

การออกแบบอาคารสำนักงานโดยการนำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ  
กรณีศึกษา อาคารสำนักงาน กรมการผังเมือง จังหวัดกรุงเทพมหานคร

DAYLIGHTING IN OFFICE BUILDING FOR ENERGY EFFICIENCY  
CASE STUDY : TOWN AND COUNTRY PLANNING BUILDING IN BANGKOK

อนันต์ วัชรพาหะ  
ANON VATCHARAPAHA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตรัฐ  
บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2545  
ISBN 974-643-931-3

การออกแบบอาคารสำนักงานโดยการนำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ  
กรณีศึกษา อาคารสำนักงาน กรมการผังเมือง จังหวัดกรุงเทพมหานคร

DAYLIGHTING IN OFFICE BUILDING FOR ENERGY EFFICIENCY  
CASE STUDY; TOWN AND COUNTRY PLANNING BUILDING  
IN BANGKOK

อานนท์ วัชรพาหะ  
ANON VATCHARAPAHA

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 44006  
วัน, เดือน, ปี..... 21 ต.ค. 2545

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน  
บัณฑิตวิทยาลัย  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ.2545  
ISBN 974-648-931-3

**DAYLIGHTING IN OFFICE BUILDING FOR ENERGY EFFICIENCY  
CASE STUDY; TOWN AND COUNTRY PLANNING BUILDING IN BANGKOK**

**ANON VATCHARAPAHA**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE  
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2002  
ISBN 974-648-931-3**

COPYRIGHT 2002

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

<b>หัวข้อวิทยานิพนธ์</b>	การออกแบบอาคารสำนักงานโดยการนำแสงธรรมชาติมาใช้ อย่างมีประสิทธิภาพ
	กรณีศึกษา อาคารสำนักงานกรมการผังเมือง จังหวัดกรุงเทพฯ
<b>นักศึกษา</b>	นาย อานนท์ วัชรพาหะ
<b>รหัสประจำตัว</b>	40063100
<b>ปริญญา</b>	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
<b>สาขาวิชา</b>	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
<b>พ.ศ.</b>	2545
<b>อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์</b>	รศ.สุภาวดี รัตนมาศ

## บทคัดย่อ

ปัจจุบันอาคารสำนักงานส่วนใหญ่ ไม่คำนึงถึงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร เนื่องด้วยเหตุผลมาจากรูปแบบของอาคารและการออกแบบของผู้ออกแบบ ทำให้อาคารสำนักงานสมัยนี้มักไม่คำนึงถึงการบังแสงตรงจากดวงอาทิตย์ เพราะกระจกที่ผลิตขึ้นในปัจจุบันสามารถป้องกันรังสีความร้อนได้ จึงมีการนำมาใช้ในการออกแบบอาคารสำนักงานอย่างแพร่หลาย แต่กระจกเหล่านี้ มีค่าการส่องผ่านของแสงต่ำ ทำให้ประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารมีคุณภาพต่ำ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ทำการค้นคว้าแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงาน ที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในการส่องสว่างภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด แทนการใช้แสงประดิษฐ์ที่ต้องเสียค่าไฟฟ้าในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการนำแสงธรรมชาติมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแสงสว่างภายในอาคาร จึงช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการใช้แสงประดิษฐ์ไปด้วยเช่นกัน

แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานเพื่อใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาตินั้น ได้เริ่มค้นคว้าจากทฤษฎีการนำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่อาคาร โดยมีปริมาณการส่องสว่างที่เหมาะสมกับการทำงานตามมาตรฐานของสำนักงาน โดยพิจารณาจากอัตราของปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติภายในต่อภายนอกอาคาร(Daylight Factor; DF) กำหนดให้มีค่าอย่างต่ำ 3 เปอร์เซนต์ และให้แสงธรรมชาติที่เหมาะสมครอบคลุมพื้นที่ทำงานของอาคารได้มากที่สุด แนวทางการออกแบบเป็นการพิจารณาถึงปัจจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติ เพื่อให้ได้มาตรฐานการออกแบบอาคารสำนักงานอย่างสมบูรณ์ โดยมีการวิเคราะห์ถึงปัจจัยหลัก เริ่มตั้งแต่การพิจารณาสภาพที่ตั้งของอาคาร เพื่อกำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมของอาคาร ซึ่งที่ตั้งของอาคารที่เหมาะสมนั้นต้องมีความกว้างในส่วนของด้านทิศเหนือและทิศใต้ของอาคาร เพราะเป็นด้านที่อาคารสามารถใช้แสงธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ รูปทรงของต่องมีลักษณะที่เปิดรับแสงธรรมชาติทางทิศเหนือและทิศใต้ได้อย่างเต็มที่ ตำแหน่งที่เหมาะสมของช่องเปิดควรมีขนาดขอบล่างของหน้าต่างอยู่ในช่วง

ระยะ 0.75-0.85 เมตร และในส่วนขอบบนของหน้าต่างมีความสูงมากที่สุดของความสูงของห้องนั้น แต่ควรระวังแสงตรงจากดวงอาทิตย์ในกรณีที่มีขนาดช่องเปิดมีขนาดใหญ่เกินไป อุปกรณ์บังแดด ต้องสามารถป้องกันแสงตรงได้ทั้งหมด และการจัดพื้นที่ที่เหมาะสมโดยจัดเป็นส่วนพื้นที่ใช้งานของ แสงธรรมชาติ (Daylighting Zone) และส่วนพื้นที่ใช้งานแสงประดิษฐ์ (Electrical Lighting Zone) โดยพิจารณาร่วมกับพื้นที่ใช้สอยส่วนกิจกรรมของอาคาร วัสดุที่ใช้ภายในอาคารพิจารณาจากค่า การสะท้อนแสง ซึ่งมีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณความสว่างภายในอาคารได้มากขึ้น จากการวิเคราะห์ ปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง พบว่าการที่จะนำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่ภายในอาคารได้พื้นที่มากที่สุด นั้น ต้องใช้องค์ประกอบอื่นๆเข้ามาช่วยเพิ่มปริมาณแสงที่เข้าสู่อาคาร การใช้หิ้งสะท้อนแสง (Lightshelf) มีส่วนสำคัญในการเพิ่มปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติให้แก่อาคาร

การศึกษาอาคารที่เป็นกรณีศึกษาคือ อาคารกรมการผังเมือง อาคาร 4 เป็นการนำแนวทางการ ออกแบบอาคารสำนักงาน โดยใช้แสงธรรมชาติมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งได้ค้นคว้ามาโดย ละเอียดแล้วนำมาทดลองใช้ปรับปรุงอาคาร ให้มีประสิทธิภาพของการใช้แสงธรรมชาติมากที่สุด โดยนำเอาแนวทางที่ค้นคว้ามาได้มาวิเคราะห์ถึงสภาพการใช้แสงธรรมชาติในปัจจุบัน ของอาคาร และตรวจสอบข้อปัญหาของอาคารโดยใช้วิธีศึกษา และวัดค่าความสว่างภายในอาคารจากพื้นที่ จริง รวมถึงการใช้วิธีการคำนวณต่างๆช่วยในการศึกษา เมื่อทราบถึงข้อปัญหาของอาคารกรณี ศึกษาแล้ว จึงทำการปรับปรุงอาคารเชิงเสนอแนะ โดยใช้มาตรฐานที่ได้จากแนวทางการออกแบบ อาคารสำนักงาน เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดจากการใช้แสงธรรมชาติ

จากการตรวจสอบอาคารกรณีศึกษาพบว่า แสงธรรมชาติที่เหมาะสมต่อการใช้งาน มีระยะ ห่างจากช่องเปิดเพียง 3 เมตร อันเกิดปัญหามาจากการบังแสงของอุปกรณ์บังแดดและการบังของ อาคารข้างเคียง จากการศึกษาข้อปัญหาของอาคาร ทำให้ได้รูปแบบของการปรับปรุงอาคารกรณี ศึกษา สรุปได้ว่า เมื่อนำมาตรฐานแนวทางการออกแบบสำนักงานโดยใช้แสงธรรมชาติเป็นข้อ พิจารณาในการปรับปรุงอาคาร ทำให้อาคารกรณีศึกษามีส่วนในการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ แสงธรรมชาติภายในอาคาร เมื่อทดสอบอาคารส่วนที่ปรับปรุงแล้ว พบว่าแสงธรรมชาติที่เหมาะสม ต่อการใช้งานภายในอาคาร มีระยะเข้ามาถึง 7 เมตรจากช่องเปิด ซึ่งช่วยในการลดพื้นที่การใช้แสง ธรรมชาติได้ 2,016 ตารางเมตร คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างจากแสงประดิษฐ์ 44,360 kWh/ปี คิดเป็นอัตราของพลังงานที่ลดลงทั้งหมด 21.62% รวมเป็นการประหยัดค่าไฟฟ้าประมาณ 100,000 บาทต่อ 1 ปี

<b>Thesis Title</b>	Daylighting in Office Building for Energy Efficiency Case Study; Town and Country Planning Building in Bangkok
<b>Student</b>	Mr.Anon Vatcharapaha
<b>Student ID</b>	40063100
<b>Degree</b>	Master of Architecture
<b>Programme</b>	Tropical Architecture
<b>Year</b>	2002
<b>Thesis Advisor</b>	Associate Professor Suphawadee Ratanamart

## ABSTRACT

Nowadays, most of the building and office work place do not consider the use of Daylighting inside the building due to the lay out of building and design of Architect. Therefore, it make most of them do not consider the protection of direct radiation. The reason is because the mirror made in a present time can protect the radiation so it make the used of mirror as the part of building becomes widely. But this mirror has a low level of light transparency so it makes the efficient of using day lighting becoming low. The thesis have been search for the way to design the building by using the daylighting inside the building efficiently instead of using electrical lighting which cause a lot of money to pay.

The idea of designing the building in order to use the daylighting is starting from the theory of using appropriate daylighting in building to meet the standard of office. This factor is consider from the daylight factor inside and outside office by having the value at least 3 percent and having daylighting as much as possible inside the office. The way of design is considered the factor and theory regarding about daylighting in order to obtain the complete standard of designing. By considering the major factor, it starts from orientation site planning of building in order to set the appropriate location of building. The appropriate location of building is the one, which have the width on western and southern part because of these 2 sides, can use the daylighting most efficiently. Therefore, the appearance of building should have the appropriate daylighting on the western and southern part. The appropriate level of window should have 0.75-0.85

meters on the bottom side and on the top side have the height as same as height of the room. If the width of the window is too wide it will suffer from direct light from sun. The shading device should be able to protect the all direct light and appropriate allocation of space by having daylighting zone and electrical lighting zone. This factor needs to be considering together with the space of the building. The material to use in building need to consider the light transparency which help to have more daylighting in building from analyzing the related factor, it seems that to b able to use the daylighting in the building as much as possible it needs to consider other factor which help to increase the level of intensity of daylighting in building. The lightishelf can help the level of daylighting in the office increase.

The study of building which select as the studying tool is building which design the building in order to use daylighting efficiently. It has studied and investigated a lot and makes it able to use the daylighting and analyze the current practice of using daylighting in building. It also estimate the problem and check the lighting level inside the building and their adjust the building. The standard of designing the building make it able to use the daylighting at the highest level.

From studying this building, the daylighting, which is appropriate, is the one far from window 3 meters due to the shading device and the building surroundings, which detect the daylighting into building this building. In conclusion, when considering the standard of using daylighting in the building to adjust the building, make this building to enhance more efficiently of using daylighting. From testing the building after adjust, it seems that the level of daylighting that is able to use is increase 7 meters from the window. This makes the less used of electrical lighting zone by 2016 square meters. And in term of K Wh, it help to decrease the electrical lighting zone by 443.6 K Wh/year, in term of percentage it decreased by 21.62% make it to save electrical bill in amount of 100000 Baht/year.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี จากคำแนะนำและคำปรึกษา รวมทั้งตรวจทานแก้ไขจุดบกพร่องต่างๆจาก รศ.สุภาวดี รัตนมาศ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ รศ.กุสุมา ธรรมธำรง, รศ.อนุสรณ์ จัวงพานิช และผศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ที่ให้คำปรึกษาและแนวทางในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ อ.พงษ์พัฒน์ มั่งคั่ง และกรมพัฒนาส่งเสริมพลังงาน ที่ให้คำปรึกษารวมถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ กรมการผังเมือง และบุคลากรที่เกี่ยวข้องที่เกื้อหนุนข้อมูล และดำเนินการความสะดวกในการสำรวจภายในอาคาร

ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่างๆ พร้อมทั้งช่วยตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องที่ผิดพลาด จนสำเร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและยังให้กำลังใจต่อผู้วิจัยอย่างใกล้ชิดตลอดมา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้กำลังใจอย่างเต็มเปี่ยมจากคุณพ่อและคุณแม่

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

อานนท์ วิชรพาหะ

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	XI
สารบัญรูป.....	XII
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมา.....	3
1.2 วัตถุประสงค์.....	6
1.3 ขอบเขตงานวิจัย.....	6
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย.....	6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแสงสว่าง.....</b>	<b>11</b>
2.1 การมองเห็นและการรับรู้.....	12
2.2 พฤติกรรมของแสง.....	12
2.2.1 การดูดกลืน (Absorption).....	13
2.2.2 การสะท้อน (Reflection).....	14
2.2.3 การส่องผ่าน (Transmission).....	15
2.3 เกณฑ์การวัดแสงสว่าง (Measurement of Light).....	16
2.3.1 ปริมาณแสง (Luminous Flux ;F).....	16
2.3.3 โวลิดแองเกิล (Solid Angle).....	17
2.3.4 ความสว่าง(Illuminance;E ).....	17
2.3.5 การส่องสว่าง (Illumination).....	18
2.4 คุณสมบัติของแสง.....	18
2.4.1 ความส่องสว่าง (Luminance ,L).....	18
2.4.2 สัมประสิทธิ์การสะท้อนของวัสดุ(Reflectance;p).....	19
2.4.3 สัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสงของวัตถุ(Transmittance;T).....	19

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.4 ความเปรียบต่าง(Contrast).....	19
2.4.5 แสงบาดตา(Glare).....	20
2.4.6 ประสิทธิภาพของแสง หรือประสิทธิภาพ (Luminous Efficiency).....	21
2.5 แสงธรรมชาติ(Daylighting).....	21
2.5.1 ลักษณะทางกายภาพของแสงธรรมชาติ.....	21
2.5.2 สภาพท้องฟ้า.....	22
2.5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแสงธรรมชาติกับปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (The Relationship between and Solar Radiation).....	26
2.5.4 รูปแบบการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร.....	26
2.5.5 การประเมินผลเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ.....	30
2.6 แสงประดิษฐ์ (Electrical Lighting).....	38
2.6.1 การแบ่งประเภทของหลอดไฟฟ้า.....	39
2.6.2 อุณหภูมิสี (Color Temperature) .....	41
2.6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างและอุณหภูมิสี.....	42
2.6.4 ดัชนีความถูกต้องของสี (Color Rendering Index-CRI) .....	43
2.6.5 ดวงโคม.....	43
2.6.6 ประเภทของโคม.....	47
2.6.7 การออกแบบระบบแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร.....	54
<b>บทที่ 3 แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานโดยนำแสงธรรมชาติมาใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ.....</b>	<b>58</b>
3.1 การพิจารณาสภาพแวดล้อมของที่ตั้งอาคาร (Orientation Site Planning).....	59
3.1.1 การบังของอาคารหรือวัตถุใดๆข้างเคียง (Adjacent Building).....	61
3.1.2 เงาของวัตถุหรืออาคารข้างเคียง (Shadows) .....	63
3.1.3 สภาพแวดล้อมของพื้นที่ตั้งอาคาร.....	68
3.2 การพิจารณารูปแบบทางสถาปัตยกรรม.....	69
3.2.1 รูปแบบภายนอกของอาคาร.....	70
3.2.2 รูปแบบภายในอาคาร.....	73

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.3 สรุปการพิจารณารูปแบบทางสถาปัตยกรรม.....	77
3.3 การจัดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร.....	78
3.3.1 พื้นที่ส่วนแพสซีฟ (Passive Zone) .....	79
3.3.2 พื้นที่ส่วนกึ่งแพสซีฟ (Semi Passive Zone) .....	81
3.3.3 พื้นที่ส่วนควบคุม (Control Zone) .....	82
3.3.4 สรุปการจัดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร.....	82
3.4 แนวความคิดการออกแบบช่องเปิด.....	83
3.5 การเลือกใช้กระจกสำหรับอาคาร.....	88
3.5.1 ประเภทของกระจก.....	88
3.5.2 การพิจารณาเลือกใช้กระจกสำหรับอาคาร.....	94
3.5.3 สรุปแนวทางการเลือกใช้กระจกสำหรับการออกแบบอาคาร.....	95
3.6 การออกแบบอุปกรณ์บังแดด (Shading Device) .....	96
3.6.1 ประเภทของอุปกรณ์บังแดด.....	97
3.6.2 การพิจารณาคอนสแตนต์ของอุปกรณ์บังแดด.....	99
3.6.3 สรุปแนวทางการออกแบบอุปกรณ์บังแดด.....	104
3.7 การนำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่อาคาร.....	106
3.7.1 การพิจารณาปัญหาที่เกิดขึ้นในการออกแบบอาคาร.....	106
3.7.2 การเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร.....	107
3.7.3 การนำปริมาณแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่อาคาร.....	112
3.8 คุณภาพของแสงธรรมชาติภายในอาคาร.....	112
3.8.1 การนำอุปกรณ์ประกอบเพื่อควบคุมคุณภาพของแสง.....	113
3.8.2 สรุปคุณภาพของแสงธรรมชาติภายในอาคาร.....	115
3.9 แสงประดิษฐ์ในอาคารสำนักงาน.....	116
3.9.1 พื้นที่สำนักงานแบบเปิด.....	116
3.9.2 พื้นที่สำนักงานแบบกั้นคอก.....	117
3.9.3 ห้องสำนักงาน.....	117
3.9.4 ห้องประชุม.....	117
3.9.5 สวิตช์ปิดเปิดไฟสำนักงาน.....	118

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.9.6 การจัดโคมตามชนิดผนังเพดาน.....	118
<b>บทที่ 4 กรณีศึกษาอาคารตัวอย่าง.....</b>	<b>120</b>
4.1 ข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร.....	120
4.2 การศึกษาองค์ประกอบภายนอกอาคาร.....	121
4.2.1 ทิศทางการวางของอาคาร.....	121
4.2.2 สภาพแวดล้อมของอาคาร.....	122
4.2.3 พื้นที่ใช้สอยภายในของอาคาร.....	124
4.2.4 ช่องเปิดของอาคาร.....	140
4.2.5 แผงกันแดด.....	143
4.3 การศึกษาองค์ประกอบภายในของอาคาร.....	151
4.3.1 คุณสมบัติของวัสดุกรุผิว.....	151
4.3.2 ทิศทางและตำแหน่งห้อง.....	153
4.3.3 การจัดพื้นที่ภายในอาคาร.....	153
4.3.4 ลักษณะการใช้แสงสว่างภายในอาคาร.....	156
4.3.5 สรุปปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดของอาคาร.....	157
4.3.6 การทดสอบอาคารกรณีศึกษา.....	157
<b>บทที่ 5 แนวทางการปรับปรุงอาคาร</b>	
5.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้งานแสงธรรมชาติภายในอาคารกรณีศึกษา.....	192
5.2 การวิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงอาคาร.....	194
5.2.1 การพิจารณาสภาพแวดล้อมของอาคาร.....	194
5.2.2 การพิจารณารูปแบบทางสถาปัตยกรรมของอาคารกรณีศึกษา.....	202
5.2.3 การวิเคราะห์พื้นที่ใช้สอยภายในอาคารกรณีศึกษา.....	206
5.2.4 การวิเคราะห์ช่องเปิดของอาคาร.....	208
5.2.5 การวิเคราะห์อุปกรณ์บังแดด.....	208
5.3 รูปแบบการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา.....	211
5.3.1 การปรับปรุงอาคารแนวทางที่1.....	211

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.3.2 การปรับปรุงอาคารแนวทางที่2.....	212
5.3.3 การปรับปรุงอาคารแนวทางที่3.....	213
5.4 การประเมินระดับความสว่างของแสงธรรมชาติจากการปรับปรุงอาคาร.....	216
5.4.1 การเตรียมการประเมินผลของแสงธรรมชาติภายในอาคาร.....	217
5.4.2 การประเมินผล.....	220
5.5 สรุปผลการประเมินผลความสว่างภายในอาคารที่ถูกปรับปรุง.....	244
5.6 ผลลัพธ์ที่มีต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าโดยรวมจากการนำแสงธรรมชาติมาใช้.....	246
<b>บทที่6 บทสรุป.....</b>	<b>249</b>
<b>บรรณานุกรม.....</b>	<b>252</b>
<b>ภาคผนวก ก. ....</b>	<b>255</b>
<b>ภาคผนวก ข. ....</b>	<b>264</b>
<b>ประวัติผู้เขียน.....</b>	<b>280</b>

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงค่าเฉลี่ยของการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์(วัตต์/ตารางเมตร) ของกรุงเทพฯรายชั่วโมงช่วงระยะเวลาปี.....	3
3.1 แสดงการสรุปคุณสมบัติโดยรวมของกระจกที่ใช้สำหรับอาคาร.....	92
3.2 แสดงค่าการส่องผ่านของแสงของกระจกประเภทต่างๆ.....	93
3.3 แสดงค่าCorrection Factor ของกระจกชนิดต่าง.....	95
3.4 แสดงให้เห็นถึงมุมมองของดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆที่เกี่ยวข้องกับอาคารด้าน ทิศเหนือและทิศใต้.....	103
4.1 แสดงรายละเอียดของโครงสร้างผนังทึบของอาคารกรณีศึกษา.....	125
4.2 แสดงถึงรายละเอียดของช่องเปิดของอาคารกรณีศึกษา.....	142
4.3 แสดงค่าเฉลี่ยการป้องกันแสงของอุปกรณ์บังแดดด้านเหนือของอาคาร.....	148
4.4 แสดงค่าเฉลี่ยการป้องกันแสงของอุปกรณ์บังแดดด้านใต้ของอาคาร.....	149
4.5 สรุปปริมาณแสงประดิษฐ์ทั้งหมดของอาคารกรณีศึกษา.....	156
5.1 แสดงค่าของปริมาณแสงที่เกิดขึ้นภายนอกและภายในอาคารจากการทดสอบ ในช่วงระยะเวลาต่างๆการปรับปรุงอาคารแนวที่1.....	223
5.2 แสดงค่าของปริมาณแสงที่เกิดขึ้นภายนอกและภายในอาคารจากการทดสอบ ในช่วงระยะเวลา ต่างๆการปรับปรุงอาคารแนวที่2.....	228
5.3 แสดงค่าของปริมาณแสงที่เกิดขึ้นภายนอกและภายในอาคารจากการทดสอบ ในช่วงระยะเวลา ต่างๆการปรับปรุงอาคารแนวที่3.....	233
5.4 ค่าความถี่แสงระดับความสว่างแนวระนาบ จากการกระจายรังสี กรุงเทพฯ	

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงผังความสัมพันธ์ของการทำงานของแสงธรรมชาติกับงานสถาปัตยกรรม ในยุคสมัยต่างๆ.....	2
1.2 แสดงให้รูปแบบของอาคารสำนักงานจากการพิจารณาในแง่ของอิทธิพล จากแสงธรรมชาติ.....	4
2.1 แสดงลักษณะสเปกตรัมของพลังงานต่างๆ.....	11
2.2 แสดงหน้าตัดของลูกนัยน์ตา.....	12
2.3 แสดงพฤติกรรมของเส้นในรูปแบบของการดูตกเส้น.....	13
2.4 แสดงลักษณะการสะท้อนของแสงแบบกระจกเงา.....	14
2.5 แสดงลักษณะการสะท้อนแสงแบบกระจายโดยผสมผสานกันระหว่าง -การกระจายแสงเท่ากันทุกมุมสะท้อน -การสะท้อนแบบกระจัดกระจาย.....	14
2.6 แสดงการส่องผ่านของแสงผ่านตัวกลางโปร่งใส แล้วเกิดการหักเหของแสง.....	14
2.7 แสดงการส่องผ่านของแสงผ่านตัวกลางโปร่งแสง.....	16
2.8 แสดงความสัมพันธ์ของความส่องสว่าง.....	18
2.9 แสดงลักษณะความสว่างของวัตถุเมื่อเทียบกับสภาพแวดล้อม.....	20
2.10 แสดงท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมทั้งหมด (overcast Sky).....	23
2.11 แสดงท้องฟ้าแบบโปร่ง (Clear Sky).....	24
2.12 แสดงลักษณะแสงธรรมชาติทางด้านข้างของอาคาร.....	27
2.13 แสดงลักษณะแสงธรรมชาติทางด้านบนของอาคาร.....	28
2.14 แสดงลักษณะของปริมาณแสงภายในอาคารที่เกิดจาก แสงธรรมชาติจากช่องเปิด ด้านบนของ อาคาร และแสงธรรมชาติที่ผ่านช่องเปิดทางด้านข้างของอาคาร.....	29
2.15 แสดงลักษณะองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับวิธีการ DF.....	31
2.16 แสดงลักษณะของการคำนวณปริมาณความสว่างโดยใช้วิธี B.R.S.....	32
2.17 แสดงลักษณะมุมการบังของอาคารข้างเคียงตามวิธีการคำนวณแบบ C.I.E.....	33
2.18 แสดงลักษณะขององค์ประกอบในการคำนวณวิธีลูเมน.....	35
2.19 แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งอ้างอิงที่ใช้สำหรับวัดปริมาณความสว่างของแสง.....	35
2.20 แสดงลักษณะการประเมินผลโดยใช้ Lightscape.....	38

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.21 แสดงการแบ่งประเภทของหลอด.....	39
2.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่าง(Lux) และอุณหภูมิสี(K) .....	42
2.23 แสดงชนิดของดวงโคมที่มีรูปแบบตามประเภทของหลอดไฟ.....	43
2.24 แสดงชนิดของดวงโคมซึ่งแบ่งตามลักษณะการติดตั้ง.....	44
2.25 แสดงชนิดของดวงโคมตามลักษณะการใช้งาน.....	44
2.26 แสดงลักษณะของดวงโคมชนิดกระจายแสงลง.....	45
2.27 แสดงลักษณะการให้แสงกึ่งกระจายแสงลง.....	46
2.28 แสดงลักษณะการกระจายแสงรอบด้านหรือกระจายแสงแบบขึ้นลง.....	46
2.29 แสดงลักษณะดวงโคมชนิดกึ่งกระจายแสงขึ้น.....	47
2.30 แสดงลักษณะดวงโคมชนิดกระจายแสงขึ้น.....	47
2.31 แสดงให้เห็นลักษณะของโคมไฟส่องลง.....	48
2.32 แสดงลักษณะของหลอดฮาโลเจนแรงดัน.....	49
2.33 แสดงแสงที่ได้จากโคมไฟส่องลงและโคมไฟสาดกำแพง.....	50
2.34 แสดงลักษณะของโคมไฟฟลูออเรสเซนต์แบบครีป.....	52
2.35 แสดงโคมไฟฟลูออเรสเซนต์แบบตัวสะท้อนแสงอะลูมิเนียม.....	52
2.36 แสดงรูปแบบช่องเซลล์ไฟฟ้าแบบตัวสะท้อนแสงอะลูมิเนียม.....	53
2.37 แสดงลักษณะโคมไฟฟลูออเรสเซนต์แบบหลอดเปลือย.....	54
2.38 แสดงรูปประกอบการคำนวณการส่องสว่างแบบจุดต่อจุด.....	56
2.39 แสดงตัวอย่างของกราฟกระจายแสงของโคม.....	57
3.1 ลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนธันวาคม มีทิศทางอ้อมไปทางทิศใต้มากที่สุด.....	60
3.2 ลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนมิถุนายน มีทิศทางอ้อมไปทางทิศเหนือมากที่สุด.....	60
3.3 แสดงให้เห็นถึงการมีวัตถุข้างเคียงอยู่ในบริเวณที่ตั้งอาคาร.....	61
3.4 แสดงให้เห็นถึงการมีวัตถุเคียงอยู่ในบริเวณที่ตั้งอาคารโดยมีระยะใกล้กับช่องเปิด.....	62
3.5 แสดงให้เห็นถึงผังของอาคารและตำแหน่งของอาคารหรือวัตถุข้างเคียงที่มีผลกระทบต่อช่องเปิดของอาคารในแนวระนาบ.....	63

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.6 มุมเงยของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่ออาคารและมีผลต่อเงาที่เกิดขึ้นจากอาคาร.....	64
3.7 แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างเงาที่เกิดขึ้นของอาคารข้างเคียงในช่วงเวลาต่างๆเดือนธันวาคม เวลา 9.00-16.00น. ....	65
3.8 แสดงให้เห็นถึงลักษณะการสะท้อนแสงของพื้นเข้าสู่อาคาร.....	66
3.9 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของการสะท้อนแสงของพื้นที่ภายนอกอาคาร.....	67
3.10 แสดงถึงระยะของพื้นที่ภายนอกอาคารที่มีผลต่อการสะท้อนแสงเข้าสู่อาคาร.....	68
3.11 แสดงภาพรวมของสภาพแวดล้อมของการออกแบบอาคารสำนักงานในแง่การใช้งาน แสงธรรมชาติ.....	69
3.12 แสดงการเปรียบเทียบรูปทรง(แบบแปลน)พื้นฐานของอาคารทั้ง 3 แบบ.....	71
3.13 แสดงให้เห็นถึงอัตราของปริมาณแสงธรรมชาติภายในเทียบกับภายนอกอาคาร.....	72
3.14 เมื่อรูปทรงของอาคารแคบลงสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้โดยไม่ต้องอาศัย แสงประดิษฐ์.....	72
3.15 แสดงระยะความสูงของห้องกับการกระจายของแสงภายในอาคารเมื่อ H แทนค่าความสูง ของระดับห้องจากพื้นถึงฝ้าเพดาน.....	74
3.16 แสดงลักษณะการกระจายแสงของฝ้าเพดาน.....	75
3.17 แสดงความจำที่เกิดขึ้นจากผนังอาคาร.....	76
3.18 แสดงความส่องสว่างหรือความจำที่เกิดจากพื้นของอาคาร.....	77
3.19 แสดงภาพรวมของรูปทรงพื้นฐานของอาคารที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายใน อาคาร.....	78
3.20 แสดงลักษณะผังของอาคาร(แปลน)พื้นที่ใช้งานตามลักษณะการใช้งานของแสง.....	79
3.21 แสดงตัวอย่างการแบ่งพื้นที่ทำงานจากความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมภายในอาคาร และพื้นที่จากการใช้แสงภายในอาคารสำนักงาน.....	83
3.22 แสดงความสูงของหน้าต่างที่มีผลต่อองค์ประกอบท้องฟ้าที่ผ่านเข้ามาในอาคาร.....	84
3.23 แสดงความจำหรือความส่องสว่างที่เกิดขึ้นบนพื้นที่ทำงานและพื้นที่ห้อง.....	85
3.24 แสดงการหาค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่อาคารในระดับช่องเปิดที่ แตกต่างกัน.....	86

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.25 แสดงการเปรียบเทียบของค่า เคยไลท์แฟคเตอร์ ภายในอาคารระยะ3.00เมตร ของช่องเปิดที่มีระยะแตกต่างกัน.....	88
3.26 แสดงรูปแบบตัวอย่างของอุปกรณ์บังแดดแนวนอน.....	97
3.27 แสดงรูปแบบตัวอย่างอุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง.....	98
3.28 แสดงรูปแบบตัวอย่างอุปกรณ์บังแดดแบบตาราง.....	99
3.29 แสดงให้เห็นถึงระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดที่มีผลต่อองค์ประกอบแสงภายนอก ที่เข้าสู่อาคาร.....	100
3.30 แสดงรูปแบบการคำนวณหาค่าอัตราปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่อาคาร วิธี B.R.S. ....	101
3.31 แสดงระยะที่เกิดการบังองค์ประกอบท้องฟ้าจากอุปกรณ์บังแดด.....	101
3.32 แสดงการเปรียบเทียบค่าอัตราปริมาณแสงภายในอาคารโดยมีระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด ระยะต่างๆ.....	103
3.33 แสดงให้เห็นถึงปัญหาสำคัญที่ทำให้ปริมาณแสงธรรมชาติผ่านเข้ามาภายใน อาคารน้อยลง.....	107
3.34 แสดงให้เห็นถึงอุปกรณ์บังแดดที่ช่วยเพิ่มการกระจายแสงเข้าสู่อาคาร.....	108
3.35 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของวัสดุที่ใช้เป็นหิ้งสะท้อนแสง.....	109
3.36 แสดงการเปรียบเทียบอัตราของแสงธรรมชาติที่เข้ามาตามลักษณะต่างๆของ หิ้งสะท้อนแสง.....	110
3.37 การนำเสนอแผ่นสะท้อนแสง ที่ทำหน้าที่ชดเชยการสะท้อนแสงของพื้นภายนอกอาคาร....	112
3.38 แสดงรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดประเภทเกล็ด.....	114
3.39 แสดงการเปรียบเทียบอัตราของปริมาณแสงที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคาร.....	114
3.40 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความสว่างภายในอาคารเมื่อใช้วัสดุที่มีมุมต่างกัน.....	115
3.41 แสดงการให้แสงสว่างในพื้นที่สำนักงานแบบเปิด.....	117
3.42 แสดงตัวอย่างการให้แสงในห้องประชุม.....	118
3.43 แสดงรูปแบบการวางโคมบนฝ้าเพดานประเภทต่างๆในความส่องสว่างใกล้เคียงกัน.....	119
4.1 แสดงให้เห็นทิศทางการจัดวางผังของอาคารกรณีศึกษา.....	122
4.2 แสดงให้เห็นสภาพแวดล้อมโดยรวมของอาคารในทิศทางต่างๆ.....	123

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 แสดงให้เห็นลักษณะภาพรวมของอาคารกรณีศึกษา.....	125
4.4 ผังพื้นที่ชั้น1.....	127
4.5 ผังพื้นที่ชั้นลอย.....	128
4.6 ผังพื้นที่ชั้น2.....	129
4.7 ผังพื้นที่ชั้น3.....	130
4.8 ผังพื้นที่ชั้น4-14.....	131
4.9 ผังพื้นที่ชั้น15.....	132
4.10 รูปตัด1-1.....	133
4.11 รูปตัด2-2.....	134
4.12 รูปด้านอาคารด้านทิศใต้.....	135
4.13 รูปด้านอาคารด้านทิศตะวันออก.....	136
4.14 รูปด้านอาคารด้านทิศเหนือ.....	137
4.15 รูปด้านอาคารด้านทิศตะวันตก.....	138
4.16 ทศนิยมภาพของอาคาร.....	139
4.17 แสดงรูปแบบช่องเปิดของอาคารกรณีศึกษาด้านทิศเหนือ.....	140
4.18 แสดงรูปแบบช่องเปิดของอาคารกรณีศึกษาด้านทิศตะวันออก.....	141
4.19 แสดงรูปแบบช่องเปิดของอาคารกรณีศึกษาด้านทิศตะวันตก.....	142
4.20 แสดงรูปแบบช่องเปิดของอาคารกรณีศึกษาด้านทิศใต้.....	142
4.21 แสดงลักษณะของแผงกันแดดในส่วนสำนักงานของอาคารกรณีศึกษา.....	144
4.22 แสดงประสิทธิภาพการป้องกันแสงตรงของดวงอาทิตย์ของอุปกรณ์บังแดดด้าน เหนือของอาคารกรณีศึกษาเดือนมีนาคมและเดือนมิถุนายน.....	145
4.23 แสดงประสิทธิภาพการป้องกันแสงตรงของดวงอาทิตย์ของอุปกรณ์บังแดด ด้านทิศเหนือของอาคารกรณีศึกษาเดือนกันยายนและเดือนธันวาคม.....	146
4.24 แสดงประสิทธิภาพการป้องกันแสงตรงของดวงอาทิตย์ของอุปกรณ์บังแดดด้าน ทิศใต้ของอาคารกรณีศึกษาเดือนมีนาคมและเดือนมิถุนายน.....	147
4.25 แสดงประสิทธิภาพการป้องกันแสงตรงของดวงอาทิตย์ของอุปกรณ์บังแดด ด้านทิศใต้ของอาคารกรณีศึกษาเดือนกันยายนและเดือนธันวาคม.....	148

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.26 แสดงลักษณะของพื้นที่อาคารในส่วนสำนักงานของอาคารกรณีศึกษา.....	152
4.27 แสดงรูปแบบของฝ้าเพดานในส่วนสำนักงานของอาคารกรณีศึกษา.....	153
4.28 แสดงลักษณะพื้นที่ภายในส่วนสำนักงาน.....	154
4.29 แสดงลักษณะการจัดผังสำนักงานตามรูปแบบมาตรฐาน.....	155
4.30 แสดงลักษณะการใช้แสงภายในอาคาร.....	156
4.31 แสดงแผนภูมิการใช้พลังงานภายในอาคาร.....	160
4.32 แสดงปริมาณความสว่างเฉลี่ยภายในอาคารด้านทิศใต้(ซ้าย)และทิศเหนือของอาคาร เดือน มิถุนายน 2542 เวลาทดสอบ 10:00น.ปริมาณแสงด้านนอก 28230 ลักซ์.....	161
4.33 แสดงค่าเฉลี่ยไลท์แฟคเตอร์(Daylight Factor)ของอาคารด้านทิศเหนือ.....	162
4.34 แสดงค่าเฉลี่ยไลท์แฟคเตอร์(Daylight Factor)ของอาคารด้านทิศใต้.....	162
4.35 แสดงการเปรียบเทียบอัตราปริมาณความสว่างภายในอาคารที่ลดลงตาม การบังของอาคารข้างเคียง.....	167
4.36 กราฟแสดงค่า DF จากการคำนวณโดยใช้วิธี BRS.....	172
4.37 ปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารเทียบเป็นค่า เฉลี่ยไลท์แฟคเตอร์ จากการคำนวณ โดยใช้วิธีลูเมน.....	176
4.38 แสดงลักษณะของหุ่นจำลอง3มิติของอาคารกรณีศึกษาในคอมพิวเตอร์.....	177
4.39 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของอาคารก่อนทำการปรับปรุง ของเดือนมกราคม.....	178
4.40 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของอาคารก่อนทำการปรับปรุง ของเดือนกุมภาพันธ์.....	179
4.41 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของอาคารก่อนทำการปรับปรุง ของเดือนมีนาคม.....	180
4.42 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของอาคารก่อนทำการปรับปรุง ของเดือนเมษายน.....	181
4.43 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของอาคารก่อนทำการปรับปรุง ของเดือนพฤษภาคม.....	182

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.44 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของอาคารก่อนทำการปรับปรุง ของเดือนมิถุนายน.....	183
4.45 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของอาคารก่อนทำการปรับปรุง ของเดือนกรกฎาคม.....	184
4.46 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของอาคารก่อนทำการปรับปรุง ของเดือนสิงหาคม.....	185
4.47 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของอาคารก่อนทำการปรับปรุง ของเดือนกันยายน.....	186
4.48 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของอาคารก่อนทำการปรับปรุง ของเดือนตุลาคม.....	187
4.49 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของอาคารก่อนทำการปรับปรุง ของเดือนพฤศจิกายน.....	188
4.50 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของอาคารก่อนทำการปรับปรุง ของเดือนธันวาคม.....	189
4.51 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF จากวิธีการประเมินผลในรูปแบบต่างๆ.....	191
5.1 แสดงให้เห็นถึงปริมาณความสว่างของแสงที่มีผลให้ความภายในอาคารแตกต่างกัน...	193
5.2 แสดงสภาพแวดล้อมของอาคารกรณีศึกษา.....	195
5.3 แสดงลักษณะการบังจากอาคารข้างเคียงของอาคารกรณีศึกษา.....	196
5.4 แสดงตัวอย่างเงาของอาคารข้างเคียงที่ตกกระทบกับอาคารกรณีศึกษาตามทิศทางของดวง อาทิตย์.....	198
5.5 แสดงเงาที่เกิดจากอาคารข้างเคียงที่มีผลต่ออาคารกรณีศึกษาตามช่วงเวลาต่างๆในช่วงวัน เดือนมิถุนายน(การโคจรของดวงอาทิตย์ อ้อมทางทิศเหนือมากที่สุดในรอบปี) .....	199

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.6 แสดงเงาที่เกิดจากอาคารข้างเคียงที่มีผลต่ออาคารกรณีศึกษาตามช่วงเวลาต่างๆในช่วง 1 วัน เดือนธันวาคม(การโคจรของดวงอาทิตย์ อ้อมทางทิศใต้มากที่สุดในรอบปี) .....	200
5.7 แสดงแนวความคิดในการออกแบบปรับปรุงอาคารโดยพิจารณาจากสภาพแวดล้อมของอาคารโดยเพิ่มแผงสะท้อนแสงเพื่อเป็นเสมือนกับการสะท้อนของพื้นที่ผิวภายนอกอาคาร.....	202
5.8 แสดงการวิเคราะห์รูปทรงของอาคารกรณีศึกษา ด้านทิศเหนือในแง่ของการใช้งานแสงธรรมชาติภายในอาคาร.....	203
5.9 แสดงการวิเคราะห์รูปทรงของอาคารกรณีศึกษาด้านทิศใต้ ในแง่ของการใช้งานแสงธรรมชาติภายในอาคาร.....	204
5.10 แสดงการแบ่งพื้นที่ทำงานภายในอาคารกรณีศึกษากับพื้นที่การใช้แสงสว่าง.....	206
5.11 แสดงการปรับปรุงพื้นที่ทำงานภายในอาคารกรณีศึกษาให้สัมพันธ์กับพื้นที่การใช้แสงสว่าง .....	207
5.12 แสดงให้เห็นการเปรียบเทียบปริมาณแสงภายในอาคารกรณีศึกษาจากการทดสอบจากอาคารจริง(A)และการคำนวณโดยวิธีลูเมน (B)ซึ่งไม่นำอุปกรณ์บังแดดมาพิจารณา.....	209
5.13 แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การใช้งานของแสงธรรมชาติภายในอาคารกรณีศึกษา เมื่อพิจารณาถึงข้อปัญหาที่เกิดจากอุปกรณ์บังแดด.....	209
5.14 แสดงแนวความคิดในการออกแบบปรับปรุงอุปกรณ์บังแดดให้ช่วยเพิ่มแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคาร โดยใช้คุณสมบัติของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelf) .....	211
5.15 แสดงลักษณะด้านของอาคาร จากแนวทางการปรับปรุงอาคารที่ 2 และ 3.....	213
5.16 แสดงรูปด้านหน้าของอาคารตามแนวทางการปรับปรุงที่ 2 และ 3.....	214
5.17 รูปตัดอาคารแนวทางการปรับปรุงที่ 2.....	215
5.18 รูปตัดอาคารแนวทางการปรับปรุงที่ 3.....	215
5.19 แสดงการเปรียบเทียบของวิธีการประเมินผลของแสงธรรมชาติภายในอาคารวิธีต่างๆ .....	216
5.20 แสดงตำแหน่งการวัดแสงภายในอาคารที่ถูกปรับปรุง.....	217
5.21 แสดงให้เห็นการปรับค่าสภาพท้องฟ้าตามมาตรฐาน IES.....	218
5.22 แสดงการปรับค่าตำแหน่งและสถานที่สำหรับประเมินผลให้เหมือนกับสภาพความเป็นจริง.....	219

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.23 แสดงการปรับช่วงเวลาและเดือนที่ใช้ในการประเมินผล.....	219
5.24 แสดงลักษณะการประเมินผลปริมาณความสว่างจาก Lightscape.....	220
5.25 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 1 เดือนมีนาคม.....	221
5.26 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 1 เดือนมิถุนายน.....	222
5.27 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 1 เดือนกันยายน.....	223
5.28 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 1 เดือนธันวาคม.....	224
5.29 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 2 เดือนมีนาคม.....	226
5.30 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 2 เดือนมิถุนายน.....	227
5.31 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 2 เดือนกันยายน.....	228
5.32 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 2 เดือนธันวาคม.....	229
5.33 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 3 เดือนมีนาคม.....	231
5.34 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 3 เดือนมิถุนายน.....	232
5.35 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 3 เดือนกันยายน.....	233
5.36 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 3 เดือนธันวาคม.....	234
5.37 แสดงการเปรียบเทียบค่า DFเฉลี่ยของอาคาร ตามประเภทของรูปแบบการปรับปรุงอาคาร.....	236

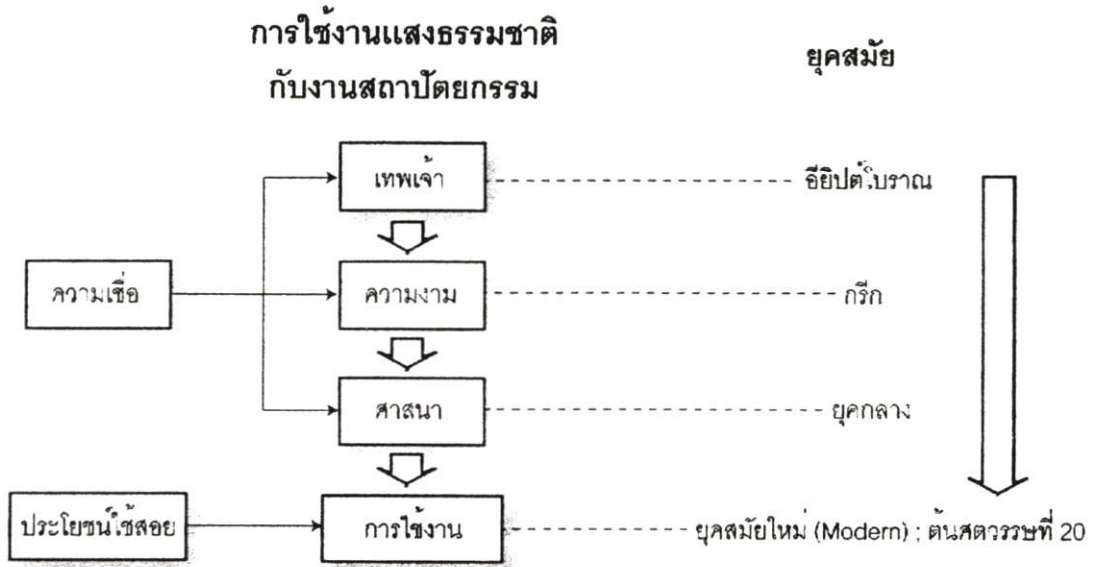
# บทที่ 1

## บทนำ

การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้เป็นความสว่างภายในอาคารสำนักงาน มีจุดประสงค์เพื่อที่จะลดปริมาณการใช้แสงประดิษฐ์ภายในอาคาร เพื่อช่วยในการประหยัดพลังงานโดยรวมของอาคาร เนื่องจากแสงธรรมชาติเป็นพลังงานที่สามารถนำมาใช้ได้โดยที่ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสำหรับพลังงานและไม่สิ้นเปลืองทรัพยากรของโลก แสงธรรมชาติเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพและปริมาณความสว่างสูง ซึ่งแสงธรรมชาติ (ในที่นี้ไม่ได้หมายถึงแสงตรงจากดวงอาทิตย์) เมื่อเทียบกับแสงประดิษฐ์ในปริมาณความสว่างที่เท่าเทียมกัน ความร้อนที่เกิดจากหลอดประดิษฐ์มีปริมาณสูงกว่าแสงธรรมชาติเสียอีก ซึ่งจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพของแสงธรรมชาตินั้นสูงกว่าแสงประดิษฐ์ ดังนั้นในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจ แต่จุดที่สำคัญที่สุดนั้นอยู่ที่ว่าในการนำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้ามาใช้ภายในอาคารนั้นต้องมีการศึกษา วิเคราะห์ข้อมูล และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีเนื้อหาในการสรุปแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานเพื่อนำแสงธรรมชาติไปใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการนำเสนอในรูปแบบของกราฟฟิคและรูปภาพเพื่อให้ง่ายแก่การเข้าใจ เนื่องจากแสงธรรมชาติมีเนื้อหาที่ซับซ้อนและทำความเข้าใจได้ยาก

แสง เป็นองค์ประกอบหนึ่งซึ่งสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ มนุษย์มีความต้องการใช้แสงเพื่อเพิ่มความชัดเจนในการรับรู้เรื่องราวที่เกิดขึ้นต่อสภาพแวดล้อม ความสว่างเป็นคุณสมบัติหนึ่งของแสง ปริมาณความสว่างของแสงมีผลต่อการรับรู้ทางด้านจิตวิทยาของมนุษย์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อความรู้สึกและอารมณ์ของมนุษย์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการตอบสนองของแต่ละบุคคลซึ่งมีความต้องการปริมาณแสงสว่างแตกต่างกันไป ความสว่างจากแสงอาทิตย์ในช่วงเวลากลางวันเป็นองค์ประกอบสำคัญสำหรับการกำหนดรูปแบบดำเนินกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์นับตั้งแต่อดีตกาล ช่วงเวลากลางคืนปราศจากความสว่างจากแสงอาทิตย์ กิจกรรมของมนุษย์มีการเปลี่ยนแปลงไปจากช่วงเวลากลางวัน มนุษย์มีความต้องการที่ประดิษฐ์แสงสว่าง เพื่อใช้ทดแทนความสว่างจากแสงอาทิตย์สำหรับช่วงเวลากลางคืนหรือสถานที่ที่มีความสว่างไม่เพียงพอ โดยเริ่มตั้งแต่การก่อกองไฟ จุดคบเพลิง และมีวิวัฒนาการมาถึงการประดิษฐ์หลอดไฟฟ้าจนมาถึงในยุคปัจจุบัน

แสงธรรมชาติกับงานสถาปัตยกรรมเป็นสิ่งที่ควบคู่กันนับตั้งแต่อดีตกาล แสงธรรมชาตินั้นมีบทบาทเป็นตัวกลางเชื่อมโยงระหว่างมนุษย์และงานสถาปัตยกรรมหลายแนวทาง เช่นด้านความเชื่อ และด้านความงามเป็นต้นตามยุคสมัยนั้นๆ



**รูปที่ 1.1** แสดงผังความสัมพันธ์ของการใช้งานแสงธรรมชาติดกับงานสถาปัตยกรรมในยุคสมัยต่างๆ

จากผังแสดงการวิวัฒนาการของการใช้แสงธรรมชาติดกับงานสถาปัตยกรรม จะเห็นได้ว่าในยุคสมัยอดีต ความต้องการในการใช้แสงธรรมชาติสำหรับงานสถาปัตยกรรมมีความแตกต่างกับลักษณะการใช้งานในยุคปัจจุบัน ซึ่งสมัยก่อนการใช้งานของแสงธรรมชาติดกับงานสถาปัตยกรรมมีลักษณะความเชื่อของมนุษย์เข้ามาเกี่ยวข้องตามแต่ยุคสมัย ซึ่งสื่อถึงความศักดิ์สิทธิ์และศรัทธาต่อสิ่งที่มีอิทธิพลต่อมนุษย์ในยุคสมัยนั้นๆ จนกระทั่งแนวความคิดเกี่ยวกับแสงธรรมชาติดกับงานสถาปัตยกรรมเริ่มเปลี่ยนแปลงในยุคสถาปัตยกรรมสมัยใหม่ (Modern Architecture) ซึ่งตรงกับช่วงเวลาต้นยุคศตวรรษที่ 20 ความเชื่อของแสงธรรมชาติในบทบาทของความเชื่อทางศาสนา และเทพเจ้าเริ่มลดน้อยลง โดยมีแนวความคิดที่เน้นถึงประโยชน์ใช้สอยเข้ามาแทน ซึ่งจัดเป็นยุคของการปฏิวัติสำหรับแสงธรรมชาติดกับงานสถาปัตยกรรมครั้งใหญ่ โดยมีการให้ความสำคัญต่อปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติที่เหมาะสมต่อการใช้งานของพื้นที่ของงานสถาปัตยกรรมนั้นๆ

ในยุคปัจจุบันเริ่มให้ความสำคัญต่อแสงธรรมชาติ ในบทบาทของปริมาณความสว่างของพื้นที่ใช้งานภายในอาคารมากขึ้น ซึ่งช่วยลดพลังงานจากการใช้แสงประดิษฐ์ของอาคาร และแสงธรรมชาติเปรียบเสมือนตัวกลางเชื่อมความรู้สึกและการมองเห็น ระหว่างที่ว่างภายในอาคารกับสิ่งแวดล้อมภายนอกอาคารซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงกับผู้ใช้อาคาร แต่ในการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารต้องพิจารณาถึงปัญหาที่ตามมา แสงตรงที่มาจากดวงอาทิตย์ส่งผลให้เกิดปริมาณความร้อนสะสมภายในอาคาร ซึ่งเป็นปัญหาโดยตรงต่อการให้พลังงานภายในอาคารและผู้ใช้อาคาร ดังนั้นในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารเพื่อประโยชน์ในการใช้สอย ต้องมีการศึกษาและ

วิเคราะห์ในส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติ เพื่อนำมาประยุกต์ในการออกแบบอาคารที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

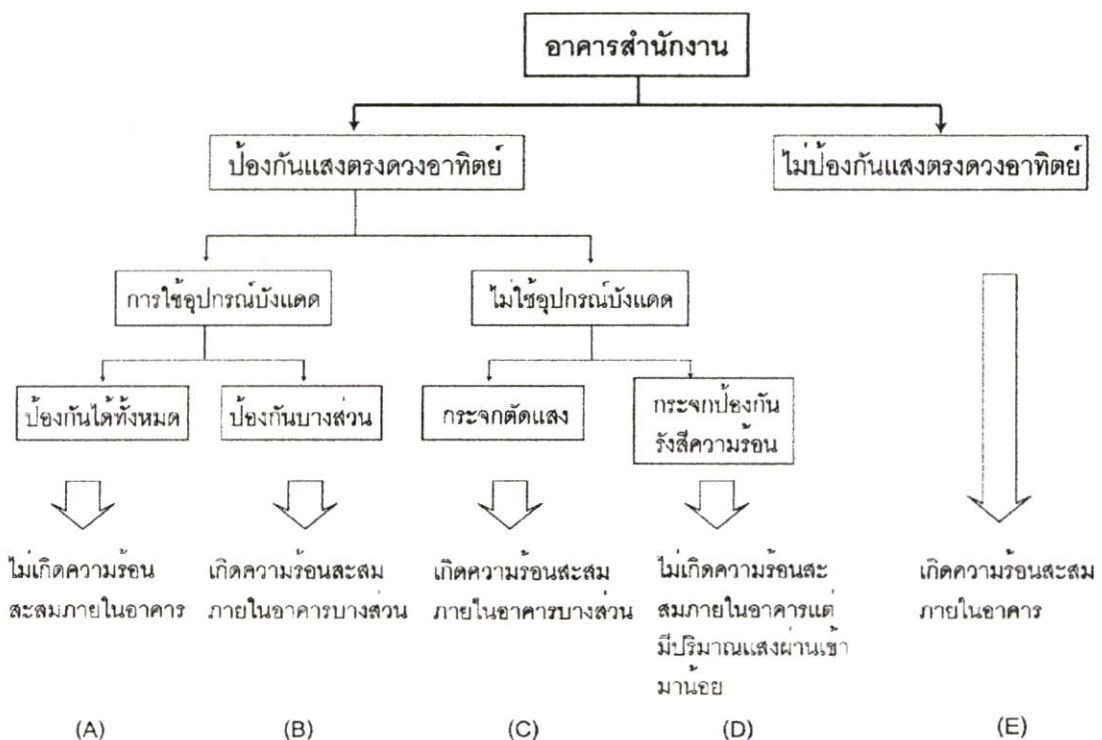
## 1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบัน อาคารสำนักงานมีค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานมีค่าสูงมาก ซึ่งเปอร์เซ็นต์ส่วนใหญ่จากการใช้พลังงานทั้งหมดของอาคาร จากข้อมูลของกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานระบุว่า อาคารสำนักงานมีการใช้พลังงานสำหรับการปรับอากาศสูงถึง 60 % และพลังงานจากการใช้แสงสว่าง 20 % ซึ่งจะเห็นได้ว่าอาคารสำนักงานส่วนใหญ่ให้ความสำคัญกับการปรับอากาศมากที่สุด และการใช้พลังงานจากแสงประดิษฐ์เป็นส่วนสำคัญรองลงมา และยังมีการใช้พลังงานอย่างอื่นมีการใช้ปริมาณอย่างละไม่สูงมากนัก จากข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารสำนักงาน การใช้พลังงานจากการปรับอากาศมีค่าสูงแสดงให้เห็นถึงค่าความร้อนที่เข้าสู่อาคาร และเป็นความร้อนที่มาจากแสงอาทิตย์

**ตารางที่ 1.1** แสดงค่าเฉลี่ยของการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ (วัตต์/ตารางเมตร) ของกรุงเทพฯ รายชั่วโมงช่วงระยะเวลา 1 ปี  
(ที่มา ; Dr. Surapong Chirarattananon and Mr. Pipat Chaiwiwatworakul, *A Technical Report of a Research Project on Station Investigation of Daylighting*, Asian Institute of Technology, 2001.)

เวลา	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
6:00	0	1.50	32.78	28.13	26.96	36.58	52.77	25.25	52.00	5.20	0	0
7:00	93.54	67.66	111.94	139.39	94.84	190.47	222.64	81.83	171.02	113.29	96.83	117.92
8:00	199.52	205.20	306.10	362.50	175.39	289.87	322.31	183.78	339.46	252.95	278.32	294.11
9:00	384.04	378.71	435.85	455.62	254.34	373.99	331.99	283.84	394.72	322.13	437.03	420.87
10:00	502.89	475.67	455.85	512.14	398.84	457.59	370.48	364.91	397.13	403.09	436.43	532.35
11:00	501.91	451.30	486.63	521.31	313.36	437.16	393.88	328.85	377.55	365.96	506.16	543.59
12:00	500.15	485.24	503.27	533.23	312.74	372.85	393.94	279.27	407.28	342.97	524.33	555.37
13:00	400.73	485.49	463.14	549.04	261.63	301.21	396.63	238.85	404.43	331.37	427.72	567.64
14:00	375.71	749.80	424.35	505.36	307.48	267.72	411.08	193.98	342.06	323.79	423.98	498.47
15:00	276.70	662.11	390.85	437.05	282.04	224.63	305.45	161.55	277.43	247.38	309.75	396.86
16:00	216.43	263.65	324.48	306.30	258.09	155.89	257.98	102.75	204.22	148.56	211.95	251.88
17:00	87.91	93.81	148.85	125.39	155.46	87.25	173.04	48.48	95.26	66.11	78.48	100.36
18:00	0	16.47	36.94	38.25	59.68	13.98	45.48	4.10	20.49	68.00	0	0

จากตารางที่ 1.1 แสดงให้เห็นว่าในแต่ละวันมีการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งมีผลกระทบต่อความร้อนที่เข้าไปสะสมภายในอาคาร ซึ่งทำให้ภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ มีการทำงานที่หนักขึ้น ซึ่งส่งผลถึงการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเป็นการใช้พลังงานสำหรับการปรับอากาศเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้ส่วนใหญ่มีเหตุผลมาจากมาตรฐานการออกแบบอาคาร สำนักงานที่ไม่มีการวิเคราะห์ในส่วนนี้เพียงพอ อาคารสำนักงานส่วนใหญ่มีการออกแบบให้มีลักษณะเป็นผนังกระจกตัดแสง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วรังสีความร้อนที่มาจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์สามารถทะลุผ่านเข้ามาได้บางส่วน แล้วก่อให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคารได้ แต่การใช้กระจกประเภทนี้ทำให้แสงสว่างจากธรรมชาติส่องผ่านเข้ามาได้น้อย ทำให้ปริมาณความสว่างภายในอาคารไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ทำให้การใช้ไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์มีปริมาณมากขึ้น ส่งผลต่อการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร การนำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมต่อการใช้งานเข้าสู่อาคาร มีส่วนสำคัญในการช่วยลดจำนวนการใช้แสงประดิษฐ์ได้มาก และจากการออกแบบอาคารสำนักงานโดยพิจารณาถึงการนำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมมาใช้งานนั้น การออกแบบมีแนวทางในการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งหมายความว่ามีการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามาในอาคารได้น้อยลง(ทั้งนี้พิจารณาในแง่ของผนังโปร่งแสง)



รูปที่ 1.2 แสดงให้เห็นรูปแบบของอาคารสำนักงานจากการพิจารณาในแง่ของอิทธิพลจากแสงธรรมชาติ

จากรูปที่ 1.2 แสดงให้เห็นถึงลักษณะรูปแบบของอาคารสำนักงานซึ่งจากการวิเคราะห์ในแง่ของแสงธรรมชาติ แบ่งออกเป็นการพิจารณาถึงการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ของอาคารสำนักงาน ซึ่งอาคารที่ไม่มีการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ในกรณีที่เป็นกระจกธรรมดา (E) ซึ่งทำให้รังสีตรงจากดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคารได้มากทำให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคารสูงมาก ซึ่งทำให้การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารสิ้นเปลืองมาก ในส่วนของอาคารที่มีการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ อาคารที่ใช้อุปกรณ์บังแดด และอาคารที่ไม่ใช้ อุปกรณ์บังแดด สำหรับอาคารสำนักงานในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นแบบที่ไม่ใช้อุปกรณ์บังแดด แต่มีการใช้คุณสมบัติประเภทของกระจกเป็นส่วนในการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การใช้กระจกตัดแสง (C) ซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกันรังสีความร้อนได้บางส่วน ซึ่งก่อให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคารได้บ้าง กับอาคารอีกประเภทหนึ่งมีการใช้กระจกอีกประเภทหนึ่งคือกระจกที่ป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ได้ (D) ซึ่งกระจกประเภทนี้เป็นกระจกตัดแสงพิเศษ เช่นกระจก Low E (ชื่อเฉพาะ) แต่กระจกประเภทนี้มีราคาต่อหน่วยค่อนข้างสูงมาก และจุดด้อยที่สำคัญคือมีการส่องผ่านของแสงธรรมชาติได้น้อย ส่งผลให้ปริมาณของแสงธรรมชาติที่เพียงพอต่อการใช้งานเข้าสู่อาคารได้น้อย ทำให้ปริมาณการใช้แสงประดิษฐ์ยังคงมากอยู่ สำหรับอาคารประเภทที่ใช้อุปกรณ์บังแดด(Shading Device) แบ่งออกเป็นอุปกรณ์บังแดดที่บังได้บางส่วน(B) ซึ่งในกรณีนี้แสงธรรมชาติที่เหมาะสมต่อการใช้งานเข้าสู่อาคารได้พื้นที่มาก แต่มีข้อเสียตรงที่เกิดการสะสมความร้อนภายในอาคารบางส่วน และอาคารอีกประเภทหนึ่งคือ อาคารสำนักงานที่ใช้อุปกรณ์บังแดดที่สามารถป้องกันแสงตรงได้หมด(A) อาคารประเภทนี้ไม่ก่อให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคารอันเนื่องมาจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์ และถ้ามีการออกแบบอาคารให้ถูกหลัก สามารถช่วยนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารได้มากขึ้น ซึ่งช่วยลดพื้นที่การใช้งานของแสงประดิษฐ์ได้มากขึ้น

ในแนวทางของการออกแบบอาคารสำนักงาน โดยมุ่งเน้นถึงการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาตินั้น พิจารณาเลือกใช้ลักษณะของอาคารสำนักงานที่ใช้อุปกรณ์บังแดดเป็นส่วนในการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ เนื่องจากนอกจากป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ซึ่งส่งผลให้ไม่มีการสะสมความร้อนจากรังสีตรงที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคารได้แล้ว ยังมีค่าการส่องผ่านของแสงมีปริมาณสูงเนื่องจากใช้กระจกใสธรรมดา ทำให้ปริมาณความสว่างภายในอาคารอันเนื่องมาจากแสงธรรมชาติมีปริมาณสูง และช่วยลดพื้นที่การใช้แสงประดิษฐ์ของอาคาร ทำให้ช่วยประหยัดพลังงานโดยรวมของอาคาร

## 1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร

1.2.2 ศึกษาทฤษฎีของแสง และแสงธรรมชาติ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาแนวทางในการออกแบบอาคารสำนักงานโดยใช้แสงธรรมชาติ อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2.3 เพื่อศึกษาถึงการทดลองการปรับปรุงอาคารตัวอย่าง โดยใช้แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานที่ใช้แสงธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อประโยชน์ทางการประหยัดพลังงาน

1.2.4 ศึกษาถึงแนวทางการลดปริมาณการใช้พลังงานจากแสงประดิษฐ์

## 1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 การนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร กำหนดให้เป็นความสว่างด้านข้าง (Side Lighting) เท่านั้น ไม่ครอบคลุมถึงการศึกษา การนำแสงด้านบน (Top Light) เข้าสู่อาคาร

1.3.2 ไม่ศึกษาถึงการแผ่รังสีความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางผนังทึบ

1.3.3 กำหนดให้รูปแบบของอาคารสำนักงานมีลักษณะที่มีการป้องกันแสงตรงของดวงอาทิตย์ที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคาร

1.3.4 การวิเคราะห์ปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคาร กำหนดให้มีสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมทั้งหมด (Overcast Sky)

1.3.5 การปรับปรุงอาคารตัวอย่างเป็นการปรับปรุงอาคารสำนักงานเชิงเสนอแนะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้งานแสงธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดปริมาณรวมถึงค่าไฟฟ้าจากการใช้งานแสงประดิษฐ์เท่านั้น

## 1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

1.4.1 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัย (Study)

1.4.1.1 ศึกษาความเป็นมา และความสำคัญของการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร

1.4.1.2 ศึกษาประโยชน์ที่ได้รับจากการทำแสงธรรมชาติ ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญเนื่องจากเป็นส่วนที่เรารู้ถึง คุณสมบัติต่างๆของแสง และแสงธรรมชาติซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญเนื่องจากเป็นส่วนที่เรารู้ถึง คุณสมบัติต่างๆของแสง และแสงธรรมชาติโดยแบ่งออกเป็น

- 1) ทฤษฎีของการมองเห็นและรับรู้
- 2) พฤติกรรมของแสง
- 3) เกณฑ์การวัดความสว่าง
- 4) คุณสมบัติของแสง

- 5) ทฤษฎีแสงธรรมชาติ
- 6) สภาพท้องฟ้า
- 7) รูปแบบการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร
- 8) ทฤษฎีของแสงประดิษฐ์

1.4.1.4 ศึกษาถึงแนวทางการประเมินผลของแสง เนื่องจากการประเมินผลของแสงมีวิธีการที่ยุ่งยากซับซ้อนผลของแสงธรรมชาติได้ดังนี้

- 1) การคำนวณ
- 2) คอมพิวเตอร์ช่วยในการประเมินผล

#### 1.4.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analysis)

วิเคราะห์ทฤษฎีของแสงธรรมชาติ แล้วนำมาสังเคราะห์ (Synthesis) ข้อมูลที่ได้เพื่อนำเสนอเป็นบทสรุป (Conclusion) ของแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานโดยการใช้แสงธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งขึ้นอยู่กับเงื่อนไขและขอบเขตการวิจัย โดยสามารถแบ่งออกเป็น

