>

รูปที่ 5.77 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิด 20% - 40%

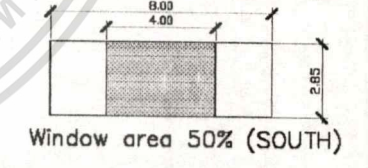
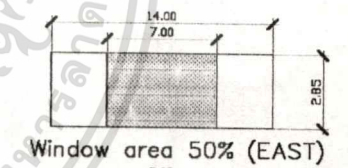
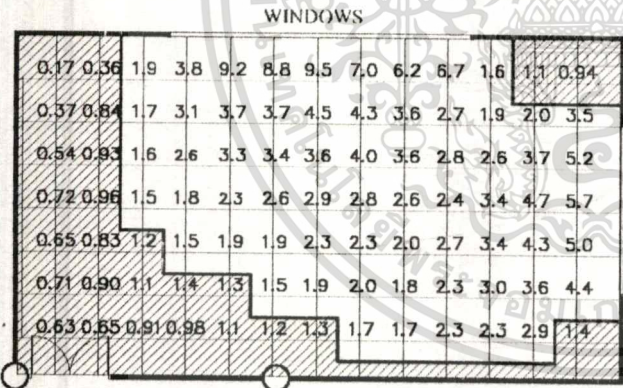
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



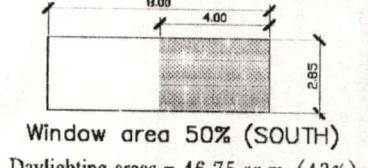
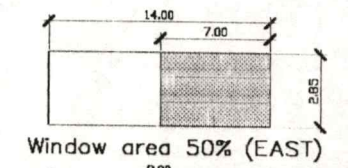
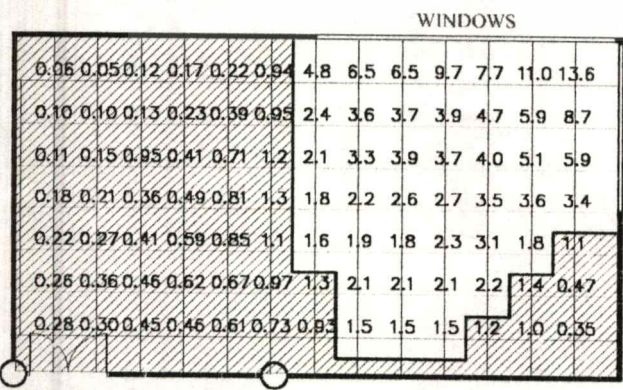
Enough Daylighting areas = 92.20 sq.m. (85%)  
 OTTV = 120.55 w/m<sup>2</sup>



Enough Daylighting areas = 72.00 sq.m. (66%)  
 OTTV = 120.55 w/m<sup>2</sup>

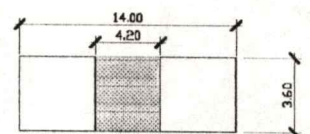
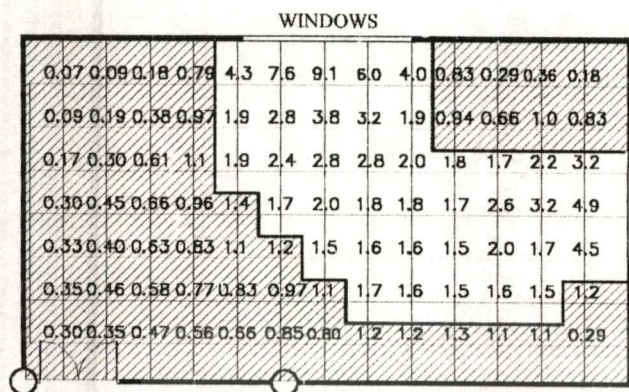


Enough Daylighting areas = 73.75 sq.m. (68%)  
 OTTV = 96.02 w/m<sup>2</sup>

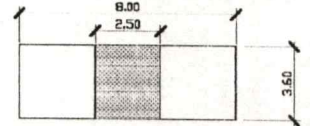


Enough Daylighting areas = 46.75 sq.m. (43%)  
 OTTV = 96.02 w/m<sup>2</sup>

รูปที่ 5.78 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิด 50%, 70% ณ ตำแหน่งกลางผนังและริมผนัง โยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



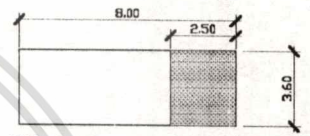
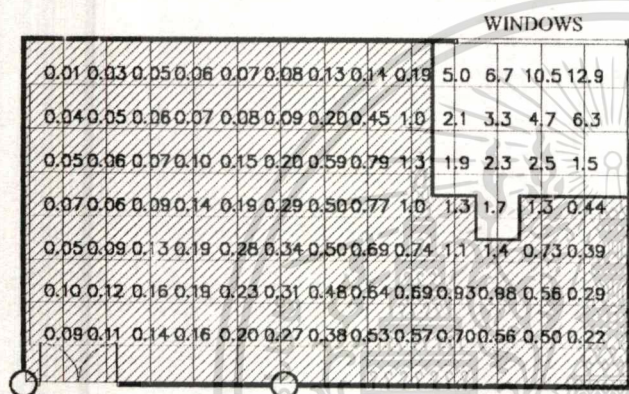
Window area 30% (EAST)



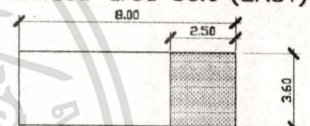
Window area 30% (SOUTH)

Enough Daylighting areas = 43.00 sq.m. (40%)

OTTV = 84.91 w/m<sup>2</sup>



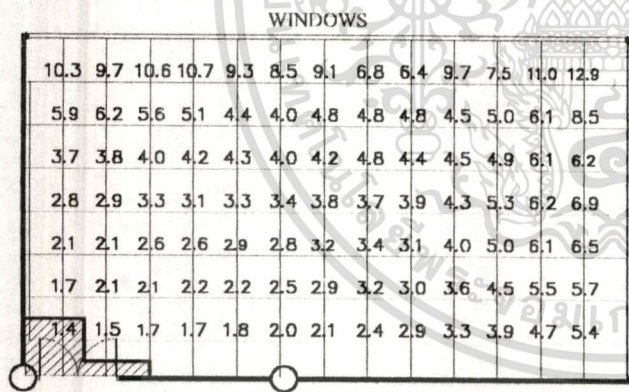
Window area 30% (EAST)



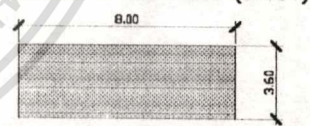
Window area 30% (SOUTH)

Enough Daylighting areas = 16.75 sq.m. (15%)

OTTV = 84.91 w/m<sup>2</sup>



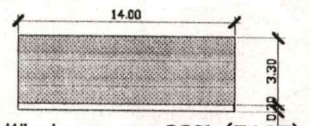
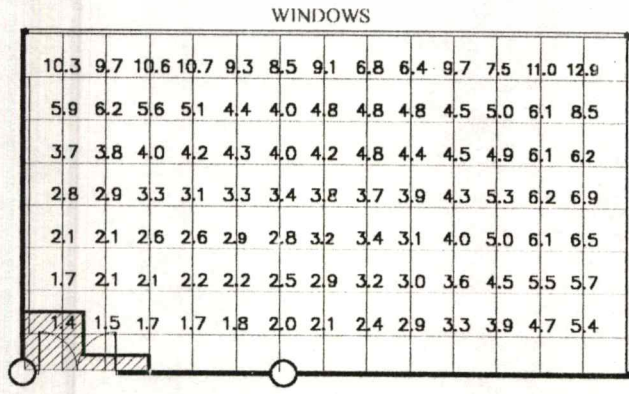
Window area 100% (EAST)



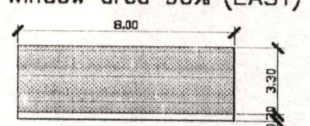
Window area 100% (SOUTH)

Enough Daylighting areas = 106.33 sq.m. (98%)

OTTV = 155.74 w/m<sup>2</sup>



Window area 90% (EAST)



Window area 90% (SOUTH)

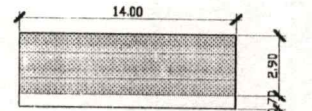
Enough Daylighting areas = 106.33 sq.m. (98%)

OTTV = 143.71 w/m<sup>2</sup>

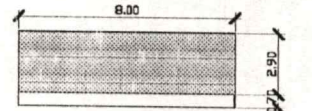
รูปที่ 5.79 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิด 30%, 90%, 100% ณ ตำแหน่งกลางผนังและริมผนังด้านการค้า  
 ไม่ว่าการนี้ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WINDOWS

|      |     |      |      |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 10.3 | 9.7 | 10.6 | 10.7 | 9.3 | 8.5 | 9.1 | 6.8 | 6.4 | 9.7 | 7.5 | 11.0 | 12.9 |
| 5.9  | 6.2 | 5.6  | 5.1  | 4.4 | 4.0 | 4.8 | 4.8 | 4.8 | 4.5 | 5.0 | 6.1  | 8.5  |
| 3.7  | 3.8 | 4.0  | 4.2  | 4.3 | 4.0 | 4.2 | 4.8 | 4.4 | 4.5 | 4.9 | 6.1  | 6.2  |
| 2.8  | 2.9 | 3.3  | 3.1  | 3.3 | 3.4 | 3.8 | 3.7 | 3.9 | 4.3 | 5.3 | 6.2  | 6.9  |
| 2.1  | 2.1 | 2.6  | 2.6  | 2.9 | 2.8 | 3.2 | 3.4 | 3.1 | 4.0 | 5.0 | 6.1  | 6.5  |
| 1.7  | 2.1 | 2.1  | 2.2  | 2.2 | 2.5 | 2.9 | 3.2 | 3.0 | 3.6 | 4.5 | 5.5  | 5.7  |
| 1.4  | 1.5 | 1.7  | 1.7  | 1.8 | 2.0 | 2.1 | 2.4 | 2.9 | 3.3 | 3.9 | 4.7  | 5.4  |



Window area 80% (EAST)



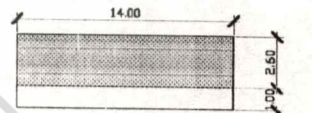
Window area 90% (SOUTH)

Enough Daylighting areas = 106.33 sq.m. (98%)

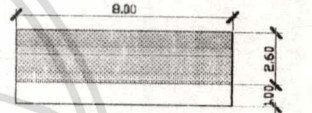
OTTV = 127.70 w/m<sup>2</sup>

WINDOWS

|      |     |      |      |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 10.3 | 9.6 | 10.4 | 10.6 | 9.2 | 8.4 | 9.0 | 6.8 | 6.3 | 9.4 | 7.4 | 10.5 | 12.7 |
| 5.3  | 5.6 | 5.0  | 4.5  | 3.9 | 3.6 | 4.3 | 4.2 | 4.0 | 4.1 | 4.6 | 5.5  | 8.1  |
| 3.6  | 3.7 | 4.0  | 4.2  | 4.3 | 4.0 | 4.1 | 4.7 | 4.7 | 4.4 | 4.8 | 5.6  | 6.2  |
| 3.0  | 2.8 | 3.2  | 2.9  | 3.1 | 3.2 | 3.4 | 3.5 | 3.6 | 3.7 | 5.1 | 5.6  | 6.9  |
| 1.6  | 1.9 | 2.3  | 2.3  | 2.6 | 2.6 | 2.8 | 3.0 | 2.8 | 4.0 | 5.0 | 5.3  | 6.5  |
| 1.6  | 1.9 | 1.9  | 2.1  | 2.0 | 2.3 | 2.5 | 2.9 | 2.8 | 3.6 | 4.5 | 4.9  | 5.7  |
| 1.3  | 1.4 | 1.5  | 1.5  | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 2.8 | 2.8 | 3.0 | 3.9 | 4.7  | 5.4  |



Window area 70% (EAST)



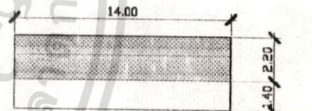
Window area 70% (SOUTH)

Enough Daylighting areas = 105.00 sq.m. (97%)

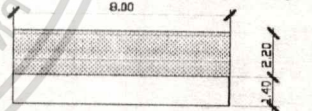
OTTV = 121.69 w/m<sup>2</sup>

WINDOWS

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 9.5 | 8.8 | 9.6 | 9.7 | 8.4 | 7.7 | 8.3 | 6.2 | 5.8 | 8.6 | 6.9 | 9.8 | 11.6 |
| 5.6 | 5.9 | 5.2 | 4.8 | 4.2 | 3.8 | 4.5 | 4.4 | 4.2 | 4.2 | 4.7 | 5.6 | 7.7  |
| 3.6 | 3.7 | 3.8 | 4.2 | 4.2 | 3.9 | 4.0 | 4.6 | 4.5 | 4.3 | 4.6 | 5.4 | 5.7  |
| 2.7 | 2.8 | 3.2 | 2.9 | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.3 | 3.5 | 3.9 | 5.0 | 5.5 | 5.4  |
| 1.7 | 1.9 | 2.0 | 2.3 | 2.6 | 2.5 | 2.7 | 2.9 | 2.7 | 3.6 | 4.5 | 5.3 | 5.8  |
| 1.4 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 2.0 | 2.2 | 2.1 | 2.6 | 3.4 | 4.3 | 4.9 | 5.7  |
| 1.1 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.9 | 2.5 | 3.0 | 3.9 | 4.7 | 5.4  |



Window area 60% (EAST)



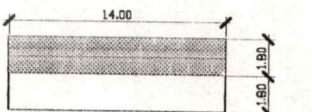
Window area 60% (SOUTH)

Enough Daylighting areas = 102.32 sq.m. (94%)

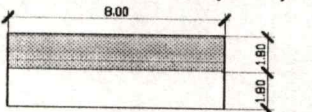
OTTV = 109.74 w/m<sup>2</sup>

WINDOWS

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 7.7 | 7.2 | 7.8 | 7.9 | 6.9 | 6.3 | 6.3 | 5.1 | 4.8 | 7.1 | 5.7 | 8.4 | 9.6 |
| 4.9 | 5.1 | 4.5 | 4.1 | 3.6 | 3.3 | 3.9 | 3.8 | 3.6 | 3.7 | 4.2 | 5.0 | 6.3 |
| 3.3 | 3.5 | 3.5 | 3.9 | 3.9 | 3.6 | 3.8 | 4.2 | 4.2 | 4.3 | 4.5 | 5.1 | 5.7 |
| 2.4 | 2.5 | 2.8 | 2.7 | 2.8 | 3.1 | 3.3 | 3.5 | 4.0 | 4.5 | 4.7 | 5.3 | 5.5 |
| 1.4 | 1.6 | 1.9 | 2.1 | 2.2 | 2.2 | 2.6 | 2.5 | 2.3 | 3.5 | 4.5 | 4.9 | 5.7 |
| 1.2 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.6 | 1.9 | 1.9 | 2.3 | 2.2 | 3.4 | 4.3 | 4.5 | 5.4 |
| 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.9 | 3.0 | 3.9 | 4.0 | 5.0 |



Window area 50% (EAST)



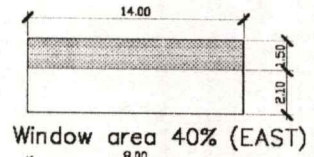
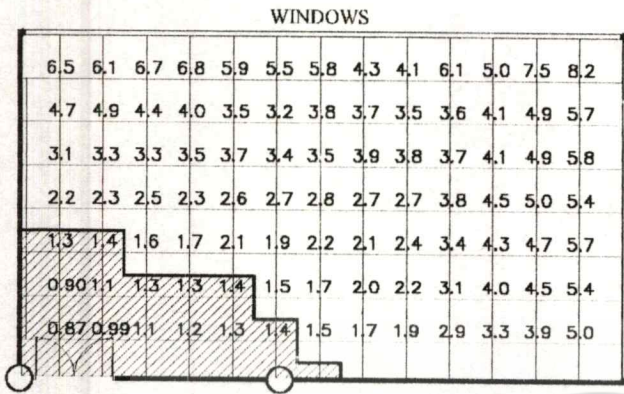
Window area 50% (SOUTH)

Enough Daylighting areas = 99.45 sq.m. (91%)

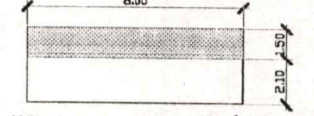
OTTV = 87.01 w/m<sup>2</sup>

**รูปที่ 5.80 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิด 50% - 80%**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



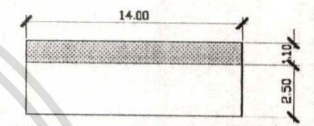
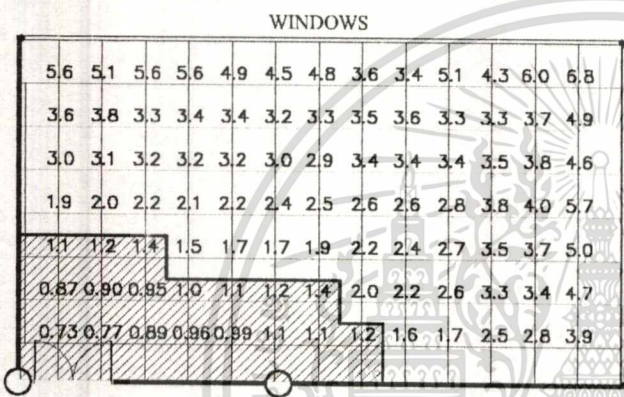
Window area 40% (EAST)



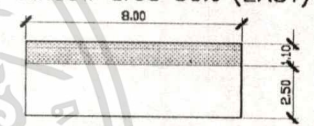
Window area 40% (SOUTH)

Enough Daylighting areas = 91.93 sq.m. (85%)

OTTV = 77.30 w/m<sup>2</sup>



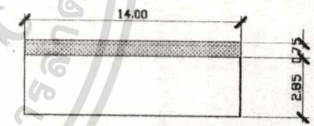
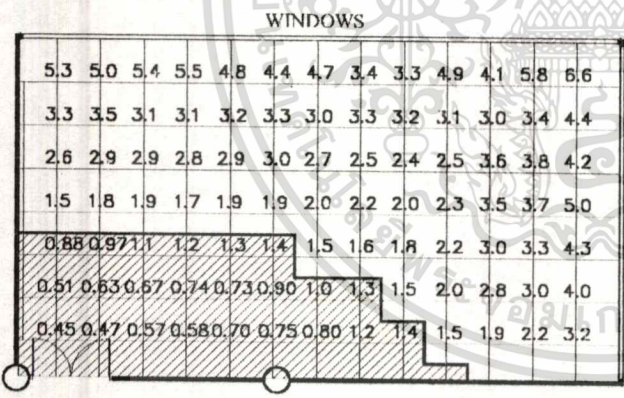
Window area 30% (EAST)



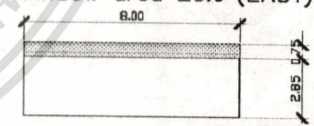
Window area 30% (SOUTH)

Enough Daylighting areas = 86.75 sq.m. (80%)

OTTV = 65.14 w/m<sup>2</sup>



Window area 20% (EAST)



Window area 20% (SOUTH)

Enough Daylighting areas = 81.00 sq.m. (75%)

OTTV = 55.27 w/m<sup>2</sup>

รูปที่ 5.81 เปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิด 20% - 40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## จากการเปรียบเทียบทิศทางของเปิดและอัตราส่วนของช่องเปิดสามารถสรุปได้ดังนี้ ทิศทางของช่องเปิด

### 1. ห้องที่มีช่องเปิดด้านเดียว

จากการเปรียบเทียบช่องเปิดที่มีด้านเดียวในทิศทางต่างๆสามารถสรุปได้ดังนี้

- ห้องที่มีช่องเปิดหันไปทางทิศตะวันออกและตะวันตก โดยมีอัตราส่วนช่องเปิด 72% ของพื้นที่ผนัง จะมีประสิทธิภาพในการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดเข้ามาภายในจะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน คือ ช่องแสงที่หันไปทางทิศตะวันออก ประสิทธิภาพในการส่องสว่างภายในจะมากในช่วงเวลา 8.00-10.00 น. ปริมาณแสงจะเข้ามาได้ลึก ช่วงเวลา 12.00-13.00 น. ปริมาณแสงภายในห้องเริ่มลดลง ช่วงเวลา 15.00-16.00 น. ปริมาณแสงภายในห้องจะไม่เพียงพอต่อการใช้งาน เนื่องจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์อยู่ด้านหลังของช่องเปิด ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้จะมีลักษณะที่เหมือนกับช่องเปิดทางทิศตะวันตก
- ห้องที่มีช่องเปิดหันไปทางทิศเหนือ มีอัตราส่วนช่องเปิด 72% ของพื้นที่ผนัง ประสิทธิภาพของการส่องสว่างภายในจากแสงธรรมชาติ จะมีลักษณะที่ค่อนข้างคงที่เกือบตลอดทั้งวัน เนื่องจากเป็นทิศที่ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ไม่ค่อยมีผลต่อช่องเปิด ปริมาณแสงส่วนใหญ่ที่ส่องผ่านช่องเปิดเข้ามาภายใน จึงเป็นแสงกระจายเป็นส่วนใหญ่
- ห้องที่มีช่องเปิดหันไปทางทิศใต้ มีอัตราส่วนช่องเปิด 72% ของพื้นที่ผนัง ประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านช่องเปิดเข้ามาภายในจะมากกว่าทิศเหนือ เนื่องจากเป็นทิศที่ดวงอาทิตย์อ้อมมาทางทิศนี้มากที่สุดโดยเฉลี่ยต่อปี ดังนั้นตำแหน่งของดวงอาทิตย์จึงมีผลต่อการส่องสว่างภายในทางด้านทิศใต้

### 2. ห้องที่มีช่องเปิด 2 ด้าน

ห้องที่มีช่องเปิด 2 ทิศทาง จากประสิทธิภาพการส่องสว่างภายในโดยรวม จะดีกว่าห้องที่มีช่องเปิดเพียงด้านเดียว เมื่อเปรียบเทียบองค์ประกอบและสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกที่เหมือนกันจึงสามารถแบ่งสรุปได้ดังนี้

- ห้องที่มีช่องเปิดทางทิศตะวันออกมีอัตราส่วนช่องเปิด 75% และทิศใต้ 72% กับห้องที่มีช่องเปิดทางทิศตะวันออกมีอัตราส่วนช่องเปิด 75% และทิศเหนือ 72% ประสิทธิภาพของแสงสว่างจากธรรมชาติที่ส่องผ่านช่องเปิดเข้ามาภายในห้อง จะอยู่ในเกณฑ์ที่ดีตลอดทั้งวัน และมีสภาพของการส่องสว่างภายในที่ใกล้เคียงกัน
- ห้องที่มีช่องเปิดทางทิศใต้มีอัตราส่วนช่องเปิด 72% และทิศตะวันตก 75% กับห้องที่มีช่องเปิดทางทิศเหนือมีอัตราส่วนช่องเปิด 72% และทิศตะวันตก 75% จะมีลักษณะการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติเข้ามาภายใน น้อยกว่าห้องที่มีช่องเปิดในลักษณะข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากปัญหาที่เกิดจากอุปกรณ์บังแดดทางด้านทิศตะวันตกเป็นสิ่งสำคัญ ในการลดทอนปริมาณแสงสว่างภายในลง แต่สภาพการส่องสว่างภายในทั้ง 2 ห้อง จะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน

### การเปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิด

การเปรียบเทียบอัตราส่วนช่องเปิดจากวิธี Daylight Factor Protractor สามารถสรุปอัตราส่วนช่องเปิดได้ดังนี้

- อัตราส่วนช่องเปิดที่อยู่ระหว่าง 100%-80% ลักษณะการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติเข้ามาภายใน ที่เพียงพอต่อการใช้งานจะอยู่ในช่วงระยะ 5-5.50 เมตร จากระยะห่างช่องเปิด และปริมาณการส่องสว่างมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน เมื่อตรวจสอบค่าการถ่ายเทความร้อนที่ส่องผ่านช่องเปิดเข้ามาภายในก็จะมีค่ามากตามไปด้วย ดังจะเห็นได้จากค่า U-Value ที่ได้จากการคำนวณ
- อัตราส่วนช่องเปิดที่อยู่ระหว่าง 50%-70% ลักษณะการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติเข้ามาภายใน ที่เพียงพอต่อการใช้งานจะอยู่ในช่วงระยะ 4-5 เมตร จากระยะห่างจากช่องเปิด แต่ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม U-Value มีปริมาณที่ลดลงตามลำดับ
- อัตราส่วนช่องเปิดที่อยู่ระหว่าง 30%-40% ลักษณะการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติเข้ามาภายในจะอยู่ในระยะ 3-4 เมตร จากระยะห่างจากช่องเปิด ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม U-Value มีค่าที่ลดลง
- อัตราส่วนช่องเปิดที่ 20% ลักษณะการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติเข้ามาภายใน จะไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม U-Value ก็มีค่าน้อยที่สุด

จากการเปรียบเทียบทิศทางของช่องเปิดและอัตราส่วนช่องเปิดดังกล่าว จะเห็นได้ว่าทิศทางช่องช่องเปิดที่ดีที่สุดคือทิศเหนือและทิศใต้ และอัตราส่วนของช่องเปิดที่เหมาะสมคือ 50%-70% ซึ่งมีปริมาณแสงที่ส่องผ่านช่องเปิดเข้ามาภายในได้ในช่วงระยะ 4 – 5 เมตร และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมก็ไม่มากเกินไป ดังนั้นแนวทางการศึกษาวิจัยจึงเลือกใช้ช่องเปิดที่หันไปทางทิศใต้และมีอัตราส่วนช่องเปิดที่ 50% เป็นแนวทางการการศึกษาขั้นต่อไป

5.2. การตรวจสอบประสิทธิภาพของช่องเปิดกับค่าความสว่างภายนอก

การตรวจสอบประสิทธิภาพของช่องเปิดกับค่าความส่องสว่างภายนอก เนื่องจากค่าความส่องสว่างภายนอกที่ตรวจวัดได้ มีค่าเท่ากับ 75,000 lux คิดเป็น 3.87% ของค่าความส่องสว่างตลอดทั้งปี ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น แต่ปริมาณแสงภายนอกมีการแปรเปลี่ยนตลอดเวลา ดังนั้นจึงต้องเปรียบเทียบสัดส่วนค่าความส่องสว่างภายนอกของกรุงเทพมหานครตลอดทั้งปี (จากตารางที่4.11) กับค่าความส่องสว่างที่ระดับ 30,000-60,000 lux เนื่องจากมีปริมาณการส่องสว่างตลอดทั้งปีคิดเป็นสัดส่วน 58% โดยได้เลือกรูปแบบของช่องเปิดที่หันไปทางทิศใต้มีอัตราส่วนช่องเปิด 50% ของพื้นที่ผนัง

ค่าความสว่างภายในระยะ 1.00 เมตรจากช่องเปิด / ค่าความสว่างภายนอก x 100

ระยะห่าง 1.00 เมตร จากช่องเปิด =  $4,321 / 75,000 \times 100 = 5.76\%$

ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า 30,000 lux คิด 5.76% = 1,728 lux

ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า 35,000 lux คิด 5.76% = 2,016 lux

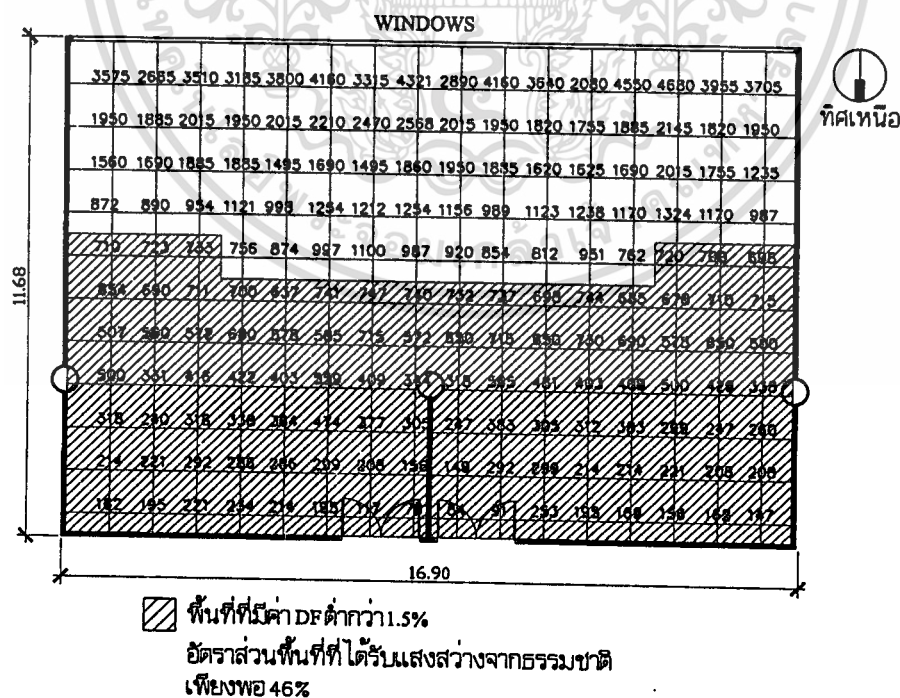
ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า 40,000 lux คิด 5.76% = 2,304 lux

ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า 45,000 lux คิด 5.76% = 2,592 lux

ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า 50,000 lux คิด 5.76% = 2,880 lux

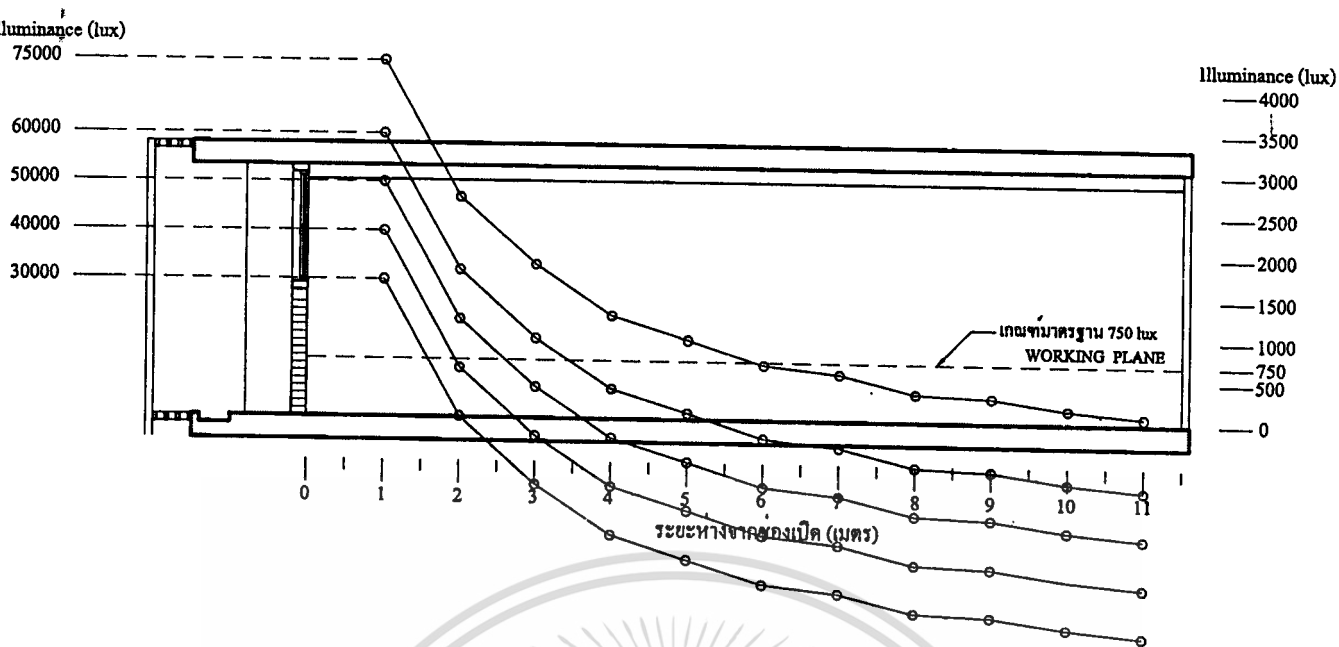
ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า 55,000 lux คิด 5.76% = 3,168 lux

ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า 60,000 lux คิด 5.76% = 3,456 lux



รูปที่ 5.82 แสดงค่าความส่องสว่างภายในจากช่องเปิด 50% (หันไปทางทิศใต้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.83 การตรวจสอบประสิทธิภาพของช่องเปิดกับค่าความส่องสว่างภายนอก

จากการตรวจสอบกับค่าความส่องสว่างภายนอกที่เกิดขึ้น จะเห็นได้ว่าถ้าสภาพแสงสว่างภายนอกมีค่าลดลงตั้งแต่ 60,000 lux ลงมา ปริมาณแสงสว่างภายในเริ่มจะมีค่าที่ลดลงตามไปด้วย โดยปริมาณแสงที่เพียงพอต่อการใช้งานจะอยู่ที่ระยะ 3.50 เมตรจากระยะห่างช่องเปิด จนกระทั่งสภาพแสงสว่างภายนอกลดลงเหลือ 30,000 lux ค่าความส่องสว่างภายในที่เพียงพอต่อการใช้งานจะอยู่ที่ระยะ 1.50 เมตรจากระยะห่างช่องเปิด ดังนั้นแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจึงมีแนวทางดังต่อไปนี้

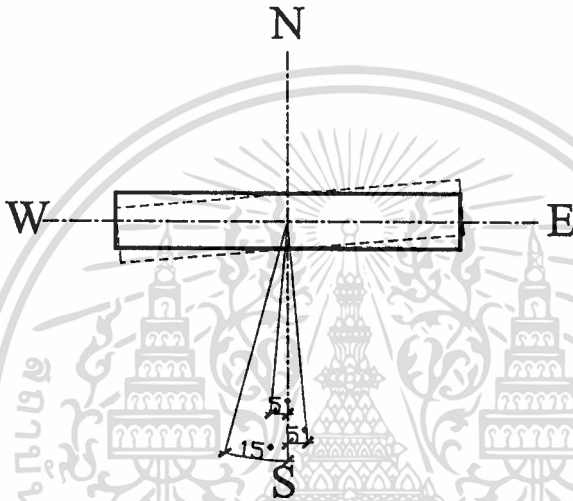
- ขนาดสัดส่วนของห้องด้านตรงข้ามช่องเปิดไม่ควรเกิน 2.5 H เมื่อ H คือความสูงของช่องเปิด
- การออกแบบช่องเปิดที่มี 2 ทางจะช่วยให้บริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปจะมีปริมาณแสงที่เพิ่มขึ้น

## บทที่ 6

# การวิเคราะห์แนวทางการออกแบบ

### 6.1 การพิจารณาการจัดวางตำแหน่งของอาคาร

จัดวางอาคารลักษณะรูปทรงเรียวยาวตามแกนตะวันออก-ตะวันตก เพื่อแก้ปัญหาทางด้านอุณหภูมิและการแผ่รังสีความร้อน และการใช้ประโยชน์จากแสงสว่างธรรมชาติ

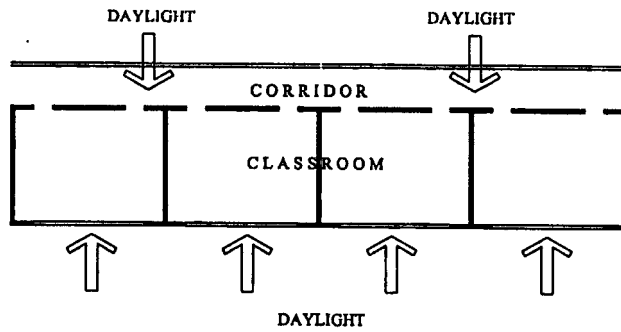


รูปที่ 6.1 การจัดวางอาคารแบบ SOL-AIR ORIENTATION

### 6.2 การวิเคราะห์การจัดกลุ่มห้องเรียน

แนวทางการจัดกลุ่มห้องเรียนมีหลายแนวทาง ซึ่งมีความเหมาะสมตลอดจนข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป ในส่วนของห้องเรียนและปฏิบัติการของอาคารสถาบันคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีอุปกรณ์เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ จึงต้องมีการควบคุมสภาพอุณหภูมิและความชื้น โดยระบบปรับอากาศเป็นส่วนใหญ่ ในการพิจารณาการจัดกลุ่มจึงต้องคำนึงถึง การใช้แสงธรรมชาติ การป้องกันความร้อนและการประหยัดโครงสร้างเป็นสำคัญ

6.2.1 ระบบ Single load corridor เป็นลักษณะการจัดกลุ่มห้องเรียนที่พบโดยทั่วไป การจัดกลุ่มห้องเรียนจะอยู่แนวด้านเดียวกัน โดยมีทางเดินอยู่ด้านหน้าห้อง



รูปที่ 6.2 การจัดกลุ่มห้องเรียนแบบ Single load corridor

#### ข้อดี

- เหมาะสมกับการใช้วิธีการระบายอากาศโดยวิธีตามธรรมชาติ ซึ่งเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น

- สามารถใช้ประสิทธิภาพจากแสงธรรมชาติได้ทั้ง 2 ด้าน ทั้งในส่วนของห้องเรียนและทางเดิน