- 1.4.2.1 การพิจารณาสภาพแวดล้อมของอาคาร
- 1.4.2.2 การพิจารณารูปแบบทางสถาปัตยกรรม
- 1.4.2.3 การจัดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร
- 1.4.2.4 แนวความคิดการออกแบบช่องเปิด
- 1.4.2.5 การเลือกใช้กระจก
- 1.4.2.6 การออกแบบอุปกรณ์บังแดด
- 1.4.2.7 การนำปริมาณแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่อาคาร
- 1.4.2.8 คุณภาพของแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่อาคาร
- 1.4.2.9 การศึกษาการใช้แสงประดิษฐ์ในอาคารสำนักงาน

#### 1.4.3 ขั้นตอนการประยุกต์ (Applies)

1.4.3.1 นำแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานมาประยุกต์กับ การออกแบบปรับปรุงของอาคารกรณีศึกษา

1.4.3.2 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของอาคารกรณีศึกษา และประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติของอาคารโดยมีการดำเนินงานดังนี้

- 1) เข้าไปวัดปริมาณแสงธรรมชาติจากอาคารกรณีศึกษา โดยมีการวัดปริมาณแสงธรรมชาติโดยใช้ อุปกรณ์วัดแสง(Lux Meter) เทียบเป็นค่า DF จากระยะห่าง จากช่องเปิดที่ 1 เมตร , 3เมตร, 5เมตร, 7เมตร เพื่อพิจารณาดูแนวโน้มของแสงธรรมชาติที่เหมาะสมต่อการทำงานกับความสัมพันธ์ต่อพื้นที่การทำงาน

2) วัดปริมาณแสงธรรมชาติโดยวิธีการอื่นเช่น การคำนวณและใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการประเมินผล หรือความถูกต้องของการทดสอบที่ได้

3) ประเมินผลพลังงานจากการใช้แสงประดิษฐ์ของอาคารกรณีศึกษา

1.4.3.3 ศึกษาถึงข้อปัญหาที่เกิดขึ้นของ อาคารกรณีศึกษา ที่นำมาสรุปถึง แนวทางการปรับปรุงอาคาร

1.4.3.4 เลือกวิธีการการประเมินผลระดับความสว่างภายในอาคาร จากวิธีการต่างๆเพื่อสรุปถึงผลลัพธ์ของรูปแบบแนวทางการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสมที่สุด

1.4.3.5 การทดลองหาอัตราของการใช้พลังงาน และค่าไฟฟ้าที่ลดลงของอาคารอันเนื่องมาจากการปรับปรุงอาคาร

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

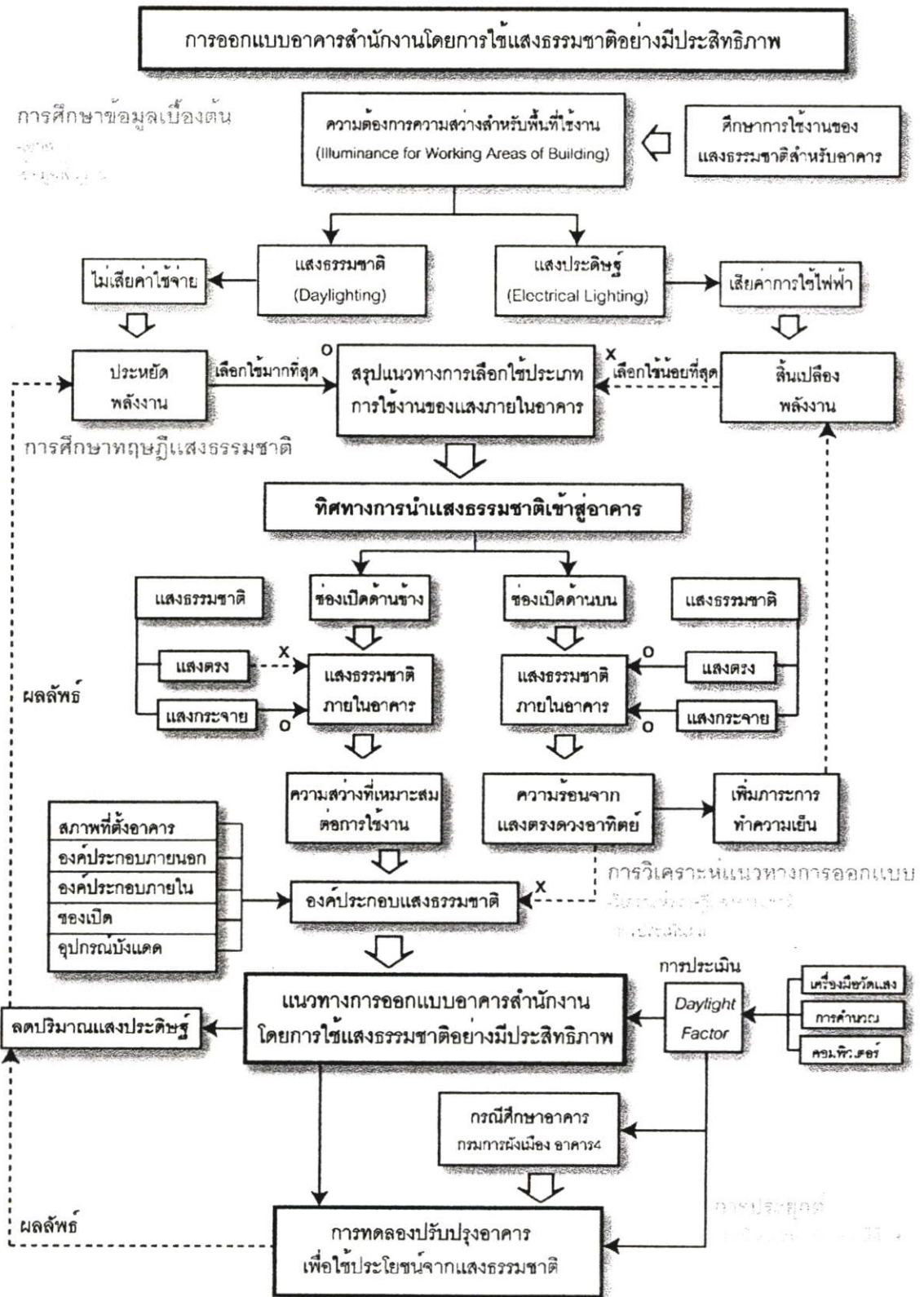
1.5.1 จากผลการวิจัย สามารถใช้ศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบอาคารสำนักงานที่มีการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร เพื่อการประหยัดพลังงาน

1.5.2 จากการวิจัย ทำให้ทราบถึงคุณสมบัติของแสงธรรมชาติ เพื่อนำมาใช้เป็นประโยชน์ทางด้านต่าง ๆ ได้

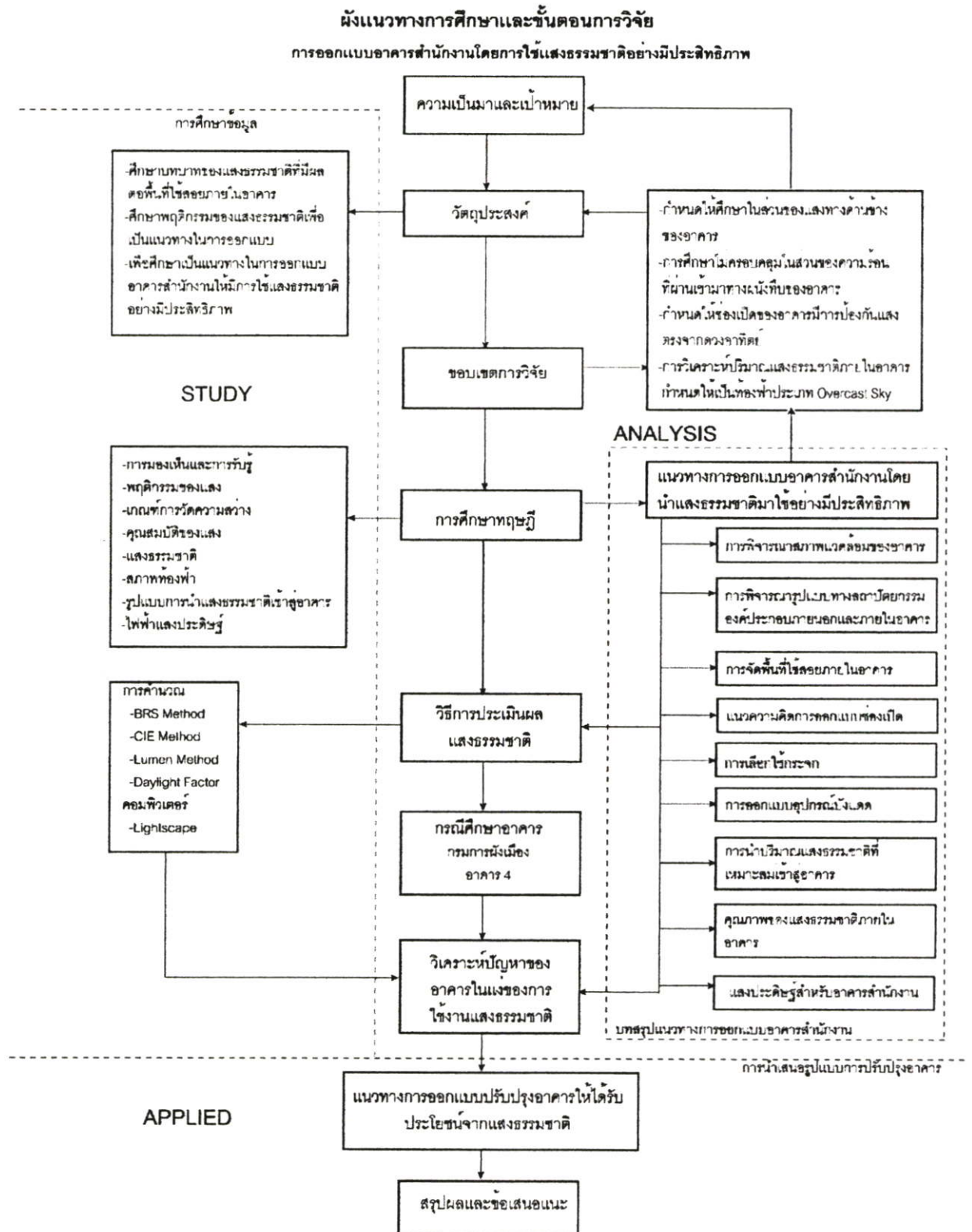
1.5.3 จากการวิจัย ทำให้ทราบถึงแนวทางการออกแบบช่องเปิดที่เหมาะสมกับอาคาร เพื่อนำมาใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.4 เพื่อเป็นแนวทางในการลดปริมาณการใช้แสงประดิษฐ์โดยรวมของอาคาร และเลือกใช้หลอดไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับอาคารสำนักงาน

### กระบวนการและแนวความคิดของการทำวิทยานิพนธ์ (Process Design Diagram)



รูปที่ 1.3 แสดงกระบวนการและแนวความคิดของการทำวิทยานิพนธ์

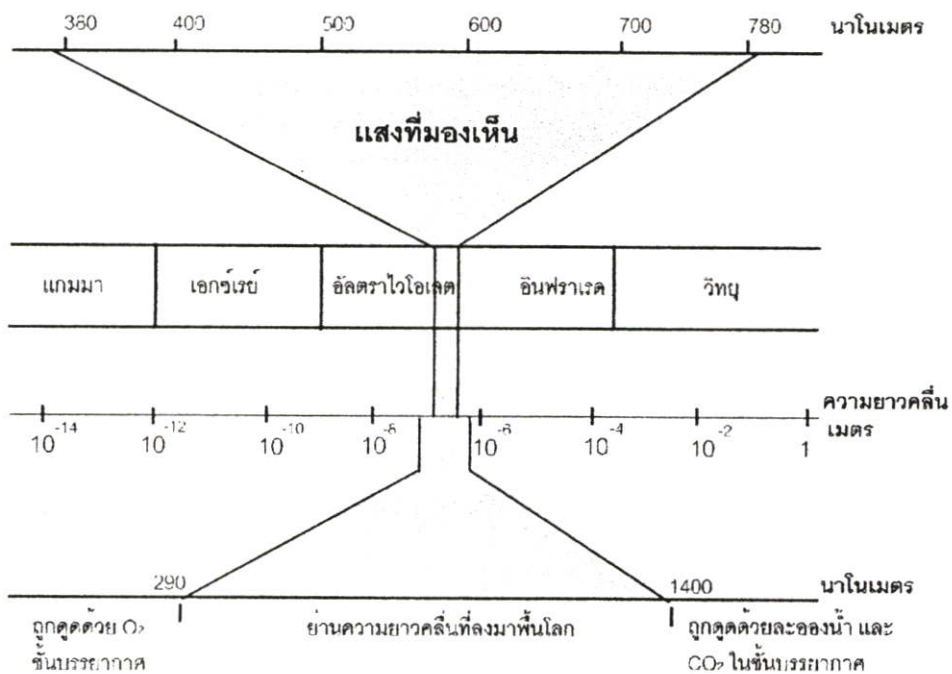


รูปที่ 1.4 แสดงผังแนวทางการศึกษาและขั้นตอนการทำวิจัย

## บทที่ 2

# ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแสงสว่าง

แสงสว่างมีส่วนเกี่ยวข้องกับมนุษย์โดยตรง ทำให้มนุษย์มองเห็นและรับรู้สามารถบอกเรื่องราวต่างๆจาก สิ่งที่มองเห็นได้ แสงเป็นพลังงานอย่างหนึ่งที่เคลื่อนที่ได้ โดยการเคลื่อนที่ของแสงอยู่ในรูปของคลื่น แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ผ่านจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งโดยไม่ต้องอาศัยตัวนำ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มาจากดวงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะสเปกตรัมของพลังงานต่างๆ

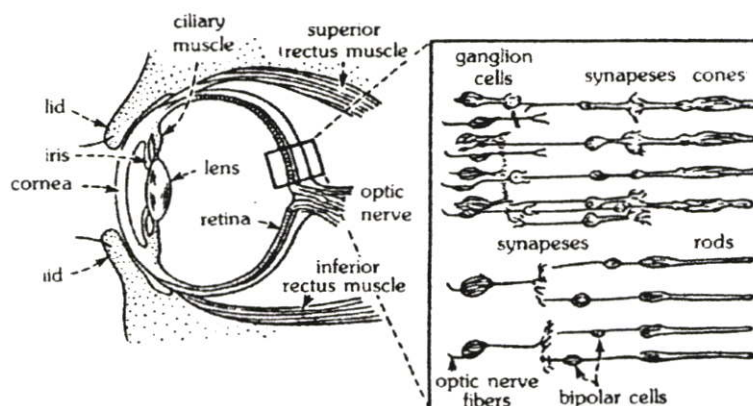
-รังสีแกมมา เอกซเรย์ อัลตราไวโอเล็ต รังสีประเภทที่อยู่ในย่านความยาวคลื่นนี้ ไม่ตกลงมาถึงพื้นโลกเพราะถูกดูดจากโอโซนในชั้นบรรยากาศ

-คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นในย่าน 290-1400 นาโนเมตร ซึ่งคลื่นในย่านนี้มีทั้งมองเห็นและมองไม่เห็น ในส่วนของคลื่นย่านที่มองเห็นมีความยาวคลื่นในย่าน 380-760 นาโนเมตร โดยที่คลื่นที่มีย่านความไวต่อสายมนุษย์มากที่สุดอยู่ที่ย่านความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร ซึ่งคลื่นในย่านความยาวนี้มีลักษณะเป็นแสงสีเหลือง

-คลื่นที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 1400 นาโนเมตร คลื่นในย่านนี้ถูกดูดด้วยละอองน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ

## 2.1 การมองเห็นและการรับรู้

แสงตกกระทบที่วัตถุใด จะเกิดการสะท้อนเข้าสู่ระบอบตา ผ่านแก้วตา (Cornea) ลูกตา (Lens) เรตินา (Retina) และสมองตามลำดับ โดยที่กล้ามเนื้อตาทำหน้าที่ขยายหรือหดตัว เพื่อเป็นโฟกัสให้แสงตกกระทบแก้วตา



รูปที่ 2.2 แสดงหน้าตัดของลูกนัยน์ตา

เซลล์รับการมองเห็นในตามนุษย์มีสองอย่าง ได้แก่ เซลล์โคน (Cone) และเซลล์รูด (Rod) โดยที่เซลล์รูดมีความไวต่อการรับแสงสว่างแต่ไม่ไวต่อสี นั่นคือในที่มืดมนุษย์สามารถมองเห็นได้ดีสำหรับแสงที่มีความยาวคลื่นที่ 507 นาโนเมตร อยู่ในช่วงแถบสีน้ำเงินและสีเขียว สามารถเห็นได้ง่ายทั้งที่มีแสงน้อย ในส่วนของเซลล์โคนมีความไวต่อการรับสีสั้น ซึ่งไวต่อความยาวคลื่นแสงที่ 555 นาโนเมตร ซึ่งอยู่ในย่านสีเหลือง

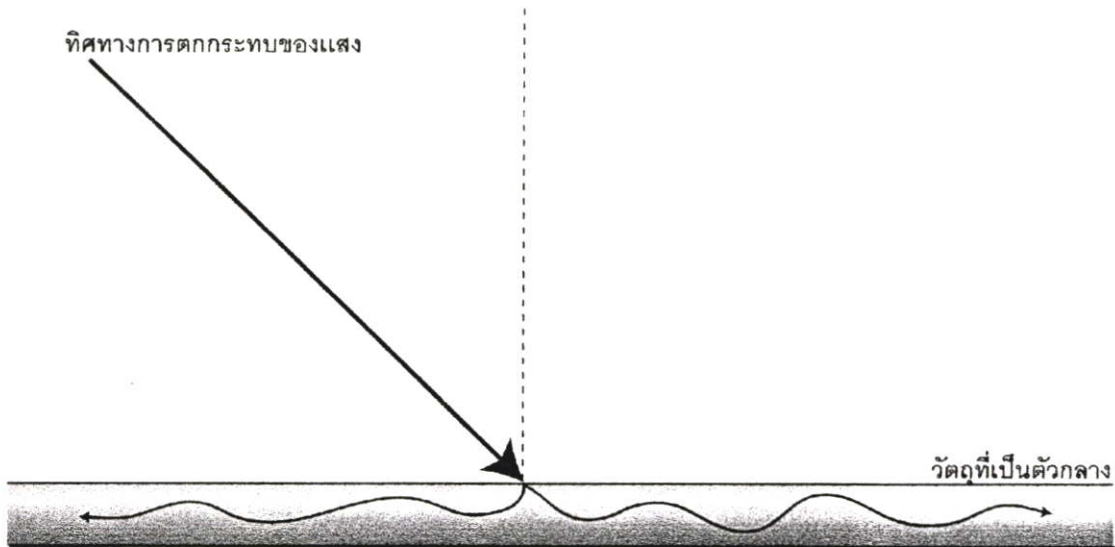
การให้แสงสว่างสำหรับอาคารในทางปฏิบัติต้องพยายามให้แสงสว่างในบริเวณต่างๆ ภายในพื้นที่เดียวกันไม่ให้มีความสว่างแตกต่างกันมาก เนื่องจากตาต้องใช้เวลาในการทำหน้าที่ปรับตัวเพื่อให้มองเห็นได้ง่าย ทำให้เกิดความสบายตา

## 2.2 พฤติกรรมของแสง

แสงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดผ่านออกสู่ตัวกลางชนิดต่างๆ จำพวกอากาศ ของเหลว วัตถุโปร่งใส และวัตถุทึบ ซึ่งแสงมีพฤติกรรมที่แตกต่างกันออกไป โดยสามารถจำแนกประเภทของเส้น ได้ดังนี้

### 2.2.1 การดูดกลืน (Absorption)

เป็นพฤติกรรมของแสงที่ตกกระทบวัตถุแล้วถูกดูดกลืนหายไปในตัว ทำให้เกิดปรากฏการณ์เปลี่ยนรูปเป็นพลังงาน โดยทั่วไปพลังงานที่เกิดจากการดูดกลืนของแสงเข้าสู่ตัวกลางจะเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อน



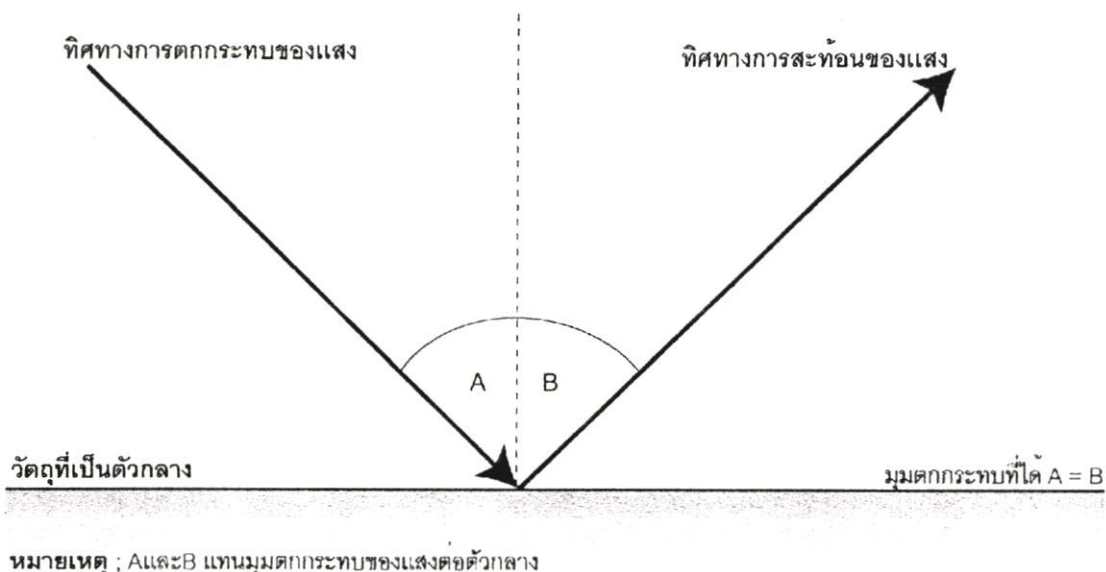
รูปที่ 2.3 แสดงพฤติกรรมของเส้นในรูปแบบของการดูดกลืน

### 2.2.2 การสะท้อน (Reflection)

เป็นพฤติกรรมของเส้นที่ตกกระทบวัตถุหรือตัวกลาง แล้วการสะท้อนออกไปโดยที่ความถี่ของคลื่นแสงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งสะท้อนมีรูปแบบหลายประเภทโดยจำแนกเป็น

#### 2.2.2.1 การสะท้อนเหมือนกระจกเงา (Specular Reflection)

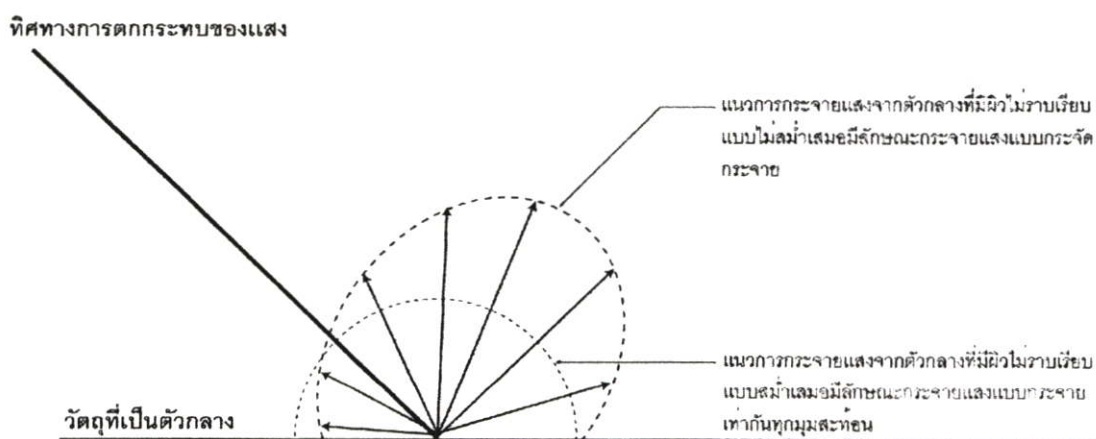
เป็นพฤติกรรมของแสงที่ตกกระทบวัตถุที่มีลักษณะทึบแสง (Opaque Material) ที่มีลักษณะพื้นผิวเรียบขัดมัน โดยที่ลักษณะของการสะท้อนแสงมีมุมกระทำของการสะท้อนออกเท่ากับมุมที่แสงตกกระทบ



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะการสะท้อนของแสงแบบกระจกเงา

2.2.2.2 การสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection)

เป็นพฤติกรรมของแสงที่ตกกระทบพื้นที่ผิวของวัตถุที่ไม่ราบเรียบ การสะท้อนของแสงจะถูกสะท้อนออกมาหลายทิศทาง ถ้าพื้นที่ผิวของวัตถุนั้นมีลักษณะไม่ราบเรียบแบบสม่ำเสมอ มุมการสะท้อนของแสงก่อให้เกิดการกระจายแสงเท่ากันทุกมุมสะท้อน แต่ถ้าวัตถุมีพื้นที่ผิวแบบไม่เรียบแบบไม่สม่ำเสมอ แสงที่สะท้อนออกมามีลักษณะการสะท้อนแบบกระจกกระจาย



รูปที่ 2.5 แสดงลักษณะการสะท้อนแสงแบบกระจายโดยผสมผสานกันระหว่าง

- การกระจายแสงเท่ากันทุกมุมสะท้อน
- การสะท้อนแบบกระจกกระจาย

### 2.2.3 การส่องผ่าน (Transmission)

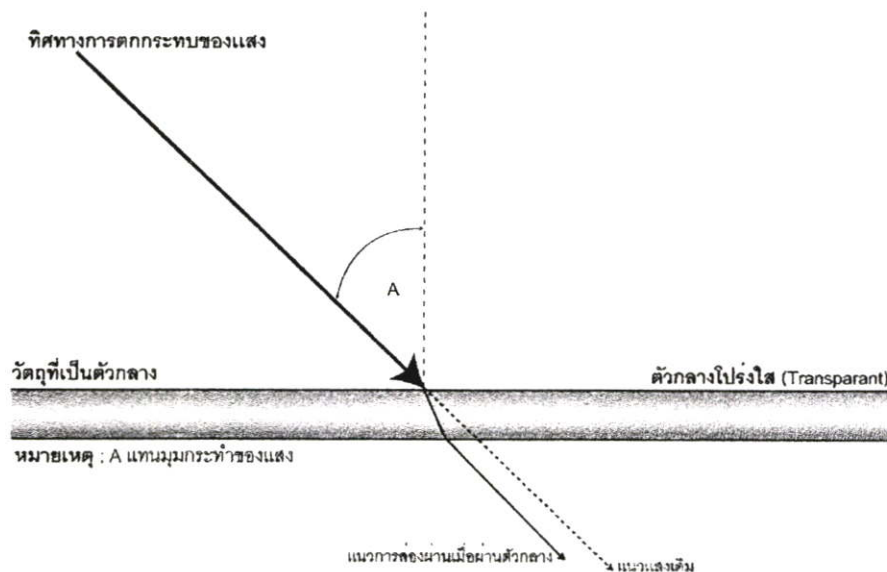
เป็นพฤติกรรมของแสงที่เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบกับตัวกลางที่เป็นวัตถุแล้วเกิดการทะลุผ่านไปยังวัตถุอีกด้านหนึ่ง เมื่อแสงตกกระทบตัวกลางที่ส่องผ่านได้ แสงบางส่วนถูกดูดกลืนภายในวัตถุ และถูกสะท้อนออก แสงส่วนที่เหลืออยู่เป็นส่วนที่ทะลุผ่านมาได้ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณของแสงทั้งหมดที่ตกกระทบวัตถุในหนึ่งส่วน เป็นการประกอบกันตามพฤติกรรมการตกกระทบของแสง ซึ่งประกอบไปด้วย การดูดกลืน การสะท้อน และการส่องผ่านของแสง

$$\text{Absorbance} + \text{Reflectance} + \text{Transmittance} = 1$$

คุณสมบัติการส่องผ่านของแสง โดยทั่วไปขึ้นอยู่กับตัวกลางที่ถูกส่องผ่าน ซึ่งทำให้ลักษณะของแสงที่ทะลุผ่านตัวกลางแตกต่างกันออกไป ตัวกลางที่มีผลต่อการส่องผ่านของแสงสามารถจำแนกออกได้ ดังนี้

#### 2.2.3.1 ตัวกลางโปร่งใส (Transparent Medium)

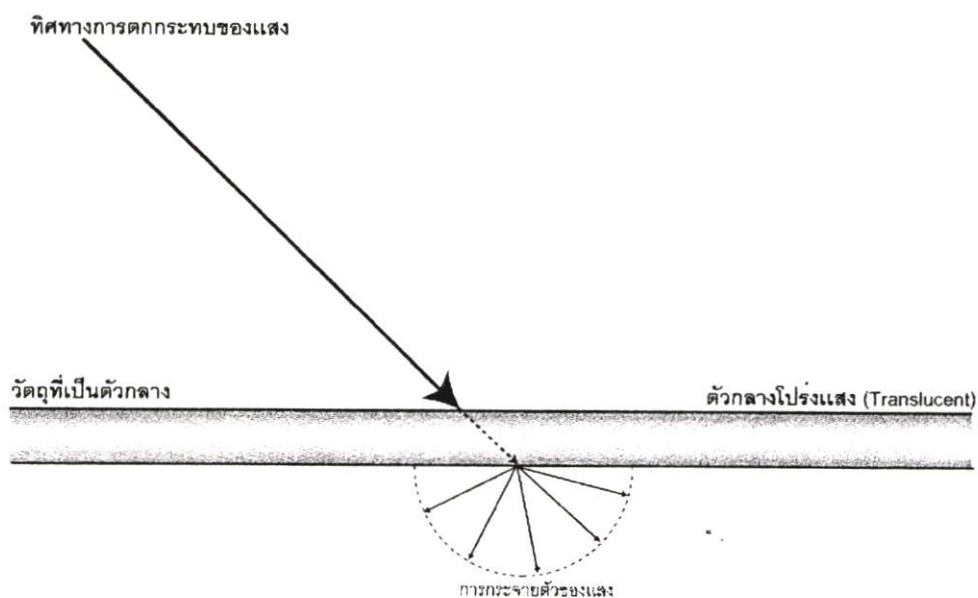
การส่องผ่านของแสงผ่านตัวกลางประเภทนี้ ทำให้เกิดการหักเห (Refracted) หรือการเปลี่ยนทิศทาง แล้วจึงทะลุผ่าน ทั้งนี้เกิดการเบี่ยงเบนขนาดโดยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวกลางนั้น ลักษณะตัวอย่างของตัวกลางประเภทนี้เช่น กระจกใส เป็นต้น



รูปที่ 2.6 แสดงการส่องผ่านของแสงผ่านตัวกลางโปร่งใส แล้วเกิดการหักเหของแสง

#### 2.2.3.2 ตัวกลางโปร่งแสง (Translucent Medium)

ลักษณะของแสงที่ส่องผ่านตัวกลางประเภทนี้มีลักษณะการส่องผ่านของแสงแบบกระจาย (Diffuse Transmission) และไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 2.7 แสดงการส่องผ่านของแสงผ่านตัวกลางโปร่งแสง

### 2.3 เกณฑ์การวัดความสว่าง (Measurement of Light)

การวัดค่าปริมาณของแสงมีมานานแล้ว ตั้งแต่ยังไม่กำเนิดหลอดไฟฟ้า ในการวัดความสว่างของแสงมีลักษณะเป็นการอ้างอิงเปรียบเทียบกับวัตถุที่มีความสว่างอื่น โดยที่วัตถุที่ใช้อ้างอิงในยุคนั้นใช้เทียนไขเป็นสิ่งเทียบเคียง ทำให้เกิดเป็นหน่วยของแสงขึ้นมาและใช้ต่อมาจนกระทั่งปัจจุบัน เช่น แรงแเทียน (Candlepower), แคนเดลา (Candela, cd) และหน่วยอื่นๆซึ่งจะกล่าวในหัวข้อถัดไป แคนเดลา เป็นแหล่งกำเนิดแสงซึ่งสามารถวัดค่าได้ โดยที่สามารถบอกความมากน้อยของพลังงานหรือกำลังงานของแหล่งกำเนิดแสงในรูปของความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity) หรือบางที่เรียกได้ว่า

กำลังส่องสว่าง (Candlepower) ซึ่งมีหน่วยเป็นแคนเดลาความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลา มีค่าเท่ากับ ความเข้มของแสงจากเทียน 1 เล่ม ที่ส่องอยู่ในบริเวณที่มีดสนิท และเทียน 1 เล่มที่ส่องให้พื้นที่รอบเทียนมีความสว่างใน 1 ตารางฟุต สามารถเรียกระดับความสว่างในระดับนี้ได้ว่ามีค่า 1 ฟุตแคนเดิล ซึ่งหน่วยของแสงดังกล่าวนี้ยังนิยมใช้กันอยู่ โดยเฉพาะประเทศในแถบสหรัฐอเมริกา

#### 2.3.1 ปริมาณแสง (Luminous Flux, F)

เป็นปริมาณแสงทั้งหมดที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง หรือตกลงบนพื้นที่รับแสง ซึ่งการวัดเป็นการบอกค่าพลังงานหรือกำลังงานของแหล่งกำเนิดแสงใดๆ มีหน่วยเป็น ลูเมน (Lumen, lm) เช่น เทียนไข 1 เล่ม สามารถให้แสงเปล่งออกมาประมาณ 12.57 ลูเมน

ในการนำเอาแหล่งกำเนิดแสงหนึ่งซึ่งมีขนาดเล็กมาก มีลักษณะเสมือนจุด (Point Source) และมีค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสม่ำเสมอทุกทิศทางเท่ากับ 1 แคนเดลา (เทียนไข 1 เล่ม) วางอยู่ในศูนย์กลางของทรงกลมรัศมี 1 หน่วย โดยที่มีปริมาณแสงพุ่งออกมาและตกกระทบ บนพื้นที่ทุก ๆ 1 ตารางหน่วย พื้นที่ทรงกลมในส่วนนี้จะมามีค่าเท่ากับ 1 ลูเมน แต่พื้นที่รอบผิวของทรงกลมทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 12.56 ตารางหน่วยพื้นที่ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลา สามารถเปล่งแสงออกมาได้เป็นปริมาณเท่ากับ 12.57 ลูเมน

### 2.3.2 โขลิต แองเกิล (Solid Angle)

เป็นการวัดสัดส่วนของพื้นที่ผิวทรงกลม ที่ถูกรอบคลุมด้วยพื้นที่สมมุติรูปทรงกรวย ที่มี

แหลมสุดของทรงกรวยอยู่บริเวณตำแหน่งจุดศูนย์กลางของทรงกลม กล่าวคืออัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวในส่วนที่พิจารณาของทรงกลมต่อรัศมีของทรงกลมนั้นยกกำลังสองมีหน่วยเป็นสเตอเร

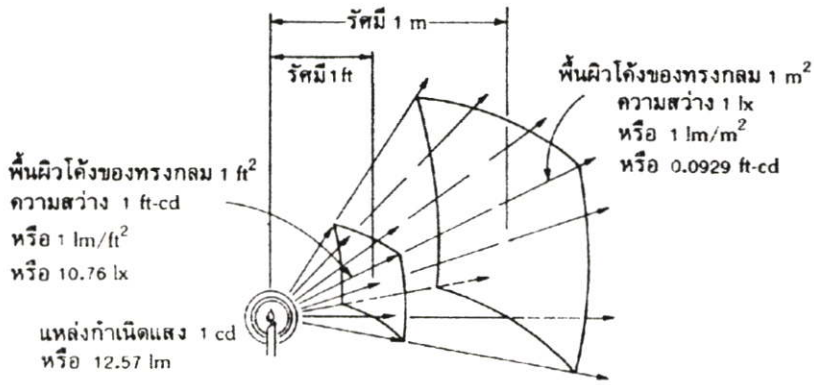
เดียน (Steradian, sr)

### 2.3.3 ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity, I)

แหล่งกำเนิด (ในที่นี้เปรียบเป็นจุดศูนย์กลางวงกลม) จะปล่อยปริมาณแสงออกมาทุกทิศทาง ดังนั้นความเข้มแห่งการส่องสว่าง คือ ปริมาณของแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดเมื่อวัดในโขลิต แองเกิลใดๆในทิศทางหนึ่ง ความเข้มแห่งการส่องสว่าง สามารถเรียกอีกอย่างว่า กำลังส่องสว่าง (Candlepower) โดยมีหน่วยเป็นลูเมนต่อสเตอเรเดียน (Lumen per Steradian) หรือเรียกกันง่ายๆว่า แคนเดลา ซึ่งค่านี้สามารถบอกถึงความมากน้อยของปริมาณแสงในทิศทางต่างๆของแหล่งกำเนิดแสง

### 2.3.4 ความสว่าง (Illuminance, E)

เมื่อมีปริมาณแสงตกกระทบบน 1 หน่วยพื้นที่ใดๆ จะได้ความส่องสว่างมีหน่วยเป็น ลูเมนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (Lumen per Unit Area) หากพิจารณาแหล่งกำเนิดแสงในศูนย์กลางวงกลม เมื่อทรงกลมนี้มีรัศมี 1 ฟุต ปริมาณแสง 1 ลูเมนที่พุ่งออกไปตกกระทบบนพื้นที่หนึ่งตารางฟุตของผิวทรงกลม จะได้ปริมาณความส่องสว่างที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมนต่อตารางฟุต หรือ 1 ฟุตแคนเดิล (Footcandle, fc) ในกรณีเดียวกันถ้ารัศมีของทรงกลมมีค่าเท่ากับ 1 เมตร ปริมาณความส่องสว่างที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมนต่อตารางเมตร หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า 1 ลักซ์ (Lux, lx)



รูปที่ 2.8 แสดงความสัมพันธ์ของความส่องสว่าง

### 2.3.5 การส่องสว่าง (Illumination)

ปริมาณความส่องสว่างบนพื้นที่ผิวใดๆ จะแปรผันตรงกับความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง และแปรผกผันกับระยะทางระหว่างพื้นผิวนั้นกับแหล่งกำเนิดแสงยกกำลังสอง โดยที่เรียกความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ว่า กฎกำลังสองผกผัน (Inverse Square Law) ซึ่งมีหน่วยเป็นลักซ์ (lx) หรือ ฟุตแคนเดิล (fc) โดยเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E = I / d^2$$

E คือปริมาณความส่องสว่างบนพื้นที่ผิวที่พิจารณา มีหน่วยเป็นลักซ์ (lx) หรือฟุตแคนเดิล (fc)

I คือ ความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง ในทิศทางที่พุ่งสู่พื้นที่ผิวที่พิจารณา มีหน่วยเป็น แคนเดลา (cd)

d คือ ระยะระหว่างพื้นที่ผิวที่พิจารณากับแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยเป็น เมตร (m) หรือฟุต (ft)

## 2.4 คุณสมบัติของแสง

แสงเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยเพิ่มความชัดเจนแก่การมองเห็นของมนุษย์ ถ้าแสงมีปริมาณน้อยเกินไปสายตาของมนุษย์ย่อมมองเห็นได้ไม่ชัดเจน แต่ถ้าแสงมีปริมาณมากเกินไปก็ทำให้สายตาของมนุษย์เกิดการพร่ามัวหรือเกิดอาการแสบตาจนไม่สามารถลืมตาได้ ด้วยเหตุผลนี้เองมนุษย์จึงต้องการปริมาณแสงที่เหมาะสมสำหรับมองเห็น คุณสมบัติต่างๆของแสงจึงมีผลต่อการรับรู้ของมนุษย์ โดยแบ่งประเภทของคุณสมบัติของแสงดังนี้

### 2.4.1 ความส่องสว่าง (Luminance; L)

ความส่องสว่าง หมายถึง ความส่องสว่างที่สะท้อนออกมาจากวัตถุโดยมีหน่วยเป็น แคนเดลา/เมตร<sup>2</sup> หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ฟุตแลมเบิร์ต (Footlambert; FL) แสงที่มีปริมาณเดียวกันที่

ตกกระทบบนพื้นผิวที่มีสีต่างกัน จะมีการสะท้อนกลับออกมาต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกิดความสว่างต่างกัน

การมองเห็นวัตถุได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความสว่างหรือแสงที่เข้ามาในตา ซึ่งในกรณีนี้ ลักษณะแสงที่เข้ามาตกกระทบกับตามีส่วนสำคัญในประสิทธิภาพของการมองเห็น ซึ่งขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบ วัตถุที่มีผิวด้าน สามารถมองเห็นได้ดีกว่าวัตถุที่มีผิวมัน เนื่องจากวัตถุที่มีผิวมัน เมื่อแสงเข้ามาตกกระทบ แสงจะถูกสะท้อนไปในทิศทางเดียว และไม่เข้าตาทำให้มองไม่เห็นวัตถุ หรือถ้ามองเห็นแสงจะถูกสะท้อนเข้าสู่ตาโดยตรง ทำให้เกิดแสงบาดตา วัตถุสีขาวมองเห็นได้ดีกว่า วัตถุสีดำ เพราะแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุสีขาวเข้าสู่ตาได้มากกว่าการสะท้อนของแสงของวัตถุสีดำ

ความส่องสว่าง เรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า ความจ้า (Brightness) แต่พิจารณาในแง่ของการตอบสนองทางด้านความคิด (Subjective Response) ต่อความสว่างในพื้นที่ที่มองเห็น (Field of View) ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพการปรับสภาพของดวงตาของแต่ละบุคคล ซึ่งเป็นข้อจำกัดของระบบการมองเห็น (Visual System) ตามการตอบสนองทางกายภาพ (Physiologically Response) กับการกระจายความสว่าง (Luminance Distribution) บนพื้นที่ภาพที่มองเห็น ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ปริมาณความสว่าง (Luminance) ขึ้นอยู่กับค่าการส่องสว่าง (Illuminance) และค่าสะท้อนแสงของพื้นผิว ซึ่งปริมาณเหล่านี้สามารถวัดค่าได้ (Objective Quantity) โดยการคำนวณ และการวัดค่าโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ แต่ไม่มีความสัมพันธ์กันโดยตรงกับการตอบสนองทางด้านความคิดที่มีผลต่อความจ้า ซึ่งเป็นสิ่งที่ตาและสมองร่วมกันสร้างภาพให้เรารับรู้ แต่อย่างไรก็ตาม ความสว่างก็เป็นคุณลักษณะที่สำคัญทางด้านกายภาพที่สร้างความสัมพันธ์ ระหว่างความส่องสว่างกับความจ้าที่ปรากฏ (Apparent Brightness) บนผืนภาพที่มองเห็น

#### 2.4.2 สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัตถุ (Reflectance, $\rho$ )

สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัตถุ คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากพื้นผิวของวัตถุ ต่อ ปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนพื้นผิวของวัตถุนั้น ซึ่งค่าที่ได้นี้ไม่มีหน่วย แต่มีการเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์

#### 2.4.3 สัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสงของวัตถุ (Transmittance, $\tau$ )

สัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสงของวัตถุ คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงที่ส่องทะลุผ่านพื้นผิว ต่อ ปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นผิววัตถุนั้น ซึ่งค่าที่ได้นี้ไม่มีหน่วย แต่มีการเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์

#### 2.4.4 ความเปรียบต่าง (Contrast)

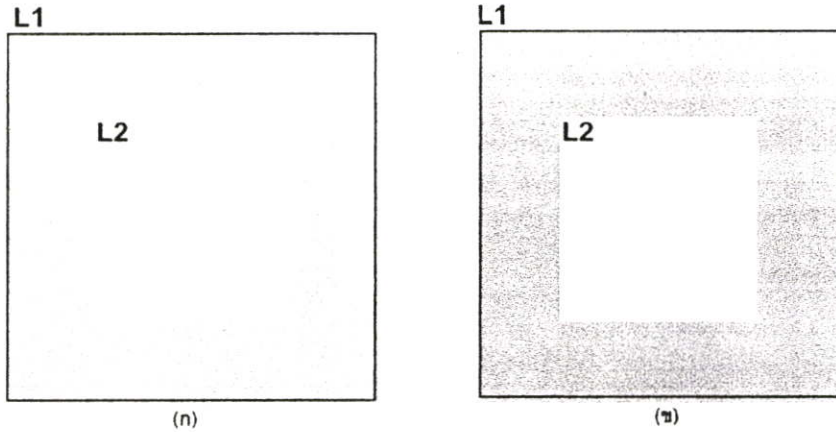
ความเปรียบต่างคือ ความสว่างของวัตถุที่ต้องการมองเทียบกับความส่องสว่างรอบข้าง ถ้ามีความเปรียบต่างมากจะสามารถมองเห็นวัตถุได้ง่ายขึ้น กล่าวคือ วัตถุสีขาวบนพื้นสีดำสามารถมองเห็นได้ง่ายกว่าวัตถุสีดำบนพื้นสีดำ แต่ถ้าวัตถุมีความเปรียบต่างมากเกินไป ทำให้การจ้อง

มองมากจนเกินไปทำให้สายตาล้าได้ โดยที่ความเปรียบต่างกำหนดได้ด้วยอัตราส่วนของความแตกต่างของ ความสว่างของวัตถุ และความสว่างของสภาพแวดล้อม ดังสมการ

$$\text{Contrast} = (L2 - L1) / L1$$

โดยที่ L1 = ความสว่างของสภาพแวดล้อม

L2 = ความสว่างของวัตถุ



หมายเหตุ : L1 แทนความสว่างของสภาพแวดล้อม  
L2 แทนความสว่างของวัตถุ

### รูปที่ 2.9 แสดงลักษณะความสว่างของวัตถุเมื่อเทียบกับสภาพแวดล้อม

- ก) ความสว่างของวัตถุและสภาพรอบข้างใกล้เคียงกันทำให้มองเห็นได้ยาก
- ข) ความสว่างของวัตถุและสภาพรอบข้างต่างกันทำให้มองเห็นวัตถุได้ง่าย

#### 2.4.5 แสงบาดตา (Glare)

แสงบาดตา หมายถึง แสงที่เข้าตาทำให้มองเห็นวัตถุได้ยากหรือมองไม่เห็นเลย ทำให้เกิดความไม่สบายทางสายตา โดยทั่วไปแสงบาดตา แบ่งออกเป็นสองประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ แสงบาดตาแบบไม่สามารถมองเห็นได้ (Disability Glare) และแสงบาดตาแบบไม่สบายตา (Discomfort Glare) แสงบาดตาแบบไม่สามารถมองเห็นได้ เป็นแสงบาดตาประเภทที่ทำให้ไม่สามารถมองเห็นวัตถุได้เลย เช่น มีแสงส่องผ่านเข้ามามากจนไม่สามารถมองเห็นวัตถุ ส่วนแสงบาดตาแบบไม่สบายตา เป็นแสงประเภทที่มองเห็นวัตถุได้ แต่มองเห็นได้ด้วยความยากลำบากหรือเกิดมีความจ้ำจวมเมื่อเทียบกับสภาพแวดล้อมทั่วไป

แสงจากแหล่งกำเนิดทำมุมแนวตั้งเข้ามาสู่ดวงตาเกินกว่า 45 องศาขึ้นไป ทำให้เกิดแสงบาดตา แต่ถ้าปริมาณของแสงมีไม่มากเกินไป สามารถมองเห็นวัตถุโดยไม่ลำบากซึ่งกรณีนี้สามารถบอกได้ว่าแสงบาดตาไม่สร้างปัญหาแก่การมองเห็น

## 2.4.6 ประสิทธิภาพแสงหรือประสิทธิผล (Luminous Efficiency)

ประสิทธิภาพแสงหรือประสิทธิผล หมายถึง ปริมาณแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงเมื่อเทียบกับพลังงานทางไฟฟ้า ซึ่งแต่ละแหล่งกำเนิดแสงย่อมมีประสิทธิภาพแตกต่างกัน เช่น

-หลอดอินแคนเดสเซนต์ หรือ หลอดไส้ทั่วไป มีค่าประสิทธิผลประมาณ 10-15 ลูเมน/วัตต์

-หลอดฟลูออเรสเซนต์ มีค่าประสิทธิผลประมาณ 50-80 ลูเมน/วัตต์

-แสงธรรมชาติ มีค่าประสิทธิผลประมาณ 110-115 ลูเมน/วัตต์

การให้แสงสว่างสำหรับต้องการประหยัดพลังงาน ควรเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงสว่างที่มีค่าประสิทธิผลมาก เนื่องจาก ถ้าค่าประสิทธิผลมีค่าสูง ปริมาณแสงจะถูกปลดปล่อยออกมามาก เมื่อเทียบกับพลังงานที่ใช้ไปน้อย

## 2.5 แสงธรรมชาติ (Daylighting)

แสงธรรมชาติ เป็นแสงที่ให้พลังงานคลื่นแสงครบทุกช่วงคลื่น วัตถุที่อยู่ภายใต้การส่องสว่างของแสงธรรมชาติจึงมีสีตรงกับความเป็นจริงไม่เกิดสีที่ผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริง เนื่องจากแสงประดิษฐ์ทั่วไปไม่สามารถให้พลังงานของคลื่นแสงไม่ครบ โดยทั่วไปแสงธรรมชาติ มีองค์ประกอบหลักสองส่วน ได้แก่

-แสงแดด (Sunlight)

-แสงจากท้องฟ้า (Skylight)

### 2.5.1 ลักษณะทางกายภาพของแสงธรรมชาติ

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่สำคัญที่สุด การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์เป็นในรูปของรังสีคลื่นสั้น (Short Wave Radiation) ประกอบด้วยคลื่นรังสีอุลตราไวโอเล็ต (Ultra Violet) คลื่นรังสีที่ตามองเห็น (Visible Light) และคลื่นรังสีใกล้อินฟราเรด (Near Infrared) เมื่อแสงส่องผ่านชั้นบรรยากาศของโลกจะเกิดการสะท้อนกลับและถูกดูดซับบางส่วน โดยรังสีของแสงที่เหลือจะเกิดการหักเหและกระจายผ่านชั้นบรรยากาศและชั้นเมฆลงสู่พื้นโลก ซึ่งรังสีที่ตกกระทบสู่พื้นโลกแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท ได้แก่

-รังสีตรงของดวงอาทิตย์ (Direct Solar Radiation, ID)

-รังสีกระจายของดวงอาทิตย์ (Diffuse Solar Radiation, Id)

-รังสีสะท้อนของดวงอาทิตย์ (Reflected Solar Radiation, Ir)

-รังสีรวมของดวงอาทิตย์ (Total or Global Solar Radiation, IT)

โดยที่รังสีรวมของดวงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับผลรวมของรังสีทั้งหมดที่ตกกระทบผิวโลก เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$IT = ID + Id + Ir \quad (\text{มีหน่วยเป็น BTU/Hr.Sq.ft})$$

โลกหมุนรอบตัวเองทำให้เกิดปรากฏการณ์กลางวัน และกลางคืน และในขณะเดียวกันโลกมีการหมุนโคจรรอบดวงอาทิตย์ และแกนของโลกมีลักษณะเอียง โดยมีมุมเอียง  $23^{\circ}27'$  ทำให้เกิดฤดูที่แตกต่างกันในรอบหนึ่งปีหรือการโคจรครบรอบดวงอาทิตย์ในรอบหนึ่งรอบ เมื่อแกนโลกเบนเข้าหาดวงอาทิตย์ทำให้เกิดเป็นฤดูร้อน และ เมื่อเบนออกจากดวงอาทิตย์ทำให้เกิดเป็นฤดูหนาว ลักษณะของการโคจรรอบดวงอาทิตย์และการหมุนของโลก มีผลเป็นอย่างมากกับฤดูกาลของโลก โดยมีการกำหนดช่วงหรือวันที่แบ่งลักษณะการแตกต่างของฤดูกาลได้ ดังต่อไปนี้

วันที่ 21 มิถุนายน (Summer Solstice) ซีกโลกเหนือจะเบนตัวเข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุด กำหนดว่าเป็นฤดูร้อน และเป็นวันที่กลางวันมีระยะเวลายาวนานที่สุด

วันที่ 23 กันยายน (Autumn Equinox) เป็นช่วงเวลาที่มีความสมดุล แกนโลกไม่ได้เบนเข้าหรือออกจากดวงอาทิตย์ ทำให้มีช่วงระยะเวลากลางวันและกลางคืนเท่ากัน

วันที่ 22 ธันวาคม (Winter Solstice) เป็นวันที่ซีกโลกเหนือเบนออกจากดวงอาทิตย์มากที่สุด

กำหนดว่าเป็นฤดูหนาว และเป็นวันที่กลางวันมีระยะเวลายาวนานที่สุด

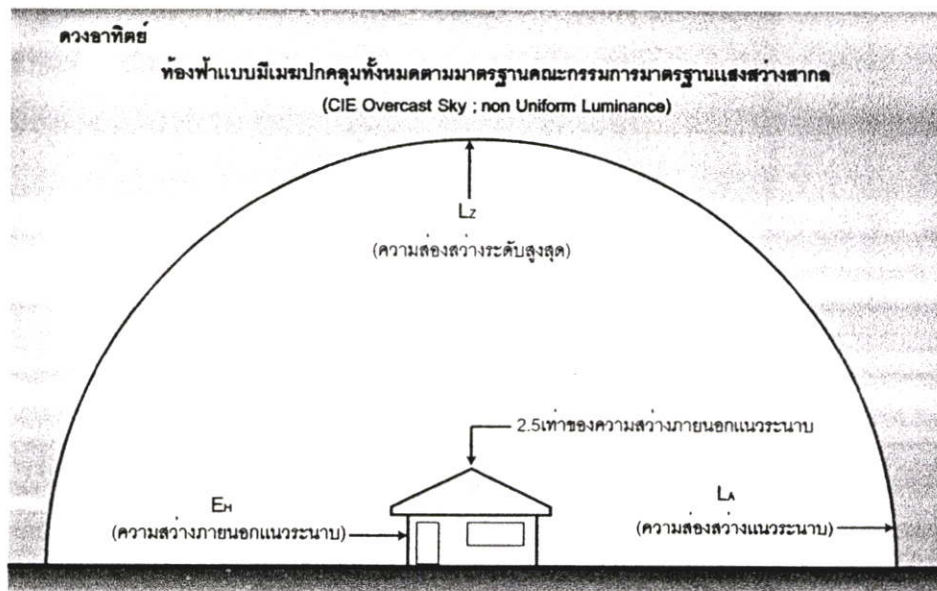
วันที่ 21 มีนาคม (Spring Equinox) เป็นช่วงเวลาที่มีความสมดุล แกนโลกไม่ได้เบนเข้าหรือออกจากดวงอาทิตย์ ทำให้มีช่วงระยะเวลากลางวันและกลางคืนเท่ากัน

## 2.5.2 สภาพของท้องฟ้า

มีลักษณะของการแปรเปลี่ยนตลอดเวลา เช่นฝุ่นละอองไอน้ำ หรือเมฆในชั้นบรรยากาศ โดยทั่วไปสามารถแบ่งการพิจารณาลักษณะท้องฟ้าออกเป็น 3 ลักษณะดังนี้

2.5.2.1 สภาพท้องฟ้าที่ปกคลุมด้วยเมฆจนไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสง (Overcast Sky หรือ CIE Overcast Sky)

ท้องฟ้าในลักษณะนี้มีความสว่างในปริมาณที่แตกต่างกัน (Non Uniform Luminance) ซึ่งมีความส่องสว่างในระดับสูงสุด (Zenith Luminance) ที่ส่องพื้นผิวในแนวระนาบ มีค่าความสว่างมากกว่าความสว่างในแนวระนาบ (Horizon Luminance) ที่ส่องกระทบพื้นที่ผิว มีค่าเป็น 3 เท่า



รูปที่ 2.10 แสดงท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมทั้งหมด (Overcast Sky)

ลักษณะของท้องฟ้าประเภทนี้ สามารถหาค่าความส่องสว่างที่จุดใดๆ ได้จากสมการดังนี้

$$L_A = L_z(1+2\sin A)/3$$

โดยที่  $L_A$  คือ ความส่องสว่างของท้องฟ้าที่ตำแหน่ง A องศาเหนือแนวระนาบในทุกทิศทาง

$L_z$  คือ ความส่องสว่างของท้องฟ้าที่ตำแหน่งจุดสูงสุด

ดังนั้น ความส่องสว่างที่ตำแหน่งแนวระนาบ หรือที่มุม  $A = 0$  องศา มีค่า เท่ากับ  $L_z / 3$  ในส่วนของความส่องสว่างในระดับแนวระนาบภายนอก (Exterior Horizon Illuminance) มีค่ามากกว่าระดับความส่องสว่างในแนวตั้ง (Exterior Vertical Illuminance) ประมาณ 2.5 เท่า โดยพิจารณาจากสมการ

$$E_H = 300 + 21,000 \sin A$$

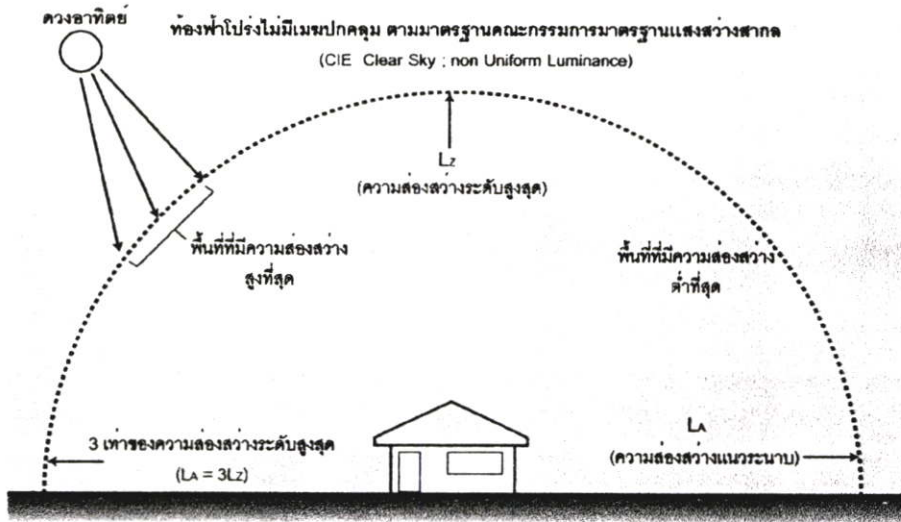
โดยที่  $E_H$  คือ ค่าความส่องสว่างภายนอกที่ระดับแนวระนาบ มีหน่วยเป็น ลักซ์ (Lux)

A คือ มุมของดวงอาทิตย์ที่ทำกับพื้นราบ เป็นมุมในระนาบตั้ง (Solar Altitude)

#### 2.5.2.2 สภาพท้องฟ้าโปร่งไม่มีเมฆปกคลุม (Clear Sky)

ความส่องสว่างของท้องฟ้าในลักษณะนี้ เกิดจากองค์ประกอบหลัก 2 องค์ประกอบ ได้แก่ แสงกระจายจากท้องฟ้า (Diffuse Illumination) และแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sun) ซึ่งปริมาณความส่องสว่างของทั้งสององค์ประกอบนั้น ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ โดยที่ ความส่องสว่างของ

ท้องฟ้ามีปริมาณที่แตกต่างกัน ความสว่างในระดับสูงสุดที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบมีค่าน้อยกว่าความสว่างในแนวระนาบที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง ประมาณ 3 เท่า ในกรณีนี้ยังไม่นับรวมกับความสว่างที่เกิดจากรังสีตรงของดวงอาทิตย์ ความส่องสว่างของพื้นผิวในแนวระนาบเนื่องจากแสงกระจายของท้องฟ้า พิจารณาเพียงครึ่งส่วนของท้องฟ้า (Half Sky) โดยจะมีค่าความส่องสว่างอยู่ในระหว่าง 3,000 - 20,000 ลักซ์ และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 10,000 ลักซ์



รูปที่ 2.11 แสดงท้องฟ้าแบบโปร่ง (Clear Sky)

จากการวิจัยของ มูนและฮอปคินสัน (Moon and Hopkinson, 1968) พบว่า ค่าระดับความสว่างของท้องฟ้าประเภทนี้มีการแบ่งแยกการวิเคราะห์เป็น 2 ส่วนอย่างชัดเจน โดยสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

-ความส่องสว่างที่เกิดจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว

$$E_H = 1,345 + 14,795 \sin A$$

โดยที่  $E_H$  คือ ค่าความสว่างภายนอกที่ระดับแนวระนาบ มีหน่วยเป็น ลักซ์ (Lux)  
 $A$  คือ มุมของดวงอาทิตย์ที่ทำกับพื้นราบ เป็นมุมในระนาบตั้ง (Solar Altitude)

-ความส่องสว่างที่เกิดจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

$$\log E_H = 4.466 + 0.31 \log A$$

โดยที่  $E_H$  คือ ค่าความสว่างภายนอกที่ระดับแนวระนาบ มีหน่วยเป็น ลักซ์ (Lux)

A คือ มุมของดวงอาทิตย์ที่ทำกับพื้นราบ เป็นมุมในระนาบตั้ง (Solar Altitude)

ความสว่างของพื้นผิวในแนวตั้ง ขึ้นอยู่กับ มุมของดวงอาทิตย์ในระนาบนอนโดยอ้างอิงจากทิศใต้(Azimuth) และมุมแนวตั้งของดวงอาทิตย์ จึงมีผลต่อความสว่างที่เกิดขึ้นและมีความสว่างที่ไม่สม่ำเสมอ โดยที่ความสว่างมีค่าสูงในกรณีที่อยู่ในทิศทางเดียวจากดวงอาทิตย์ และมีค่าความสว่างต่ำเมื่ออยู่ด้านตรงข้ามดวงอาทิตย์ (ดวงอาทิตย์มีตำแหน่งอยู่ด้านตรงข้ามกับช่องเปิดหรือมุมดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อช่องเปิดมีค่ามากกว่า90องศา) ซึ่งในกรณีนี้ต้องคำนึงถึงลักษณะพื้นผิวของวัตถุในสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการสะท้อนแสงเข้ามาภายในด้วย

### 2.5.2.3 สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky)

การวิเคราะห์ค่าความสว่างที่เกิดภายใต้ท้องฟ้าประเภทนี้ทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจาก มีการเปลี่ยนแปลงสภาพท้องฟ้าอยู่ตลอดเวลาและมีระดับความสว่างแตกต่างกันจากการวิจัยของครอชแมน (Krochman, 1968) พบว่าค่าความสว่างของท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วนสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$E_{HP} = 570A$$

โดยที่  $E_{HP}$  คือ ค่าความสว่างที่ระดับระนาบภายใต้ท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน มี หน่วยเป็นลักซ์

A คือ มุมของดวงอาทิตย์ที่ทำกับพื้นราบ เป็นมุมในระนาบตั้ง (Solar Altitude)

ในกรณีที่ท้องฟ้ามีสภาพของเมฆปกคลุมหนาแน่นหรือเป็นเมฆฝนที่มีสีเข้ม จะทำการปิดกั้นแสงกระจายที่สะท้อนมาจากท้องฟ้า และแสงตรงจากดวงอาทิตย์ แสงจึงถูกดูดกลืนเป็นผลทำให้ความสว่างมีค่าน้อยลง ในการศึกษาของ อีเลการ์ต และ สโจสเตรดส์ (Elegard and Sjostedt) เกี่ยวกับการหาความสัมพันธ์ของความส่องสว่างที่เกิดจากแสงตรงของดวงอาทิตย์และแสงกระจายของท้องฟ้า ซึ่งความสัมพันธ์ที่ได้สามารถหาค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ยของระนาบในแนวนอนที่ปราศจากสิ่งกีดขวาง แสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$E_H = 0.35 E_s + 0.89 E_c$$

โดยที่  $E_H$  คือ ค่าความสว่างที่ระดับระนาบภายใต้ท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน มีหน่วย เป็นลักซ์

$E_s$  คือ ค่าความสว่างที่ได้จากแสงตรงของดวงอาทิตย์

$E_c$  คือ ค่าความสว่างที่ได้จากแสงกระจายภายใต้ท้องฟ้าที่โปร่ง

การแบ่งสภาพท้องฟ้าโดยทั่วไป ใช้การพิจารณาตามสภาพของเมฆ โดยอาศัยข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0-10 แสดงได้ดังนี้

- ค่าระหว่าง 0-3 จัดเป็นสภาพท้องฟ้าโปร่งไม่มีเมฆปกคลุม
- ค่าระหว่าง 3-7 จัดเป็นสภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน
- ค่าระหว่าง 7-10 จัดเป็นสภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก

### 2.5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างแสงธรรมชาติกับปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (The Relationship between Daylight and Solar Radiation)

ประสิทธิภาพความส่องสว่างต่อพลังงานที่ตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ ในแนวระนาบ (Treado and Gillete, 1983) พบว่า รังสีกระจายของดวงอาทิตย์มีค่า 14ลูเมนต่อวัตต์ รังสีตรงของดวงอาทิตย์มีค่า 105ลูเมนต่อวัตต์ และรังสีรวมของดวงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 119ลูเมนต่อวัตต์ จากการวิจัยของ ฮอปคินสัน พบว่าปริมาณแสงสว่างที่ได้รับจากดวงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 117ลูเมนต่อวัตต์ ที่มุมของดวงอาทิตย์มากกว่าหรือเท่ากับ 25องศา และในส่วนของมุมดวงอาทิตย์ที่อยู่ระหว่าง 7.5 ถึง 25องศา มีค่าเท่ากับ 90ลูเมนต่อวัตต์ ความสัมพันธ์ของปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมดบนระนาบ กับปริมาณความสว่างจากดวงอาทิตย์แดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$E = 104.8 + 31.007 * I$$

โดยที่ E คือ ปริมาณความสว่างจากแสงสว่างของดวงอาทิตย์ มีหน่วยเป็น ฟุตแคนเดิล

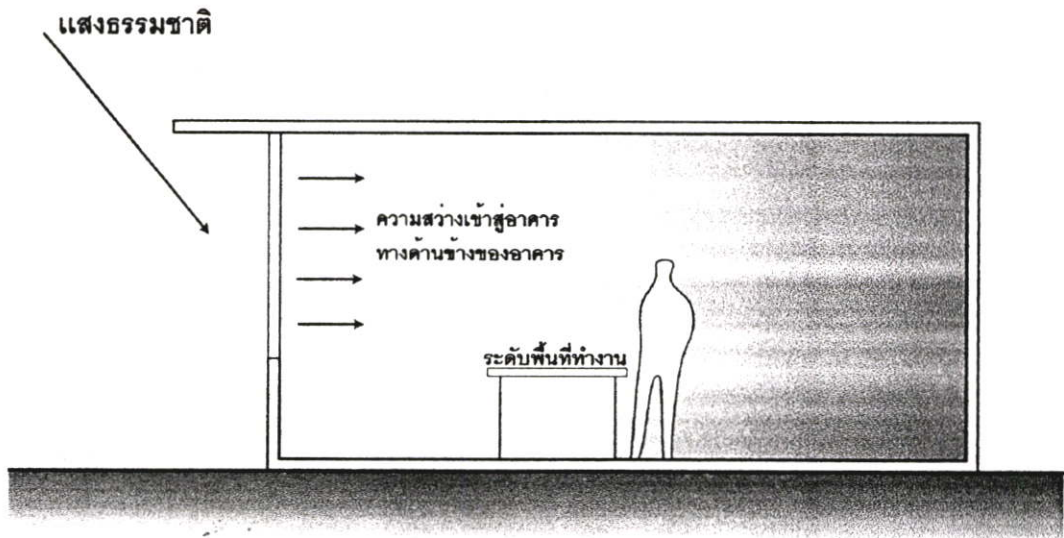
I คือ ปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมดบนระนาบมีหน่วยเป็น BTU/Hr.SQ.FT.

### 2.5.4 รูปแบบการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร

การนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร มีจุดประสงค์ในการเพิ่มความสว่างให้แก่อาคาร โดยทั่วไปการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารจำแนกได้ 2 รูปแบบ

#### 2.5.4.1 แสงธรรมชาติทางด้านข้างของอาคาร (Sidelighting)

แสงธรรมชาติทางด้านข้างของอาคาร ผ่านเข้ามาทางช่องหน้าต่างช่วยเพิ่มความสว่างให้แก่อาคาร และช่วยเปิดมุมมองออกสู่ภายนอกอาคาร แสงธรรมชาติที่เหมาะสมแก่การใช้งานควรเป็นแสงที่ผ่านช่องเปิดด้านทิศเหนือและทิศใต้ของอาคาร เนื่องจากสามารถป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ง่าย ซึ่งแสงตรงจากดวงอาทิตย์นี้เองที่ก่อให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคาร ทำให้เพิ่มภาระการทำความเย็น(Cooling Load) โดยรวมของอาคาร

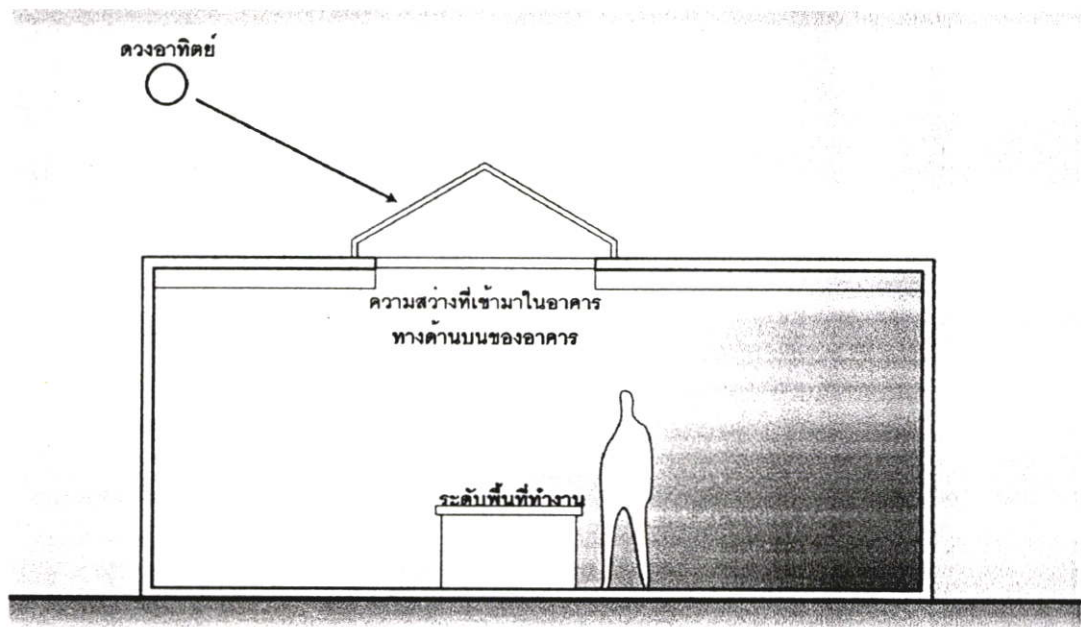


รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะแสงธรรมชาติทางด้านข้างของอาคาร

แสงธรรมชาติที่ผ่านเข้ามาทางด้านข้างของอาคาร เป็นแสงที่มีปริมาณความสว่างที่เหมาะสมและมีคุณภาพเพียงพอต่อการใช้งาน แต่ต้องอยู่ในเงื่อนไขของการออกแบบอาคารเพื่อต้องการนำแสงธรรมชาติโดยเฉพาะ ไม่เช่นนั้นแล้วการนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารอาจจะไม่มีคุณภาพ และความสว่างเพียงพอต่อการใช้งานในอาคาร ข้อดีของแสงธรรมชาติด้านข้างของอาคาร อยู่ที่ ระยะของความสว่างที่เหมาะสมอันเกิดจากแสงธรรมชาติภายในอาคาร ซึ่งจะลดความสว่างลงตามระยะห่างจากช่องเปิด ทำให้ในส่วนลึกของอาคารความสว่างจากแสงธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการใช้งาน

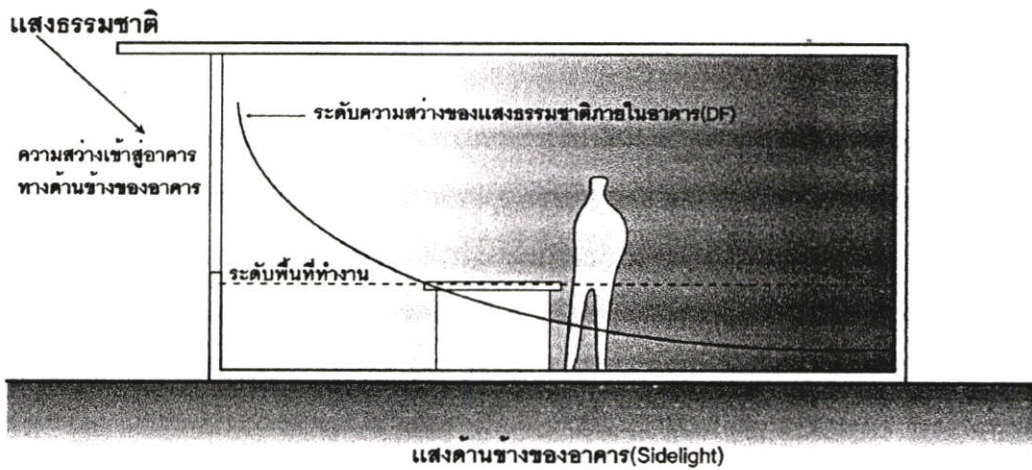
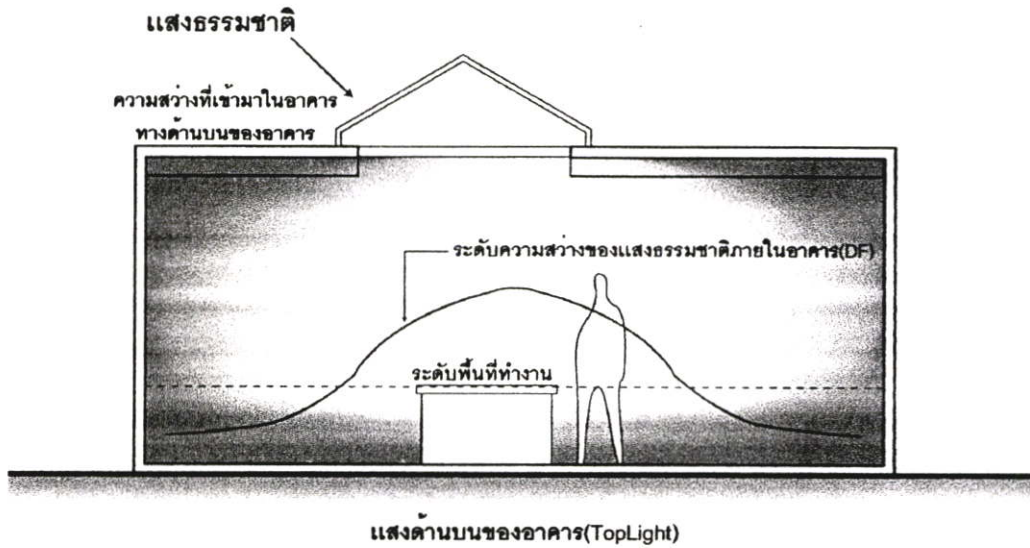
#### 2.5.4.2 แสงธรรมชาติด้านบนของอาคาร(Toplighting)

แสงธรรมชาติด้านบนของอาคาร มีการออกแบบได้หลายแบบเหมาะกับอาคารที่มีลักษณะกว้าง แสงธรรมชาติทางด้านข้างให้ความสว่างในปริมาณพื้นที่น้อย การเปิดรับแสงธรรมชาติทางด้านบนของอาคารจึงช่วยเพิ่มความสว่างให้แก่ส่วนลึกของอาคาร แต่สำหรับการนำแสงธรรมชาติที่มีคุณภาพที่เหมาะสมผ่านเข้าทางด้านบนของอาคารไม่เหมาะกับอาคารสูงมากนัก เนื่องจากยากแก่การควบคุมปริมาณแสงที่เข้ามา



รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะแสงธรรมชาติทางด้านบนของอาคาร

สำหรับประเทศไทย การเปิดรับแสงธรรมชาติทางด้านบนของอาคาร เปรียบเสมือนกับการนำความร้อนเข้าสู่อาคาร เนื่องจากความร้อนส่วนใหญ่ของอาคารเกิดจากแสงตรงของดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้าสู่อาคาร และช่องเปิดทางด้านบนของอาคารมีการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ยากมาก อันเนื่องมาจากการโคจรของดวงอาทิตย์ ทำให้มีโอกาสที่แสงตรงจากดวงอาทิตย์ผ่านเข้าสู่อาคารและก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องของความร้อนสะสมตามมา



หมายเหตุ : ปริมาณแสงภายในอาคารเป็นปริมาณเชิงเปรียบเทียบไม่ได้อ้างอิงถึงค่าปริมาณจริง

รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะของปริมาณแสงภายในอาคารที่เกิดจาก แสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านบน ของอาคาร และแสงธรรมชาติที่ผ่านช่องเปิดทางด้านข้างของอาคาร

จากรูปที่ 2.14 แสดงให้เห็นถึงลักษณะของระดับความสว่างที่เกิดขึ้นภายในอาคาร จากช่องเปิดด้านบนและช่องเปิดด้านข้างของอาคาร ซึ่งแสงด้านบนของอาคารมีระดับความสว่างที่เหมาะสมแก่การใช้งานสำหรับพื้นที่ส่วนใหญ่ในของอาคาร แต่ช่องแสงที่เปิดรับแสงธรรมชาติทางด้านข้างของอาคาร มีระดับความสว่างที่เหมาะสมแก่การใช้งานในส่วนด้านข้างของอาคาร แต่จุดประสงค์สำคัญของการใช้งานจากแสงธรรมชาติ เน้นถึงคุณภาพของแสงที่เหมาะสมแก่การใช้งาน แสงธรรมชาติจากด้านข้างของอาคารเป็นแสงที่มีคุณภาพมากกว่าแสงธรรมชาติทางด้านบนของอาคาร เนื่องจากแสงธรรมชาติจากด้านข้างสามารถป้องกันแสงตรงที่เกิดจากดวงอาทิตย์ได้ง่าย ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับทิศทางการวางตำแหน่งของอาคารอีกองค์ประกอบหนึ่ง ซึ่งสามารถนำแสงธรรม

ชาติที่มีปริมาณความสว่างและคุณภาพของแสงที่เหมาะสมแก่การใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในส่วนของช่องเปิดทางด้านบนของอาคาร การควบคุมคุณภาพของแสงธรรมชาติเป็นไปโดยยาก เนื่องจากแสงตรงที่เกิดจากดวงอาทิตย์มีโอกาสผ่านเข้าสู่อาคารได้ง่ายและป้องกันได้ยาก

### 2.5.5 การประเมินผลเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ

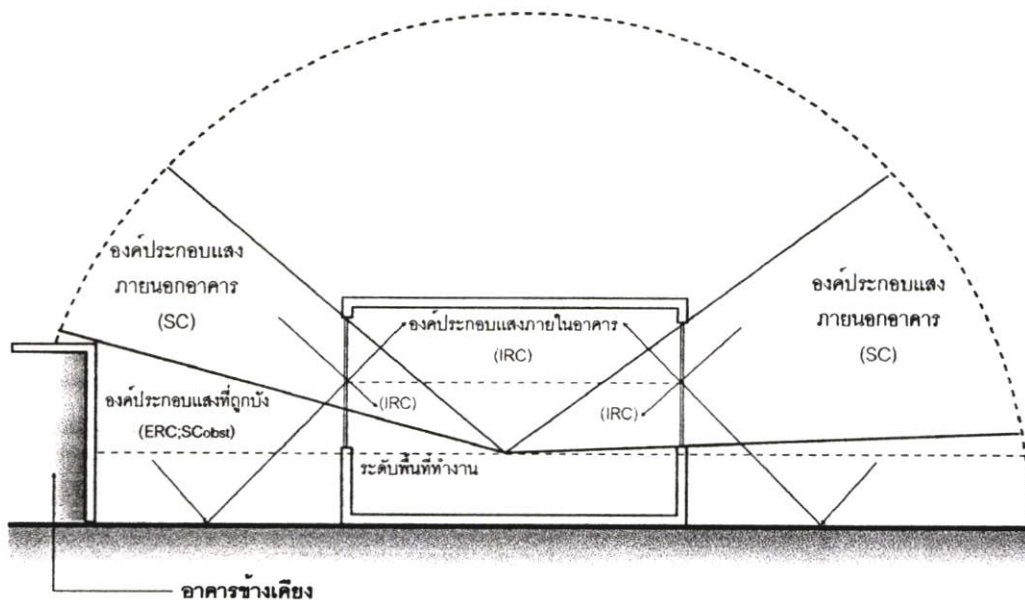
การประเมินการค่าความสว่างภายในอาคาร มีหลายวิธี โดยทั่วไปมีวิธีที่นำมาใช้ 3 วิธีการ อันได้แก่ การคำนวณ, การทำหุ่นจำลองทดสอบ และการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการประเมินผล สำหรับในการศึกษานี้ไม่ทำการศึกษการประเมินผลโดยใช้หุ่นจำลอง อันเนื่องมาจาก การวิเคราะห์ระดับความสว่างของแสงภายในอาคารโดยวัดค่าจากหุ่นจำลอง เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง แต่มีข้อด้อยตรงที่เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง ค่อนข้างมีราคาสูงและมีข้อจำกัดในการทำงานมาก รวมถึงต้องมีการทำหุ่นจำลองที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับวัสดุที่ใช้จริง ซึ่งอาจทำให้ผลลัพธ์คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้

#### 2.5.5.1 การคำนวณ

โดยทั่วไปแล้วการคำนวณหาค่าความส่องสว่างจากสภาพท้องฟ้าประเภทท้องฟ้าโปร่ง และท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน ไม่นิยมทำการคำนวณกันเนื่องจาก การคำนวณมีความยุ่งยาก และมีความยืดหยุ่นต่ำคือมีองค์ประกอบเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยทั่วไปการคำนวณหาปริมาณความสว่างภายในอาคารโดยทั่วไป เป็นการคำนวณความสว่างของแสงธรรมชาติภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมทั้งหมด ซึ่งผลจากการคำนวณมีค่าได้มาตรฐานและสามารถนำมาใช้ในการอ้างอิงได้ แต่ทั้งนี้ช่องเปิดของอาคารต้องมีการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ เพื่อนำมาอ้างอิงกับสภาพท้องฟ้าประเภทอื่น สำหรับการคำนวณหาปริมาณแสงภายในอาคารมีอยู่หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีวิธีการแตกต่างกันออกไป โดยมีวิธีการคำนวณที่ใช้โดยทั่วไป ดังนี้

##### 1) วิธีการเดย์ไลท์ แฟคเตอร์ (Daylight Factor Method; ต่อกจากนี้เขียนแทนว่าDF)

การคำนวณหาค่าความสว่างของแสงธรรมชาติภายในอาคาร ใช้หลักการพิจารณาโดยใช้อัตราส่วนของระดับความสว่างภายในต่อภายนอกอาคาร (Relative Illuminance) ภายใต้ท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมทั้งหมด ค่าที่ได้แสดงผลเป็น เปอร์เซนต์ ซึ่งเป็นค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา หรือทิศทางของช่องแสง ซึ่งค่าที่ได้แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของความสว่างที่เหมาะสมต่ออาคาร โดยทั่วไปอาคารสำนักงานตามมาตรฐาน IES กำหนดไว้ให้ภายในสำนักงานมีค่า DF ไม่น้อยกว่า 3 %



รูปที่ 2.15 แสดงลักษณะองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับวิธีการ DF

องค์ประกอบหลักที่มีผลต่อปริมาณความสว่างภายในอาคาร มี3องค์ประกอบหลัก ดังนี้

- องค์ประกอบของแสงจากท้องฟ้า (Sky Component) หรือ SC
- องค์ประกอบจากภายนอกอาคาร (External Reflected Component) หรือ ERC
- องค์ประกอบจากภายในอาคาร (Internal Reflected Component) หรือ IRC

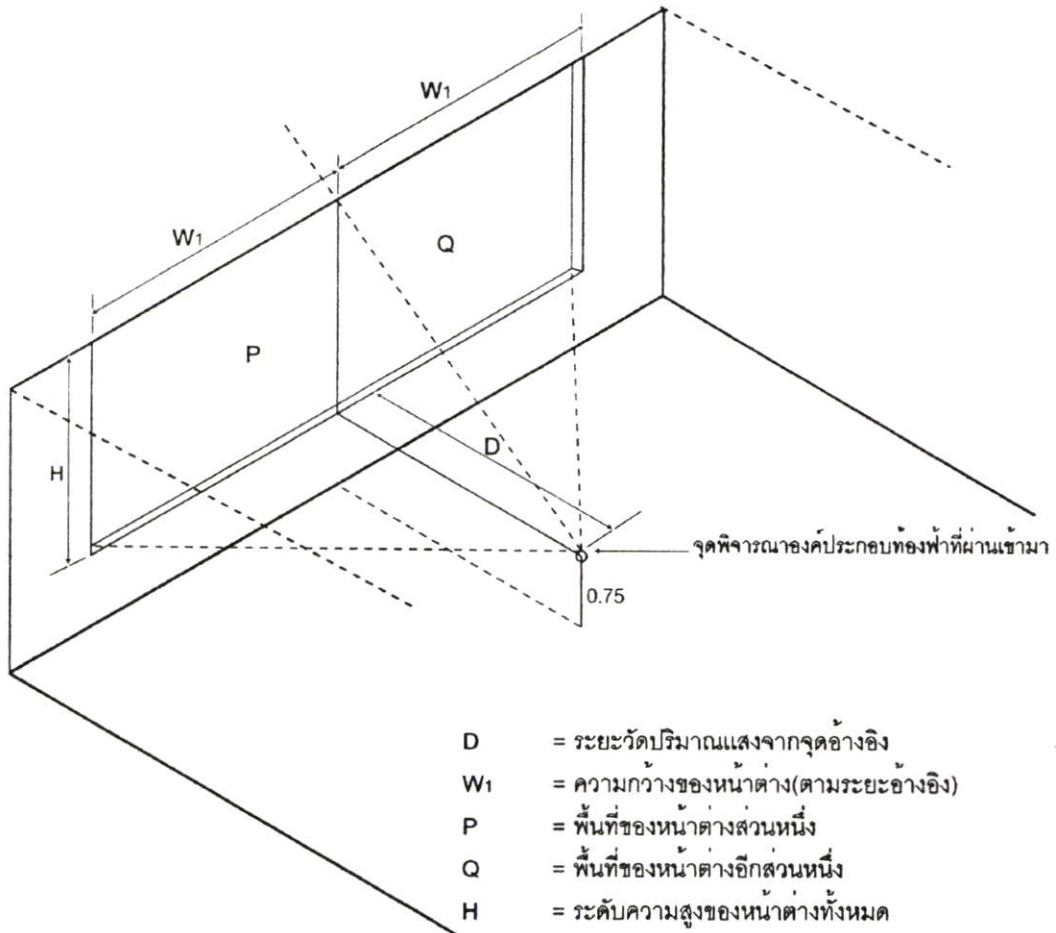
การคำนวณวิธี DF จากสมการโดยตรงทำได้ยาก โดยทั่วไปแล้ว ใช้เป็นการประเมินผลเชิงเปรียบเทียบเป็นอัตราของระดับความสว่างภายในต่อภายนอกมากกว่า โดยพิจารณาได้ดังนี้

$$DF = (\text{ค่าความสว่างภายในอาคาร} / \text{ค่าความสว่างแนวระนาบภายนอกอาคาร}) / 100 \quad (\%)$$

ซึ่งค่าที่ได้มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ เพื่อเทียบถึงปริมาณและคุณภาพของแสงที่เหมาะสมภายในอาคาร

2) The B.R.S. Simplified Daylight Tables (ชื่อเฉพาะต่อจากนี้เขียนแทนย่อ B.R.S.)

เป็นการคำนวณหาปริมาณแสงภายในอาคาร โดยใช้การพิจารณาถึงอัตราส่วนของช่องเปิดต่อระยะจุดอ้างอิง โดยใช้หลักการเดียวกับ การหาอัตราความสว่างภายในเทียบกับความสว่างภายนอกของอาคาร(Daylight Factor; DF) แต่ใช้การเปิดค่าจากตาราง B.R.S. โดยเทียบผลเป็นเปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปรวมกับผลกระทบของภายในและภายนอกอาคาร ผลที่ได้แสดงค่าเป็น DF แล้วนำไปเทียบกับปริมาณความสว่างของแสงภายนอกอาคารเพื่อหาปริมาณแสงภายในอาคาร การคำนวณโดยใช้วิธีนี้มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากสามารถคำนวณกับช่องเปิดที่มีอุปกรณ์บังแดดและอาคารข้างเคียงได้



รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะของการคำนวณปริมาณความสว่างโดยใช้วิธี B.R.S.

การคำนวณโดยวิธี B.R.S. มีหลักการคล้ายกับการคำนวณวิธี DF ซึ่งมีการใช้อองค์ประกอบเดียวกัน แต่แตกต่างกันตรงที่วิธีการ ได้แก่

$$DF \text{ (จากวิธี B.R.S.)} = SC + ERC + IRC$$

- โดยที่ - SC คือองค์ประกอบของแสงจากท้องฟ้า (Sky Component)  
- ERC คือองค์ประกอบจากภายนอกอาคาร (External Reflected Component)  
- IRC คือองค์ประกอบจากภายในอาคาร (Internal Reflected Component)

การหาค่าองค์ประกอบแสงจากท้องฟ้า หาได้จากการเทียบค่าของ ตาราง B.R.S. สรุปได้ดังนี้

- อัตราขององค์ประกอบแสงธรรมชาติทั้งหมดที่เข้ามาในอาคาร  $2(H/D)(W1/D)$   
- อัตราขององค์ประกอบแสงธรรมชาติที่ช่องเปิดขนาด H1  $2(H1/D)(W1/D)$

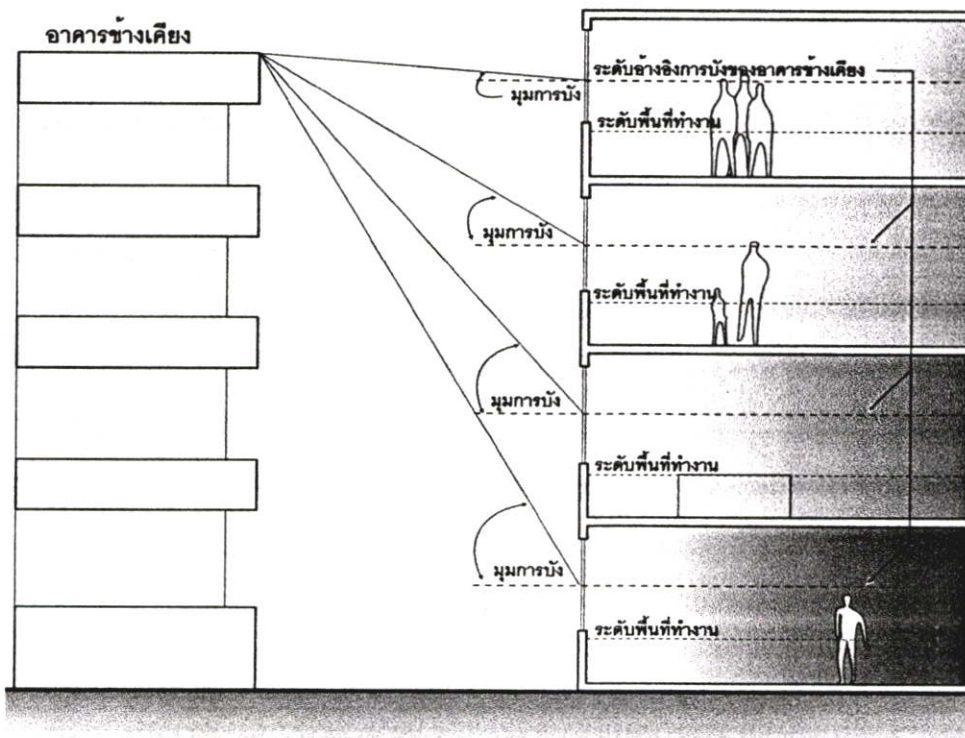
การหาค่าองค์ประกอบจากภายนอกอาคาร โดยทั่วไปถ้ามีการบังของอาคารข้างเคียงเกินกว่า 50% ให้สรุปโดยรวมว่า ค่าองค์ประกอบจากภายนอกอาคารมีค่าเป็น 1 ใน 10 ส่วนขององค์ประกอบแสงจากท้องฟ้าที่ถูกบัง ( $SC_{\text{obst}}$ ) แต่สำหรับถ้าการบังของอาคารข้างเคียงต่ำกว่า 50% ให้คิดว่า ค่าองค์ประกอบจากภายนอกอาคารมีค่าเป็น 1 ใน 5 ส่วนขององค์ประกอบแสงจากท้องฟ้าที่ถูกบัง ( $SC_{\text{obst}}$ )

การหาค่าองค์ประกอบภายในอาคาร เป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากมากนัก โดยใช้วิธีเทียบค่ากับตารางองค์ประกอบภายในของ B.R.S.

ค่าที่ได้ทั้งหมดเมื่อนำมารวมกัน ทำให้ได้ค่า DF หรืออัตราของความสว่างภายในอาคารตามตำแหน่งที่ใช้อ้างอิง มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

3) การคำนวณวิธีของคณะกรรมการมาตรฐานแสงสว่างสากล(Commission International de L' Eclairage; C.I.E. ซึ่งต่อจากนี้ใช้เขียนแทนว่า C.I.E.)

เป็นการคำนวณค่าความสว่างต่ำที่สุดในจุดอ้างอิงภายในอาคาร ลักษณะการคำนวณมีแนวทางเดียวกับการคำนวณแบบ Daylight Factor Method แต่มีความยุ่งยากน้อยกว่า เนื่องจากมีข้อจำกัดของการคำนวณมากกว่า โดยเน้นการเปิดตารางในส่วนต่างๆ เทียบค่าเพื่อการคำนวณ แต่มีข้อดีที่สามารถคำนวณในส่วนของการบังของอาคารข้างเคียงได้



รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะมุมการบังของอาคารข้างเคียงตามวิธีการคำนวณแบบ C.I.E.

การคำนวณวิธีนี้เป็นการคำนวณค่าความสว่างภายในอาคารที่มีค่าต่ำที่สุด แล้วเทียบค่าความสว่างที่ได้เป็นค่า DF เพื่อเป็นการหาค่าความสว่างภายในอาคารจากค่าความสว่างภายนอกตามความจริง โดยมีสมการดังนี้

$$DF = MDF \times CF(\alpha) \times CF(t) \times CF(Km) \times eff$$

โดยที่

MDF = องค์ประกอบของแสงต่ำสุดโดยพิจารณาจากอัตราส่วนของ  
ของ  
ความลึก กับอัตราขนาดของหน้าต่าง โดยเทียบกับตาราง

CF (  $\alpha$  ) = องค์ประกอบจากมุมบังแสงภายนอกอาคาร

CF (t) = องค์ประกอบจากการส่องผ่านของหน้าต่าง

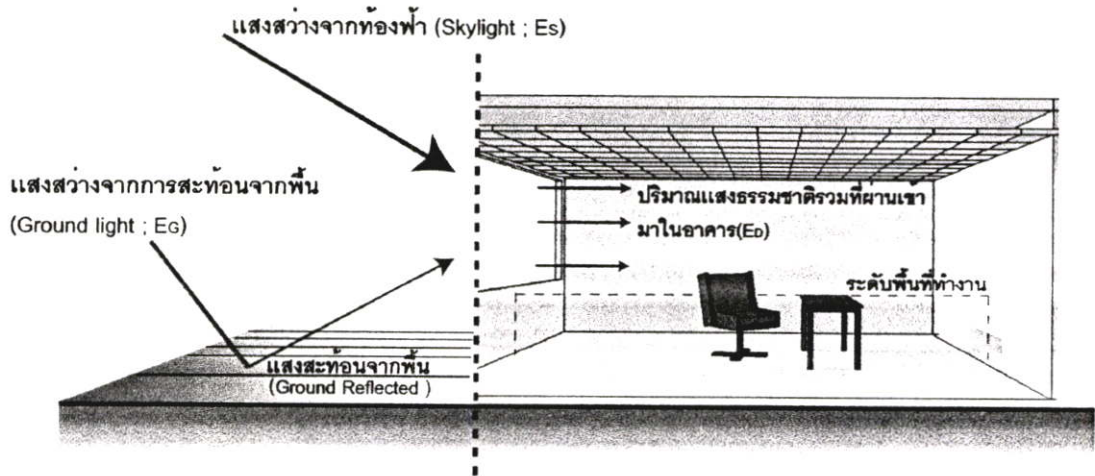
CF (Km) = องค์ประกอบจากความสกปรกของภายในและภายนอกอาคาร

Eff = องค์ประกอบที่เกิดจากอุปกรณ์บังแดด

วิธีการคำนวณวิธีนี้ เป็นวิธีการที่เหมาะสมกับสถานที่ตั้งของอาคารที่มีการบังของอาคารหรือวัตถุข้างเคียง เนื่องจากมีรายละเอียดในเรื่องของมุมในการบังอาคาร ทำให้หาแนวโน้มของปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารที่มีการบังของอาคารข้างเคียงได้เป็นอย่างดี

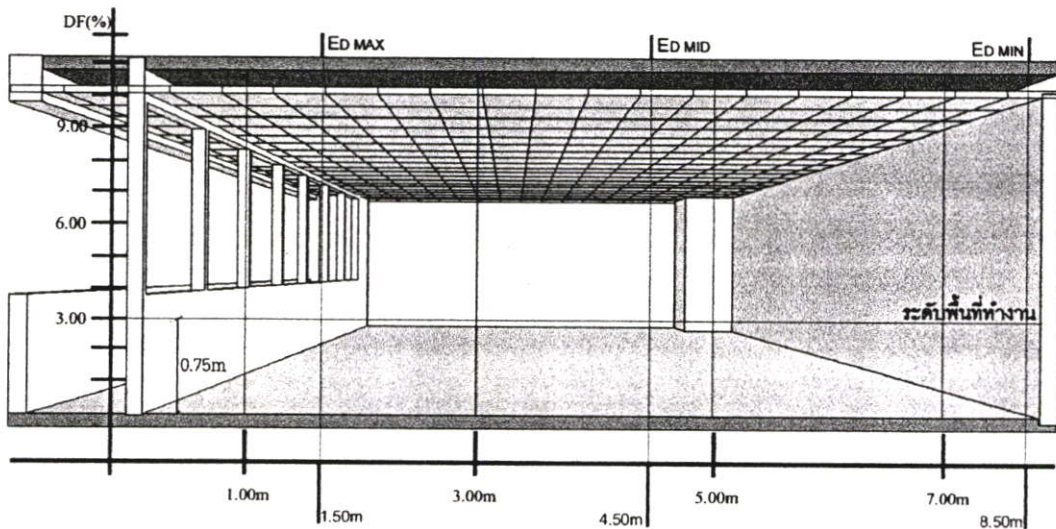
#### 4) การคำนวณวิธีลูเมน(Lumen Method)

เป็นการคำนวณที่มีประสิทธิภาพอีกวิธีหนึ่ง มีการคำนวณที่ค่อนข้างยุ่งยาก โดยมีหลักการคือ ปริมาณความสว่างของแสงทั้งหมดที่ตกกระทบบนจุดอ้างอิงในอาคาร ได้มาจากการรวมตัวกันระหว่าง แสงสว่างจากท้องฟ้า และแสงสว่างจากพื้น แต่วิธีการคำนวณประเภทนี้มีข้อจำกัดในขั้นตอนการคำนวณมาก ทำให้ไม่มีอิสระในการคำนวณมากนัก และไม่เหมาะสมกับอาคารที่มีอุปกรณ์บังแดด เป็นการคำนวณที่เน้นการพิจารณาในเรื่องของค่าขององค์ประกอบภายในอาคาร กับความสัมพันธ์ของสภาพท้องฟ้าเป็นส่วนสำคัญ



รูปที่ 2.18 แสดงลักษณะขององค์ประกอบในการคำนวณวิธีลูเมน

การคำนวณวิธีลูเมน มีการกำหนดจุดอ้างอิงสำหรับการวัดค่าความสว่างของแสงออกเป็น 3 จุด บนพื้นที่ทำงาน โดยมีลักษณะดังนี้



รูปที่ 2.19 แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งอ้างอิงที่ใช้สำหรับวัดปริมาณความสว่างของแสง

การคำนวณโดยใช้วิธีนี้เป็นวิธีการคำนวณในกรณีที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด เนื่องจากมีสมการที่ซับซ้อนมาก โดยการคำนวณมีการกำหนดจุดอ้างอิงดังนี้

กำหนดจุดอ้างอิงดังนี้	$E_D$ MAX	อยู่ในระยะ	1.50 เมตร
	$E_D$ MID	อยู่ในระยะ	4.50 เมตร
	$E_D$ MIN	อยู่ในระยะ	8.50 เมตร

ซึ่งสมการที่ใช้ในการคำนวณ มีดังนี้

$$E_D = E_s + E_G$$

โดยที่  $E_D$  = แสงสว่างที่ตกกระทบบนพื้นที่อ้างอิง

$E_s$  = แสงสว่างจากท้องฟ้าที่ตกกระทบบนพื้นที่อ้างอิง

$E_G$  = แสงสว่างจากการสะท้อนจากพื้นที่ตกกระทบบนพื้นที่อ้างอิง

การคำนวณมีรายละเอียดดังนี้

-การคำนวณแสงสว่างจากท้องฟ้า

$$E_s = (E_w \times A_f \times TF \times LLF) \times CU \times K$$

โดยที่  $E_w$  = แสงสว่างจากท้องฟ้าที่ตกกระทบบนพื้นที่ทำงาน พิจารณาที่ตำแหน่ง  $E_D$   
MAX,  $E_D$  MID และ  $E_D$  MIN

$A_f$  = พื้นที่กระจก (หน้าต่าง)

TF = ค่าการส่องผ่านของกระจก

LLF = ค่าความสะอาด (Light Loss Factor)

CU = Coefficients of Utilization (ค่าเฉพาะ)

K = K Factors (ค่าเฉพาะ)

-การแสงจากการสะท้อนจากพื้น

$$E_G = (E_{IG} \times RF) / 2 \times A_f \times TF \times LLF \times CU \times K$$

โดยที่  $E_G$  = แสงสว่างจากการสะท้อนของพื้นที่ตกกระทบบนพื้นที่ทำงาน พิจารณาที่  
ตำแหน่ง  $E_D$  MAX,  $E_D$  MID และ  $E_D$  MIN

$E_{IG}$  = แสงสว่างที่ตกกระทบพื้นนอกหน้าต่าง

$A_f$  = พื้นที่กระจก (หน้าต่าง)

RF = ค่าการสะท้อนของพื้นภายนอก

TF = ค่าการส่องผ่านของกระจก

LLF = ค่าความสะอาด (Light Loss Factor)

CU = Coefficients of Utilization (ค่าเฉพาะ)

K = K Factors (ค่าเฉพาะ)

#### 2.5.5.1 การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการประเมินผล

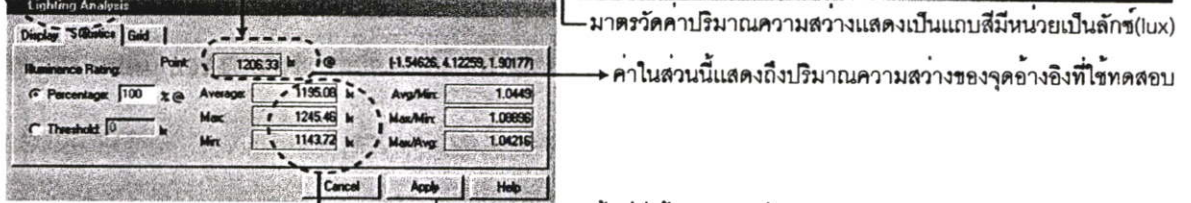
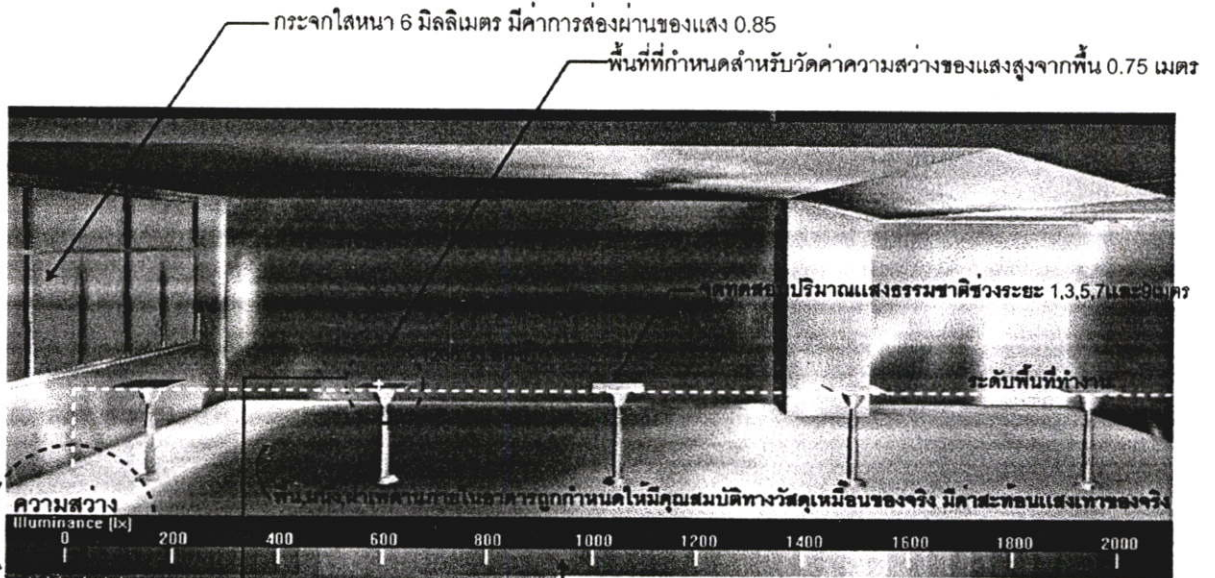
ในเบื้องต้นของการออกแบบอาคาร เราไม่สามารถคาดเดาได้เลยว่าแสงที่เกิดขึ้นภายในอาคารเป็นอย่างไร ไม่ว่าจะเป็นแสงธรรมชาติหรือว่าแสงประดิษฐ์ มีปริมาณความสว่างเพียงและคุณภาพของแสงเพียงใด การนำเอาโปรแกรมคอมพิวเตอร์(Software) ประเภทการประมวลผลเกี่ยวกับแสง เข้ามาช่วยในการออกแบบ ทำให้ออกแบบอาคารเกี่ยวกับแสงมีความแม่นยำมากขึ้น สำหรับในปัจจุบันมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์แสงอยู่หลายโปรแกรม แต่ส่วนมากโปรแกรมประเภทนี้เน้นสำหรับการใช้งานทางวิศวกรรม (Engineer) เนื่องจาก การป้อนข้อมูลเน้นหนักทางด้านตัวเลขเป็นหลักและมีขั้นตอนที่ซับซ้อนไม่เหมาะสำหรับงานของสถาปนิก

โปรแกรม Lightscape<sup>1</sup> (ชื่อเฉพาะ) เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการประเมินผลของแสงภายในอาคาร สำหรับ Lightscape นอกจากเป็น ซอฟต์แวร์ (Software) ที่นำเสนอการแสดงผลภาพ 3มิติที่ให้ค่าแสงถูกต้องสมจริงแล้ว ยังมีในส่วนของ การประเมินผลปริมาณความสว่าง (Analysis Mode) ของพื้นที่อาคารโดยอ้างอิงตามมาตรฐานของ IES โดยสามารถประมวลผลได้ทั้งค่าปริมาณการส่องสว่าง (Illumination; lx, fc) และความสว่าง (Luminance; fl)

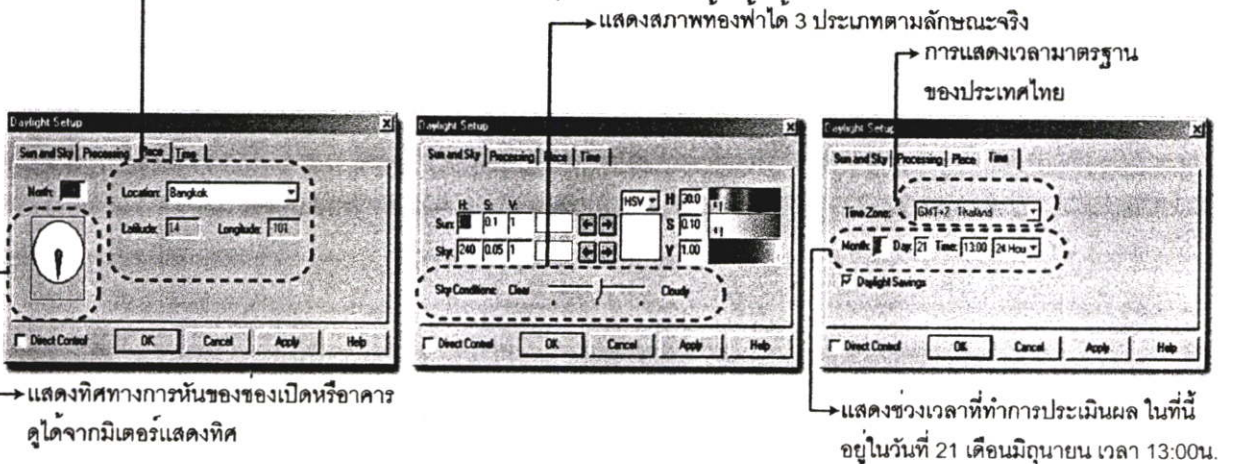
การใช้โปรแกรมนี้ต้องทำหุ่นจำลอง 3 มิติในคอมพิวเตอร์ โดยกำหนดค่าวัสดุทุกอย่างเหมือนค่าของพื้นที่อาคารจริง โดยที่โปรแกรมนี้สามารถกำหนดพื้นที่ในการประมวลผลให้อยู่ในพื้นที่ของกรุงเทพมหานครได้ และสามารถกำหนดสภาพท้องฟ้าได้ 3 ประเภทตามมาตรฐาน CIE ในที่นี้กำหนดสภาพท้องฟ้าให้เป็นแบบ มีเมฆปกคลุมทั้งหมด

การทดสอบแสงธรรมชาติของโปรแกรม Lightscape พบว่าปริมาณแสงในแนวระนาบตั้งมีค่าประมาณ 2.5 เท่าของปริมาณแสงของท้องฟ้าแนวระนาบนอน ในส่วนของท้องฟ้าประเภทมีเมฆปกคลุม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสภาพของท้องฟ้าจริง

<sup>1</sup> โปรแกรม Lightscape เป็น Software ทางด้าน Lighting Simulation และ Presentation ของ Autodesk, Inc.2001



→ ค่าในส่วนี้แสดงถึงปริมาณความสว่างของจุดอ้างอิงที่ไซต์ทดสอบ  
 → แสดงค่าปริมาณแสงของพื้นที่ที่ใช้วัดความสว่างของแสงธรรมชาติ  
 → นำสีที่เกิดจากการประเมินผลเทียบกับแถบสีความสว่างทำให้ทราบค่าความสว่างภายในอาคาร  
 → แสดงสถานที่ตั้งของอาคาร ในกรณีนี้คือกรุงเทพฯ



→ แสดงทิศทางการหันของของเปิดหรืออาคาร ดูได้จากมิเตอร์แสดงทิศ  
 → แสดงสภาพท้องฟ้าได้ 3 ประเภทตามลักษณะจริง  
 → การแสดงเวลามาตรฐานของประเทศไทย  
 → แสดงช่วงเวลาที่ทำกรประเมินผล ในวันนี้ 21 เดือนมิถุนายน เวลา 13:00น.

รูปที่ 2.20 แสดงลักษณะการประเมินผลโดยใช้ Lightscape (แสดงโทนสีเทา)

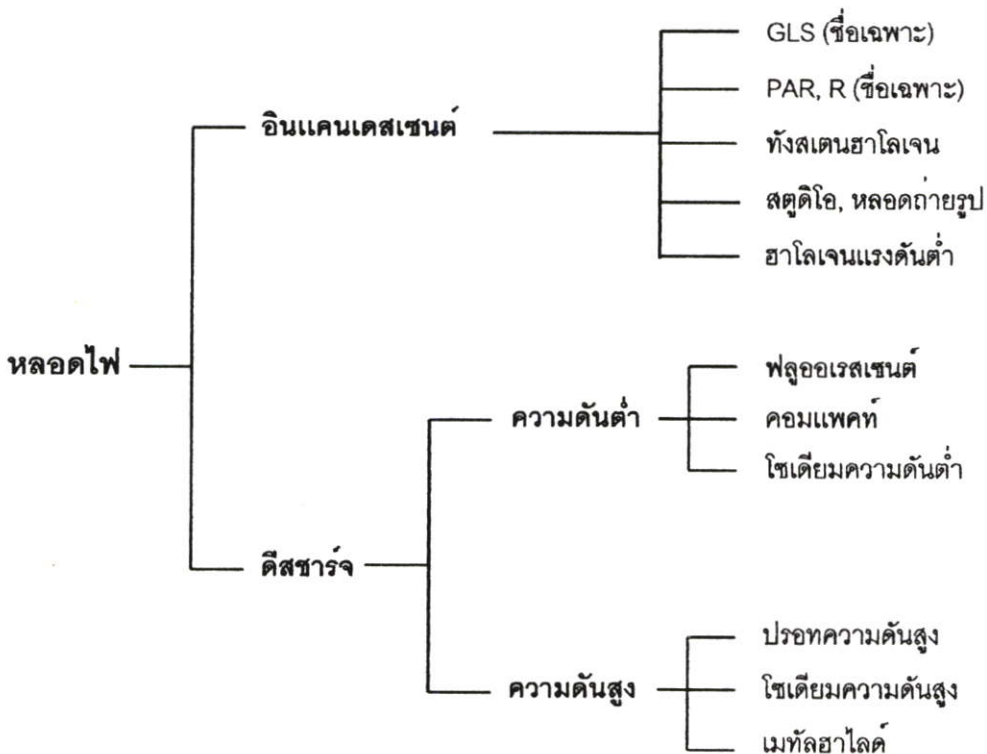
## 2.6 แสงประดิษฐ์

แสงประดิษฐ์ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าหลอดไฟฟ้า เป็นส่วนที่สำคัญมากสำหรับอาคาร ซึ่งช่วยในการให้ความสว่างแก่อาคาร มีการใช้งานแตกต่างกันออกไปตามแต่ลักษณะของอาคารและ

การใช้งาน สำหรับอาคารสำนักงานแสงประดิษฐ์มีความจำเป็นอย่างสูงในการใช้งานโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณส่วนสำนักงาน ซึ่งต้องใช้ความสว่างที่เพียงพอในการทำงาน แสงประดิษฐ์มีส่วนได้เปรียบแสงธรรมชาติตรงที่ปริมาณความส่องสว่างของแสงค่อนข้างที่จะคงที่ และสม่ำเสมอถ้ามีการออกแบบมาอย่างเหมาะสม แต่ต้องมีการสูญเสียค่าใช้จ่ายสำหรับค่าการใช้พลังงาน ซึ่งมีปริมาณค่อนข้างสูง การหาทางออกโดยการนำแสงธรรมชาติเข้ามาช่วยเพิ่มความสว่างภายในอาคาร จึงเป็นตัวเลือกหนึ่งที่จะช่วยในการประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายสำหรับพลังงานได้มากขึ้น แต่ในการใช้แสงธรรมชาติสำหรับความส่องสว่างภายในอาคารยังมีข้อด้อยอยู่โดยเฉพาะในส่วนลึกของอาคาร แสงประดิษฐ์จึงช่วยให้การใช้แสงภายในอาคารมีประสิทธิภาพมากขึ้นและช่วยในแง่ของการประหยัดพลังงานของอาคาร

### 2.6.1 การแบ่งประเภทของหลอด

หลอดไฟฟ้ามียุคด้วยกันหลายประเภท แต่ละประเภทมีการใช้งานแตกต่างกันออกไป เมื่อนำไปใช้งานต้องถึงวัตถุประสงค์การใช้งานเป็นหลัก การแบ่งประเภทของหลอดไฟหลักแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 2.21 แสดงการแบ่งประเภทของหลอด

#### 2.6.1.1 หลอดอินแคนเดสเซนต์

หลอดอินแคนเดสเซนต์ เป็นหลอดที่มีไส้ซึ่งทำด้วยทังสเตนโดยมีความดันไอต่ำและจุดหลอมเหลวสูง ภายในหลอดแก้วเป็นหลอดที่ทนความร้อนสูงและมีการบรรจุก๊าซเฉื่อยเพื่อลดอัตราการระเหยของไส้ และช่วยให้ขั้วหลอดไม่ดำ หลอดประเภทนี้เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพ (ลูเมน/วัตต์)

ค่อนข้างต่ำ ให้โทนแสงดูอบอุ่นและมีอายุการใช้งานต่ำ โดยทั่วไปหลอดประเภทนี้มีอุณหภูมิสี (Color Temperature, ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป) ประมาณ 2500-3000 องศาเคลวิน ซึ่งมีสีค่อนข้างไปทางเหลือง แต่มีค่าดัชนีความถูกต้องของสี (CRI, Color Rendering Index) ให้แสงที่ถูกต้อง หรือ CRI = 100% หลอดประเภทนี้มีอายุการใช้งานประมาณ 1000 - 3000 ชั่วโมง หลอดอินแคนเดสเซนต์มีการจำแนกย่อยออกเป็นอีกหลายประเภท ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ขอกล่าวถึง

#### 2.6.1.2 หลอดดิสชาร์จ

เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูงและมีความทนทานสูง และเริ่มนิยมใช้มากขึ้น หลอดประเภทนี้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ หลอดดิสชาร์จแบบความดันต่ำ และหลอดดิสชาร์จแบบความดันสูง

##### 1) หลอดฟลูออเรสเซนต์

เป็นหลอดดิสชาร์จแบบความดันต่ำ เป็นหลอดที่มีการนิยมใช้กันมาก เนื่องจากมีความประหยัดพลังงานไฟฟ้า ราคาค่อนข้างถูก และหาซื้อได้ง่าย หลอดฟลูออเรสเซนต์มีค่าประสิทธิภาพประมาณ 50 - 80 ลูเมน/วัตต์ ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับหลอดอินแคนเดสเซนต์ (ซึ่งมีค่าอยู่เพียง 10 - 15 ลูเมน/วัตต์) และมีขนาดวัตต์น้อย หลอดฟลูออเรสเซนต์มีแสงเกิดมาจากผงฟลูออเรสเซนต์ที่ถูกพลังงานอัลตราไวโอเล็ตที่กำเนิดมาจากการอาร์กของปรอท โครงสร้างของหลอดประกอบด้วยหลอดแก้วยาวซึ่งมีขั้วไฟฟ้าอยู่ที่ปลายทั้งสองด้าน และบรรจุไอปรอทความดันต่ำ และมีก๊าซเฉื่อยเล็กน้อยเพื่อช่วยในการจุดไส้หลอด เมื่อป้อนไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าทำให้เกิดการดิสชาร์จไหลผ่านไอปรอท และรังสีอัลตราไวโอเล็ตทำให้สารฟอสฟอรัส (ผงฟลูออเรสเซนต์) เรืองแสงออกมา หลอดฟลูออเรสเซนต์แบ่งออกได้ 3 ประเภทตามลักษณะของอุณหภูมิสีและปริมาณความส่องสว่าง ได้ดังนี้

หลอดเดย์ไลท์ (Daylight) เป็นหลอดที่มีอุณหภูมิสีสูงถึง 5500-6000 องศาเคลวิน มีสีออกไปทางขาวปนฟ้า ค่อนข้างใกล้เคียงกับแสงธรรมชาติ หลอดประเภทนี้ มีปริมาณความส่องสว่างตั้งแต่ 700 ลักซ์ขึ้นไป

เหมาะกับการใช้งานในส่วนในพื้นที่ทำงานที่ต้องการความสว่างเนื่องจากมีความชัดเจนและความสว่างเหมาะสม

-หลอดคูลไวท์ (Cool White) เป็นหลอดที่มีอุณหภูมิสีประมาณ 4000-4500 องศาเคลวิน มีสีขาวเย็น มีปริมาณความส่องสว่างประมาณ 500 ลักซ์ ซึ่งมีความเหมาะสมแก่อาคารประเภทสำนักงาน

-หลอดวอร์มไวท์ (Warm White) เป็นหลอดที่มีอุณหภูมิสีประมาณ 3000 -3500 องศาเคลวิน มีสีขาวออกไปทางสีแดง มีปริมาณความส่องสว่างประมาณ 300-500 ลักซ์ ลักษณะของแสงดูอบอุ่น ไม่เหมาะกับการใช้งานในพื้นที่ทำงานเนื่องจากหลอดประเภทนี้ถ้ามีปริมาณ

ความส่องสว่างสูงถึง 500ลักซ์ หรือใกล้เคียง แสงที่ได้มีลักษณะออกไปทางจ้า ก่อให้เกิดความไม่สบายทางสายตาได้

## 2) หลอดดิลซาร์จแบบความดันสูง

เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดดิลซาร์จแบบความดันต่ำ เนื่องจากมีค่าประสิทธิภาพผลสูง และมีปริมาณความส่องสว่างสูง แต่มีปริมาณการใช้พลังงานค่อนข้างสูง และราคาของหลอดสูงมาก โดยทั่วไปไม่นิยมใช้ภายในอาคารแต่นิยมใช้ภายนอกอาคาร เช่น ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม สวนหรือสนามหญ้า เส้นทางจราจร สนามกีฬา ฯลฯ ตัวอย่างหลอดประเภทนี้ได้แก่

-หลอดปรอทความดันสูง หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าหลอดแสงจันทร์ หลอดประเภทนี้มีค่าประสิทธิภาพผลสูงใกล้เคียงกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ และมีดัชนีความถูกต้องของแสงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ มีอุณหภูมิสีประมาณ 4000 - 6000 องศาเคลวิน โดยทั่วไปหลอดประเภทนี้นิยมใช้กับอาคารประเภทโรงงาน และไฟติดตั้งบริเวณ

-หลอดโซเดียมความดันสูง โดยทั่วไปหลอดประเภทนี้ใช้กับถนนเส้นทางจราจร โดยเฉพาะไฟถนนรูปเปเปอร์ไฮเวย์ ถนนสายหลัก หรือบริเวณทางแยกสำคัญ มีอุณหภูมิสีประมาณ 2500 เคลวิน ซึ่งออกไปทางสีเหลือง หลอดไฟชนิดนี้ให้ประสิทธิภาพในการมองเห็นได้ดีที่สุด เนื่องจากสายตาของมนุษย์ไวต่อแสงสีเหลืองมากที่สุด

-หลอดเมทัลฮาไลด์ เป็นหลอดที่มีการตอบสนองของสเปกตรัมทุกสี ทำให้หลอดนี้มีดัชนีความถูกต้องของสี (CRI สูง) แสงที่ออกมามีอุณหภูมิให้เลือกได้ตั้งแต่ 3000-4300 องศาเคลวิน

### 2.6.2 อุณหภูมิสี (Color Temperature)

ลักษณะสีของแสงสามารถบอกได้ด้วยอุณหภูมิสีเนื่องจากมีความชัดเจนมากกว่าการบอกด้วยสีทั่วไป ลักษณะของการบอกค่าด้วยอุณหภูมิสี สามารถอธิบายได้โดย สีที่เห็นเมื่อมีการเผาวัตถุสีดำ (Black Body) ที่อุณหภูมิเป็นปริมาณองศาเคลวิน ซึ่งจากค่านี้ใช้เป็นปริมาณบอกค่าอุณหภูมิสีวัตถุสีดำเมื่อถูกเผาด้วยอุณหภูมิต่างๆ จะมีสีต่างๆกันดังนี้

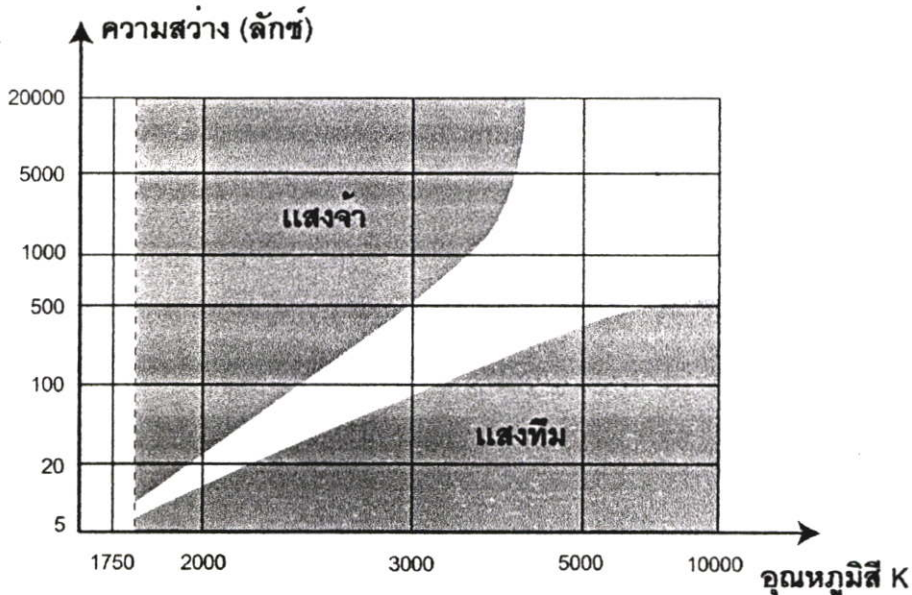
2200 องศาเคลวิน	มีสี เหลืองจัด	เทียบกับสีของหลอดโซเดียมความดันต่ำ
2500 องศาเคลวิน	มีสี เหลืองทอง	เทียบกับหลอดโซเดียมความดันสูง
2800 องศาเคลวิน	มีสี เหลืองอ่อน	เทียบกับสีของหลอดอินแคนเดสเซนต์
3000 องศาเคลวิน	มีสี เหลืองขาว	เทียบกับสีของหลอดฮาไลเจน
3500 องศาเคลวิน	มีสี เหลืองแดง	เทียบกับสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดวอร์มไวท์ (Warm White)
4000 องศาเคลวิน	มีสี ขาวเย็น	เทียบกับสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคูลไวท์ (Cool White)

6500 องศาเซลวิน มีสี ขาวปนฟ้า เทียบกับสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิดเดย์ไลท์ (Daylight)

การออกแบบแสงสว่างภายในอาคารด้วยแสงประดิษฐ์ การเลือกใช้ประเภทของหลอดโดยพิจารณาค่าของอุณหภูมิสีเป็นสิ่งสำคัญต่อสภาพแสงภายในอาคาร โดยเฉพาะเมื่อมีการนำหลอดไฟที่มีค่าของอุณหภูมิสีที่แตกต่างกันมากเข้ามาใช้ร่วมกัน ทำให้ปริมาณความสว่างโดยรวมที่ได้ภายในอาคารเกิดการผิดเพี้ยนของสี และก่อให้เกิดความไม่สบายทางสายตาแก่ผู้ใช้อาคาร

### 2.6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างและอุณหภูมิสี

การออกแบบแสงประดิษฐ์มีความจำเป็นที่ต้องคำนึงถึงสีจากหลอดไฟ ที่ต้องมีความสัมพันธ์กับความส่องสว่าง ซึ่งจัดเป็นพื้นฐานของการออกแบบแสงสว่าง ความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างและอุณหภูมิสีสามารถแสดงได้จากกราฟดังนี้



รูปที่ 2.22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่าง (Lux) และอุณหภูมิสี (K)

จากรูปที่ 2.22 สามารถสรุปได้ดังนี้

2.6.3.1 หลอดที่มีอุณหภูมิสีต่ำ แต่ให้ความส่องสว่างสูง ทำให้แสงมีลักษณะสว่างจ้าเกินไป

2.6.3.2 หลอดที่มีอุณหภูมิสีสูง แต่ให้ความส่องสว่างสูง ทำให้แสงมีลักษณะทึมเกินไป

จะเห็นได้ว่าสภาพหรือคุณภาพของแสงที่เหมาะสม เมื่อพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างและอุณหภูมิสีแล้ว ค่าของคุณภาพแสงที่เหมาะสมคือ ส่วนกลางของกราฟ ที่ดูไม่จ้าและไม่ทึมเกินไป จากการพิจารณาพื้นที่ส่วนสำนักงานพบว่า บริเวณพื้นที่ส่วนนี้มีความต้องการปริมาณความส่องสว่าง 300 - 500ลักซ์ เมื่อพิจารณาจากกราฟ พบว่าอุณหภูมิสีที่เหมาะสม

สมกับแสงสว่างนี้อยู่ในช่วง อุณหภูมิสี 3000 - 6000 องศาเคลวิน คุณภาพของแสงจึงเหมาะสมกับพื้นที่สำนักงาน ประเภทของหลอดไฟฟ้าที่เหมาะสม ควรเป็นหลอดที่มีอุณหภูมิสีสูง เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดเดไลท์ หรือ คูลไวท์เป็นต้น ไม่ควรเลือกใช้หลอดประเภทอินแคนเดสเซนต์เนื่องจากมีอุณหภูมิสีต่ำ ทำให้แสงจ้าเกินไปก่อให้เกิดความไม่สบายทางสายตา

#### 2.6.4 ดัชนีความถูกต้องของสี (Color Rendering Index - CRI)

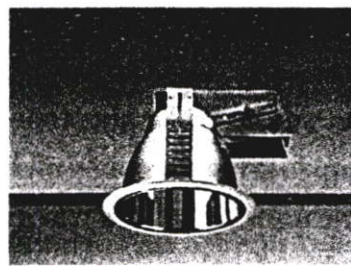
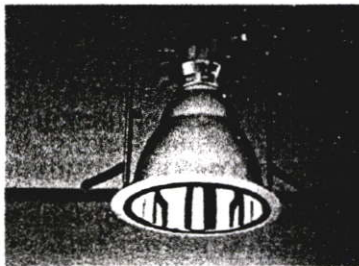
ดัชนีความถูกต้องของสีเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นว่าสีเมื่อถูกส่องโดยหลอดจะให้ความถูกต้องของสีเป็นอย่างไร ซึ่งดัชนีดังกล่าวเรียกย่อได้ว่าค่า CRI เช่นแสงที่มีค่า CRI 20% หมายถึงเมื่อส่องวัตถุ จะให้ความถูกต้องของสีเพียง 20% เท่านั้น ความต้องการมองเห็นสีที่แท้จริงของวัตถุกับความ ต้องการมองเห็นวัตถุให้เห็นเด่นไม่เหมือนกัน ถ้าต้องการมองเห็นสีที่แท้จริงของวัตถุต้องเลือกใช้ หลอดที่มีค่าดัชนีความถูกต้องของสีสูง แต่ถ้าต้องการเห็นวัตถุเด่นเกินความจริงต้องเลือกใช้หลอด ประเภทที่ให้สเปกตรัมสีเดียวกับวัตถุ

#### 2.6.5 ดวงโคม (Luminaires)

ดวงโคม หมายถึงการรวมตัวกันระหว่างหลอดไฟ (Lamp) และโคมไฟ (Fixtures) รวมถึง อุปกรณ์เพิ่มเติมเช่นบัลลาสต์ ดวงโคมทำหน้าที่ช่วยควบคุมแสงให้กระจายตกกระทบสู่พื้นที่ผิวที่ต้องการ โดยชนิดของดวงโคม แบ่งตามประเภทการใช้งานดังนี้

##### 2.6.5.1 แบ่งตามชนิดของหลอดไฟที่ใช้

เป็นประเภทของดวงโคมที่ใช้งานโดยเฉพาะกับหลอดไฟนั้นๆ ตามชนิดของหลอดไฟ เช่น ดวงโคมที่ใช้กับหลอดอินแคนเดสเซนต์ ดวงโคมที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ฯลฯ

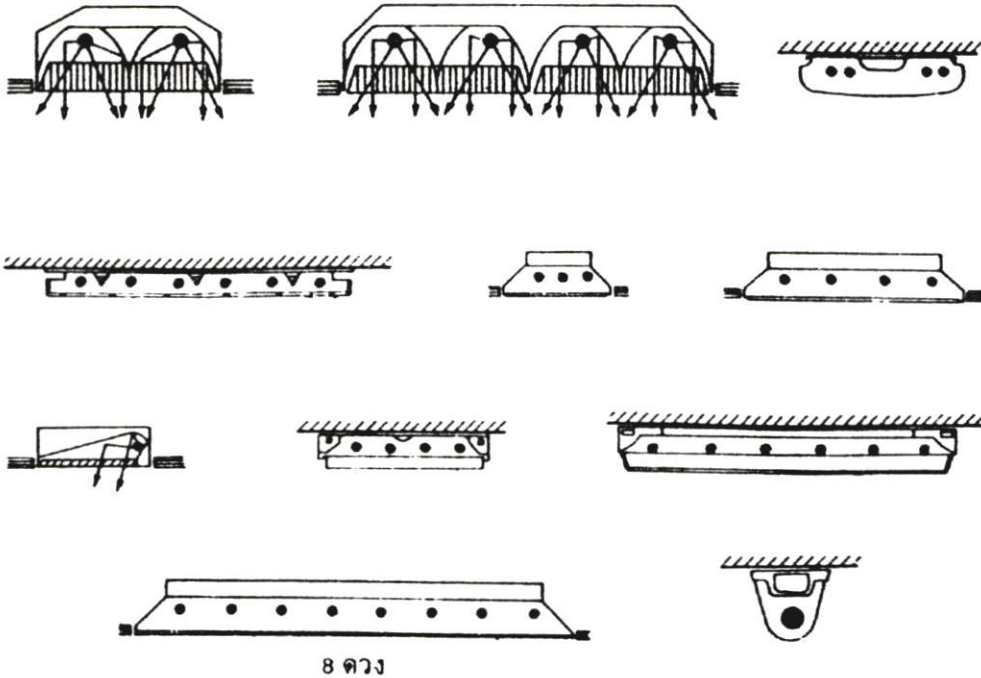


รูปที่ 2.23 แสดงชนิดของดวงโคมที่มีรูปแบบตามประเภทของหลอดไฟ

##### 2.6.5.2 แบ่งตามชนิดของหลอดไฟ

มีการแบ่งชนิดของดวงโคมตามลักษณะของการติดตั้งได้ 3 ประเภทหลักๆ

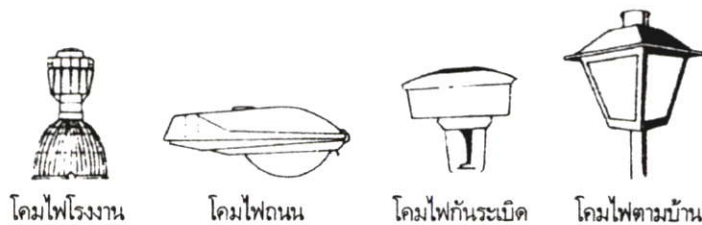
- ติดแบบฝังเข้าไปในเพดาน (Recessed)
- ยึดติดกับเพดาน (Surface)
- ยึดติดแบบห้อย