- มีมุมมองออกสู่ภายนอกได้ทั้ง 2 ด้าน

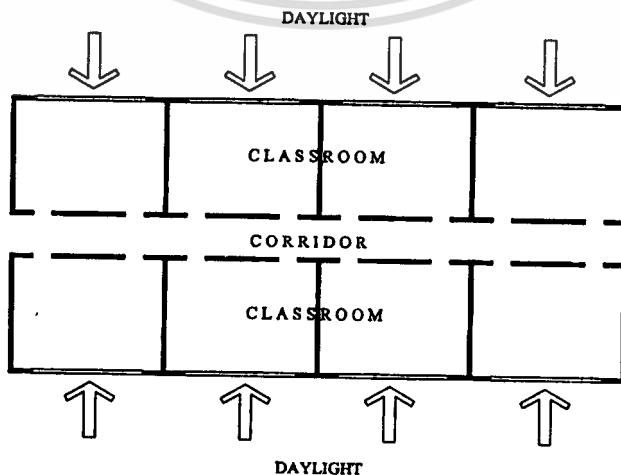
#### ข้อเสีย

- ได้รับเสียงรบกวนจากภายนอกบริเวณ Corridor หน้าห้อง

- เปลืองโครงสร้างเนื่องจากการใช้พื้นที่ของ Corridor สามารถใช้ได้เพียงด้านเดียว

- แสงแดดและฝนสามารถพัดเข้าสู่ทางเดินได้ง่าย หากไม่มีการป้องกันที่ดีพอ

6.2.2 ระบบ Double load corridor เป็นระบบที่มีลักษณะคล้ายแบบ Single load corridor แต่มีลักษณะของทางเดินอยู่ตรงกลางและมีห้องเรียนขนานอยู่ทั้ง 2 ด้าน



รูปที่ 6.3 การจัดห้องเรียนแบบ Double load corridor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

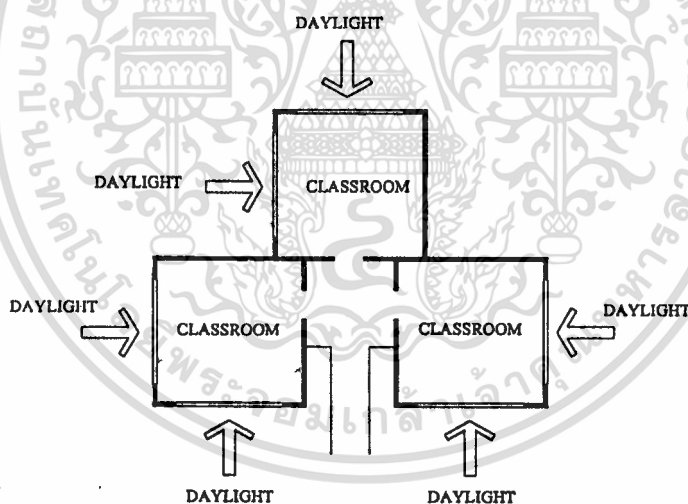
## ข้อดี

- ประหยัดโครงสร้างเนื่องจากใช้ Corridor ร่วมกัน
- สามารถจัดวางห้องเรียนได้มากกว่าระบบ Single load corridor
- สามารถให้แสงจากธรรมชาติกับห้องเรียนทั้ง 2 ฝากได้
- ป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอกได้ เนื่องจากเสียงรบกวนที่มาจากด้านหนึ่งไม่สามารถผ่านมายังอีกด้านหนึ่งได้

## ข้อเสีย

- ส่วนทางเดินจะไม่ได้รับแสงสว่างจากธรรมชาติ เนื่องจากถูกบังโดยห้องเรียนที่ขนานทั้ง 2 ด้าน
- มีเสียงรบกวนบริเวณหน้าห้องเรียนเนื่องจากเป็นการใช้ทางเดินที่ร่วมกัน

6.2.3 ระบบการจัดห้องเรียนแบบเป็นกลุ่ม (Inner Vestibule) เป็นระบบการจัดห้องเรียนแบบล้อมรอบทางเดิน ทำให้ห้องเรียนมีลักษณะกระจายออกเป็นกลุ่มก้อน



รูปที่ 6.4 การจัดห้องเรียนแบบเป็นกลุ่ม

## ข้อดี

- สามารถระบายอากาศโดยใช้วิธีตามธรรมชาติ เหมาะกับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น
- ห้องเรียนสามารถเปิดช่องเปิดได้ทั้ง 2 ด้าน ทำให้สามารถใช้แสงสว่างได้อย่างมีประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น
- มุมมองสามารถมองออกสู่ภายนอกได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ข้อเสีย

- สิ้นเปลืองโครงสร้างและทางเดินที่ต้องเชื่อมต่อ เนื่องจากการกระจายของห้องเรียนที่เป็นลักษณะกลุ่มก้อน

- หากจัดวางกลุ่มไม่คืออาจทำให้เกิดเสียงรบกวนได้ง่าย และความไม่เป็นส่วนตัวเนื่องจากมีมุมมองที่มองเข้าหากัน

- บริเวณโถงหน้าห้องจะมีความแออัดเนื่องจากการใช้โถงร่วมกัน

- บริเวณโถงหน้าห้องจะไม่ได้รับแสงสว่างจากภายนอก

จากการตรวจสอบการจัดวางกลุ่มห้องเรียนทั้ง 3 แบบ ซึ่งสามารถนำมาสรุปได้ว่าการจัดกลุ่มห้องเรียนแบบ Single load Corridor มีลักษณะที่เหมาะสมที่สุด ทั้งในเรื่องของการป้องกันความร้อนที่เกิดขึ้นกับกรอบอาคาร และสามารถรับแสงสว่างทั้ง 2 ด้านได้อย่างเต็มที่

### 6.3 การวิเคราะห์สัดส่วนของห้องเรียน

การศึกษาสัดส่วนของห้องเรียน มีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่ส่องผ่านเข้ามาภายในตลอดจนการจัดวางเฟอร์นิเจอร์ภายในห้องเรียนที่เหมาะสม ในการวิเคราะห์สัดส่วนของห้องเรียนได้ใช้เกณฑ์กำหนดดังต่อไปนี้

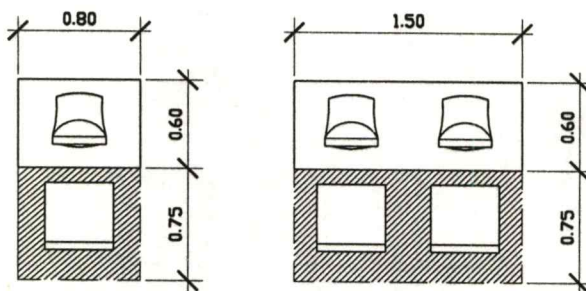
#### 1. จำนวนนักเรียนต่อห้องเรียน

1.1 จำนวนนักศึกษาต่อห้อง 70 คน / ห้อง (ระดับปริญญาตรี)

1.2 จำนวนนักศึกษาต่อห้อง 30 คน / ห้อง (ระดับปริญญาโท)

#### 2. พื้นที่เฉลี่ยต่อคนไม่เกิน 1.7 ตร.ม.

3. อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอที่ระดับค่าความส่องสว่าง (DF.1.5%) ต้องไม่ต่ำกว่า 50% ของพื้นที่ห้อง (จากบทที่ 5 อัตราส่วนช่องเปิดที่ 50-70% ของพื้นที่ผนังจะมีค่า DF.1.5% ที่ระยะ 3.5-4.5 เมตร จากระยะห่างช่องเปิด)

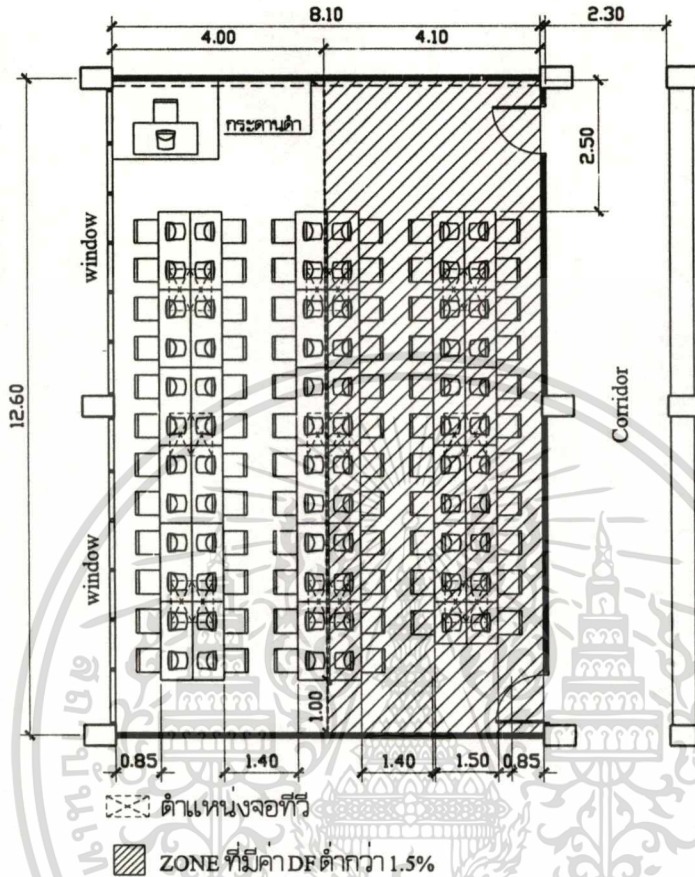


### รูปที่ 6.5 ขนาดสัดส่วนของการจัดโต๊ะเรียนคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การตรวจสอบห้องเรียนแบบที่ 1

- ห้องเรียนขนาด 8.10 x 12.60 เมตร จำนวนนักศึกษา 70 คน / ห้อง



รูปที่ 6.6 การจัดวางที่นั่งเรียนแบบที่ 1

|  |          |             |
|--|----------|-------------|
| ขนาดพื้นที่ห้อง                          | = 102.06 | ตร.ม.       |
| พื้นที่เฉลี่ย / คน                       | = 1.45   | ตร.ม.       |
| พื้นที่ Circulation                      | = 31.12  | ตร.ม. (30%) |
| อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอ | = 50.40  | ตร.ม. (49%) |

### ข้อดี

- มีความคล่องตัวสูงเนื่องจากใช้ทางสัญจรร่วมกัน
- ประหยัดอุปกรณ์ไฟฟ้า

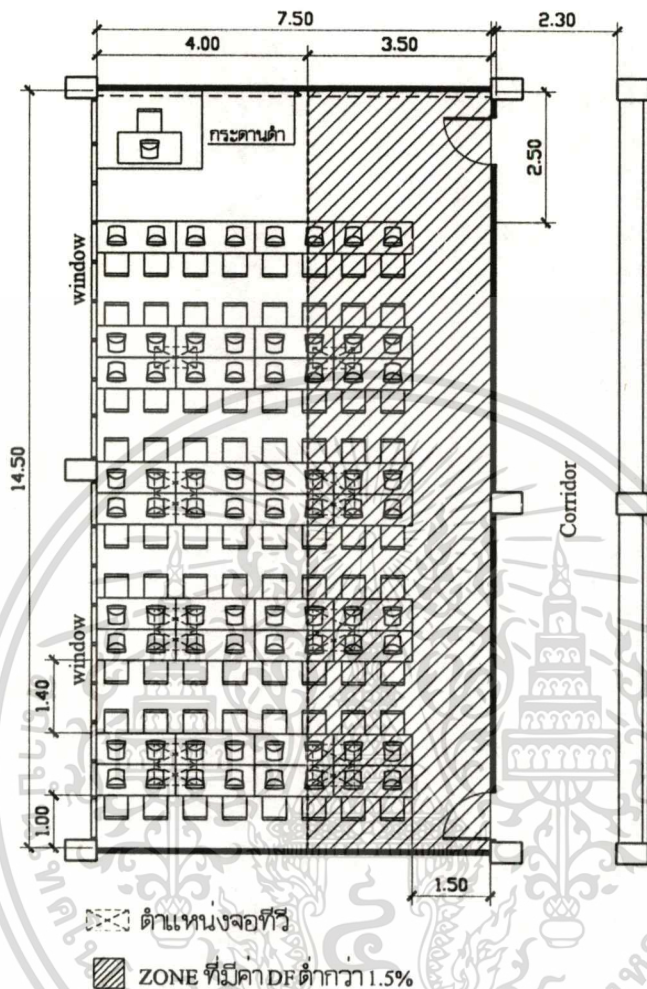
### ข้อเสีย

- ห้องมีความลึกมากทำให้อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอมีอัตราส่วน 49%
- ที่นั่งที่หันหน้าเข้าสู่ช่องเปิดจะมีแสงรบกวนต่อสายตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การตรวจสอบขนาดห้องเรียนแบบที่ 2

- ห้องเรียนขนาด 7.50 x 14.50 เมตร จำนวนนักศึกษาต่อห้อง 70 คน



รูปที่ 6.7 การจัดวางที่นั่งเรียนแบบที่ 2

|  |          |               |
|--|----------|---------------|
| ขนาดพื้นที่ห้อง                          | = 108.75 | ตร.ร.ม.       |
| พื้นที่เฉลี่ย / คน                       | = 1.55   | ตร.ร.ม.       |
| พื้นที่ Circulation                      | = 35.85  | ตร.ร.ม. (33%) |
| อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอ | = 58.00  | ตร.ร.ม. (53%) |

### ข้อดี

- ประหยัดอุปกรณ์ไฟฟ้าและพื้นที่ทางสัญจรเนื่องจากใช้ทางสัญจรร่วมกัน
- อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอ 53%

### ข้อเสีย

เอกสารนี้เป็นต้องติดตั้งทีวีในการเรียนตามจำนวนแถวศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบห้องเรียนแบบที่ 3

- ห้องเรียนขนาด 7.80 x 15.40 เมตร จำนวนนักศึกษาต่อห้อง 70 คน



รูปที่ 6.8 การจัดวางที่นั่งเรียนแบบที่ 3

|  |   |        |             |
|--|---|--------|-------------|
| ขนาดพื้นที่ห้อง                          | = | 131.10 | ตร.ม.       |
| พื้นที่เฉลี่ย / คน                       | = | 1.61   | ตร.ม.       |
| พื้นที่ Circulation                      | = | 42.20  | ตร.ม. (37%) |
| อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอ | = | 61.60  | ตร.ม. (54%) |

ข้อดี

- ที่นั่งกระจายทำให้มีความคล่องตัวสูง
- อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอ 54%

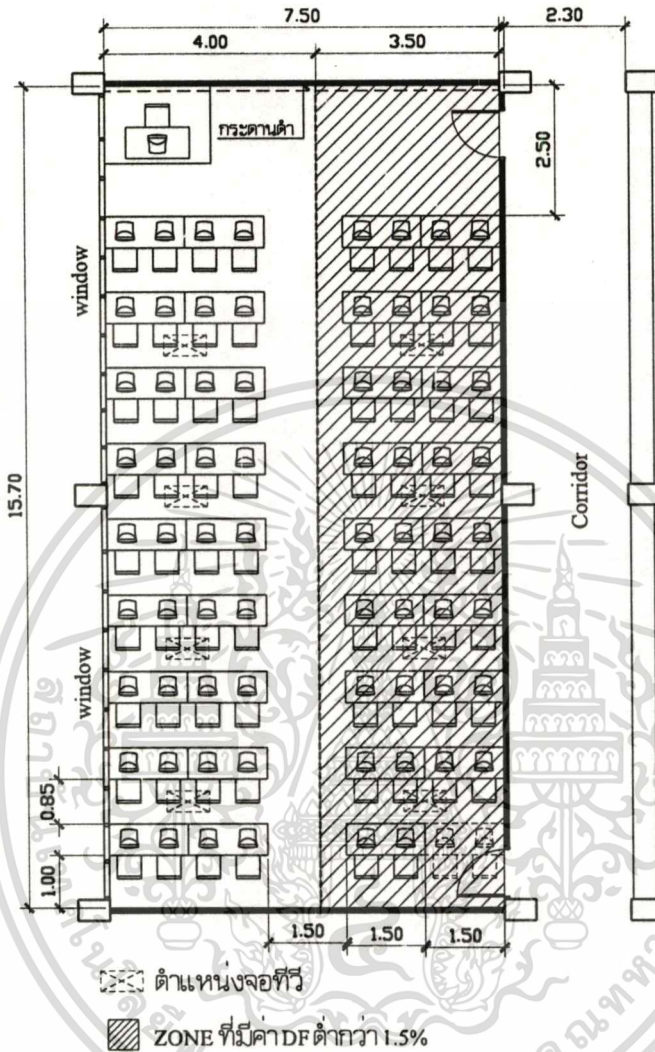
ข้อเสีย

- การกระจายที่นั่งเรียน ทำให้การติดตั้งจำนวนอุปกรณ์ไฟฟ้ามากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนูญาติเห็นว่าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การตรวจสอบห้องเรียนแบบที่ 4

- ห้องเรียนขนาด 7.50 x 15.70 เมตร จำนวนนักศึกษาต่อห้อง 70 คน



รูปที่ 6.9 การจัดวางที่นั่งเรียนแบบที่ 4

|  |          |               |
|--|----------|---------------|
| ขนาดพื้นที่ห้อง                          | = 117.75 | ตร.ร.ม.       |
| พื้นที่เฉลี่ย / คน                       | = 1.68   | ตร.ร.ม.       |
| พื้นที่ Circulation                      | = 46.95  | ตร.ร.ม. (40%) |
| อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอ | = 62.80  | ตร.ร.ม. (53%) |

### ข้อดี

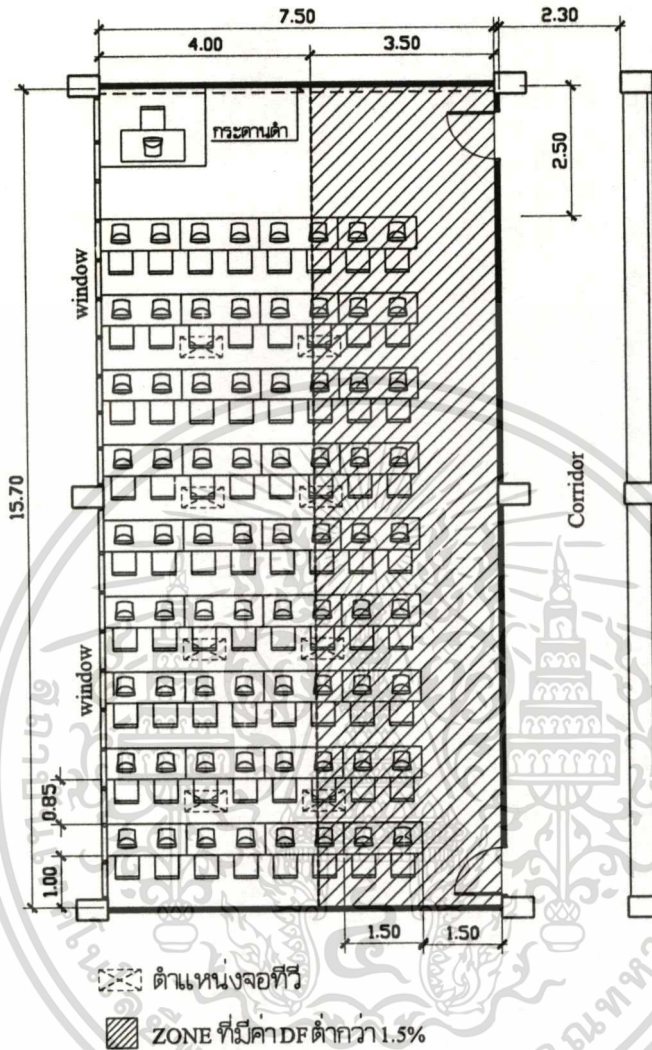
- การจัดที่นั่งแบบกระจายทำให้มีความคล่องตัวสูง
- อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอ 53%

### ข้อเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การตรวจสอบห้องเรียนแบบที่ 5

- ห้องเรียนขนาด 7.50 x 15.70 เมตร จำนวนนักศึกษาต่อห้อง 70 คน



รูปที่ 6.10 การจัดวางที่นั่งเรียนแบบที่ 5

|  |   |        |             |
|--|---|--------|-------------|
| ขนาดพื้นที่ห้อง                          | = | 117.75 | ตร.ม.       |
| พื้นที่เฉลี่ย / คน                       | = | 1.64   | ตร.ม.       |
| พื้นที่ Circulation                      | = | 44.85  | ตร.ม. (38%) |
| อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอ | = | 62.80  | ตร.ม. (53%) |

### ข้อดี

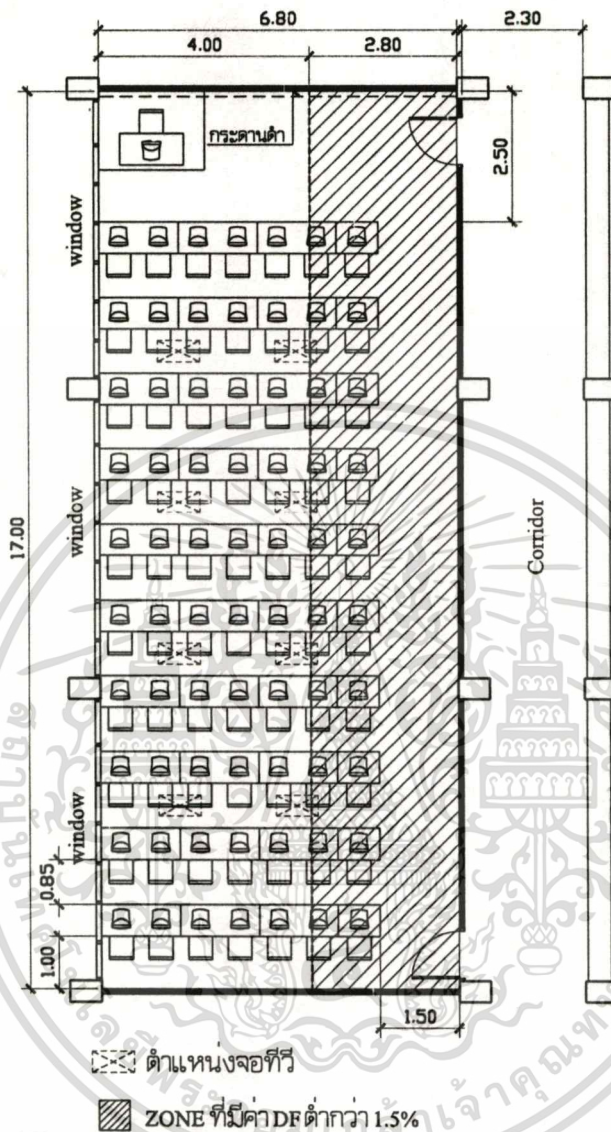
- การจัดวางที่นั่งเรียนเรียงติดกัน ทำให้ประหยัดพื้นที่ทางสัญจร
- จำนวนที่นั่งที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอ 5 ที่นั่ง

### ข้อเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบห้องเรียนแบบที่ 6

- ห้องเรียนขนาด 6.80 x 17.00 เมตร จำนวนนักศึกษาต่อห้อง 70 คน



รูปที่ 6.11 การจัดวางที่นั่งเรียนแบบที่ 6

|  |          |             |
|--|----------|-------------|
| ขนาดพื้นที่ห้อง                          | = 115.60 | ตร.ม.       |
| พื้นที่เฉลี่ย / คน                       | = 1.6    | ตร.ม.       |
| พื้นที่ Circulation                      | = 42.70  | ตร.ม. (37%) |
| อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอ | = 68.00  | ตร.ม. (59%) |

ข้อดี

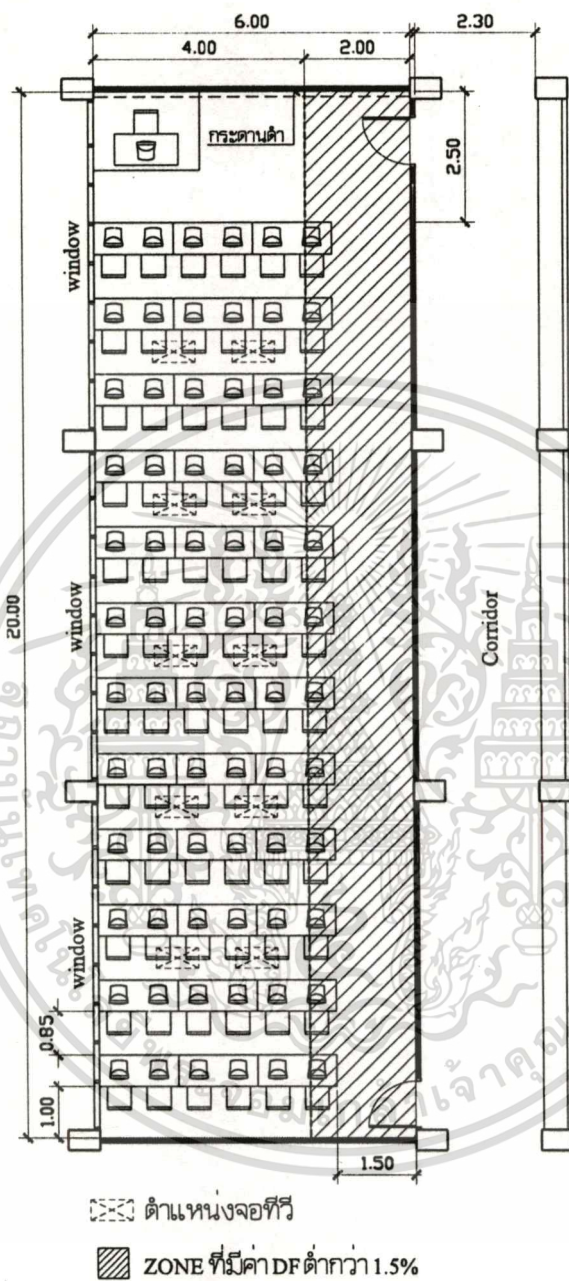
- การจัดวางที่นั่งเรียนเรียงติดกัน ทำให้ประหยัดพื้นที่ทางสัญจร
- จำนวนที่นั่งที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอ 5 ที่นั่ง

ข้อเสีย

- บริเวณที่นั่งติดช่องเปิดขาดความคล่องตัว  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การตรวจสอบห้องเรียนแบบที่ 7

- ห้องเรียนขนาด 6.00 x 20.00 เมตร จำนวนนักศึกษาต่อห้อง 70 คน



รูปที่ 6.12 การจัดวางที่นั่งเรียนแบบที่ 7

|  |          |             |
|--|----------|-------------|
| ขนาดพื้นที่ห้อง                          | = 120.00 | ตร.ม.       |
| พื้นที่เฉลี่ย / คน                       | = 1.66   | ตร.ม.       |
| พื้นที่ Circulation                      | = 47.10  | ตร.ม. (39%) |
| อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอ | = 80.00  | ตร.ม. (67%) |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข้อดี

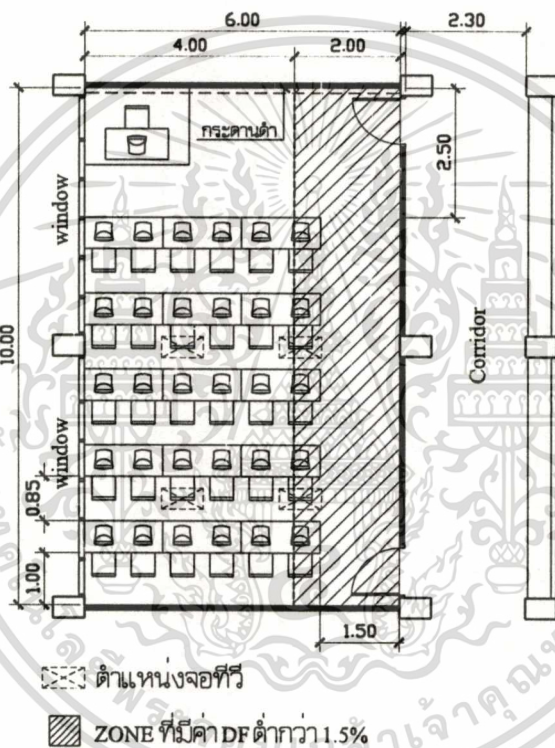
- การจัดวางที่นั่งเรียนเรียงติดกัน ทำให้ประหยัดพื้นที่ทางสัญจร
- จำนวนที่นั่งที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอ 5 ที่นั่ง

## ข้อเสีย

- บริเวณที่นั่งติดช่องเปิดขาดความคล่องตัว

## การตรวจสอบที่นั่งเรียนขนาด 30 คน

ห้องเรียนขนาด 6.00 x 10.00 เมตร จำนวนนักศึกษาต่อห้อง 30 คน



## รูปที่ 6.13 การจัดวางที่นั่งเรียนแบบ 30 คน

|  |         |              |
|--|---------|--------------|
| ขนาดพื้นที่ห้อง                          | = 60.00 | ต.ร.ม.       |
| พื้นที่เฉลี่ย / คน                       | = 2.00  | ต.ร.ม.       |
| พื้นที่ Circulation                      | = 30.37 | ต.ร.ม. (50%) |
| อัตราส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอ | = 40.00 | ต.ร.ม. (67%) |

## ข้อดี

- การจัดวางที่นั่งเรียนเรียงติดกัน ทำให้ประหยัดพื้นที่ทางสัญจร
- จำนวนที่นั่งที่ได้รับแสงสว่างเพียงพอ 5 ที่นั่ง

## ข้อเสีย

เอกสารนี้เป็นบริเวณที่นั่งติดช่องเปิดขาดความคล่องตัว การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการตรวจสอบลักษณะการจัดที่นั่งเรียนทั้ง 7 แบบแล้ว ทำให้สรุปได้ว่าลักษณะการจัดวางห้องเรียนแบบที่ 7 มีความเหมาะสมที่สุด โดยการจัดวางที่นั่งเรียนให้เรียงชิดติดกันเป็นแถวแถวละ 6 ที่นั่ง ที่ขนาดความจุจำนวน 70 ที่นั่งและ 30 ที่นั่ง โดยใช้ความกว้างของห้องที่ 6.00 เมตร ซึ่งมีความกว้างไม่มากนัก ทำให้สามารถควบคุมประสิทธิภาพแสงสว่างภายในได้

#### 6.4 แนวทางการพิจารณาช่องเปิด

จากการศึกษารูปแบบของช่องเปิดจากอาคารตัวอย่าง ทำให้สามารถนำมาพิจารณาแนวทางการเลือก เพื่อให้สภาพการส่องสว่างภายในอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ได้ดังนี้

1. พื้นที่ช่องเปิดที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 50% - 70% ของพื้นที่ผนัง
2. พื้นที่ช่องเปิดไม่ควรต่ำกว่า 20% ของพื้นที่ห้อง
3. พื้นที่ช่องเปิดด้านติดทางเดิน (Corridor) ไม่ควรต่ำกว่า 15% ของพื้นที่ผนัง
4. การออกแบบให้ช่องเปิดมี 2 ด้าน Single load Corridor จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่าง

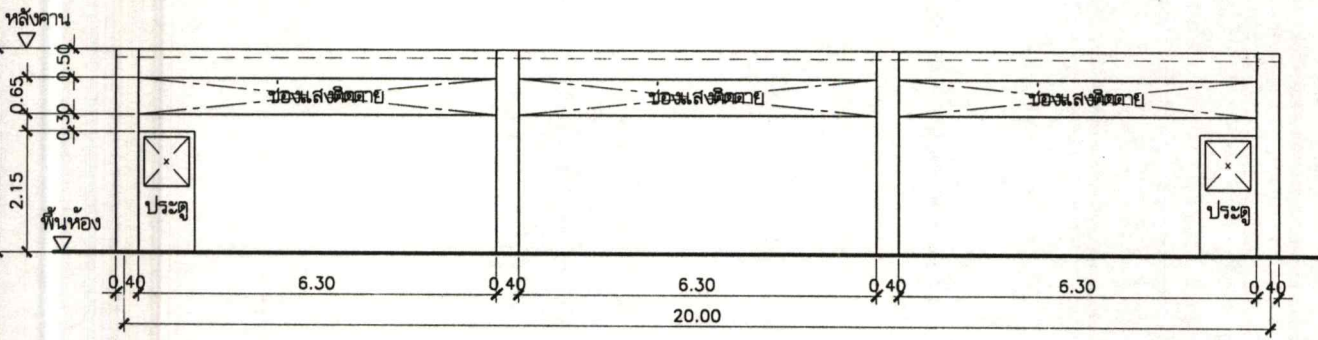


พื้นที่ช่องเปิดบานเลื่อน = 22.68 ตร.ม. (33%)

พื้นที่ช่องแสงติดตาย = 14.17 ตร.ม. (21%)

รวมพื้นที่ช่องเปิด = 36.85 ตร.ม. (54%)

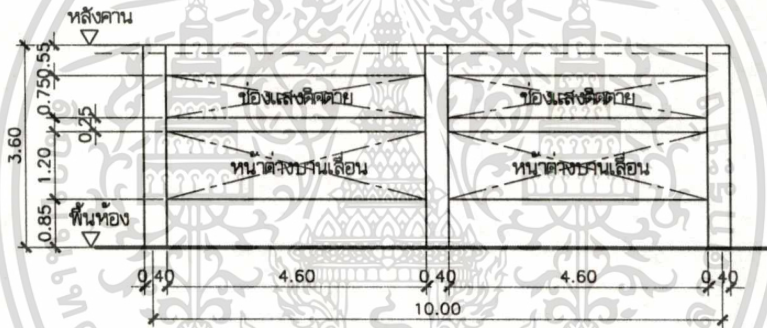
รูปที่ 6.14 พื้นที่ช่องเปิดของขนาดห้องเรียน 70 คน ด้านติดภายนอกอาคารทางทิศใต้



ประตู = 4.3 ตร.ม (0.06%)

พื้นที่ช่องแสงติดตาย = 12.28 ตร.ม. (18%)

รูปที่ 6.15 พื้นที่ช่องเปิดของขนาดห้องเรียน 70 คน ด้านติด Corridor ทางทิศเหนือ



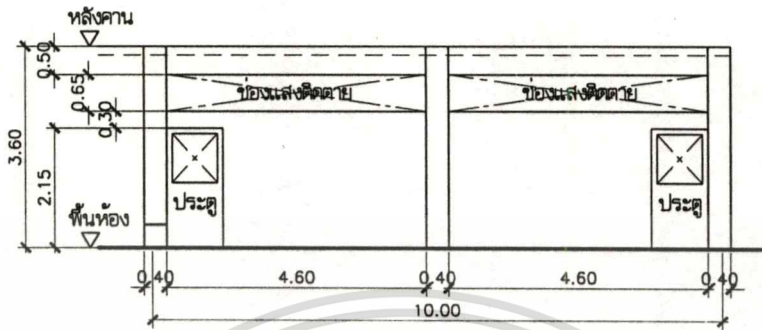
พื้นที่ช่องเปิดบานเลื่อน = 11.04 ตร.ม (32%)

พื้นที่ช่องแสงติดตาย = 6.90 ตร.ม. (20%)

รวมพื้นที่ช่องเปิด = 17.94 ตร.ม. (52%)

รูปที่ 6.16 พื้นที่ช่องเปิดของขนาดห้องเรียน 30 คน ด้านติดภายนอกอาคารทางทิศใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ประตู = 4.3 ตร.ม (0.12%)

พื้นที่ช่องแสงติดตาย = 5.98 ตร.ม. (18%)

รูปที่ 6.17 พื้นที่ช่องเปิดของขนาดห้องเรียน 30 คน ด้านติด Corridor ทางทิศเหนือ

## 6.5 การวิเคราะห์คุณสมบัติของวัสดุกระจกของช่องเปิด

วัสดุกระจกมีความสำคัญต่อปริมาณแสงสว่างที่ส่องผ่านเข้าสู่ภายใน แนวทางการเลือกพิจารณาถึงการเลือกใช้กระจกมีแนวทางดังต่อไปนี้

- ค่าการส่องผ่านของแสง (Visible rays)
- ค่าการสะท้อนรังสีความร้อนของกระจก (Solar energy)
- ค่าสัมประสิทธิ์ในการบังแดดของกระจก (Shading coefficient)
- ราคาของวัสดุกระจก
- การบำรุงดูแลรักษากระจก

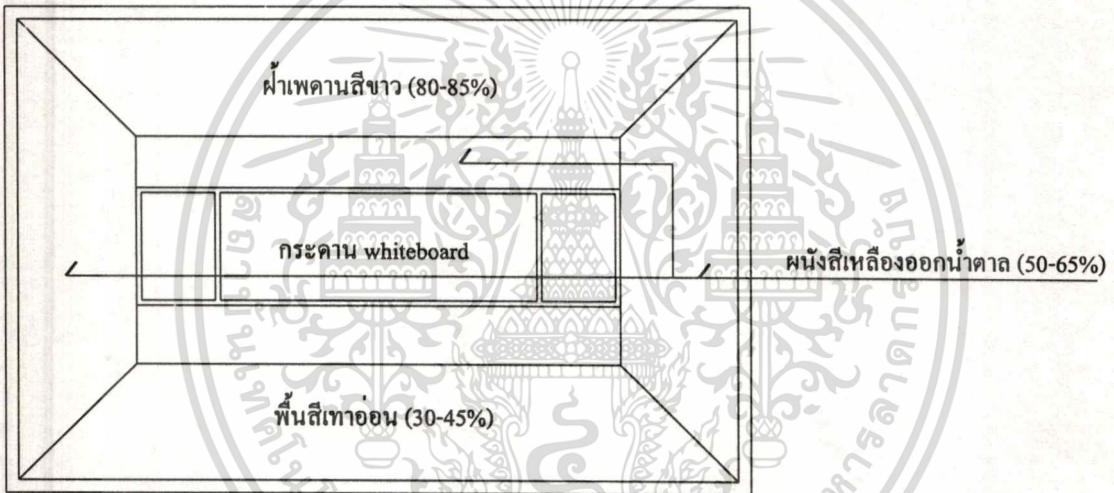
ตารางที่ 6.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของกระจก

| Glass type   | Thic<br>knes<br>mm. | Visible<br>rays |       | Solar energy |      |      | SC.  | ราคา<br>บาท/<br>ตร.ร.ฟ. | หมายเหตุ   |
|--|---------------------|-----------------|-------|--------------|------|------|------|-------------------------|--|
|  |                     | Refet           | Tran. | Refit.       | Tran | Abso |      |                         |  |
| Clear<br>Clear float<br>glass                                    | 6                   | 7               | 88    | 7            | 80   | 13   | 0.96 | 29.5                    | - การส่องผ่านของแสงมาก ดู<br>แลรักษาง่าย ราคาถูก                                     |
|  | 8                   | 7               | 87    | 7            | 76   | 17   | 0.92 | 72                      | - การส่องผ่านของแสงมาก ดู<br>แลรักษาง่าย ราคาแพงขึ้น                                 |
|  | 12                  | 7               | 84    | 7            | 70   | 23   | 0.87 | 106                     | - การส่องผ่านแสงน้อยลง ดูแล<br>รักษาง่าย ราคาต่อหน่วยแพงขึ้น                         |
| กระจกสีชา<br>(Coolgray)  | 6                   | 5               | 38    | 6            | 43   | 51   | 0.64 | 46.30                   | - การส่องผ่านของแสงน้อย ผิว<br>กระจกร้อนเนื่องจากดูดความ<br>ร้อน ราคาต่อหน่วยแพงขึ้น |
|  | 8                   | 5               | 28    | 5            | 33   | 62   | 0.57 | 92                      | - แสงผ่านน้อย ป้องกันความ<br>ร้อนเข้ามาภายในได้ดี ราคาแพง                            |
| กระจก<br>สะท้อนแสง<br>(Reflective)<br>(Solartage-<br>ss8) Silver | 6                   | 38              | 8     | 33           | 6    | 61   | 0.21 | 110                     | - แสงผ่านน้อย ป้องกันความ<br>ร้อนเข้ามาภายในได้ดี ดูแล<br>รักษายาก ราคาแพง           |
| Low - E  | 6+6                 | 11              | 75    | 19           | 46   | 28   | .64  | 200                     | - แสงผ่านมาก ป้องกันความ<br>ร้อนเข้ามาภายในได้ดี ดูแล<br>รักษายาก ราคาแพง            |