รูปที่ 2.24 แสดงชนิดของดวงโคมซึ่งแบ่งตามลักษณะการติดตั้ง

### 2.6.5.3 แบ่งตามลักษณะการใช้งาน

เป็นการแบ่งประเภทของดวงโคม หรือการนำไปใช้อย่างชัดเจน เช่นดวงโคมสำหรับสำนักงาน ดวงโคมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม ดวงโคมสำหรับบ้านพักอาศัย ดวงโคมไฟถนน ฯลฯ



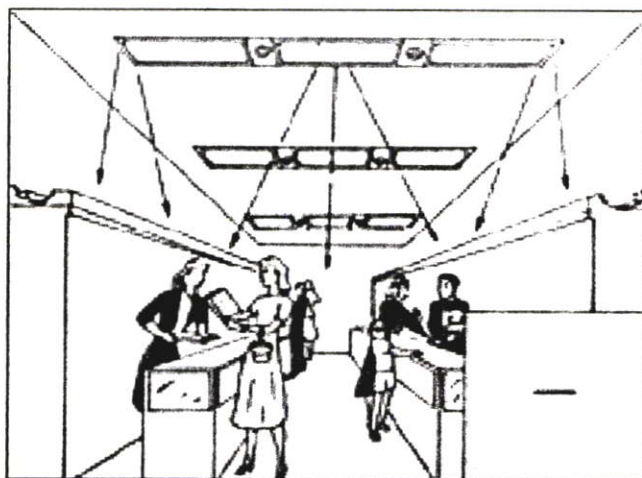
รูปที่ 2.25 แสดงชนิดของดวงโคมตามลักษณะการใช้งาน

### 2.6.5.4 แบ่งตามลักษณะของการกระจายแสง

เป็นการพิจารณาจากการกระจายแสงแนวตั้งของดวงโคม (Vertical Light Distribution) คือพิจารณาถึงอัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงที่พุ่งจากดวงโคมสู่พื้น กับปริมาณแสงที่พุ่งออกจาก

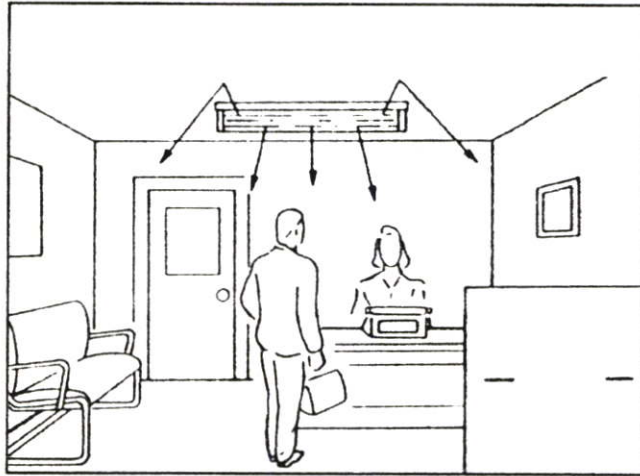
ดวงโคมสູບພຸດານ ດ້ວຍສາມາດແບ່ງຊົນດຂອງດວງໂດມຕາມລັກຊະນະກາຣະກະຈາຍແສງໄດ້ 5 ປະເພດ ຫລັກໆ ດັ່ງນີ້

1) ດວງໂດມຊົນດກະຈາຍແສງລຽງ (Direct Luminaire) ແສງສ່ວນໃຫຍ່ຂອງດວງໂດມ ປະເພດນີ້ ສ່ອລຽງມາດ້ານລ່າງ 90 - 100 ເປີເຊັນ ທຳໃຫ້ສາມາດອອກແບບຄວບຄຸມທັດທາງຂອງແສງ ໄດ້ງ່າຍ ແຕ່ຕ້ອງຣະວັງດັ່ງຄວາມແຕກຕ່າງໃນແງ່ຂອງຄວາມຈຳຂອງດັວໂດມກັບພຸດານດ້ານບຸນອາຄາຣ ທຳໃຫ້ ກາຣະກະຈາຍແສງທຳໄດ້ໄມ່ດີນັກ



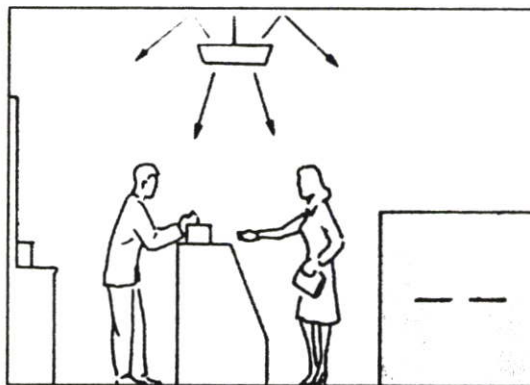
ຮູບທີ່ 2.26 ແສດລັກຊະນະຂອງດວງໂດມຊົນດກະຈາຍແສງລຽງ

2) ດວງໂດມຊົນດກິ່ງກະຈາຍແສງລຽງ (Semi-Direct Luminaire) ດວງໂດມປະເພດ ກະຈາຍແສງລຽງສູ່ດ້ານລ່າງປະມານ 60-90 ເປີເຊັນ ແລະປ່ອຍແສງຂຶ້ນໄປສະທ້ອນບຸນຝ້າພຸດານ ປະມານ 10-30 ເປີເຊັນ ລັກຊະນະກາຣໃຫ້ແສງແບບນີ້ ສ່ວຍໃນກາຣລຸດຄວາມແຕກຕ່າງຂອງຄວາມຈຳ ຂອງໂດມຟ້າແລະສ່ວນພຸດານຂອງອາຄາຣ ແຕ່ມີຂໍ້ເສຍດຣງທີ່ອາຈະທຳໃຫ້ເກີດເງບຸນຝ້າພຸດານໄດ້ງ່າຍ ດ້າຣະຍະຂອງດວງໂດມອຸ່ງຫ່າງກັນເກີນໄປ



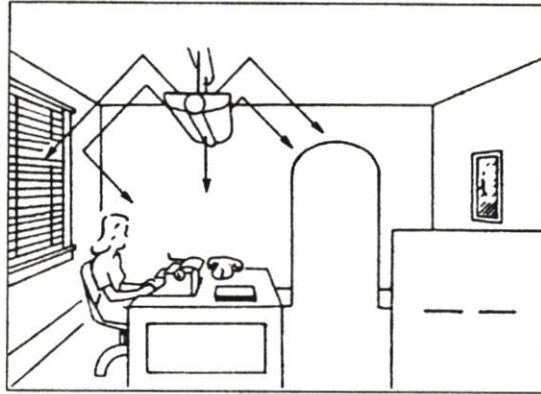
รูปที่ 2.27 แสดงลักษณะการให้แสงที่กระจายแสงลง

3) ดวงโคมชนิดกระจายแสงรอบด้านหรือกระจายแสงแบบขึ้นลง (General Diffuse or Direct Luminaire) การให้แสงประเภทนี้ การกระจายแสงลงสู่พื้นและขึ้นสู่ด้านบน เพดานมีอัตราส่วนเท่ากัน แต่มีบางประเภทมีการกระจายแสงออกทางด้านข้างด้วย แต่การกระจายแสงแบบนี้ทำให้มีการออกแบบควบคุมการให้แสงไปในส่วนพื้นที่ที่ต้องการได้ยาก ซึ่งทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (Coefficient of Utilization) มีค่าค่อนข้างต่ำกว่าการให้แสงแบบสองประเภทแรก



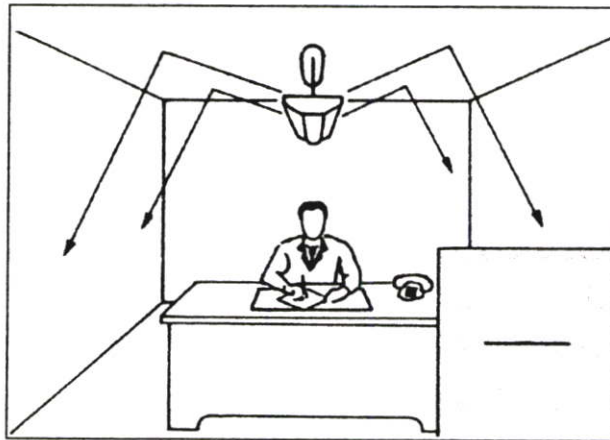
รูปที่ 2.28 แสดงลักษณะการกระจายแสงรอบด้านหรือกระจายแสงแบบขึ้นลง

4) ดวงโคมชนิดกึ่งกระจายแสงขึ้น (Semi-Direct Luminaire) ปริมาณแสงประมาณ 60 - 90เปอร์เซ็นต์ กระจายขึ้นสู่บนเพดาน โดยเพดานทำหน้าที่เป็นส่วนสะท้อนแสงลงมาด้านล่าง ทำให้ความแตกต่างระหว่างความจ้าของดวงโคมและเพดานด้านบนมีน้อย แต่มีข้อด้อยตรงปริมาณของแสงค่อนข้างน้อย ไม่เหมาะสำหรับพื้นที่ทำงานที่มีการควบคุมถึงปริมาณความส่องสว่าง



รูปที่ 2.29 แสดงลักษณะดวงโคมชนิดกึ่งกระจายแสงขึ้น

5) ดวงโคมชนิดกระจายแสงขึ้น (Indirect Luminaire) ปริมาณแสงจากดวงโคมทั้งหมดกระจายขึ้นสู่ฝ้าเพดานและส่วนบนของผนัง แล้วจึงสะท้อนสู่พื้นของอาคาร ทำให้แสงภายในอาคารค่อนข้างสม่ำเสมอถ้าดวงโคมอยู่ในตำแหน่งทิศทางที่เหมาะสม แต่การกระจายแสงประเภทนี้มีค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ต่ำสุด



รูปที่ 2.30 แสดงลักษณะดวงโคมชนิดกระจายแสงขึ้น

#### 2.6.6 ประเภทของดวงโคม

ในปัจจุบันดวงโคมที่ใช้กันอยู่ในประเทศไทยมีการใช้งานหลายรูปแบบ ตามความเหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานรวมถึงการคำนึงถึงความสะดวก โดยมียุคประสงค์หลักคือ โคมไฟทึบไว้เพื่อให้แสงสว่างจากหลอดส่องไปยังทิศทางที่ต้องการ การเลือกใช้ดวงโคมมีองค์ประกอบสำคัญที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

การใช้งาน

การใช้งานภายในหรือภายนอกอาคาร

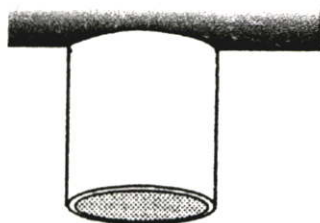
ชนิดและจำนวนหลอด	หลอดอินแคนเดสเซนต์ หรือหลอดดิสชาร์จ์
โครงสร้าง	เป็นแบบปิดหรือแบบเปิด
การติดตั้ง	เป็นชนิดติดตั้งฝัง ติดตั้งลอยหรือแขวน
คุณสมบัติทางแสง	การกระจายแสงของตัวโคม ประสิทธิภาพของโคม
คุณสมบัติทางไฟฟ้า	ความปลอดภัยทางไฟฟ้า
คุณสมบัติทางกล	ความปลอดภัยทางกายภาพของดวงโคม คุณสมบัติของวัสดุ

ดวงโคมไฟฟ้ามียุทธวิธีแบบขึ้นอยู่กับการใช้งาน และต้องเลือกดวงโคมที่ถูกต้องต่อการใช้งาน รูปแบบของดวงโคมแบ่งออกได้ ดังนี้

#### 2.6.6.1 โคมไฟส่องลง (Downlight)

โคมไฟประเภทนี้เป็นดวงโคมที่ใช้กันอยู่ทั่วไป โดยทั่วไปใช้ร่วมกับหลอดประเภท GLS หลอด PAR38 หลอดฮาโลเจนแรงดันต่ำ และหลอดคอมแพคท์ฟลูออเรสเซนต์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) โคมไฟส่องลงหลอด GLS ใช้กับฝ้าเพดานสูง 2.5 - 3.0 เมตร โดยมากดวงโคมประเภทนี้ใช้กับพื้นที่ที่ต้องการให้แสงนุ่ม มีโทนอบอุ่น ส่วนมากดวงโคมประเภทนี้ใช้หลอด GLS 100W โดยเหมาะสมกับห้องที่มีความสูงจากพื้นถึงเพดาน 2.5 เมตร โดยจะให้ปริมาณความสว่าง 100 ลักซ์



แบบติดตั้งพื้นผิว



แบบฝังฝ้าเพดาน

รูปที่ 2.31 แสดงให้เห็นลักษณะของโคมไฟส่องลง

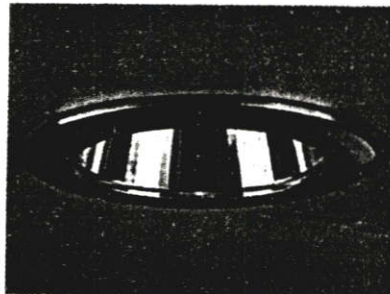
หลอด GLS โดยทั่วไปมีการเคลือบตัวหลอดให้แสงที่ส่องลงมามีลักษณะนวลตา ถ้าเป็นหลอดไส้ทำให้แสงแสบตาได้ ในลักษณะของโคมมีการเคลือบผิวสะท้อนแสงเพื่อช่วยในการกระจายแสงจากหลอดไฟ โดยทั่วไป ผิวสะท้อนแสงมีอยู่ 2 แบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้งาน ผิวสะท้อนสีทอง ใช้สำหรับพื้นที่ที่ต้องการให้บรรยากาศของพื้นที่นั้นดูอบอุ่น ในส่วนของผิวสะท้อนสีเงิน ใช้สำหรับพื้นที่ที่ต้องการความสว่างของการใช้งาน

2) โคมหลอดส่องลงหลอด PAR38 เป็นโคมที่มีแสงสะท้อนในตัวเอง โดยทั่วไปใช้กับพื้นที่ที่มีช่วงระยะจากพื้นถึงเพดานสูง 4 เมตรขึ้นไป เช่นใช้ในโถงของโรงแรม ฯลฯ โคมประเภทนี้มีมุมแสงอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ 15 องศา (9500 แคนเดลา) ซึ่งจะเป็นหลอดที่มีความสว่างมาก อีกประเภทหนึ่งคือ หลอดมุมแสง 30 องศา (3100 แคนเดลา) โดยมีการคำนวณหาค่าความสว่างของพื้นที่ทำงานได้จากสมการ

$$E = I / d^2$$

โดยที่ E คือ ค่าความส่องสว่าง (ลักซ์)  
I คือ ความเข้มแสง (แคนเดลา)  
d คือ ระยะทาง (เมตร)

3) โคมไฟส่องลงหลอดฮาโลเจนแรงดันต่ำ นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน เนื่องจากดวงโคมมีลักษณะเล็ก และมีสีขาวมากกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ โดยทั่วไปหลอดประเภทนี้แบ่งเป็น 2 แบบใหญ่ๆ ได้แก่ หลอดที่มีตัวสะท้อนแสงในตัว หลอดที่ไม่มีตัวสะท้อนแสงในตัว



รูปที่ 2.32 แสดงลักษณะของหลอดฮาโลเจนแรงดันต่ำ

โคมไฟส่องลงหลอดฮาโลเจนแรงดันต่ำ ที่นิยมใช้มากคือหลอด 20 วัตต์ และ 50 วัตต์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ฮาโลเจน 12V 20W

12 องศา มีความเข้มแสง 3400 แคนเดลา

24 องศา มีความเข้มแสง 1200 แคนเดลา

36 องศา มีความเข้มแสง 650 แคนเดลา

ฮาโลเจน 12V 20W

12 องศา มีความเข้มแสง 9800 แคนเดลา

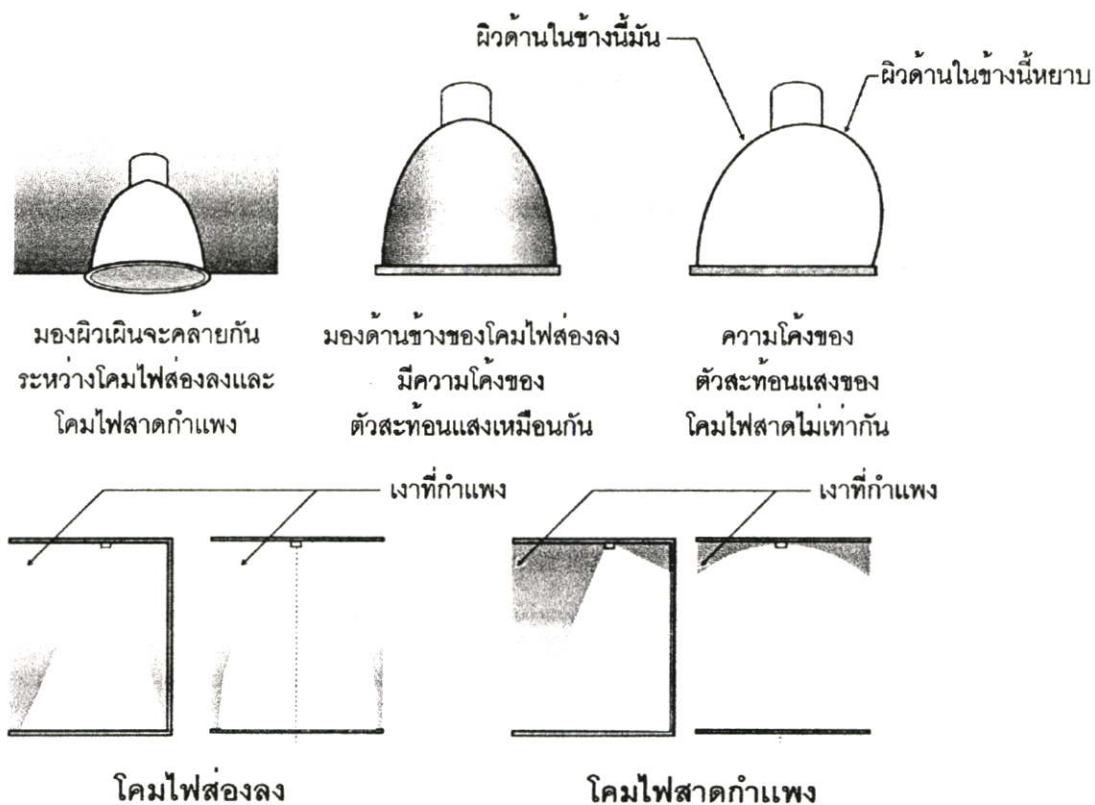
24 องศา มีความเข้มแสง 3100 แคนเดลา

## 36องศา มีความเข้มแสง 1800 แคนเดลา

4) โคมไฟส่องลงหลอดคอมแพคท์ฟลูออเรสเซนต์ เป็นดวงโคมที่มีอายุการใช้งานยาวนาน ไม่ต้องเปลี่ยนตัวหลอดบ่อย แต่มีค่าดัชนีความถูกต้องของสีเพียง 60% หลอดประเภทนี้มีหลายชนิด ตั้งแต่ 7, 9, 11 วัตต์ สำหรับหลอดแบบเดี่ยว และหลอด 10, 13, 18 วัตต์ สำหรับหลอดคู่ โคมไฟประเภทนี้ที่ลักษณะค่อนข้างใหญ่ เหมาะกับการใช้ในระยะจากพื้นถึงเพดาน 2.80-3.00 เมตร การใช้งานโคมไฟส่องลงหลอดคอมแพคท์ฟลูออเรสเซนต์เหมาะกับบริเวณที่เปิดไฟทิ้งไว้นานๆ หรือ ต้องการประหยัดพลังงาน เช่น ทางเดินในโรงแรม บ้านอยู่อาศัย เป็นต้น

## 2.6.6.2 โคมไฟลาดกำแพง (Wall Washer)

โคมไฟลาดกำแพง มีลักษณะดวงโคมคล้ายกับโคมไฟส่องลง แต่มีตัวสะท้อนแสงภายในต่างกัน โคมไฟลาดกำแพงทำหน้าที่ให้ความสว่างกับกำแพงทั้งผืน เพราะแสงที่ออกจากโคมไฟลาดกำแพงออกจากโคมด้านเดียวและเงยขึ้นเพื่อลาดเข้าหำกำแพง



รูปที่ 2.33 แสดงแสงที่ได้จากโคมไฟส่องลงและโคมไฟลาดกำแพง

โคมไฟเสาตกกำแพง โดยทั่วไปใช้กับความสูงห้องประมาณ 2.50 เมตร ระยะห่างของดวงโคมจากกำแพงมีระยะประมาณ 40-60 เซนติเมตร ถ้าใกล้เกินไปด้านบนของกำแพงจะสว่างจ้ามืดเกินไป และควรมีระยะห่างระหว่างดวงโคมประมาณ 60-120 เซนติเมตร ที่ระยะห่างของดวงโคม 60 เซนติเมตร เกิดความส่องสว่างที่บริเวณกำแพงประมาณ 300-400 ลักซ์ แต่ถ้าที่ระยะห่างของดวงโคม 120 เซนติเมตร เกิดความส่องสว่างที่บริเวณกำแพงประมาณ 100-150 ลักซ์ ซึ่งต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมของห้อง

#### 2.6.6.3 โคมไฟสปอต (Spot Fixture)

โคมไฟสปอต มีรูปแบบค่อนข้างมากมาย มีทั้งแบบติดตั้งและติดตั้งแบบลอยหันทิศทางไปยังบริเวณที่ต้องการ โดยทั่วไปโคมประเภทนี้ใช้กับหลอด GLS หลอดแรงดันต่ำ 12 โวลท์ 20 หรือ 50 วัตต์ และหลอด PAR 38 ขนาด 120 วัตต์ แบบสปอต และยังสามารถใช้กับหลอดประเภทอื่นได้อีกมากมายตามแต่ความต้องการและประโยชน์ของพื้นที่ใช้งาน โคมไฟสปอตมีหลักการคือ การให้แสงต้องมีความสว่างประมาณ 3-5 เท่าของแสงรอบข้าง กล่าวคือ ถ้าพื้นที่ห้องมีความส่องสว่างเฉลี่ยประมาณ 100 ลักซ์ และต้องการให้แสงกับวัตถุหนึ่ง วัตถุนั้นควรมีความส่องสว่างประมาณ 300-500 ลักซ์ เพื่อให้มวลแสงมีลักษณะกลมกลืนกัน แต่ถ้าวัตถุนั้นมีลักษณะทึบหรือสีดำ การให้แสงอาจต้องสูงถึง 7-10 เท่า เนื่องจากวัตถุเกิดการดูดกลืนแสง สำหรับการให้แสงในโรงละครหรือโรงมหรสพ (Theater Effect or Dramatic Effect) ต้องการให้แสงมากกว่าพื้นที่รอบข้างถึง 10-20 เท่า เพื่อต้องการเน้นให้เด่น การใช้โคมไฟสปอตต้องพิจารณาถึงมุมแสง เพราะมุมแสงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับส่องเน้นไปยังวัตถุที่ต้องการ ซึ่งทำให้โคมไฟสปอตโดยทั่วไปไม่มีมุมแสงแคบ และในส่วนของมุมแสงแคบทำให้เกิดความร้อนแก่วัตถุที่ถูกส่อง อาจทำให้วัตถุเสียหายได้ การวางดวงโคมควรอยู่ห่างจากวัตถุไม่น้อยกว่า 1-1.5 เมตร

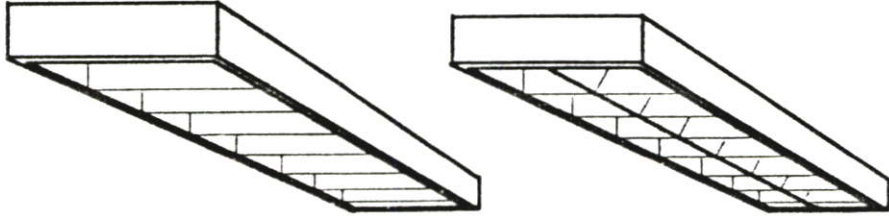
#### 2.6.6.4 โคมไฟฟลูออเรสเซนต์แบบอุตสาหกรรม (Industrial Fixture)

โคมไฟประเภทนี้นิยมใช้กันทั่วไป เช่น โรงงานอุตสาหกรรม โรงเรียน พื้นที่สำนักงาน ฯลฯ ซึ่งพื้นที่เหล่านี้ต้องการลักษณะไฟแสงสว่างที่ส่องลงอย่างเดียว โคมประเภทนี้ค่อนข้างประหยัดค่าไฟฟ้า เนื่องจากแสงที่ออกมาจากหลอดไฟจะถูกบีบให้สะท้อนลงมาข้างล่างอย่างเดียว โคมไฟประเภทนี้ใช้ไฟฟ้าประมาณ 2.5-3 วัตต์/ตารางเมตร/100 ลักซ์ ซึ่งประหยัดค่าใช้จ่ายไฟฟ้ามากกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ประมาณ 3-4 เท่า ที่ปริมาณความสว่างเดียวกัน

#### 2.6.6.5 โคมไฟฟลูออเรสเซนต์แบบครีป (Fin Louver)

โคมไฟประเภทนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า โคมโรงเรียนเนื่องจากมีการใช้กันมากภายในโรงเรียน โคมประเภทนี้ใช้ครีปสีขาวเป็นตัวสะท้อนแสง ซึ่งถ้ามีจำนวนครีปมากจะช่วยลดแสงบาดตาที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสง แต่ถ้ามีครีปมากเกินไปปริมาณแสงที่ได้จากแหล่งกำเนิดจะถูกลดลงด้วย

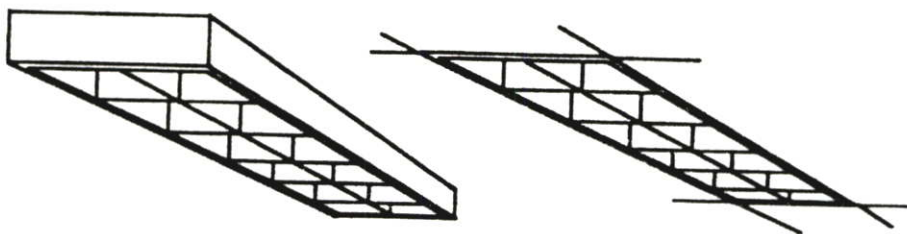
โดยปกติโคมไฟประเภทนี้ใช้ที่ความสูงประมาณ 2.5 เมตร จะใช้ไฟประมาณ 2.5-3วัตต์/ตารางเมตร/100 ลักซ์



รูปที่ 2.34 แสดงลักษณะของโคมไฟลูออเรสเซนต์แบบครีป

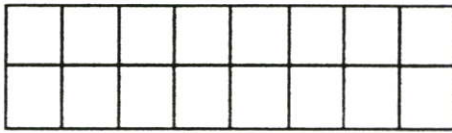
#### 2.6.6.6 โคมไฟลูออเรสเซนต์แบบตัวสะท้อนแสงอะลูมิเนียม

โคมไฟประเภทนี้นิยมใช้กันอย่างมากในสำนักงาน เพราะให้แสงออกมาจากตัวโคมมาก ลักษณะของตัวโคมคล้ายกับแบบครีป แต่ครีปของโคมไฟแบบนี้ทำด้วยอะลูมิเนียม ซึ่งมีจุดประสงค์ช่วยเพิ่มปริมาณการสะท้อนแสง อะลูมิเนียมที่ใช้มี 2 แบบ ได้แก่ อะลูมิเนียมแบบกระจก (Mirror Reflector) และอะลูมิเนียมแบบด้าน (Matt Reflector) อะลูมิเนียมแบบกระจกค่อนข้างให้แสงที่บาดตามาก เพราะอะลูมิเนียมมีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงสูงแต่มีสัมประสิทธิ์การกระจายแสงต่ำ โดยทั่วไปการติดตั้งโคมไฟมี 2 รูปแบบคือ การติดตั้งแบบลอยและแบบฝังบนฝ้าเพดาน

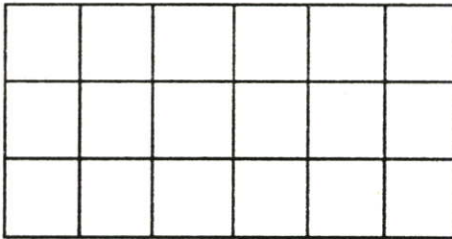


รูปที่ 2.35 แสดงโคมไฟลูออเรสเซนต์แบบตัวสะท้อนแสงอะลูมิเนียม

สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและสัมประสิทธิ์การกระจายแสง เป็นค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพที่ช่วยในการเพิ่มปริมาณความสว่างให้แก่พื้นที่ทำงาน อะลูมิเนียมที่มีค่าสัมประสิทธิ์การกระจายแสงสูง แสงจะกระจายออกจากดวงโคมไปทางด้านข้างมาก และมีแสงบาดตาน้อย คุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งสำหรับดวงโคมประเภทนี้ที่ต้องนำมาพิจารณาคือ จำนวนเซลล์ที่ใช้ต่อหลอด หมายถึงจำนวนช่องต่อหลอด



โคม 2 x 36 วัตต์ แบบ 8 เซลล์ต่อหลอด



โคม 3 x 36 วัตต์ แบบ 6 เซลล์ต่อหลอด

### รูปที่ 2.36 แสดงรูปแบบช่องเซลล์ไฟฟ้าแบบตัวสะท้อนแสงอะลูมิเนียม

โคมไฟสะท้อนแสงอะลูมิเนียมนิยมใช้เป็นช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัส ใช้ไฟประมาณ 3วัตต์/ตารางเมตร/100 ลักซ์ เหมาะกับการใช้งานในสำนักงาน

#### 2.6.6.7 โคมไฟฟลูออเรสเซนต์แบบกรองแสงขาวขุ่น (Opal or White Diffuser)

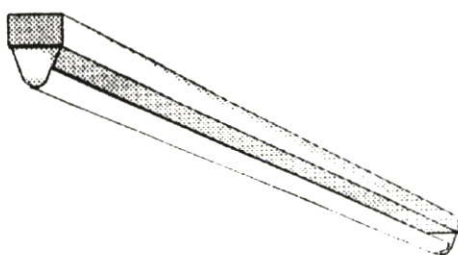
โคมไฟประเภทนี้มีลักษณะแสงนวลเมื่อเทียบกับโคมไฟประเภทอื่น ก่อนข้างใช้พลังงานเปลือง เหมาะกับห้องที่มีการควบคุมคุณภาพแสงที่ดี เช่นห้องของ กรรมการหรือผู้บริหารของบริษัท โคมไฟประเภทนี้ใช้ไฟประมาณ 5วัตต์/ตารางเมตร/100 ลักซ์

#### 2.6.6.8 โคมไฟฟลูออเรสเซนต์แบบกรองแสงเกล็ดแก้ว (Prismatic Diffuser)

โคมไฟประเภทนี้มีลักษณะเดียวกับแบบกรองแสงขาวขุ่น แต่ให้แสงมากกว่า การติดตั้งตัวหลอดต้องอยู่ห่างจากตัวกรองแสงประมาณ 10เซนติเมตร เพื่อไม่ให้มองเห็นตัวหลอดที่อยู่ภายในโคมเมื่อมองจากภายนอก โคมไฟประเภทนี้ใช้ไฟประมาณ 5 วัตต์/ตารางเมตร/100 ลักซ์ โดยทั่วไปมักใช้โคมประเภทนี้กับ โรงพยาบาล

#### 2.6.6.9 โคมไฟฟลูออเรสเซนต์แบบหลอดเปลือย

โคมไฟประเภทนี้ใช้กันมากสำหรับพื้นที่ที่ต้องการปริมาณแสงมากทุกทิศทุกทาง โดยไม่คำนึงถึงคุณภาพและความสวยงามของแสงมากนัก เนื่องจากโคมประเภทนี้ก่อให้เกิดแสงบาดตาได้ มักใช้กับ ห้องเก็บของ ทางเดิน ชั้นวางหนังสือ ชั้นวางของ ฯลฯ โคมประเภทนี้มีราคาถูกเพราะไม่ต้องมีตัวสะท้อนแสง ช่วยในการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และมีการระบายความร้อนได้ดีทำให้มีอายุการใช้งานของอุปกรณ์ยาวนานขึ้น



รูปที่ 2.37 แสดงลักษณะโคมไฟฟลูออเรสเซนต์แบบหลอดเปลือย

### 2.6.7 การออกแบบระบบแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร

ในการออกแบบระบบระบบแสงสว่างภายในอาคารโดยใช้แสงประดิษฐ์ จัดเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการให้ความสว่างแก่ภายในอาคาร เนื่องจากต้องมีความเหมาะสมแก่การใช้งานทั้งในแง่ของปริมาณความสว่าง และคุณภาพของแสง รวมถึงตำแหน่งการจัดวางดวงโคมด้วย ในการออกแบบระบบแสงประดิษฐ์ภายในอาคารมีวิธีการคำนวณหลายรูปแบบ ซึ่งแล้วแต่ผู้ออกแบบเลือกใช้ วิธีการคำนวณระบบแสงประดิษฐ์นั้นแบ่งออกเป็นหลายวิธี โดยทั่วไปใช้การคำนวณ 3 แบบ ดังนี้

#### 2.6.7.1 การคำนวณการส่องสว่างแบบลูเมน

การคำนวณแบบลูเมน ส่วนมากใช้กับพื้นที่ที่ต้องการความสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่ และรวมถึงผลกระทบของการสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้เป็นผนัง พื้นและเพดาน เหมาะสำหรับอาคารประเภทที่ควบคุมการใช้ปริมาณแสงมากเช่น ห้องเรียน สำนักงาน ห้องประชุม เป็นต้น การคำนวณวิธีนี้มีข้อเสียตรงที่ค่อนข้างเสียเวลามาก

การคำนวณการส่องสว่างแบบลูเมนใช้สมการการคำนวณดังนี้

$$E = N \times L \times MF \times CU / A$$

โดยที่	E	คือ ความส่องสว่าง มีหน่วยเป็น ลักซ์
	N	คือ จำนวนหลอด
	L	คือ ปริมาณแสง มีหน่วยเป็น ลูเมน / หลอด
	MF	คือ แฟคเตอร์การบำรุงรักษา
	CU	คือ สัมประสิทธิ์การใช้งาน
	A	คือ พื้นที่ มีหน่วยเป็น ตารางเมตร

ค่าของ E, MF, CU เป็นค่ามาตรฐานที่กำหนดได้ตามมาตรฐานของบริษัทที่นำผลิตหลอดไฟ เช่น ค่า E เป็นค่าที่กำหนดมาตรฐานความสว่างภายในพื้นที่ส่วนนั้นตามมาตรฐานของ IES,

CIE หรือ JIS แล้วแต่การเลือกใช้ของผู้ออกแบบ เช่นความสว่างของพื้นที่ทำงานในส่วนสำนักงาน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 500 ลักซ์ เป็นต้น ค่า MF เป็นการพิจารณา ถึง ความบ่อยครั้งการดูแลทำความสะอาดหลอด ซึ่งมีผลต่อการส่องสว่างของหลอดไฟฟ้า เช่น พื้นที่ที่มีการทำความสะอาดบ่อย จะมีค่า MF สูง เช่นห้องเด็กอ่อนในโรงพยาบาลมีค่า MF = 0.9 ถ้าเป็นพื้นที่ที่มีการทำความสะอาดเป็นครั้งคราวใช้ MF = 0.75-0.8 แต่ถ้าเป็นพื้นที่ที่มีการทำความสะอาดน้อยเช่น ห้องเก็บของ มีค่า MF = 0.5 เป็นต้น ในส่วนของค่า CU เป็นอัตราส่วนของปริมาณแสงที่ออกมาจากดวงโคมและสะท้อนพื้น ผนัง และเพดานก่อนลงมาถึงโต๊ะ ต่อปริมาณแสงที่ออกมาจากหลอด โดยค่า CU เป็นค่าที่ผู้ผลิตระบุมาพร้อมกับตารางคุณสมบัติของหลอดนั้นๆ

ก่อนที่จะทราบถึงค่า CU จากตารางของผู้ผลิตหลอดไฟ ต้องทราบถึงค่า RCR (Room Cavity Ratio) สำหรับโคมมาตรฐานของประเทศอเมริกา หรือค่า K (K Index) ตามมาตรฐานของยุโรป และประเทศญี่ปุ่น เพื่อนำไปเปิดตารางหาค่า CU ได้อย่างถูกต้อง โดยที่ค่า RCR และ K คำนวณได้จากสมการ

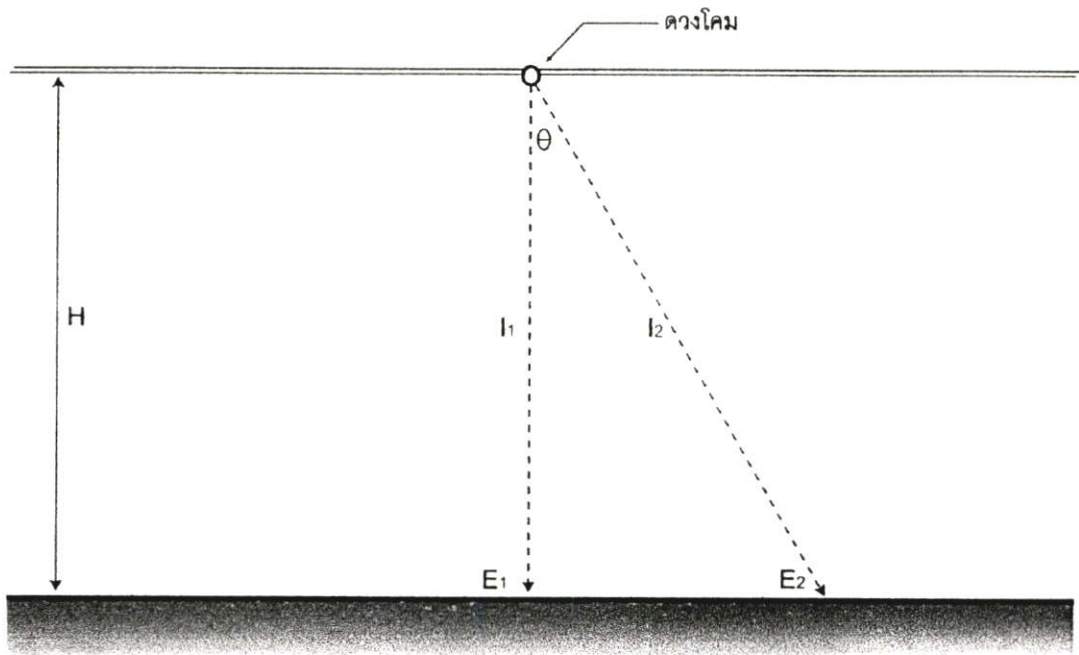
$$RCR = 5xHx(L+W) / (LxW)$$

$$K = (LxW) / (L+W)$$

โดยที่	L	คือ ความยาวของห้อง มีหน่วยเป็นเมตร
	W	คือ ความกว้างของห้อง มีหน่วยเป็นเมตร
	H	คือ ความสูงของห้องเหนือโต๊ะทำงาน มีหน่วยเป็นเมตร

#### 2.6.7.2 การคำนวณการส่องสว่างแบบจุดต่อจุด

การคำนวณการส่องสว่างแบบจุดต่อจุด เป็นการคำนวณหาความสว่างที่จุดที่ต้องการ การคำนวณวิธีนี้ค่อนข้างยุ่งยากมาก และต้องทราบถึงมุมการกระจายแสงของดวงโคม การคำนวณประเภทนี้โดยทั่วไปใช้กับการคำนวณความส่องสว่างของสนามกีฬา เวทีคอนเสิร์ต หรือ โคมไฟสำหรับเน้นวัตถุจำพวกโคมไฟแบบสปอต



รูปที่ 2.38 แสดงรูปประกอบการคำนวณการส่องสว่างแบบจุดต่อจุด

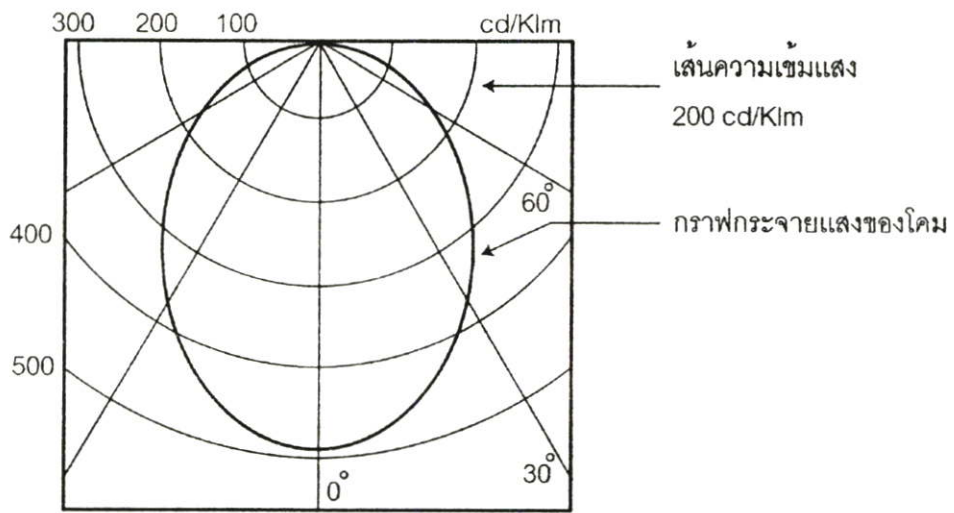
ความส่องสว่างหาได้จากสมการ

$$E1 = I / H^2$$

$$E2 = I2 \cos^3 \theta / H^2$$

- โดยที่ E1 คือ ความส่องสว่างในแนวตั้งฉากกับแสง มีหน่วยเป็น ลักซ์  
 E2 คือ ความส่องสว่างในแนวมุมใดใดกับแสง มีหน่วยเป็น ลักซ์  
 I คือ ความเข้มแสง มีหน่วยเป็น แคนเดลา  
 H คือ ระยะทางจากโคมไปยังจุดที่ต้องการ

การคำนวณความส่องสว่างแบบจุดต่อจุด ต้องคำนึงถึงลักษณะของมุมกระจายแสงของโคมด้วย โดยทั่วไปการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับมุมกระจายแสงของดวงโคมนั้น ต้องมีความส่องสว่างของดวงโคมไม่ต่ำกว่า 100 ลักซ์ เนื่องจากความส่องสว่างที่ 100 ลักซ์ สามารถแสดงวงแหวนแสงค่อนข้างชัดเจน สำหรับมุมกระจายแสงของดวงโคมนั้น หาค่าได้จากกราฟการกระจายแสงของดวงโคมซึ่งได้มาจากผู้ผลิตดวงโคม โดยกราฟจะบอกถึง ค่าความเข้มแสงของมุมการกระจายแสงมุมต่างๆ ตามจุดประสงค์การคำนวณ



รูปที่ 2.39 แสดงตัวอย่างของกราฟกระจายแสงของโคม

### บทที่ 3

## แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานโดยนำแสงธรรมชาติ มาใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับการออกแบบอาคารสำนักงานโดยทั่วไป ไม่มีการคำนึงถึงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานสำหรับส่วนสำนักงานอย่างจริงจัง โดยทั่วไปมักนำแสงธรรมชาติเข้ามาในแง่ของความสวยงามของอาคารมากกว่า และอาคารสำนักงานโดยมากเน้นการทำงานของแสงประดิษฐ์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งบางอาคารมีการใช้แสงประดิษฐ์ที่มีการสิ้นเปลืองพลังงานสูง ทำให้อัตราการใช้พลังงานโดยรวมและค่าใช้จ่ายสำหรับค่าพลังงานมีค่าสูงมากในแต่ละปี การนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยลดอัตราการใช้แสงประดิษฐ์ได้มาก เนื่องจากแสงธรรมชาติเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าแสงประดิษฐ์มาก และไม่ก่อให้เกิดความผิดปกติของสีสันทันของวัตถุที่อยู่ภายใต้แสงธรรมชาติ เนื่องจากแสงธรรมชาติสามารถให้พลังงานแสงได้ครบทุกคลื่นแสง ในส่วนของแสงประดิษฐ์พยายามที่จะเลียนแบบแสงธรรมชาติเพื่อที่จะได้คลื่นแสงครบทุกคลื่นแสง แต่มีประสิทธิภาพของแสงน้อยกว่าแสงธรรมชาติ

โดยทั่วไปเมื่อนึกถึงแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในอาคาร มักจะนึกถึงความร้อนที่เข้ามาภายในอาคาร ในกรณีนี้ไม่อ้างถึงความร้อนที่ผ่านผนังที่เข้ามาภายในอาคาร สำหรับแสงธรรมชาติที่ผ่านช่องเปิดเข้ามาถ้ามีการควบคุมที่ถูกต้อง ความร้อนที่ผ่านเข้ามาย่อมมีปริมาณน้อย ซึ่งเมื่อเทียบกับความร้อนที่ถูกเปล่งออกมาจากแสงประดิษฐ์ในปริมาณแสงที่เท่ากันแล้ว ความร้อนที่เกิดจากแสงประดิษฐ์มีการเปล่งพลังงานความร้อนออกมามากกว่าแสงธรรมชาติ

การออกแบบอาคารสำนักงานเพื่อนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานนั้นในที่นี้เน้นถึงการใช้งานในส่วนของพื้นที่ทำงานของสำนักงาน เนื่องจากพื้นที่ในส่วนนี้เป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของอาคาร และเป็นพื้นที่ที่ต้องมีการควบคุมปริมาณความสว่างที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน แต่ในการออกแบบอาคารเพื่อให้ได้ประโยชน์จากแสงธรรมชาตินั้น มีแนวทางการออกแบบที่แตกต่างจากอาคารสำนักงานทั่วไป เนื่องจากต้องมีการคำนึงถึงองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญ ที่เป็นตัวกำหนดถึงแนวทางหรือแนวความคิดในการออกแบบอาคาร สำหรับการออกแบบอาคารสำนักงานในกรณีนี้ เน้นให้มีการออกแบบป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ทั้งหมด เพื่อป้องกันถึงความร้อนที่ผ่านเข้ามาพร้อมกับแสงตรงนั้น ซึ่งก่อให้เกิดปริมาณความร้อนสะสมขึ้นภายในอาคาร แต่ในปัจจุบันอาคารสำนักงานที่มีรูปทรงสูง มักใช้ผนังเป็นผนังเบาโดยใช้กระจกเป็นส่วนหลักของผนัง อาคารประเภทนี้ไม่สามารถป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ แต่ใช้คุณสมบัติของกระจกซึ่งมีการต้านทานความร้อน แต่กระจกประเภทนี้มีราคาสูงมาก และที่สำคัญ

กระจกประเภทนี้มีค่าการส่องผ่านของแสงต่ำ ทำให้ปริมาณความสว่างของแสงภายในอาคารถูกลดต่ำลง และมีการควบคุมการใช้งานความสว่างของแสงธรรมชาติได้ยาก ดังนั้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เน้นแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานที่มีการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดในการใช้งานจากแสงธรรมชาติที่ผ่านช่องเปิดเข้ามาสู่พื้นที่ทำงานในสำนักงาน

สำหรับการออกแบบอาคารสำนักงานโดยนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานนั้น มีเป้าหมายดังนี้

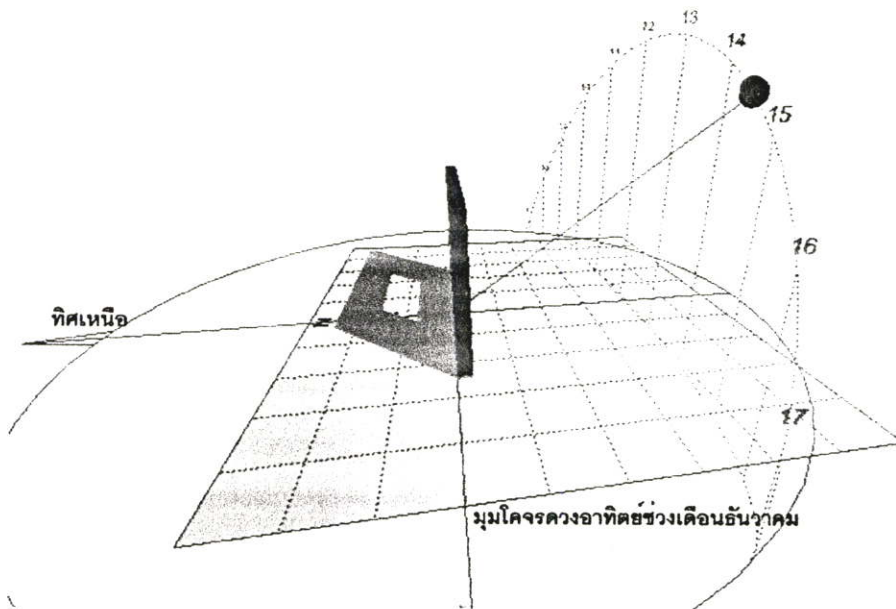
-ออกแบบให้อาคารมีการนำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมต่อการใช้งาน เข้ามาเพื่อใช้ความสว่างแทนแสงประดิษฐ์ให้มีระยะจากช่องเปิดอาคารได้มากที่สุด

-แสงประดิษฐ์ที่ใช้ภายในอาคาร มีการออกแบบให้มีการใช้งานสัมพันธ์กับแสงธรรมชาติที่นำเข้ามาภายในอาคาร

การออกแบบอาคารสำนักงานโดยนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานนั้น มีองค์ประกอบที่นำมาพิจารณาหลายองค์ประกอบ ซึ่งแบ่งการพิจารณาองค์ประกอบตามลำดับดังนี้

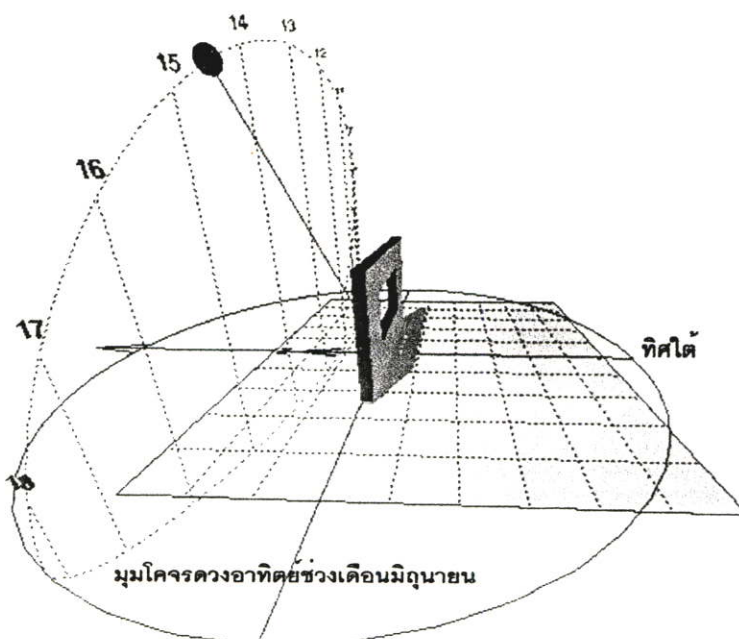
### 3.1 การพิจารณาสภาพแวดล้อมของที่ตั้งอาคาร (Orientation Site Planning)

พื้นที่ตั้งอาคารจัดเป็นส่วนที่สำคัญยิ่งอันดับแรกของการออกแบบอาคาร พื้นที่ตั้งอาคารบ่งบอกให้ถึงการจัดวางตำแหน่งและรูปทรงของอาคาร จากลักษณะของสภาพที่ตั้งในประเทศไทย จังหวัดกรุงเทพมหานคร พบว่าแสงธรรมชาติที่เหมาะสมกับการใช้งานของอาคาร อยู่ทางทิศเหนือและทิศใต้ของอาคาร เนื่องจากมีมุมโคจรของดวงอาทิตย์ มีมุมเงยที่สูงตลอดทั้งวันในช่วงปี แต่ต้องมีการออกแบบให้อาคารมีการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์บ้างซึ่งเป็นส่วนน้อย โดยที่ทางด้านทิศเหนือมีวงโคจรของดวงอาทิตย์เป็นส่วนน้อย มีมุมเงยต่ำสุดของดวงอาทิตย์อยู่ในเดือนมิถุนายน และในส่วนของทางด้านทิศใต้ มีมุมเงยของดวงอาทิตย์ต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนธันวาคม ในส่วนของทิศตะวันออกและตะวันตก มีมุมกระทำของแสงตรงจากดวงอาทิตย์โดยตรง ก่อให้เกิดการป้องกันแสงตรงให้กับอาคารได้ลำบาก และยังเป็นส่วนที่รังสีดวงอาทิตย์ส่องเข้าผนังของอาคารโดยตรง ทำให้ความร้อนถูกส่งผ่านเข้าสู่อาคารได้มาก การออกแบบอาคารทั่วไปไม่นิยมออกแบบพื้นที่สำหรับใช้สอยหลักของอาคารในส่วนของทิศตะวันออกและทิศตะวันตก



รูปที่ 3.1 ลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนธันวาคม มีทิศทางอ้อมไปทางทิศใต้มากที่สุด

(ที่มา ; Dr. Andrew Marsh, The Solar Tool Demo Software, Square One Research PTV, 2000)



รูปที่ 3.2 ลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนมิถุนายน มีทิศทางอ้อมมาทิศเหนือมากที่สุด

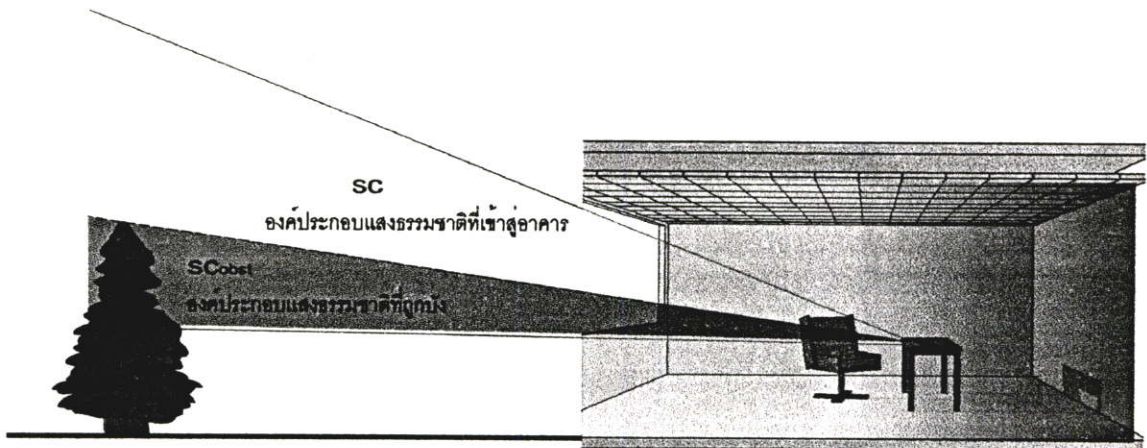
(ที่มา ; Dr. Andrew Marsh, The Solar Tool Demo Software, Square One Research PTV, 2000)

ลักษณะที่ตั้งอาคารที่เกือหนุนต่อการนำแสงธรรมชาติเข้าไปใช้งานภายในอาคาร ควรเน้นให้มีรูปแบบของการก่อสร้างอาคารให้เปิดรับแสงธรรมชาติทางทิศเหนือและทิศใต้ นอกจากนี้แล้ว ปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อพื้นที่ตั้งโครงการได้แก่

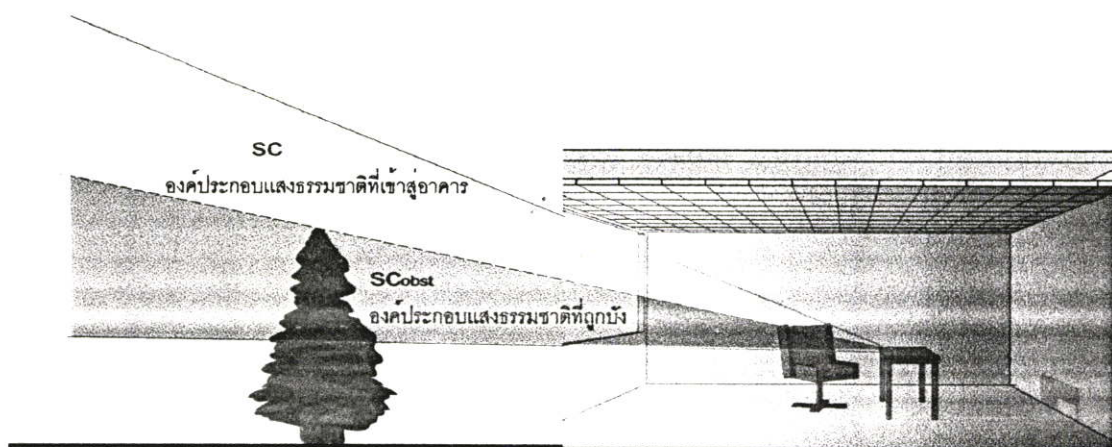
### 3.1.1 การบังของอาคารหรือวัตถุใดๆข้างเคียง (Adjacent Building)

การบังของอาคารหรือวัตถุข้างเคียง เป็นส่วนสำคัญที่สุดของการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร ซึ่งวัตถุใดๆที่มีส่วนในการอยู่ข้างเคียงช่องเปิด มีผลต่อองค์ประกอบของแสงจากท้องฟ้า (Sky Component; SC) ซึ่งจัดเป็นปริมาณแสงธรรมชาติส่วนใหญ่ที่ผ่านเข้าสู่อาคาร ทำให้ปริมาณความสว่างที่เกิดจากแสงธรรมชาติภายในอาคารมีค่าลดต่ำลงเป็นอันมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะห่างและความสูงของอาคารหรือวัตถุข้างเคียง

(หมายเหตุ ; ต่อจากนี้องค์ประกอบของแสงจากท้องฟ้า (Sky Component; SC) จะเขียนแทนด้วย SC)



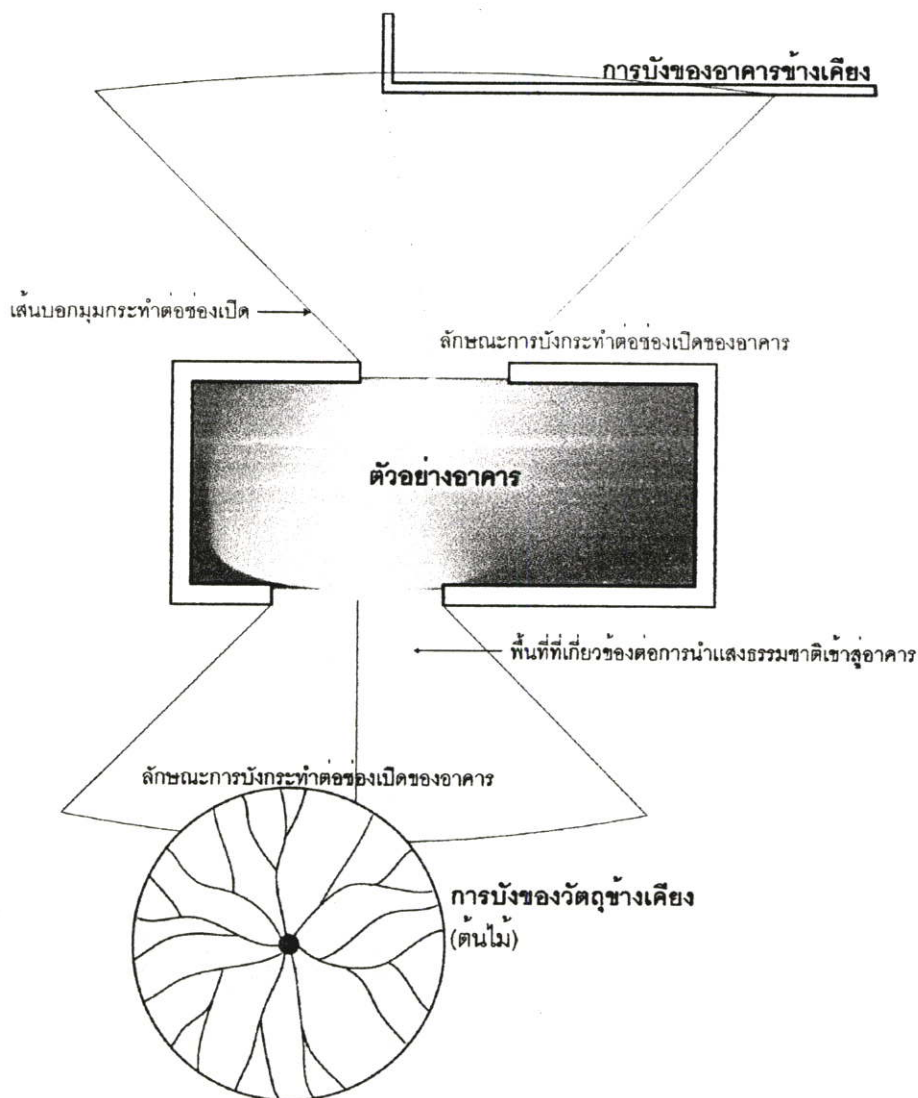
รูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นถึงการมีวัตถุข้างเคียงอยู่ในบริเวณที่ตั้งอาคาร



รูปที่ 3.4 แสดงให้เห็นถึงการมีวัตถุข้างเคียงอยู่ในบริเวณที่ตั้งอาคารโดยมีระยะใกล้กับช่องเปิด

จากภาพที่ 3.3 และ 3.4 เห็นได้ว่าการมีวัตถุหรืออาคารอยู่ในระยะใกล้เคียง ทำให้องค์ประกอบของแสงธรรมชาติภายนอกที่เข้าสู่อาคารมีปริมาณน้อยลง โดยเฉพาะวัตถุที่อยู่ใกล้กับช่องเปิดยิ่งทำให้องค์ประกอบของแสงธรรมชาติภายนอกเข้าสู่อาคารได้น้อยลง ทั้งนี้ยังมีในเรื่องความสูงของวัตถุหรืออาคาร ก็มีผลกระทบต่อองค์ประกอบของแสงธรรมชาติที่จะผ่านเข้าสู่อาคาร เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าค่าองค์ประกอบของแสงธรรมชาติจากท้องฟ้า เป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของค่าความสว่างภายในอาคาร

การพิจารณาถึงการบังของอาคารและวัตถุข้างเคียงนั้น นอกจากพิจารณาวัตถุในแง่ของความสูงและระยะห่างแล้ว ต้องพิจารณาในแนวระนาบอีกปัจจัยหนึ่ง หรือเรียกว่าตำแหน่งและทิศทางของอาคารหรือวัตถุข้างเคียง ซึ่งในส่วนนี้แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของวัตถุอยู่ในส่วนไหนของช่องเปิด แล้วนำมาพิจารณาประกอบกับความสูงของวัตถุ ซึ่งทั้ง 2 ส่วนนี้มีความสัมพันธ์ร่วมกัน ต้องทำการวิเคราะห์ไปพร้อมกัน การวิเคราะห์โดยทั่วไปของตำแหน่งและทิศทางของวัตถุหรืออาคารข้างเคียงนั้น พิจารณาจากมุมกระทำต่อกรอบของช่องเปิด 45 องศา



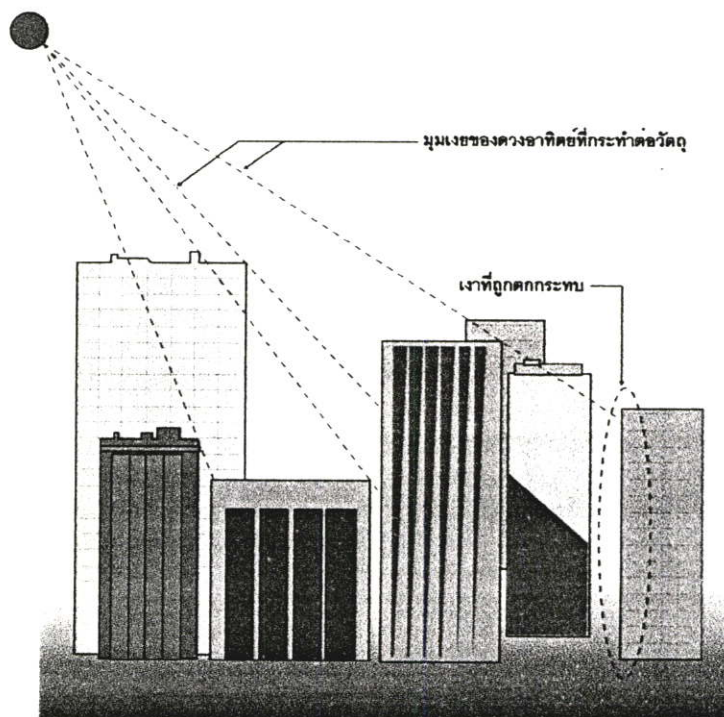
รูปที่ 3.5 แสดงให้เห็นถึงถึงฝั่งของอาคารและตำแหน่งของอาคารหรือวัตถุข้างเคียงที่มีผลกระทบกับช่องเปิดของอาคารในแนวระนาบ

ในการออกแบบอาคารสำนักงานเพื่อที่นำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ต้องคำนึงถึงพื้นที่ตั้งของอาคาร ว่าสิ่งที่อยู่ข้างเคียงมีผลต่อแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่อาคารมากน้อยเพียงใด โดยพิจารณาจากความสูงของวัตถุและตำแหน่งที่กระทำต่อช่องเปิด

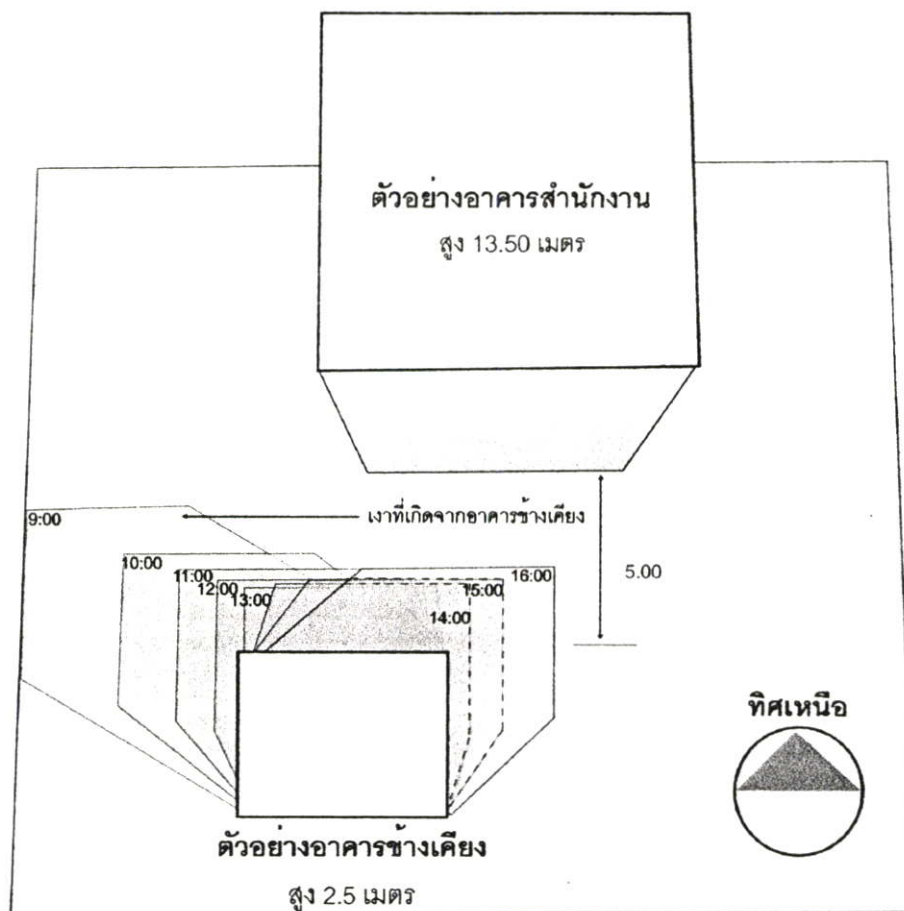
### 3.1.2 เงาของวัตถุหรืออาคารข้างเคียง (Shadows)

วัตถุและอาคารข้างเคียงนอกจากก่อให้เกิด การบังแสงธรรมชาติโดยตรงแล้ว เงาของวัตถุเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ลดทอนปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่อาคาร โดยที่เงาของวัตถุนั้นอาจจะ

ไม่พาดผ่านตัวของอาคารที่ออกแบบ แต่มีผลต่อการสะท้อนแสงจากพื้นเข้าสู่อาคารลดน้อยลงในกรณีที่ถูกเงาปิดกั้นพื้นที่ที่สะท้อนแสง แต่ในส่วนของปัจจัยในส่วนนี้มีผลกระทบน้อยกว่าการบังของอาคารข้างเคียง เนื่องจากแสงที่สะท้อนจากพื้นภายนอก มีผลกระทบต่อปริมาณแสงที่ผ่านเข้าสู่อาคารน้อยกว่าองค์ประกอบของแสงจากท้องฟ้า แต่ถึงกระนั้นก็ตามในการออกแบบอาคารให้มีประสิทธิภาพสูงสุดนั้น ต้องไม่ควรให้เงาของอาคารหรือวัตถุข้างเคียงพาดผ่านอาคารในส่วนช่องเปิด ในการพิจารณาในเรื่องของเงาของอาคารข้างเคียงนั้น พิจารณาจากมุมเงยของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่ออาคารนั้นในช่วง 1 วัน ของเดือนที่มีผลต่ออาคาร เช่นเดือนธันวาคม และเดือนมิถุนายน



รูปที่ 3.6 มุมเงยของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่ออาคารและมีผลต่อเงาที่เกิดขึ้นจากอาคาร



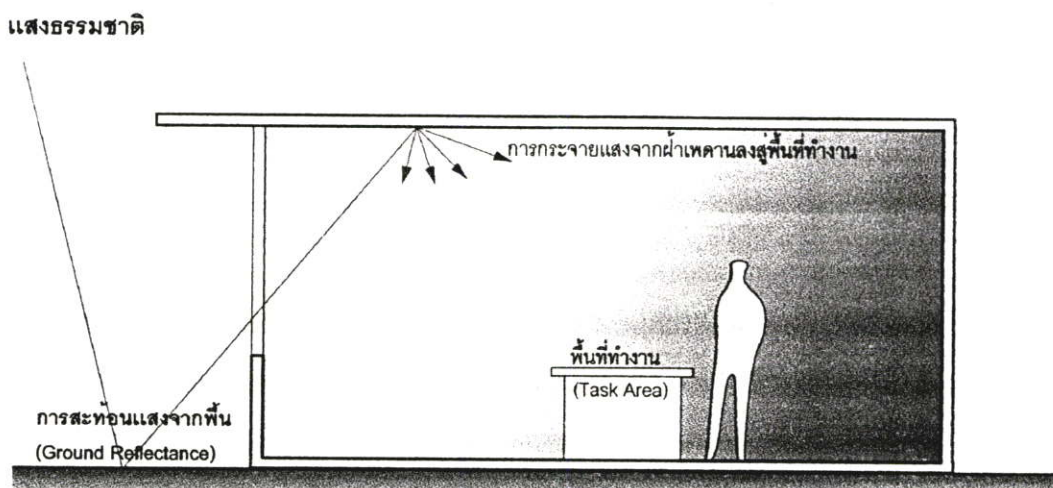
รูปที่ 3.7 แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างเงาที่เกิดขึ้นของอาคารข้างเคียงในช่วงเวลาต่างๆ

เดือน ธันวาคม เวลา 9:00 – 16:00 น.