จากการเปรียบเทียบวัสดุกระจกที่ได้ถึงคุณสมบัติ การดูแลรักษาและราคา วัสดุกระจกใส (Clear float glass) จะมีค่าส่องผ่านของแสง (Transmittance) ได้ดีที่สุดโดยเฉพาะกระจกใสขนาด 6 มม. ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (Shading coefficient, SC) ถึงแม้จะมีค่าที่สูงกว่ากระจกชนิดอื่นๆ แต่ในการใช้งานในส่วนของกระจกจะหลีกเลี่ยงแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นค่า SC ของกระจก จึงไม่มีผลกระทบมากนัก ในส่วนของการบำรุงดูแลรักษาก็สามารถทำได้ง่ายและราคาต่อหน่วย วัสดุก็ไม่แพงมาก ส่วนกระจก Low - E ซึ่งมีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับกระจกใส (Transmittance) จะมีค่าต่างกันไม่มาก แต่ราคาต่อหน่วยของวัสดุเริ่มมีค่าที่แพงขึ้นและการดูแลรักษาที่ค่อนข้างยุ่ง ยาก ซึ่งไม่คุ้มต่อการลงทุน

## 6.6 การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนเพื่อประสิทธิภาพในการแสงธรรมส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ

สภาพแวดล้อมภายในห้องมีความสำคัญต่อการส่องสว่างภายใน การเลือกใช้วัสดุและสีขององค์ประกอบภายในห้องจึงต้องพิจารณา ให้มีความเหมาะสมต่อกิจกรรมซึ่งจะเป็นสิ่งที่จะช่วยเสริมสภาพแสงสว่างภายในเพิ่มขึ้น จากตารางที่ 3.3 ในส่วนของห้องเรียนได้กำหนดค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายใน ดังนั้นการกำหนดการเลือกใช้สีจากตารางที่ 3.4 จึงมีความสัมพันธ์กับค่าการสะท้อนแสงภายใน การเลือกใช้วัสดุและสีภายในห้องเรียนสามารถกำหนดได้ดังนี้



รูปที่ 6.18 การเลือกใช้วัสดุที่เป็นองค์ประกอบภายในห้องเรียน

การเลือกใช้สีของฝ้าเพดานเลือกใช้สีขาวหรือครีมอ่อน ที่มีค่าการสะท้อนแสง 80-85% เนื่องจากมีความสำคัญมากที่สุดต่อการกระจายแสงลงภายในห้องอย่างมีประสิทธิภาพ ร่องลงมาได้แก่ส่วนของผนังเลือกใช้สีเหลืองออกน้ำตาล ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสง 55-65% เนื่องจากเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยในการสะท้อนแสงภายในห้อง ส่วนพื้นห้องเลือกใช้สีเทาอ่อน , เป็นส่วนที่มีค่าการสะท้อนแสงต่ำที่สุดคือ 30-45% เนื่องจากไม่ต้องการให้แสงสะท้อนเข้าสู่สายตา

## 6.7 การวิเคราะห์วัสดุผนังหรือเปลือกอาคาร

### 6.7.1 วัสดุผนังภายนอก

จากการที่สภาพภูมิอากาศของประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น และมีอุณหภูมิที่สูงเกือบตลอดปี ดังนั้นการลดปริมาณความร้อนที่จะเข้ามาในอาคาร (Cooling Load) จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง จากการศึกษาพบว่าการที่จะนำเอาความเย็นในช่วงกลางคืนมาใช้กับกลางวัน (Time Lag) ของวัสดุนั้นทำได้ยากมาก เพราะความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิระหว่างกลางวันกับกลางคืนไม่มากพอ การลดปริมาณความร้อนเท่าที่เทคโนโลยีปัจจุบันจะเอื้ออำนวย จึงเป็นการควบคุมความร้อนให้เข้ามาในอาคารให้น้อยที่สุดเป็นหลัก ดังนั้นแนวทางการพิจารณาวัสดุผนังจึงมีดังนี้

#### ก. คุณสมบัติด้านการประหยัดพลังงานและกันความร้อน

- มีความสามารถในการกันความร้อนได้ดี (มีค่า R-Value สูง)
- ไม่สะสมความร้อนหรือมีความจุความร้อน (Thermal Capacity) ต่ำ
- มีความทนทานต่อการขยายตัวและหดตัวได้ดี
- ไม่ดูดหรืออมความชื้น

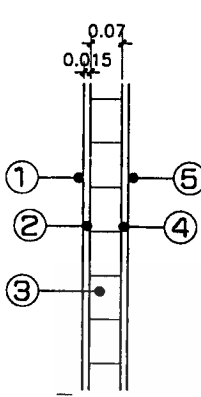
#### ข. คุณสมบัติในการก่อสร้างและระบบเศรษฐกิจ

- มีน้ำหนักเบา
- มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง
- ง่ายในท้องถิ่นทำงานง่ายและราคาประหยัด
- ค่าบำรุงรักษาต่ำและมีความทนทานสูง

#### ค. คุณสมบัติเกี่ยวกับด้านสภาพแวดล้อม

- ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสภาพแวดล้อม
- เป็นวัสดุที่ไม่ติดไฟมีอัตราการการกันไฟสูง
- ความสามารถในการกันเสียงดี

ตารางที่ 6.2 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุผนัง

| ผนังก่ออิฐครึ่งแผ่นฉาบปูนเรียบทั้ง 2 ด้านหนา 0.10 เมตร                            |                                       |                      |   |  |       |
|---|---------------------------------------|----------------------|---|--|-------|
|  | โครงสร้าง                             | $\Delta X$<br>(เมตร) | การนำความร้อน<br>(K)<br>( $w/m^2 \text{ } ^\circ C$ ) | การต้านทาน<br>ความร้อน<br>(R)<br>( $m^2 \text{ } ^\circ C / w$ ) |       |
|   | 1. फिल्मอากาศด้านนอก                  | -                    | -   | -  | 0.044 |
|   | 2. ปูนฉาบ                             | 0.015                | 0.533   | 0.028  |       |
|   | 3. อิฐก่อ                             | 0.070                | 0.807   | 0.087  |       |
|   | 4. ปูนฉาบ                             | 0.015                | 0.533   | 0.028  |       |
|   | 5. फिल्मอากาศด้านใน                   | -                    | -   | -  | 0.120 |
|   | $R_t$ ( $m^2 \text{ } ^\circ C / w$ ) |                      |   |  | 0.307 |
| $U$ ( $w/m^2 \text{ } ^\circ C$ )   |                                       |                      |   | 3.257  |       |

| ผนังคอนกรีตบล็อกฉาบปูนเรียบทั้ง 2 ด้านหนา 0.10 เมตร                                 |                                       |                      |   |  |       |
|---|---------------------------------------|----------------------|---|--|-------|
|  | โครงสร้าง                             | $\Delta X$<br>(เมตร) | การนำความร้อน<br>(K)<br>( $w/m^2 \text{ } ^\circ C$ ) | การต้านทาน<br>ความร้อน<br>(R)<br>( $m^2 \text{ } ^\circ C / w$ ) |       |
|   | 1. फिल्मอากาศด้านนอก                  | -                    | -   | -  | 0.044 |
|   | 2. ปูนฉาบ                             | 0.015                | 0.533   | 0.028  |       |
|   | 3. คอนกรีตบล็อก                       | 0.070                | 0.346   | 0.202  |       |
|   | 4. ปูนฉาบ                             | 0.015                | 0.533   | 0.028  |       |
|   | 5. फिल्मอากาศด้านใน                   | -                    | -   | -  | 0.120 |
|   | $R_t$ ( $m^2 \text{ } ^\circ C / w$ ) |                      |   |  | 0.422 |
| $U$ ( $w/m^2 \text{ } ^\circ C$ )   |                                       |                      |   | 2.370  |       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 (ต่อ)

| ผนังผนังบล็อกโฟมฉาบปูนเรียบทั้ง 2 ด้านหนา 0.10 เมตร                               |                                       |                      |   |  |       |
|---|---------------------------------------|----------------------|---|--|-------|
|  | โครงสร้าง                             | $\Delta X$<br>(เมตร) | การนำความร้อน<br>(K)<br>( $w/m^2 \text{ } ^\circ C$ ) | การต้านทาน<br>ความร้อน<br>(R)<br>( $m^2 \text{ } ^\circ C / w$ ) |       |
|   | 1. फिल्मอากาศด้านนอก                  | -                    | -   | -  | 0.044 |
|   | 2. ปูนฉาบ                             | 0.015                | 0.533   | 0.028  |       |
|   | 3. บล็อกโฟมคอนกรีต                    | 0.070                | 0.220   | 0.318  |       |
|   | 4. ปูนฉาบ                             | 0.015                | 0.533   | 0.028  |       |
|   | 5. फिल्मอากาศด้านใน                   | -                    | -   | -  | 0.120 |
|   | $R_t$ ( $m^2 \text{ } ^\circ C / w$ ) |                      |   |  | 0.538 |
| $U$ ( $w/m^2 \text{ } ^\circ C$ )   |                                       |                      |   | 1.859  |       |

| ผนังคอนกรีตมวลเบาฉาบปูนเรียบทั้ง 2 ด้านหนา 0.10 เมตร                                |                                       |                      |   |  |       |
|---|---------------------------------------|----------------------|---|--|-------|
|  | โครงสร้าง                             | $\Delta X$<br>(เมตร) | การนำความร้อน<br>(K)<br>( $w/m^2 \text{ } ^\circ C$ ) | การต้านทาน<br>ความร้อน<br>(R)<br>( $m^2 \text{ } ^\circ C / w$ ) |       |
|   | 1. फिल्मอากาศด้านนอก                  | -                    | -   | -  | 0.044 |
|   | 2. ปูนฉาบ                             | 0.010                | 0.533   | 0.019  |       |
|   | 3. คอนกรีตมวลเบา                      | 0.075                | 0.130   | 0.577  |       |
|   | 4. ปูนฉาบ                             | 0.010                | 0.533   | 0.019  |       |
|   | 5. फिल्मอากาศด้านใน                   | -                    | -   | -  | 0.120 |
|   | $R_t$ ( $m^2 \text{ } ^\circ C / w$ ) |                      |   |  | 0.779 |
| $U$ ( $w/m^2 \text{ } ^\circ C$ )   |                                       |                      |   | 1.284  |       |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของวัสดุผนังประเภทต่างๆ

| คุณสมบัติของผนัง                                | อิฐมวล                      | คอนกรีตบล็อก                | บล็อกโพน                    | อิฐมวลเบา                   |
|---|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ขนาด (cm.)                                      | 7 x 15 x 3.5                | 7 x 19 x 39                 | 7 x 19 x 39                 | 7.5 x 60 x 20               |
| ความหนาเมื่อรวมฉนวนผิว (cm.)                    | 10                          | 10                          | 10                          | 10                          |
| ค่า R รวม ( $m^2 \text{ } ^\circ\text{C} / w$ ) | 0.307                       | 0.422                       | 0.538                       | 0.779                       |
| ค่า U รวม ( $w/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ )   | 3.257                       | 2.370                       | 1.859                       | 1.284                       |
| การป้องกันไฟ                                    | 1-2 ชม.                     | 1 ชม.                       | -                           | 4 ชม.                       |
| การป้องกันเสียง                                 | ได้น้อย                     | ได้น้อย                     | ดี                          | ดี                          |
| การก่อสร้างและการติดตั้ง                        | สะดวกและใช้ช่างท้องถิ่น     | สะดวกและใช้ช่างท้องถิ่น     | ทำงานรวดเร็วและใช้ช่างเฉพาะ | ทำงานรวดเร็วและใช้ช่างเฉพาะ |
| ข้อเสีย   | เก็บความร้อนและมีน้ำหนักมาก | เก็บความร้อนและมีน้ำหนักมาก | อมความชื้นและมีราคาแพง      | อมความชื้นและมีราคาแพง      |
| ราคา / ตารางเมตร                                | 380                         | 372                         | 400                         | 426                         |

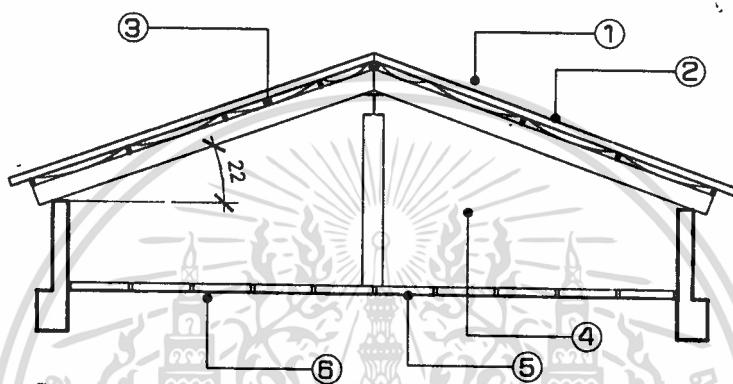
จากตารางที่ 6.2 และ 6.3 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบวัสดุที่เหมาะสม เพื่อลดค่าความร้อนเข้าสู่อาคาร จะเห็นได้ว่าผนังคอนกรีตมวลเบา มีค่าการต้านทานความร้อนสูงสุด รองลงมาได้แก่ผนังบล็อกโพน คอนกรีตบล็อกและอิฐมวลเบาตามลำดับ แต่ในการออกแบบและการจัดวางอาคารตลอดจนถึงลักษณะของอุปกรณ์บังแดด ก็ยังมีส่วนสำคัญที่ช่วยในการป้องกันการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ดังนั้นในการพิจารณาวัสดุผนังภายนอกที่ใช้กับอาคารจึงมีลักษณะดังนี้

- ลักษณะของผนังที่อยู่ทางด้านทิศใต้ ซึ่งมีปริมาณแสงแดดค่อนข้างมากเลือกใช้ผนังคอนกรีตมวลเบา มีค่า  $U = 1.284 \text{ } w/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- ลักษณะของผนังที่อยู่ทางด้านเหนือ จะมีปริมาณแสงแดดที่น้อยกว่าทางด้านทิศใต้เลือกใช้ผนังคอนกรีตบล็อก มีค่า  $U = 2.370 \text{ } w/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- ลักษณะผนังที่อยู่ทางด้านทิศตะวันออกและตะวันตก ซึ่งเป็นด้านที่ได้รับแสงแดดโดยตรง แต่เนื่องจากเป็นส่วนของผนังที่บิเป็นส่วนใหญ่และเป็นส่วนของห้องน้ำ ดังนั้นในการพิจารณาผนัง 2 ด้านนี้จึงไม่จำเป็นต้องป้องกันความร้อน การเลือกใช้ผนังจึงเลือกใช้ผนังก่ออิฐมวลเบาถึงแม้จะมีค่าการถ่ายเทความร้อน  $U = 3.257 \text{ } w/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$  มากสุดก็ตาม
- ส่วนผนังภายในซึ่งไม่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนรวมเข้าสู่อาคาร แต่พิจารณาในส่วนของการป้องกันเสียง โดยเลือกใช้ผนังคอนกรีตบล็อกที่มีสัมประสิทธิ์การป้องกันเสียงประมาณ 45 dB.

### 6.7.2 วัสดุหลังคา

ในการพิจารณาวัสดุหลังคามีแนวทางการพิจารณาดังนี้

- เป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อยมีน้ำหนักเบา
- สามารถป้องกันความร้อนและสะท้อนความร้อนได้ดี
- มีความคงทนต่อสภาพอุณหภูมิและภูมิอากาศดี
- ติดตั้งสะดวกและบำรุงดูแลรักษาง่าย
- ราคาไม่แพง



รูปที่ 6.13 ลักษณะวัสดุของโครงสร้างหลังคา

ตารางที่ 6.4 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางความร้อนของวัสดุหลังคา

| หลังคากระเบื้องลูกฟูกลอนเล็ก                                     |                      |   |   |
|--|----------------------|---|---|
| โครงสร้าง  | $\Delta X$<br>(เมตร) | การนำความร้อน<br>(K)<br>( $w/m^2 \text{ } ^\circ C$ ) | การต้านทานความร้อน (R)<br>( $m^2 \text{ } ^\circ C / w$ ) |
| 1. ฟิล์มอากาศด้านนอก   | -                    | -   | 0.055   |
| 2. หลังคากระเบื้องลอนคู่   | 0.008                | 0.836   | 0.0095  |
| 3. อลูมิเนียมฟอยด์ + ฉนวนใยแก้ว                                  | 0.025                | 0.038   | 0.658   |
| 4. ช่องว่างอากาศใต้หลังคา  | -                    | -   | 1.356   |
| 5. ยิปซัมบอร์ด   | 0.009                | 0.191   | 0.047   |
| 6. ฟิล์มอากาศด้านใน  | -                    | -   | 0.148   |
| <b><math>R_t</math> (<math>m^2 \text{ } ^\circ C / w</math>)</b> |                      |   | <b>2.273</b>  |
| <b><math>U</math> (<math>w/m^2 \text{ } ^\circ C</math>)</b>     |                      |   | <b>0.439</b>  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 6.4 (ต่อ)

| หลังคากระเบื้อง CPAC                 |                      |   |  |
|--------------------------------------|----------------------|---|--|
| โครงสร้าง                            | $\Delta X$<br>(เมตร) | การนำความร้อน<br>(K)<br>( $w/m^2 \text{ } ^\circ c$ ) | การต้านทานความร้อน (R)<br>( $m^2 \text{ } ^\circ c /w$ ) |
| 1. ฟิล์มอากาศด้านนอก                 | -                    | -   | 0.055  |
| 2. หลังคากระเบื้อง CPAC              | 0.075                | 0.836   | 0.089  |
| 3. อลูมิเนียมฟอยด์ + ฉนวนใยแก้ว      | 0.025                | 0.038   | 0.658  |
| 4. ช่องว่างอากาศใต้หลังคา            | -                    | -   | 1.356  |
| 5. ฟิล์มขอบอร์ด                      | 0.009                | 0.191   | 0.047  |
| 6. ฟิล์มอากาศด้านใน                  | -                    | -   | 0.148  |
| $R_t$ ( $m^2 \text{ } ^\circ c /w$ ) |                      |   | 2.353  |
| $U$ ( $w/m^2 \text{ } ^\circ c$ )    |                      |   | 0.424  |

จากตารางที่ 6.4 จะเห็นได้ว่าค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุทั้ง 2 ชนิดมีค่าที่ใกล้เคียงกัน คือ หลังคาวัสดุกระเบื้องลูกฟูกลอนเล็กมีค่า  $U = 0.439 \text{ } w/m^2 \text{ } ^\circ c$  และหลังคากระเบื้อง CPAC มีค่า  $U = 0.424 \text{ } w/m^2 \text{ } ^\circ c$  แต่ในขณะเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบราคาและขนาดน้ำหนักแล้ว วัสดุหลังคากระเบื้องลูกฟูกลอนเล็กจะมีความประหยัดและเหมาะสมมากกว่า ดังนั้นในแนวทางการออกแบบการใช้วัสดุหลังคาที่ทำการวิจัยในขั้นต่อไปจึงเลือกใช้ วัสดุหลังคากระเบื้องลูกฟูกลอนเล็กเป็นแนวทางในการศึกษา

### 6.8 แนวทางการเลือกอุปกรณ์บังแดดเป็นวัสดุสะท้อนแสง

อุปกรณ์บังแดดนอกจากจะใช้ในการป้องกันความร้อน ที่จะส่องผ่านช่องเปิดเข้ามาภายในอาคารแล้ว ยังเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่างภายในให้เพิ่มขึ้น โดยแนวทางการพิจารณาวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นตัวสะท้อนแสงจึงมีแนวทางการพิจารณาดังนี้

- ลักษณะการสะท้อนแสงอยู่ในเกณฑ์ที่ดี
- มีค่าการสะท้อนรังสีความร้อนอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ
- มีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ
- มีน้ำหนักเบาดูแลรักษาทำความสะอาดง่าย

ตารางที่ 6.5 เปรียบเทียบวัสดุอุปกรณ์บังแดด

| คุณสมบัติของวัสดุ                | ไฟเบอร์กลาส<br>ทาสีขาว                       | คอนกรีต<br>ทาสีขาว                           | แผ่นอลูมิเนียมทาบ<br>ขึ้นรูป                                 | แผ่นสแตนเลสทาบ<br>ขึ้นรูป                                    |
|----------------------------------|--|--|--|--|
| 1. ลักษณะการสะท้อนแสง            | Diffuse-Spread                               | Diffuse-Spread                               | Spread   | Specular   |
| 2. ค่าการสะท้อนแสง               | 75-90  | 75-90  | 70-80  | 55-65  |
| 3. ค่าการดูดกลืนรังสีความร้อน    | 10-30  | 10-30  | 20-30  | 40-50  |
| 4. ลักษณะการใช้งานและความเหมาะสม | น.น.เบาปรับแก้-<br>รูปแบบได้                 | น.น.มากปรับแก้-<br>ปรับเปลี่ยนไม่ได้         | น.น.เบาปรับแก้-<br>รูปแบบได้                                 | น.น.เบาปรับแก้-<br>รูปแบบได้                                 |
| 5. การดูแลรักษา                  | สีที่ทาจะหลุดเมื่อ<br>ใช้ไประยะเวลา<br>หนึ่ง | สีที่ทาจะหลุดเมื่อ<br>ใช้ไประยะเวลา<br>หนึ่ง | ไม่ต้องทาสีใหม่<br>แต่ต้องทำความสะอาด<br>ตะไคร่น้ำที่พื้นผิว | ไม่ต้องทาสีใหม่<br>แต่ต้องทำความสะอาด<br>ตะไคร่น้ำที่พื้นผิว |
| 6. ความทนต่อสภาพภูมิ-<br>อากาศ   | บดองได้เมื่อโดน<br>ความร้อน                  | ทนต่อสภาพ<br>อากาศได้ดี                      | ทนต่อสภาพ<br>อากาศได้ดี                                      | ทนต่อสภาพ<br>อากาศได้ดี                                      |

จากแนวทางการพิจารณาดังกล่าวจะเห็นได้ว่า วัสดุที่เป็นอลูมิเนียมมีลักษณะและคุณสมบัติที่ดีกว่าวัสดุชนิดอื่นๆ ที่ทำการเปรียบเทียบ ในลักษณะของค่าการสะท้อนแสง การนำไปใช้งาน การบำรุงดูแลรักษาและความทนต่อสภาพภูมิอากาศ ดังนั้นแนวทางการออกแบบในส่วนของอุปกรณ์สะท้อนแสงขั้นต่อไป จึงเลือกใช้วัสดุอลูมิเนียมเป็นตัวช่วยในการสะท้อนแสงเข้ามาภายในอาคารเป็นแนวทางในการศึกษา

## บทที่ 7

# ข้อมูลพื้นฐานและการออกแบบสถาปัตยกรรม

### 7.1 องค์ประกอบของอาคารสถาบันคอมพิวเตอร์

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้เลือกใช้สถานที่ที่ตั้งของโครงการ ตลอดจนองค์ประกอบการใช้สอยส่วนต่างๆของอาคารที่เป็นอยู่จริงของมหาวิทยาลัยรามคำแหง แต่การออกแบบในการวิจัยนี้ไม่ได้มีผลกระทบต่ออาคารสถาบันคอมพิวเตอร์ของมหาวิทยาลัยรามคำแหง เพียงแต่เป็นแนวทางเพื่อการนำเสนอในการศึกษาวิจัยเท่านั้น โดยองค์ประกอบของอาคารมีดังต่อไปนี้

#### 1. ส่วนบริหารและธุรการ (Administration) ประกอบด้วย

1.1. สำนักงานเลขานุการ (Secretary Dpt.) มีหน้าที่รับผิดชอบการบริหารและจัดวางแผนงาน

1.2. ฝ่ายวิชาการ (Technology Dpt.) มีหน้าที่รับผิดชอบสนับสนุนทางเทคนิค การบริหารทางวิชาการและการเรียนการสอนตลอดจนการฝึกอบรมคอมพิวเตอร์

1.3. ฝ่ายเตรียมข้อมูลและบริการ (Data & Service Dpt.) มีหน้าที่เกี่ยวกับการออกแบบข้อมูลและงานประมวลผล

1.4. ฝ่ายวิเคราะห์และพัฒนา (Analysis & Develop Dpt.) มีหน้าที่รับผิดชอบและออกแบบระบบ งานพัฒนาโปรแกรม

1.5. ฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology Service Dpt.) มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับระบบสารสนเทศ เผยแพร่ข้อมูลในด้านต่างๆ

1.6. ฝ่ายปฏิบัติการ (Practice Division Dpt.) มีหน้าที่รับผิดชอบงานจัดระบบปฏิบัติการในห้องเครื่อง งานควบคุมเครื่องและงานบรรณารักษ์ข้อมูล

1.7. ฝ่ายวิศวกรรม (Engineering Dpt.) มีหน้าที่รับผิดชอบงานไฟฟ้ากำลัง งานเครือข่ายสื่อสารโทรคมนาคมและงานพัฒนาฮาร์ดแวร์

2. ส่วนการศึกษา (Education) เป็นส่วนที่ให้บริการทางด้านการศึกษาประกอบด้วยห้องเรียนและปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ โดยแบ่งออกเป็นส่วนของปริญาตรีขนาด 70 คน/ห้อง และสำหรับปริญาโทขนาด 35 คน/ห้อง

3. ส่วนบริการ (Service) เป็นส่วนประโยชน์ใช้สอยร่วมกันมีรายละเอียดดังนี้

3.1. ส่วนโรงพักคอยและส่วนติดต่อ

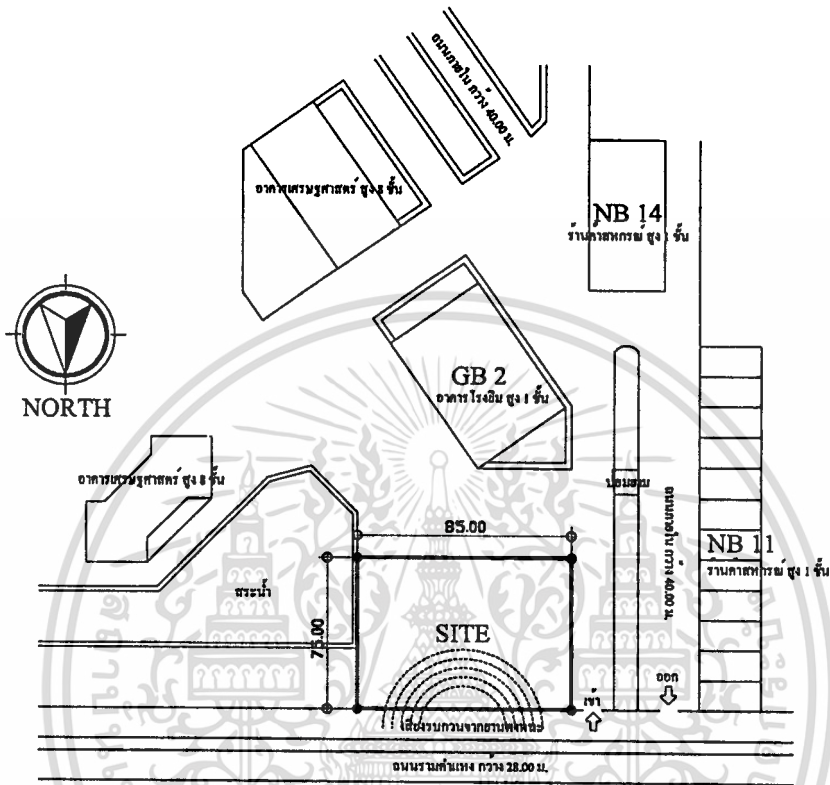
3.2. ส่วนเก็บของ

3.3. ส่วนประกอบอื่นๆ เช่น ห้องน้ำ, บันได, ลิฟท์

4. ส่วนจอดรถ (Parking) เพื่อสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7.2 ข้อมูลทางกายภาพที่ตั้งโครงการ

พื้นที่ที่ตั้งของโครงการมีสภาพแวดล้อมดังต่อไปนี้



รูปที่ 7.1 ลักษณะทางกายภาพของที่ตั้งโครงการ

### ลักษณะทางกายภาพ

รูปร่างขนาดที่ตั้งโครงการ

เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดที่ดิน 5.41 ไร่ (75.00 x 85.00)  
พื้นที่ดิน 6,375 ตร.ม. หรือ 1,593 ตร.ว.

สภาพที่ตั้งของโครงการปัจจุบัน

ปัจจุบันเป็นที่ตั้งของอาคารสถาบันคอมพิวเตอร์ สูง 8 ชั้น

ตำแหน่งที่ตั้งของโครงการ

ตั้งอยู่ในส่วนด้านหน้าของมหาวิทยาลัย ดิคกับถนนรามคำ  
แหง

อาณาเขตติดต่อ

ทิศเหนือ

ดิคกับถนนรามคำแหง

ทิศใต้

ดิคอาคารโรงยิมสูง 1 ชั้น

ทิศตะวันออก

ดิคที่ว่างและสระน้ำ

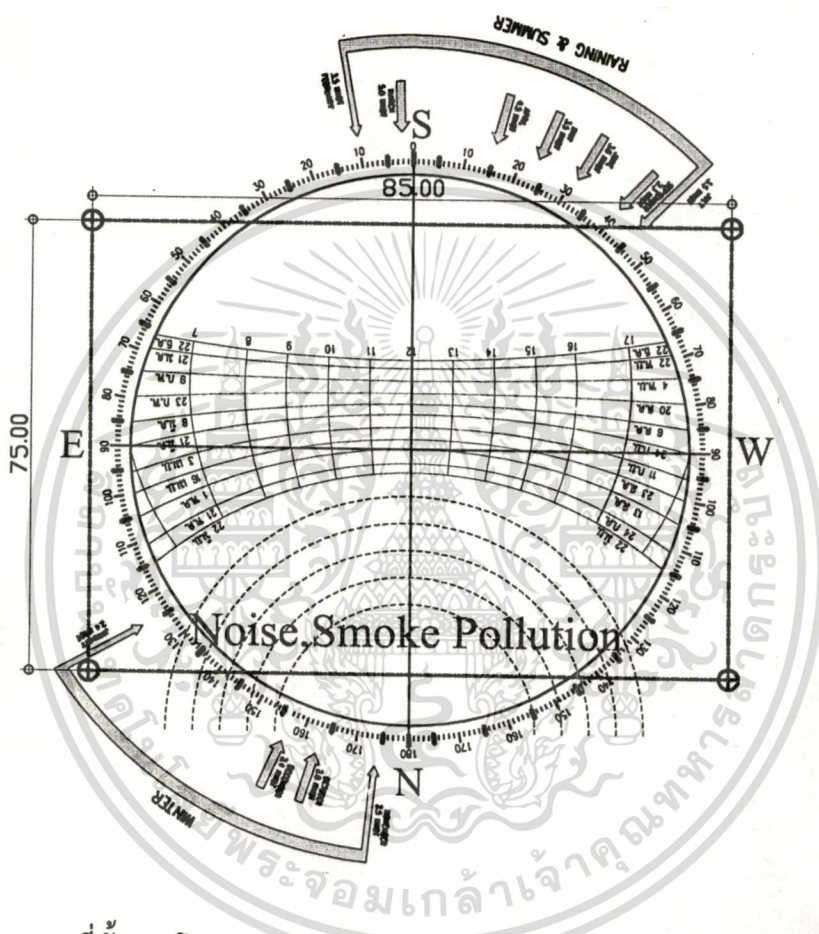
ทิศตะวันตก

ดิคถนนทางเข้าและอาคารสภกรณ์สูง 1 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

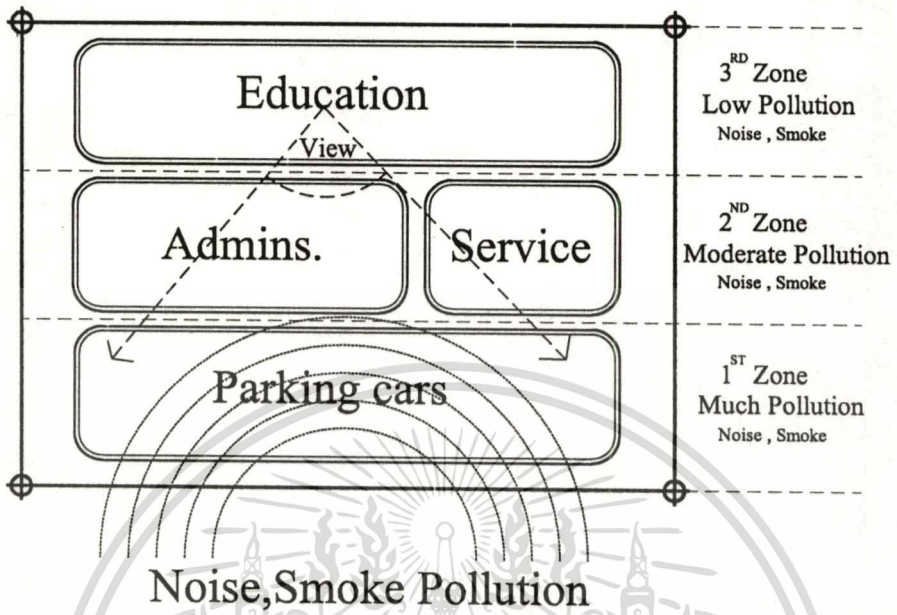
### ปัญหาที่ได้รับจากสภาพแวดล้อม

- เสียงรบกวนจากยานพาหนะบริเวณด้านหน้าของที่ตั้งโครงการ เนื่องจากติดกับถนนรามคำแหง ซึ่งเป็นถนนสายหลักที่มีการจราจรคับคั่งตลอดทั้งวัน
- รูปร่างของที่ดินมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า การจัดวางตัวอาคารจึงต้องคำนึงถึงประโยชน์จากการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ และรังสีความร้อนที่จะเข้าสู่อาคาร

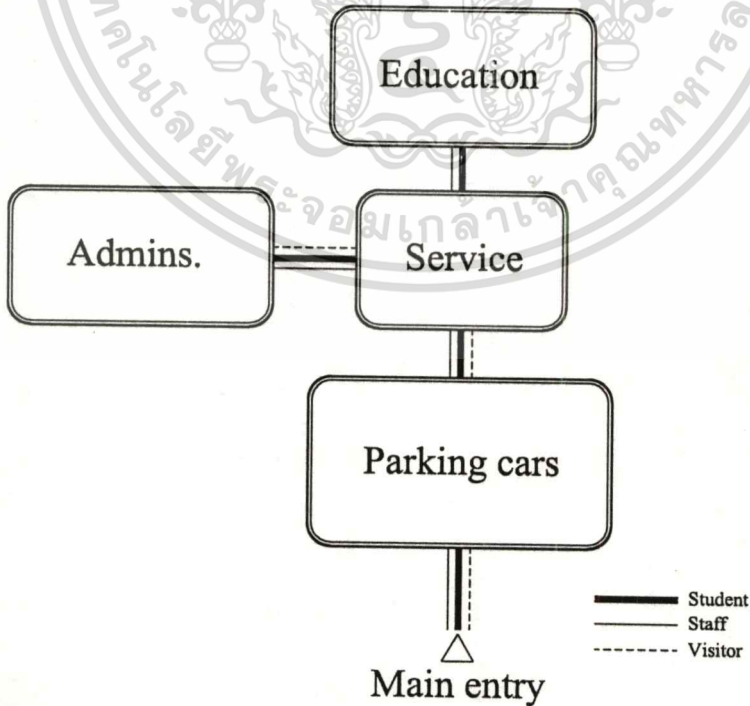


รูปที่ 7.2 แสดงขนาดที่ตั้งของโครงการและผลกระทบจากสภาพแวดล้อม

จากการศึกษาสภาพแวดล้อมของที่ตั้งโครงการ ซึ่งในส่วนของบริเวณด้านหน้าซึ่งติดกับถนนหลักคือถนนรามคำแหง จะได้รับผลกระทบโดยตรงจากมลภาวะทางเสียงและควัน ดังนั้นในการออกแบบในการวิจัยนี้ จึงได้มีการจัดวาง Zone ของที่ตั้งโครงการเพื่อลดปัญหาจากสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้น ตลอดจนการจัดวางส่วนของอาคารเรียนเพื่อให้ได้รับประโยชน์จากการใช้แสงธรรมชาติมากที่สุด