จากรูปที่ 3.6 และ 3.7 แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของเงาที่เกิดจากอาคารหรือวัตถุข้างเคียง ซึ่งมีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้ามาภายในอาคาร เงาที่เกิดขึ้นเป็นไปตามช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งมีผลต่อมุมเงยของดวงอาทิตย์ ถ้าในกรณีเกิดเงาพาดผ่านช่องเปิดของอาคารที่ออกแบบ ยิ่งทำให้ปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารมีค่าที่ต่ำมาก แต่ในกรณีที่เงาไม่พาดผ่านอาคาร ปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารมีความสว่างลดลงบ้างอันเกิดจากการสะท้อนแสงจากพื้นภายนอกอาคารมีค่าลดลง แต่ไม่ถูกจัดเป็นปัญหาใหญ่มาก เนื่องจากการบังของอาคารข้างเคียงมีผลกระทบโดยตรงมากกว่า

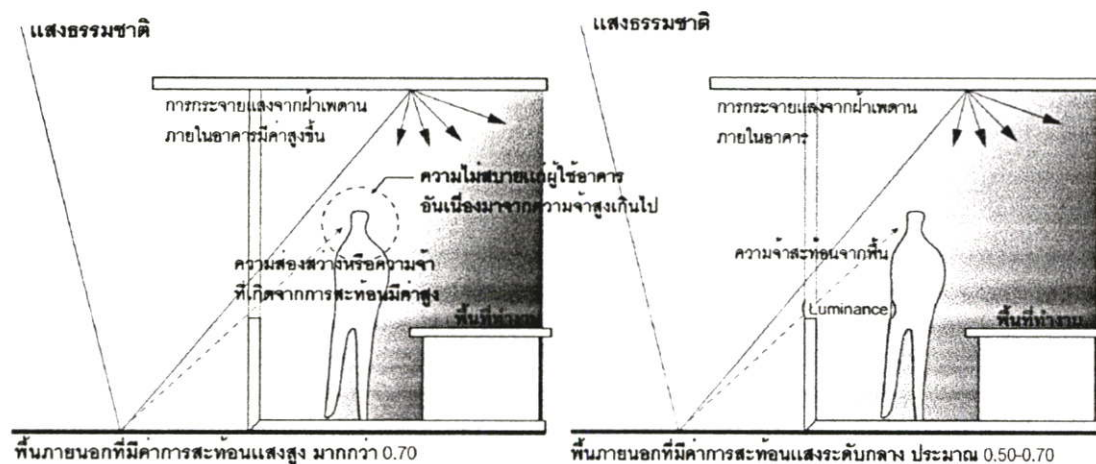
### 3.1.3 การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกอาคาร (Ground Reflectivity)

พื้นภายนอกอาคารมีส่วนในการช่วยเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคาร โดยมีหลักการอยู่ที่ แสงธรรมชาติเมื่อตกกระทบพื้นภายนอกอาคาร แสงธรรมชาติจะถูกสะท้อนจากพื้นภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร โดยตกกระทบโดยตรงกับส่วนตอนบนของพื้นที่ภายในอาคาร ได้แก่ บริเวณฝ้าเพดาน ซึ่งช่วยในการกระจายแสงภายในอาคารให้มีปริมาณมากขึ้นได้



รูปที่ 3.8 แสดงให้เห็นถึงลักษณะการสะท้อนแสงของพื้นเข้าสู่อาคาร

จากรูปที่ 3.8 พบว่าองค์ประกอบของการสะท้อนแสงของพื้นภายนอกอาคารมีปัจจัยสำคัญในส่วนหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มปริมาณความสว่างให้แก่ภายในอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับอาคารที่มีอุปกรณ์บังแดดมีระยะยื่นมาก ซึ่งทำให้ปริมาณขององค์ประกอบแสงจากท้องฟ้าลดต่ำลง การสะท้อนแสงจากพื้นต้องได้รับการพิจารณาเป็นพิเศษ เพื่อชดเชยปริมาณแสงจากท้องฟ้าที่ถูกลดลงจากอุปกรณ์บังแดด จากการสะท้อนแสงของพื้นภายนอกอาคาร มีผลในแง่ของความส่องสว่าง (Luminance;  $\text{cd}/\text{m}^2$ ) หรือ ความจ้า (Brightness) ซึ่งเกิดจากปริมาณความสว่างในแนวระนาบตกกระทบกับพื้นผิวภายนอกอาคาร ในส่วนของความจ้านี้มีผลกระทบกับคุณภาพของแสงภายในอาคารต่อผู้ใช้อาคาร เนื่องจากความจ้าที่เกิดขึ้นภายนอกอาคารถ้ามีปริมาณสูงเกินไป อาจทำให้ความจ้าที่เกินพอดีย้อนเข้าสู่สายตาของผู้ใช้อาคารได้ การคำนึงถึงคุณภาพของแสงภายในอาคารควรต้องพิจารณาคุณสมบัติการสะท้อนแสงของพื้นที่ผิวภายนอกอาคาร

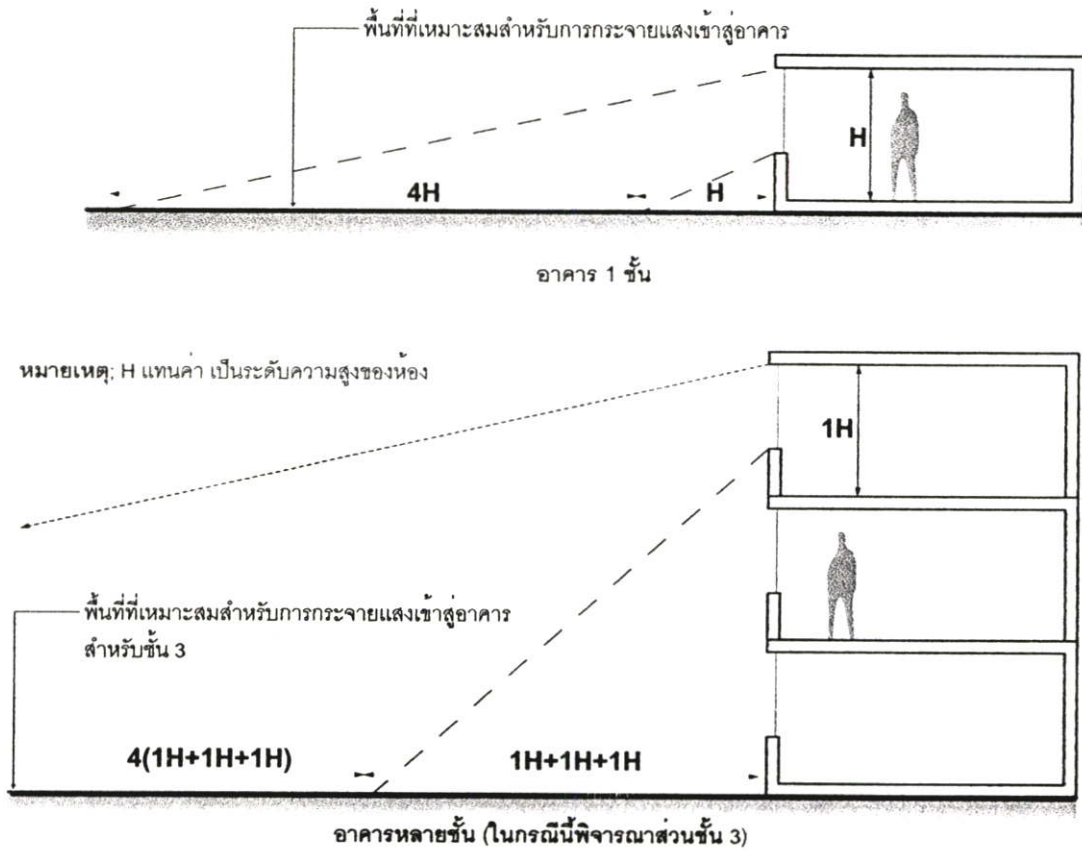


รูปที่ 3.9 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของการสะท้อนแสงของพื้นภายนอกอาคาร

ถึงแม้ว่าค่าสะท้อนแสงของพื้นภายนอกอาคารมีค่าสูง มีส่วนช่วยในแง่ของการเพิ่มการกระจายแสงภายในอาคาร แต่ปริมาณของแสงธรรมชาติที่เพิ่มขึ้นภายในอาคาร ถูกจัดเป็นองค์ประกอบของแสงภายในอาคาร ซึ่งเป็นอัตราส่วนปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับองค์ประกอบแสงจากท้องฟ้า จากรูปที่ 3.9 แสดงให้เห็นว่าถ้าพื้นที่ภายนอกมีค่าสะท้อนแสงมากเกินไป ก่อให้เกิดการสะท้อนความจ้าเข้าสู่ผู้ใช้อาคาร ตามมาตรฐานของสมาคมวิศวกรแสงสว่างสหรัฐอเมริกา (Illumination Engineering Society; IES) ระบุไว้ว่าค่าสะท้อนแสงของพื้นผิวภายนอกอาคารควรอยู่ในช่วง 0.50-0.70 ซึ่งเป็นค่าสะท้อนแสงระดับกลาง ถ้ามีค่าสูงมากกว่าเกณฑ์นี้ ทำให้เกิดการสะท้อนรังสีความร้อนเข้าสู่อาคารได้

ในการออกแบบอาคาร ถ้าพื้นที่โดยรอบของอาคารส่วนมากมีค่าสะท้อนแสงสูง เช่น พื้นที่ภายนอกส่วนมากเป็นคอนกรีตมีค่าสะท้อนแสง 0.55 –0.70 ก่อให้เกิดการสะสมรังสีความร้อนทั่วทั้งพื้นที่ตั้งของอาคาร เพราะฉะนั้นการเลือกประเภทพื้นผิวภายนอกอาคารที่มีค่าสะท้อนแสงสูง ควรเลือกใช้ในส่วนของจำเป็นต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร เช่น ในส่วนของพื้นที่ทำงานหลักของสำนักงาน และในส่วนอื่นของอาคารที่ไม่มีการควบคุมเกี่ยวกับแสงธรรมชาตินั้น ควรเป็นพื้นที่ที่มีค่าสะท้อนแสงต่ำ เช่น พื้นหญ้าหรือพื้นดิน ที่มีค่าสะท้อนแสงอยู่ในช่วง 0.07-0.25 เพื่อลดการสะสมรังสีความร้อนของพื้นที่ผิวโดยรวมของอาคาร

นอกจากค่าสะท้อนแสงของพื้นผิวภายนอกอาคาร ยังมีปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่ง ได้แก่ ระยะของพื้นผิวภายนอกอาคารที่มีประโยชน์สูงสุด ต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร โดยระยะของพื้นที่ภายนอกอาคารที่ทำหน้าที่สะท้อนแสงเข้าสู่อาคารมีระยะเป็น 4 เท่าของความสูงของอาคารในกรณีคิดค่าเฉลี่ยรวมทั้งอาคาร หรือความสูงของห้องในกรณีที่เกิดแยกการวิเคราะห์ออกเป็นส่วน



รูปที่ 3.10 แสดงถึงระยะของพื้นที่ภายนอกอาคารที่มีผลต่อการสะท้อนแสงเข้าสู่อาคาร (ที่มา ; Claude L. Robbins, *Daylight Design and Analysis*, New York. 1986)

อาคารที่มีความสูงมากจะเห็นได้ว่าในส่วนชั้นของอาคารที่อยู่สูง ระยะที่มีผลต่อการสะท้อนแสงจากพื้นผิวภายนอกอาคารมีระยะห่างจากตัวอาคารมาก เมื่อพิจารณาจากความเป็นจริง การที่อาคารในส่วนของชั้นบนของอาคารสูง แทบจะไม่ได้รับประโยชน์จากการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายนอกเลย เนื่องจากต้องมีระยะห่างจากอาคารมาก ถ้าต้องการออกแบบอาคารโดยให้ได้คุณสมบัติการสะท้อนของพื้นผิวภายนอกอาคารให้ได้ประโยชน์สูงสุด พื้นที่โดยรวมของที่ตั้งอาคารจะต้องมีขนาดกว้างใหญ่มากตามขนาดความสูงของอาคาร ซึ่งในภาพรวมแล้วปัจจัยในเรื่องของการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายนอกของอาคารไม่เหมาะสมสำหรับอาคารที่มีหลายชั้น

### 3.1.3 สรุปสภาพแวดล้อมของพื้นที่ตั้งอาคาร

สำหรับการพิจารณาสภาพแวดล้อมของที่ตั้งอาคารที่เหมาะสมกับการออกแบบอาคาร สำนักงานให้มีการนำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น สามารถสรุปเป็นหลักการได้ดังนี้

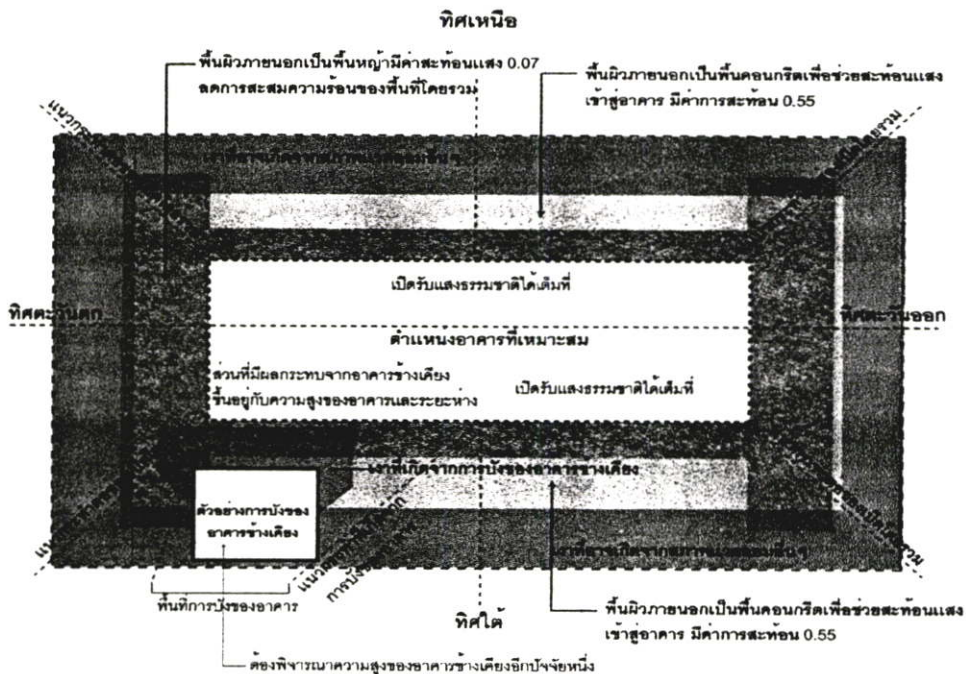
3.1.3.1 รูปทรงของที่ตั้งโครงการควรมีรูปร่างที่เกือหนุนกับคุณสมบัติของแสงธรรมชาติของพื้นที่นั้นๆ เช่นที่กรุงเทพฯ แสงธรรมชาติที่เหมาะสมอยู่ทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ของอาคาร

พื้นที่ของที่ตั้งอาคาร ในทิศเหนือและทิศใต้ควรมีความกว้างมากกว่าทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก เพื่อเปิดรับแสงธรรมชาติให้แก่อาคารได้มาก

3.1.3.2 พื้นที่ตั้งของอาคาร ไม่ควรมีสิ่งกีดขวางจากวัตถุใดๆหรืออาคารข้างเคียง ในส่วนของช่องเปิดของอาคารที่ออกแบบ หรือถ้าหลีกเลี่ยงปัญหาไม่ได้ ให้พิจารณาในส่วนการออกแบบอาคารอีกส่วนหนึ่ง เพื่อหลีกเลี่ยงการบังของอาคารหรือวัตถุข้างเคียง

3.1.3.3 ต้องพิจารณาถึงเงาที่เกิดขึ้นจากวัตถุหรืออาคารข้างเคียงใดๆ

3.1.3.4 การสะท้อนแสงจากภายนอกอาคาร มีความเหมาะสมกับอาคารในส่วนของชั้นที่ไม่สูงมากนักและกับพื้นที่ใช้งานโดยเฉพาะ การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายนอกอาคารบริเวณที่มีผลต่อการใช้งานแสงธรรมชาติภายในอาคาร ควรอยู่ในช่วงที่มีค่า 0.50-0.70 และในส่วนที่ไม่สำคัญหรือไม่ต้องควบคุมแสงควรมีค่าการสะท้อนแสงต่ำ เพื่อลดการสะสมของรังสีความร้อน



รูปที่ 3.11 แสดงภาพรวมของสภาพแวดล้อมของการออกแบบอาคารสำนักงานในแง่การใช้งานแสงธรรมชาติ

## 3.2 การพิจารณารูปแบบทางสถาปัตยกรรม

จากการศึกษาถึงสภาพแวดล้อมอาคาร ทำให้ทราบถึงการจัดวางตำแหน่งของอาคารตามเงื่อนไขของสภาพแวดล้อม เพื่อที่สามารถออกแบบอาคารสำนักงานได้ตามวัตถุประสงค์ คือนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้สอยภายในอาคารให้ได้ประโยชน์สูงสุด เพื่อช่วยในการประหยัดพลังงานโดยรวมของอาคาร เมื่อพิจารณากันแบบง่ายๆพบว่า ลักษณะรวมของอาคารควรที่จะเปิดรับแสงธรรมชาติสำหรับการใช้งานทางทิศเหนือ และทิศใต้ของอาคารตามลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ ใน

ส่วนของด้านทิศตะวันตก และตะวันตกไม่ควรเปิดรับแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานภายใน เนื่องจากมีการควบคุมคุณภาพของแสงได้ลำบาก และต้องพิจารณาถึงสภาพแวดล้อมของที่ตั้งอาคารเป็นส่วนสำคัญ

### 3.2.1 รูปแบบภายนอกของอาคาร

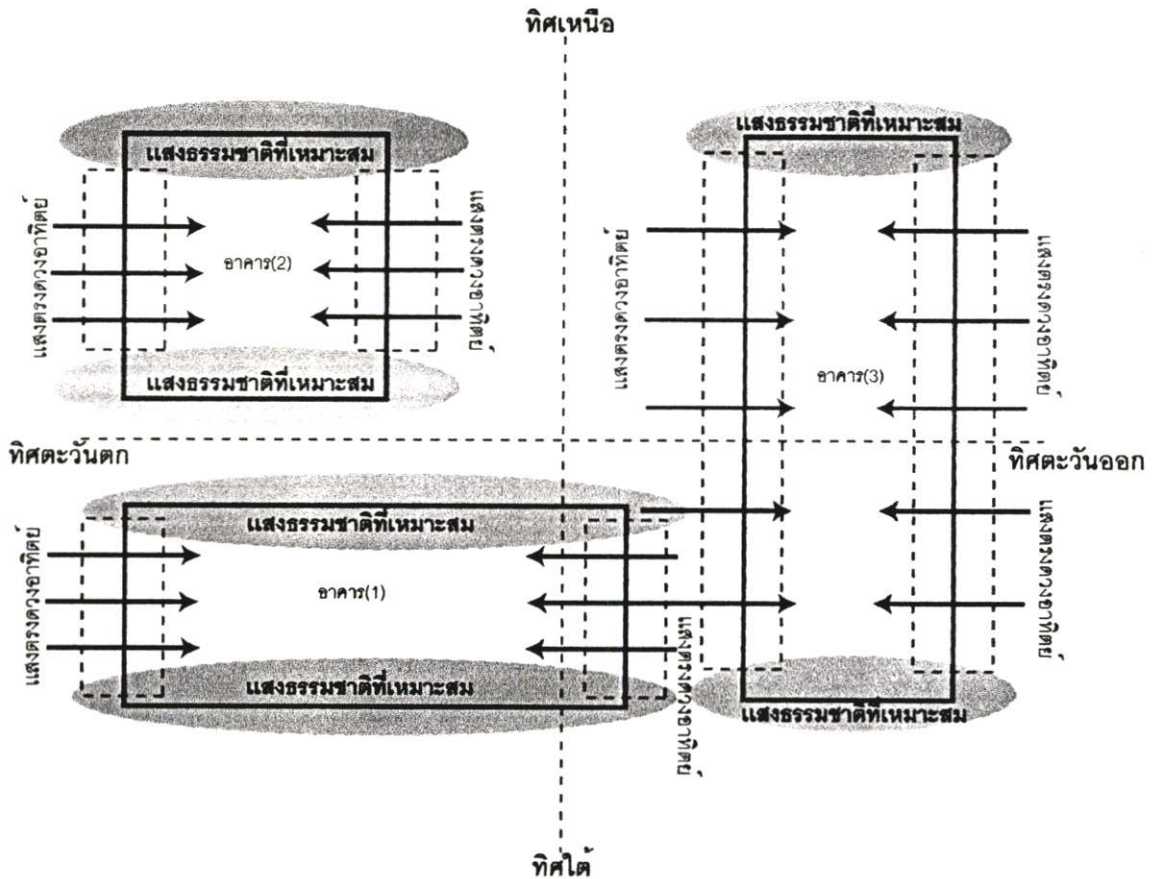
ในการออกแบบอาคารสำนักงาน จุดเริ่มแรกคือการหาพื้นที่ตั้งอาคารที่เหมาะสมจากพื้นที่โดยรวมของโครงการ ซึ่งสภาพแวดล้อมมีบทบาทสำคัญในการกำหนดรูปแบบโดยรวมของอาคารสำนักงานที่เหมาะสมกับการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร

#### 3.2.1.1 รูปทรงของอาคาร

ลักษณะของรูปทรงอาคาร เป็นส่วนสำคัญซึ่งสามารถบอกถึงประสิทธิภาพการให้แสงธรรมชาติภายในอาคาร ลักษณะรูปทรงของอาคารที่เหมาะสมต้องมีลักษณะของการนำแสงธรรมชาติที่มีคุณภาพเพียงพอต่อการใช้งานของส่วนสำนักงานให้ได้ปริมาณพื้นที่มากที่สุด เพื่อทดแทนพื้นที่การให้แสงประดิษฐ์ภายในอาคาร ลักษณะรูปทรงของอาคารเมื่อพิจารณาในแง่ของการออกแบบเพื่อนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานสามารถแบ่งรูปทรงพื้นฐานเชิงเปรียบเทียบได้ 3 ประเภท ได้แก่

- 1) อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมพื้นผ้า ทางทิศเหนือ-ทิศใต้เป็นด้านยาว
- 2) อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส
- 3) อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมพื้นผ้า ทางทิศตะวันตก-ทิศตะวันออกเป็นด้านยาว

เมื่อนำรูปทรงพื้นฐานของอาคารทั้งสามประเภทมาวิเคราะห์ เห็นได้ว่าการพิจารณาถึงการโคจรจากดวงอาทิตย์ของกรุงเทพมหานคร พบว่าแสงธรรมชาติที่สามารถควบคุมได้ง่ายและเหมาะสมกับการนำมาใช้งาน เป็นแสงธรรมชาติที่มาจากทิศเหนือและทิศใต้ เนื่องจากตลอดทั้งวันมีมุมเงยของดวงอาทิตย์มีองศาสูง ทำให้ออกแบบให้ป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ง่าย ไม่ก่อให้เกิดรังสีความร้อนส่องผ่านเข้าสู่อาคาร ในส่วนของอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีบางส่วนของพื้นที่ที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารได้ แต่ยังมีส่วนของพื้นที่ที่ควบคุมแสงธรรมชาติได้ยาก และอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมพื้นผ้า มีด้านทิศตะวันตก-ทิศตะวันออกยาว เป็นอาคารที่ไม่เหมาะสมกับการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานภายในอาคาร เนื่องจากทิศตะวันตก และทิศตะวันออกมีการควบคุมแสงตรงที่เกิดจากดวงอาทิตย์ได้ยากมาก



รูปที่ 3.12 แสดงการเปรียบเทียบรูปทรง(แบบแปลน)พื้นฐานของอาคารทั้ง 3 แบบ

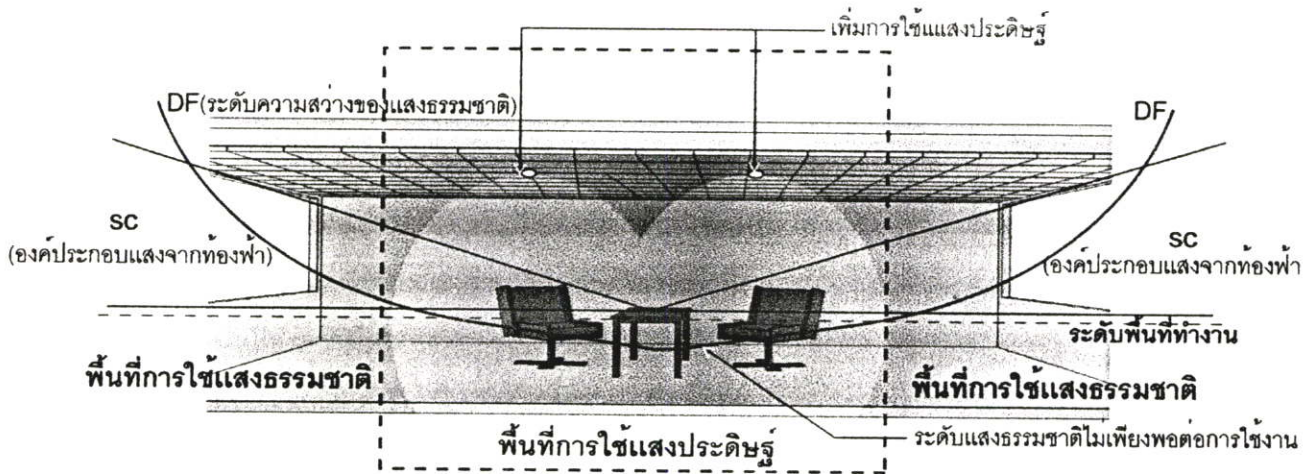
จากภาพที่ 3.12 แสดงให้เห็นถึงลักษณะของแสงธรรมชาติ ที่เข้ามาภายในอาคาร 3 รูปแบบ โดยแสงให้เห็นถึงแสงตรงที่เกิดจากดวงอาทิตย์ และแสงธรรมชาติที่มีคุณภาพที่เหมาะสมกับการใช้งานภายในอาคาร อาคาร 1 มีปริมาณของแสงธรรมชาติที่เหมาะสมแก่การใช้งานมากที่สุด และทางด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกของอาคาร มีผลกระทบต่อรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ในปริมาณพื้นที่ไม่มากนัก ซึ่งสามารถหาทางป้องกันในส่วนนี้ได้ ในส่วนของอาคาร 3 ไม่เหมาะสมกับการใช้งานแสงธรรมชาติอย่างยิ่ง เนื่องจากปริมาณแสงตรงที่กระทำต่ออาคารมีปริมาณสูงมาก ก่อให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคาร ในส่วนของอาคาร 2 มีความเหมาะสมบ้างสำหรับการออกแบบอาคารสำหรับพื้นที่โครงการมีปริมาณน้อย

#### 3.2.1.2 ขนาดและสัดส่วนของอาคาร

ลักษณะรูปทรงพื้นฐานของอาคารที่เหมาะสมกับการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร เป็นแบบที่พื้นที่ของอาคารด้านทิศเหนือ และทิศใต้มาก ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่นำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร ซึ่งจากรูปทรงพื้นฐานของอาคารที่เหมาะสมนี้ เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการออกแบบอาคาร

สำนักงาน รูปแบบของอาคารสามารถออกแบบได้ตามแต่ผู้ออกแบบ โดยอ้างอิงมาตรฐานของพื้นฐานรูปทรงของอาคาร

รูปทรงของอาคารมีการเกี่ยวเนื่องกับปริมาณการใช้แสงธรรมชาติโดยรวมภายในอาคาร ซึ่งในกรณีนี้พิจารณาจาก การแบ่งพื้นที่ใช้แสงของอาคาร (ในกรณีนี้ไม่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร) ซึ่งแบ่งเป็นส่วนสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ พื้นที่ส่วนของแสงธรรมชาติภายในอาคาร (Daylighting Zone) และพื้นที่ในส่วนการใช้แสงประดิษฐ์ (Electrical Lighting)

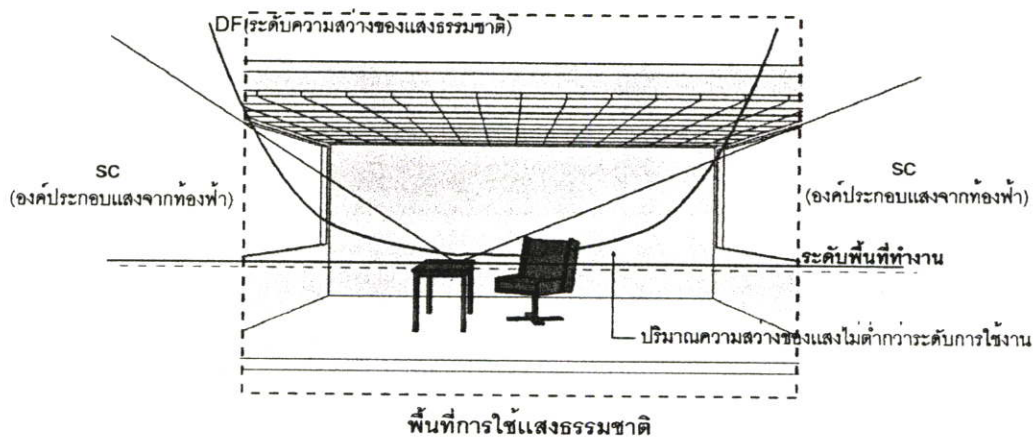


รูปที่ 3.13 แสดงให้เห็นถึงอัตราของปริมาณแสงธรรมชาติภายในเทียบกับภายนอกอาคาร

(Daylighting Factor; DF) มีค่าลดลงตามระยะความลึกของอาคาร

(หมายเหตุ ; ต่อจากนี้ไปอัตราของปริมาณแสงธรรมชาติภายในเทียบกับภายนอกอาคาร

(Daylighting Factor; DF) เขียนแทนว่า DF)



รูปที่ 3.14 เมื่อรูปทรงของอาคารแคบลงสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้โดยไม่ต้องอาศัยแสงประดิษฐ์

จากภาพที่ 3.13 และ 3.14 แสดงให้เห็นว่า อาคารที่มีความกว้างของอาคารไม่มากนักสามารถนำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่อาคารได้ทั้ง 2 ด้านของอาคารคือทิศเหนือและทิศใต้ของอาคาร ถ้ามีการออกแบบให้อาคารสามารถเปิดรับแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่ในอาคารได้พื้นที่ส่วนของอาคารได้มาก ทำให้ลดพื้นที่การใช้งานของแสงประดิษฐ์ให้เหลือพื้นที่น้อยลง ทำให้ภาพรวมการใช้พลังงานของอาคารลดต่ำลงซึ่งเป็นผลลัพธ์ในการลดค่าไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร จะเห็นได้ว่าอาคารยังมีการออกแบบให้อาคารมีพื้นที่การใช้งานของแสงธรรมชาติให้มีปริมาณมากที่สุด ทำให้สัดส่วนของพื้นที่ใช้งานของแสงประดิษฐ์ยังน้อยลง และยังมีพื้นที่ลดน้อยลงมากเท่าไร อาคารนั้นยังมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานมากขึ้น

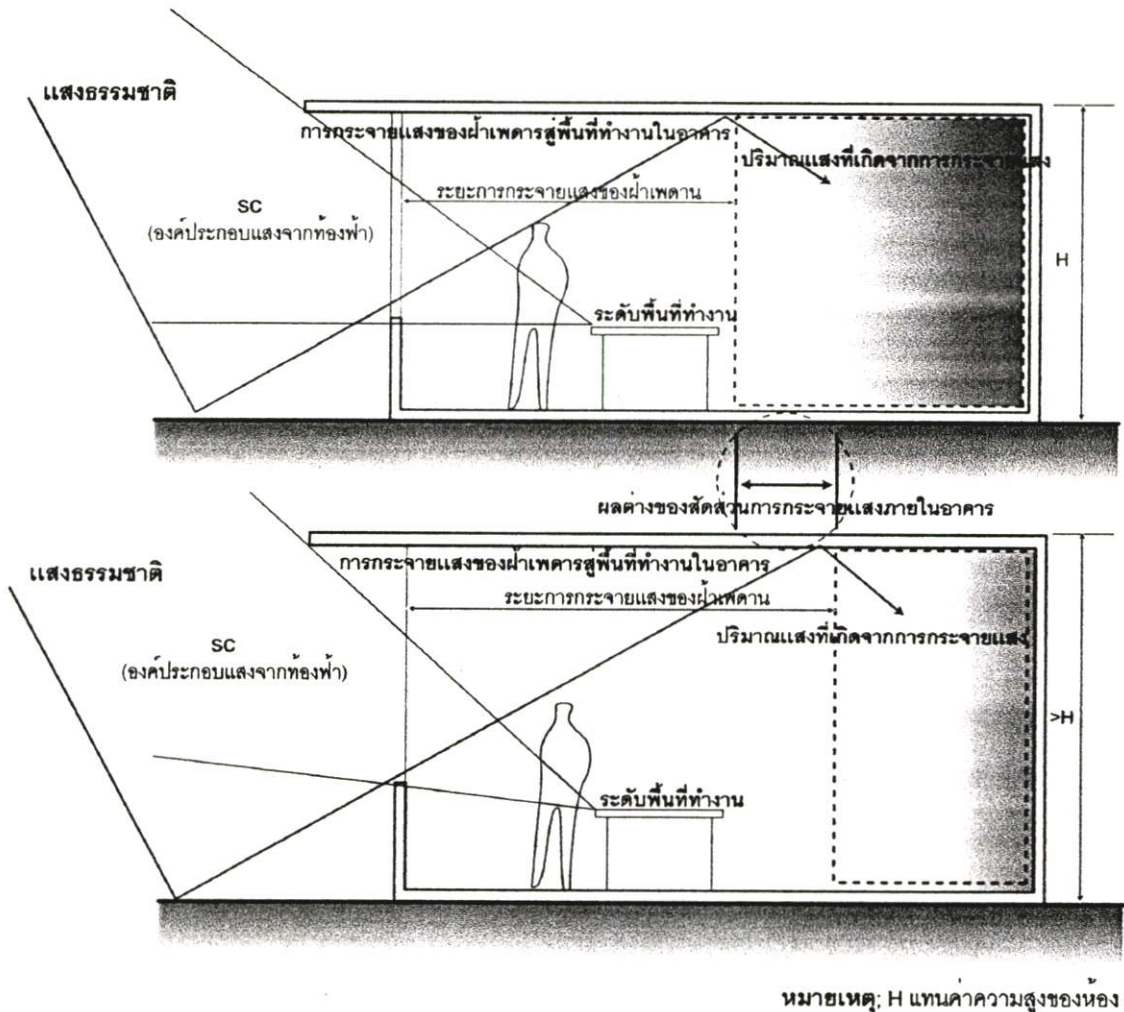
### 3.2.2 รูปแบบภายในของอาคาร

รูปแบบภายในของอาคาร มีส่วนที่ช่วยเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้ามาภายในอาคาร โดยมีหน้าที่ช่วยในส่วนของกระจายแสงให้เข้าสู่ภายในอาคารมีระยะมากขึ้น เพื่อเพิ่มพื้นที่การใช้แสงธรรมชาติที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในอาคาร แต่สำหรับในการพิจารณาถึงรูปแบบภายในอาคารนั้นค่อนข้างพิจารณาได้ยากเนื่องจากมีคุณภาพการใช้งานของผู้ใช้อาคารเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งมีผลกระทบต่อความรู้สึกของมนุษย์ ในส่วนนี้เองที่ทำให้การพิจารณาในเรื่องรูปแบบภายในอาคารเป็นไปโดยยาก โดยทั่วไปรูปแบบภายในถูกกำหนดคุณสมบัติที่เหมาะสมตามมาตรฐานของ IES ไว้แล้ว ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่สามารถนำมาใช้ได้

การพิจารณารูปแบบภายในอาคารแบ่งการพิจารณาเป็นส่วนหลักๆ ดังนี้

#### 3.2.2.1 ระดับความสูงของห้อง

ระดับความสูงของห้องที่เพิ่มขึ้น มีส่วนที่ช่วยในการกระจายแสงเข้าสู่ภายในอาคารได้ระยะมากขึ้น เนื่องจากมุมในการกระจายแสงเพิ่มมากขึ้น โดยระดับความสูงของห้องมีผลเกี่ยวเนื่องกับการกระจายแสงของฝ้าเพดานเป็นหลัก

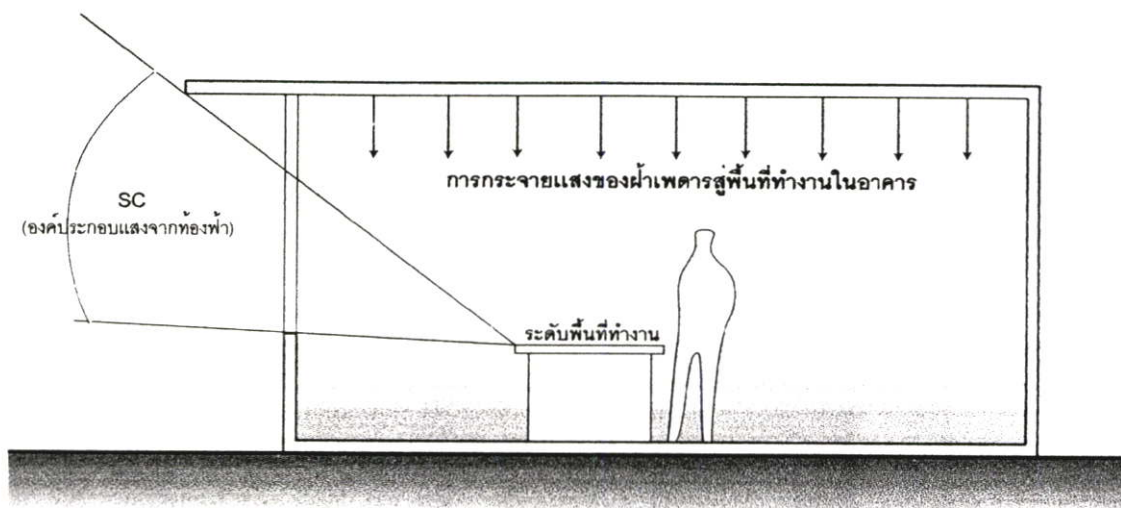


รูปที่ 3.15 แสดงระยะความสูงของห้องกับการกระจายของแสงภายในอาคาร  
เมื่อ H แทนค่าความสูงของระดับห้องจากพื้นถึงฝ้าเพดาน

จากรูปที่ 3.15 แสดงให้เห็นถึงระยะของห้องสูงขึ้น มุมตกกระทบของแสงสามารถกระจายแสงเข้าสู่ภายในอาคารได้ลึกมากขึ้น เมื่อเทียบกับห้องที่มีความสูงน้อยกว่า แต่ทั้งนี้แล้วขึ้นอยู่กับขนาดของช่องเปิดอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งต้องมีความสัมพันธ์กันกับระยะความสูงของห้อง แต่ผลลัพธ์โดยรวมของแสงธรรมชาติภายในอาคารไม่ได้ขึ้นอยู่กับระยะความสูงของห้องอย่างเดียว และสำหรับความสูงของห้องจัดเป็นปัจจัยส่วนน้อยที่นำมาพิจารณาในเรื่องภาพรวมของการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร ซึ่งต้องนำขนาดของช่องเปิดพิจารณาร่วมด้วยอีกกรณีหนึ่ง

### 3.2.2.2 ฝ้าเพดาน

ฝ้าเพดานจัดถูกจัดเป็นองค์ประกอบภายในอาคารที่สำคัญที่สุด เนื่องจากเป็นส่วนที่ช่วยในการกระจายแสงจากภายนอกอาคารเข้าสู่พื้นที่ทำงานของอาคารโดยตรง



รูปที่ 3.16 แสดงลักษณะการกระจายแสงของฝ้าเพดาน

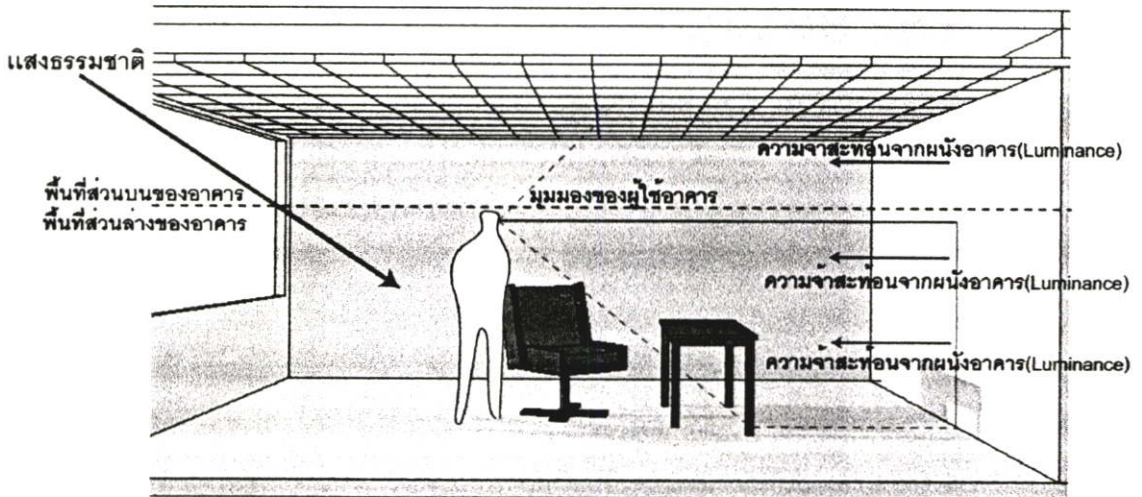
ตามมาตรฐานของ IES ระบุว่าฝ้าเพดานของอาคารที่เหมาะสมมีคุณสมบัติการสะท้อนแสงอยู่ในช่วง 75-85% เนื่องจากมีความสำคัญต่อการกระจายแสงของอาคาร เมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบการสะท้อนแสงของฝ้าเพดาน พบว่า

Ceiling Reflection Factor(%)	Conversion Factor
40	0.7
50	0.8
60	0.9
70	1.0
80	1.1

จากค่าขององค์ประกอบการสะท้อนแสงของฝ้าเพดาน พบว่า คุณสมบัติการสะท้อนแสงของฝ้าเพดานยังมีค่าสูงขึ้น ค่าองค์ประกอบของแสงภายในเพิ่มสูงขึ้นพิจารณาได้จากค่า Conversion Factor ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ฝ้าเพดานไม่มีข้อจำกัดในคุณสมบัติการสะท้อนแสง แต่ถ้าอุปกรณ์ที่มีค่าสะท้อนแสงมากถึง 90-95% โดยมากเป็นอุปกรณ์ที่ถูกผลิตขึ้นมาโดยเฉพาะ ซึ่งมีคุณภาพช่วยเพิ่มการกระจายแสงได้เป็นอย่างดี แต่มีราคาแพง ไม่เหมาะสมที่เลือกมาใช้ปรับปรุงอาคาร เนื่องจากใช้วัสดุที่มีค่าของการสะท้อนแสงอยู่ในช่วง 75-85% ย่อมเพียงพอต่อการใช้งานแล้วหาวัสดุที่อยู่ในเกณฑ์นี้มีอยู่ทั่วไป เช่นฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ดสีขาว มีค่าสะท้อนแสงอยู่ในช่วง 75-80% และยังมีราคาไม่สูงมากสามารถนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

### 3.2.2.3 ผืนของอาคาร

ตามมาตรฐานโดยทั่วไป ผนังอาคารถูกกำหนดไว้ว่า ควรมีค่าสะท้อนแสงอยู่ในช่วง 50-60% ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมต่อการกระจายแสงภายในอาคาร เนื่องจากถูกกำหนดอยู่ในช่วงนี้ มีสาเหตุมาจากการกระจายแสงของผนังมีผลต่อการมองเห็นของผู้ใช้อาคาร ซึ่งถ้าผนังมีค่าสะท้อนแสงมาก โดยมีค่าอยู่ในเกณฑ์เดียวกับฝ้าเพดาน ถ้าพิจารณาในเกณฑ์ของปริมาณพบว่า การกระจายแสงภายในอาคารมีค่าสูงขึ้น แต่เกิดความจ้าอันเกิดจากการสะท้อนจากผนัง ก่อให้เกิดคุณภาพของแสงที่ไม่เหมาะสมต่อการใช้งานภายในอาคาร

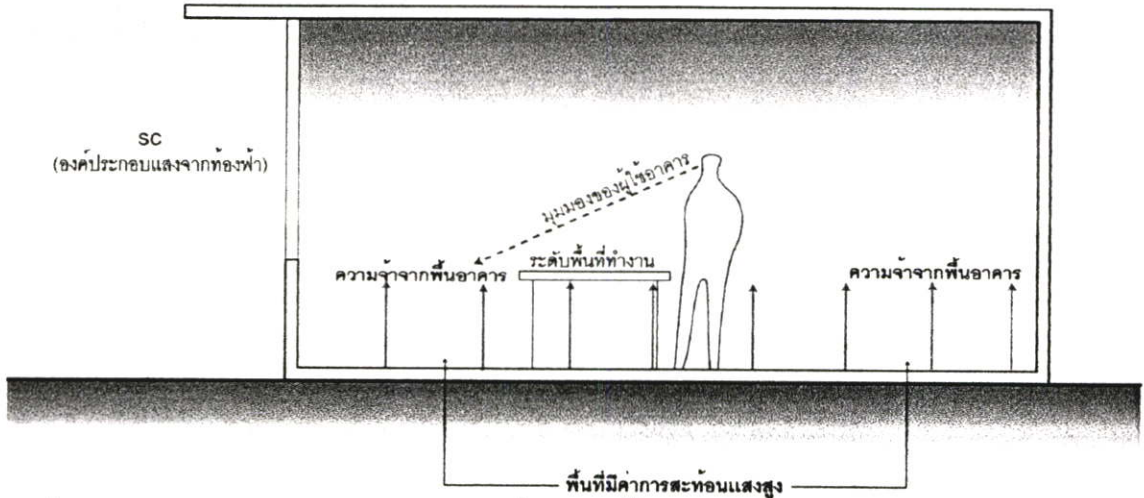


รูปที่ 3.17 แสดงความจ้าที่เกิดขึ้นจากผนังอาคาร

#### 3.2.2.4 พื้นของอาคาร

พื้นของอาคารจัดเป็นส่วนที่สำคัญน้อยที่สุดขององค์ประกอบการสะท้อนแสงภายในอาคาร มาตรฐานของค่าสะท้อนแสงของพื้นอยู่ในช่วง 20-40% ซึ่งจัดว่ามีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับส่วนอื่นๆของอาคาร เนื่องจากแสงตกกระทบพื้นเกิดความจ้าขึ้นมา ทั้งนี้ความจ้าที่เกิดขึ้นมีผลกระทบโดยตรงกับการสะท้อนแสงของพื้นอาคาร ถ้าค่าสะท้อนแสงของพื้นอาคารมีมาก ค่าความจ้าของแสงถูกสะท้อนออกมามาก ซึ่งถ้ามากเกินไปมีผลต่อความสว่างที่เกิดขึ้นบนพื้นที่ทำงาน

## แสงธรรมชาติ

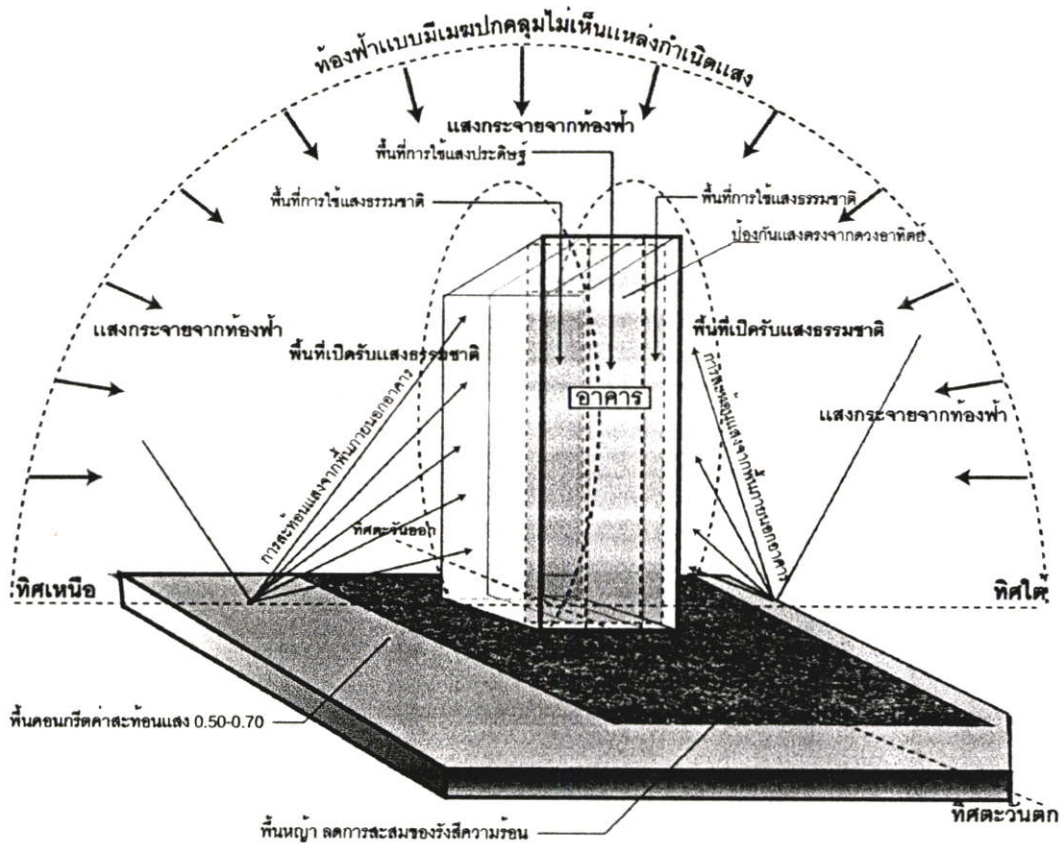


รูปที่ 3.18 แสดงความส่องสว่างหรือความจ้าที่เกิดจากพื้นของอาคาร

### 3.2.3 สรุปการพิจารณารูปแบบทางสถาปัตยกรรม

จากการพิจารณาถึงสภาพแวดล้อมของที่ตั้งอาคาร ทำให้ได้เกณฑ์มาตรฐานของการวางตำแหน่งของอาคาร และสามารถกำหนดรูปทรงพื้นฐานของอาคาร ที่เกื้อหนุนต่อการนำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้ามาใช้ภายในอาคาร รูปแบบทางสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมสรุปได้ดังนี้

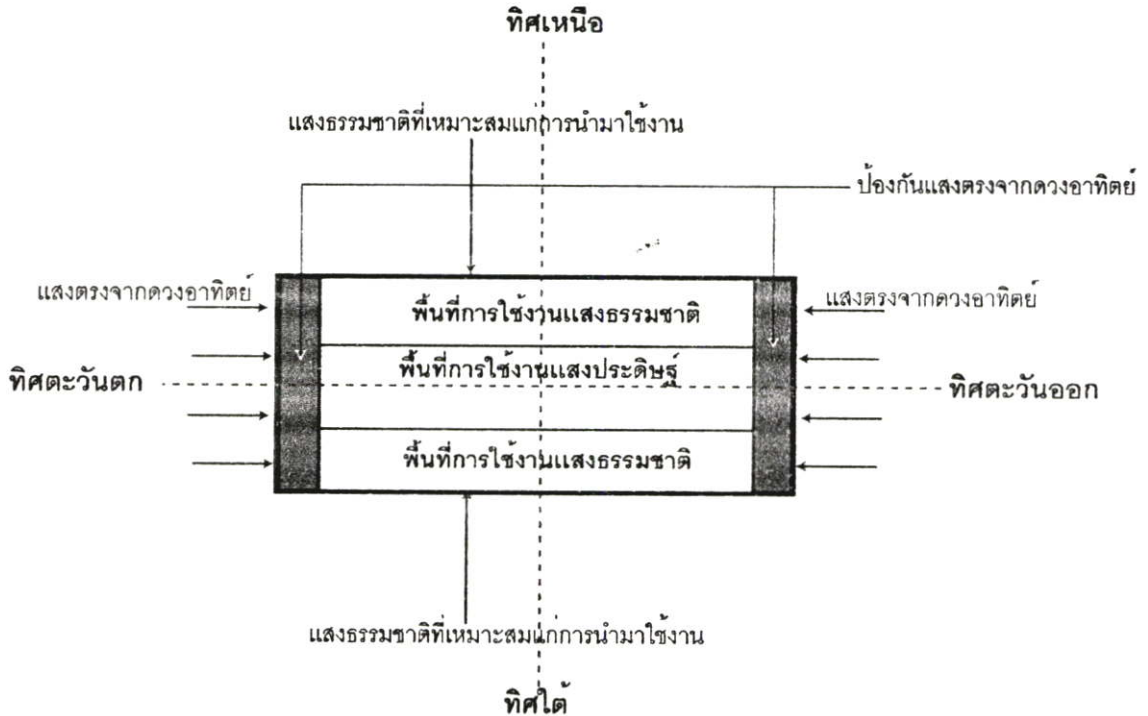
- 1) รูปทรงพื้นฐานของอาคารที่เหมาะสม ควรมีการเปิดรับแสงธรรมชาติทางทิศเหนือและทิศใต้ของอาคารให้มีระยะมากที่สุดสำหรับพื้นที่ทำงานของอาคาร
- 2) หน้าตาของอาคารสามารถออกแบบได้ตามแนวความคิดของผู้ออกแบบ แต่ต้องพิจารณาถึงรูปทรงพื้นฐานที่เหมาะสมต่อการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร ซึ่งในกรณีนี้มีขอบเขตเน้นเฉพาะที่แสงธรรมชาติทางด้านข้างของอาคาร และอาคารมีการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ทั้งหมด เพื่อป้องกันความร้อนสะสมภายในอาคาร
- 3) เพื่อให้ได้การใช้งานจากแสงธรรมชาติมากที่สุด รูปทรงของอาคารทางทิศเหนือและทิศใต้ของอาคารควรมีพื้นที่มากที่สุด เพื่อที่จะเพิ่มปริมาณพื้นที่การใช้งานของแสงธรรมชาติให้มากที่สุด และรูปทรงอาคารทางด้านทิศตะวันตกและทิศตะวันออกควรมีขนาดไม่กว้างมากนัก เพื่อลดการสะสมความร้อน และที่สำคัญช่วยลดพื้นที่การใช้งานของแสงประดิษฐ์ได้ปริมาณมาก
- 4) ลักษณะภายในอาคารพิจารณาจาก องค์ประกอบการสะท้อนแสงเป็นหลัก โดยพิจารณาตามค่ามาตรฐานที่ถูกกำหนดไว้ แล้วผู้ออกแบบสามารถนำไปเทียบหาวัสดุหรือวัตถุที่เหมาะสมตามค่าสะท้อนแสงของวัตถุ



รูปที่ 3.19 แสดงภาพรวมของรูปทรงพื้นฐานของอาคารที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร

### 3.3 การจัดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

การออกแบบอาคารสำนักงานให้สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาตินั้น ต้องมีการออกแบบพื้นที่ที่แสงธรรมชาติเข้ามาให้มีความสัมพันธ์กับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร เนื่องจากพื้นที่การใช้งานภายในอาคารแต่ละพื้นที่มีความต้องการใช้ความสว่างจากแสงแตกต่างกัน ในการจัดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เน้นเฉพาะการจัดพื้นที่ใช้สอยในแง่ของลักษณะพื้นที่ใช้งานของแสงภายในอาคาร โดยมีเป้าหมายอยู่ที่นำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมต่อการใช้งาน ซึ่งในพื้นที่ส่วนนี้จัดเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่ที่นำแสงธรรมชาติมาใช้ (Daylighting Zone) และในส่วนของพื้นที่ภายในที่แสงธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการใช้งาน จัดเป็นพื้นที่ส่วนของการใช้แสงประดิษฐ์ (Electrical Zone) และนำพื้นที่ส่วนที่ได้นำมาจัดตามลักษณะการใช้งานของอาคาร



รูปที่ 3.20 แสดงลักษณะผังของอาคาร(แปลน)ที่แบ่งพื้นที่ใช้งานตามลักษณะการใช้งานของแสง

จากลักษณะพื้นที่การใช้งานของแสงภายในอาคาร สามารถนำมาจัดลักษณะพื้นที่ใช้งานในรูปแบบกิจกรรมภายในอาคาร ดังนี้

### 3.3.1 พื้นที่ส่วนแพสซีฟ (Passive Zone)

เป็นบริเวณที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ได้ โดยที่ไม่ต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมภายในอาคาร แต่ต้องคำนึงถึงความเหมาะสมกับการใช้งานของแสงในส่วนพื้นที่นั้นๆ ในการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมของภายนอกอาคาร ต้องอยู่ในระดับที่ผู้ใช้อาคารยอมรับคุณภาพของแสงได้ และต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้คือ ต้องมีการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์เพื่อที่จะไม่ให้เกิดการสะสมความร้อนภายในอาคารจากรังสีตรงของดวงอาทิตย์ แต่ทั้งนี้แล้วในบางกรณี อาจมีการปล่อยให้แสงตรงผ่านเข้ามาภายในอาคารได้บ้าง แต่ต้องมีการควบคุมการใช้งานของพื้นที่นั้นๆ เพื่อให้ไม่ให้เกิดผลกระทบต่อภาระการทำความเย็นของพื้นที่โดยรวมของอาคาร พื้นที่ในส่วนนี้จึงเปรียบเสมือนเป็นส่วนเชื่อมระหว่างพื้นที่ภายนอกอาคาร และพื้นที่ภายในอาคาร สำหรับการจัดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารสำหรับอาคารสำนักงานส่วนนี้ จำแนกส่วนของพื้นที่ตามลักษณะการใช้งานของกิจกรรมได้ดังนี้

#### 3.3.1.1 โถงทางเข้า และโถงติดต่อประชาสัมพันธ์

สำหรับพื้นที่ในส่วนนี้ เป็นพื้นที่ที่เปรียบเสมือนเป็นจุดเริ่มต้นของการเข้าถึงอาคาร พื้นที่นี้จึงไม่จำเป็นต้องมีความสว่างตามมาตรฐานการใช้งานของพื้นที่ใช้งานในส่วนของสำนักงาน แต่ควรมีค่าความสว่างที่ไม่ทำให้ผู้ใช้อาคารเกิดความรู้สึกไม่สบายทางสายตา คือไม่ก่อให้เกิดความจ้าเกินพอดีที่ทำให้เกิดภาวะแสงบาดตา และต้องไม่มีค่าความสว่างที่มีเกินไป สำหรับพื้นที่ในส่วนนี้ อาจจะการออกแบบให้มีลักษณะเพดานสูงหรือโถงสูง เพื่อเป็นลักษณะเพิ่มความรู้สึกของการเชื่อมต่อกันระหว่างพื้นที่ภายนอกเข้าสู่ภายในอาคารของผู้ใช้อาคาร พื้นที่ส่วนนี้อยู่บริเวณทางเข้าหลักของอาคาร ซึ่งอาจมีการยอมให้แสงตรงของดวงอาทิตย์เข้าได้ในบางส่วนของงานออกแบบ แต่ต้องคำนึงถึงพื้นที่ที่เหมาะสมและไม่เพิ่มภาระการทำความเย็นให้แก่อาคารมากนัก และอาจจะมีการนำแสงประดิษฐ์เข้ามาใช้ในบางส่วน เช่นในบริเวณของพื้นที่ทำงานของพนักงาน และในส่วนของการใช้ระดับความสวยงามแก่อาคาร ในการออกแบบช่องเปิดค่อนข้างออกแบบได้อิสระเพื่อให้เกิดความงามของมุมมอง แต่ต้องระวังในส่วนของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ และคุณภาพของแสงแก่ผู้ใช้อาคารบ้าง

### 3.3.1.2 โถงหน้าห้องประชุม และโถงหน้าห้องแสดงงาน

พื้นที่ในส่วนนี้ มีการจัดรูปแบบใกล้เคียงกับบริเวณโถงทางเข้าและโถงประชาสัมพันธ์ คือไม่ต้องคำนึงถึงระดับความสว่างภายในอาคารมากนัก แต่ต้องคำนึงต่อคุณภาพของแสงแก่ผู้ใช้อาคาร โดยทั่วไปพื้นที่ในส่วนนี้ไม่ต้องการความสว่างมาก เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ไม่มีการใช้งานของผู้ใช้อาคาร และมีการนำแสงประดิษฐ์เข้ามาใช้ในแง่ของความสวยงามแก่พื้นที่โดยรวมของอาคาร

### 3.3.1.3 พื้นที่ส่วนอ่านหนังสือพิมพ์ นิตยสาร หรือวารสารต่างๆ และส่วนพักผ่อน

พื้นที่ในส่วนนี้ เป็นส่วนที่ต้องมีการควบคุมระดับความสว่างให้เพียงพอต่อการใช้งานของผู้ใช้อาคาร แต่ไม่ต้องควบคุมระดับความสว่างเทียบเท่ากับพื้นที่ทำงานส่วนสำนักงาน และต้องควบคุมคุณภาพของแสงไม่ให้เกิดความจ้าเกินความพอดีต่อการรับรู้ของมนุษย์ พื้นที่ในส่วนนี้ควรมีตำแหน่งอยู่ทางด้านทิศเหนือหรือทิศใต้ของอาคาร เพื่อป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคาร แต่มีการยืดหยุ่นในการออกแบบช่องเปิดมากกว่าช่องเปิดในส่วนพื้นที่ทำงานหลักของสำนักงาน สำหรับพื้นที่ในส่วนนี้อาจจะไม่ต้องพึ่งการใช้งานของแสงประดิษฐ์ ถ้ามีการออกแบบได้อย่างเหมาะสม

### 3.3.1.4 ทางเดินและทางสัญจรภายในอาคาร

สำหรับทางสัญจรภายในอาคาร เป็นส่วนที่ไม่ต้องคำนึงถึงระดับความสว่าง และเป็นส่วนที่ไม่จำเป็นต้องเพิ่มการใช้แสงประดิษฐ์ แต่ต้องมีการคำนึงถึงคุณภาพของแสงแก่ผู้ใช้อาคารบ้าง พื้นที่ส่วนนี้อาจจัดให้เป็นส่วนเชื่อมต่อนระหว่าง พื้นที่ส่วนใช้แสงธรรมชาติและพื้นที่ส่วนใช้แสงประดิษฐ์ และรวมถึงการจัดให้อยู่ทางด้านทิศตะวันออกหรือตะวันตกของอาคาร เนื่องจากไม่ต้องคำนึงถึง

การใช้งานของแสงมากนัก แต่ต้องพิจารณาถึงแสงตรงที่เข้ามานั้นมีบทบาทต่อพื้นที่โดยรวมของอาคารหรือไม่ หรือจัดให้เป็นส่วนของพื้นที่ไม่รับอากาศ แต่ต้องระวังถึงแสงที่เข้ามามากเกินไป อาจก่อให้เกิดความจ้าเกินพอดีแก่ผู้ใช้งานภายในอาคาร

#### 3.3.1.5 ส่วนเก็บของ ส่วนบริการต่างๆ

ส่วนพื้นที่เก็บของ และส่วนบริการต่างๆ ไม่ต้องควบคุมความสว่างมากนัก และเป็นพื้นที่ที่มีการใช้งานน้อย โดยทั่วไปมักจัดให้พื้นที่ส่วนนี้อยู่ในตำแหน่งทิศตะวันออกและทิศตะวันตกของอาคาร ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด และป้องกันการส่งผ่านความร้อนเข้ามาในส่วนพื้นที่ที่สำคัญภายในอาคาร โดยทั่วไปมักมีการออกแบบให้มีช่องเปิดน้อย แต่ในบางกรณีที่ต้องการความสว่างในพื้นที่นั้น อาจต้องใช้อุปกรณ์ป้องกันแสงตรง เช่น อุปกรณ์บังแดดประเภทเกล็ด มู่ลี่บังแดด และผ้ามา่าน

### 3.3.2 พื้นที่ส่วนกึ่งแพสซีฟ (Semi Passive Zone)

เป็นบริเวณที่ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในระดับปานกลาง โดยยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงในเรื่องของแสงธรรมชาติตามสภาพท้องฟ้าภายนอกได้บ้าง แต่ต้องคำนึงถึงระดับความสว่างที่ต้องเพียงพอต่อการใช้งานและคุณภาพของแสงที่เหมาะสม แสงธรรมชาติที่เข้ามาในอาคารส่วนนี้ต้องมีลักษณะเป็นแสงสะท้อนจากท้องฟ้าโดยปราศจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งไม่ก่อให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคารทำให้สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ประโยชน์ในอาคารได้สูงสุด ซึ่งในพื้นที่ส่วนนี้ของอาคารเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมกับการใช้งานในส่วนพื้นที่ทำงานของสำนักงาน สำหรับพื้นที่ส่วนนี้จำแนกออกตามกิจกรรมการใช้งานได้ ดังนี้

#### 3.3.2.1 พื้นที่ส่วนสำนักงาน

พื้นที่ส่วนสำนักงาน จัดเป็นพื้นที่ส่วนที่สำคัญที่สุดของเป้าหมายในการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร เนื่องจากส่วนสำนักงานจัดเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของอาคาร การนำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมต่อการใช้งานเข้ามาเพื่อให้ได้พื้นที่ของการใช้งานแสงธรรมชาติมากที่สุด เพื่อลดปริมาณการใช้งานของพื้นที่แสงประดิษฐ์ ซึ่งเหตุผลนี้เองที่เป็นส่วนสำคัญในการลดอัตราการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร พื้นที่ในส่วนนี้ต้องมีตำแหน่งทางทิศเหนือและทิศใต้ของอาคารเท่านั้น และควรมีการออกแบบอาคารให้มีพื้นที่ในส่วนนี้ให้มากที่สุด สำหรับช่องเปิดต้องมีการออกแบบให้ถูกต้องตามหลักการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร เพื่อให้เกิดประโยชน์จากการใช้งานของแสงธรรมชาติสูงสุด

#### 3.3.2.2 พื้นที่อ่านหนังสือ และห้องสมุด

เป็นพื้นที่ที่ต้องการระดับความสว่างที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน รูปแบบใกล้เคียงกับพื้นที่สำนักงาน แต่มีการจัดรูปแบบพื้นที่ใช้สอยต่างออกไป ตำแหน่งของพื้นที่ในส่วนนี้ควรอยู่ในด้านทิศเหนือและทิศใต้ อาจมีการออกแบบให้อยู่ทางด้านทิศตะวันตกหรือทิศตะวันออกได้แต่ต้องมีการ

ออกแบบพื้นที่เป็นที่ไม่ใช่ส่วนใช้งานสำหรับอ่านหนังสือ หรือมีการปิดเป็นผนังทึบและนำแสงประดิษฐ์มาผสมผสานในการใช้งาน

### 3.3.2.3 พื้นที่แสดงงาน

สำหรับพื้นที่แสดงงานนี้ ขึ้นอยู่กับแนวความคิดในการออกแบบของผู้ออกแบบอาคาร ว่าต้องการให้รูปแบบของการใช้แสงภายในส่วนแสดงงานเป็นอย่างไร โดยทั่วไปสำหรับผลงานที่ถูกแสดงมักมีการใช้แสงประดิษฐ์เฉพาะเพื่อเน้นและเพิ่มความสวยงามให้กับผลงาน ในส่วนของการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้จำเป็นต้องพิจารณาคุณภาพที่เหมาะสม และความสัมพันธ์กับการใช้งานของแสงประดิษฐ์สำหรับเน้นผลงาน แสงธรรมชาติที่นำเข้ามาภายในอาคารส่วนนี้เป็นการเพิ่มความสว่างโดยรวมของพื้นที่แสดงงาน ถ้ามีการออกแบบให้ถูกต้องตามหลักการการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร จะช่วยลดการใช้งานของแสงประดิษฐ์ได้ปริมาณมาก

### 3.3.3 พื้นที่ส่วนควบคุม (Control Zone)

พื้นที่ในส่วนนี้ เป็นบริเวณพื้นที่ที่ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมภายในได้น้อยที่สุด และเป็นพื้นที่ใช้งานโดยที่ไม่จำเป็นต้องใช้ความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ หรือในกรณีที่ระดับความสว่างของแสงธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการใช้งานตามมาตรฐาน ทำให้พื้นที่ส่วนนี้เป็นการใช้งานในส่วนของแสงประดิษฐ์ทั้งหมด

#### 3.3.3.1 ห้องประชุม

ห้องประชุม ถูกจัดเป็นพื้นที่ส่วนพิเศษ เนื่องจากมีการใช้งานเฉพาะทาง และผู้ใช้อาคารโดยทั่วไปอยู่ในระดับผู้บริหาร การออกแบบห้องประชุมต้องมีการเน้นรูปลักษณะให้สวยงามและมีการออกแบบแสงประดิษฐ์ที่เหมาะสม ถึงแม้ว่ามีการออกแบบให้ห้องประชุมอยู่ใกล้กับช่องหน้าต่าง แต่แทบจะไม่ต้องการใช้ความสว่างจากแสงธรรมชาติเลย แต่มีห้องประชุมอีกประเภทหนึ่งคือห้องประชุมที่ยอมรับความสว่างจากแสงธรรมชาติตามลักษณะการใช้งานของห้องประชุม นั้น ซึ่งมีการผสมผสานกับการใช้งานของแสงประดิษฐ์ในอีกการใช้งานหนึ่ง

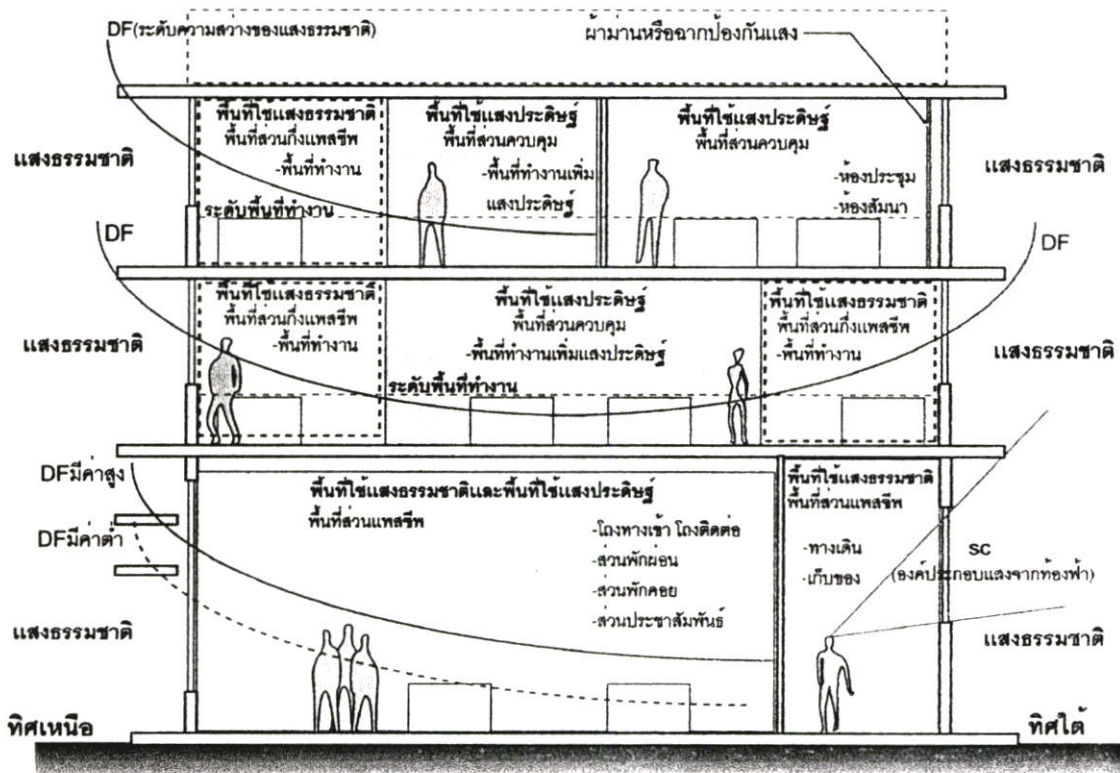
#### 3.3.3.2 ห้องสัมมนา และห้องจัดแสดงงานที่ต้องควบคุมแสงเป็นพิเศษ

พื้นที่ในส่วนนี้ ไม่ต้องการใช้แสงธรรมชาติ มีลักษณะการใช้งานคล้ายกับห้องประชุม และมีรูปแบบการใช้งานที่หลากหลายกว่า มีการใช้แสงประดิษฐ์ตามความเหมาะสมต่อการใช้งาน

### 3.3.4 สรุปการจัดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

การแบ่งพื้นที่ใช้งานตามรูปแบบกิจกรรมการใช้งานภายในอาคาร เมื่อนำมาพิจารณาร่วมกับการแบ่งพื้นที่ใช้งานตามลักษณะของความสว่างของแสง พบว่าพื้นที่ส่วนกึ่งแพสซีฟ เป็นพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานของแสงธรรมชาติมากที่สุด เป็นพื้นที่ที่มีการใช้ความสว่างจากแสงธรรมชาติโดยเฉพาะ จึงต้องมีการออกแบบอาคารให้มีการเปิดรับแสงธรรมชาติที่เหมาะสมและมีคุณภาพแก่การใช้งานภายในอาคารให้ได้พื้นที่มากที่สุด เพื่อเป้าหมายหลักในการลดพื้นที่ส่วนการใช้

งานของแสงประดิษฐ์ให้ได้พื้นที่มากที่สุด ในส่วนของพื้นที่ส่วนแพสซีฟ เป็นพื้นที่ที่ไม่ต้องคำนึงถึงคุณภาพการให้แสงธรรมชาติมากนัก เป็นพื้นที่ที่มีปริมาณแสงธรรมชาติน้อยกว่าระดับการทำงานหรือมากกว่าระดับการทำงานก็ได้ ซึ่งมีอิสระในการออกแบบ แต่ในพื้นที่ส่วนนี้ของอาคารต้องคำนึงถึงแสงตรงจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคาร ในกรณีที่มีความสว่างภายในอาคารสูง และในส่วนของความสว่างที่เกิดจากแสงธรรมชาติอยู่ในระดับต่ำมากเกินไป ทำให้พื้นที่ในส่วนนี้ของอาคารมีต้นทุนการให้แสงประดิษฐ์ ส่วนพื้นที่ควบคุมเป็นพื้นที่ที่มีการใช้แสงประดิษฐ์ทั้งหมด อาจจะเป็นพื้นที่ในส่วนที่แสงธรรมชาติที่มีความสว่างเพียงพอต่อการใช้งานเข้ามาไม่ถึง จึงต้องออกแบบให้ใช้แสงประดิษฐ์เพิ่มความสว่างแทน หรือเป็นพื้นที่ส่วนพิเศษที่ไม่ต้องการนำแสงธรรมชาติไปใช้ เช่นส่วนของห้องประชุม หรือห้องปฏิบัติงานที่ต้องควบคุมแสงเป็นพิเศษ



หมายเหตุ: ระดับความสว่างของแสงธรรมชาติภายในอาคารแทนค่าด้วย DF

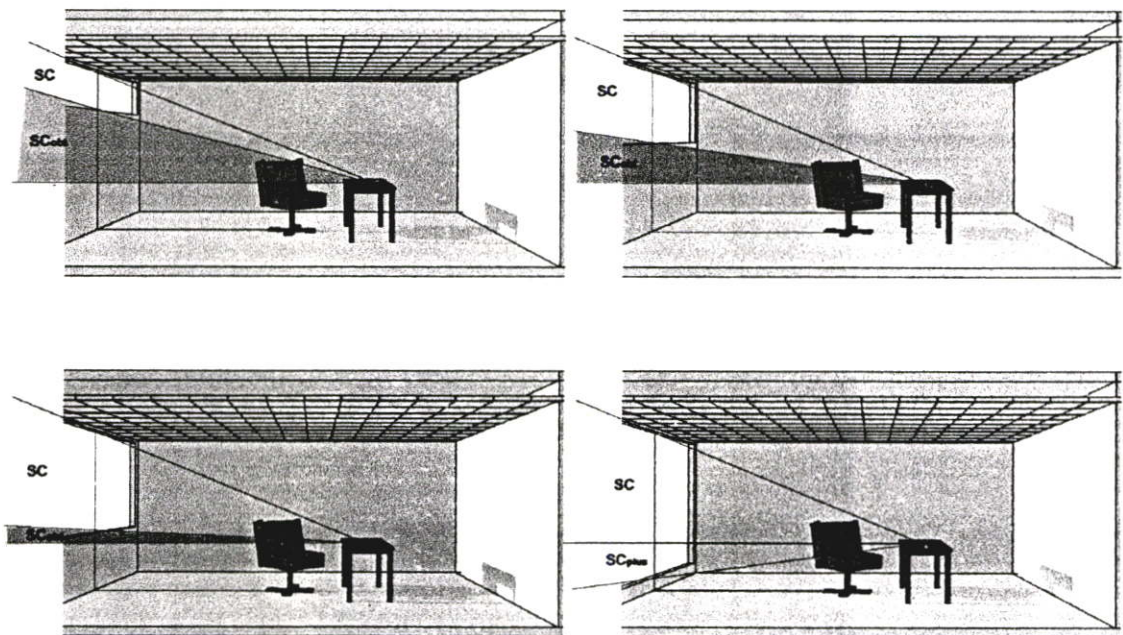
รูปที่ 3.21 แสดงตัวอย่างการแบ่งพื้นที่ทำงานจากความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมภายในอาคารและพื้นที่จากการใช้แสงภายในอาคารสำนักงาน

### 3.4 แนวความคิดการออกแบบช่องเปิด

ช่องเปิดของอาคารนับเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด เนื่องจากเป็นส่วนที่เป็นองค์ประกอบของแสงธรรมชาติจากท้องฟ้า (Sky Component) ผ่านเข้าสู่อาคารและปริมาณแสงในส่วนนี้เองที่เป็นปริมาณความสว่างหลักของอาคารที่เกิดจากแสงธรรมชาติ ยิ่งค่าองค์ประกอบท้องฟ้าที่ผ่านเข้าสู่อาคารมีค่ามากเพียงใด ยิ่งทำให้ปริมาณความสว่างที่เกิดจากแสงธรรมชาติภายในอาคารมี

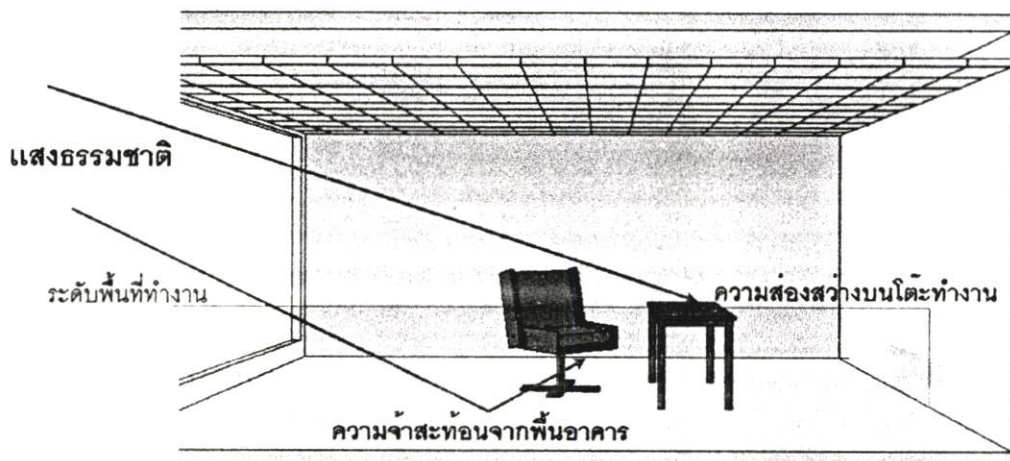
ปริมาณมากขึ้น โดยทั่วไปในการออกแบบช่องเปิดของอาคารมักจะพิจารณาในแง่ความสูงของช่องเปิด (H) เพียงอย่างเดียว และกำหนดให้ช่องเปิดมีค่าความกว้าง (W) ที่ไม่สิ้นสุด เพื่อให้ง่ายแก่การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ และกำหนดให้ขอบบนของช่องเปิดอยู่ในแนวระดับสูงสุดหรือใกล้เคียงกับความสูงของห้อง เนื่องจากองค์ประกอบจากท้องฟ้าสามารถผ่านเข้าสู่อาคารโดยมีปริมาณสูงกว่า และในส่วนของตำแหน่งขอบล่างของช่องเปิดมีผลต่อการเข้ามาขององค์ประกอบท้องฟ้า โดยมีบางส่วนที่ก่อให้เกิดองค์ประกอบท้องฟ้าที่ถูกบัง ( $SC_{OBST}$ ) และมีผลต่อค่าความสว่างภายในอาคาร

(หมายเหตุ: ต่อจากนี้ข้อความว่า องค์ประกอบท้องฟ้าที่ถูกบัง เขียนแทนด้วย  $SC_{OBST}$ )



รูปที่ 3.22 แสดงความสูงของหน้าต่างที่มีผลต่อองค์ประกอบท้องฟ้าที่ผ่านเข้ามาในอาคาร

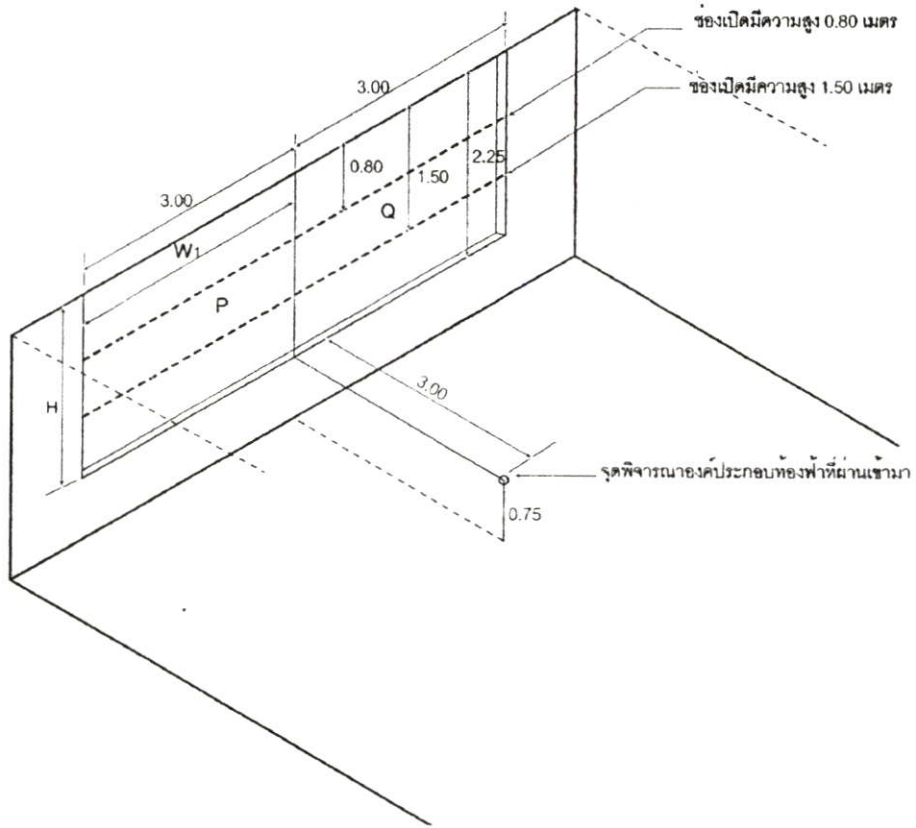
จากภาพที่ 3.22 จะเห็นได้ว่า ช่องหน้าต่างที่มีความสูงมากย่อมมีองค์ประกอบของแสงภายนอกเข้าไปภายในอาคารได้มาก แต่ในส่วนของหน้าต่างที่มีความสูงมากโดยมีขอบล่างของหน้าต่างต่ำกว่าพื้นที่ทำงาน มีผลโดยตรงกับคุณภาพแสงของผู้ใช้อาคาร



รูปที่ 3.23 แสดงความจ้าหรือความส่องสว่างที่เกิดขึ้นบนพื้นที่ทำงานและพื้นห้อง

ช่องหน้าต่างที่มีขอบล่างต่ำกว่าระดับพื้นที่ทำงาน คือระดับ 0.75-0.80 เมตร มีโอกาสที่ปริมาณแสงตกกระทบพื้นของอาคารได้มาก ก่อให้เกิดความจ้าที่บริเวณพื้นห้องซึ่งถ้ามีปริมาณมากหรือมีปริมาณใกล้เคียงกับบริเวณพื้นที่ทำงาน ก่อให้เกิดคุณภาพของแสงที่ไม่เหมาะสมต่อการใช้งาน และทั้งนี้ถ้าหน้าต่างยังมีความสูงมาก ย่อมมีผลเกี่ยวเนื่องต่อระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด

การวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้ามาภายในอาคาร เพื่อแสดงให้เห็นถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสงภายในอาคาร การวิเคราะห์ใช้วิธีการ B.R.S. โดยกำหนดห้องต้นแบบให้มีขนาดความกว้างของห้อง 8.00 เมตร ความสูงของห้อง (Floor to Ceiling) 3.00 เมตร ขนาดช่องเปิดกว้าง 6.00 เมตร และกำหนดจุดพิจารณาขององค์ประกอบห้องฟ้ามีระยะห่างจากช่องเปิด 3.00 เมตร มีความสูงเทียบเท่าระดับพื้นที่ทำงาน 0.75 เมตร



รูปที่ 3.24 แสดงการหาค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่อาคารในระดับช่องเปิดที่แตกต่างกัน

- ช่องเปิดมีขนาด 0.80 เมตร
- ช่องเปิดมีขนาด 1.50 เมตร
- ช่องเปิดมีขนาด 2.25 เมตร

การหาค่าองค์ประกอบแสงจากท้องฟ้า หาได้จากการเทียบค่าของ ตาราง B.R.S. สรุปได้ดังนี้

1) ช่องเปิดมีขนาด 0.80 เมตร

$$H1 = 2.25, H2 = 1.45, W1 = 3.00, D = 3.00$$

อัตราขององค์ประกอบแสงธรรมชาติทั้งหมดที่เข้ามาในอาคาร

$$2(H/D)(W1/D)$$

จากการเทียบค่า

$$2(2.60) = 5.2$$

อัตราขององค์ประกอบแสงธรรมชาติที่ช่องเปิด 0.80

$$2(H1/D)(W1/D)$$

จากการเทียบค่า

$$2(1.30) = 2.6$$

องค์ประกอบแสงทั้งหมดที่ผ่านช่องเปิดขนาด 0.80 เมตรมีค่า  $5.20 - 2.60 = 2.60 \%$

2) ช่องเปิดมีขนาด 1.50 เมตร

$$H1 = 2.25, H2 = 0.75, W1 = 3.00, D = 3.00$$

อัตราขององค์ประกอบแสงธรรมชาติทั้งหมดที่เข้ามาในอาคาร

$$2(H/D)(W1/D)$$

จากการเทียบค่า

$$2(2.60) = 5.2$$

อัตราขององค์ประกอบแสงธรรมชาติที่ช่องเปิด 0.80

$$2(H1/D)(W1/D)$$

จากการเทียบค่า

$$2(0.34) = 0.68$$

องค์ประกอบแสงทั้งหมดที่ผ่านช่องเปิดขนาด 0.80 เมตรมีค่า  $5.20 - 0.68 = 4.52 \%$

3) ช่องเปิดมีขนาด 2.25 เมตร

$$H1 = 2.25, H2 = 1.45, W1 = 3.00, D = 3.00$$

อัตราขององค์ประกอบแสงธรรมชาติทั้งหมดที่เข้ามาในอาคาร

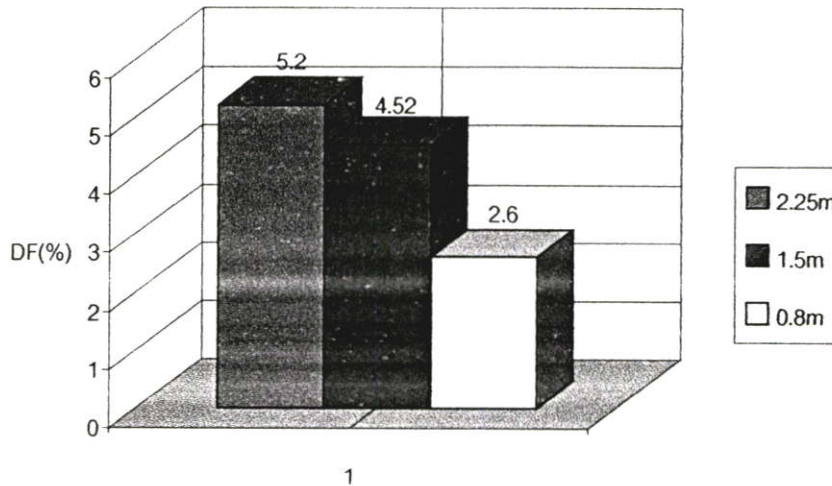
$$2(H/D)(W1/D)$$

จากการเทียบค่า

$$2(2.60) = 5.2$$

องค์ประกอบแสงทั้งหมดที่ผ่านช่องเปิดขนาด 2.25 เมตรมีค่า  $= 5.20 \%$

เมื่อพิจารณาเฉพาะองค์ประกอบท้องฟ้าที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคาร แสงให้เห็นถึงอัตราของปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่อาคารหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เดย์ไลท์แฟคเตอร์ (Daylight Factor) ซึ่งเป็นผลรวมของ องค์ประกอบแสงจากท้องฟ้า องค์ประกอบภายนอกอาคาร และองค์ประกอบภายในอาคาร ซึ่งสำหรับในการพิจารณาปริมาณแสงที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคาร พิจารณาเฉพาะองค์ประกอบจากท้องฟ้า ซึ่งเป็นปริมาณความสว่างหลักของแสงธรรมชาติที่เข้าสู่อาคาร เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาขนาดความสูงของช่องเปิดที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร (หมายเหตุ; ต่อจากนี้ข้อความว่า เดย์ไลท์แฟคเตอร์ (Daylight Factor) จะถูกเขียนแทนด้วย DF)



รูปที่ 3.25 แสดงการเปรียบเทียบของค่า เดย์ไลท์แฟคเตอร์ ภายในอาคารระยะ 3.00 เมตรของช่องเปิดที่มีระยะแตกต่างกัน

จากภาพที่ 3.25 แสดงให้เห็นว่าความสูงช่องเปิดที่ 2.25 เมตรมีปริมาณแสงธรรมชาติเข้ามามากที่สุด ในกรณีนี้คิดเฉพาะในส่วนขององค์ประกอบของแสงจากท้องฟ้าเท่านั้น ในส่วนของความสูงช่องเปิดที่ 1.50 เมตร มีปริมาณแสงลดลง 13 % และช่องเปิดที่มีขนาดความสูง 0.80 เมตร มีปริมาณแสงที่ลดลงจากความสูง 2.25 เมตร ถึง 50%

สรุปตำแหน่งของช่องเปิดที่เหมาะสมต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร ตำแหน่งขอบล่างของหน้าต่างที่เหมาะสมที่สุดในการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร มีตำแหน่งอยู่บริเวณระดับพื้นที่ทำงาน หรือสูงกว่าพื้นที่ทำงานเล็กน้อย นั่นคือระดับ 0.75-0.90 เมตร และมีกรอบบนของช่องเปิดอยู่ด้านบนของเพดานห้อง ซึ่งในกรณีนี้การวิเคราะห์มุ่งเน้นแต่เพียงแสงธรรมชาติที่ผ่านช่องเปิดของอาคารเท่านั้น ซึ่งความเป็นจริงแล้วยังมีปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัยที่ต้องมีความสัมพันธ์กัน

### 3.5 การเลือกใช้กระจกสำหรับอาคาร

กระจกถูกใช้ให้เป็นวัสดุสำหรับช่องเปิดอาคาร เนื่องจากกระจกมีคุณสมบัติที่โปร่งใส สามารถมองเห็นทัศนียภาพภายนอก ซึ่งป้องกันน้ำฝนผ่านเข้ามาได้ในการก่อสร้างสามารถใช้กระจกเป็นหน้าต่าง รวมถึงใช้เป็นผนังอาคารได้ โดยที่กระจกมีคุณสมบัติเป็นวัสดุโปร่งใส ทำให้แสงแดดมีโอกาสดส่องผ่านเข้ามาภายในอาคารได้มาก ทำให้เกิดความร้อนสะสมขึ้นภายในอาคาร

#### 3.5.1 ประเภทของกระจก

กระจกในประเทศไทยมีมากมายหลายชนิด โดยมีการแบ่งชนิดของกระจกตามลักษณะ และคุณสมบัติของกระจก ดังนี้

### 3.5.1.1 กระจกธรรมดา (Float Glass)

กระจกธรรมดา เป็นกระจกที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตโดยตรง โดยแบ่งออกเป็น

#### 1) กระจกใส (Clear Glass)

กระจกใสเป็นกระจกโปร่งแสง ซึ่งยอมให้แสงผ่าน (Transmittance) ประมาณ 75 – 92 % ของแสงที่ตกกระทบ กระจกใสจัดเป็นพื้นฐานของการใช้ทำหน้าต่าง และเป็นพื้นฐานของการนำไปผลิตเป็นกระจกประเภทอื่น ๆ

กระจกใสทั่วไปมีคุณสมบัติดังนี้

- การมองเห็นจากภายนอกเข้ามาภายในอาคารสามารถมองเห็นได้ชัดเจน
- มีค่าตัดแสงประมาณ 8 % ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนาของกระจก
- มีค่าสะท้อนแสงประมาณ 7 %
- กระจกดูดกลืนความร้อนได้น้อย ทำให้ผิวกระจกไม่ร้อน

ลักษณะของกระจกใส มีคุณสมบัติเด่นตรงที่ยอมให้แสงธรรมชาติผ่านเข้ามาได้มาก แต่ในกรณีที่แสงที่ผ่านเข้ามา เป็นแสงตรงจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นแสงที่คลื่นสั้น (ประมาณ 0.3 ไมโครเมตร) แสงที่ผ่านกระจกเข้ามาภายในอาคารกระทบกับวัตถุต่างๆที่อยู่ภายในอาคาร แสงเปลี่ยนเป็นคลื่นยาว (3.54 – 50 ไมโครเมตร) ทำให้เกิดพลังงานความร้อนจากการเปลี่ยนสถานะ และรังสีคลื่นยาวไม่สามารถส่องทะลุผ่านกระจกออกไปภายนอกได้ทำให้เกิดความร้อนสะสมขึ้นภายในอาคาร และเนื่องจากกระจกใสมีคุณสมบัติความใส สามารถมองผ่านเข้ามาภายในได้ทำให้ในบางพื้นที่ของอาคารขาดความเป็นส่วนตัว

#### 2) กระจกสี (Tinted Glass)

กระจกสีสามารถเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า กระจกดูดกลืนความร้อน (Heat Absorbing Glass) ผลิตขึ้นโดยการผสมโลหะออกไซด์เข้าไปในส่วนผสม (Batch Mix) ในขั้นตอนของการผลิตกระจก ทำให้กระจกมีสีล้วน กระจกมีคุณสมบัติในการดูดกลืนความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ส่องเข้ามากระทบผิวกระจกสี มีคุณสมบัติดังนี้

- ผิวของกระจกร้อน อันเนื่องมาจากการดูดกลืนความร้อนของกระจก ทำให้เกิดความร้อนแผ่เข้ามาในอาคารในรูปแบบของการแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

\* ข้อมูลจาก; บริษัทไทย-เยอรมัน สเปเชียลตีกลาส จำกัด

- กระจกสีมีสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient - , Sc) ต่ำกว่ากระจกใส ทำให้ปริมาณความร้อนที่เกิดจากแสงธรรมชาติลดน้อยลง

- กระจกสีสามารถดูดกลืนความร้อนของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบได้ถึง 35 – 50 % ของแสงที่ตกกระทบ

- มีคุณสมบัติการส่องผ่านของแสงธรรมชาติ น้อยกว่า กระจกใสทำให้ปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้ามามีประสิทธิภาพลดลงแต่มีข้อดีตรงที่ช่วยลดแสงจ้าแยงตา ทำให้แสงที่เกิดขึ้นนุ่มนวล สบายตา

จากคุณสมบัติของกระจกสีนั้น แสดงให้เห็นประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้ามาภายในอาคารลดต่ำลง เนื่องจากมีคุณสมบัติของการส่องผ่านของแสงน้อย และกระจกสีสามารถดูดกลืนความร้อนเข้าไปสะสมในเนื้อกระจก (Thermal Breakage) ทำให้กระจกสีอาจแตกร้าวได้

### 3.5.1.2 กระจกเคลือบผิว (Surface Coated Glass)

กระจกเคลือบผิว เป็นกระจกธรรมดาที่นำไปผ่านกระบวนการเคลือบโลหะผิวกระจก เพื่อช่วยในการสะท้อนแสงและความร้อนจากแสงอาทิตย์ทำให้ในแง่ของการประหยัดพลังงาน กระจกเคลือบผิวมีส่วนในการลดปริมาณความร้อนที่แผ่เข้ามาในอาคาร เนื่องจากกระจกเคลือบผิวจะทำการสะท้อนแสงอาทิตย์ออกไป และยอมให้แสงเข้ามาได้น้อยทำให้มีความร้อนเข้ามาผ่านเข้ามา กับแสงธรรมชาติได้น้อย

#### 1) กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ (Solar Reflective Glass)

เป็นการเคลือบผิวกระจกธรรมดาด้วยโลหะออกไซด์ ซึ่งมีคุณสมบัติในการสะท้อนพลังงานจากแสงอาทิตย์ มีค่าสะท้อนแสงสูงและมีการมีการส่องผ่านของแสงค่อนข้างน้อย กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์มีคุณสมบัติดังนี้

- ทำให้แสงจากดวงอาทิตย์ และรังสีความร้อนผ่านเข้ามาภายในอาคารได้น้อย ทำให้ช่วยในการประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศ
- ลดความจ้าของแสงที่เข้ามาภายในอาคาร
- สร้างความเป็นส่วนตัวแก่ผู้ใช้ภายในอาคาร

จากคุณสมบัติของกระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์ จะเห็นได้ว่าค่าการส่องผ่านของแสงมีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากแสงส่วนใหญ่เมื่อกระทบโดนผิวกระจก จะสะท้อนออกมาเป็นส่วนมาก ทำให้ปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารค่อนข้างน้อย กระจกประเภทนี้ทำให้การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารมีประสิทธิภาพลดลง ส่วนมากใช้กับอาคารประเภทที่ไม่ต้องการความสว่างจากแสงธรรมชาติ แต่ใช้ในส่วนองแสงประดิษฐ์แทน

#### 2) กระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำ (Low - E Glass)

เป็นกระจกเคลือบสารโลหะโดยมีโลหะเงินบริสุทธิ์เป็นองค์ประกอบสำคัญ เพื่อให้กระจกมีคุณสมบัติในการคายรังสี (Emissivity) ต่ำมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่า กระจกประเภทนี้มีความสามารถในการแผ่รังสีความร้อนออกจากกระจกต่ำมาก ทำให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคารนั้นน้อย ทั้งนี้ลักษณะของกระจกยังคงมีลักษณะที่ใกล้เคียงกับกระจกธรรมดา ทำให้มีปริมาณแสงผ่านเข้าไปได้มาก และสามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้เต็มที่ ลักษณะของกระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำขึ้น เป็นลักษณะของกระจกที่ยอมให้รังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามาภายในอาคาร แต่สามารถสะท้อนรังสีคลื่นยาวที่เกิดจากการสะท้อนกับวัตถุ ออกสู่ภายนอกอาคารได้บ้าง เพื่อให้ช่วยลดการสะท้อนรังสีคลื่นยาว ออกจากอาคารผ่านทางกระจกได้ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดความร้อนสูงภายในอาคาร กระจกที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำมีคุณสมบัติสำคัญดังนี้

- ป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกระจกได้ดี
- ยอมให้แสงผ่านกระจกได้ใกล้เคียงกับกระจกใส
- สะท้อนรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) ได้มากประมาณ 20-95%<sup>2</sup>
- ช่วยลดความจ้าของแสง

ถึงแม้ว่ากระจกประเภทนี้มีคุณสมบัติในการประหยัดพลังงานให้กับอาคารได้มากและยอมให้แสงธรรมชาติผ่านเข้ามาภายในอาคารได้มาก แต่มีราคาค่อนข้างสูง จึงเป็นข้อด้อยอย่างหนึ่งของกระจกประเภทนี้

### 3.5.1.3 กระจกตัดแปลง (Processed Glass)

กระจกตัดแปลงเป็นกระจกที่นำมาตัดแปลง เพื่อตอบสนองในการใช้งานที่ต่างกันออกไป ตัวอย่างกระจกประเภทนี้ในแง่ของการประหยัดพลังงาน ได้แก่ กระจกฉนวนกันความร้อน (Insulated Glass) โดยใช้อากาศแห้งเป็นฉนวน กันอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างกระจกทั้ง 2 ด้าน ซึ่งอากาศแห้งทำหน้าที่ป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากอุณหภูมิที่เกิดขึ้นด้านในด้านหนึ่งของกระจก ภายในช่องว่างของกระจกจะเกิดการดูดความชื้น ของสารดูดความชื้น (Desiccant) ให้ตัวขอบอลูมิเนียม ทำให้อากาศภายในช่องระหว่างกระจก กลายเป็นอากาศแห้งที่ไม่มี ความชื้นเหลืออยู่เลย ซึ่งทำให้มีคุณสมบัติในการกันความร้อน

กระจกฉนวนกันความร้อน มีความเหมาะสมกับอาคารที่ปรับอากาศ เนื่องจากถ้าอาคารไม่ใช้ระบบปรับอากาศ เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์ ทะลุเข้ามาภายในอาคารกระจกฉนวนกันความร้อน จะกักกั้นไม่ให้ความร้อน (Long Wave Radiation) ทะลุออกไปได้ง่าย ให้ความร้อนที่สะสมอยู่ภายในอาคารออกไปได้ยาก ดังนั้น สำหรับอาคารที่ไม่ปรับอากาศ หน้าต่างปิดสนิท ถ้าใช้กระจก

<sup>2</sup> ข้อมูลจาก : บริษัทไทย - เยอรมัน สเปเชียลติ๊กลาส จำกัด

ฉนวนกันความร้อนจะร้อนกว่าการใช้กระจกชั้นเดียว แต่ในทางกลับกันถ้าเป็นอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ การใช้กระจกฉนวนกับความร้อนจะสามารถป้องกันความร้อนจากภายนอก และกักเก็บความเย็นไว้ภายในบ้านได้เป็นอย่างดี สำหรับในประเทศไทย มีการผลิตและพัฒนากระจกกับความร้อนให้มีความเหมาะสมกับภูมิอากาศในประเทศไทย

#### 1) กระจกฮีตมิเรอร์ (Heat Mirror)

กระจกฮีตมิเรอร์เป็นระบบของกระจกสองชั้น (Double Glazing) โดยมีการเคลือบสารที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำ (Low-E) ทั้ง 2 ด้านของฟิล์มที่อยู่ระหว่างช่องอากาศ ทำให้ช่องว่างอากาศทั้งสองข้างจะกลายเป็นช่องว่างอากาศสะท้อนรังสี (Reflective Air Space) ทำให้การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจกชนิดนี้ (U-Value) มีค่าประมาณ 1-4 วัตต์/ตารางเมตร เคลวิน (0.25 บีทียู/ตารางฟุต, ชั่วโมง, องศาฟาเรนไฮต์)

กระจกฮีตมิเรอร์มีคุณสมบัติดังนี้

- มีคุณสมบัติสะท้อนความร้อน ออกไปจากกระจกได้ประมาณ 80% ทำให้ความร้อนที่เข้ามาในอาคารมีน้อยมาก และผิวกระจกไม่ร้อน
- ยอมให้แสงสว่างผ่านเข้ามา (Light Transmittance) ประมาณ 50% ช่วยเพิ่มความสว่างให้กับอาคารในบางส่วน
- ป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต

สำหรับกระจกฮีตมิเรอร์นี้ ไม่สามารถปรับแต่งขนาดของกระจกภายหลังการประกอบได้ ทำให้ต้องวัดและตัดให้ได้ขนาดพอดีกับการใช้งาน และต้องระวังไม่ให้หันกระจกกลับด้าน ทำให้คุณสมบัติของกระจกต่ำลง จากการที่มีปริมาณแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารประมาณ 50% แสดงให้เห็นว่า ประสิทธิภาพในการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารไม่สูงมากนัก ต้องเพิ่มการใช้แสงประดิษฐ์ภายในอาคาร

#### 2) กระจกฮีตสตอป (Heat Stop)

กระจกฮีตสตอปมีลักษณะเป็นกระจก 2 ชั้น ประกอบขึ้นด้วยกระจกสะท้อนแสงที่เคลือบด้วยสารที่มีสภาพการแผ่รังสีต่ำเป็นกระจกด้านใน และด้านนอกในกระจกใสหรือกระจกสี ช่องว่างตรงกลางในก๊าซอาร์กอน ซึ่งเป็นก๊าซเฉื่อยมีคุณสมบัติการนำความร้อนต่ำ ทำให้กระจกชนิดนี้มีการถ่ายเทความร้อนต่ำ กระจกฮีตสตอปมีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถสะท้อนความร้อนออกไปจากกระจกได้ประมาณ 81% ทำให้ความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารมีน้อยมาก และผิวกระจกไม่ร้อน
- ยอมให้แสงสว่างเข้ามาประมาณ 60%
- สะท้อนรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ประมาณ 10%

คุณสมบัติการนำแสงเข้าสู่ในอาคารของกระจก ยึดสติอปมีประสิทธิภาพสูงกว่า กระจกอีตมิเรอร์ โดยใช้ก๊าซเฉื่อยในบริเวณช่องว่างของกระจก แทนที่อากาศแห้ง ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในแง่การป้องกันความร้อนได้ดีกว่ากระจกแบบ ยึดมิเรอร์

จากกระจกรูปแบบต่าง ๆ แสดงให้เห็นถึงแนวทางการใช้กระจกสำหรับอาคาร ซึ่งมีคุณสมบัติและความต้องการแตกต่างกันไป กระจกแต่ละชนิดมีคุณสมบัติเป็นของตนเอง ในงานวิจัยนี้สามารถสรุปคุณสมบัติของกระจกได้ 2 ลักษณะเมื่อพิจารณาตามแนวทางการศึกษาแสงธรรมชาติสำหรับอาคาร ได้แก่ คุณสมบัติการมองเห็น ซึ่งมีการเกี่ยวข้องเนื่องกับการเข้ามาภายในอาคารของแสงธรรมชาติและคุณสมบัติการประหยัดพลังงาน ซึ่งมีความเกี่ยวข้องเนื่องการประหยัดพลังงานภายในอาคาร

ตารางที่ 3.1 แสดงการสรุปคุณสมบัติโดยรวมของกระจกที่ใช้สำหรับอาคาร

(ที่มา ; กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม)

คุณสมบัติของกระจก		กระจกธรรมดา		กระจกเคลือบผิว		กระจกตัดแปลง
		กระจกใส	กระจกสี	กระจกสะท้อนรังสีอาทิตย์	กระจกที่มีสภาพการแผ่รังสี	กระจกฉนวนกันความร้อน
การมองเห็น	1. มองผ่านได้อย่างชัดเจน 2. ลดความจ้าของแสงที่ผ่านกระจก 3. ให้ภาพสะท้อนที่ชัดเจนไม่บิดเบี้ยว 4. มองผ่านเข้ามาจากด้านนอกได้ง่าย 5. แสงสว่างผ่านกระจกได้มาก	*	*	*	*	*
การประหยัดพลังงาน	1. ลดความร้อนที่เข้าสู่อาคาร 2. ค่าการสะท้อนแสงสูง 3. ค่าการคายรังสีความร้อนต่ำ 4. ดูดกลืนพลังงานความร้อน 5. ผิวกระจกไม่ร้อน 6. ป้องกันรังสีอุลตราไวโอเลตได้ดี		*	*	*	*

จากตารางที่ 3.1 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของกระจกชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อการประหยัดพลังงานภายในอาคาร เพราะถ้ากระจกมีคุณสมบัติของการส่องผ่านแสงได้มาก พื้นที่ภายในอาคารสามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้ในพื้นที่ที่มาก ในส่วนของคุณสมบัติของการประหยัดพลังงาน สามารถบอกได้ว่ากระจกชนิดใดมีส่วนในการเพิ่มความร้อนสะสมภายในอาคาร และกระจกชนิดใดควรใช้กับอาคารที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด โดยที่ไม่มีความร้อนเข้ามาภายในอาคาร จากคุณสมบัติโดยรวมของกระจก ทำให้ในการออกแบบอาคารสามารถเลือกใช้กระจกให้เหมาะสม กับสถานการณ์และรูปแบบของอาคาร เพื่อประโยชน์ในการประหยัดพลังงาน

### 3.5.2 การพิจารณาเลือกใช้กระจกสำหรับอาคาร

แสงธรรมชาติมีส่วนสำคัญมาก ในการเพิ่มความสว่างภายในอาคารในช่วงเวลากลางวัน ถ้าแสงสว่างธรรมชาติที่เข้ามาภายในอาคาร มีปริมาณเพียงพอต่อการใช้งาน (300-500ลักซ์; Lux) ทำให้บริเวณส่วนนั้นไม่ต้องใช้ความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ตลอดทั้งวัน หรือตลอดเวลาทำงาน ซึ่งช่วยในการประหยัดพลังงานโดยรวมของอาคาร แสงที่ผ่านกระจกเข้ามาสู่ภายในอาคารนั้นในขณะนี้ จะอ้างถึงระดับความสว่างของแสงเท่านั้น ไม่กล่าวถึงความร้อนที่เกิดจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามา เนื่องจากกำหนดให้มีการป้องกันแสงตรงที่เกิดจากดวงอาทิตย์ จุดสำคัญที่สุดในการเลือกใช้กระจกเพื่อนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารนั้น สามารถพิจารณาได้จาก ค่าการส่องผ่านแสงของกระจก (Light Transmittance หรือ Visible Transmittance) ซึ่งเป็นค่าที่กำหนดถึงการผ่านเข้ามาของแสงธรรมชาติผ่านกระจกชนิดต่าง ๆ ซึ่งมีค่าแตกต่างกันตามแต่ละชนิดของกระจก

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าการส่องผ่านของแสงของกระจกประเภทต่าง

Glass type	Light Transmittance
Clear 6 mm	0.87
Body tinted 6 mm:	
Bronze	0.46
Grey	0.39
Green	0.66
Highly reflecting 6 mm	0.18
Double glazed units :	
6 mm clear + 6 mm clear	0.65
6 mm clear + 6 mm Low E	0.65

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

Glass type	Light Transmittance
6 mm reflecting + 6 mm clear + 6 mm clear	0.15

จากตารางที่ 3.2 ค่าการส่องผ่านแสงของกระจก มีค่าต่างกันตามแต่ชนิดของกระจก ถ้ากระจกใดมีค่าการส่องผ่านแสงของกระจกมาก แสดงให้เห็นถึงปริมาณความส่องสว่างของแสงสว่างที่ผ่านกระจกเข้ามามีค่าสูง กระจกใจมีค่าการส่องผ่านแสง สูงที่สุด ในที่นี้ค่าที่ได้ขึ้นอยู่กับความหนาของกระจก

กระจกใส หนา 4 mm	มีการส่องผ่านของแสง =	0.89
กระจกใส หนา 6 mm	มีการส่องผ่านของแสง =	0.87
กระจกใส หนา 10 mm	มีการส่องผ่านของแสง =	0.84
กระจกใส หนา 12 mm	มีการส่องผ่านของแสง =	0.82

### 3.5.3 สรุปการเลือกใช้กระจกของอาคารสำนักงานสำหรับการใช้งานของแสงธรรมชาติ

กระจกถูกใช้สำหรับช่องเปิดของอาคาร เนื่องจากกระจกมีคุณสมบัติที่โปร่งใส สามารถมองเห็นทะลุผ่านข้างนอกอาคารได้ รวมถึงใช้เป็นผนังอาคารได้เหมือนกัน ในการออกแบบอาคารสำนักงานโดยนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารนั้น มุ่งเน้นรูปลักษณะของอาคารที่สามารถป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์เท่านั้น เนื่องจากกระจกเป็นจุดอ่อนสำคัญที่แสงตรงจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านเข้ามาได้ ก่อให้เกิดความร้อนสะสมขึ้นภายในอาคาร แต่ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่าอาคารสำนักงานส่วนใหญ่ ไม่มีการคำนึงถึงแสงตรงของดวงอาทิตย์ไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์บังแดด ซึ่งตัวกระจกเองมีคุณสมบัติของการป้องกันรังสีความร้อน แต่ถึงกระนั้นก็ตามกระจกหรืออาคารประเภทนี้ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากกระจกประเภทนี้มีคุณสมบัติการส่องผ่านของแสงต่ำ ทำให้ปริมาณความสว่างของแสงที่ผ่านเข้ามาภายในอาคารลดต่ำลง และกระจกประเภทนี้มีราคาแพง

สำหรับการออกแบบอาคารสำนักงานเพื่อนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ นั้น ควรเลือกใช้กระจกใสธรรมดาเพื่อที่แสงธรรมชาติสามารถส่องผ่านเข้าสู่อาคารได้อย่างเต็มที่ ทั้งนี้ต้องมีการออกแบบให้อาคารมีการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์

ตารางที่ 3.3 แสดงค่า Correction Factor ของกระจกชนิดต่างๆ

Glass type	Correction Factor
Clear 6 mm	1.00
Body tinted 6 mm:	
Bronze	0.57
Grey	0.48
Green	0.83
Highly reflecting 6 mm	0.23
Double glazed units :	
6 mm clear + 6 mm clear	0.82
6 mm clear + 6 mm Low E	0.79
6 mm reflecting + 6mm clear	-
+ 6 mm clear	0.33

จากตารางที่ 3.3 แสดงให้เห็นว่า ค่า Correction Factor ของกระจกนั้นบ่งบอกถึง อัตราของปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาของกระจกอื่นๆ เมื่อเทียบกับกระจกใสขนาด 6 มิลลิเมตร เช่นยกตัวอย่างว่า อัตราของปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารมีค่า 5% ที่ระยะ 3 เมตร กระจกที่ใช้เป็นกระจกใสหนา 6 มิลลิเมตร ถ้าต้องการหาอัตราของปริมาณแสงที่ผ่านเข้ามาในอาคารโดยใช้กระจกอื่น ให้นำมาเทียบกับค่า Correction Factor ของกระจกประเภทต่างๆ เช่นเมื่อเปลี่ยนเป็นกระจกสีเทา ซึ่งมีค่า 0.48 เพราะฉะนั้นแล้ว ปริมาณของอัตราความสว่างภายในอาคารอันเนื่องมาจากแสงธรรมชาติที่ระยะ 3 เมตรโดยใช้กระจกสีเทามีค่าเท่ากับ  $(5/100)48 = 2.4\%$  ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปริมาณแสงที่เกิดขึ้นภายในอาคารมีค่าลดลงเป็นจำนวนมากเมื่อใช้กระจกสีเทา

เมื่อพิจารณาเฉพาะในส่วนของการนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร การใช้กระจกใสเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด เนื่องจากมีการส่องผ่านของกระจกมากทำให้ปริมาณแสงส่องผ่านเข้ามาภายในอาคารได้มาก แต่ต้องมีการออกแบบอาคารให้มีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆข้างต้น และที่ต้องระวังมากที่สุดคือ ไม่ยอมให้แสงตรงจากดวงอาทิตย์ผ่านเข้าสู่อาคาร

### 3.6 การออกแบบอุปกรณ์บังแดด

อุปกรณ์บังแดดจัดเป็นส่วนประกอบของอาคารที่สำคัญ ที่ช่วยป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านเข้าสู่อาคาร และก่อให้เกิดความร้อนสะสมขึ้นภายในอาคาร แต่อุปกรณ์บังแดดเองถูกจัดเป็นวัตถุที่บังแสงธรรมชาติที่เข้าสู่อาคาร เนื่องจากอุปกรณ์บังแดดเป็นส่วนที่ก่อให้เกิดการบัง

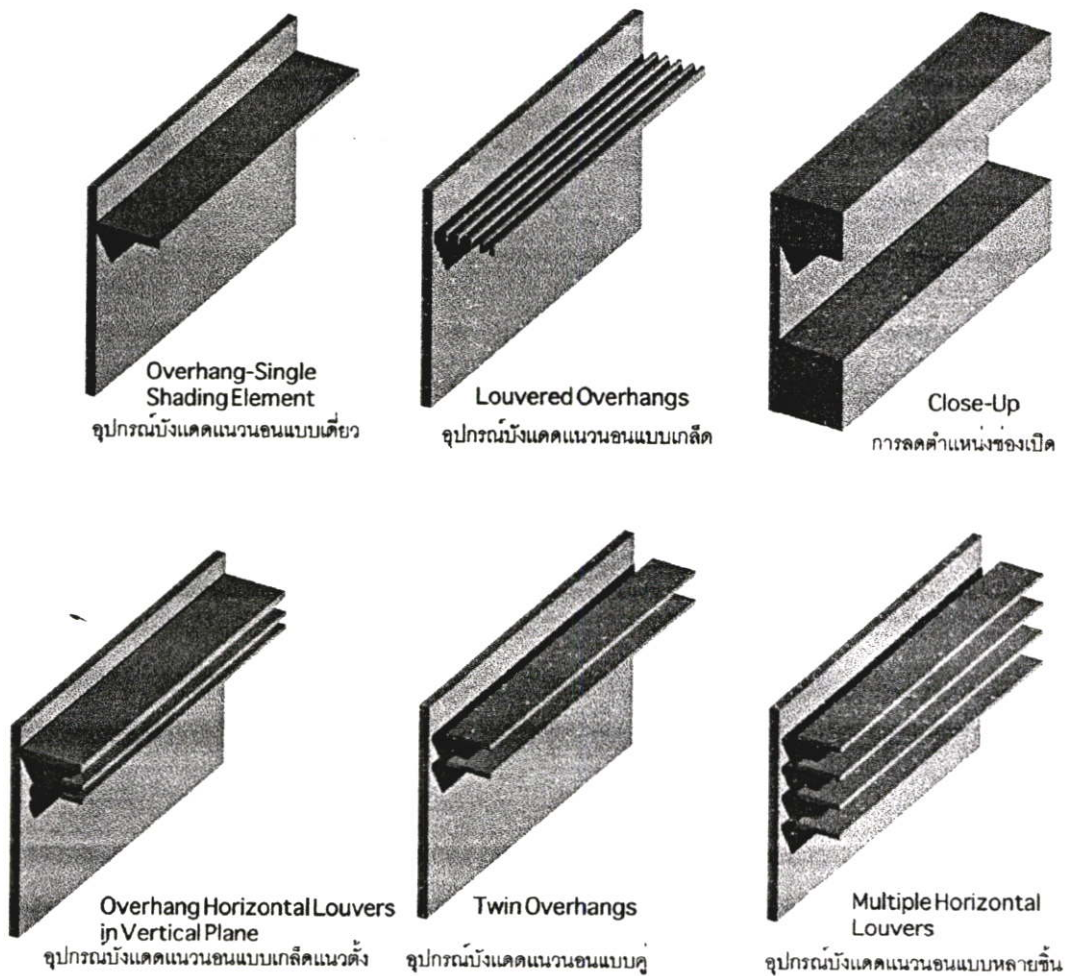
องค์ประกอบจากท้องฟ้าโดยตรงที่ผ่านเข้าสู่อาคาร และมีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารถูกลดลง แต่อุปกรณ์บังแดดก็จัดเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ขาดไม่ได้สำหรับอาคาร

### 3.6.1 ประเภทของอุปกรณ์บังแดด

การแบ่งประเภทของอุปกรณ์บังแดดของอาคารโดยทั่วไป แบ่งออกตามลักษณะกายภาพ ดังนี้

#### 3.6.1.1 อุปกรณ์บังแดดแนวนอน (Horizontal Shading Devices)

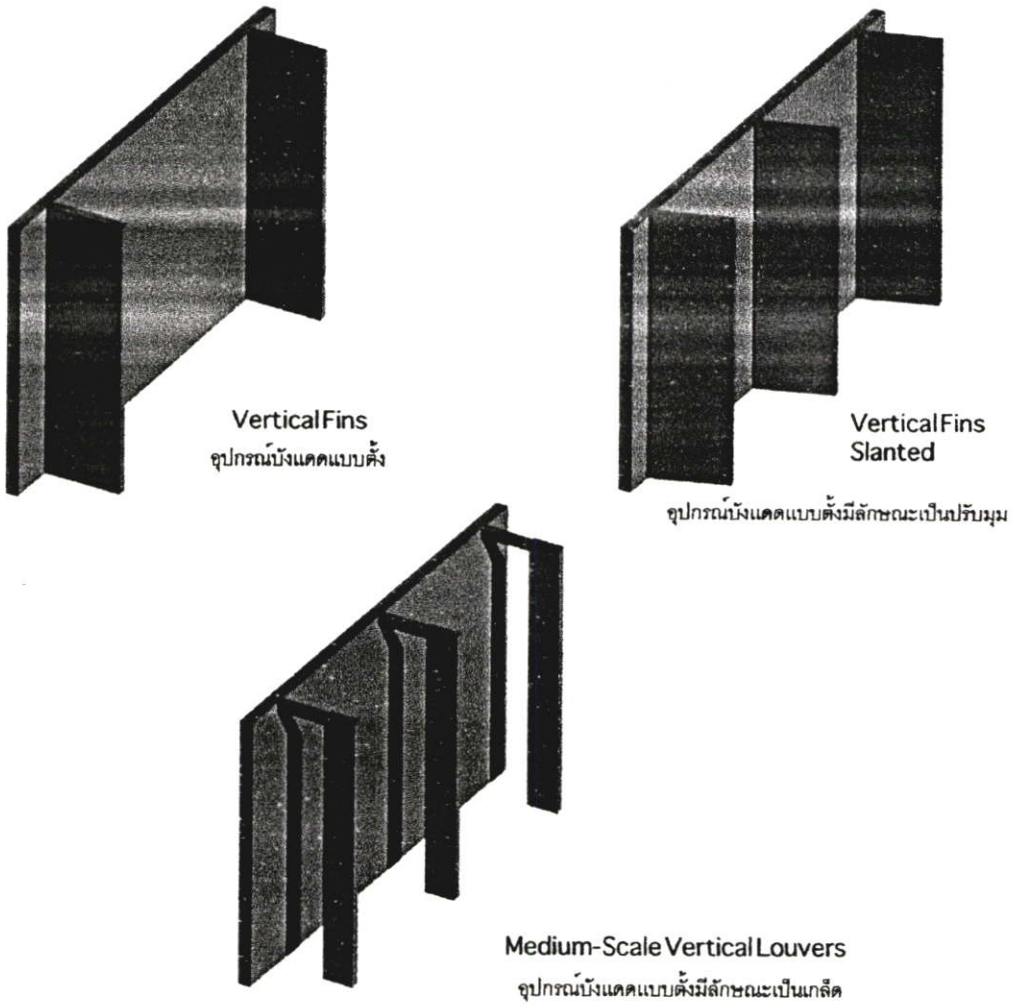
เป็นอุปกรณ์บังแดดที่สำคัญที่สุด เนื่องจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์มีการกระทำโดยตรงกับช่องเปิดของอาคารตามมุมเงยของดวงอาทิตย์



รูปที่ 3.26 แสดงรูปแบบตัวอย่างของอุปกรณ์บังแดดแนวนอน

#### 3.6.1.2 อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง (Vertical Shading Devices)

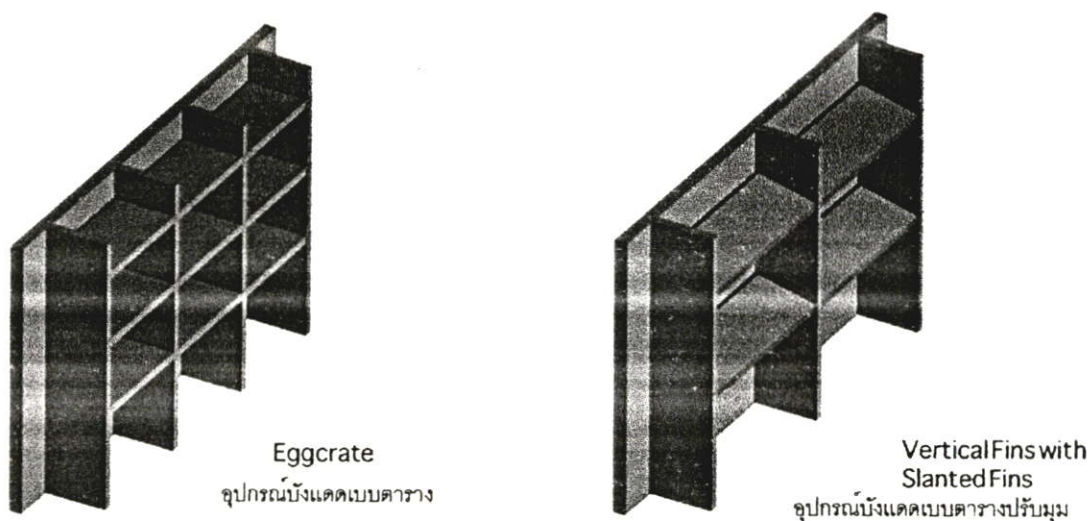
อุปกรณ์บังแดดประเภทนี้มีส่วนในการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ที่ผ่านเข้าสู่อาคาร โดยทั่วไปมักจะเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับอาคารที่ไม่ได้ตั้งอยู่ในแนวแกนทิศเหนือ-ทิศใต้



รูปที่ 3.27 แสดงรูปแบบตัวอย่างอุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง

### 3.6.1.3 อุปกรณ์บังแดดแบบตาราง (Eggcrate Types)

เป็นการผสมผสานของอุปกรณ์บังแดดระหว่างอุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง และอุปกรณ์แนวนอนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันแสงตรง แต่มีข้อเสียที่แสงธรรมชาติส่องผ่านเข้าสู่อาคารได้น้อยลง

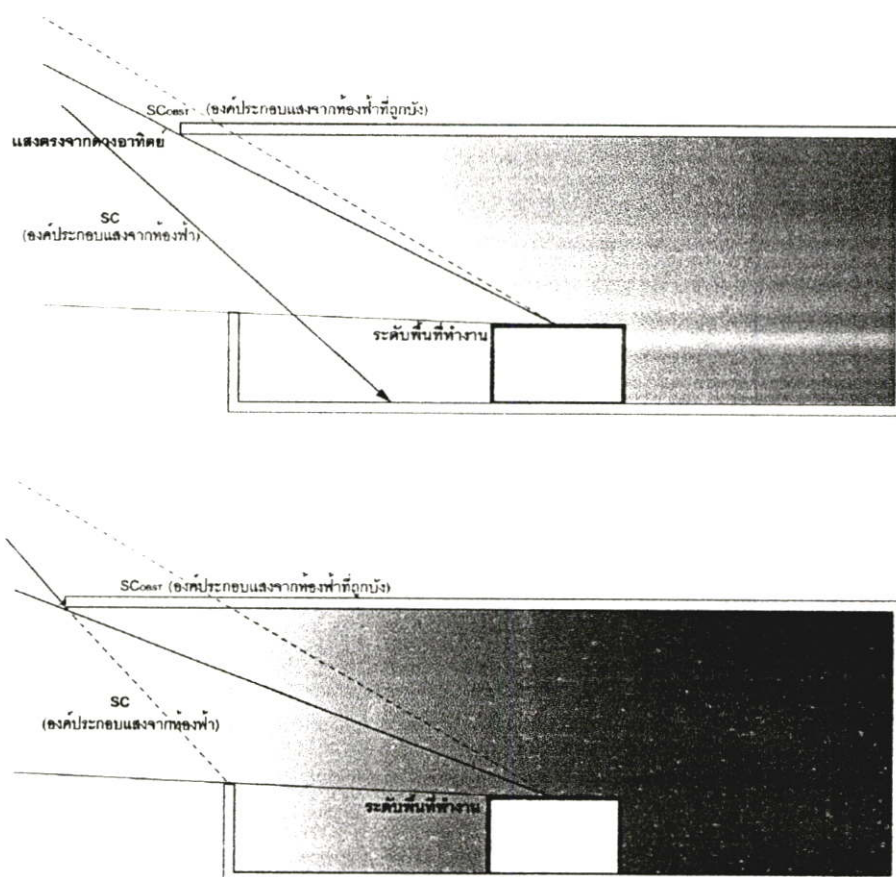


รูปที่ 3.28 แสดงรูปแบบตัวอย่างอุปกรณ์บังแดดแบบตาราง

### 3.6.2 การพิจารณาคูณสมบัติของอุปกรณ์บังแดด

การออกแบบอุปกรณ์บังแดดนั้นขึ้นอยู่กับทิศทางการวางของอาคาร และทิศทางของช่องเปิดที่ต้องการนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร โดยพิจารณาตามมุมเงยของดวงอาทิตย์ ซึ่งแต่ละอาคารมีมุมกระทำที่ต่างกัน แต่มีแนวความคิดเดียวกัน คือต้องป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ที่เกิดจากมุมกระทำของดวงอาทิตย์ แต่มีรูปลักษณะหรือหน้าตาของอุปกรณ์บังแดดตามลักษณะการออกแบบของผู้ออกแบบอาคารนั้น

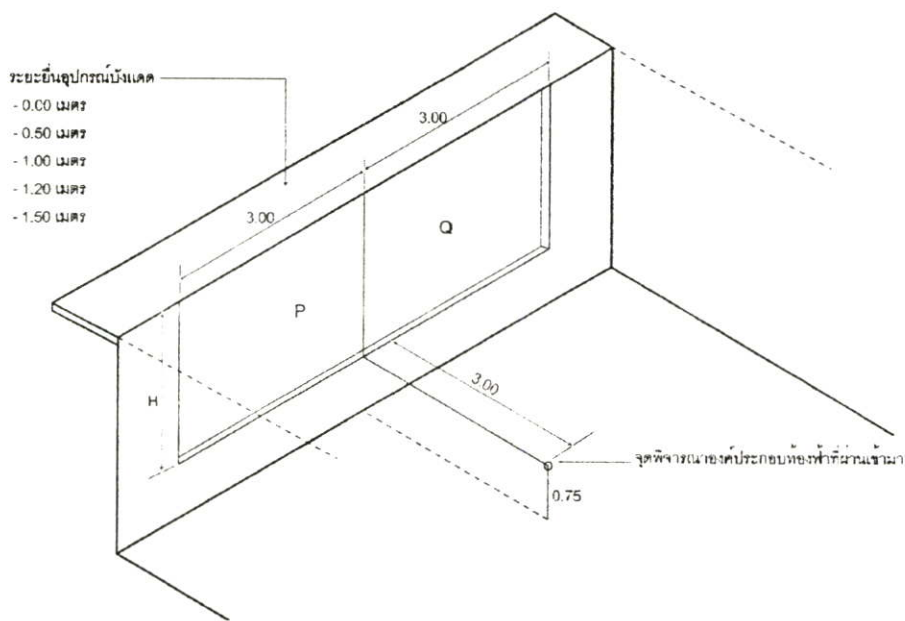
ในการวิเคราะห์อุปกรณ์บังแดดในกรณีนี้ เน้นการวิเคราะห์อุปกรณ์บังแดดแนวนอนของอาคาร ซึ่งจัดเป็นอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นมากที่สุดของอาคาร แต่อุปกรณ์บังแดดนอกจากมีประโยชน์สำหรับอาคารแล้ว ยังมีข้อด้อยคือลดทอนปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่อาคาร



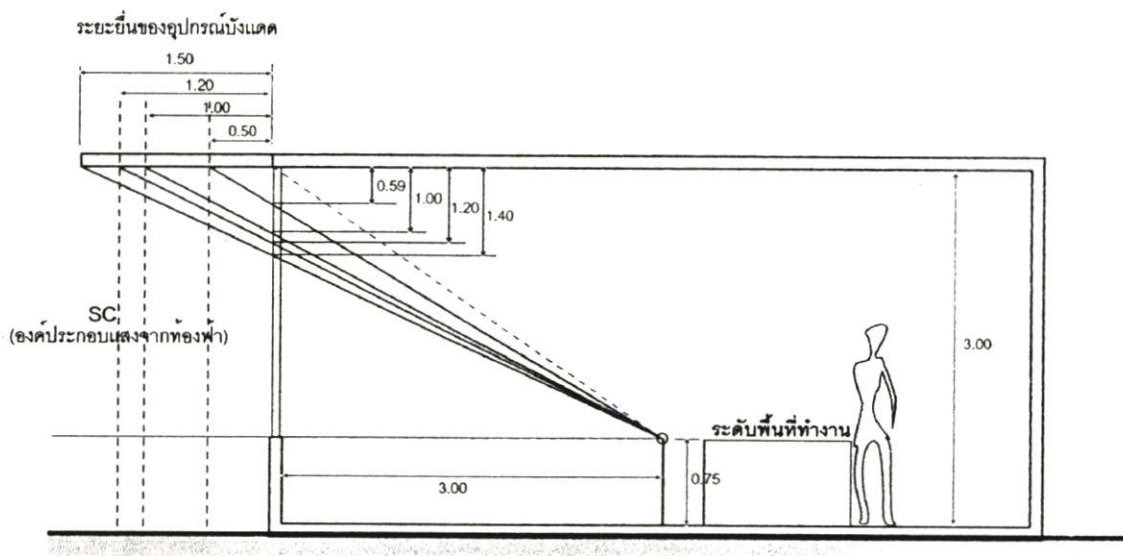
รูปที่ 3.29 แสดงให้เห็นถึงระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดที่มีผลต่อองค์ประกอบแสงภายนอกที่เข้าสู่อาคาร

จากรูปที่ 3.29 แสดงให้เห็นว่า อาคารที่มีระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดมาก มีผลให้ค่าขององค์ประกอบแสงธรรมชาติจากภายนอกอาคารลดน้อยลง ซึ่งทำให้ปริมาณความสว่างโดยรวมของอาคารอันเนื่องมาจากแสงธรรมชาติมีปริมาณน้อยลง และในส่วนขององค์ประกอบแสงจากภายนอกจัดเป็นปริมาณของแสงธรรมชาติส่วนใหญ่ที่ผ่านเข้าสู่อาคาร ระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดนั้นขึ้นอยู่กับมุมเงยของดวงอาทิตย์ และขนาดความสูงของช่องเปิดของอาคาร

การพิจารณาระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดที่มีผลต่อปริมาณองค์ประกอบท้องฟ้า พิจารณาจากการคำนวณวิธี B.R.S. โดยการกำหนดห้องตัวอย่างเพื่อเป็นมาตรฐานในการคำนวณดังนี้ โดยมีขนาดความกว้างของห้อง 8.00 เมตร ความสูงของห้อง (Floor to Ceiling) 3.00 เมตร ขนาดช่องเปิดกว้าง 6.00 เมตร และกำหนดจุดพิจารณาค่าขององค์ประกอบท้องฟ้ามีระยะห่างจากช่องเปิด 3.00 เมตร มีความสูงเทียบเท่าระดับพื้นที่ทำงาน 0.75 เมตร โดยกำหนดให้มีอุปกรณ์บังแดดมีระยะยื่นดังนี้ คือ ไม่มีอุปกรณ์บังแดด มีระยะ 0.50, 1.00, 1.20 และ 1.50 เมตรตามลำดับ



รูปที่ 3.30 แสดงรูปแบบการคำนวณหาค่าอัตราปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่อาคาร วิธี B.R.S.