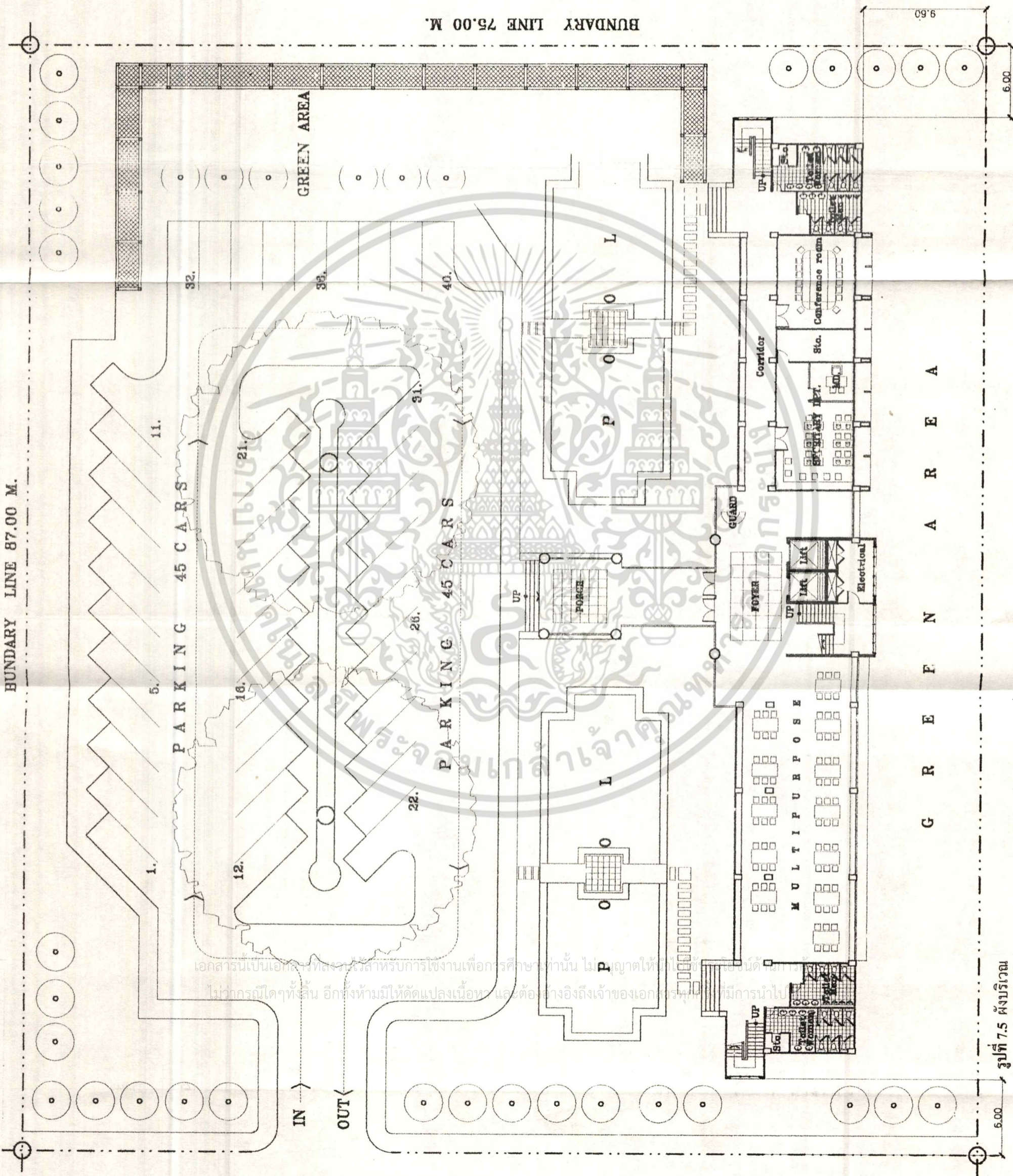


รูปที่ 7.3 การจัดวาง Zone ของพื้นที่ใช้สอยของโครงการ



รูปที่ 7.4 Function Diagram ของโครงการ เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

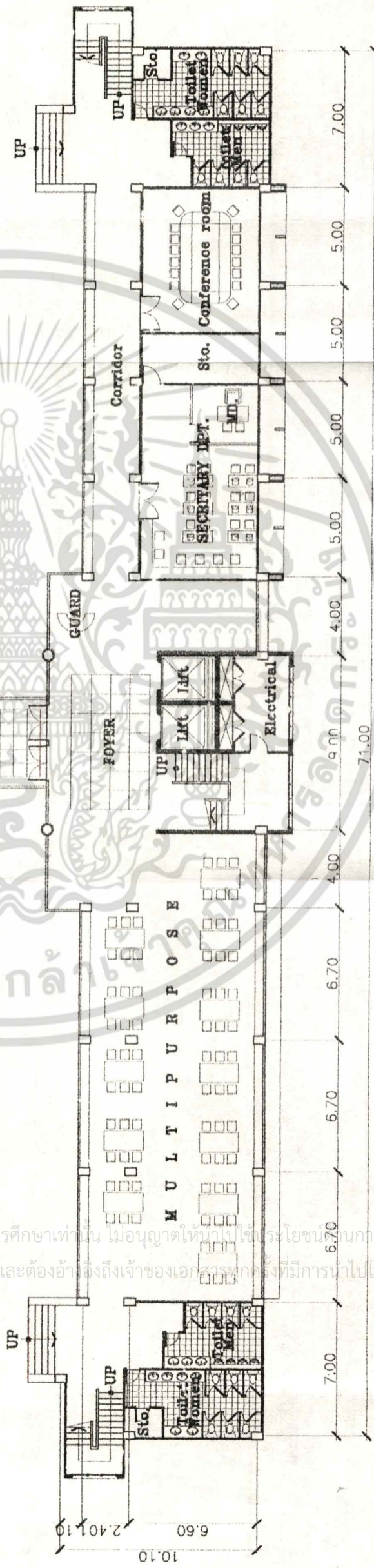
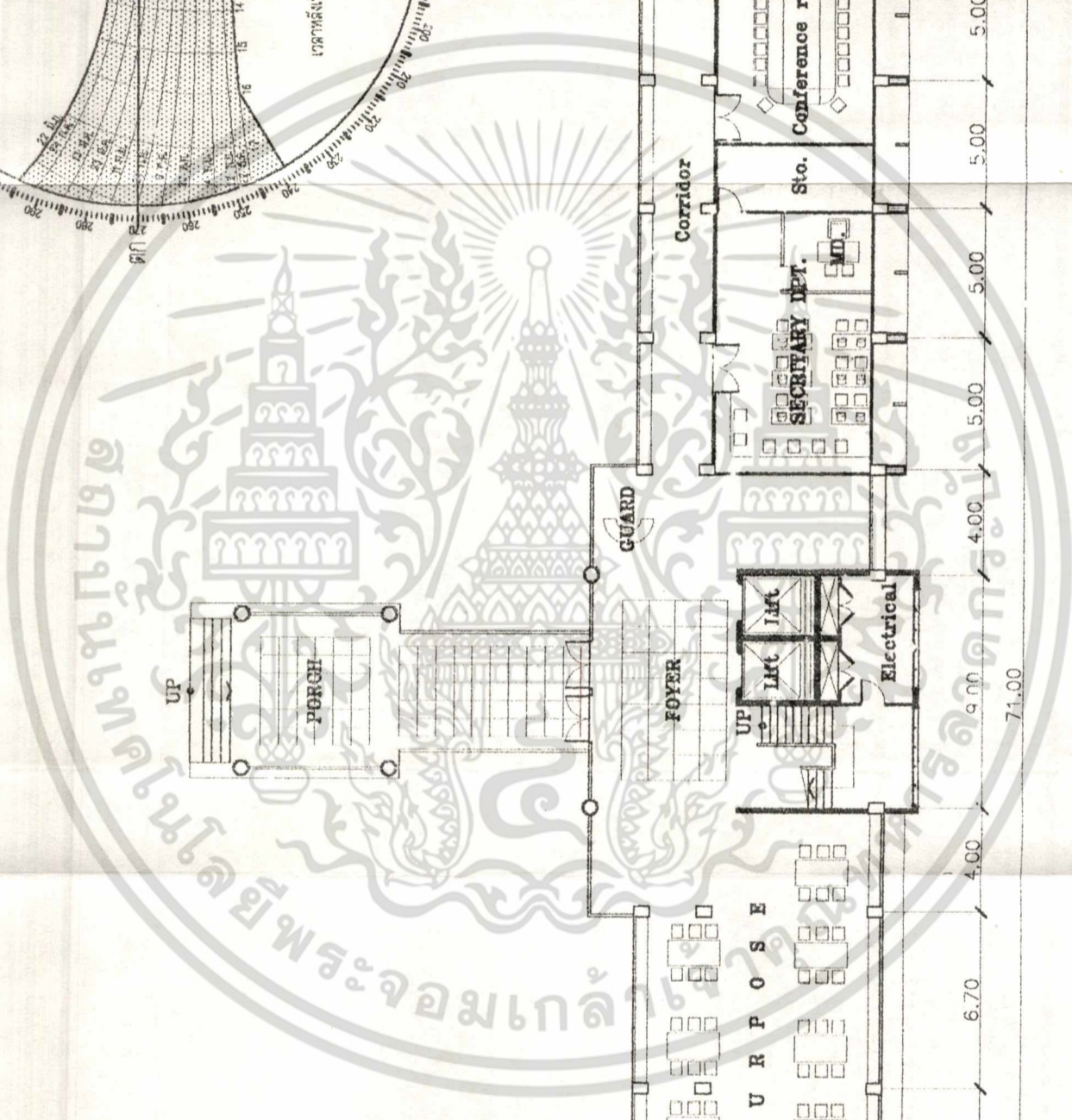
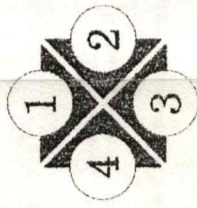
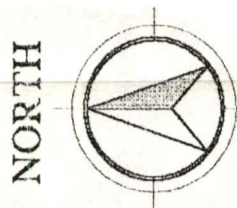
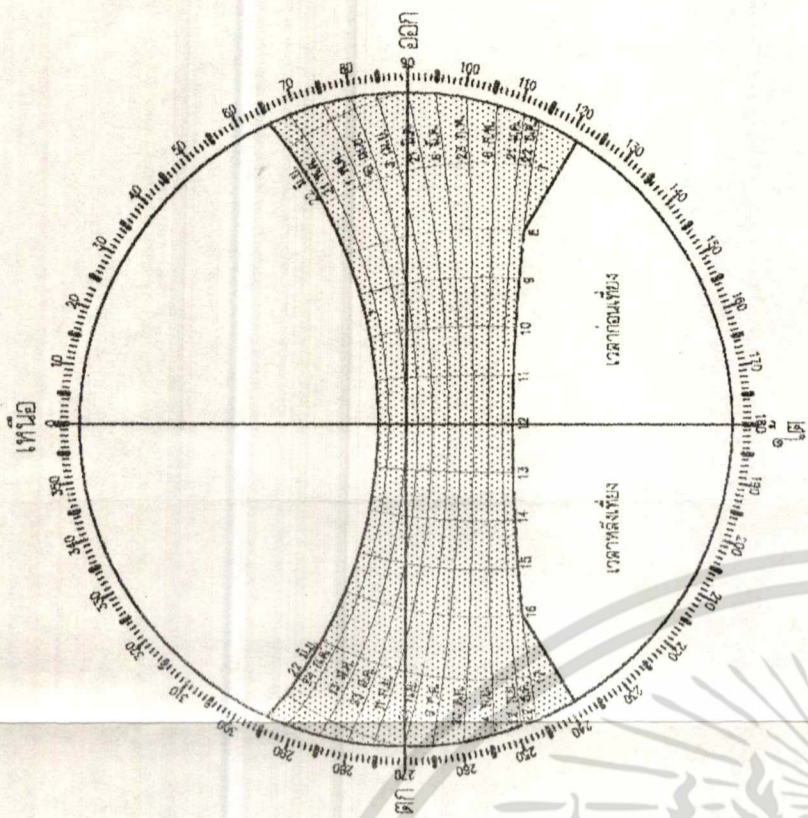
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



LAY - OUT  
SCALE 1 : 300

รูปที่ 7.5 ผังบริเวณ

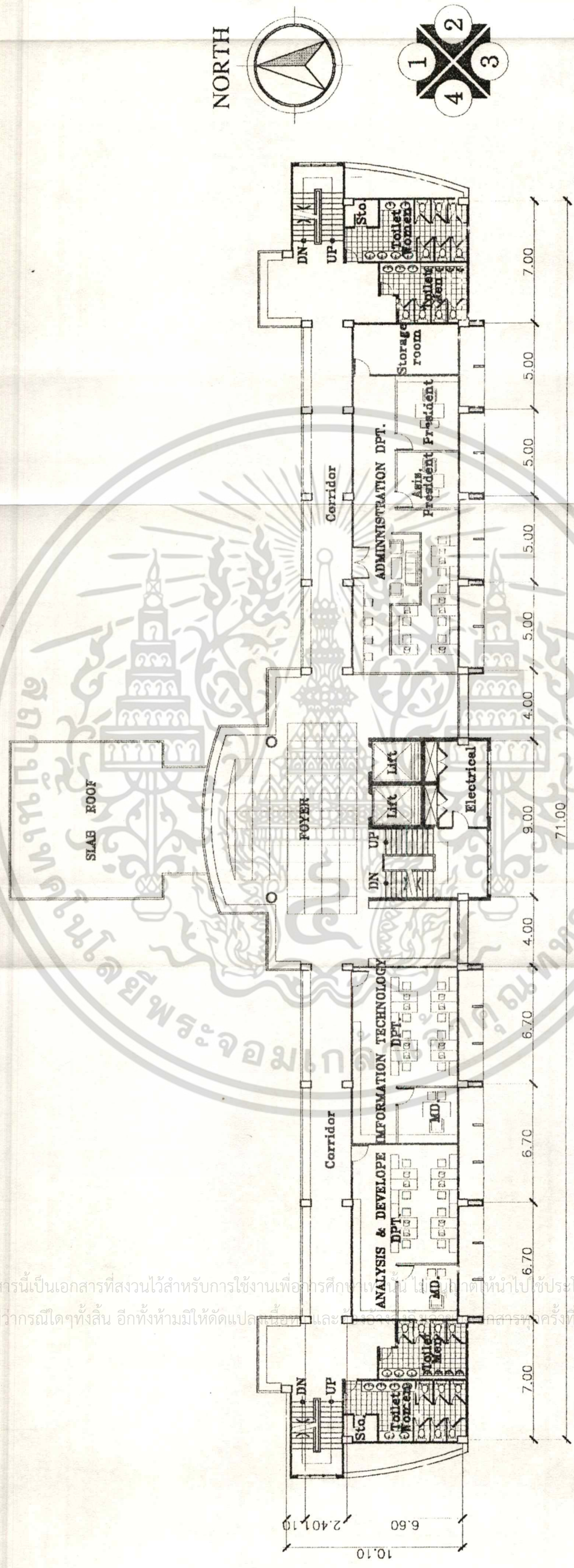
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต  
 ไม่ทำกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไป



1<sup>ST</sup> FLOOR PLAN  
SCALE 1 : 250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารหากจะมีการนำไปใช้

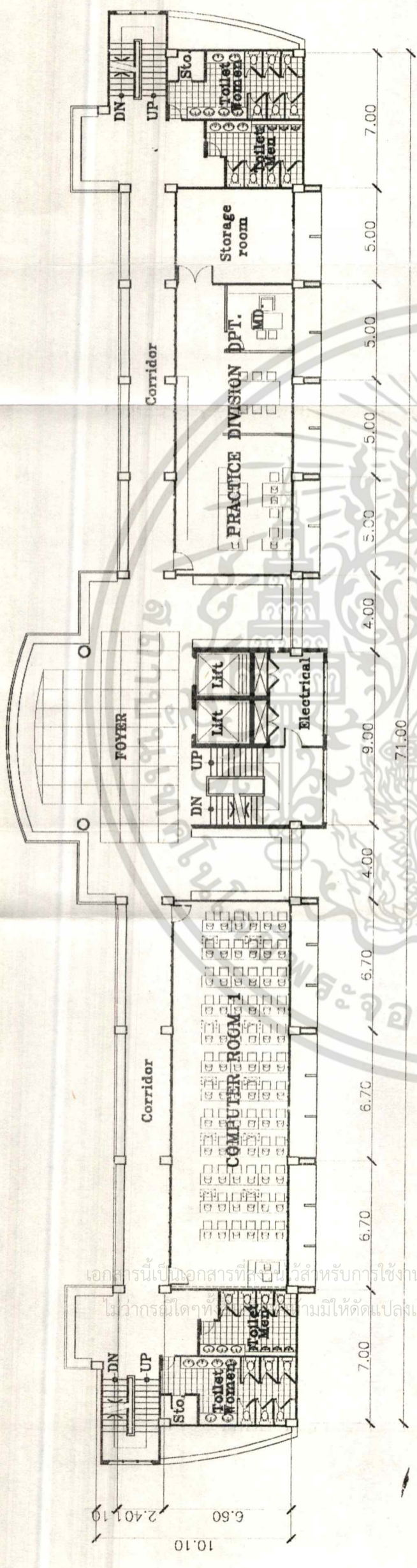
รูปที่ 7.6 แปลมพื้นที่ 1



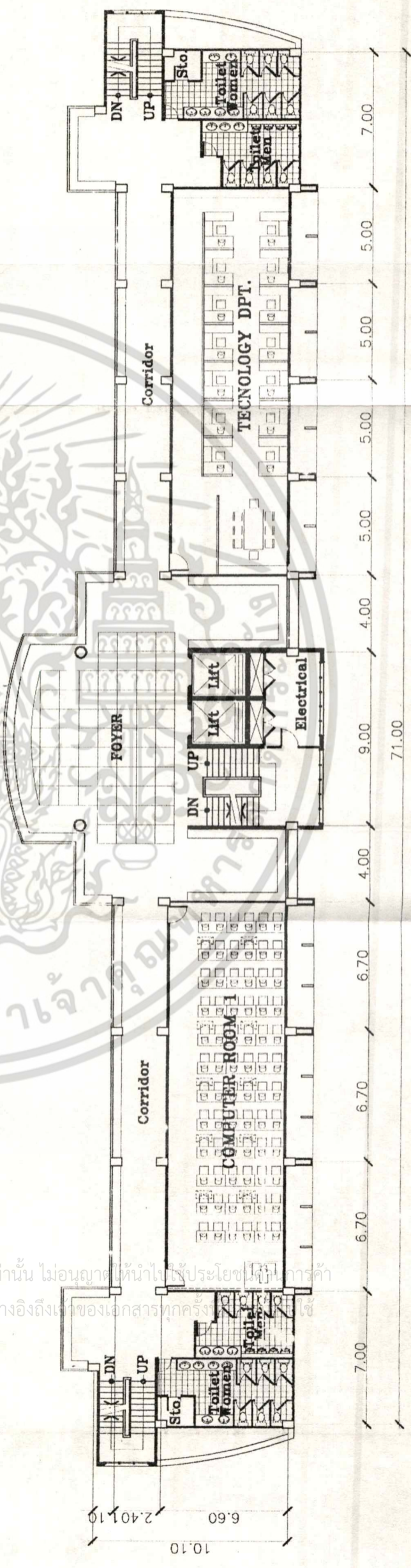
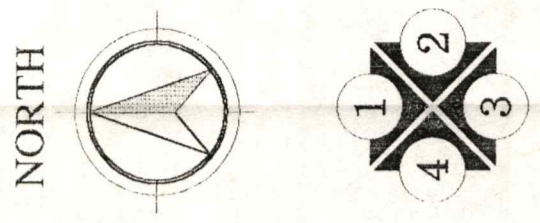
ND  
**2 FLOOR PLAN**  
 SCALE 1 : 250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำออกไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไขและเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากสถาบันฯ

รูปที่ 7.7 แปลนพื้นที่ 2



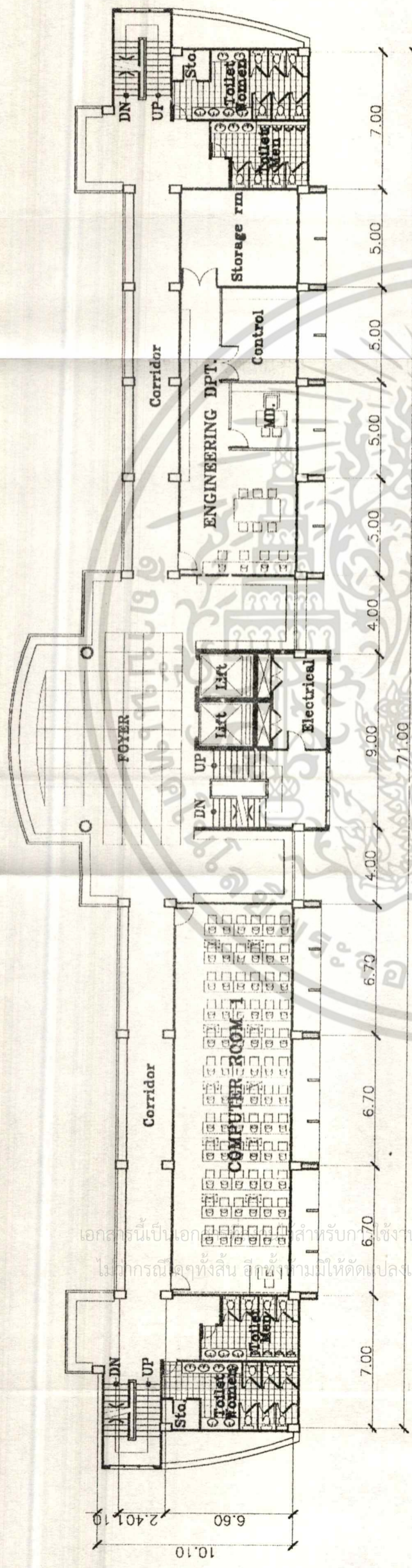
TH  
4 FLOOR PLAN  
SCALE 1 : 250



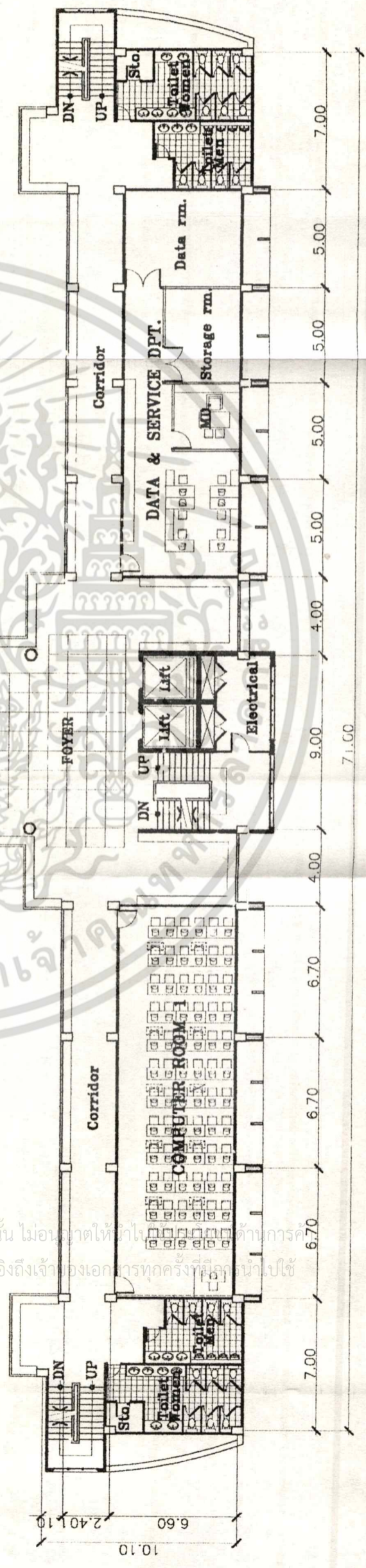
RD  
3 FLOOR PLAN  
SCALE 1 : 250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า  
ไม่มีการแก้ไขใดๆที่อาจมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่ใช้

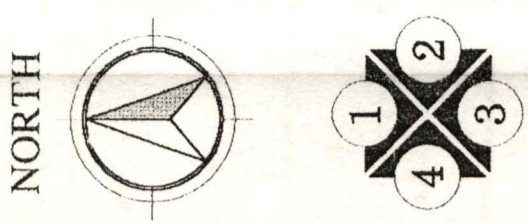
รูปที่ 7.8 แปลงพื้นที่ 3 - 4



TH  
6 FLOOR PLAN  
SCALE 1 : 250

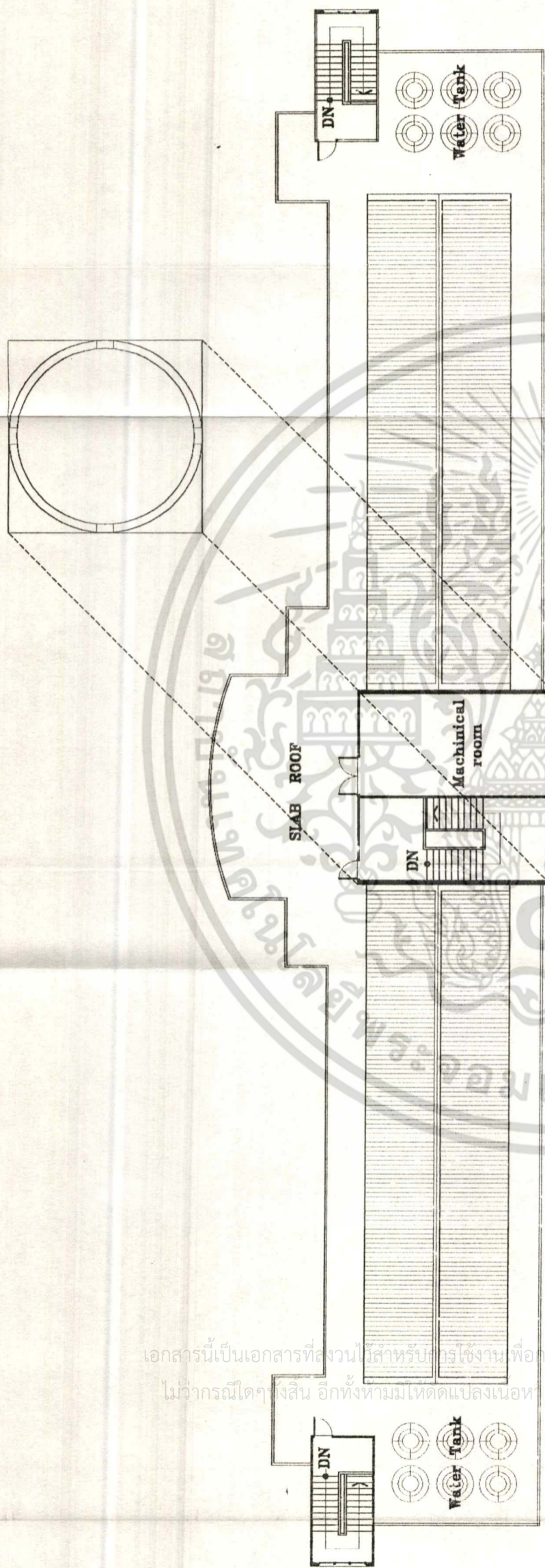


TH  
5 FLOOR PLAN  
SCALE 1 : 250

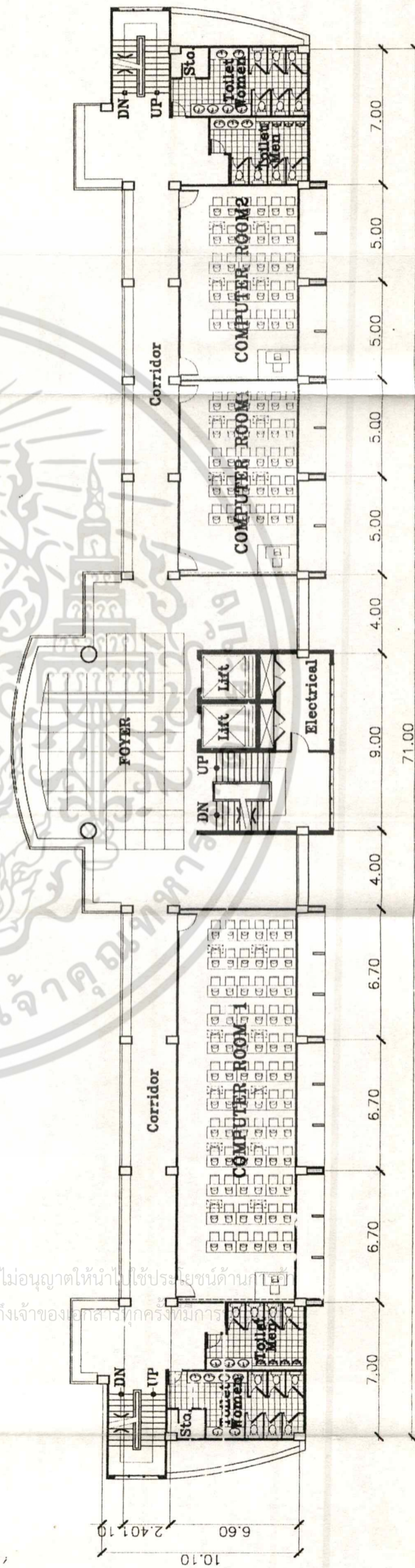


เอกสารนี้เป็นเอกสารสำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต  
 ไม่สามารถตีพิมพ์ทั้งสิ้น ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีเอกสารนำไปใช้

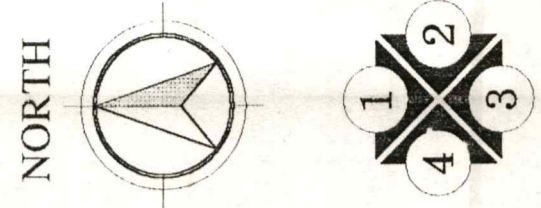
รูปที่ 7.9 แปลนพื้นที่ 5-6



**ROOF DECK FLOOR PLAN**  
SCALE 1 : 250



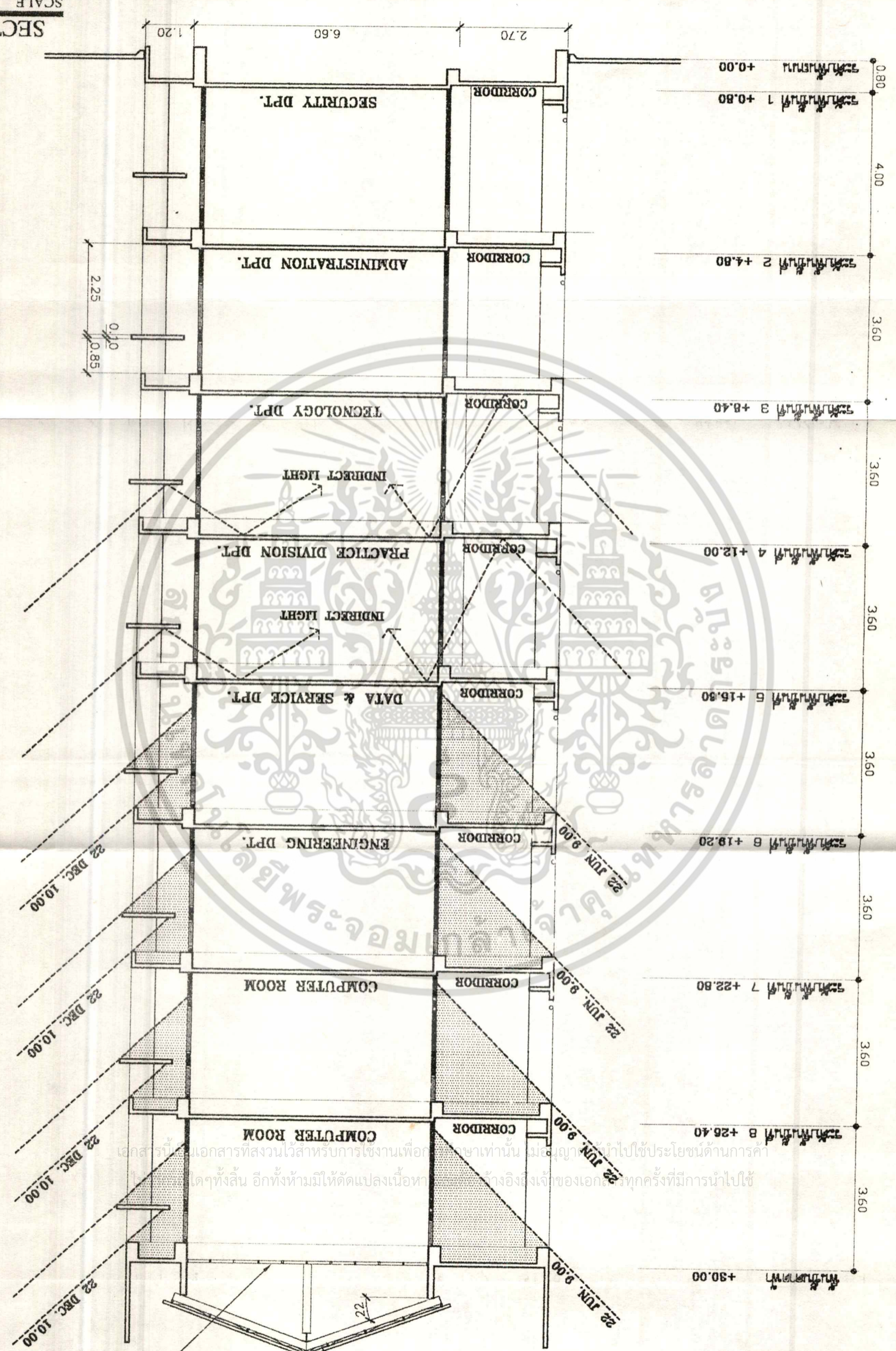
**7<sup>TH</sup> - 8<sup>TH</sup> FLOOR PLAN**  
SCALE 1 : 250



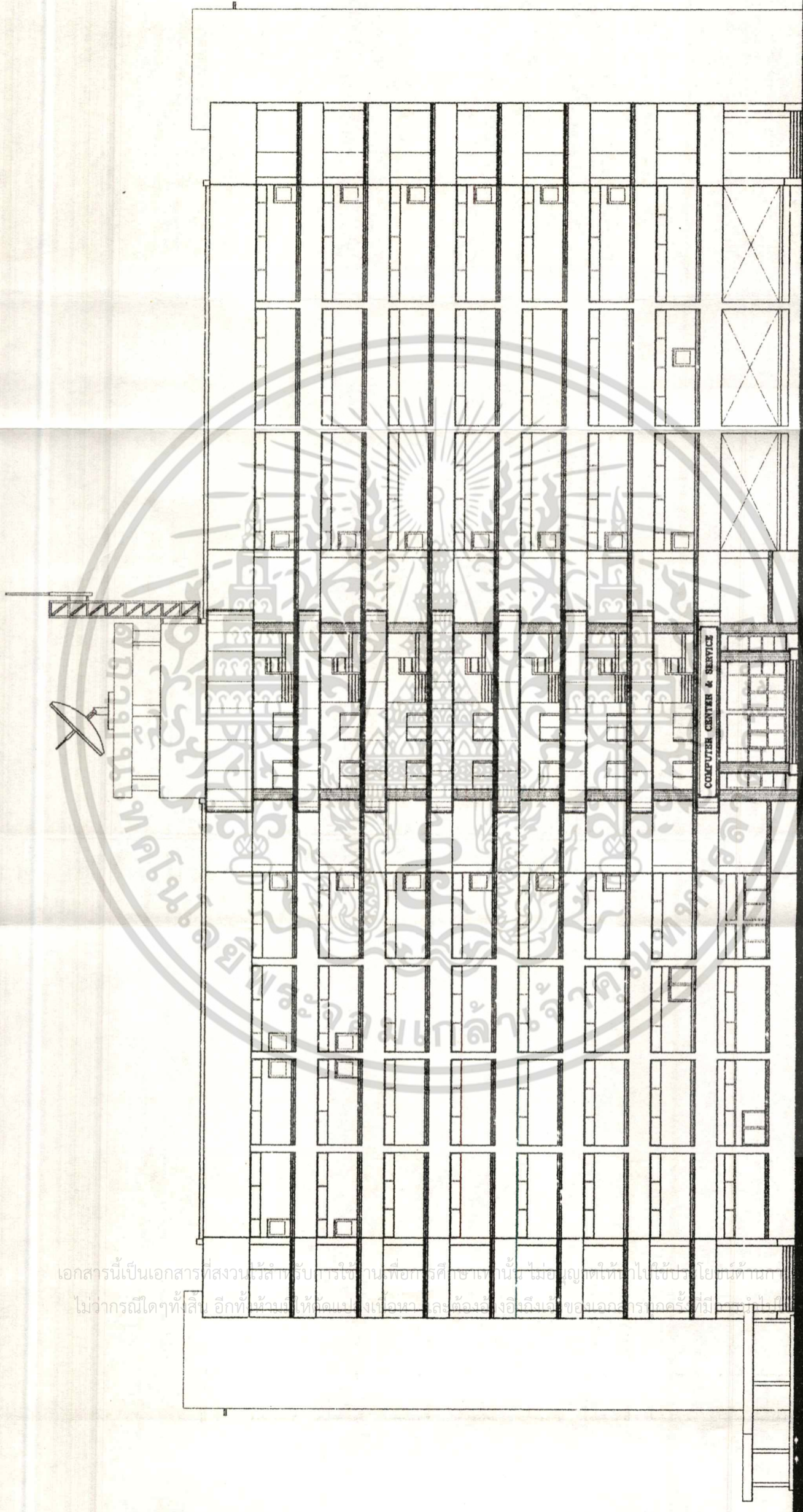
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการ

รูปที่ 7.10 แปลนพื้นที่ 7-8, แปลนพื้นที่อาคาร

Aluminum Foil  
ฉนวนกันความร้อน  
Gypsum Board 12 mm.



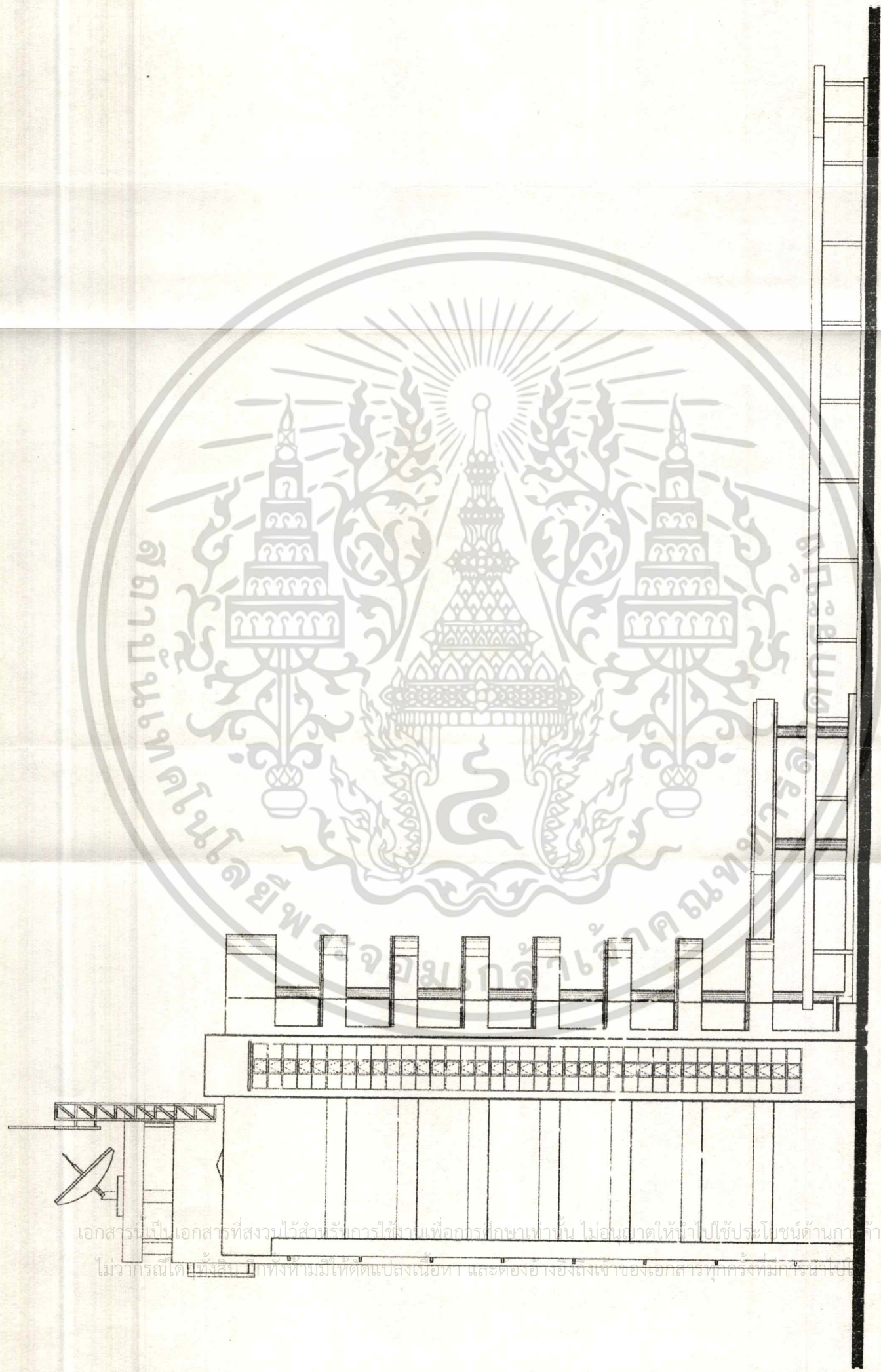
SECTION  
SCALE 1 : 100



ELEVATION 1  
SCALE 1 : 250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้าน  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้ข้อมูลไปงแก่ผู้อื่น และต้องแจ้งอ้างอิงถึง ขอสงวนสิทธิ์ในกรณีที่มี

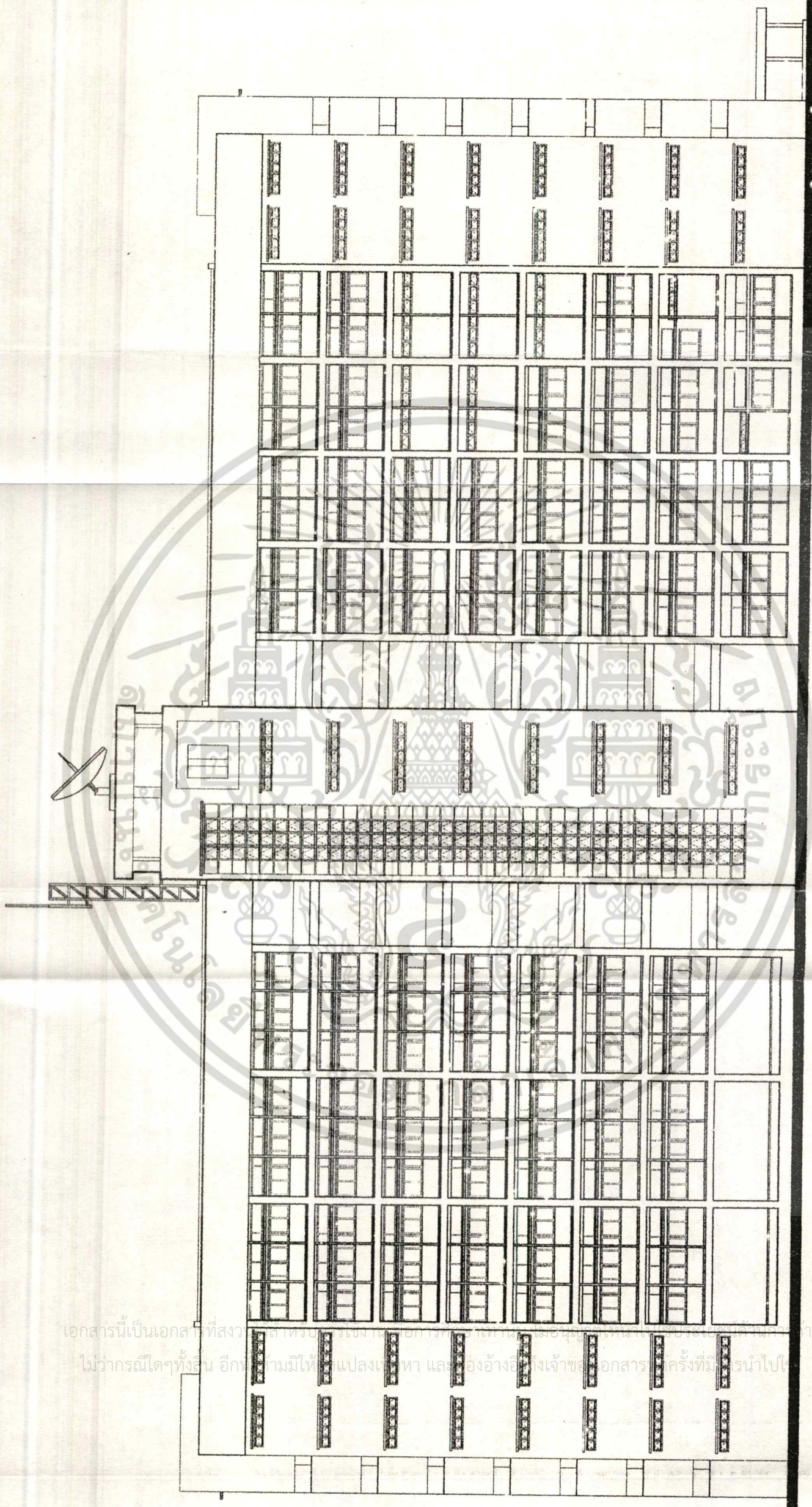
รูปที่ 7.12 รูปด้าน 1



ELEVATION 2  
SCALE 1 : 250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านกา  
ไม่ว่ากรณีใดก็ตาม หากมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงเงาของเอกสารทุกครั้งที่มีการแก้ไข

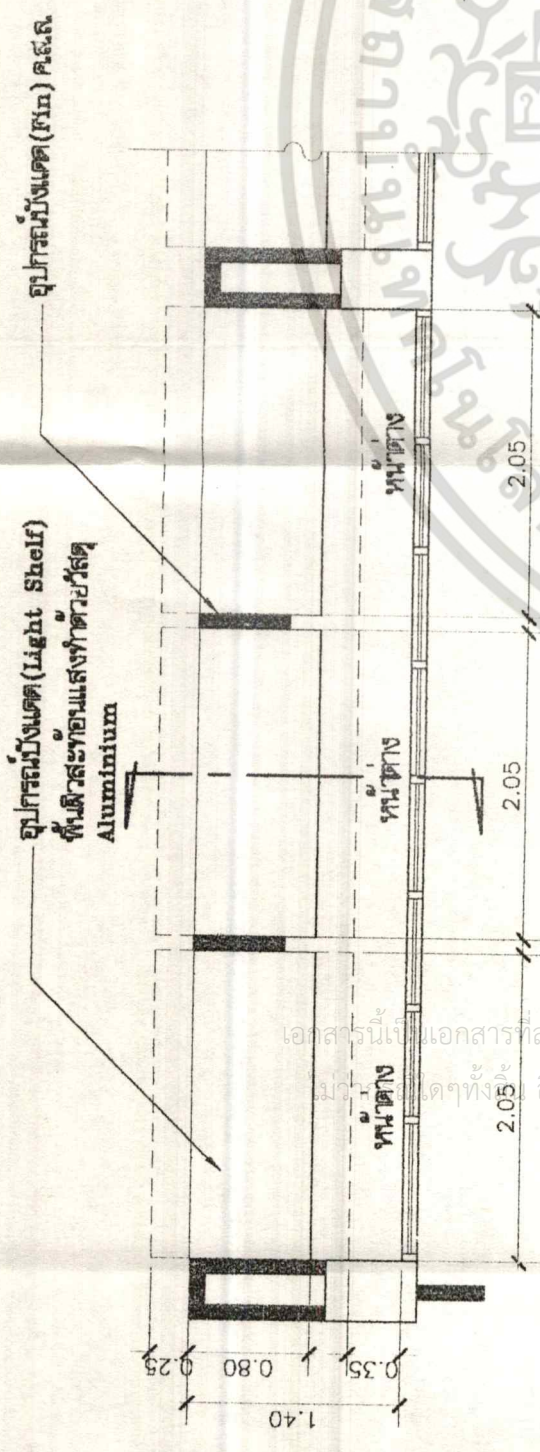
รูปที่ 7.13 รูปด้าน 2



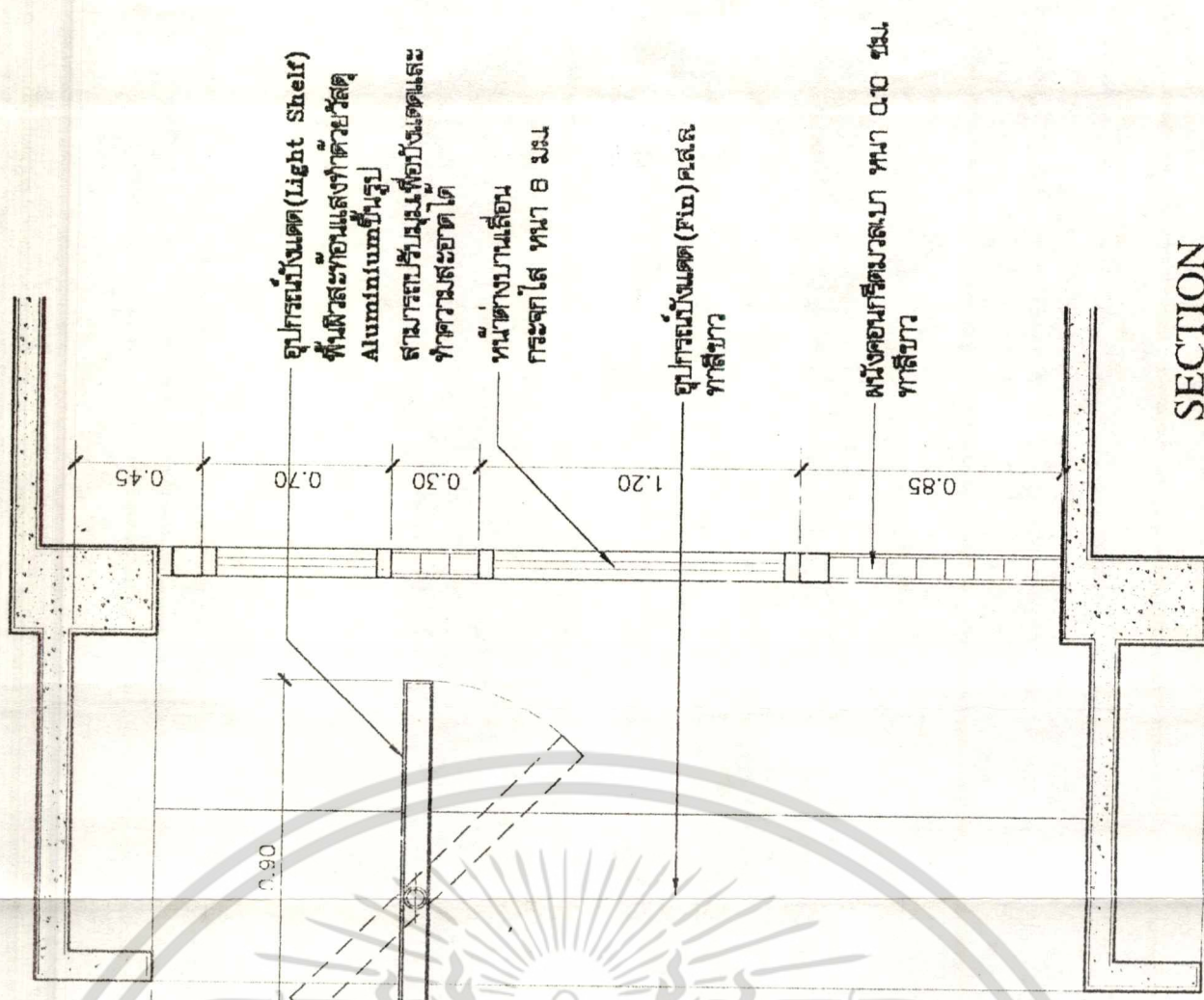
ELEVATION 3  
SCALE 1 : 250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับเจ้าของเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้เปลี่ยนแปลงแก้ไข และต้องอ้างอิงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีผู้นำไปใช้

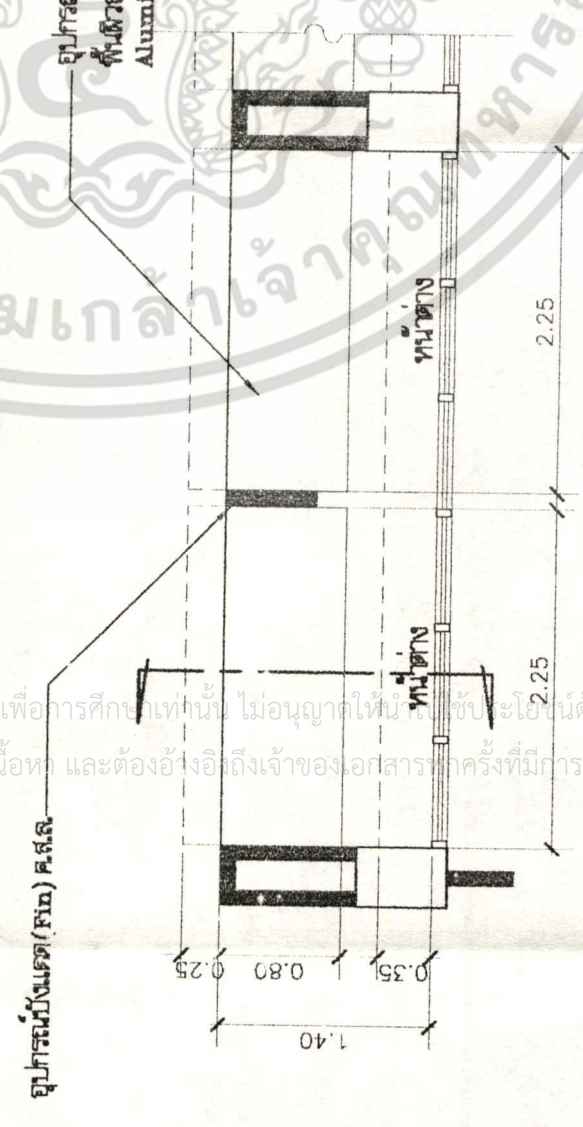
รูปที่ 7.14 รูปด้าน 3



อุปกรณ์บังแดด(ห้องเรียน 70 คน)  
SCALE 1 : 50

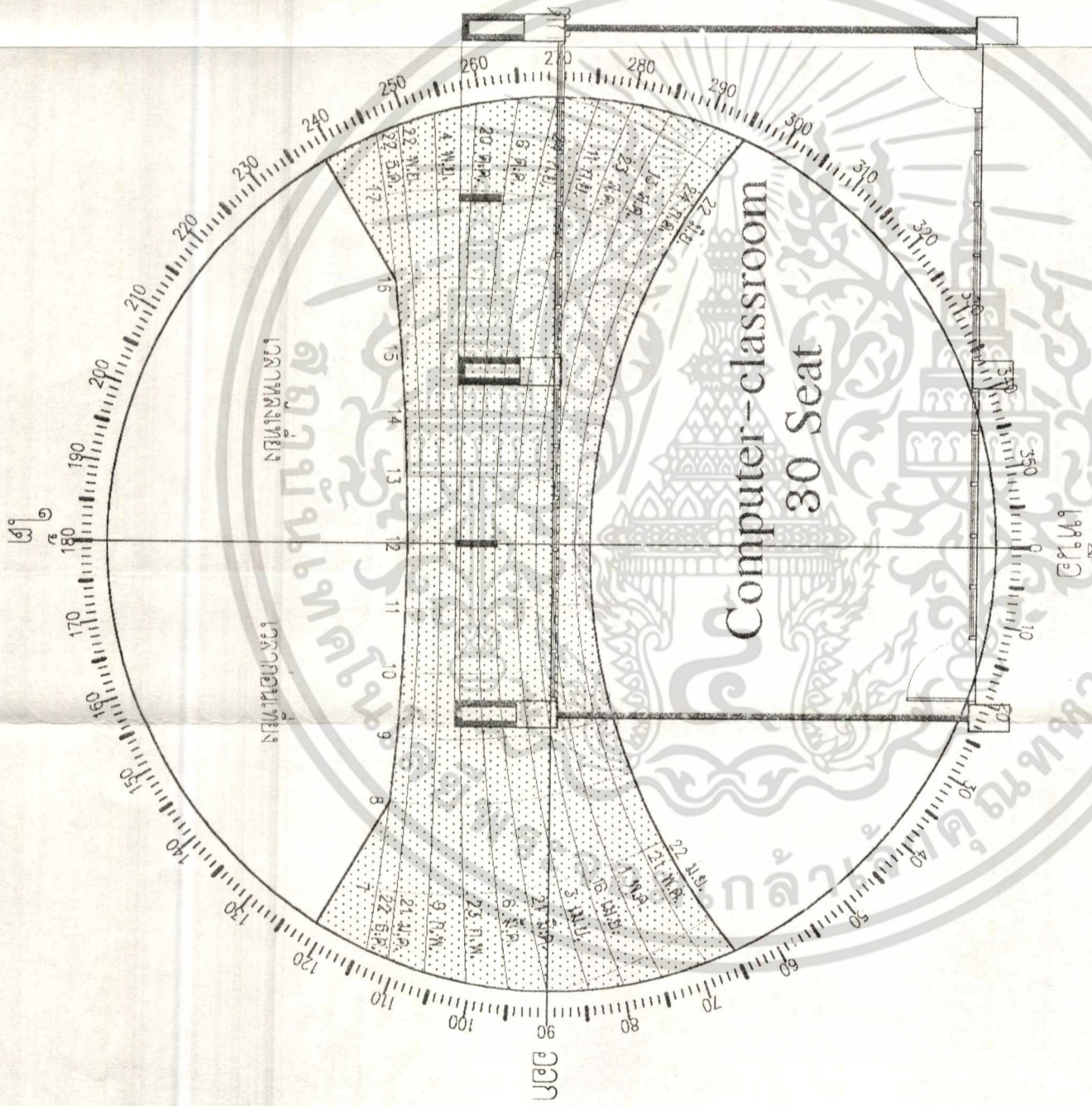


SECTION  
SCALE 1 : 25



อุปกรณ์บังแดด(ห้องเรียน 35 คน)  
SCALE 1 : 50

รูปที่ 7.16 แบบขยายอุปกรณ์บังแดด



| TIME  | Azimuth     | Altitude   | $\theta 1$ | $\theta 2$   | Remark                          |
|-------|-------------|------------|------------|--------------|---------------------------------|
| 8.00  | $-60^\circ$ | $23^\circ$ | $37^\circ$ | $58.5^\circ$ | $\theta 1 = (\text{Over hang})$ |
| 9.00  | $-52^\circ$ | $33^\circ$ | $45^\circ$ | $52^\circ$   | $\theta 2 = (\text{Fin})$       |
| 10.00 | $-40^\circ$ | $43^\circ$ | $52^\circ$ | $41.5^\circ$ |                                 |
| 14.00 | $40^\circ$  | $43^\circ$ | $52^\circ$ | $41.5^\circ$ |                                 |
| 15.00 | $52^\circ$  | $33^\circ$ | $45^\circ$ | $52^\circ$   |                                 |
| 16.00 | $60^\circ$  | $23^\circ$ | $37^\circ$ | $58.5^\circ$ |                                 |
| 17.00 | $64^\circ$  | $8^\circ$  | $18^\circ$ | $63.5^\circ$ |                                 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7.17 Shading Mask

## 7.4 การตรวจสอบสภาพแสงสว่างภายในห้องเรียนคอมพิวเตอร์ จากหุ้่นจำลอง

การตรวจสอบประสิทธิภาพแสงสว่างภายในห้องเรียนคอมพิวเตอร์ที่ได้จากการออกแบบ โดยการจำลองสภาพแวดล้อมภายในของหุ้่นจำลอง ให้มีสภาพแวดล้อมที่เหมือนจริง(ใช้ขนาด อัตราส่วน 1 : 25) โดยขั้นตอนในการตรวจสอบประสิทธิภาพของแสงสว่างภายในมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการตรวจสอบวันที่ 8-10 มกราคม 2545 เวลา 9.00 น. เป็นต้นไป ณ บริเวณชั้นคาเฟ่ อาคารเรียนรวมสถาปัตยกรรม
2. ตรวจสอบทิศทางของหุ้่นจำลองให้หันไปทางทิศทางจากการออกแบบ
3. ตรวจสอบสภาพของอุปกรณ์ Lux Meter ทั้ง 2 เครื่อง เพื่อปรับแก้ความแตกต่าง (จากการตรวจสอบมีความแตกต่าง 35 Lux)
4. การตรวจสอบจะตรวจสอบสภาพของห้องเรียนที่มีจำนวน 30 คน และ 70 คน โดยการตรวจสอบจะวัดแบบระบบ Grid Line ที่ระยะทุกๆ 1 เมตรจากช่องเปิด และทำการตรวจสอบอุปกรณ์ที่ช่วยสะท้อนแสง เช่น วัสดุคอนกรีตและอลูมิเนียม
5. นำผลที่ได้จากการตรวจสอบมาคำนวณหาค่า Daylight Factor เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดในการใช้แสงสว่าง

### การตรวจสอบค่า Daylight Factor จากหุ้่นจำลอง

$$DF. = \text{ค่าความส่องสว่างภายใน} / \text{ค่าความส่องสว่างภายนอก} \times 100$$

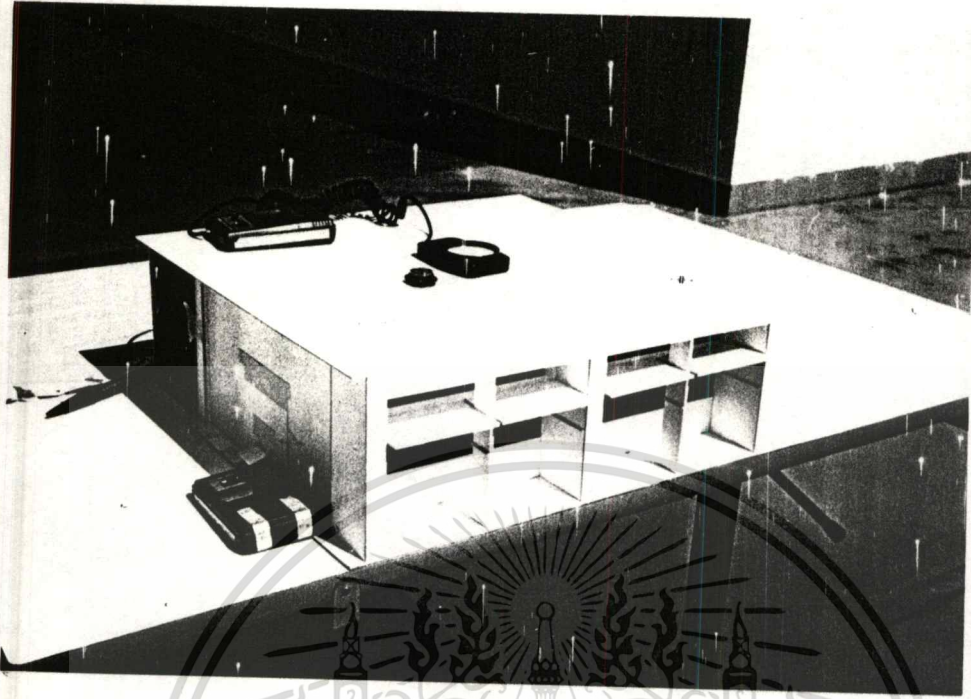
$$\text{ใช้ค่า Dirty Factor} = 0.9$$

$$\text{Daylight Transmission สำหรับกระจกใส หน้า 6 มม.} = 88\% (0.88)$$

ตารางที่ 7.1 การตรวจสอบประสิทธิภาพแสงสว่างภายในจากหุ้่นจำลองห้องเรียนขนาด 35 คน

| ระยะห่างจากช่องเปิด (เมตร) | ค่าความสว่างภายนอก (Lux) | ค่าความสว่างภายในคอนกรีตเป็นอุปกรณ์สะท้อนแสง (1) (Lux) | ค่าความสว่างภายในใช้แผ่นอลูมิเนียมสะท้อนแสง (1) (Lux) | ค่าความสว่างภายในใช้แผ่นอลูมิเนียมสะท้อนแสง (1) + (2) (Lux) |
|----------------------------|--------------------------|--|---|---|
| 1.00                       | 104,700                  | 5,179  | 6,455   | 7,308   |
| 2.00                       | 104,500                  | 3,449  | 4,075   | 5,076   |
| 3.00                       | 104,000                  | 2,782  | 3,413   | 3,768   |
| 4.00                       | 104,300                  | 2,382  | 2,936   | 3,282   |
| 5.00                       | 105,000                  | 2,651  | 3,050   | 3,515   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

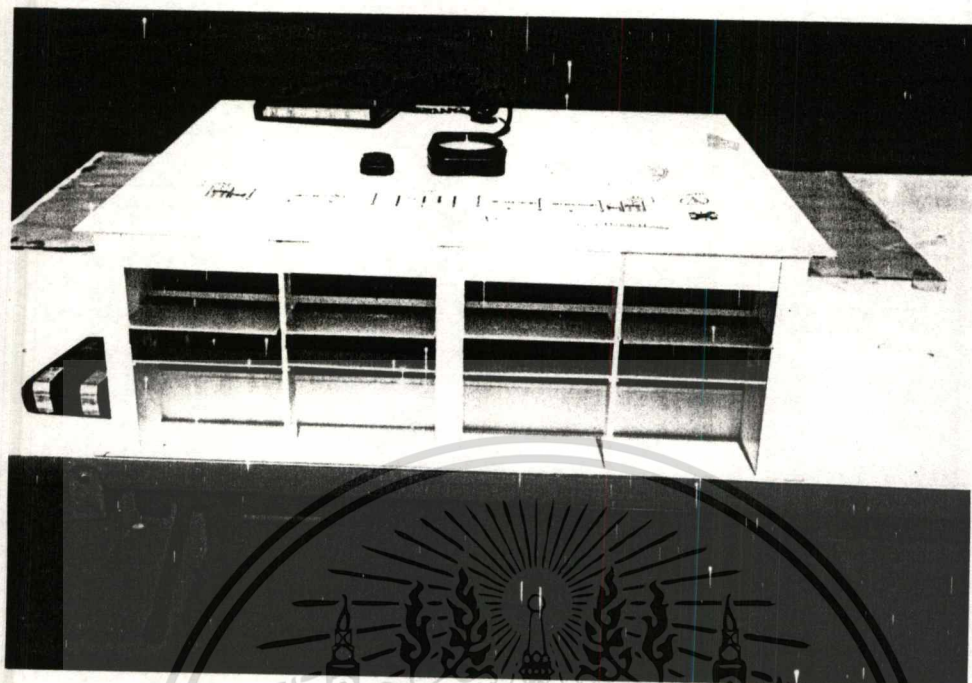


รูปที่ 7.18 การตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ใช้วัสดุคอนกรีต (1) เป็นตัวสะท้อนแสงสำหรับห้องเรียนขนาด 30 คน

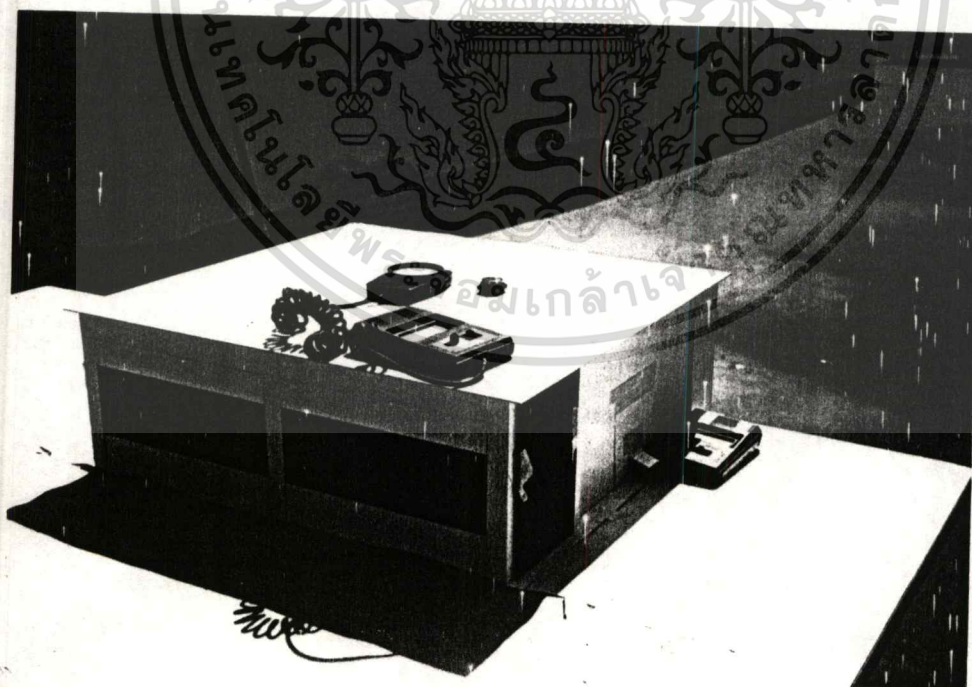


รูปที่ 7.19 การตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ใช้วัสดุลูมิเนียม (1) เป็นตัวสะท้อนแสงสำหรับห้องเรียนขนาด 30 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



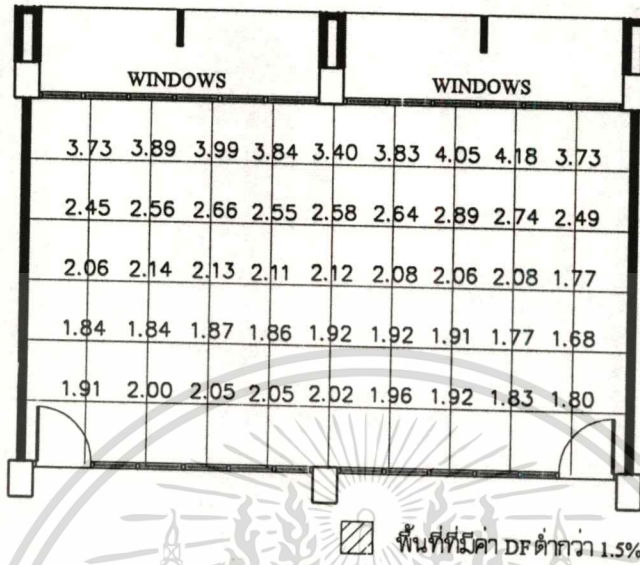
รูปที่ 7.20 การตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ใช้วัสดุลูมิเนียม (1) + (2) เป็นตัวสะท้อนแสง สำหรับห้องเรียนขนาด 30 คน



รูปที่ 7.21 ลักษณะของหุ่นจำลองด้านติด Corridor สำหรับห้องเรียน 30 คน

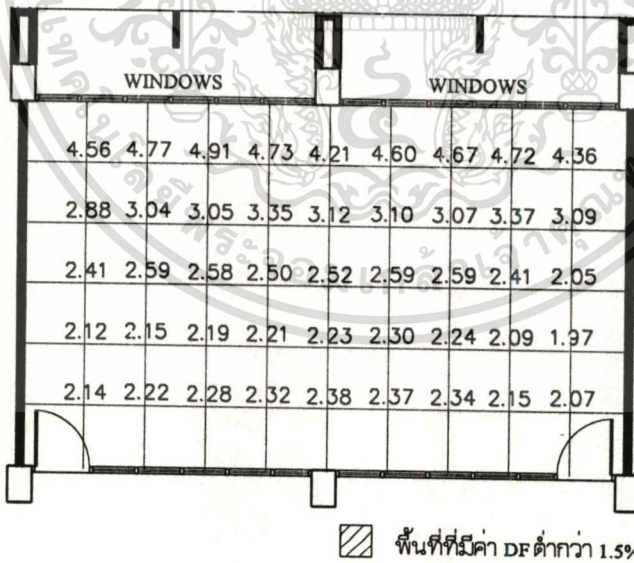
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบประสิทธิภาพการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ จากหุ่นจำลองห้องเรียน 30 คน  
วันที่ตรวจสอบ 8 มกราคม 2545 เวลา 11.30น. สภาพท้องฟ้าโปร่งแสงแดดจ้า



รูปที่ 7.22 แสดงค่า Daylight Factor ภายในห้องเรียนที่ใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงคอนกรีต(1)

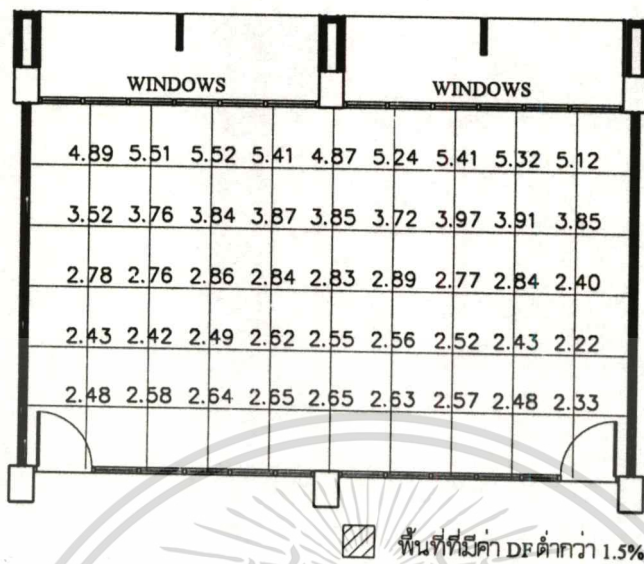
วันที่ตรวจสอบ 8 มกราคม 2545 เวลา 12.00น. สภาพท้องฟ้าโปร่งแสงแดดจ้า



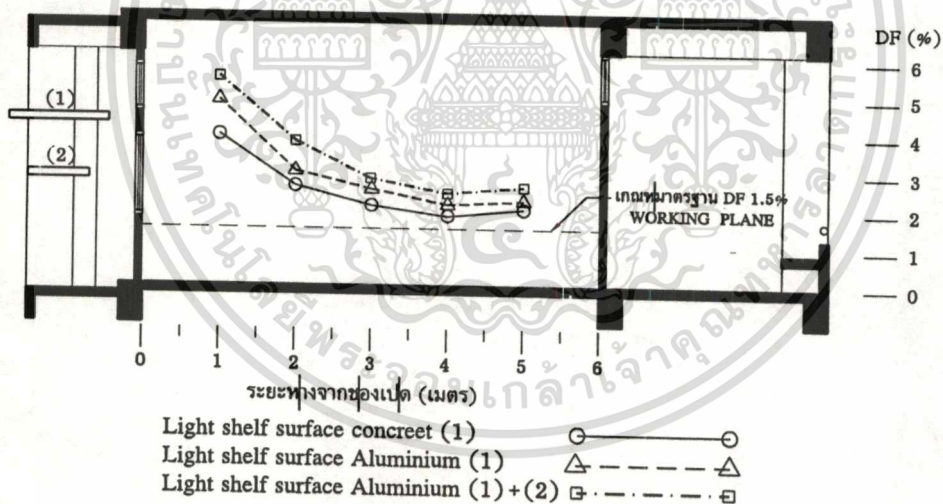
รูปที่ 7.23 แสดงค่า Daylight Factor ภายในห้องเรียนที่ใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงอลูมิเนียม(1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ตรวจสอบ 8 มกราคม 2545 เวลา 12.30น. สภาพท้องฟ้าโปร่งแสงแดดจ้า