รูปที่ 3.31 แสดงระยะที่เกิดการบังองค์ประกอบท้องฟ้าจากอุปกรณ์บังแดด

การหาองค์ประกอบแสงจากท้องฟ้า หาได้จากการเทียบค่าของ ตาราง B.R.S. สรุปได้ดังนี้

- 1) อุปกรณ์บังแดดมีระยะยื่น 1.50 เมตร

$$H1 = 2.25, H2 = 1.40, W1 = 3.00, D = 3.00$$

อัตราขององค์ประกอบแสงธรรมชาติทั้งหมดที่เข้ามาในอาคาร

$$2(H/D)(W1/D)$$

จากการเทียบค่า  $2(2.60) = 5.2$

อัตราขององค์ประกอบแสงธรรมชาติที่ช่องเปิด 0.80

$$2(H1/D)(W1/D)$$

จากการเทียบค่า  $2(1.10) = 2.2$

องค์ประกอบแสงทั้งหมดที่ผ่านช่องเปิดมีระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด 1.50 เมตร

มีค่า  $5.20 - 2.20 = 3.00 \%$

2) อุปกรณ์บังแดดมีระยะยื่น 1.20 เมตร

$$H1 = 2.25, H2 = 1.2, W1 = 3.00, D = 3.00$$

อัตราขององค์ประกอบแสงธรรมชาติทั้งหมดที่เข้ามาในอาคาร

$$2(H/D)(W1/D)$$

จากการเทียบค่า  $2(2.60) = 5.2$

อัตราขององค์ประกอบแสงธรรมชาติที่ช่องเปิด 0.80

$$2(H1/D)(W1/D)$$

จากการเทียบค่า  $2(0.89) = 1.78$

องค์ประกอบแสงทั้งหมดที่ผ่านช่องเปิดมีระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด 1.20 เมตร

มีค่า  $5.20 - 1.78 = 3.42 \%$

3) อุปกรณ์บังแดดมีระยะยื่น 1.00 เมตร

$$H1 = 2.25, H2 = 1.00, W1 = 3.00, D = 3.00$$

อัตราขององค์ประกอบแสงธรรมชาติทั้งหมดที่เข้ามาในอาคาร  $2(H/D)(W1/D)$

จากการเทียบค่า  $2(2.60) = 5.2$

อัตราขององค์ประกอบแสงธรรมชาติที่ช่องเปิด 0.80

$$2(H1/D)(W1/D)$$

จากการเทียบค่า  $2(0.57) = 1.14$

องค์ประกอบแสงทั้งหมดที่ผ่านช่องเปิดมีระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด 1.00 เมตร

มีค่า  $5.20 - 1.14 = 4.06 \%$

4) อุปกรณ์บังแดดมีระยะยื่น 0.50 เมตร

$$H1 = 2.25, H2 = 0.59, W1 = 3.00, D = 3.00$$

อัตราขององค์ประกอบแสงธรรมชาติทั้งหมดที่เข้ามาในอาคาร  $2(H/D)(W1/D)$

จากการเทียบค่า  $2(2.60) = 5.2$

อัตราขององค์ประกอบแสงธรรมชาติที่ช่องเปิด 0.80

$2(H1/D)(W1/D)$

จากการเทียบค่า  $2(0.21) = 0.42$

องค์ประกอบแสงทั้งหมดที่ผ่านช่องเปิดมีระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด 0.50 เมตร

มีค่า  $5.20 - 0.42 = 4.78 \%$

5) ไม่มีอุปกรณ์บังแดด

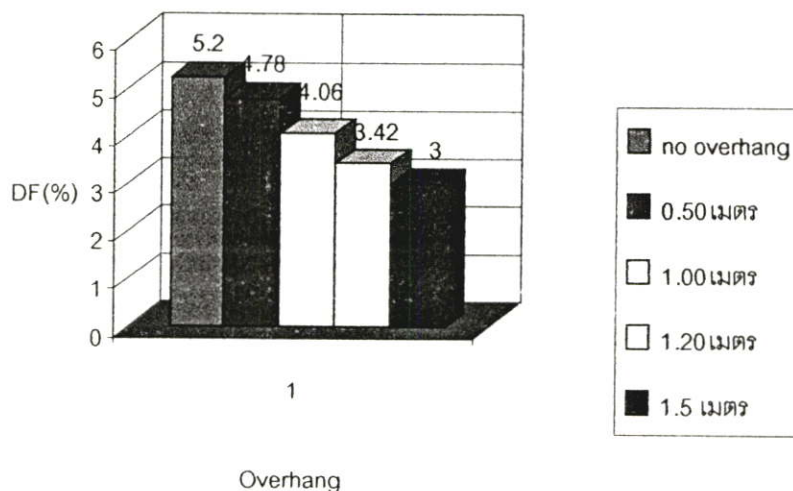
$H1 = 2.25$  ,  $H2 = 0.59$  ,  $W1 = 3.00$  ,  $D = 3.00$

อัตราขององค์ประกอบแสงธรรมชาติทั้งหมดที่เข้ามาในอาคาร  $2(H/D)(W1/D)$

จากการเทียบค่า  $2(2.60) = 5.2$

องค์ประกอบแสงทั้งหมดที่ผ่านช่องเปิดขนาด 2.25 เมตรมีค่า = 5.20 %

เมื่อพิจารณาถึงระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด พบว่าอุปกรณ์บังแดดที่มีระยะยื่นมาก มีส่วนสำคัญที่ลดปริมาณการผ่านเข้ามาของอัตราความสว่างจากแสงธรรมชาติภายในอาคาร ซึ่งทำให้ความสว่างโดยรวมของอาคารอันเกิดจากแสงธรรมชาติมีปริมาณน้อยลง และอาจไม่พอเพียงต่อการใช้งานในส่วนเขตพื้นที่ใช้งาน ซึ่งจากการศึกษาทฤษฎีแสงธรรมชาติ ปัจจัยที่สำคัญในการช่วยกระจายแสงเข้าไปสู่อาคารได้แก่ฝ้าเพดาน เนื่องจากฝ้าเพดานมีผลต่อการช่วยกระจายแสงเข้าบนพื้นที่ทำงานโดยตรง อุปกรณ์บังแดดทั่วไปมีส่วนในการปิดกั้นแสงธรรมชาติที่ตกกระทบฝ้าเพดาน ทำให้การกระจายแสงที่เกิดขึ้นภายในอาคารไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ



รูปที่ 3.32 แสดงการเปรียบเทียบค่าอัตราปริมาณแสงภายในอาคารโดยมีระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดระยะต่างๆ

จากภาพที่ 3.32 แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์บังแดดนอกจากเป็นส่วนประกอบของอาคาร ที่มีความสำคัญในการช่วยป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ เพื่อลดความร้อนสะสมที่เกิดขึ้นภายในอาคาร แต่ข้อเสียของอุปกรณ์บังแดดนั้นถูกจัดเป็นวัตถุที่บังแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร ทำให้ปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่อาคารน้อยลง ยิ่งอุปกรณ์มีระยะยื่นมากเท่าไร ยิ่งเป็นอุปสรรคสำคัญในการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร

### 3.6.3 สรุปแนวทางการออกแบบอุปกรณ์บังแดด

การออกแบบอาคารสำนักงานเพื่อใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติแทนการใช้แสงประดิษฐ์ ถ้าต้องการให้อาคารมีประสิทธิภาพสูงสุดในการนำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่อาคารนั้น ต้องเริ่มจากการพิจารณาปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับ การนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารก่อนเช่น พื้นที่ตั้งอาคาร รูปทรงของอาคาร ขนาดช่องเปิด และทิศทางการวางตำแหน่งอาคาร ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกัน ต้องทำการวิเคราะห์ไปด้วยกัน

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของอาคารที่เกี่ยวข้องกับการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร การเปิดรับแสงธรรมชาติที่เหมาะสมต้องออกแบบให้ อาคารมีการเปิดรับแสงธรรมชาติสำหรับการใช้งาน ในส่วนของอาคารด้านทิศเหนือและทิศใต้เท่านั้น เนื่องจากมีมุมเงยของดวงอาทิตย์ที่ไม่ต่ำเกินไป และไม่มีการเปลี่ยนแปลงของมุมเงยของดวงอาทิตย์มากนัก ซึ่งทำให้การออกแบบอุปกรณ์บังแดดไม่ยากนัก และยังมีระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดไม่มากนัก ซึ่งต้องขึ้นอยู่กับขนาดของช่องเปิดอีกปัจจัยหนึ่ง

**ตารางที่ 3.4 แสดงให้เห็นถึงมุมเงยของดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาต่างๆที่เกี่ยวข้องกับอาคารด้านทิศเหนือ และทิศใต้**

(ที่มา ; Dr. Andrew Marsh, The Solar Tool Demo Software, Square One Research PTV, 2000)

**Tabulated Daily Solar Data**

Latitude: 13.7° Date: 21st June  
Longitude: 100.5° Julian Date: 172  
Timezone: 105.0° [+7.0hrs] Sunrise: 05:55  
Orientation: 0.0° Sunset: 18:43

Local	(Solar)	Azimuth	Altitude
06:00	(05:40)	66.1°	1.0°
06:30	(06:10)	67.7°	7.7°
07:00	(06:40)	68.9°	14.5°
07:30	(07:10)	69.9°	21.3°
08:00	(07:40)	70.5°	28.2°
08:30	(08:10)	70.8°	35.1°
09:00	(08:40)	70.7°	41.9°
09:30	(09:10)	69.9°	48.8°
10:00	(09:40)	68.4°	55.6°
10:30	(10:10)	65.4°	62.3°
11:00	(10:40)	59.8°	68.8°
11:30	(11:10)	48.5°	74.8°
12:00	(11:40)	24.7°	79.2°
12:30	(12:10)	-13.8°	80.0°
13:00	(12:40)	-43.0°	76.4°
13:30	(13:10)	-57.1°	70.7°
14:00	(13:40)	-64.0°	64.3°
14:30	(14:10)	-67.6°	57.7°
15:00	(14:40)	-69.6°	50.9°
15:30	(15:10)	-70.5°	44.0°
16:00	(15:40)	-70.8°	37.2°
16:30	(16:10)	-70.6°	30.3°
17:00	(16:40)	-70.1°	23.4°
17:30	(17:10)	-69.2°	16.6°
18:00	(17:40)	-68.1°	9.8°
18:30	(18:10)	-66.6°	3.1°

**ทิศเหนือ เดือนมิถุนายน**

**Tabulated Daily Solar Data**

Latitude: 13.7° Date: 21st December  
Longitude: 100.5° Julian Date: 355  
Timezone: 105.0° [+7.0hrs] Sunrise: 06:40  
Orientation: 180.0° Sunset: 17:51

Local	(Solar)	Azimuth	Altitude
07:00	(06:44)	115.5°	4.4°
07:30	(07:14)	117.7°	10.9°
08:00	(07:44)	120.3°	17.3°
08:30	(08:14)	123.5°	23.4°
09:00	(08:44)	127.4°	29.4°
09:30	(09:14)	132.1°	35.0°
10:00	(09:44)	137.9°	40.1°
10:30	(10:14)	144.9°	44.7°
11:00	(10:44)	153.3°	48.5°
11:30	(11:14)	163.1°	51.2°
12:00	(11:44)	174.0°	52.6°
12:30	(12:14)	-174.7°	52.7°
13:00	(12:44)	-163.7°	51.3°
13:30	(13:14)	-153.8°	48.6°
14:00	(13:44)	-145.3°	44.9°
14:30	(14:14)	-138.3°	40.4°
15:00	(14:44)	-132.5°	35.3°
15:30	(15:14)	-127.7°	29.7°
16:00	(15:44)	-123.8°	23.8°
16:30	(16:14)	-120.5°	17.6°
17:00	(16:44)	-117.8°	11.3°
17:30	(17:14)	-115.6°	4.8°

**ทิศใต้ เดือนธันวาคม**

จากตารางที่ 3.4 แสดงให้เห็นถึงมุมกระทำของดวงอาทิตย์ต่อช่องเปิดของอาคาร ด้านทิศเหนือและทิศใต้ของอาคาร ในช่วงเวลาทำงานของสำนักงาน สำหรับอาคารฝั่งทิศเหนือ เดือนที่มีผลกระทบต่อมุมเงยของดวงอาทิตย์มากที่สุดคือเดือนมิถุนายน และทางด้านทิศใต้ของอาคาร เดือนที่มีผลกระทบต่อมุมเงยของดวงอาทิตย์มากที่สุด คือเดือนธันวาคม

จากการพิจารณาถึงมุมที่กระทำต่อดวงอาทิตย์กับขนาดของช่องเปิด ทำให้ได้ระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดที่สามารถป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ทั้งหมด ซึ่งหน้าตาของอุปกรณ์บังแดดนั้นสามารถออกแบบได้อย่างอิสระมีรูปแบบได้ไม่ตายตัว ทำให้รูปแบบและหน้าตาของอุปกรณ์บังแดดนั้นมีหลากหลายตามลักษณะการออกแบบของผู้ออกแบบ แต่ทั้งนี้ไม่ว่ารูปแบบหน้าตาของอุปกรณ์บังแดดเป็นอย่างไร อุปกรณ์บังแดดนั้นต้องสามารถป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้อย่างสมบูรณ์ โดยพิจารณาจากมุมเงยของดวงอาทิตย์และขนาดของช่องเปิด ทำให้ได้ระยะที่เหมาะสมของอุปกรณ์บังแดด

### 3.7 การนำปริมาณแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่อาคาร

แสงธรรมชาติเป็นพลังงานแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง และเป็นพลังงานที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสำหรับค่าไฟฟ้า และถ้าอาคารมีการออกแบบให้สามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารได้พื้นที่ที่มีปริมาณมาก สามารถช่วยลดการใช้งานของแสงประดิษฐ์ได้ปริมาณมากทำให้ช่วยประหยัดพลังงานโดยรวมของอาคาร ยิ่งสามารถนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารเพื่อการใช้งานได้ปริมาณพื้นที่ใช้สอยมากเพียงใด ยิ่งช่วยในการประหยัดพลังงานมากขึ้นเท่านั้น แต่การนำแสงธรรมชาติมาใช้เป็นพลังงานแสงสว่างภายในอาคารนั้นเป็นเรื่องยาก เนื่องจากการควบคุมแสงธรรมชาติเป็นไปด้วยความลำบาก และยังรวมถึงรังสีความร้อนที่เข้ามาพร้อมกับแสงธรรมชาติก่อให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคาร ในการที่ต้องการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารนั้น ต้องมีการออกแบบอาคารให้มีความเหมาะสมแก่การนำแสงธรรมชาติมาใช้งาน

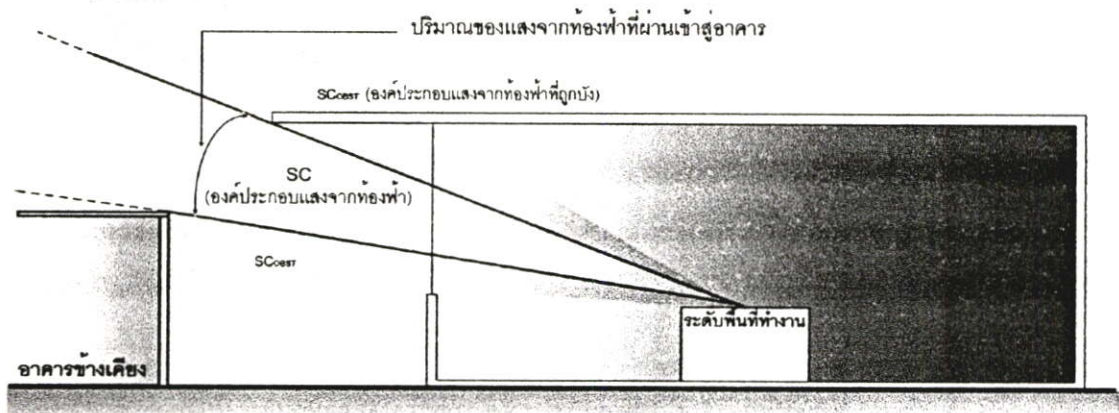
#### 3.7.1 การพิจารณาปัญหาที่เกิดขึ้นในการออกแบบอาคาร

ในการออกแบบอาคารสำนักงาน ให้สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้เป็นพลังงานแสงสว่างภายในอาคารนั้นต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบต่างๆที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร ซึ่งองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องในการออกแบบอาคารนั้นได้สรุปได้ดังนี้

- 1) การพิจารณาสภาพแวดล้อมของอาคาร
- 2) การพิจารณารูปแบบทางสถาปัตยกรรม
- 3) การจัดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร
- 4) แนวความคิดการออกแบบช่องเปิด
- 5) การเลือกใช้กระจก
- 6) การออกแบบอุปกรณ์บังแดด

จากการพิจารณาองค์ประกอบทั้งหมด ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารเพื่อนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร ทำให้ได้มาตรฐานและแนวทางของการออกแบบอาคารขึ้น จะเห็นได้ว่าสิ่งที่สำคัญที่สุดที่เป็นอุปสรรคสำคัญต่อการผ่านเข้ามาของแสงธรรมชาติ นั่นคือการบังของอาคารและวัตถุข้างเคียง ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงกับปริมาณแสงธรรมชาติผ่านเข้าสู่อาคาร และเป็นปริมาณความสว่างหลักที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากแสงธรรมชาติ ในส่วนนี้เองที่ทำให้ความสว่างที่เกิดขึ้นภายในอาคารอันเนื่องมาจากแสงธรรมชาติมีปริมาณความสว่างต่ำกว่าความเป็นจริง และต่ำกว่ามาตรฐานของการใช้แสงสว่างภายในอาคารสำนักงานในกรณีที่มีการบังของอาคาร และวัตถุข้างเคียงของอาคารอยู่ในเกณฑ์มาก ในการออกแบบอาคารสำนักงานต้องคำนึงถึงตำแหน่งของอาคารและวัตถุข้างเคียง เพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการบังจากสิ่งเหล่านี้ เพื่อให้แสงธรรมชาติส่องผ่านเข้ามามากที่สุด

ปัญหาสำคัญอีกปัญหาหนึ่ง คือการกำหนดให้อาคารด้านที่เปิดรับแสงธรรมชาติอย่างเต็มที่ ต้องมีการป้องกันแสงตรงอันเนื่องมาจากมุมกระทำของดวงอาทิตย์ โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า อุปกรณ์บังแดดของอาคาร ซึ่งทำหน้าที่ในการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ แต่ในส่วนอุปกรณ์บังแดดนี้จัดเป็นส่วนสำคัญที่ก่อให้เกิดการบังแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่อาคาร ยิ่งถ้ามีระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดมากเท่าไรยิ่งทำให้แสงธรรมชาติผ่านเข้าสู่อาคารน้อยลงเท่านั้น และอุปกรณ์บังแดดก็เป็นส่วนสำคัญของอาคารที่ขาดไม่ได้ ทำให้อุปกรณ์บังแดดเป็นปัญหาสำคัญ สำหรับการออกแบบอาคารสำนักงานเพื่อจุดประสงค์ในการใช้แสงธรรมชาติเป็นพลังงานความสว่างภายในอาคาร



รูปที่ 3.33 แสดงให้เห็นถึงปัญหาสำคัญที่ทำให้ปริมาณแสงธรรมชาติผ่านเข้ามาภายในอาคารน้อยลง

จากภาพที่ 3.33 แสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบแสงจากท้องฟ้าสามารถผ่านเข้าสู่อาคารได้น้อย อันเนื่องมาจากเกิดการบังแสงที่ผ่านเข้ามา ทั้งอาคารข้างเคียงและการบังของอุปกรณ์บังแดดซึ่งจัดเป็นอุปสรรคสำคัญที่มีผลต่อความสว่างโดยรวมของอาคาร สำหรับอาคารหรือวัตถุข้างเคียงสามารถออกแบบหลีกเลี่ยงการบังของอาคารข้างเคียงได้ แต่ในส่วนการบังอันเกิดจากอุปกรณ์บังแดดนั้นเป็นปัญหาที่หลีกเลี่ยงได้ยากเนื่องจากเป็นส่วนประกอบที่มีความจำเป็นต่ออาคาร เพราะฉะนั้นแล้วสรุปได้ว่า อุปกรณ์บังแดดจัดเป็นส่วนที่ลดทอนปริมาณของแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่อาคารมากที่สุด

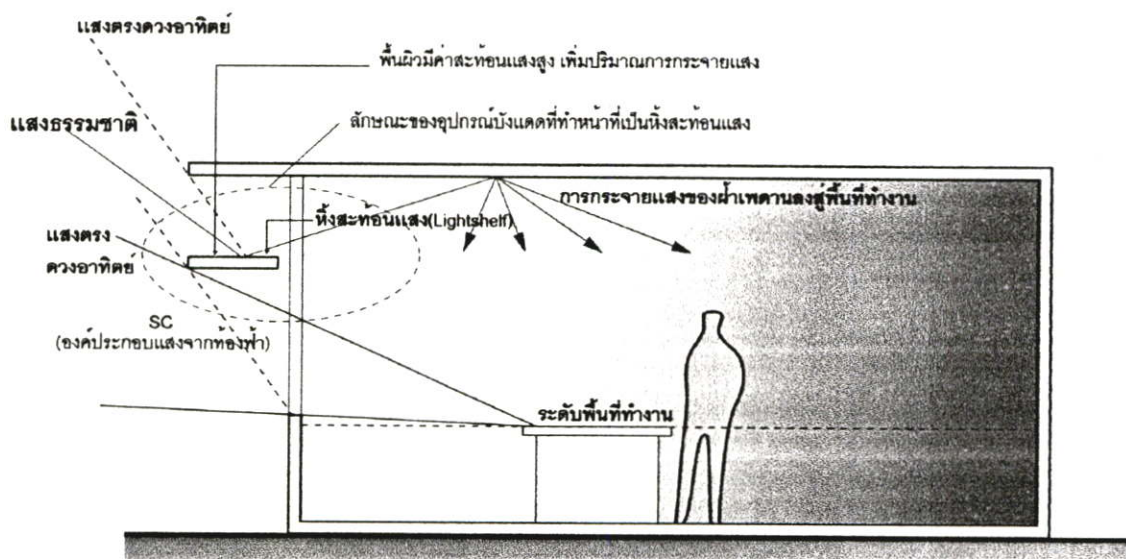
### 3.7.2 การเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร

จากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร พบว่าอุปกรณ์บังแดด ถูกจัดเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร ซึ่งทำให้เป้าหมายในการออกแบบอาคารสำนักงานเพื่อใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติมีเป้าหมายที่ลดต่ำลง ซึ่งจากเป้าหมายเดิมมีอยู่ว่าต้องนำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมต่อการใช้งานเข้าสู่พื้นที่ทำงานให้ได้ปริมาณมากที่สุด ในการออกแบบอาคารให้บรรลุเป้าหมายของการนำแสงธรรมชาติ ต้องมีการออกแบบอุปกรณ์หรือวัสดุที่ช่วยในการเพิ่มปริมาณแสงเข้าสู่อาคาร

### 3.7.2.1 การใช้หิ้งสะท้อนแสง (Lightshelf)

จากการศึกษาแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงาน ให้ใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติมากที่สุด ปัจจัยที่สำคัญในการช่วยกระจายแสงเข้าไปสู่อาคารได้แก่ฝ้าเพดาน เนื่องจากฝ้าเพดานมีผลต่อการช่วยกระจายแสงเข้าบนพื้นที่ทำงานโดยตรง โดยที่อุปกรณ์บังแดดทั่วไปมีส่วนในการปิดกั้นแสงธรรมชาติที่ตกกระทบสู่ฝ้าเพดาน การที่ต้องการแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารได้ลึกนั้น ต้องมีการออกแบบให้แสงธรรมชาติตกกระทบสู่ฝ้าเพดานมากขึ้น เพื่อช่วยให้เพิ่มอัตราการกระจายแสงภายในอาคารมากขึ้น

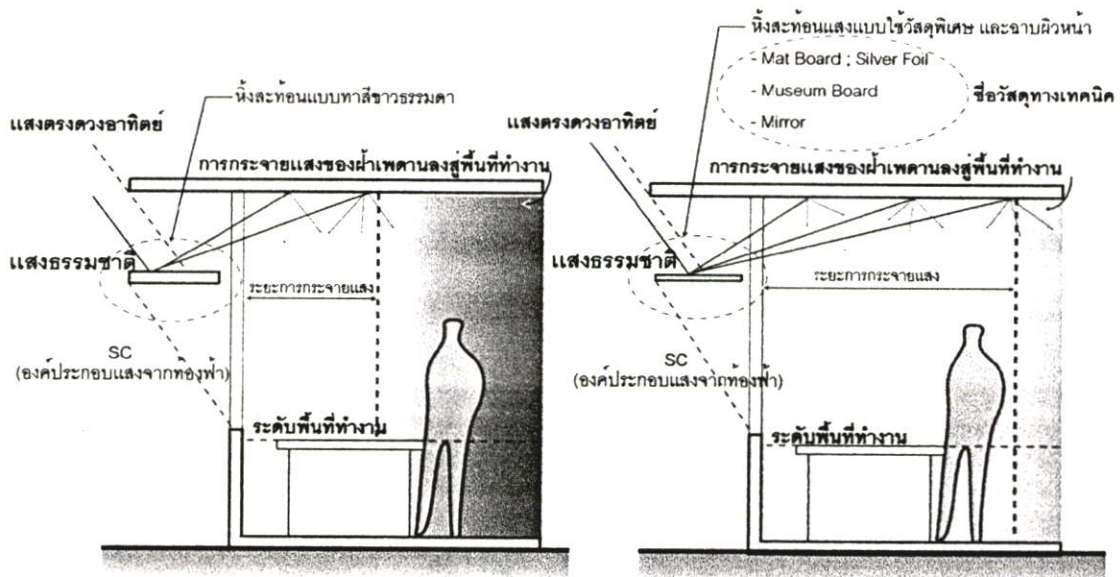
หิ้งสะท้อนแสง เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เหมือนกันกับอุปกรณ์บังแดด แต่เพิ่มในส่วนของพื้นผิวที่ช่วยกระจายแสงเข้าสู่อาคาร โดยตกกระทบต่อฝ้าเพดานโดยตรง แต่ยังทำหน้าที่เหมือนอุปกรณ์บังแดด คือมีเงื่อนไขว้ที่อยู่ต้องป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้



รูปที่ 3.34 แสดงให้เห็นถึงอุปกรณ์บังแดดที่ช่วยเพิ่มการกระจายแสงเข้าสู่อาคาร

หิ้งสะท้อนแสงที่มีประสิทธิภาพ ผิวด้านบนของหิ้งสะท้อนแสงต้องมีคุณสมบัติของการสะท้อนแสงสูง โดยมีค่าอยู่ที่ 0.80 ขึ้นไป วัสดุที่ใช้เป็นหิ้งสะท้อนแสงต้องพิจารณาจากคุณสมบัติ

การสะท้อนแสงเป็นหลัก โดยทั่วไปใช้เป็น คอนกรีตทาสีขาวมีค่าสะท้อนแสง 0.80 ก็เพียงพอต่อการใช้งานแล้ว แต่มีข้อเสียที่ พื้นผิวของหิ้งสะท้อนแสงอาจเสื่อมค่าลง ทำให้คุณภาพในการกระจายตัวของแสงลดต่ำลง ต้องมีการบำรุงรักษาอยู่ตลอดเวลา แต่ก็มีวัสดุที่ใช้ทำหิ้งสะท้อนแสงโดยเฉพาะ เช่นใช้วัสดุเป็นพวก แผ่นอะคริลิก หรือแผ่นไฟเบอร์ หรืออุปกรณ์เฉพาะอื่นๆ ที่มีค่าสะท้อนแสงสูงมากโดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.90-0.95 และผิวหน้ามีการเคลือบผิวเป็นพิเศษเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการกระจายแสง แต่หิ้งสะท้อนแสงประเภทนี้มีราคาสูงมาก อาจทำให้ไม่คุ้มทุนในการก่อสร้างได้



รูปที่ 3.35 แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของวัสดุที่ใช้เป็นหิ้งสะท้อนแสง

จากภาพที่ 3.35 หิ้งสะท้อนแสงที่ใช้วัสดุพิเศษมีคุณสมบัติการสะท้อนแสงอยู่ในช่วง 0.90-0.95 ซึ่งจัดว่าเป็นค่าที่สูงมาก ทำให้ช่วยในการกระจายแสง ไปสู่ผ้าเพดานได้ระยะทางที่ลึกกว่าหิ้งสะท้อนแสงแบบธรรมดา และมีความเสื่อมสภาพน้อยใช้ได้ในระยะเวลานาน แต่ทั้งนี้ต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงมากสำหรับหิ้งสะท้อนแสงประเภทนี้ แต่สำหรับการวิเคราะห์หิ้งสะท้อนแสงแบบพิเศษว่ามีศักยภาพที่ช่วยในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารได้แค่ไหน เป็นไปโดยยากเนื่องจากการมีข้อจำกัดในเรื่องการคำนวณ โดยทั่วไปพิจารณาในแง่หลักทฤษฎีมากกว่า หมายความว่าหิ้งสะท้อนแสงเป็นส่วนที่ช่วยกระจายแสงเข้าสู่อาคารในกรณีที่ถูกบังโดยอุปกรณ์บังแดด ซึ่งแสงที่กระจายจะตกกระทบกับผ้าเพดานโดยตรง ก่อให้เกิดการกระจายแสงจากผ้าเพดานลงสู่พื้นที่ทำงาน เปรียบเสมือนแสงที่ซัดเซยจากการถูกบังของอุปกรณ์บังแดด แล้วคุณภาพของหิ้งสะท้อนแสงขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำหิ้งสะท้อนแสงอีกปัจจัยหนึ่ง

หิ้งสะท้อนแสง แบ่งออกตามลักษณะการติดตั้งได้ 3 ประเภท ดังนี้

1) หิ้งสะท้อนแสงติดตั้งด้านนอก (Exterior Lightshelf)

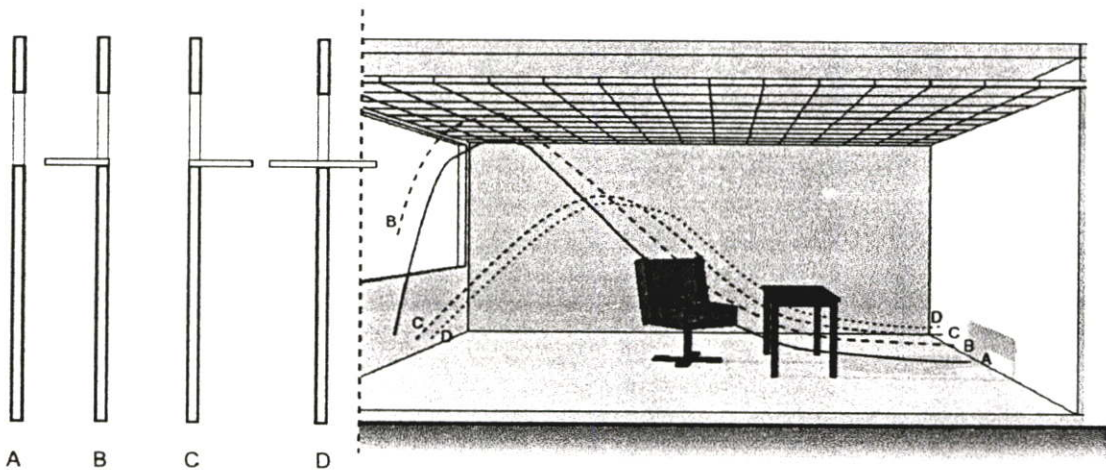
หิ้งสะท้อนแสงติดตั้งด้านนอก เหมาะสำหรับประเทศไทย เนื่องจากมีส่วนในการช่วยป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ทำหน้าที่เหมือนเป็นอุปกรณ์บังแดดอีกส่วนหนึ่ง

2) หิ้งสะท้อนแสงติดตั้งด้านใน (Interior Lightshelf)

หิ้งสะท้อนแสงติดตั้งด้านใน เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการกระจายแสงสู่ฝ้าเพดาน ทำให้ปริมาณแสงภายในอาคารมรพื้นที่มากขึ้น แต่มีข้อเสียที่ไม่ช่วยในการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ก่อให้เกิดแสงตรงส่องผ่านเข้ามาภายในอาคารได้ และยังคงเพิ่มภาระของอุปกรณ์บังแดดหลัก

3) หิ้งสะท้อนแสงติดตั้งแบบผสม (Combined Exterior and Interior Lightshelf)

หิ้งสะท้อนแสงติดตั้งแบบผสม เป็นหิ้งสะท้อนแสงที่ช่วยทั้งป้องกันแสงตรงของดวงอาทิตย์ และยังช่วยเพิ่มพื้นที่การกระจายแสงเข้าสู่อาคารได้ลึกมากขึ้น แต่มีข้อเสียที่ หิ้งสะท้อนแสงรูปแบบนี้มีระยะยาว ทำให้การผ่านเข้ามาขององค์ประกอบของห้องฟ้าซึ่งเป็นปริมาณความสว่างหลักลดลง จากการบังของอุปกรณ์เอง



รูปที่ 3.36 แสดงการเปรียบเทียบอัตราของแสงธรรมชาติที่เข้ามาตามลักษณะต่างๆของหิ้งสะท้อนแสง

- |                               |                                |
|-------------------------------|--------------------------------|
| A) ไม่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง    | B) หิ้งสะท้อนแสงติดตั้งด้านนอก |
| C) หิ้งสะท้อนแสงติดตั้งด้านใน | D) หิ้งสะท้อนแสงติดตั้งแบบผสม  |

(ที่มา ; Claude L. Robbins, *Daylight Design and Analysis*, New York. 1986)

จากภาพที่ 3.36 เป็นการเปรียบเทียบอัตราของปริมาณแสงภายในอาคารเชิงเปรียบเทียบไม่อ้างถึงปริมาณที่แท้จริง โดยที่พิจารณาในแง่ของการกระจายแสงต่อฝ้าเพดานโดยตรง พบว่าช่องเปิดที่ไม่ได้ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (A) บริเวณส่วนลึกของอาคารมีปริมาณแสงค่อนข้างต่ำ เนื่องจากขาดการกระจายแสงจากฝ้าเพดานที่เพียงพอ หิ้งสะท้อนแสงติดตั้งด้านใน (C) และหิ้งสะท้อน

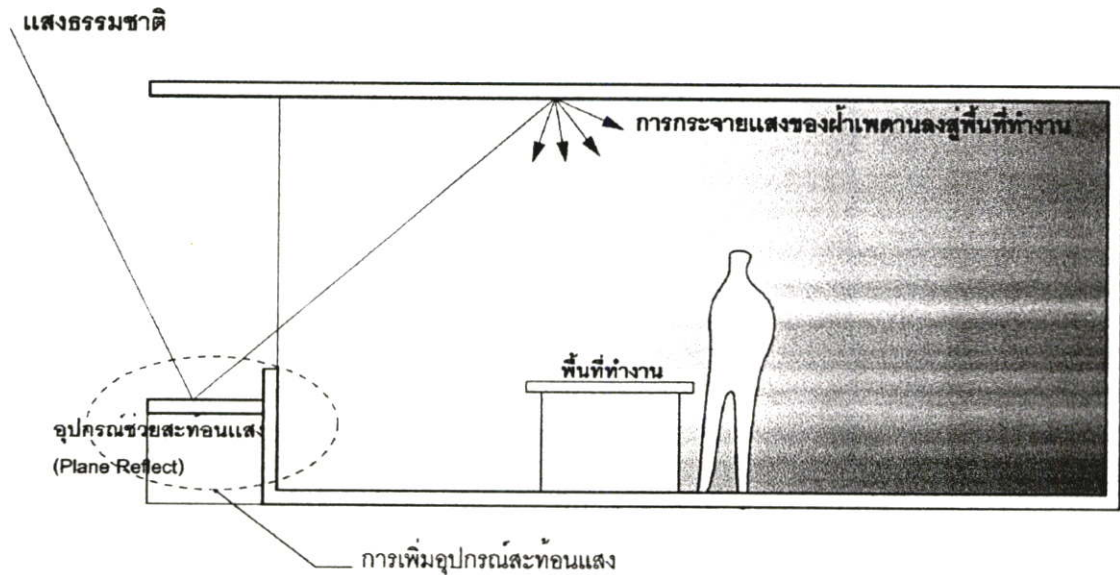
แสงติดตั้งแบบผสม (D) มีการกระจายแสงในระยะลึกของอาคารได้ดีกว่าแบบติดตั้งด้านนอก (B) แต่ตัวอุปกรณ์เป็นตัวบังแสงที่ผ่านเข้าสู่อาคาร ทำให้ปริมาณแสงในช่วงระยะใกล้ช่องเปิด มีปริมาณที่ต่ำกว่ามาตรฐาน สรุปได้ว่า หิ้งสะท้อนแสงที่เหมาะสมกับอาคารที่ช่วยเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติสำหรับประเทศไทย เป็นหิ้งสะท้อนแสงแบบติดตั้งด้านนอก

สำหรับในการออกแบบรูปทรงหรือหน้าตาของหิ้งสะท้อนแสงนั้น ขึ้นอยู่กับแนวความคิดในการออกแบบของผู้ออกแบบ ซึ่งสามารถออกแบบหน้าตาได้หลากหลาย แต่ทั้งนี้ต้องอยู่ในเงื่อนไขที่ว่า ต้องป้องกันแสงตรงที่เกิดจากดวงอาทิตย์ให้ได้

### 3.7.2.1 อุปกรณ์แผ่สะท้อนแสง (Plane Reflection)

จากการศึกษาแนวความคิดการออกแบบอาคารสำนักงานเพื่อนำแสงธรรมชาติใช้งาน พบว่ามีองค์ประกอบอีกส่วนหนึ่งที่ช่วยเพิ่มการกระจายแสงเข้าสู่อาคาร ได้แก่การสะท้อนแสงจากพื้น ซึ่งมีหลักการคล้ายกับการทำงานของหิ้งสะท้อนแสง คือสะท้อนแสงจากพื้นเข้าสู่ฝ้าเพดานเพื่อช่วยในการกระจายแสงภายในอาคารอีกส่วนหนึ่ง แต่การสะท้อนแสงของพื้นมีข้อจำกัดมาก เช่นค่าสะท้อนแสงของพื้นต้องมีค่าไม่สูงเกินไป เนื่องจากมีผลต่อผู้ใช้อาคาร และระยะที่เป็นมุมตกกระทบจากภายนอกสู่ภายในอาคารมีระยะห่างมาก ซึ่งเมื่อพิจารณาตามหลักความจริงแล้ว อาคารที่มีความสูงมาก ไม่ได้ประโยชน์จากการสะท้อนแสงของพื้นเลย เนื่องจากมุมตกกระทบภายนอกอาคารจะอยู่ห่างออกไปมาก ยกตัวอย่างว่า ถ้าอาคารมีจำนวน 8 ชั้น แต่ละชั้นมีระดับความสูง 3 เมตร เมื่อพิจารณาระยะของแสงสะท้อนจากภายนอกอาคารที่ชั้น 7 ของอาคาร จากการวิเคราะห์พบว่า อาคารชั้น 7 มีขนาดความสูงรวม 21 เมตร เพราะฉะนั้น จุดตกกระทบของแสงภายนอกที่มีผลต่อภายในอาคาร อยู่ในช่วงระยะห่างจากอาคาร 21-84 เมตร จะเห็นได้ว่ามีระยะห่างจากอาคารมาก ทำให้อาคารที่อยู่ในชั้นที่สูง แทบจะไม่มีโอกาสในการได้รับแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกอาคารเลย

ในการออกแบบอาคารนั้นแสงจากพื้นภายนอกอาคารจัดเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งที่ช่วยเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคาร แต่ความเป็นจริงแล้วอาคารทั่วไปมักจะไม่ได้รับประโยชน์จากองค์ประกอบส่วนนี้เลย การออกแบบอาคารควรออกแบบอุปกรณ์ที่เข้ามาชดเชยการสะท้อนแสงจากพื้นภายนอกอาคาร ในการออกแบบได้เสนอแนะว่าควรที่จะเพิ่มพื้นที่การกระจายแสงที่ทำหน้าที่ทดแทนการสะท้อนแสงจากพื้น โดยมีลักษณะเป็นแผ่นสะท้อนแสง ที่ช่วยสะท้อนแสงขึ้นสู่ฝ้าเพดานอีกส่วนหนึ่ง มีตำแหน่งจัดวางอยู่ต่ำกว่าระดับขอบล่างของหน้าต่างเล็กน้อย ประมาณ 0.10-0.20 เมตร และมีข้อจำกัดของค่าสะท้อนแสงอยู่ในช่วง 0.50-0.70



รูปที่ 3.37 การนำเสนอแผ่นสะท้อนแสง ที่ทำหน้าที่ชดเชยการสะท้อนแสงของพื้นภายนอกอาคาร

### 3.7.3 การนำปริมาณแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่อาคาร

การนำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่อาคาร มีวิธีการมากมายซึ่งโดยทั่วไปเป็นการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับปริมาณของแสงภายในอาคาร จึงต้องมีการออกแบบรูปแบบในการช่วยเพิ่มการเข้ามาของแสงธรรมชาติ หรือชดเชยต่อการสูญเสียปริมาณแสงจากปัญหาของอาคารเอง การเพิ่มการกระจายแสงเข้าสู่อาคารบริเวณฝ้าเพดาน จัดเป็นส่วนที่สำคัญมาก เนื่องจากฝ้าเพดานทำหน้าที่กระจายแสงโดยตรงมาสู่พื้นที่ทำงาน รูปแบบต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการออกแบบอาคาร สามารถออกแบบได้หลายรูปแบบ แต่ต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบนั้นเป็นหลัก

## 3.8 คุณภาพของแสงธรรมชาติภายในอาคาร

การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารนั้น ต้องมีการคำนึงถึงคุณภาพแสงที่เกิดขึ้นภายในอาคาร โดยทั่วไปปัญหาในเรื่องคุณภาพของแสงคือ แสงจ้าเกินไป หรือแสงบาดตา (Glare) ซึ่งก่อให้เกิดความไม่สบายในการทำงานของผู้ใช้อาคาร แสงบาดตามักเกิดขึ้นในกรณีที่ แสงที่ผ่านเข้ามา มีปริมาณมากเกินไป แสงตกกระทบวัตถุที่มีลักษณะมันวาว หรือมีค่าสะท้อนแสงสูง โดยทั่วไปมักจะเกิดกับบริเวณครึ่งล่างของห้อง ก่อให้เกิดเป็นความจ้ามากเกินไป

จากการพิจารณาแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงาน โดยนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร พบว่าในการออกแบบอาคารขึ้นมาใหม่ตามแนวทางต่างๆ ที่สรุปออกมา มักไม่เกิดภาวะแสงบาดตาต่อผู้ใช้อาคาร เนื่องจากการวางตัวอาคารที่เหมาะสม และการเปิดรับแสงธรรมชาติทางทิศเหนือ และทิศใต้ของอาคาร ซึ่งในส่วนนี้มีการกำหนดให้ช่องเปิดของอาคารป้องกันแสงตรงจาก

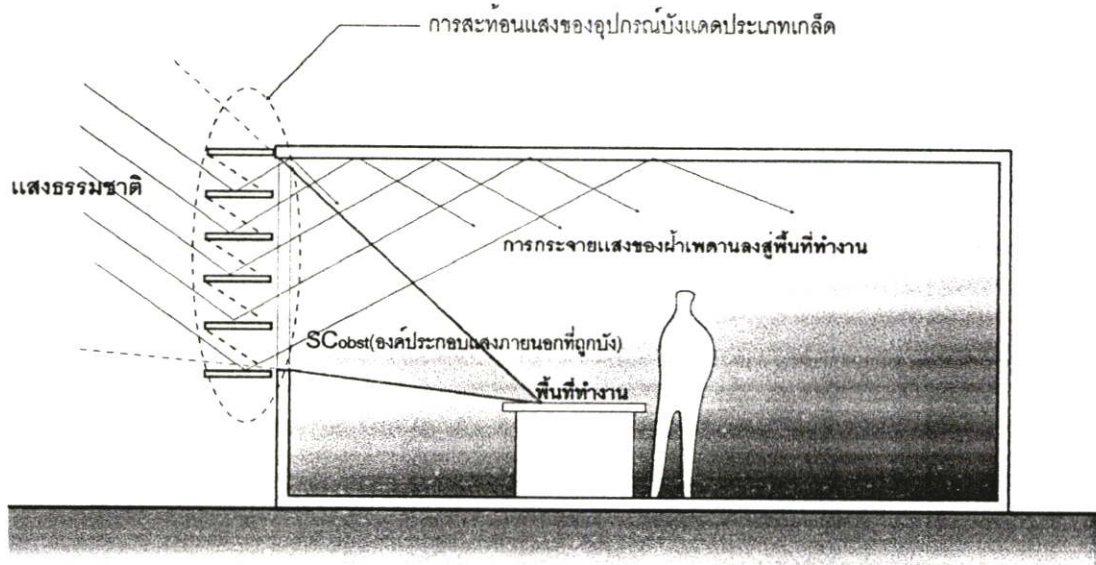
ดวงอาทิตย์ได้ทั้งหมด และมีการออกแบบให้องค์ประกอบภายในอาคารมีค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ทำให้มีโอกาสที่เกิดแสงบาดตาภายในอาคารได้

### 3.8.1 การนำอุปกรณ์ประกอบเพื่อควบคุมคุณภาพของแสง

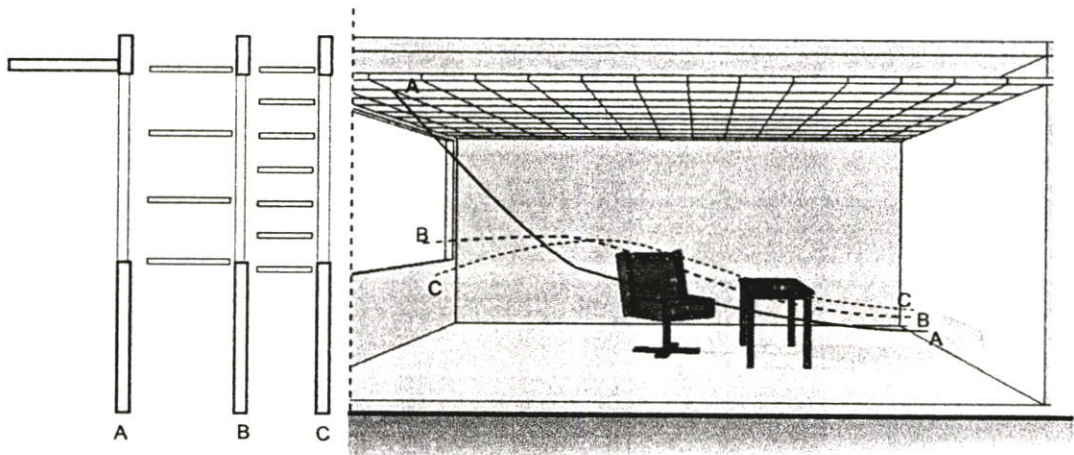
โดยทั่วไปปัญหาของแสงจ้าที่เกิดขึ้นภายในอาคาร มักเกิดกับอาคารที่มีอยู่แล้วไม่ได้เกิดจากการปลูกสร้างใหม่ ซึ่งอาคารนั้นอาจมีปัญหาตั้งแต่ทิศทางการวางตัวอาคารไม่เหมาะสม อาคารไม่อยู่ในแนวรับแสงธรรมชาติจากทิศเหนือและทิศใต้ ทำให้เกิดแสงในแนวทแยง และมีมุมเงยของดวงอาทิตย์ต่ำ ทำให้ยากแก่การป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ รวมถึงองค์ประกอบภายในอาคารมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ทำให้เกิดแสงแยงตาขึ้นภายในอาคาร ซึ่งยากแก่การป้องกัน และแก้ไขให้สามารถใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการป้องกันความจ้าที่เกิดขึ้นกับอาคาร ในกรณีที่ไม่สามารถควบคุมแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ เนื่องจากมุมเงยของดวงอาทิตย์มีมุมต่ำ อันเกิดจากตำแหน่งของอาคารไม่อยู่ตามแนวทางการออกแบบ ต้องใช้อุปกรณ์ประกอบเข้ามาช่วยซึ่งอุปกรณ์ประเภทนี้ ได้แก่ อุปกรณ์บังแดดประเภทที่เป็นเกล็ด (Louvers) มู่ลี่บังแดด (Blinds) และผ้าม่าน

#### 3.8.1.1 อุปกรณ์บังแดดประเภทเป็นเกล็ด

เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะคล้ายกับอุปกรณ์บังแดดทั่วไป แต่มีจำนวนของแผ่นของวัสดุมากขึ้น ตามความต้องการที่จะป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาไหน อุปกรณ์ประเภทนี้มีประสิทธิภาพในการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์มาก แต่มีข้อเสียคือ องค์ประกอบแสงของท้องฟ้าสามารถผ่านช่องเปิดเข้ามาได้น้อย และผู้ใช้อาคารแทบจะไม่มีมุมมองเปิดออกสู่ด้านนอกของอาคาร ขนาดของอุปกรณ์ประเภทนี้ ขึ้นอยู่กับมุมเงยของดวงอาทิตย์ แต่ข้อดีของอุปกรณ์บังแดดประเภทนี้อยู่ที่ จำนวนแผ่นของเกล็ดทำหน้าที่เหมือนเป็นหิ้งสะท้อนแสงคือ เกิดการสะท้อนแสงจากผิวด้านบนของอุปกรณ์เข้าสู่ฝ้าเพดาน ช่วยกระจายแสงไปยังตอนลึกของอาคาร แต่ค่าสะท้อนแสงของอุปกรณ์ประเภทนี้ต้องมีค่าอยู่ในช่วง 0.50-0.70 เนื่องจากถ้ามีค่าสูงเหมือนกับหิ้งสะท้อนแสง ทำให้เกิดความส่องสว่างสะท้อนจากอุปกรณ์เข้าสู่สายตาของผู้ใช้อาคารได้



รูปที่ 3.38 แสดงรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดประเภทเกล็ด



รูปที่ 3.39 แสดงการเปรียบเทียบอัตราของปริมาณแสงที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคาร

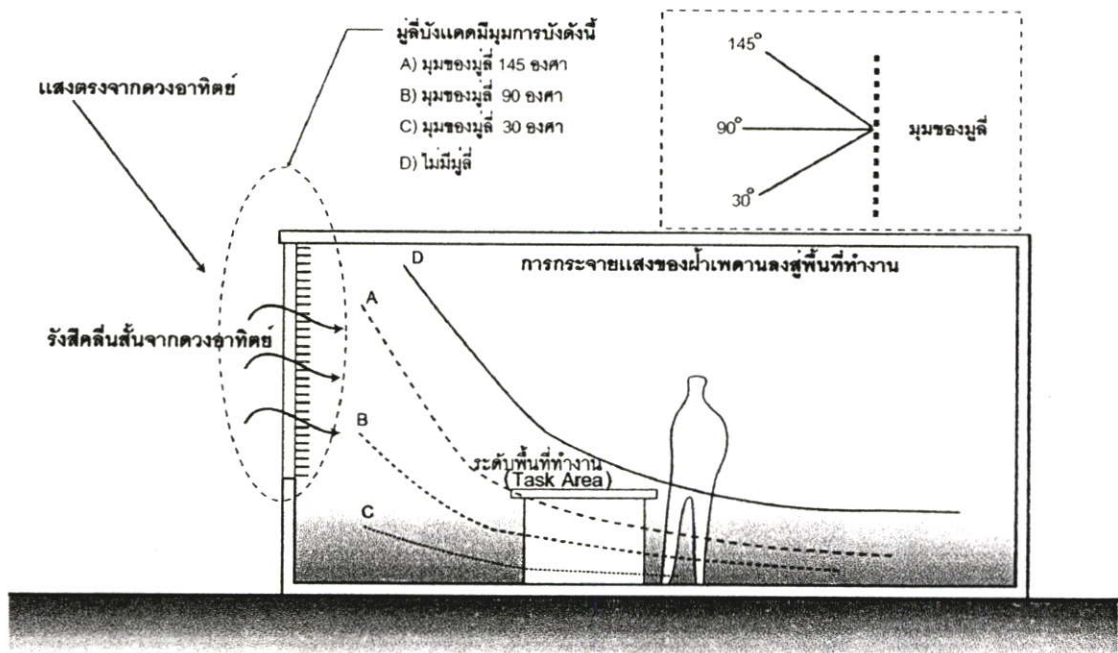
- A) อุปกรณ์บังแดดแนวอนธรรมาดา      B) อุปกรณ์บังแดดแบบเกล็ดยาว  
C) อุปกรณ์บังแดดแบบเกล็ดสั้น

จากภาพที่ 3.39 แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบเชิงปริมาณของแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้าสู่อาคาร อุปกรณ์บังแดดแบบเกล็ดมีลักษณะคล้ายๆกับหลักการทำงานของห้องสะท้อนแสง คือ

ช่วยสะท้อนแสงสู่ฝ้าเพดานให้เกิดการกระจายแสงบนฝ้าเพดานเข้าสู่ส่วนลึกของอาคาร แต่จะขาดองค์ประกอบแสงจากท้องฟ้าที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคาร ซึ่งเป็นปริมาณความสว่างหลักที่เกิดขึ้นภายในอาคาร แต่ทั้งนี้มิใช่ข้อเสียที่การเสียมุมมองออกสู่อาคาร

### 3.8.1.2 มู่ลี่บังแดด

สำหรับมู่ลี่บังแดด เหมาะกับการใช้งานในส่วนของอาคารที่ไม่สามารถควบคุมแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ แต่สำหรับประเทศไทยข้อเสียที่สำคัญต่ออุปกรณ์ประเภทนี้ คือการติดตั้งภายในอาคาร ซึ่งไม่สามารถป้องกันแสงตรงที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคารได้ เนื่องจากรังสีคลื่นสั้นสามารถทะลุผ่านกระจกเข้าสู่อาคารได้ และก่อให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคาร จึงจัดเป็นทางเลือกสำหรับกรณีที่ไม่สามารถควบคุมแสงตรงได้ เช่น ทางทิศตะวันตก และตะวันออกของอาคาร ซึ่งมีลักษณะการทำงานคล้ายกับอุปกรณ์บังแดดประเภทเกล็ด คือช่วยในการสะท้อนแสงสู่ฝ้าเพดานด้วย



รูปที่ 3.40 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณความสว่างภายในอาคารเมื่อใช้มู่ลี่ที่มีมุมต่างกัน (ทีมา ; Claude L. Robbins, *Daylight Design and Analysis*, New York. 1986)

จากภาพที่ 3.40 แสดงให้เห็นปริมาณแสงภายในอาคารเชิงเปรียบเทียบ แสดงให้เห็นว่ามู่ลี่ที่มีการปรับองศาต่ำ มีผลต่อปริมาณแสงโดยรวมของอาคาร แต่สามารถป้องกันแสงตรงได้ทั้งหมด แต่ถึงอย่างไรก็ตามความร้อนสะสมเกิดขึ้นภายในอาคารเนื่องจาก รังสีของดวงอาทิตย์ส่องผ่านกระจกเข้ามา ทำให้เพิ่มภาระทำความเย็นให้แก่อาคาร

### 3.8.2 สรุปคุณภาพของแสงธรรมชาติภายในอาคาร

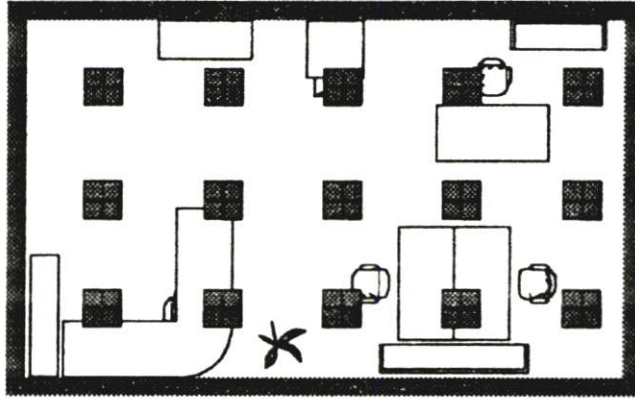
คุณภาพของแสงธรรมชาติภายในอาคารที่เหมาะสมนั้น ต้องเริ่มตั้งแต่การออกแบบอาคารตามขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร เพื่อที่จะได้ประโยชน์สูงสุดกับการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร ส่วนการใช้อุปกรณ์ช่วยนั้นส่วนมากเป็นการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับอาคารอยู่ก่อนแล้ว ย่อมไม่สามารถนำแสงธรรมชาติให้บรรลุเป้าหมายหลักได้ แต่ช่วยให้ผู้ใช้อาคารไม่เกิดความไม่สบายในการใช้งาน

### 3.9 แสงประดิษฐ์สำหรับอาคารสำนักงาน

ความส่องสว่างของพื้นที่สำนักงานต้องมีการให้แสงโดยมีความสว่างอย่างสม่ำเสมอ โดยทั่วไปพื้นที่ทำงานส่วนนี้ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทคูลไวท์ (Cool White) หรือ เเดย์ไลท์ (Daylight) โคมฟลูออเรสเซนต์ที่นิยมใช้กันมากได้แก่ โคมตัวสะท้อนแสงแบบอลูมิเนียม โดยที่อลูมิเนียมที่ใช้มีสองประเภท คือ แบบกระจกเงา และแบบด้าน อลูมิเนียมแบบกระจกเงาอาจก่อให้เกิดปัญหาแสงจ้าแยงตาได้ แต่ให้ความสว่างมากกว่าอลูมิเนียมแบบด้าน โคมไฟฟ้าที่นิยมสำหรับอาคารสำนักงานมีอีกประเภทหนึ่งคือ โคมแบบมีแผ่นกรองแสง โดยแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ แบบขาวขุ่น และแบบเกล็ดแก้ว โคมไฟประเภทนี้ช่วยป้องกันแสงจ้าบาดตาแก่ผู้ใช้อาคาร แต่ให้ความส่องสว่างค่อนข้างต่ำ จึงทำให้ค่อนข้างสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า เหมาะสำหรับห้องที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนักและห้องที่สำคัญ เช่นห้องผู้จัดการ ฯลฯ โคมแบบมีแผ่นกรองแสงเมื่อมีการใช้ในระยะเวลา นาน อาจทำให้ตัวกรองแสงของดวงโคมเปลี่ยนเป็นสีเหลือง เนื่องจากรังสี UV จากหลอดฟลูออเรสเซนต์

#### 3.9.1 พื้นที่สำนักงานเปิด

พื้นที่สำนักงานเปิด เป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ไม่มีการกั้นเป็นห้อง การให้แสงประเภทนี้ต้องมีการวางโคมไฟฟ้า ที่สามารถให้แสงอย่างสม่ำเสมอทั่วบริเวณพื้นที่ทำงาน และต้องไม่ให้มีระยะห่างจากโคมไฟมากเกินไป



รูปที่ 3.41 แสดงการให้แสงสว่างในพื้นที่สำนักงานแบบเปิด

### 3.9.2 พื้นที่สำนักงานแบบกั้นคอก

พื้นที่สำนักงานแบบกั้นคอก เป็นพื้นที่สำนักงานแบบเปิดที่มีการแบ่งส่วนพื้นที่การทำงาน โดยการกั้นคอก (Partition) การออกแบบติดตั้งโคมไฟฟ้าต้องพิจารณาถึงพื้นที่ภายในบริเวณนั้น กับพื้นที่โดยรวมของอาคาร เพราะอาจเกิดเงาจากการกั้นคอกในบริเวณโต๊ะทำงานได้

### 3.9.3 ห้องสำนักงาน

ห้องสำนักงาน เป็นพื้นที่สำนักงานที่มีการกั้นห้องเป็นส่วนอย่างชัดเจน เช่น ห้องผู้จัดการ ห้องหัวหน้า ฯลฯ การให้แสงประเภทนี้แบ่งการพิจารณาสองแบบ ได้แก่ ห้องที่มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบภายในห้องบ่อย ควรออกแบบโคมที่ให้สม่ำเสมอทั่วบริเวณห้อง และ ห้องที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบภายในห้อง ควรออกแบบให้แสงแบบเน้นเป็นที่ เช่น บริเวณโต๊ะทำงาน ออกแบบติดตั้งโคมไฟฟลูออเรสเซนต์ให้มีความสว่างที่ 300 ลักซ์ ส่วนบริเวณอื่นสามารถออกแบบได้ตามความต้องการได้

### 3.9.4 ห้องประชุม

ห้องประชุม เป็นห้องที่เน้นการควบคุมปริมาณความสว่างที่เกิดขึ้นภายในห้อง ห้องประชุมมีการใช้แสงที่มีการใช้งานหลากหลาย เช่น ใช้ในการประชุม ฉายสไลด์ ฉายวีดิทัศน์ ฯลฯ ในการออกแบบโคมไฟฟ้าสำหรับห้องประชุมควรมีรายละเอียดดังนี้

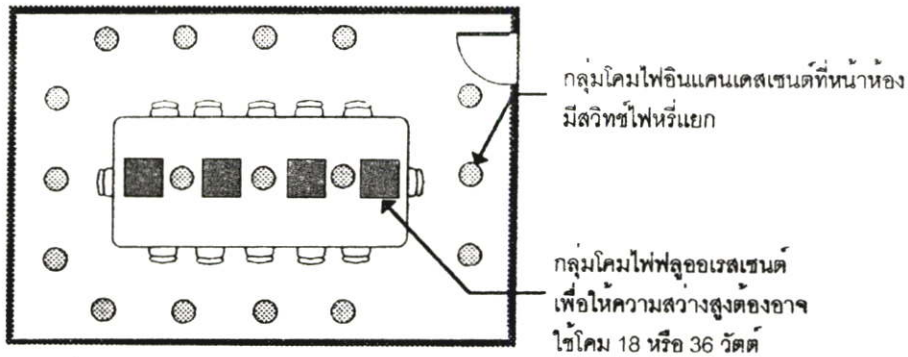
3.9.4.1 การให้โคมไฟประเภทกลุ่มของอินแคนเดสเซนต์ บริเวณกลางโต๊ะประชุมโดยสามารถหรี่ไฟได้ เพื่อใช้สำหรับ การฉายวีดิโอ สไลด์ ฯลฯ

3.9.4.2 แสงไฟเน้นบริเวณหน้าห้อง หรือ กระดาน ออกแบบให้มีกลุ่มไฟอินแคนเดสเซนต์เฉพาะที่มีการเน้นความสว่างที่หน้าห้อง หรือการบรรยาย

3.9.4.3 ไฟกลางห้อง หรือกลางโต๊ะประชุม ออกแบบให้เป็นโคมแบบฟลูออเรสเซนต์ชนิด คูโลไวท์ เนื่องจากหลอดประเภทนี้ เป็นหลอดที่มีแสงเหมาะสมสำหรับความสว่างที่ 500 ลักซ์

และมีความกลมกลืนกับหลอดประเภท อินแคนเดสเซนต์ และใช้โคมแบบมีแผ่นกรองแสง เพื่อให้แสงที่ได้มีความสบายตา และไม่ก่อให้เกิดแสงแยงตา