รูปที่ 7.24 แสดงค่า Daylight Factor ภายในห้องเรียนที่ใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงอลูมิเนียม(1)+(2)



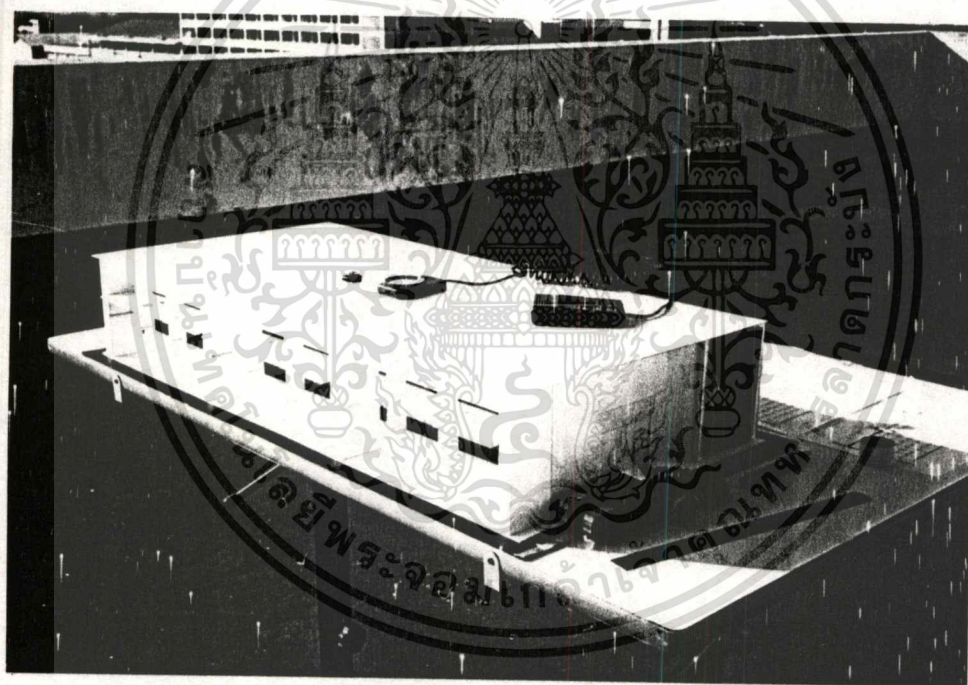
รูปที่ 7.25 แสดงการเปรียบเทียบค่า Daylight Factor ทั้งอุปกรณ์สะท้อนแสงทั้ง 3 กรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบประสิทธิภาพการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ จากหุ่นจำลองห้องเรียน 70 คน

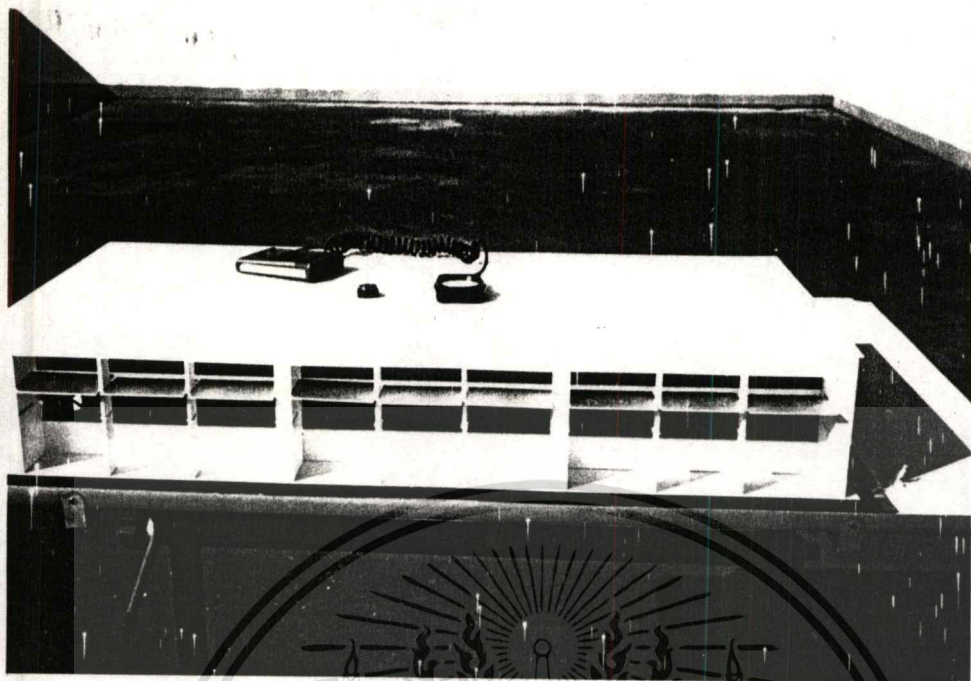
ตารางที่ 7.2 การตรวจสอบประสิทธิภาพแสงสว่างภายในจากหุ่นจำลองห้องเรียนขนาด 70 คน

| ระยะห่างจาก<br>ช่องเปิด<br>(เมตร) | ค่าความสว่างภายนอก<br>(Lux) | ค่าความสว่างภายใน<br>คอนกรีตเป็นอุปกรณ์<br>สะท้อนแสง (1)<br>(Lux) | ค่าความสว่างภายใน<br>ใช้แผ่นอลูมิเนียม<br>สะท้อนแสง (1)<br>(Lux) | ค่าความสว่างภายใน<br>ใช้แผ่นอลูมิเนียม<br>สะท้อนแสง (1)+(2)<br>(Lux) |
|-----------------------------------|-----------------------------|---|--|--|
| 1.00                              | 98,700                      | 4,527   | 4,334  | 6,162  |
| 2.00                              | 98,400                      | 3,229   | 3,259  | 4,920  |
| 3.00                              | 97,400                      | 2,700   | 2,679  | 3,680  |
| 4.00                              | 97,100                      | 2,465   | 2,486  | 3,396  |
| 5.00                              | 98,300                      | 2,585   | 2,623  | 3,751  |



รูปที่ 7.26 การตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ใช้วัสดุคอนกรีต (1) เป็นตัวสะท้อนแสงสำหรับห้องเรียนขนาด 70 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

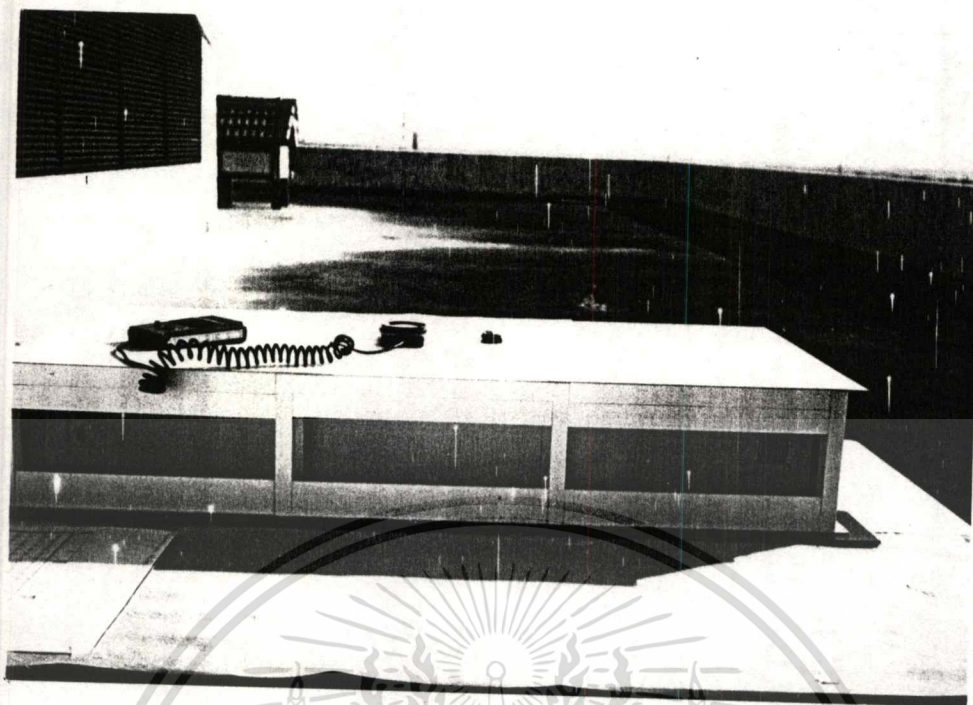


รูปที่ 7.27 การตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ใช้วัสดุอลูมิเนียม (1) เป็นตัวสะท้อนแสงสำหรับห้องเรียนขนาด 70 คน



รูปที่ 7.28 การตรวจสอบอุปกรณ์บังแดดที่ใช้วัสดุอลูมิเนียม (1)+(2) เป็นตัวสะท้อนแสงสำหรับเรียนขนาด 70 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.29 ลักษณะของหุ่นจำลองด้านติด Corridor สำหรับห้องเรียนขนาด 70 คน

วันที่ตรวจสอบ 9 มกราคม 2545 เวลา 10.30 น. สภาพท้องฟ้าโปร่งแสงแดดจ้า

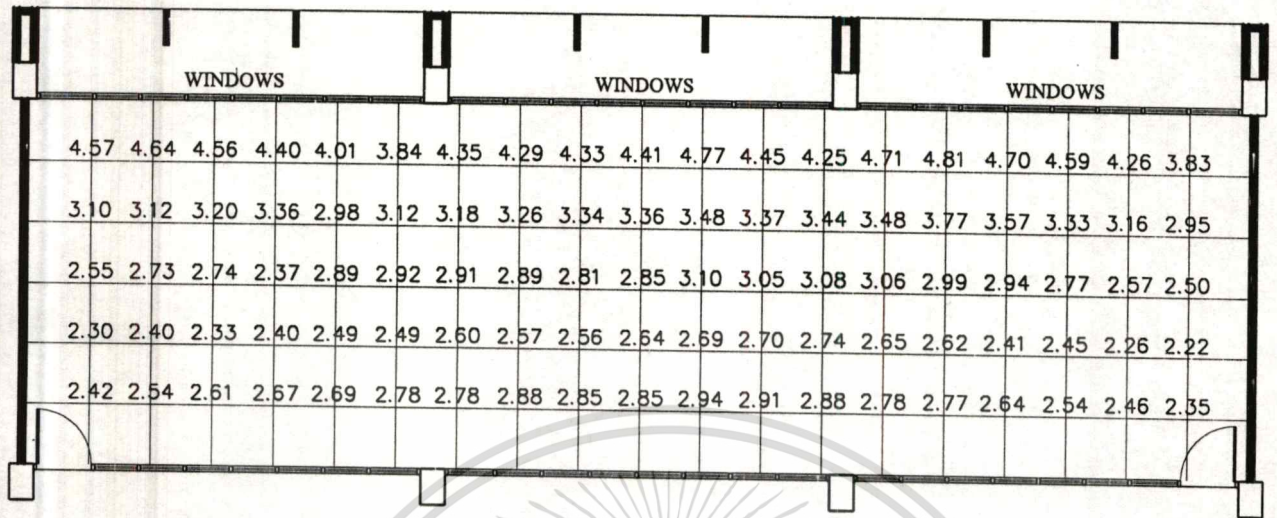
| WINDOWS |      |      | WINDOWS |      |      |      |      |      |      |      |      |      | WINDOWS |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|------|------|------|------|------|
| 3.56    | 3.44 | 3.56 | 3.75    | 3.54 | 3.45 | 3.42 | 3.70 | 3.49 | 3.88 | 3.85 | 3.87 | 3.49 | 3.59    | 3.76 | 3.78 | 3.70 | 3.53 | 3.15 |
| 2.52    | 2.54 | 2.67 | 2.70    | 2.76 | 2.59 | 2.64 | 2.69 | 2.68 | 2.83 | 2.80 | 2.75 | 2.73 | 2.66    | 2.77 | 2.72 | 2.71 | 2.49 | 2.24 |
| 2.05    | 2.12 | 2.10 | 2.15    | 2.22 | 2.22 | 2.20 | 2.21 | 2.21 | 2.33 | 2.39 | 2.33 | 2.25 | 2.22    | 2.20 | 2.20 | 2.12 | 2.07 | 1.91 |
| 1.84    | 1.88 | 1.89 | 1.96    | 1.96 | 1.94 | 1.94 | 2.01 | 2.04 | 2.21 | 2.23 | 2.15 | 2.16 | 2.13    | 2.05 | 2.06 | 2.06 | 1.94 | 1.85 |
| 1.88    | 2.06 | 2.07 | 2.12    | 2.13 | 2.10 | 2.12 | 2.17 | 2.17 | 2.28 | 2.28 | 2.16 | 2.14 | 2.12    | 2.06 | 2.07 | 1.99 | 1.84 | 1.85 |

พื้นที่ที่มีค่า DF ต่ำกว่า 1.5%

รูปที่ 7.30 แสดงค่า Daylight Factor ภายในห้องเรียนที่ใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงคอนกรีต(1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

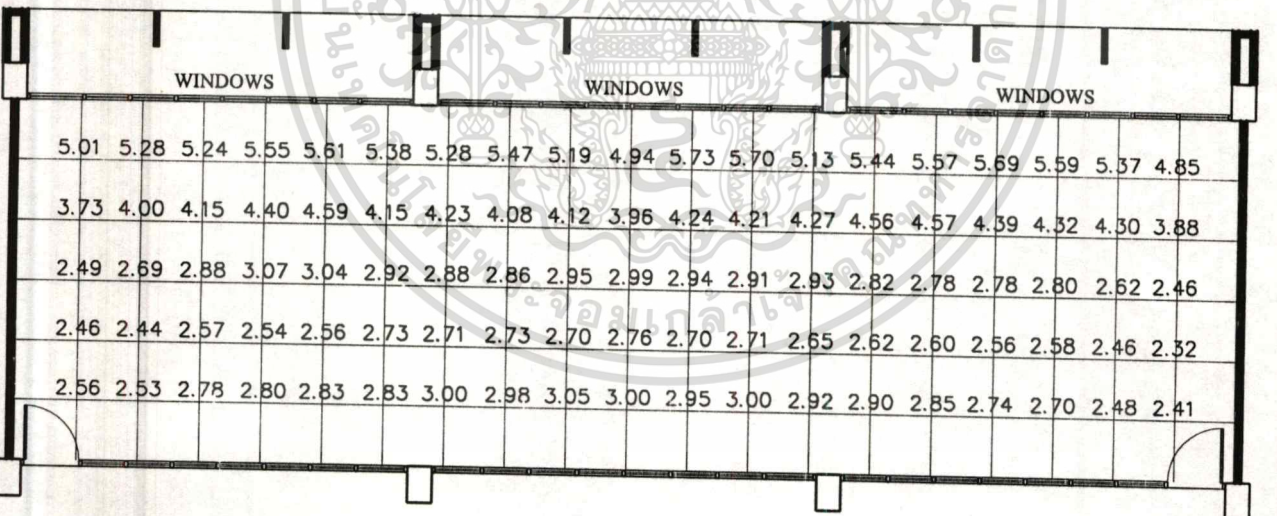
วันที่ตรวจสอบ 9 มกราคม 2545 เวลา 11.00 น. สภาพท้องฟ้าโปร่งแสงแดดจ้า



พื้นที่ที่มีค่า DF ต่ำกว่า 1.5%

รูปที่ 7.31 แสดงค่า Daylight Factor ภายในห้องเรียนที่ใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงอลูมิเนียม(1)

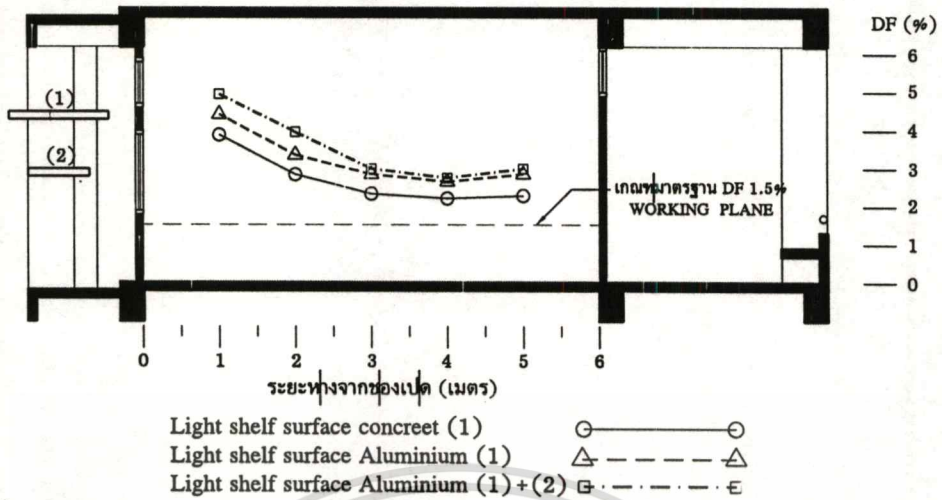
วันที่ตรวจสอบ 9 มกราคม 2545 เวลา 12.00 น. สภาพท้องฟ้าโปร่งแสงแดดจ้า



พื้นที่ที่มีค่า DF ต่ำกว่า 1.5%

รูปที่ 7.32 แสดงค่า Daylight Factor ภายในห้องเรียนที่ใช้อุปกรณ์สะท้อนแสงอลูมิเนียม(1)+(2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.33 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ทั้งอุปกรณ์สะท้อนแสงทั้ง 3 กรณี

จากการตรวจสอบค่า Daylight Factor จากอุปกรณ์สะท้อนแสงทั้ง 3 กรณี จากห้องเรียน ขนาด 30 คน และ 70 คน พบว่าทั้ง 3 กรณีมีค่าความส่องสว่างที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยอุปกรณ์ สะท้อนแสงที่ใช้วัสดุอลูมิเนียมที่ติดตั้งทั้งด้านบนและด้านล่าง จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแสง สว่างภายในได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่ อุปกรณ์สะท้อนแสงอลูมิเนียมที่ติดตั้งเฉพาะด้านบนเพียงตัว เดียวแต่มีค่าที่ใกล้เคียงกับการติดตั้งแบบแรก และอุปกรณ์สะท้อนแสงที่เป็นคอนกรีตตามลำดับ ดังนั้นในการนำเสนอวัสดุอุปกรณ์สะท้อนแสงที่ใช้ในการวิจัยนี้ จะเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์สะท้อน แสงอลูมิเนียมที่ติดตั้งด้านบนเพียงอย่างเดียว แต่เนื่องจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ทำการตรวจสอบ ค่าส่องสว่างเพียงช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น โดยการตรวจสอบแสงสว่างภายนอกในขณะนั้นมี ปริมาณแสงสว่างภายนอกอยู่ที่ 90,000-105,00 Lux คิดเป็นสัดส่วนอยู่ที่ 3.6% ของตลอดทั้งปี ซึ่ง สภาพท้องฟ้าส่วนใหญ่อยู่ในช่วงท้องฟ้าโปร่งและมีแสงแดดจ้า แต่เนื่องจากสภาพท้องฟ้าของ ประเทศไทยส่วนใหญ่มีเมฆมาก เมื่อตรวจสอบค่าความถี่ของแสงสว่างภายนอกในแนวราบของ กรุงเทพฯช่วงปี 1999-2000 (ตารางที่ 4.11) พบว่ามีปริมาณแสงสว่างภายนอกอยู่ในช่วง 30,000- 60,000 Lux คิดเป็นสัดส่วนอยู่ที่ 58% ของตลอดทั้งปี จึงต้องทำการเปรียบเทียบสัดส่วนของแสง สว่างภายนอกที่ลดลง โดยกำหนดให้สภาพแวดล้อมต่างๆมีลักษณะที่เหมือนกัน

### 1. เปรียบเทียบสัดส่วนแสงสว่างภายนอกสำหรับห้องเรียน ขนาด 30 คน

ค่าความสว่างภายในระยะ 1.00 เมตร / ค่าความสว่างภายนอก x 100

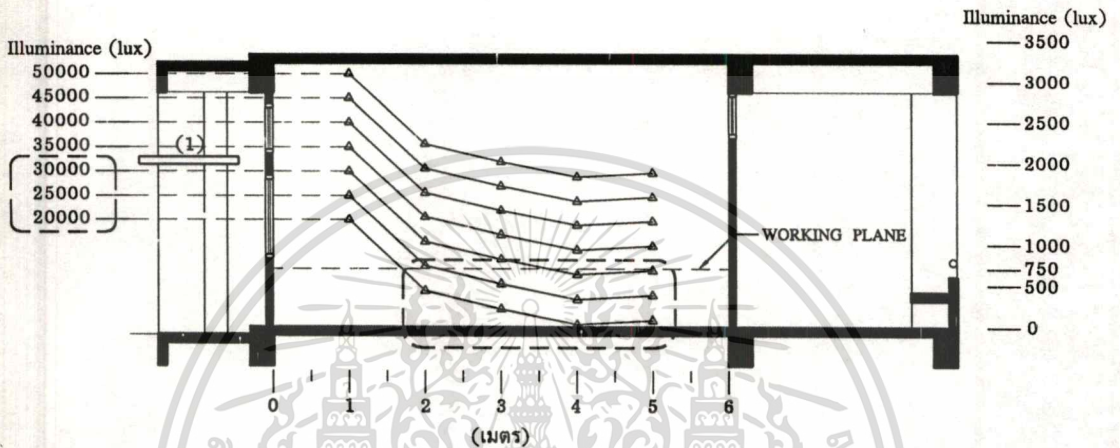
ระยะห่าง 1.00 เมตร จากช่องเปิด =  $6,455 / 104,000 \times 100 = 6.2 \%$

ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า 30,000 Lux คิด 6.2% = 1,860 Lux

ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า 35,000 Lux คิด 6.2% = 2,170 Lux

ไม่ว่าการณ์ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|                              |            |           |             |
|------------------------------|------------|-----------|-------------|
| ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า | 40,000 Lux | คิด 6.2 % | = 2,480 Lux |
| ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า | 45,000 Lux | คิด 6.2 % | = 2,790 Lux |
| ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า | 50,000 Lux | คิด 6.2 % | = 3,100 Lux |
| ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า | 55,000 Lux | คิด 6.2 % | = 3,410 Lux |
| ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า | 60,000 Lux | คิด 6.2 % | = 3,720 Lux |

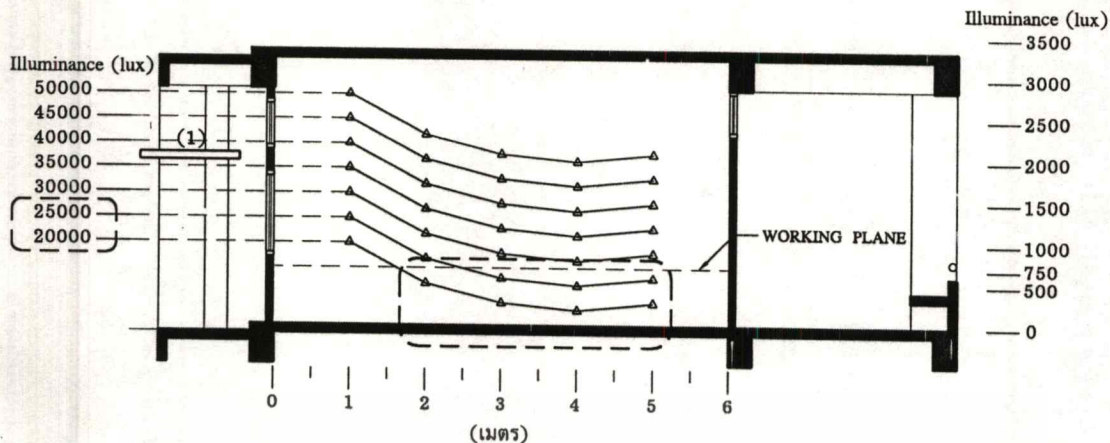


รูปที่ 7.34 การเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างภายในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่าลดลงสำหรับห้องเรียน 30 คน

## 2. เปรียบเทียบสัดส่วนแสงสว่างภายนอกสำหรับห้องเรียน ขนาด 70 คน

ค่าความสว่างภายในระยะ 1.00 เมตร / ค่าความสว่างภายนอก x 100

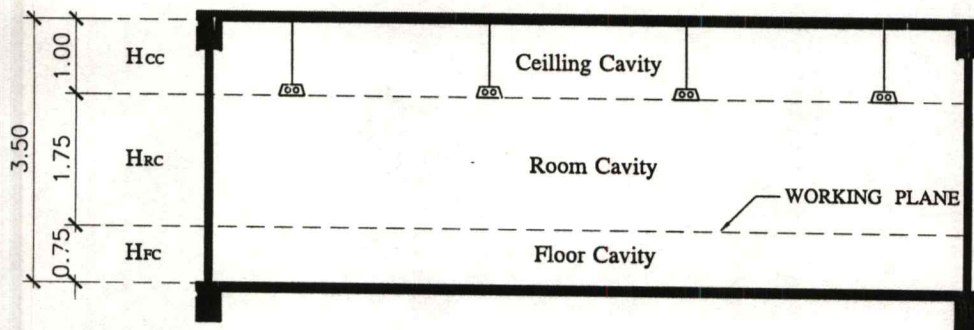
|                                |            |                               |             |
|--------------------------------|------------|-------------------------------|-------------|
| ระยะห่าง 1.00 เมตร จากช่องเปิด |            | = $4,334 / 77,700 \times 100$ | = 5.57 %    |
| ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า   | 30,000 Lux | คิด 5.57 %                    | = 1,671 Lux |
| ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า   | 35,000 Lux | คิด 5.57 %                    | = 1,949 Lux |
| ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า   | 40,000 Lux | คิด 5.57 %                    | = 2,228 Lux |
| ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า   | 45,000 Lux | คิด 5.57 %                    | = 2,506 Lux |
| ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า   | 50,000 Lux | คิด 5.57 %                    | = 2,785 Lux |
| ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า   | 55,000 Lux | คิด 5.57 %                    | = 3,063 Lux |
| ในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่า   | 60,000 Lux | คิด 5.57 %                    | = 3,342 Lux |



รูปที่ 7.35 การเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างภายในกรณีที่แสงสว่างภายนอกมีค่าลดลงสำหรับห้องเรียน 70 คน

จากการเปรียบเทียบปริมาณแสงสว่างภายนอกที่มีการเปลี่ยนแปลง ทำให้สามารถประเมินค่าความส่องสว่างภายในห้องเรียนคอมพิวเตอร์ได้ โดยสภาพของการส่องสว่างภายในทั้ง 2 ขนาดคือ ห้องขนาด 30 ที่นั่งและห้อง 70 ที่นั่ง จะมีความใกล้เคียงกัน กล่าวคือเมื่อสภาพแสงสว่างภายนอกลดลงเหลือ 30,000 Lux จะทำให้บริเวณตั้งแต่ระยะ 3 – 5 เมตรจากระยะช่องเปิดจะมีค่าความส่องสว่างที่ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ซึ่งมีลักษณะที่จะเกิดขึ้นได้เสมอ เช่น ห้องฟ้ามืดครึ้มในช่วงฤดูฝน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่างภายในเพิ่มขึ้นในบริเวณดังกล่าว โดยอาศัยแสงประดิษฐ์ช่วยเสริม ในการออกแบบแสงสว่างจากแสงประดิษฐ์ใช้วิธี Lumen Method (Zonal Cavity) ดังนี้

**Zonal Cavity Method**



รูปที่ 7.36 การแบ่งห้องออกเป็นส่วนๆตามวิธี Zonal Cavity Method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. ขนาดห้องเรียน 30 คน

|   |   |      |       |
|---|---|------|-------|
| ขนาดห้องเรียน 6.00 x 10.00 x 3.50 เมตร      | = | 60   | ตร.ม. |
| ระดับความสูงของพื้นงาน                      | = | 0.75 | เมตร  |
| ค่าการสะท้อนแสงของเพดาน (P <sub>cc</sub> )  | = | 80%  |       |
| ค่าการสะท้อนแสงของตัวห้อง (P <sub>w</sub> ) | = | 50%  |       |
| ค่าการสะท้อนแสงของพื้น (P <sub>fc</sub> )   | = | 30%  |       |
| ส่วนโพรงเพดาน (H <sub>cc</sub> )            | = | 0.80 | เมตร  |
| ส่วนตัวห้อง (H <sub>rc</sub> )              | = | 1.75 | เมตร  |
| ส่วนใต้พื้นงาน (H <sub>fc</sub> )           | = | 0.75 | เมตร  |

## 1. อัตราส่วนโพรง

1.1 อัตราส่วนโพรงเพดาน

$$CCR = \frac{5 H_{cc} (W+L)}{W \times L}$$

$$= \frac{5 \times 1.00 (6+10)}{6 \times 10} = 1.33$$

1.2 อัตราส่วนตัวห้อง

$$RCR = \frac{5 H_{rc} (W+L)}{W \times L}$$

$$= \frac{5 \times 1.75 (6+10)}{6 \times 10} = 2.33$$

1.3 อัตราส่วนใต้พื้นงาน

$$FCR = \frac{5 H_{fc} (W+L)}{W \times L}$$

$$= \frac{5 \times 0.75 (6+10)}{6 \times 10} = 1.00$$

## 2. ประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของโพรง (Effective Cavity Reflectance)

### 2.1 ประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของโพรงเพดาน

โดยที่ CCR = 1.33 , P<sub>c</sub> = 80% , P<sub>w</sub> = 50%

ดังนั้นค่า P<sub>cc</sub> จึงมีค่า = 62.7% (จากตารางภาคผนวก ก.)

### 2.2 ประสิทธิภาพการสะท้อนแสงใต้พื้นงาน

โดยที่ FCR = 1.00 , P<sub>f</sub> = 30% , P<sub>w</sub> = 50%

ดังนั้นค่า P<sub>fc</sub> จึงมีค่า = 27% (จากตารางภาคผนวก ก.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. สัมประสิทธิ์ของการใช้ประโยชน์ (CU)

โดยที่  $RCR = 2.33$  ,  $P_{cc} = 62.7\%$  ,  $P_w = 50\%$

ดังนั้น CU จึงมีค่า = 0.61 (จากตารางภาคผนวก ก.)

### 4. หาจำนวนหลอดไฟฟ้า

$$N = \frac{E \times A}{\text{lumen /หลอด} \times CU \times LLD}$$

โดยที่ E = ปริมาณแสงสว่างที่ต้องการ  
 A = พื้นที่ที่ต้องการแสงสว่าง (ตร.ม)  
 CU = สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์  
 LLD = ค่าเสื่อมของหลอดไฟฟ้า

แทนค่า

$$\begin{aligned} \text{ในที่นี้เลือกใช้หลอดไฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ lumen} &= 3,350 \\ &= \frac{750 \times 60}{2 \times 3,350 \times 0.61 \times 0.85} \\ &= 12 \text{ โคม} \\ &= 12 \times 2 = 24 \text{ หลอด} \end{aligned}$$

ชนิดหลอดที่ใช้หลอดไฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ + บัลลาสต์ 8.5 วัตต์  
 การใช้พลังงานต่อ 1 ดวงโคม = 44.5 วัตต์

### 2. ขนาดห้องเรียน 70 ที่นั่ง

|  |   |      |       |
|--|---|------|-------|
| ขนาดห้องเรียน 6.00 x 20.00 x 3.50 เมตร | = | 120  | ตร.ม. |
| ระดับความสูงของพื้นงาน                 | = | 0.75 | เมตร  |
| ค่าการสะท้อนแสงของเพดาน ( $P_{cc}$ )   | = | 80%  |       |
| ค่าการสะท้อนแสงของตัวห้อง ( $P_w$ )    | = | 50%  |       |
| ค่าการสะท้อนแสงของพื้น ( $P_{fc}$ )    | = | 30%  |       |
| ส่วนโพรงเพดาน ( $H_{cc}$ )             | = | 1.00 | เมตร  |
| ส่วนตัวห้อง ( $H_{rc}$ )               | = | 1.75 | เมตร  |
| ส่วนใต้พื้นงาน ( $H_{fc}$ )            | = | 0.75 | เมตร  |

## 1. อัตราส่วนโพรง

$$\begin{aligned}
 1.1 \text{ อัตราส่วนโพรงเพดาน} \quad \text{CCR} &= \frac{5 H_{cc} (W+L)}{W \times L} \\
 &= \frac{5 \times 1.00 (6+20)}{6 \times 20} = 1.08
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 1.2 \text{ อัตราส่วนตัวห้อง} \quad \text{RCR} &= \frac{5 H_{rc} (W+L)}{W \times L} \\
 &= \frac{5 \times 1.75 (6+20)}{6 \times 20} = 1.89
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 1.3 \text{ อัตราส่วนใต้พื้นงาน} \quad \text{FCR} &= \frac{5 H_{fc} (W+L)}{W \times L} \\
 &= \frac{5 \times 0.75 (6+20)}{6 \times 20} = 0.81
 \end{aligned}$$

## 2. ประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของโพรง (Effective Cavity Reflectance)

### 2.1 ประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของโพรงเพดาน

โดยที่  $\text{CCR} = 1.08$ ,  $P_c = 80\%$ ,  $P_w = 50\%$

ดังนั้นค่า  $P_{cc}$  จึงมีค่า = 67% (จากตารางภาคผนวก ก.)

### 2.2 ประสิทธิภาพการสะท้อนแสงใต้พื้นงาน

โดยที่  $\text{FCR} = 0.81$ ,  $P_f = 30\%$ ,  $P_w = 50\%$

ดังนั้นค่า  $P_{fc}$  จึงมีค่า = 28% (จากตารางภาคผนวก ก.)

## 3. สัมประสิทธิ์ของการใช้ประโยชน์ (CU)

โดยที่  $\text{RCR} = 1.89$ ,  $P_{cc} = 67\%$ ,  $P_w = 50\%$

ดังนั้นค่า CU จึงมีค่า = 0.65 (จากตารางภาคผนวก ก.)

## 4. หาจำนวนหลอดไฟฟ้า

$$N = \frac{E \times A}{\text{lumen /หลอด} \times \text{CU} \times \text{LLD}}$$

โดยที่

- E = ปริมาณแสงสว่างที่ต้องการ
- A = พื้นที่ที่ต้องการแสงสว่าง (ตร.ม)
- CU = สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์
- LLD = ค่าเสื่อมของหลอดไฟฟ้า

แทนค่า

$$\begin{aligned}
 & \text{ในที่นี้เลือกใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ มีค่า lumen} = 3,350 \\
 & = \frac{750 \times 120}{2 \times 3,350 \times 0.65 \times 0.85} \\
 & = 24 \text{ โคม} \\
 & = 24 \times 2 = 48 \text{ หลอด}
 \end{aligned}$$

## 7.5 การเลือกชนิดของดวงโคมและการจัดวางตำแหน่งของดวงโคม

เมื่อกล่าวถึงดวงโคม(Luminaries)จะหมายถึงตัวหลอดไฟ(Lamp) และโคมไฟ(Fixture) ในการเลือกชนิดของดวงโคมมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากดวงโคมมีหน้าที่ในการควบคุมลำแสงให้กระจายตกลงบนพื้นที่ที่เราต้องการ ตลอดจนชนิดของหลอดไฟก็ให้แสงที่มีความแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของการใช้งาน ในการเลือกใช้ดวงโคมและหลอดไฟมีแนวทางการพิจารณาดังต่อไปนี้

- ให้สีมีสภาพที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง
- ประสิทธิภาพของ ลูเมน ต่อวัตต์สูง
- ดูแลรักษาง่ายและอายุการใช้งานที่ยาวนาน
- ราคาไม่แพง

จากการพิจารณาจากแนวทางดังกล่าว ทำให้สามารถเลือกชนิดของหลอดไฟได้คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “หลอดคายประจุความดันต่ำ (Low Pressure Discharge Lamp)” ประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์มีประมาณ 75 ลูเมน / วัตต์

- ข้อดี
- ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง เพราะไม่ต้องสูญเสียไปกับพลังงานความร้อนมากนัก
  - สามารถทำให้เกิดอุณหภูมิสีในช่วงต่างๆ ได้ครบทุกสี
  - มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน เฉลี่ยประมาณ 8,000-10,000 ชั่วโมง
  - มีราคาระดับปานกลาง

ข้อเสีย

- ต้องใช้ร่วมกับบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ ทำให้มีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น
- มีขนาดใหญ่ ทำให้การขนส่งและการเก็บรักษาการติดตั้งต้องระมัดระวัง

### - โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

การเลือกใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงที่เหมาะสมกับงาน ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่จะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มาก โคมไฟฟ้าที่ได้มาตรฐานจะบอกค่าประสิทธิภาพของโคมเอาไว้(Luminaire Efficiency) จะบอกให้ทราบว่าโคมดังกล่าวจะให้แสงออกมาจากโคมเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของแสงที่

ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปล่งออกมาจากหลอด โคมที่มีค่า Luminaire Efficiency สูง คือโคมที่มีประสิทธิภาพดีและประหยัดพลังงานได้มากโดยในที่นี้เลือกใช้โคมไฟดังนี้

- โคมชนิดที่ใช้แผ่นลูมินิเียมชนิดเคลือบด้วย Silver และแผ่นลูมินิเียมชนิดที่เคลือบด้วยสาร Super Reflective Oxid-layer มีค่า Reflectance ประมาณ 92-95%

### การควบคุมดวงโคม

จากการออกแบบระบบแสงสว่างภายในห้องเรียนคอมพิวเตอร์ ซึ่งได้มีการผสมผสานระหว่างการให้แสงจากธรรมชาติ(Daylighting) และแสงประดิษฐ์(Artificiallight) ทำให้ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าลง แต่การควบคุมแสงให้มีระดับการใช้งานที่เหมาะสมอยู่ตลอดเวลา จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบระบบควบคุมดวงโคม ตามสภาพแวดล้อมภายนอกที่แปรเปลี่ยนไป แนวทางการออกแบบควบคุมระบบดวงโคมสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

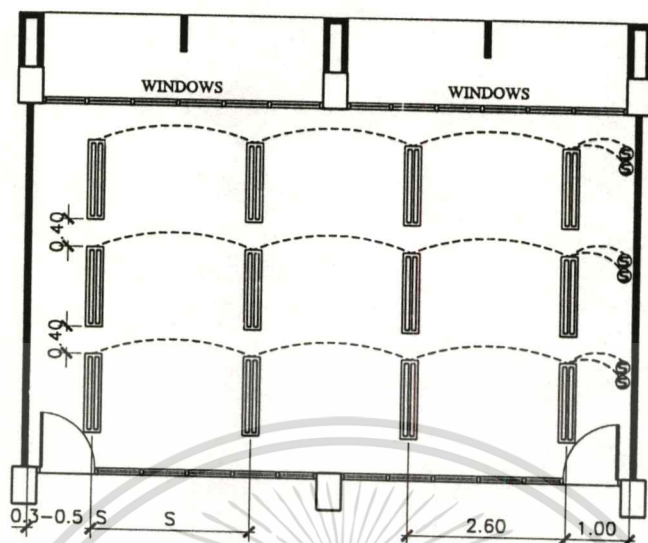
1. ระบบ Automatic Control เป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยการติดตั้งอุปกรณ์ Sensor ในตำแหน่งต่างที่ใช้งาน เมื่อสภาพแสงภายนอกลดลง อุปกรณ์ Sensor ก็จะส่งสัญญาณไปยังศูนย์ควบคุมให้เปิดดวงโคม ณ ตำแหน่งที่ประสิทธิภาพแสงไม่เพียงพอ โดยระบบ Automatic Control สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1.1 Brightness Sensor เป็นอุปกรณ์ตรวจวัดความส่องสว่างภายในห้องที่เกิดจากแสงธรรมชาติ เช่น เมื่อในห้องมีแสงสว่างมาก Brightness Sensor จะส่งสัญญาณให้ Dimmer ทำการหรี่ไฟจากหลอดไฟ เพื่อให้ได้แสงธรรมชาติผสมผสานกับแสงจากหลอดไฟฟ้าตามความต้องการ

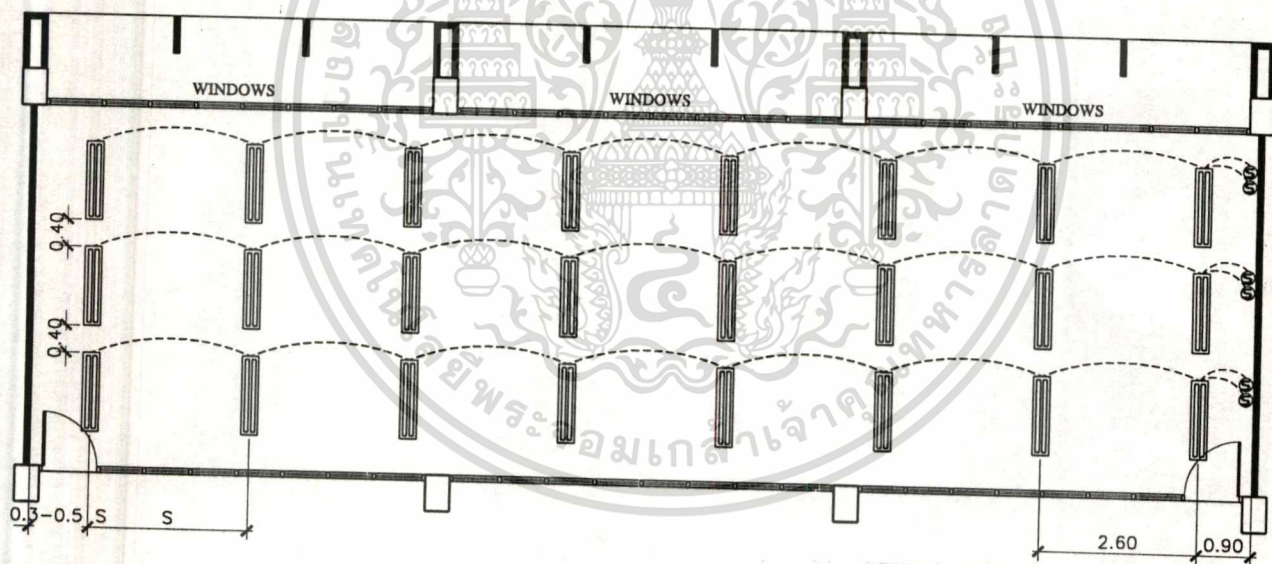
1.2 Occupancy Sensor เป็นการใช้ระบบคลื่นคือ Ultrasonic Microwave หรือ บางชนิดอาจใช้ Infrared โดยสามารถเปิดไฟเมื่อมีคนเข้ามาใช้งานและปิดไฟในกรณีที่ไม่มีคนใช้งานอยู่ภายในห้อง และหรี่ไฟในห้องให้มีความสว่างน้อยเวลามีกิจกรรมน้อย และปรับความสว่างให้มากขึ้นเวลามีกิจกรรมภายในห้องมาก

2. ระบบ Manual Control เป็นระบบการควบคุมที่ใช้คนเป็นหลักทำการปิด-เปิดอุปกรณ์ ทำให้อุปกรณ์ต่างๆไม่มีความซับซ้อนมากนัก

จากการศึกษาทั้ง 2 ระบบดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ระบบที่ควบคุมแบบ Manual Control จะมีความสะดวกในการใช้งานซึ่งไม่ค่อยยุ่งยากมากนัก และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ที่ต้องทำการติดตั้ง ระบบแบบ Manual Control จะมีราคาที่ประหยัดกว่า



รูปที่ 7.37 การจัดระบบควบคุมดวงโคมห้องเรียนคอมพิวเตอร์ ขนาด 30 คน



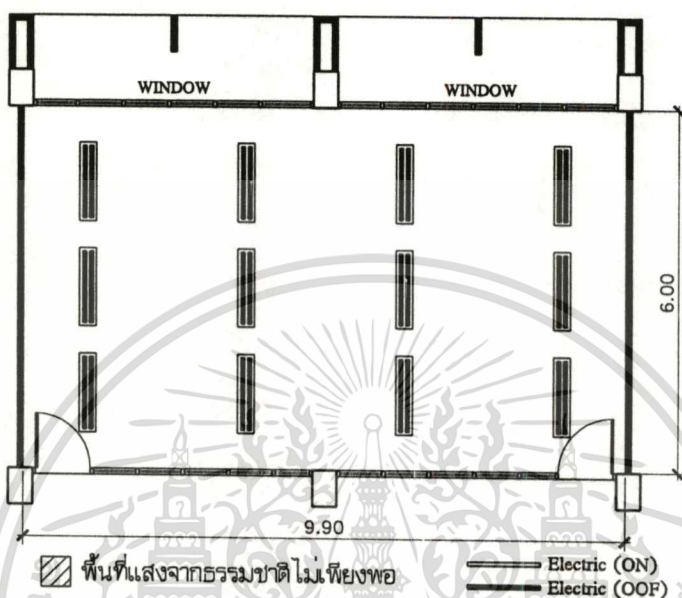
รูปที่ 7.38 การจัดระบบควบคุมดวงโคมของห้องเรียนคอมพิวเตอร์ขนาด 70 คน

จากการจัดระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งห้องขนาด 30 คน และ 70 คน จะแบ่งระบบควบคุมวงจรการปิด-เปิดออกเป็นแถว ซึ่งจะมีสวิทช์ควบคุมวงจรตามแถว โดย 1 ดวงโคมจะมีหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ กับบัลลาสต์ 8.5 วัตต์ โดยการเปิด-ปิดวงจรเมื่อใช้ควบคุมระหว่างแสงจากธรรมชาติและแสงประดิษฐ์แล้วสามารถแบ่งออกเป็นระบบได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. ห้องเรียนคอมพิวเตอร์ขนาด 30 คน

ระบบที่ 1 เป็นช่วงที่สภาพแสงสว่างภายนอกมีค่าตั้งแต่ 35,000 Lux ขึ้นไป ซึ่งสภาพท้องฟ้าในลักษณะนี้จะมีเมฆระดับปานกลางจนถึงมีเมฆน้อย คิดเป็นสัดส่วน 70% ของตลอดทั้งปี ทำให้สภาพแสงสว่างภายในห้องมีค่าที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จึงไม่จำเป็นต้องเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 7.39 การเปิด-ปิดระบบไฟฟ้าระบบที่ 1

ระบบที่ 2 เป็นช่วงที่สภาพท้องฟ้าภายนอกมีเมฆมาก หรือมีเมฆสลับๆ ทำให้ปริมาณแสงสว่างมีค่าลดลง โดยแสงสว่างภายนอกมีค่าต่ำกว่าตั้งแต่ 30,000 Lux คิดเป็นสัดส่วน 19% ของตลอดทั้งปี ทำให้แสงสว่างภายในห้องมีค่าที่ลดลงตามไปด้วย โดยระยะตั้งแต่ 3.50 เมตรจากระยะห่างช่องเปิดจะมีปริมาณแสงสว่างที่ต่ำกว่าระดับมาตรฐานจึงจำเป็นต้องอาศัยแสงประดิษฐ์เข้าช่วย

$$\text{พื้นที่ที่ต้องใช้แสงประดิษฐ์เสริม (2.50 x 9.90)} = 24.75 \text{ ตร.ม.}$$

$$\text{ระดับปริมาณแสงสว่างที่ใช้เสริม} = 750 \text{ Lux}$$

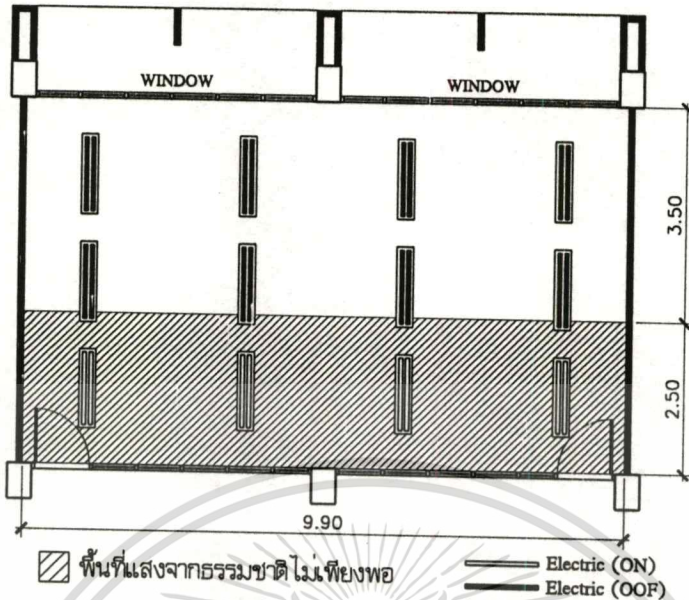
$$= 750 \times 24.75 = 18,562 \text{ Lumen}$$

$$\text{ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์} = 3,350 \text{ Lumen}$$

$$\text{จำนวนหลอดไฟที่จะต้องเปิด} = 18,562 / 3,350 = 5.54$$

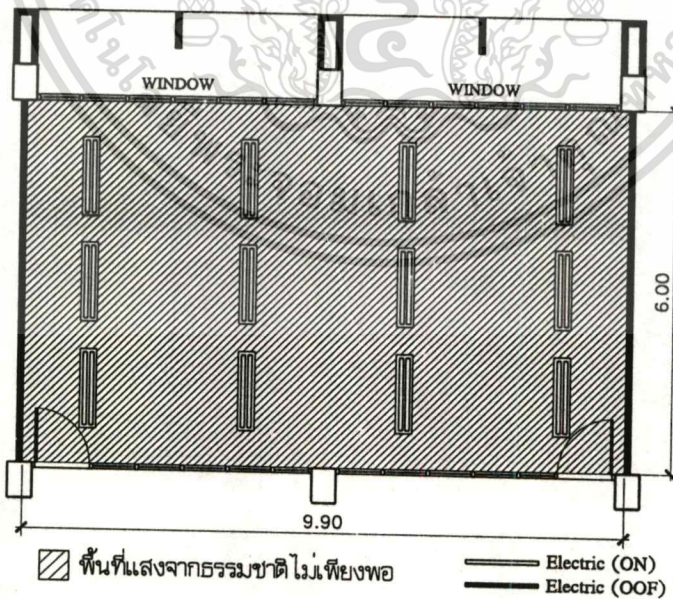
$$= 6 \text{ หลอด}$$

$$\text{ระบบควบคุมเปิดเป็นแถว (6 หลอด + 2 หลอด)} = 8 \text{ หลอด}$$



รูปที่ 7.40 การปิด-เปิดไฟฟ้าระบบที่ 2

ระบบที่ 3 เป็นช่วงที่สภาพท้องฟ้าภายนอกไม่ปกคลุมครึ้ม และอาจมีเมฆฝนทำให้ระดับค่าแสงสว่างจากภายนอกมีค่าที่ต่ำกว่าตั้งแต่ 20,000 Lux ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 11% ของตลอดทั้งปี ทำให้ปริมาณแสงสว่างภายในทั่วทั้งห้องมีระดับต่ำกว่ามาตรฐาน ทำให้ต้องใช้แสงประดิษฐ์ช่วยเสริม โดยต้องเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งระบบ ใช้หลอดไฟจำนวนทั้งสิ้น 24 หลอด

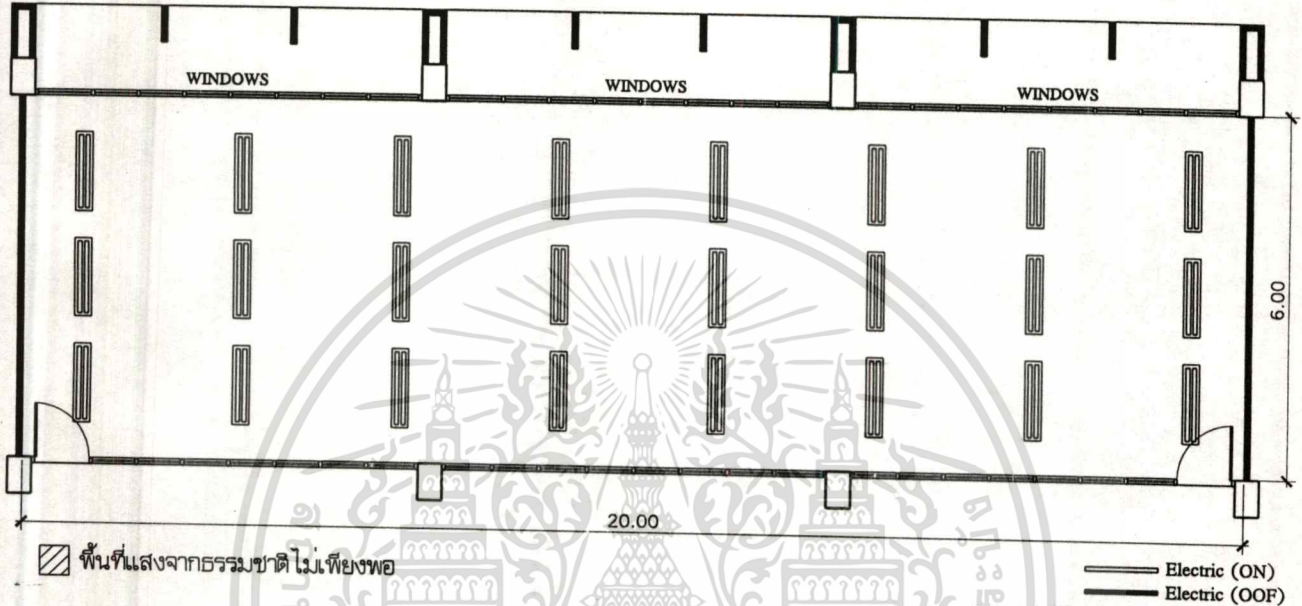


รูปที่ 7.41 ระบบการปิด-เปิดไฟฟ้าระบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ห้องเรียนคอมพิวเตอร์ขนาด 70 คน

ระบบที่ 1 เป็นช่วงที่สภาพแสงสว่างภายนอกมีค่าตั้งแต่ 30,000 Lux ขึ้นไป ซึ่งสภาพท้องฟ้าในลักษณะนี้จะมีเมฆระดับปานกลางจนถึงมีเมฆน้อย คิดเป็นสัดส่วน 75% ของตลอดทั้งปี ทำให้สภาพแสงสว่างภายในห้องมีค่าที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จึงไม่จำเป็นต้องเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า



### รูปที่ 7.42 การปิด-เปิดระบบไฟฟ้าระบบที่ 1

ระบบที่ 2 เป็นช่วงที่สภาพท้องฟ้าภายนอกมีเมฆมาก หรือมีเมฆสลับๆ ทำให้ปริมาณแสงสว่างมีค่าลดลง โดยแสงสว่างภายนอกมีค่าต่ำกว่าตั้งแต่ 25,000 Lux คิดเป็นสัดส่วน 14% ของตลอดทั้งปี ทำให้แสงสว่างภายในห้องมีค่าที่ลดลงตามไปด้วย โดยระยะตั้งแต่ 2.50 เมตรจากระยะห่างช่องเปิดจะมีปริมาณแสงสว่างที่ต่ำกว่าระดับมาตรฐานจึงจำเป็นต้องอาศัยแสงประดิษฐ์เข้ามาช่วย

พื้นที่ที่ต้องใช้แสงประดิษฐ์เสริม (3.50 x 20.00) = 70.00 ตร.ม.

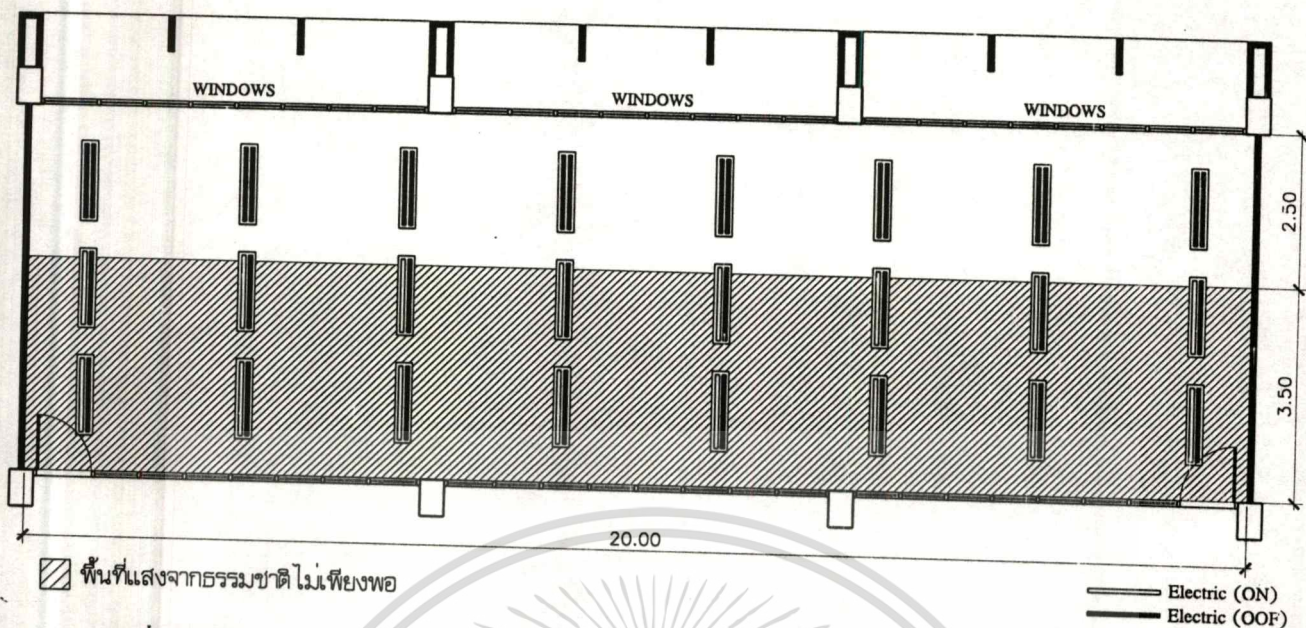
ระดับปริมาณแสงสว่างที่ใช้เสริม = 750 Lux

= 750 x 70.00 = 52,500 Lumen

ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ = 3,350 Lumen

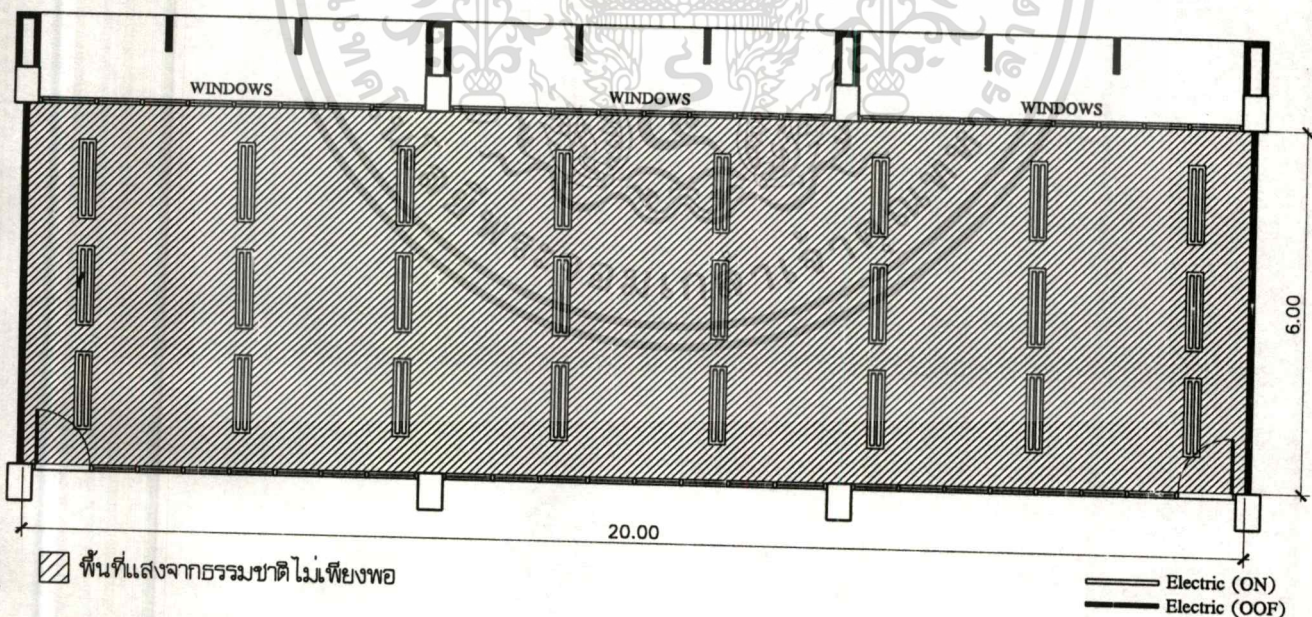
จำนวนหลอดไฟที่จะต้องเปิด = 52,500 / 3,350

= 16 หลอด



รูปที่ 7.43 การปิด-เปิดไฟฟ้าระบบที่ 2

ระบบที่ 3 เป็นช่วงที่สภาพท้องฟ้าภายนอกไม่ปกคลุมมืดครึ้ม และอาจมีเมฆฝนทำให้ระดับค่าแสงสว่างจากภายนอกมีค่าที่ต่ำกว่าตั้งแต่ 20,000 Lux ซึ่งคิดเป็นสัดส่วน 11% ของตลอดทั้งปี ทำให้ปริมาณแสงสว่างภายในทั่วทั้งห้องมีระดับต่ำกว่ามาตรฐาน ทำให้ต้องใช้แสงประดิษฐ์ช่วยเสริมโดยต้องเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งระบบ ใช้หลอดไฟจำนวนทั้งสิ้น 48 หลอด



รูปที่ 7.44 ระบบการปิด-เปิดไฟฟ้าระบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. การคิดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า

ในการคิดจำแนกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการวิจัยในครั้งนี้ จะคิดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉพาะจากพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในส่วนของห้องเรียนคอมพิวเตอร์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากเป็นสัดส่วนของการใช้กิจกรรมและการใช้พลังงานที่สูงกว่าห้องอื่นๆ ส่วนการใช้พลังงานในด้านอื่นๆ เช่น อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ เครื่องปรับอากาศ ไม่ได้นำมาคิดรวมด้วยเนื่องจากเป็นรายละเอียดที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม และในส่วนของห้องอื่นๆ เช่น ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ต่างๆ ห้องน้ำ ห้องเก็บของก็ไม่ได้นำมาคิดในส่วนของการใช้พลังงานด้วยเช่นกัน

การคิดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างของอาคาร จำแนกตามประเภทของกิจกรรมของการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งอาคารในการศึกษาวิจัยนี้จัดอยู่ในประเภทที่ 6 คือส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร (คิดอัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย = 1.93 บาท /kwh)

การคิดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้

|   |                  |
|---|------------------|
| 1. หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ , Ballast 8.5 วัตต์ | = 44.5 วัตต์     |
| 2. ระยะเวลาในการใช้งาน (9.00-17.00)               | = 8 ชม./วัน      |
|   | = 56 ชม./สัปดาห์ |
|   | = 224 ชม./เดือน  |
|   | = 2,688 ชม./ปี   |
| 3. อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย                          | = 1.93 บาท/kwh   |

#### 1. ห้องเรียนขนาด 30 คน

ระบบที่ 1 (ไม่ต้องเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า)

การใช้งานคิด 70% (2,688 ชม./ปี) = 1,881 ชม.

ระบบที่ 2 (เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า + แสงสว่างธรรมชาติ)

การใช้งานคิด 19% (2,688 ชม./ปี) = 510 ชม.

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (8 หลอด x 44.5 วัตต์ x 510 ชม.) = 181 kwh/ห้อง

ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย 1.93 บาท/kwh = 349.33 บาท/ปี/ห้อง

ห้องเรียน 30 คน มีจำนวน 4 ห้อง = 4 x 349.33

รวมค่าไฟฟ้า = **1,397.32 บาท/ปี**

ระบบที่ 3 (เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งระบบ)

การใช้งานคิด 11% (2,688 ชม./ปี) = 295 ชม.

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (24 หลอด x 44.5 วัตต์ x 295 ชม.) = 315 kwh/ห้อง

ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย 1.93 บาท/kwh = 607.95 บาท/ปี/ห้อง

ห้องเรียนขนาด 30 คน มีจำนวน 4 ห้อง = 4 x 607.95 บาท/ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{รวมค่าไฟฟ้า} &= 2,431.80 \text{ บาท/ปี} \\ \text{ไฟฟ้าทั้งหมด ระบบที่ 1 + ระบบที่ 2 + ระบบที่ 3} &= 3,829.12 \text{ บาท/ปี} \end{aligned}$$

## 2. ห้องเรียนขนาด 70 คน

### ระบบที่ 1 (ไม่ต้องเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า)

$$\text{การใช้งานคิด 75\% (2,688 ชม./ปี)} = 2,016 \text{ ชม.}$$

### ระบบที่ 2 (เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า + แสงสว่างธรรมชาติ)

$$\text{การใช้งานคิด 14\% (2,688 ชม./ปี)} = 376 \text{ ชม.}$$

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (16 หลอด x 44.5 วัตต์ x 376 ชม.)} = 267 \text{ kwh/ปี/ห้อง}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย 1.93 บาท/kwh} = 515.31 \text{ บาท/ปี/ห้อง}$$

$$\text{ห้องเรียน 70 คน มีจำนวน 6 ห้อง} = 6 \times 515.31$$

$$\text{รวมค่าไฟฟ้า} = 3,091.86 \text{ บาท/ปี}$$

### ระบบที่ 3 (เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งระบบ)

$$\text{การใช้งานคิด 11\% (2,688 ชม./ปี)} = 295 \text{ ชม.}$$

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (48 หลอด x 44.5 วัตต์ x 295 ชม.)} = 630 \text{ kwh/ห้อง}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย 1.93 บาท/kwh} = 1,215.90 \text{ บาท/ปี/ห้อง}$$

$$\text{ห้องเรียนขนาด 70 คน มีจำนวน 6 ห้อง} = 6 \times 1,215.90$$

$$\text{รวมค่าไฟฟ้า} = 7,295.40 \text{ บาท/ปี}$$

$$\text{ไฟฟ้าทั้งหมด ระบบที่ 1 + ระบบที่ 2 + ระบบที่ 3} = 10,387.26 \text{ บาท/ปี}$$

### อัตราค่าไฟฟ้าทั้งระบบ

$$\text{ห้องเรียนขนาด 30 คน + ห้องเรียนขนาด 70 คน} = 3,829.12 + 10,387.26$$

$$\text{รวมอัตราค่าไฟฟ้าทุกระบบ} = 14,216.38 \text{ บาท/ปี}$$

## เปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าในกรณีที่ไม่ใช้แสงธรรมชาติ

### 1. ห้องเรียนขนาด 30 คน

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้คิดแบบเต็มพิกัด (24 หลอด x 44.5 วัตต์ x 2,688 ชม.)} = 2,870 \text{ kwh/ปี/ห้อง}$$

$$\text{จำนวนห้องเรียน 4 ห้อง (4 x 2,870)} = 11,480 \text{ kwh/ปี}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย 1.93 บาท/kwh} = 22,156.40 \text{ บาท/ปี}$$

### 2. ห้องเรียนขนาด 70 คน

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้คิดแบบเต็มพิกัด (48 หลอด x 44.5 วัตต์ x 2,688 ชม.)} = 5,741 \text{ kwh/ปี/ห้อง}$$

$$\text{จำนวนห้องเรียน 6 ห้อง (6 x 5,741)} = 34,446 \text{ kwh/ปี}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย 1.93 บาท/kwh} = 66,480.78 \text{ บาท/ปี}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

|   |                    |
|---|--------------------|
| รวมค่าการใช้พลังงานของห้องเรียน 30 คน + ห้องเรียน 70 คน                               | = 88,637.18 บาท/ปี |
| เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานแบบที่ใช้แสงธรรมชาติกับแบบที่ใช้แสงประดิษฐ์เพียงอย่างเดียว |                    |
| ค่าการใช้พลังงานจากการใช้แสงธรรมชาติช่วยเสริม   | = 14,216.38 บาท    |
| ค่าการใช้พลังงานจากการใช้แสงประดิษฐ์เพียงอย่างเดียว                                   | = 88,637.18 บาท    |
| ผลต่างจากค่าการใช้พลังงาน   | = 74,420.80 บาท    |

### สรุปผลการตรวจสอบ

1. จากการตรวจสอบการออกแบบช่องเปิดที่หันช่องเปิดไปด้านทิศใต้ โดยมีอัตราส่วนที่ 50% ของพื้นที่ผนัง ของห้องเรียนที่มีขนาด 30 คนและ 70 คน จะทำให้ปริมาณแสงที่ส่องผ่านช่องเปิดเข้ามาภายในโดยเฉลี่ยมีปริมาณแสงสว่างที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดี
2. การออกแบบช่องเปิดให้แสงสว่างเข้าได้ 2 ทาง คือด้านทิศใต้มีอัตราส่วนที่ 50% และด้านทิศเหนือ 18% ของพื้นที่ผนัง จะช่วยให้พื้นที่ในส่วนที่อยู่ลึกจากช่องเปิด มีปริมาณแสงสว่างที่เพิ่มขึ้น
3. ขนาดสัดส่วนห้องเรียนด้านตรงข้ามช่องเปิดไม่ควรจะลึกมากนัก จากการทดสอบขนาดสัดส่วนห้องเรียนขนาด 35 คน ที่มีขนาด 6.00 x 10.00 เมตร สูง 3.60 และห้องเรียนขนาด 70 คน ที่มีขนาด 6.00 x 20.00 เมตร สูง 3.60 เมตร จะทำให้ปริมาณแสงสว่างภายในห้องจะกระจายได้อย่างทั่วถึงและอยู่ในเกณฑ์ที่ดี
4. อุปกรณ์บังแดดที่ใช้เป็นตัวป้องกันแสงและรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแสงสว่างภายใน ซึ่งขึ้นอยู่กับวัสดุและสีที่นำมาใช้ จากการทดสอบอุปกรณ์บังแดดที่ใช้วัสดุอูมิเนียมโดยติดตั้งทั้งด้านบน จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแสงสว่างภายในในบริเวณที่อยู่ลึกเข้าไป รองลงมาได้แก่อุปกรณ์สะท้อนแสงที่เป็นวัสดุคอนกรีตตามลำดับ
5. สภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนที่เลือกใช้วัสดุและสี เป็นส่วนสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแสงสว่างภายใน จากการทดสอบโดยเลือกสี ผนังสีเทาอ่อนที่มีค่าการสะท้อนแสง 30% ผนังสีครีมอ่อน 50% และฝ้าเพดานสีขาว 80% ทำให้แสงสว่างภายในอยู่ในเกณฑ์ที่ดี
6. จากการออกแบบช่องเปิดโดยใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ ควบคู่กับการใช้แสงประดิษฐ์ ซึ่งแบ่งการเปิด-ปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าตามระบบที่ได้ออกแบบ จะช่วยให้สามารถประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของแสงประดิษฐ์ลง โดยคิดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบไม่ใช้แสงธรรมชาติ ต้องเสียค่าไฟฟ้า 106,033.25 บาท/ปี ส่วนในกรณีของการใช้แสงธรรมชาติผสมกับแสงประดิษฐ์ ค่าการใช้พลังงาน 19,174.02 บาท/ปี ซึ่งสามารถประหยัดค่าการใช้พลังงานในส่วนนี้ลงได้

## บทที่ 8

# บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษารูปแบบและขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมจากการใช้แสงธรรมชาติ ทำให้ทราบว่ามีสภาพปัจจัยต่างๆทั้งจากสภาพแวดล้อมภายในและสภาพแวดล้อมภายนอก มีอิทธิพลต่อการออกแบบช่องเปิดของห้องเรียนคอมพิวเตอร์ ดังนั้นในการออกแบบและแก้ไขปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นจึงสามารถสรุปเป็นแนวทางได้ดังนี้

### 8.1 การใช้แสงธรรมชาติ

#### 1. รูปแบบช่องเปิดและขนาดที่เหมาะสมของช่องเปิด

- รูปแบบช่องเปิดที่เหมาะสมต่อการใช้แสงธรรมชาติ เป็นรูปแบบช่องเปิดที่มีลักษณะยาวต่อเนื่องกันตามความยาวของห้อง ทำให้การกระจายของแสงมีความสม่ำเสมอ ในกรณีที่แบ่งช่องเปิดออกเป็นช่วงๆระยะห่างของช่องเปิดที่เป็นผนังทึบไม่ควรเกิน 1.50 เมตร จะทำให้การกระจายของแสงไม่สม่ำเสมอต่อการใช้งาน และเกิดความแปรปรวนต่างกัน
- ขนาดของช่องเปิดไม่ควรอยู่ต่ำกว่าระดับของการใช้งาน (Working plane) จากการออกแบบช่องเปิดของห้องเรียนคอมพิวเตอร์ ที่มีระดับของการใช้งานที่ 0.76 เมตร ช่องเปิดอยู่สูงจากระดับพื้น 0.85 เมตร ขนาดบานเลื่อน 1.20 เมตร และช่องแสงติดตาย 0.70 เมตร ช่องเปิดมีความยาวต่อเนื่องกันตามความยาวของห้อง จะทำให้การกระจายแสงมีความสม่ำเสมอ
- รูปแบบช่องเปิดที่มีลักษณะสูง จะทำให้แสงสว่างสามารถส่องเข้ามาได้ลึกกว่าช่องเปิดที่มีลักษณะต่ำ
- สัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดไม่ควรมากกว่า 70% ของพื้นที่ผนัง เนื่องจากจะมีปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของช่องเปิด โดยที่ปริมาณแสงที่ได้รับมีปริมาณที่ใกล้เคียงกันกับพื้นที่ช่องเปิดช่องเปิด 50%-60% โดยที่ขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมต่อการใช้แสงธรรมชาติ และไม่เพิ่มภาระความร้อนให้กับห้องจะมีสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดอยู่ที่ 50% ของพื้นที่ผนัง
- จากการออกแบบช่องเปิดให้แสงสามารถส่องเข้ามาภายในห้องได้ 2 ทิศทาง โดยมีพื้นที่ช่องเปิดด้านทิศใต้ 50% และพื้นที่ช่องเปิดด้านทิศ Corridor 18% จะทำให้ปริมาณแสงสว่างภายในเพิ่มขึ้นกว่าช่องเปิดที่มีเพียงทิศทางเดียว โดยทำให้พื้นที่บริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปจากช่องเปิดด้านทิศใต้จากระยะห่างช่องเปิด 3.50 เมตร มีปริมาณแสงสว่างที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ทิศทางของช่องเปิด

- การจัดวางทิศทางของช่องเปิด ควรหลีกเลี่ยงทิศทางของช่องเปิดที่หันไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก เนื่องจากจะทำให้ได้รับแสงและรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ โดยทิศที่เหมาะสมคือทิศเหนือและทิศใต้

## 3. ขนาดสัดส่วนของห้องเรียน

- ขนาดสัดส่วนของห้องเรียนคอมพิวเตอร์ จากการใช้แสงธรรมชาติที่เหมาะสมคือ ห้องเรียนขนาด 30 คน 6.00 x 10.00 x 3.60 เมตร และขนาดห้องเรียน 70 คน 6.00 x 20.00 x 3.60 เมตร ขนาดของห้องเรียนมีความลึกไม่มากทำให้ปริมาณแสงที่เพียงพอต่อระดับการใช้งาน มีระดับการกระจายของแสงเกือบทั่วทั้งห้อง

## 4. สภาพแวดล้อมภายใน

- การออกแบบสภาพแวดล้อมภายในของห้องเรียนที่มีค่าการสะท้อนแสงที่เหมาะสมและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด จากการออกแบบโดยเลือกใช้ฝ้าเพดานสีขาวมีค่าการสะท้อนแสง 80% ผนังสีครีมอ่อนค่าการสะท้อนแสง 50% และพื้นสีเทาอ่อนมีค่าการสะท้อนแสง 30% ทำให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแสงสว่าง

## 5. อุปกรณ์บังแดด

- การออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้กับช่องเปิด อุปกรณ์บังแดดยังสามารถใช้เป็นอุปกรณ์สะท้อนแสง (Light shelve) ในขณะเดียวกัน จากการออกแบบโดยเลือกใช้วัสดุอลูมิเนียมพับขึ้นรูปเป็นวัสดุพื้นผิว จะช่วยเพิ่มปริมาณของแสงสว่างมากขึ้นเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่นๆ เช่น คอนกรีตที่ทาสีขาว

## 8.2 การป้องกันความร้อนเข้าสู่ช่องเปิดและกรอบอาคาร

### 1. รังสีความร้อนส่องผ่านช่องเปิด

- ใช้อุปกรณ์บังแดดป้องกันรังสีดวงอาทิตย์ในทิศทางที่มีช่องเปิดโดยวัสดุอุปกรณ์บังแดดสามารถเป็นตัวช่วยเพิ่มปริมาณของแสงสว่าง (Light shelve) ภายใน

### 2. รังสีความร้อนส่องผ่านกรอบอาคาร

- จัดวางอาคารให้เหมาะสม โดยหันด้านแคบหรือด้านสกัดอยู่ด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก
- จัดวางส่วนพื้นที่ใช้สอยที่ไม่มีความสำคัญ เช่น ห้องน้ำ, ห้องเก็บของ, บันไดอยู่ทางทิศตะวันออกและตะวันตก เพื่อป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่อาคาร
- เลือกใช้วัสดุที่มีค่าการถ่ายเทความร้อน U-Value ที่ต่ำ ในส่วนของกรอบอาคาร จากการออกแบบทิศเหนือและทิศใต้ใช้วัสดุอิฐมวลเบา ขนาด 7.5 x 60 x 20 ซม

มีค่า  $U = 1.284 \text{ w / m}^2\text{c}^\circ$  ผนังทิศตะวันออกและทิศตะวันตกเลือกใช้อิฐมวล  
ขนาด  $7 \times 15 \times 3.5$  ซม. มีค่า  $U = 3.257 \text{ w / m}^2\text{c}^\circ$  เนื่องจากเป็นส่วนของห้องน้ำ  
ที่ไม่ใช้ระบบปรับอากาศ ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนโดยรวมมีค่าต่ำกว่าค่า  
มาตรฐานที่กำหนดในส่วนของกรอบอาคาร

- วัสดุหลังคาเลือกใช้วัสดุกระเบื้องลูกฟูกลอนเล็กที่มีสีอ่อน + ฉนวนใยแก้วชนิด  
มีแผ่นฟอยล์ 2 ด้านหนา 1 นิ้ว + แผ่นฉนวนใยแก้วที่ใช้เป็นฝ้าเพดานหนา 9 มม.  
ซึ่งมีค่า  $U = 0.439 \text{ w / m}^2\text{c}^\circ$  ทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนโดยรวมมีค่าต่ำกว่า  
ค่ามาตรฐานที่กำหนดในส่วนของกรอบหลังคา

### 8.3 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษารูปแบบช่องเปิดและขนาดสัดส่วนที่เหมาะสม นอกจากจะแสดงให้เห็น  
ถึงประสิทธิภาพจากการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ ที่ส่องผ่านช่องเปิดเข้ามาภายในห้องได้อย่างมี  
ประสิทธิภาพแล้ว ยังสามารถลดการใช้พลังงานจากแสงประดิษฐ์ลง โดยที่ไม่เพิ่มภาระความร้อน  
ให้กับห้องเรียนคอมพิวเตอร์ได้ ถึงแม้จะเป็นเพียงแนวทางหนึ่งที่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้า  
จากแสงสว่างลงได้ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ของอาคารที่เน้นหนักในส่วน  
ของปรับอากาศ หากแต่เมื่อมีการประหยัดในส่วนของการเรียนหลายๆแห่งและมีจำนวนที่มาก  
ขึ้นแล้ว แนวโน้มอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศก็จะลดลงด้วยเช่นกัน แต่อย่างไรก็ตาม  
จากการศึกษาพบว่ามีปัจจัยอื่นๆอีกที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบช่องเปิด ซึ่งหากมีการศึกษาอย่าง  
ถูกต้องและเหมาะสม ก็สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติภายใน  
อาคารด้วยเช่นกัน คือ การให้แสงสว่างจากทางด้านบน (Top light) อุปกรณ์ช่วยสะท้อนแสง Light  
pipe ตลอดจนอุปกรณ์บังแดดที่ช่วยสะท้อนแสง (Light shelve) ในลักษณะรูปแบบต่างๆ เป็นต้น

## บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. ม.ป.ป.(ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์).ข้อกำหนดมาตรฐานการออกแบบและการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในอาคารควบคุมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. เอกสารประกอบการอบรม. ม.ป.ท.(ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์).
- ตรึงใจ บุรณสมภพ. 2514. การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. พระนคร. ม.ป.ท. (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์).
- ธีรมน ไวโรจนกิจ. ม.ป.ป (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์). สภาพแวดล้อมของอาคาร. เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีสภาพแวดล้อมของอาคาร. กรุงเทพฯ : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พิบูลย์ คิษฐอุดม. 2521. การออกแบบระบบแสงสว่าง. กรุงเทพฯ. เอช.เอ็น.กรุ๊ป.
- วิเชียร สุวรรณรัตน์. 2537. ภูมิอากาศวิทยาและการออกแบบสถาปัตยกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สมสิทธิ์ นิตยะ. 2541. การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน. 2541. โครงการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. เอกสารประกอบสัมมนา. ม.ป.ท.(ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์).
- Richard C. Peters,AIA. 1962. *Architectural Lighting Graphics*. New York. Reinhold.
- Benjamin H. Evan, AIA. 1981. *Daylight in Architecture*. New York. Mc Graw-Hill.
- John E. Kaufman.,PE.,FILES., 1981. *IES Lighting Handbook*. New York. Waverly Press.
- William M. C. Lam. 1986. *Sunlighting*. New York. Van Nostrand.
- Norbert Lechner. 1991. *Heat Colling Lighting*. New York. John Wiley & Sons.
- Moore F. 1985. *Concept and Practice of Architecture Daylighting*. New York. Van Nostrand Reinhold.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร (OTTV)

ชื่อด้าน North Azimuth 180 ผนังอาคารติดกับพื้นที่ปรับอากาศ

| Section | Aw    | Uw  | TD   | SF    | SC    | Q         |
|---------|-------|-----|------|-------|-------|-----------|
| North-1 | 139.8 | 1.3 | 15.0 | -     | -     | 14,028.30 |
| North-2 | 139.8 | 2.5 | 10.0 | -     | -     | 3,493.75  |
| North-3 | 60    | 2.4 | 15   | -     | -     | 2,160.00  |
| North-5 | 181.7 | 5.9 | 5.0  | 111.4 | 0.842 | 22,393.57 |
| ผลรวม   |       |     |      |       |       | 42,075.62 |

ค่า OTTV ของผนังอาคารด้านนี้ =  $38.22 \text{ w/m}^2$

ชื่อด้าน South Azimuth 0 ผนังอาคารติดกับพื้นที่ปรับอากาศ

| Section | Aw    | Uw  | TD   | SF    | SC    | Q         |
|---------|-------|-----|------|-------|-------|-----------|
| South-1 | 139.8 | 2.5 | 10.0 | -     | -     | 3,495.00  |
| South-2 | 686.6 | 1.3 | 15.0 | -     | -     | 13,388.70 |
| South-3 | 118.1 | 5.9 | 5.0  | 178.2 | 0.539 | 14,829.98 |
| South-4 | 159.4 | 5.9 | 5.0  | 178.2 | 0.622 | 22,374.23 |
| ผลรวม   |       |     |      |       |       | 54,087.91 |

ค่า OTTV ของผนังอาคารด้านนี้ =  $49.00 \text{ w/m}^2$

ชื่อด้าน East Azimuth -90 ผนังอาคารไม่ติดกับพื้นที่ปรับอากาศ ผนังด้านนี้ไม่คำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมเนื่องจากเป็นส่วนห้องน้ำและบันได

| Section | Aw | Uw | TD | SF | SC | Q |
|---------|----|----|----|----|----|---|
| -       | -  | -  | -  | -  | -  | - |

ค่า OTTV ของผนังอาคารด้านนี้ =  $\text{w/m}^2$

ชื่อด้าน West Azimuth 90 ผนังอาคารไม่ติดกับพื้นที่ปรับอากาศ ผนังด้านนี้ไม่คำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมเนื่องจากเป็นส่วนห้องน้ำและบันได

| Section | Aw | Uw | TD | SF | SC | Q |
|---------|----|----|----|----|----|---|
| -       | -  | -  | -  | -  | -  | - |

ค่า OTTV ของผนังอาคารด้านนี้ =  $\text{w/m}^2$

### ผลการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบหลังคา (RTTV)

ชื่อด้าน Roof North Azimuth 180

| Section    | Aw   | Uw    | TD   | SF | SC | Q      |
|------------|------|-------|------|----|----|--------|
| Roof North | 72.0 | 0.500 | 24.0 | -  | -  | 864.00 |

ชื่อด้าน Roof South Azimuth 0

| Section    | Aw   | Uw    | TD   | SF | SC | Q      |
|------------|------|-------|------|----|----|--------|
| Roof North | 72.0 | 0.500 | 24.0 | -  | -  | 864.00 |

$$\text{ค่า RTTV} = 12 \text{ w/m}^2$$

### สรุปผลค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบผนังอาคารและหลังคา

- ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบผนังอาคาร (OTTV) = 43.62 w/m<sup>2</sup>
- ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบหลังคาอาคาร (RTTV) = 12 w/m<sup>2</sup>

ภาคผนวก ข.  
คำสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ, ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) และความหนาแน่นของวัสดุ

| ลำดับที่ | วัสดุ  | ความหนาแน่น<br>กก. ม. <sup>-3</sup> | ค่า k<br>วัตต์ ม. <sup>-1</sup> °ซ. <sup>-1</sup> |
|----------|--|-------------------------------------|---|
| 1        | อิฐ<br>(a) แห้งและฉาบปูนหรือปิดด้วยแผ่น โม่เสด<br>(b) ความชื้น 6%<br>(c) ผนัง (ไม่ฉาบปูน)                            | 1760<br>1872                        | 0.807<br>1.211<br>1.154                           |
| 2        | คอนกรีต  | 2400                                | 1.442   |
| 3        | คอนกรีตชนิดเบา ขนาดความหนาแน่นต่างๆ  | 960<br>1120<br>1280                 | 0.303<br>0.346<br>0.476                           |
| 4        | วัสดุใช้ฉาบหรือปิดผิว<br>(a) ปูนฉาบ น้ำหนักเบา<br>(b) ปูนผสมทราย   | 300<br>1568                         | 0.063<br>0.533                                    |
| 5        | แผ่นกระฉก  | 2512                                | 1.053   |
| 6        | แผ่นซีเมนต์  | 880                                 | 0.191   |
| 7        | ไฟเบอร์กลาส (ใยแก้ว)<br>(a) แบบม้วน (Blanket)<br>(b) แบบแผ่น (Rigid board)<br>(c) แบบท่อสำเร็จ (Rigid pipe sections) | 10-24<br>32-48<br>56-80             | 0.038<br>0.033<br>0.038                           |
| 8        | แผ่นฉนวนกันความร้อนแอสเบสทอส   |                                     | 0.108   |
| 9        | กระเบื้องหลังคา  | 1890                                | 0.836   |
| 10       | ไม้อัด<br>ไม้เนื้อแข็ง   | 528<br>720                          | 0.138<br>0.138                                    |

ตารางที่ 2 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศผนังทึบ

| ชนิดของผิววัสดุที่ทำผนัง                   | ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ<br>(ม. <sup>2</sup> - องศาเซลเซียส/วัตต์) |  |
|--|---|--|
|  | ที่ผิวผนังด้านใน<br>(R <sub>i</sub> )   | ที่ผิวผนังด้านนอก<br>(R <sub>o</sub> ) |
| ผิววัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง | 0.120   | 0.044                                  |
| ผิววัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ | 0.299   |  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศหลังคาอาคาร

| ชนิดของผิววัสดุที่ทำหลังคา              | ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ<br>(ม. <sup>2</sup> - องศาเซลเซียส/วัตต์) |           |         |   |
|---|---|-----------|---------|---|
|   | ที่ผิวด้านในของหลังคา (Ri)<br>ตามมุมเอียงต่างๆจากแนวระดับ                     |           |         | ที่ผิวด้านนอกของหลังคา<br>(Ro)<br>ทุกมุมเอียงทั่วไป |
|   | 0 องศา  | 22.5 องศา | 45 องศา |   |
| ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง | 0.162   | 0.148     | 0.133   | 0.055   |
| ผิววัสดุมีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ | 0.801   | 0.595     | 0.391   | -   |

ตารางที่ 4 ความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศหลังคาอาคารที่มีช่องอากาศอยู่กลาง

| ชนิดของผิววัสดุที่ทำหลังคา<br>และมุมเอียงของหลังคา | ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศที่ผิว<br>หลังคาด้านในตามความกว้างของช่องว่างอากาศ<br>(ม. <sup>2</sup> - องศาเซลเซียส/วัตต์) |        |         |
|--|---|--------|---------|
|  | 5 มม.   | 20 มม. | 100 มม. |
| 1. ผิววัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีสูง      |   |        |         |
| 1.1 หลังคาเอียงทำมุม 0 องศา กับแนวระดับ            | 0.110   | 0.148  | 0.174   |
| 1.2 หลังคาเอียงทำมุม 22.5 องศา กับแนวระดับ         | 0.110   | 0.148  | 0.165   |
| 1.3 หลังคาเอียงทำมุม 45 องศา กับแนวระดับ           | 0.110   | 0.148  | 0.158   |
| 2. ผิววัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ      |   |        |         |
| 2.1 หลังคาเอียงทำมุม 0 องศา กับแนวระดับ            | 0.250   | 0.572  | 1.423   |
| 2.2 หลังคาเอียงทำมุม 22.5 องศา กับแนวระดับ         | 0.250   | 0.571  | 1.095   |
| 2.3 หลังคาเอียงทำมุม 45 องศา กับแนวระดับ           | 0.250   | 0.570  | 0.768   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.  
IES Table for Lumen Method, Coefficient of Utilization for Typical Luminaries

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**IES Table for Lumen Method**

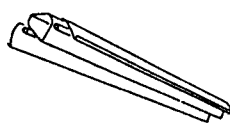
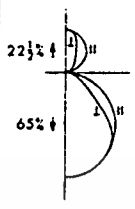
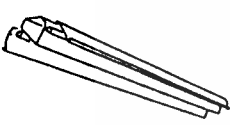
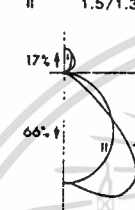
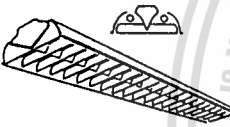
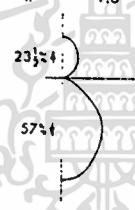
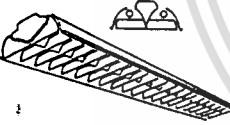
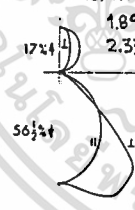
**Percent Effective Ceiling or Floor Cavity Reflectances for Various Reflectance Combinations**

| Per Cent Base* Reflectance | 90  |     |     |     |     | 80  |     |     |     |     | 70  |     |     |     |     | 60  |     |     |     |     | 50  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|-----|--|--|--|--|
|                            | 90  | 80  | 70  | 60  | 50  | 40  | 30  | 20  | 10  | 0   | 90  | 80  | 70  | 60  | 50  | 40  | 30  | 20  | 10  | 0   | 90  | 80  | 70  | 60  | 50  | 40  | 30  | 20  | 10  | 0   | 90  | 80  | 70  | 60  | 50  | 40  | 30  | 20  | 10  | 0   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| Per Cent Wall Reflectance  | 90  | 80  | 70  | 60  | 50  | 40  | 30  | 20  | 10  | 0   | 90  | 80  | 70  | 60  | 50  | 40  | 30  | 20  | 10  | 0   | 90  | 80  | 70  | 60  | 50  | 40  | 30  | 20  | 10  | 0   | 90  | 80  | 70  | 60  | 50  | 40  | 30  | 20  | 10  | 0   | 90  | 80  | 70  | 60  | 50  | 40  | 30  | 20  | 10  | 0   |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| Cavity Ratio               | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.8 | 2.0 |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 1.33                       | 89  | 88  | 87  | 86  | 85  | 84  | 84  | 82  | 79  | 78  | 77  | 77  | 76  | 75  | 74  | 72  | 70  | 69  | 68  | 68  | 67  | 67  | 66  | 65  | 64  | 60  | 59  | 59  | 58  | 57  | 56  | 55  | 53  | 50  | 49  | 48  | 47  | 46  | 44  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 1.4                        | 88  | 87  | 86  | 85  | 84  | 83  | 81  | 80  | 79  | 76  | 75  | 74  | 73  | 72  | 71  | 70  | 68  | 69  | 68  | 67  | 66  | 65  | 64  | 63  | 62  | 61  | 56  | 55  | 54  | 53  | 52  | 50  | 49  | 48  | 47  | 46  | 45  | 44  | 42  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 1.6                        | 87  | 86  | 84  | 82  | 80  | 79  | 77  | 76  | 74  | 73  | 78  | 76  | 75  | 73  | 71  | 70  | 68  | 69  | 67  | 65  | 64  | 63  | 61  | 59  | 58  | 57  | 54  | 50  | 48  | 47  | 46  | 45  | 44  | 43  | 42  | 41  | 38  | 36  | 34  | 32  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 1.8                        | 87  | 85  | 82  | 80  | 77  | 75  | 73  | 71  | 69  | 67  | 78  | 75  | 73  | 71  | 69  | 67  | 65  | 63  | 61  | 59  | 58  | 56  | 55  | 53  | 50  | 48  | 43  | 41  | 40  | 39  | 38  | 37  | 35  | 33  | 31  | 29  | 27  | 25  | 24  | 21  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 2.0                        | 86  | 83  | 80  | 77  | 75  | 72  | 69  | 66  | 64  | 62  | 77  | 74  | 72  | 69  | 67  | 65  | 63  | 61  | 59  | 58  | 56  | 55  | 53  | 50  | 47  | 43  | 41  | 40  | 39  | 38  | 37  | 35  | 33  | 31  | 29  | 27  | 25  | 24  | 21  | 19  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 1.33                       | 85  | 82  | 78  | 75  | 72  | 69  | 66  | 63  | 60  | 57  | 76  | 73  | 70  | 67  | 64  | 61  | 58  | 55  | 53  | 51  | 49  | 48  | 46  | 44  | 42  | 38  | 36  | 35  | 34  | 33  | 32  | 31  | 29  | 27  | 25  | 24  | 21  | 19  | 17  | 15  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 1.4                        | 85  | 80  | 77  | 73  | 69  | 65  | 62  | 59  | 57  | 52  | 76  | 72  | 68  | 65  | 62  | 59  | 55  | 53  | 50  | 48  | 46  | 45  | 44  | 41  | 38  | 36  | 35  | 34  | 33  | 32  | 31  | 29  | 27  | 25  | 24  | 21  | 19  | 17  | 15  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 1.6                        | 84  | 79  | 75  | 71  | 67  | 63  | 59  | 56  | 53  | 50  | 75  | 71  | 67  | 63  | 60  | 57  | 53  | 50  | 47  | 44  | 42  | 41  | 38  | 36  | 35  | 34  | 33  | 32  | 31  | 29  | 27  | 25  | 24  | 21  | 19  | 17  | 15  | 14  | 13  | 11  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 1.8                        | 83  | 78  | 73  | 69  | 64  | 60  | 56  | 53  | 50  | 48  | 75  | 70  | 66  | 62  | 58  | 54  | 50  | 47  | 44  | 41  | 38  | 36  | 35  | 34  | 33  | 32  | 31  | 29  | 27  | 25  | 24  | 21  | 19  | 17  | 15  | 14  | 13  | 11  | 10  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 2.0                        | 83  | 77  | 72  | 67  | 62  | 56  | 53  | 50  | 47  | 43  | 74  | 69  | 64  | 60  | 56  | 52  | 48  | 45  | 41  | 38  | 36  | 35  | 34  | 33  | 32  | 31  | 29  | 27  | 25  | 24  | 21  | 19  | 17  | 15  | 14  | 13  | 11  | 10  | 09  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| Per Cent Base* Reflectance |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 40  |     |     |     |     | 30  |     |     |     |     | 20  |     |     |     |     | 10  |     |     |     |     | 0   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| Per Cent Wall Reflectance  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 90  |     |     |     |     | 80  |     |     |     |     | 70  |     |     |     |     | 60  |     |     |     |     | 50  |     |     |     |     | 40  |     |     |     |     | 30  |  |  |  |  | 20  |  |  |  |  | 10  |  |  |  |  | 0   |  |  |  |  |
| Cavity Ratio               |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | 0.2 |     |     |     |     | 0.4 |     |     |     |     | 0.6 |     |     |     |     | 0.8 |     |     |     |     | 1.0 |     |     |     |     | 1.2 |     |     |     |     | 1.4 |  |  |  |  | 1.6 |  |  |  |  | 1.8 |  |  |  |  | 2.0 |  |  |  |  |
| 0.2                        | 40  | 40  | 39  | 39  | 38  | 38  | 37  | 36  | 36  | 36  | 31  | 31  | 30  | 30  | 29  | 29  | 29  | 28  | 28  | 27  | 27  | 26  | 25  | 22  | 21  | 20  | 20  | 20  | 20  | 19  | 19  | 19  | 17  | 11  | 11  | 11  | 10  | 10  | 09  | 09  | 09  | 08  | 04  | 03  | 02  | 01  | 01  | 00  | 00  | 00  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 0.4                        | 41  | 40  | 39  | 38  | 37  | 36  | 35  | 34  | 34  | 34  | 31  | 31  | 30  | 30  | 29  | 28  | 28  | 27  | 26  | 25  | 22  | 21  | 20  | 20  | 20  | 19  | 19  | 18  | 18  | 18  | 16  | 12  | 11  | 11  | 11  | 11  | 11  | 10  | 10  | 09  | 08  | 04  | 03  | 02  | 02  | 01  | 01  | 00  | 00  | 00  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 0.6                        | 41  | 40  | 39  | 38  | 37  | 36  | 34  | 33  | 32  | 31  | 32  | 31  | 30  | 29  | 28  | 27  | 26  | 25  | 23  | 23  | 21  | 20  | 20  | 19  | 19  | 18  | 17  | 15  | 13  | 13  | 12  | 11  | 11  | 11  | 11  | 11  | 10  | 10  | 09  | 08  | 05  | 04  | 03  | 02  | 01  | 01  | 00  | 00  | 00  |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 0.8                        | 41  | 40  | 38  | 37  | 36  | 35  | 33  | 32  | 31  | 29  | 32  | 31  | 30  | 29  | 28  | 26  | 25  | 23  | 22  | 24  | 22  | 21  | 20  | 19  | 19  | 18  | 17  | 15  | 15  | 14  | 13  | 12  | 11  | 11  | 11  | 10  | 10  | 09  | 08  | 07  | 06  | 05  | 04  | 03  | 02  | 01  | 01  | 00  | 00  |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 1.0                        | 42  | 40  | 38  | 37  | 35  | 33  | 32  | 31  | 29  | 27  | 33  | 32  | 30  | 29  | 27  | 25  | 24  | 23  | 22  | 25  | 23  | 22  | 20  | 19  | 18  | 17  | 16  | 14  | 15  | 14  | 13  | 12  | 11  | 11  | 10  | 10  | 09  | 08  | 07  | 06  | 05  | 04  | 03  | 02  | 01  | 01  | 00  | 00  |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 1.2                        | 42  | 40  | 38  | 37  | 35  | 33  | 32  | 31  | 29  | 27  | 33  | 32  | 30  | 29  | 27  | 25  | 24  | 23  | 22  | 25  | 23  | 22  | 20  | 19  | 18  | 17  | 16  | 14  | 15  | 14  | 13  | 12  | 11  | 11  | 10  | 10  | 09  | 08  | 07  | 06  | 05  | 04  | 03  | 02  | 01  | 01  | 00  | 00  |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 1.4                        | 42  | 40  | 38  | 37  | 35  | 33  | 32  | 31  | 29  | 27  | 33  | 32  | 30  | 29  | 27  | 25  | 24  | 23  | 22  | 25  | 23  | 22  | 20  | 19  | 18  | 17  | 16  | 14  | 15  | 14  | 13  | 12  | 11  | 11  | 10  | 10  | 09  | 08  | 07  | 06  | 05  | 04  | 03  | 02  | 01  | 01  | 00  | 00  |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 1.6                        | 42  | 40  | 38  | 37  | 35  | 33  | 32  | 31  | 29  | 27  | 33  | 32  | 30  | 29  | 27  | 25  | 24  | 23  | 22  | 25  | 23  | 22  | 20  | 19  | 18  | 17  | 16  | 14  | 15  | 14  | 13  | 12  | 11  | 11  | 10  | 10  | 09  | 08  | 07  | 06  | 05  | 04  | 03  | 02  | 01  | 01  | 00  | 00  |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 1.8                        | 42  | 40  | 38  | 37  | 35  | 33  | 32  | 31  | 29  | 27  | 33  | 32  | 30  | 29  | 27  | 25  | 24  | 23  | 22  | 25  | 23  | 22  | 20  | 19  | 18  | 17  | 16  | 14  | 15  | 14  | 13  | 12  | 11  | 11  | 10  | 10  | 09  | 08  | 07  | 06  | 05  | 04  | 03  | 02  | 01  | 01  | 00  | 00  |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |
| 2.0                        | 42  | 40  | 38  | 37  | 35  | 33  | 32  | 31  | 29  | 27  | 33  | 32  | 30  | 29  | 27  | 25  | 24  | 23  | 22  | 25  | 23  | 22  | 20  | 19  | 18  | 17  | 16  | 14  | 15  | 14  | 13  | 12  | 11  | 11  | 10  | 10  | 09  | 08  | 07  | 06  | 05  | 04  | 03  | 02  | 01  | 01  | 00  | 00  |     |     |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |     |  |  |  |  |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Coefficients of Utilization**

67,62.7

| Typical Luminaire   | Typical Intensity Distribution and Per Cent Lamp Lumens                             |         | ρ <sub>cc</sub> → | 80    |   |     | 70  |     |     | 50  |     |     | 30  |     |     | 10  |     |     | 0   |
|---|---|---------|-------------------|-------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|   | Main. Cat.  | SC      |                   | RCR ↓ | Coefficients of Utilization for 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (ρ <sub>fc</sub> = 20) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|   |   |         | ρ <sub>w</sub> →  |       | 50  | 30  | 10  | 50  | 30  | 10  | 50  | 30  | 10  | 50  | 30  | 10  | 50  | 30  | 10  |
|  <p>Porcelain-enameled reflector with 35° CW shielding</p>           |    | 1.3     | 0                 | .99   | .99   | .99 | .94 | .94 | .94 | .85 | .85 | .85 | .77 | .77 | .77 | .69 | .69 | .69 | .65 |
|   |   |         | 1                 | .88   | .85   | .82 | .84 | .81 | .78 | .76 | .74 | .72 | .69 | .67 | .66 | .62 | .61 | .60 | .57 |
|   |   |         | 2                 | .78   | .73   | .69 | .74 | .70 | .66 | .68 | .64 | .61 | .62 | .59 | .56 | .56 | .54 | .52 | .49 |
|   |   |         | 3                 | .70   | .63   | .58 | .67 | .61 | .57 | .61 | .56 | .53 | .56 | .52 | .49 | .51 | .48 | .46 | .43 |
|   |   |         | 4                 | .62   | .55   | .50 | .60 | .53 | .49 | .55 | .50 | .46 | .50 | .46 | .43 | .46 | .43 | .40 | .37 |
|   |   |         | 5                 | .55   | .48   | .43 | .53 | .47 | .42 | .49 | .44 | .39 | .45 | .41 | .37 | .41 | .38 | .35 | .32 |
|   |   |         | 6                 | .50   | .43   | .38 | .48 | .41 | .37 | .44 | .39 | .35 | .41 | .36 | .33 | .37 | .34 | .31 | .29 |
|   |   |         | 7                 | .45   | .38   | .33 | .43 | .37 | .32 | .40 | .34 | .30 | .37 | .32 | .29 | .34 | .30 | .27 | .25 |
|   |   |         | 8                 | .40   | .34   | .29 | .39 | .32 | .28 | .36 | .30 | .27 | .33 | .28 | .25 | .31 | .27 | .24 | .22 |
|   |   |         | 9                 | .36   | .30   | .25 | .35 | .29 | .24 | .32 | .27 | .23 | .30 | .25 | .22 | .28 | .24 | .21 | .19 |
|   |   |         | 10                | .33   | .27   | .22 | .32 | .26 | .22 | .29 | .24 | .20 | .27 | .23 | .19 | .25 | .21 | .18 | .17 |
|  <p>Diffuse aluminum reflector with 35° CW shielding</p>             |    | 1.5/1.3 | 0                 | .95   | .95   | .95 | .91 | .91 | .91 | .83 | .83 | .83 | .76 | .76 | .76 | .69 | .69 | .69 | .66 |
|   |   |         | 1                 | .85   | .82   | .80 | .82 | .79 | .77 | .75 | .73 | .72 | .69 | .68 | .66 | .64 | .63 | .62 | .59 |
|   |   |         | 2                 | .76   | .72   | .68 | .74 | .70 | .66 | .68 | .65 | .62 | .63 | .61 | .58 | .58 | .56 | .55 | .52 |
|   |   |         | 3                 | .69   | .63   | .59 | .66 | .61 | .57 | .62 | .58 | .54 | .57 | .54 | .51 | .53 | .51 | .48 | .46 |
|   |   |         | 4                 | .62   | .56   | .51 | .60 | .54 | .50 | .56 | .51 | .47 | .52 | .48 | .45 | .48 | .45 | .43 | .41 |
|   |   |         | 5                 | .55   | .49   | .44 | .53 | .48 | .43 | .50 | .45 | .41 | .47 | .43 | .39 | .44 | .40 | .38 | .36 |
|   |   |         | 6                 | .50   | .43   | .39 | .48 | .42 | .38 | .45 | .40 | .36 | .42 | .38 | .35 | .40 | .36 | .33 | .31 |
|   |   |         | 7                 | .45   | .38   | .34 | .43 | .37 | .33 | .41 | .36 | .32 | .38 | .34 | .30 | .36 | .32 | .29 | .27 |
|   |   |         | 8                 | .40   | .34   | .29 | .39 | .33 | .29 | .37 | .31 | .28 | .34 | .30 | .26 | .32 | .28 | .25 | .24 |
|   |   |         | 9                 | .36   | .30   | .25 | .35 | .29 | .25 | .33 | .28 | .24 | .31 | .26 | .23 | .29 | .25 | .22 | .20 |
|   |   |         | 10                | .33   | .26   | .22 | .32 | .26 | .22 | .30 | .25 | .21 | .28 | .23 | .20 | .26 | .22 | .19 | .18 |
|  <p>Porcelain-enameled reflector with 30° CW x 30° LW shielding</p> |   | 1.0     | 0                 | .91   | .91   | .91 | .86 | .86 | .86 | .77 | .77 | .77 | .68 | .68 | .68 | .61 | .61 | .61 | .57 |
|   |   |         | 1                 | .81   | .78   | .76 | .77 | .74 | .72 | .69 | .67 | .66 | .62 | .61 | .59 | .56 | .55 | .54 | .51 |
|   |   |         | 2                 | .72   | .68   | .64 | .69 | .65 | .61 | .62 | .59 | .57 | .56 | .54 | .52 | .51 | .49 | .47 | .45 |
|   |   |         | 3                 | .65   | .59   | .55 | .62 | .57 | .53 | .56 | .52 | .49 | .51 | .48 | .45 | .46 | .44 | .42 | .39 |
|   |   |         | 4                 | .58   | .52   | .48 | .56 | .50 | .46 | .51 | .46 | .43 | .46 | .43 | .40 | .42 | .39 | .37 | .35 |
|   |   |         | 5                 | .52   | .46   | .41 | .50 | .44 | .40 | .46 | .41 | .37 | .42 | .38 | .35 | .38 | .35 | .33 | .30 |
|   |   |         | 6                 | .47   | .41   | .36 | .45 | .39 | .35 | .41 | .37 | .33 | .36 | .34 | .31 | .35 | .31 | .29 | .27 |
|   |   |         | 7                 | .43   | .36   | .32 | .41 | .35 | .31 | .38 | .33 | .29 | .34 | .30 | .27 | .32 | .28 | .26 | .24 |
|   |   |         | 8                 | .38   | .32   | .28 | .37 | .31 | .27 | .34 | .29 | .26 | .31 | .27 | .24 | .29 | .25 | .23 | .21 |
|   |   |         | 9                 | .35   | .29   | .24 | .33 | .28 | .24 | .31 | .26 | .22 | .28 | .24 | .21 | .26 | .22 | .20 | .18 |
|   |   |         | 10                | .32   | .26   | .22 | .30 | .25 | .21 | .28 | .23 | .20 | .26 | .22 | .19 | .24 | .20 | .18 | .16 |
|  <p>Diffuse aluminum reflector with 35° CW x 35° LW shielding</p>  |  | 1.5/1.1 | 0                 | .83   | .83   | .83 | .79 | .79 | .79 | .72 | .72 | .72 | .65 | .65 | .65 | .59 | .59 | .59 | .56 |
|   |   |         | 1                 | .75   | .72   | .70 | .72 | .69 | .67 | .65 | .64 | .62 | .60 | .59 | .58 | .55 | .54 | .53 | .50 |
|   |   |         | 2                 | .67   | .63   | .60 | .65 | .61 | .58 | .59 | .57 | .54 | .55 | .53 | .51 | .50 | .49 | .47 | .45 |
|   |   |         | 3                 | .61   | .56   | .52 | .58 | .54 | .51 | .54 | .50 | .48 | .50 | .47 | .45 | .46 | .44 | .42 | .40 |
|   |   |         | 4                 | .55   | .49   | .45 | .53 | .48 | .44 | .49 | .45 | .42 | .45 | .42 | .40 | .42 | .39 | .37 | .36 |
|   |   |         | 5                 | .49   | .44   | .40 | .47 | .42 | .39 | .44 | .40 | .37 | .41 | .38 | .35 | .38 | .35 | .33 | .31 |
|   |   |         | 6                 | .45   | .39   | .35 | .43 | .38 | .34 | .40 | .36 | .33 | .37 | .34 | .31 | .35 | .32 | .30 | .28 |
|   |   |         | 7                 | .40   | .35   | .31 | .39 | .34 | .30 | .36 | .32 | .29 | .34 | .30 | .27 | .32 | .29 | .26 | .25 |
|   |   |         | 8                 | .36   | .31   | .27 | .35 | .30 | .26 | .33 | .28 | .25 | .31 | .27 | .24 | .29 | .25 | .23 | .21 |
|   |   |         | 9                 | .33   | .27   | .23 | .32 | .26 | .23 | .29 | .25 | .22 | .28 | .24 | .21 | .26 | .22 | .20 | .19 |
|   |   |         | 10                | .30   | .24   | .21 | .29 | .24 | .20 | .27 | .22 | .19 | .25 | .21 | .18 | .23 | .20 | .18 | .16 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

|                  |   |
|------------------|---|
| ชื่อ-สกุล        | นาย เจริญ เดชเกษฎาวงศ์  |
| วัน เดือน ปีเกิด | 23 กุมภาพันธ์ 2514  |
| ที่อยู่ปัจจุบัน  | 428 ถ.ศุภสารรังสรรค์ ต.คองหษ์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110   |
| ประวัติการศึกษา  | พ.ศ. 2535 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) ช่างเทคนิคสถาปัตยกรรม<br>สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตเทคนิคภาคใต้<br>พ.ศ. 2537 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (คอ.บ.) สาขาสถาปัตยกรรม สถาบัน<br>เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง<br>พ.ศ. 2545 คณะบัณฑิตวิทยาลัย สาขาสถาปัตยกรรมเขตร้อน สถาบันเทค<br>โนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| ประวัติการทำงาน  | พ.ศ.2537-2540 สถาปนิก บริษัทเคทีจีวาย แอนด์ แอสโซซิเอท จำกัด<br>KTGY & ASSOCIATE CO.LTD;<br>พ.ศ. 2541-2545 สถาปนิกอิสระ<br>พ.ศ. 2543-2545 อาจารย์พิเศษ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย<br>รังสิต   |