3.9.4.4 ไฟข้างกำแพง โดยทั่วไปใช้โคมประเภทสปอร์ตไลท์ หรือโคมไฟเสาดำแพง เพื่อเน้นรูปภาพ และเน้นผนัง ให้มีความรู้สึกกว้างขวางขึ้น



รูปที่ 3.42 แสดงตัวอย่างการให้แสงในห้องประชุม

### 3.9.5 สวิตช์ปิดเปิดไฟสำนักงาน

สวิตช์ปิดเปิดไฟสำนักงาน แยกการพิจารณาได้ 3 กลุ่มได้แก่

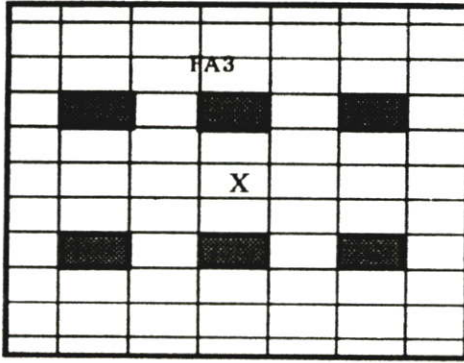
3.9.5.1 สวิตช์ปิดเปิดในห้อง เป็นสวิตช์ไฟธรรมดาทั่วไป

3.9.5.2 สวิตช์ปิดเปิดในพื้นที่ทำงานโล่ง ส่วนใหญ่นิยมปิดเปิดจากเบรกเกอร์เนื่องจากหลอดมีจำนวนมาก แต่การปิดเปิดประเภทนี้ กระแสรวมจากหลอดในวงจรเบรกเกอร์ไม่ควรมากกว่า 50% ของอัตราเบรกเกอร์ ยกเว้นว่าเบรกเกอร์ที่ใช้เป็นเบรกเกอร์ชนิดสำหรับไฟแสงสว่างโดยเฉพาะ

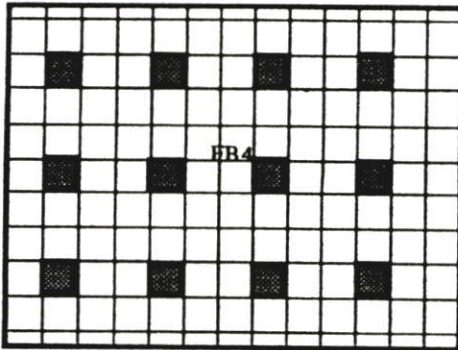
3.9.5.3 สวิตช์ปิดเปิดสำหรับไฟนำทาง อยู่ใกล้กับประตูทางเข้าเพื่อนำทางไปสู่แผงสวิตช์ไฟหลักหรือเบรกเกอร์

### 3.9.6 การจัดโคมตามชนิดฝ้าเพดาน

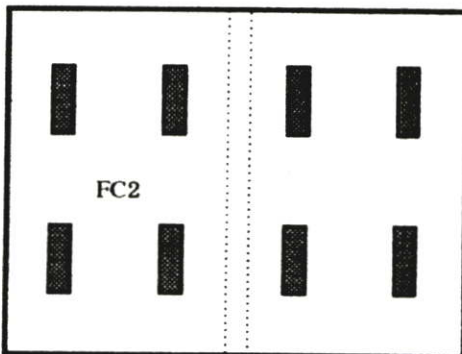
การจัดโคมประเภทนี้ ต้องพิจารณาประเภทของฝ้าเพดานก่อนที่ทำการออกแบบ เนื่องจากมีความแตกต่างกันของรูปแบบ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อกรออกแบบแสงสว่างได้ ดังตัวอย่าง



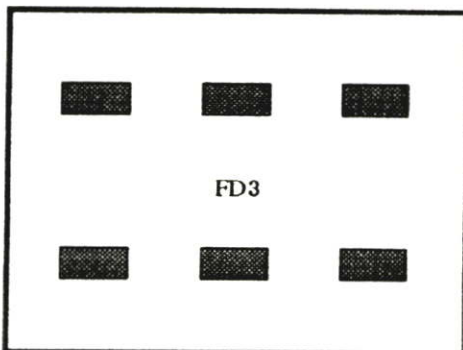
การตีฝ้าที่เหมาะสมกับการลงโคมควรเริ่มจากการลงฝ้าแผ่น X แผ่นแรกให้ลงกึ่งกลางห้องแล้วค่อยตีฝ้าแผ่นอื่นๆตามแผ่น X นี้ การลงโคมบนฝ้าที่บาร์ 60x120 ซม. ต้องลงโคมให้ลงล็อกที่บาร์ และในรูปเป็นการลงโคมแบบ 3 หลอดขนาด 36 วัตต์ต่อโคม (ใช้สัญลักษณ์ FA3)



เมื่อใช้หลอดขนาด 18 วัตต์เพื่อลงล็อกฝ้า 60 x60 ก็ต้องคำนวณให้ลูเมนของแสงเหมือนเดิม คือ รูปบนใช้ 6โคม x3 หลอดต่อโคม x3000 ลูเมน/หลอด เมื่อต้องการใช้หลอด 18 วัตต์ซึ่งมี 1200 ลูเมน/หลอด คำนวณใช้หลอด  $6 \times 3 \times 3000 / 1200 = 45$  หลอด หรือ 4หลอดต่อโคม ใช้ทั้งหมด 12 โคม



เมื่อไม่มีฝ้าและมีคานขวางกลางดั่งเส้นประในรูปก็จำเป็นต้องลงโคมให้ลงล็อกระหว่างคาน และจากรูปบนที่ใช้หลอด 36 วัตต์ใช้ทั้งหมด 18 หลอด ดังนั้นเพื่อไม่ให้มีปัญหาเรื่องระยะระหว่างโคมจึงให้ใช้โคม 2 หลอด/โคม จะต้องใช้โคมทั้งหมด 8 โคม หรือ 16 หลอดซึ่งน้อยกว่าเดิมบ้าง



เมื่อเป็นฝ้าแบบฉาบเรียบ การวางโคมก็ค่อนข้างทำได้ง่าย ซึ่งสามารถให้ระยะโคมจากกำแพงเป็นสัดส่วนกับระยะห่างระหว่างโคมได้ตามต้องการ ดังนั้นจำนวนหลอดก็เท่ากับแบบแรกถ้าใช้โคมแบบเดียวกัน

รูปที่ 3.43 แสดงรูปแบบการวางโคมบนฝ้าเพดานประเภทต่างๆ ในความส่องสว่างใกล้เคียงกัน

## บทที่ 4

### กรณีศึกษาอาคารตัวอย่าง

#### อาคารสำนักงานกรมการผังเมือง อาคาร 4

การศึกษาอาคารสำนักงานกรมการผังเมือง เป็นการศึกษเกี่ยวกับองค์ประกอบของอาคารที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่อาคาร เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพการใช้แสงสว่างจากแสงธรรมชาติภายในอาคาร และวิเคราะห์ถึงข้อปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อสรุปถึงแนวทางการปรับปรุงอาคารให้สามารถใช้ความสว่างจากแสงธรรมชาติในส่วนของพื้นที่ทำงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด และส่งผลต่อการประหยัดพลังงานโดยรวมของอาคาร

#### 4.1 ข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร

อาคารสำนักงานกรมการผังเมืองอาคาร 4

4.1.1 ที่ตั้งอาคาร เลขที่ 224 ถนนพระรามเก้า เขตห้วยขวาง  
กรุงเทพมหานคร 10310

โทรศัพท์ 02-201-8360

4.1.2 ประเภทอาคาร สำนักงาน ขนาด 15 ชั้น

#### 4.1.3 เวลาทำงานของระบบพลังงานภายในอาคาร

- 1) ระบบปรับอากาศ เวลาทำงาน 7 ชั่วโมง/วัน, 250วัน/ปี
- 2) ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เวลาทำงาน 10 ชั่วโมง/วัน, 250วัน/ปี

#### 4.1.4 จำนวนพื้นที่ของอาคาร

- 1) พื้นที่ใช้สอยรวม 9410 ตารางเมตร
- 2) พื้นที่ปรับอากาศ 7160 ตารางเมตร
- 3) พื้นที่ไม่ปรับอากาศ 2250 ตารางเมตร

#### 4.1.5 รายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้า

- 1) เลขที่เครื่องวัดไฟฟ้า GOV/ว-055562
- 2) ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า ประเภท 6 (ส่วนราชการ)
- 3) ปริมาณการใช้ไฟฟ้า 1289466 kWh/ปี
- 4) เงินค่าไฟฟ้า 2903929 บาท/ปี
- 5) ราคาค่าไฟต่อหน่วย 2.25 บาท/kWh
- 6) ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า(TR 1) 1000 Kva
- 7) ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า(TR 2) 1000 Kva

8) ระดับแรงดันไฟฟ้า

12-24 Kv, 416/240 V

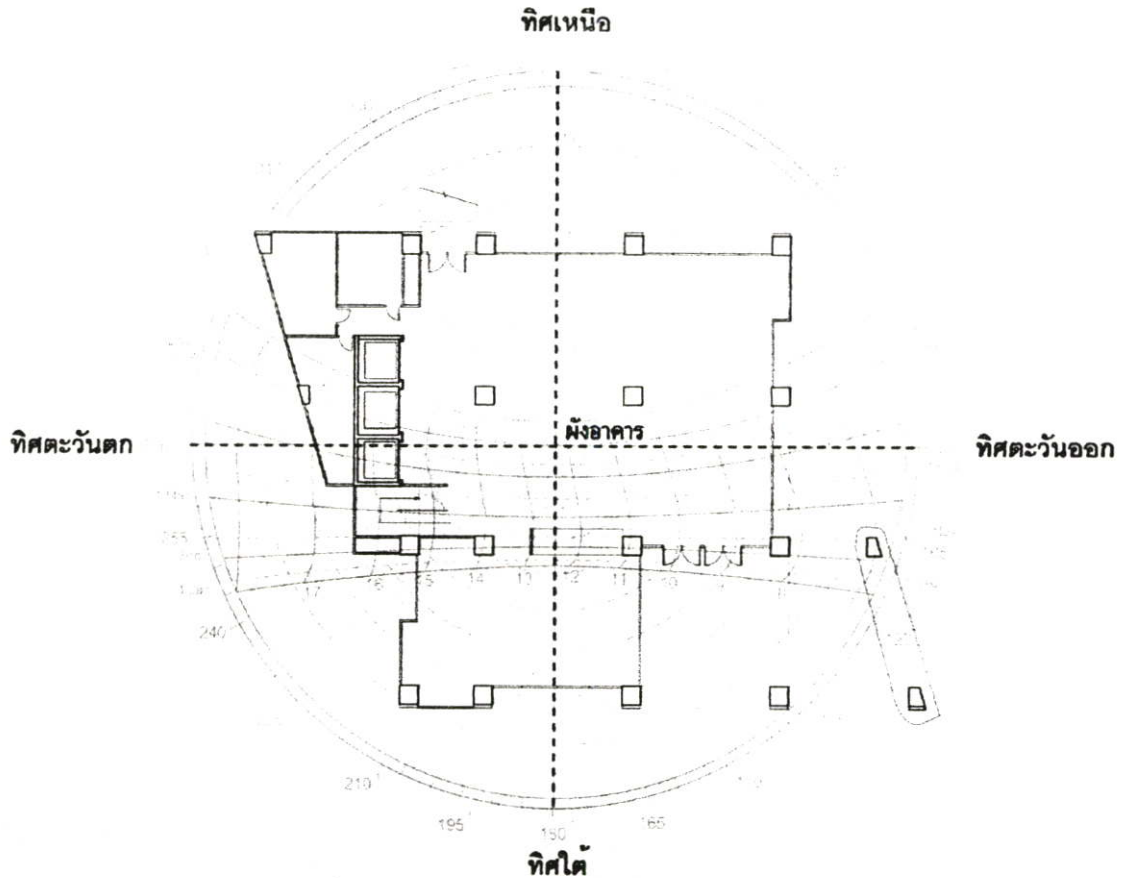
การศึกษาและวิเคราะห์อาคารสำนักงานกรมผังเมือง ในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร โดยมีการศึกษาและวิเคราะห์ แบ่งออกเป็น 2กรณี ได้แก่ กรณีการศึกษาของค้ประกอบภายนอกอาคาร และการศึกษาของค้ประกอบภายในอาคาร

## 4.2 การศึกษาของค้ประกอบภายนอกอาคาร

องค์ประกอบภายนอกอาคาร เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการนำแสงเข้ามาภายในอาคาร องค์ประกอบภายนอกจึงเป็นส่วนที่สำคัญในการพิจารณา และนำมาวิเคราะห์เพื่อเป็นประโยชน์ในการใช้แสงธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพภายในอาคาร องค์ประกอบภายนอกอาคารเปรียบเสมือนเป็นพื้นที่ด่านแรกที่แสงธรรมชาติผ่านเข้ามาภายในอาคาร การศึกษาของค้ประกอบภายนอกของอาคารมีรายละเอียดดังนี้

### 4.2.1 ทิศทางการวางของอาคาร

ลักษณะการจัดวางอาคาร มีการออกแบบอาคารให้มีการจัดวางผังของอาคารเป็นลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมีการออกแบบให้พื้นที่ของสำนักงาน ตั้งอยู่ในแนวทิศเหนือและเหนือใต้ เนื่องจากอาคารทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ สามารถควบคุมความร้อนที่เข้ามาจากการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ได้ง่าย โดยการใช้อุปกรณ์ที่ช่วยในการบังแสงติดตั้งไว้ที่บริเวณช่องเปิดของอาคาร ในส่วนของทิศตะวันออกและทิศตะวันตกของอาคารเป็นพื้นที่ที่แสงตรงจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านเข้ามาได้โดยตรงตามลักษณะวงโคจรของดวงอาทิตย์ และการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์สำหรับอาคารด้านทิศตะวันตกและทิศตะวันออกเป็นไปได้ยาก โดยทั่วไปอาคารทางด้านนี้มักจะถูกออกแบบให้เป็นผนังทึบแสงเป็นส่วนใหญ่ เพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนที่เกิดจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์ และจัดพื้นที่ใช้งานของอาคารให้เป็นส่วนที่ไม่สำคัญมากนัก เช่นพื้นที่ส่วนบริการของอาคาร พื้นที่ส่วนห้องน้ำและพื้นที่ของส่วนเก็บของเป็นต้น ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่มีผลกระทบต่อพื้นที่ทำงานของส่วนสำนักงาน



รูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นทิศทางการจัดวางผังของอาคารกรณีศึกษา

จากรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นถึงทิศทางการวางตัวของอาคาร และแนวการกระทำของดวงอาทิตย์ ซึ่งทางทิศตะวันตกของอาคาร มีการวางตำแหน่งพื้นที่ใช้สอยเป็นส่วนเก็บของ และส่วนบริการรวมถึงส่วนห้องน้ำ ซึ่งเป็นส่วนที่ช่วยในการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับทิศตะวันออกเป็นส่วนพื้นที่สำนักงาน แต่ประสบปัญหาในเรื่องแสงตรงจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่ภายในอาคาร และก่อให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคารรวมถึงความเข้มแสงที่มีปริมาณสูงจากแสงตรงของดวงอาทิตย์ ซึ่งอาจจะมีปริมาณความสว่างสูงถึง 100000 ลักซ์ ซึ่งเป็นปริมาณแสงที่สูงเกินไปต่อการใช้งานภายในอาคาร ในส่วนของอาคารด้านทิศตะวันตกและทิศตะวันออกเป็นส่วนพื้นที่สำนักงาน ซึ่งสามารถที่จะนำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมต่อการใช้งานเข้าสู่อาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### 4.2.2 สภาพแวดล้อมของอาคาร

จากแนวทางการออกแบบอาคารโดยนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ แสดงให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมของอาคารมีส่วนสำคัญต่อปริมาณแสงที่ผ่านเข้าสู่อาคาร จากการพิจารณาสภาพแวดล้อมของอาคารกรณีศึกษา สรุปได้ดังนี้



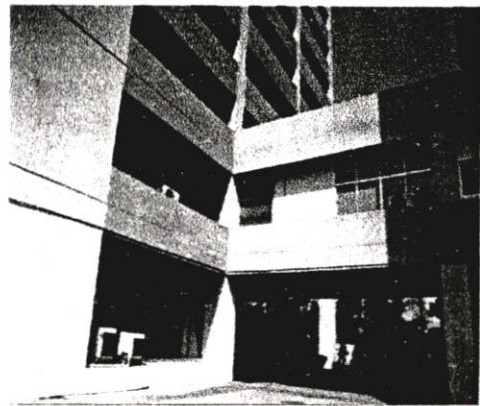
ทิศเหนือ



ทิศตะวันตก



ทิศตะวันออก



ทิศใต้

#### รูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นสภาพแวดล้อมโดยรวมของอาคารในทิศทางต่างๆ

##### 4.2.2.1 สภาพแวดล้อมด้านทิศเหนือของอาคาร

สภาพแวดล้อมด้านทิศเหนือของอาคาร เป็นบริเวณที่มีทางเชื่อมต่อออกไปสู่ด้านหลังของกรมการผังเมือง ซึ่งเป็นที่ตั้งของอาคารเก็บเอกสารและอาคารร้านค้าภายในพื้นที่กรมการผังเมือง โดยมีถนนภายในเชื่อมต่อ ในส่วนพื้นที่ที่อยู่ใกล้เคียงกับอาคารสำนักงาน เป็นอาคารจอดรถสูงเทียบเท่าชั้น 4 ของอาคารสำนักงานโดยมีทางเชื่อมต่อถึงกันระหว่างอาคาร โดยที่อาคารอยู่ห่างกันประมาณ 7 เมตร ลักษณะของอาคารจอดรถมีสภาพโปร่งไม่มีผนังอาคาร

##### 4.2.2.2 สภาพแวดล้อมด้านทิศตะวันออกของอาคาร

สภาพแวดล้อมด้านทิศตะวันออกของอาคาร เป็นที่ตั้งของพื้นที่ถนนภายในที่ใช้เชื่อมต่อกับ ส่วนต่าง ๆ ของกรรมการผังเมือง มีลักษณะเป็นถนนคอนกรีตกว้างจนถึงขอบพื้นที่ มีความกว้าง 6.00 เมตร พื้นที่ส่วนนอกของกรรมการผังเมืองมีลักษณะเป็นพื้นที่ว่างเปล่า โดยมีสภาพถูกปล่อย เป็นพื้นที่รกร้าง มีต้นไม้และพืชคลุมดินขึ้นหนาแน่นและไม่มีสิ่งปลูกสร้างอื่นใดตั้งอยู่ในส่วนพื้นที่ บริเวณนี้

#### 4.2.2.3 สภาพแวดล้อมด้านทิศตะวันตกของอาคาร

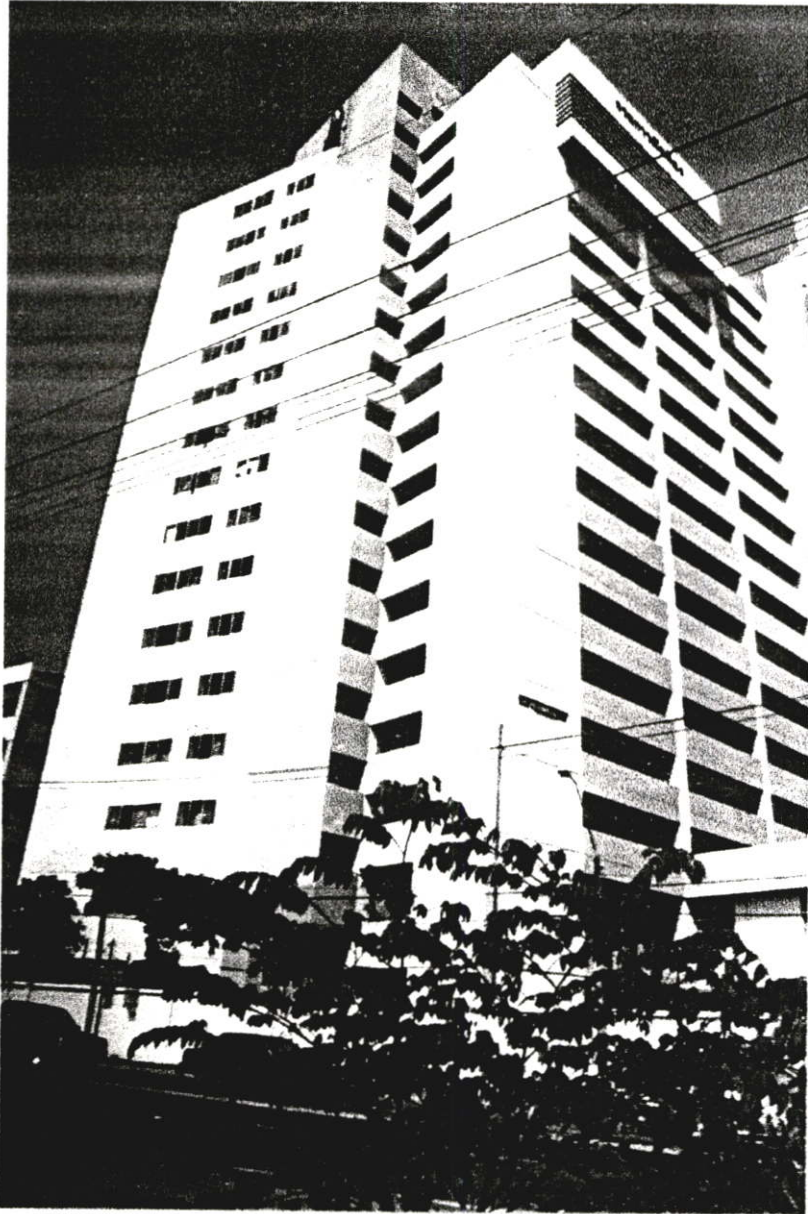
สภาพแวดล้อมด้านทิศตะวันตกของอาคาร อยู่ติดกับสวนริมของพื้นที่กรรมการผังเมือง ซึ่ง อยู่ติดกับถนนที่เชื่อมต่อยกขึ้นระหว่างถนนพระราม9และถนนเทียนร่วมมิตร สภาพแวดล้อมโดยรวมทาง ด้านทิศนี้มีลักษณะเป็นพื้นที่โล่งในส่วนบริเวณใกล้ๆกับอาคารกรณีศึกษา บริเวณที่ไกลออกจาก อาคารไปเริ่มมีอาคารอื่นวางตัวกันอยู่หนาแน่น เนื่องจากเป็นทิศทางที่เข้าไปสู่ศูนย์กลางของเมือง

#### 4.2.2.4 สภาพแวดล้อมด้านทิศใต้ของอาคาร

สภาพแวดล้อมด้านทิศใต้ของอาคารเป็นบริเวณที่เชื่อมต่อกับทางเข้าหลัก ติดถนนพระราม 9 โดยมีอาคารสำนักงานหลังอื่นของกรรมการผังเมืองจัดวางกันอยู่เรียงรายจากทางเข้าหลัก ส่วนที่อยู่ใกล้อาคารกรณีศึกษา ได้แก่อาคาร 3 เป็นอาคารที่มีความสูง 9 ชั้น ตั้งอยู่ห่างจากอาคารกรณี ศึกษาประมาณ 11 - 12 เมตร โดยมีทางเชื่อมต่อกันระหว่างอาคารที่บริเวณชั้นลอยของอาคารกรณี ศึกษา ซึ่งบริเวณที่เป็นจุดเชื่อมต่อนี้ถูกจัดให้เป็นพื้นที่สวนธุรการของสำนักงาน สำหรับอาคาร3ซึ่งเป็นอาคารข้างเคียงมีโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า สีภายนอกอาคารเป็นสี ขาว แต่ในปัจจุบันสีผนังด้านนอกเริ่มซีดจางตามอายุการใช้งานของอาคาร

#### 4.2.3 ลักษณะทางกายภาพของอาคาร

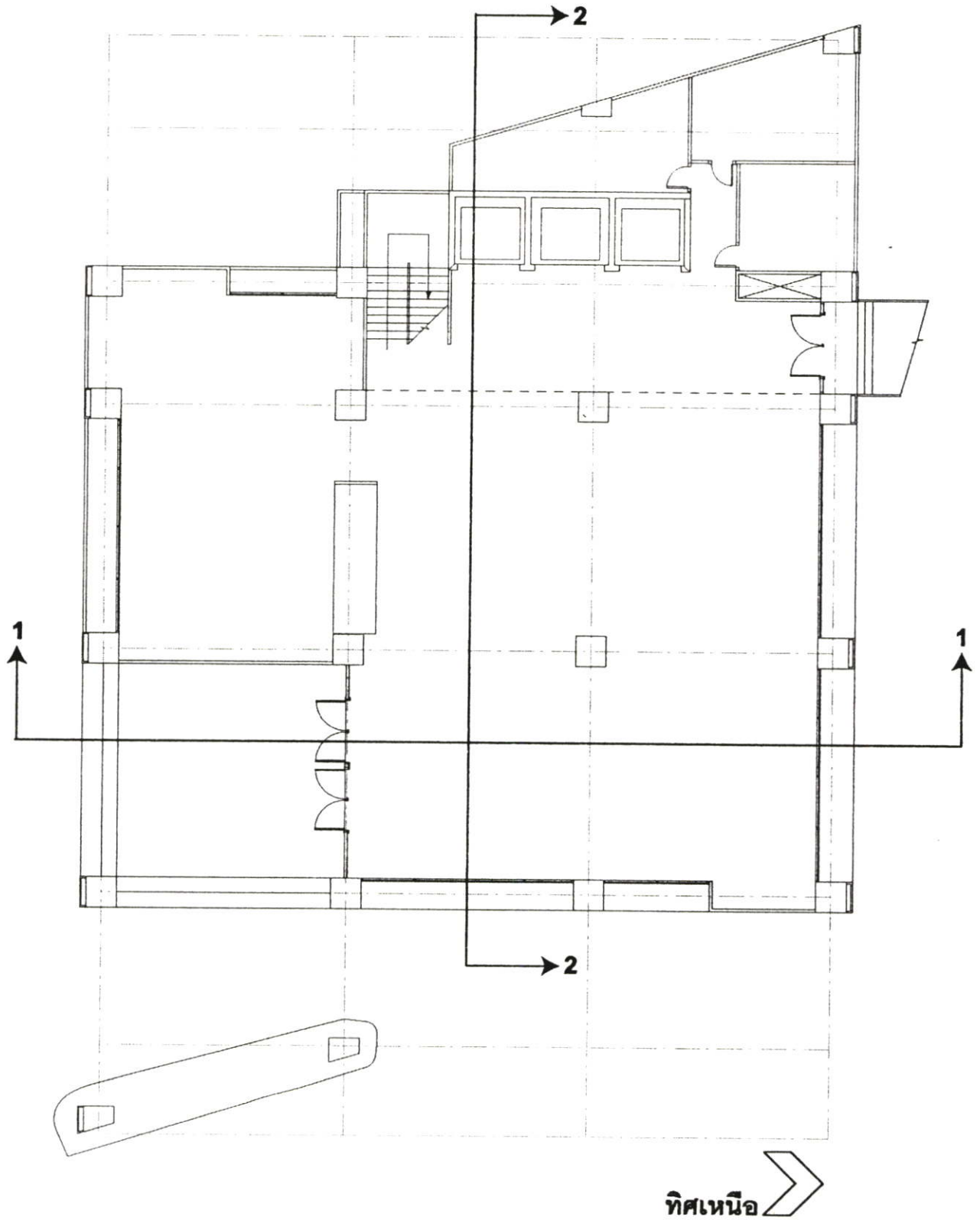
ลักษณะของอาคารกรณีศึกษาโดยทั่วไป มีโครงสร้างหลักของอาคารเป็น คอนกรีตเสริม เหล็ก ระบบเสา และคาน โดยใช้เสาคอนกรีตเสริมเหล็กขนาด 1 × 1 เมตร เป็นโครงสร้างหลัก พื้น ของอาคารโดยทั่วไปเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก ในส่วนผนังของอาคารโดยทั่วไป เป็นผนังก่ออิฐ มอญฉาบปูนเรียบ โดยมีผนังคอนกรีตเสริมเหล็กอยู่ทางด้านทิศตะวันตกของอาคาร เป็นส่วนของ ลิฟท์ ซึ่งจัดเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างโครงสร้างที่ช่วยเพิ่มความมั่นคงให้กับอาคาร



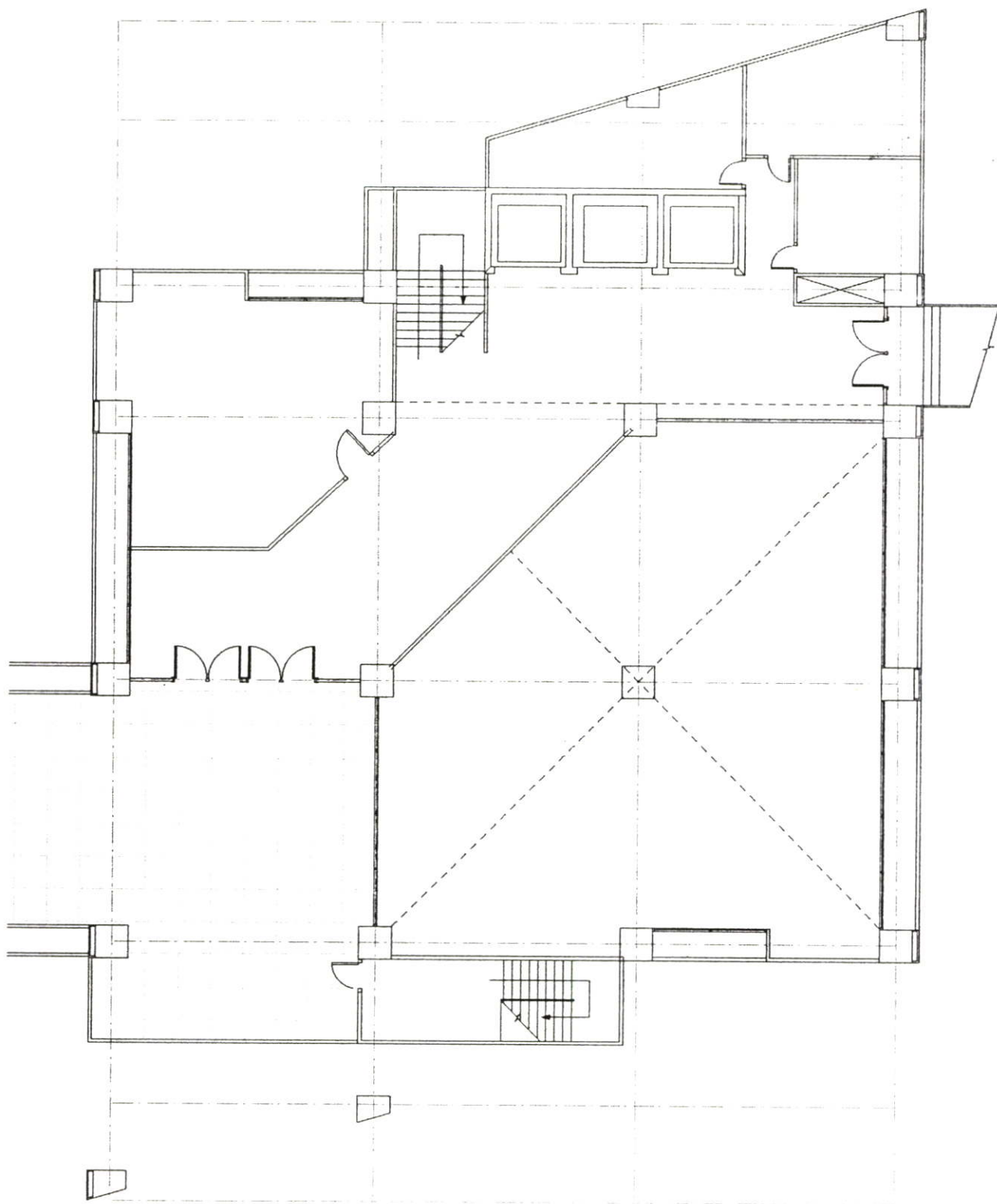
รูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นลักษณะภาพรวมของอาคารกรณีศึกษา

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดของโครงสร้างผนังทับของอาคารกรณีศึกษา

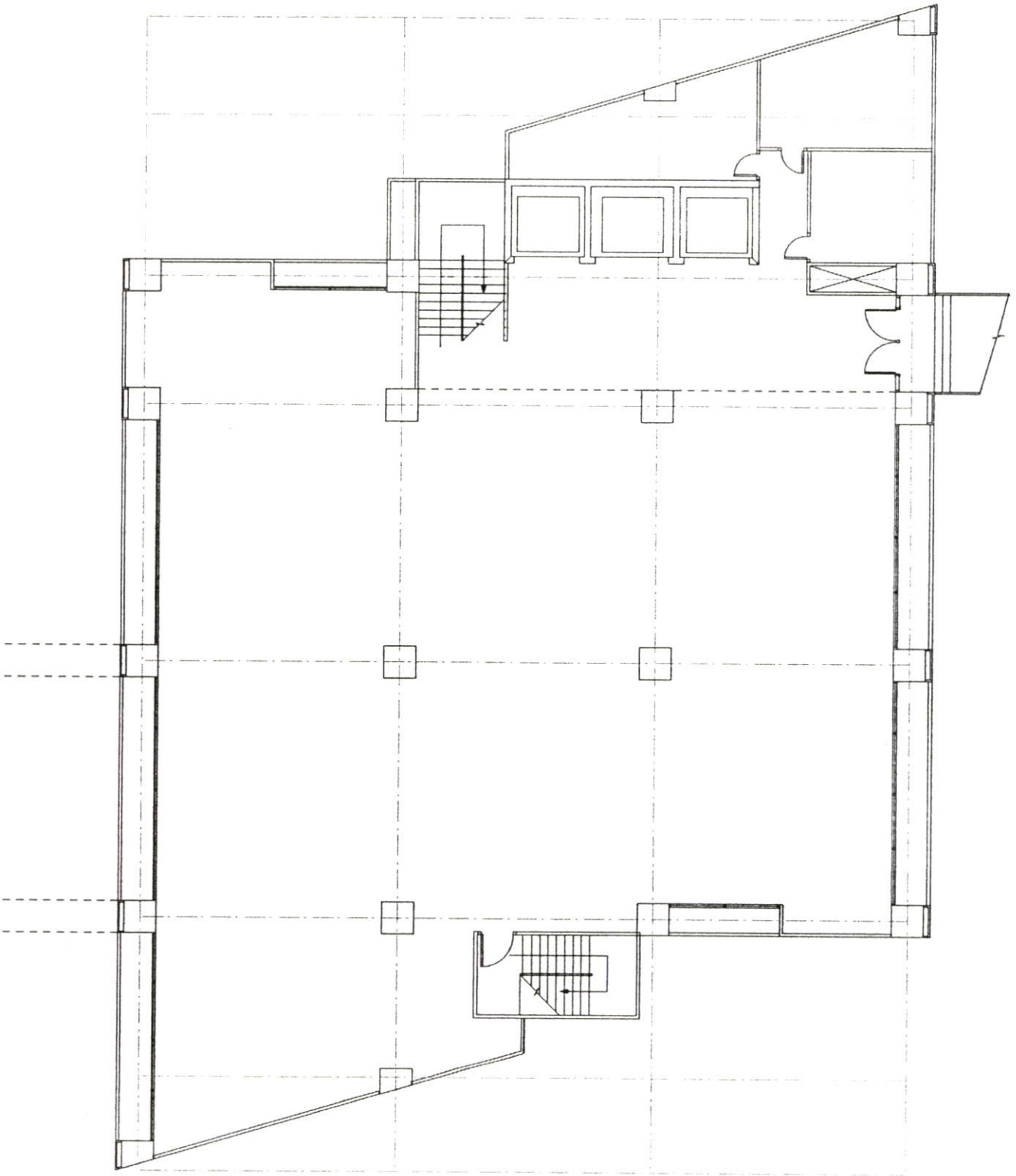
ลักษณะ ที่	ประเภทของวัสดุ และความหนา (มิลลิเมตร) ของผนัง						สีภายนอก
	ชั้นที่ 1	หนา	ชั้นที่ 2	หนา	ชั้นที่ 3	หนา	
1	ปูนฉาบ	10	อิฐมวลเบา	13	ปูนฉาบ	10	ขาว
2	ปูนฉาบ	10	อิฐมวลเบา	13	กระเบื้องเคลือบ	-	ขาว
3	ปูนฉาบ	10	อิฐมวลเบา	-	หินแกรนิต	-	-
4	ปูนฉาบ	10	อิฐมวลเบา	-	ปูนฉาบ	10	ขาว
5	ปูนฉาบ	10	อิฐมวลเบา	13	ปูนฉาบ	10	ขาว
6	ปูนฉาบ	10	อิฐมวลเบา	13	หินแกรนิต	-	-
7	ปูนฉาบ	10	อิฐมวลเบา	-	ปูนฉาบ	10	ขาว
8	ปูนฉาบ	10	คอนกรีต	-	ปูนฉาบ	10	ขาว
9	ผนังห้องน้ำ	-	-	-	-	-	-
10	ผนังซีเมนต์	-	-	-	-	-	-
11	ปูนฉาบ	10	อิฐมวลเบา	-	ปูนฉาบ	10	ขาว



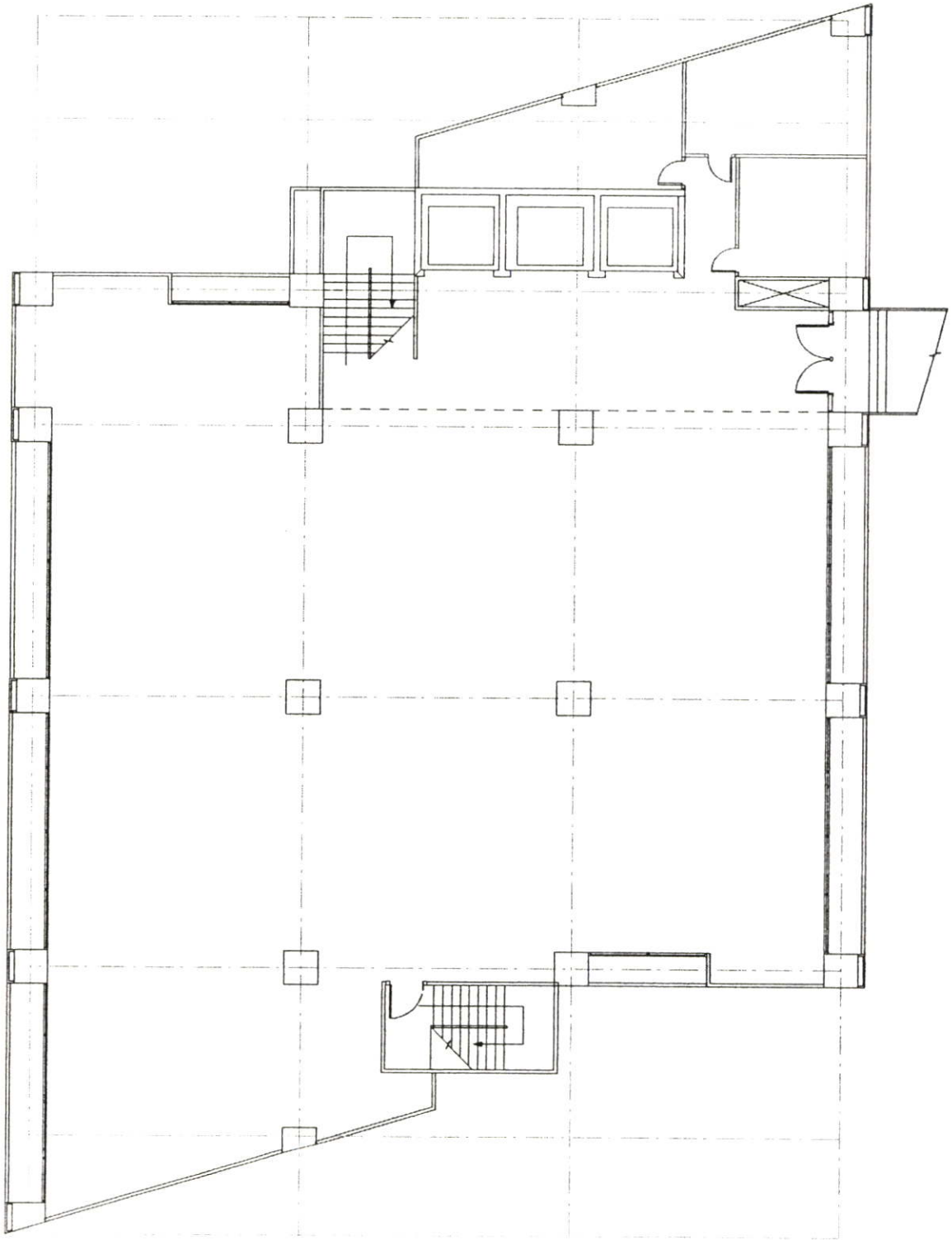
รูปที่ 4.4 ผังพื้นชั้น 1



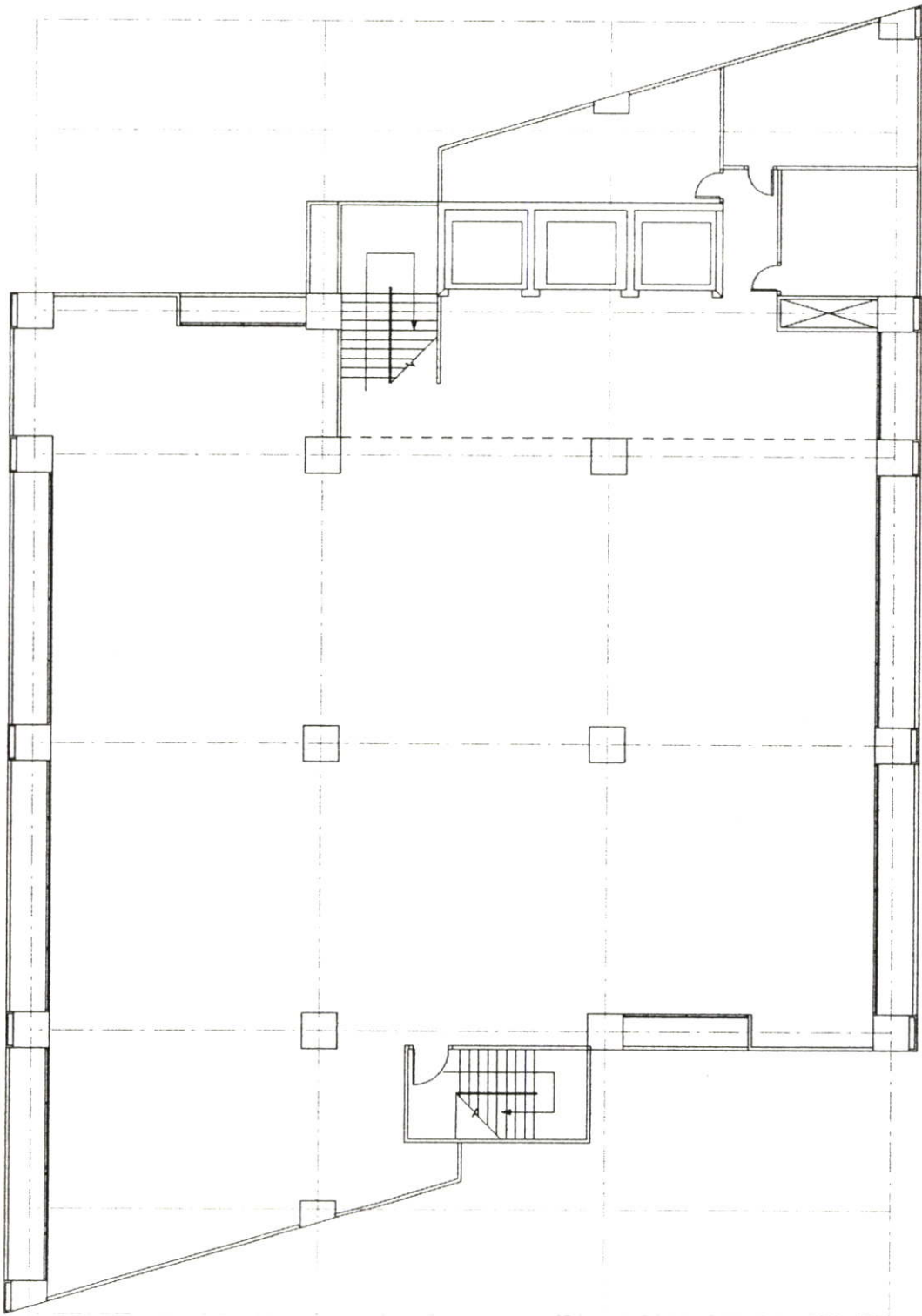
รูปที่ 4.5 ผังพื้นที่ลอย



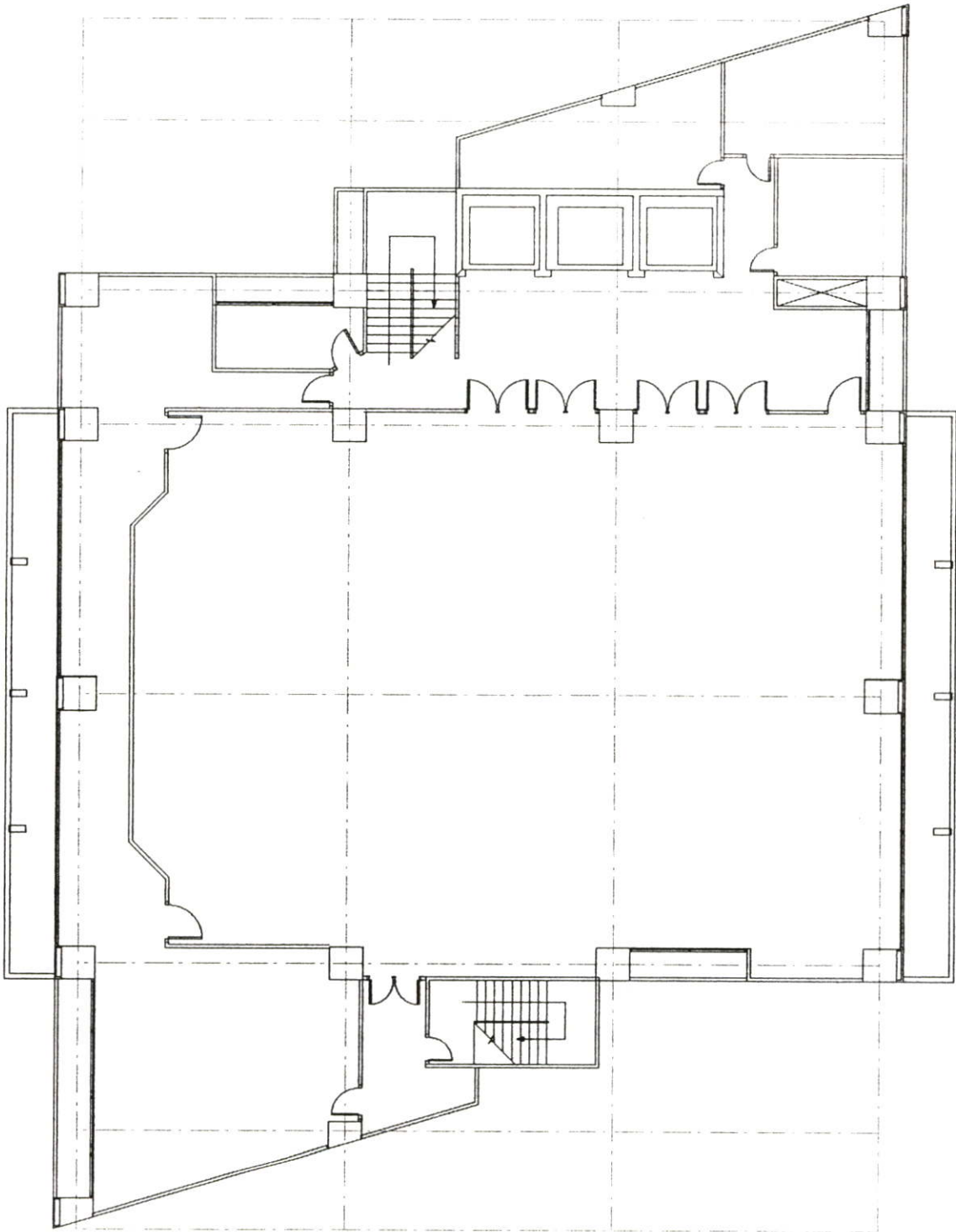
รูปที่ 4.6 ผังพื้นชั้น 2



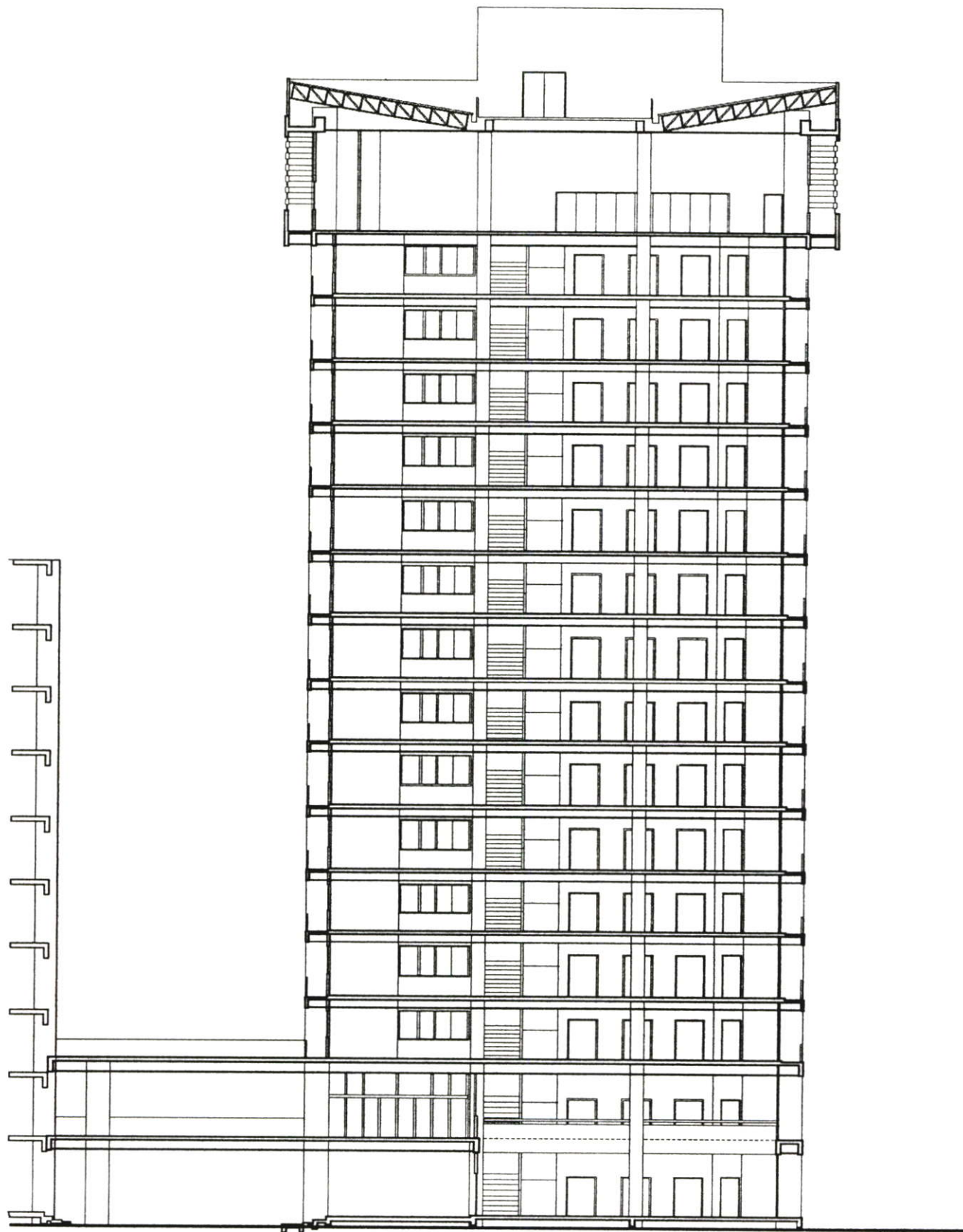
รูปที่ 4.7 ผังพื้นชั้น 3



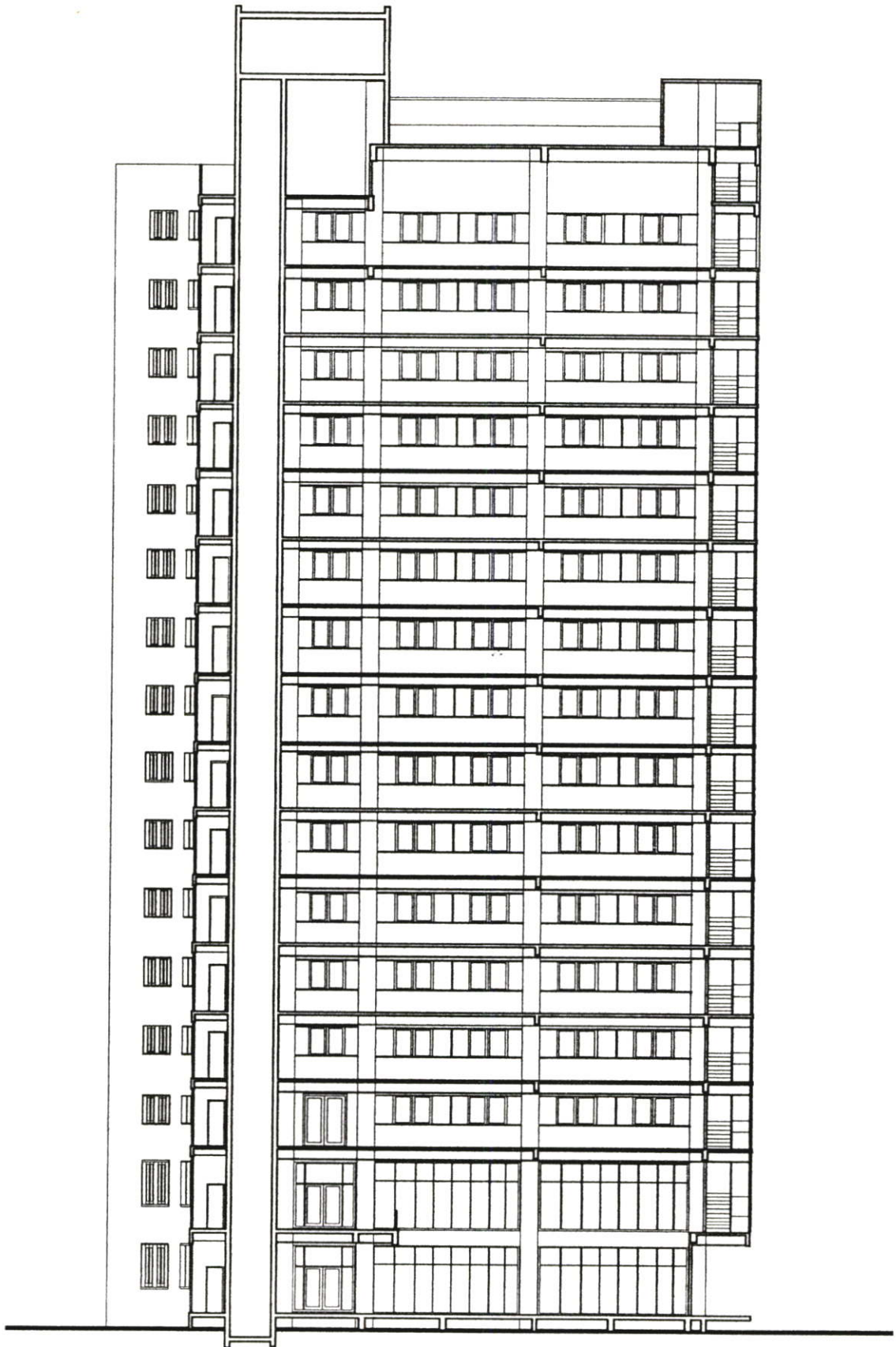
รูปที่ 4.8 ผังพื้นที่ 4-14



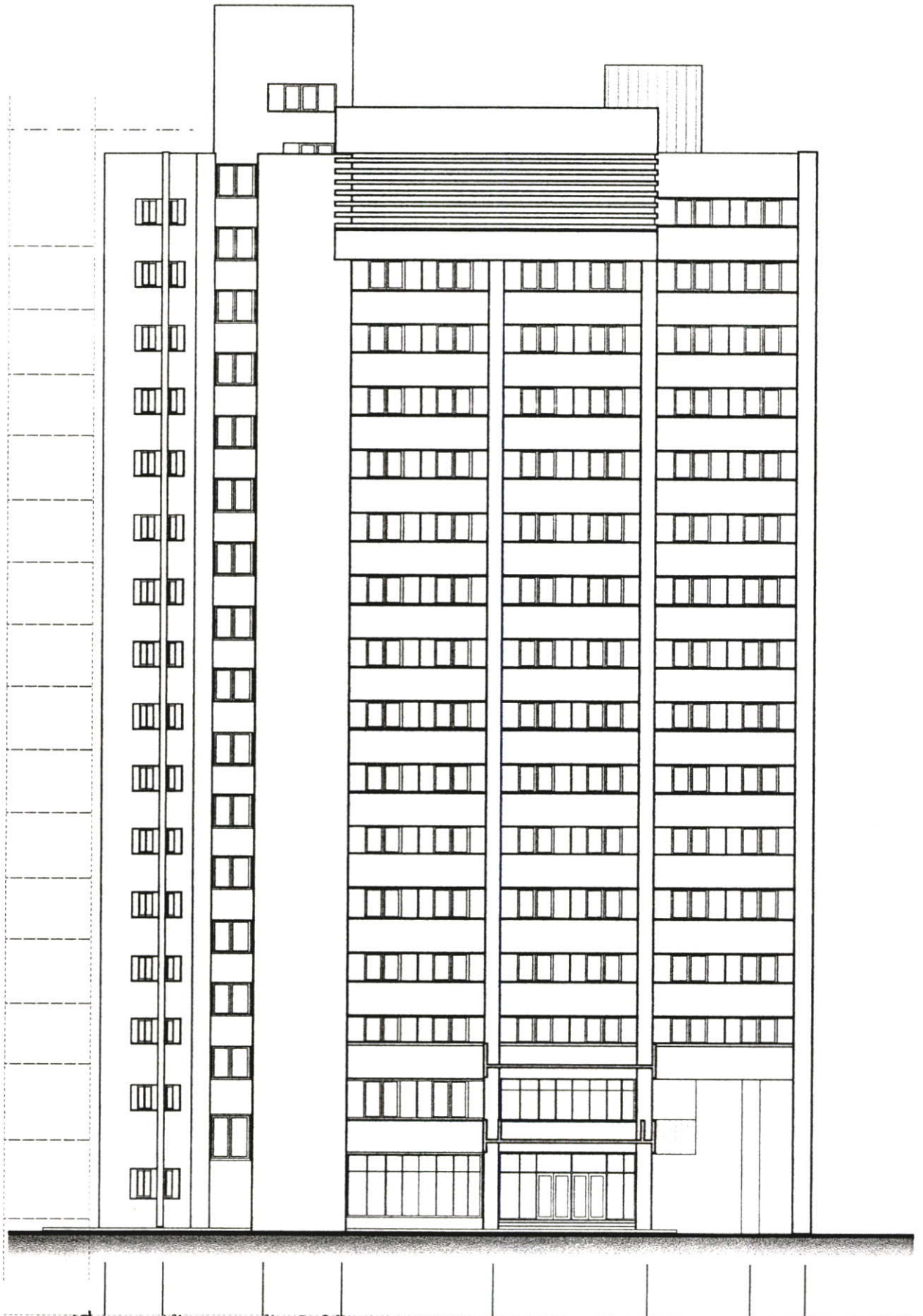
รูปที่ 4.9 ผังพื้นที่ชั้น 15



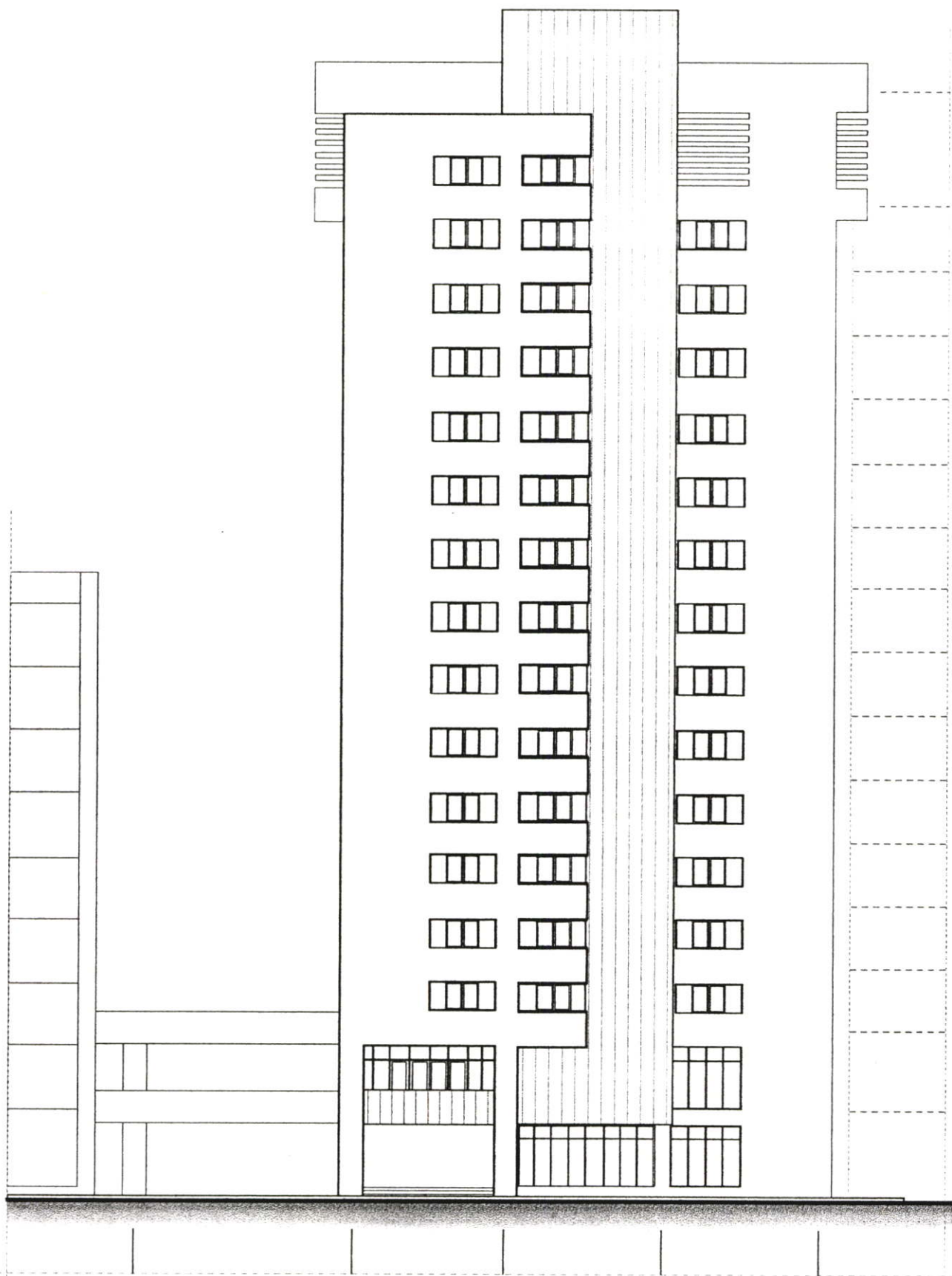
รูปที่ 4.10 รูปตัด 1-1



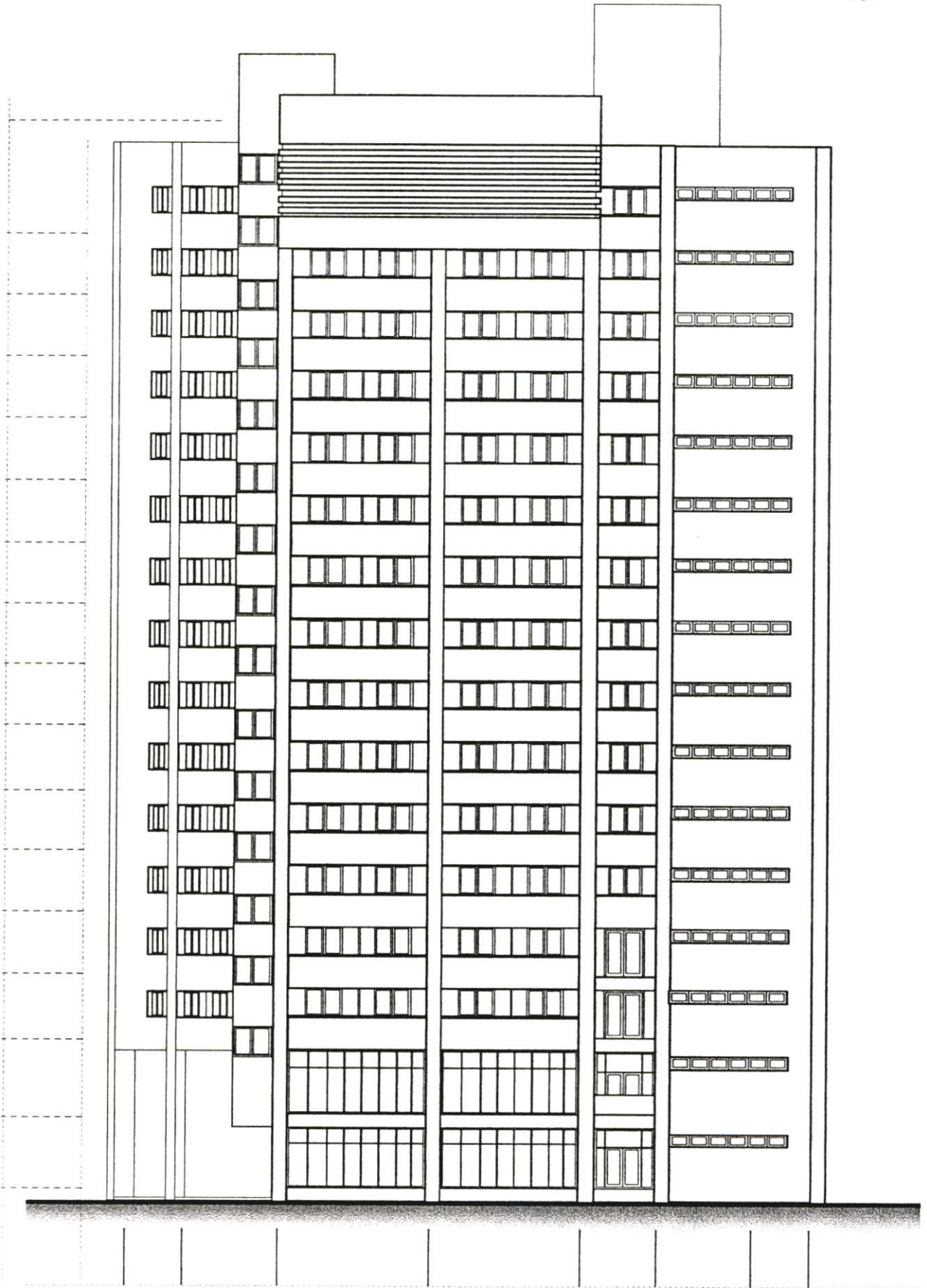
รูปที่ 4.11 รูปตัด 2-2



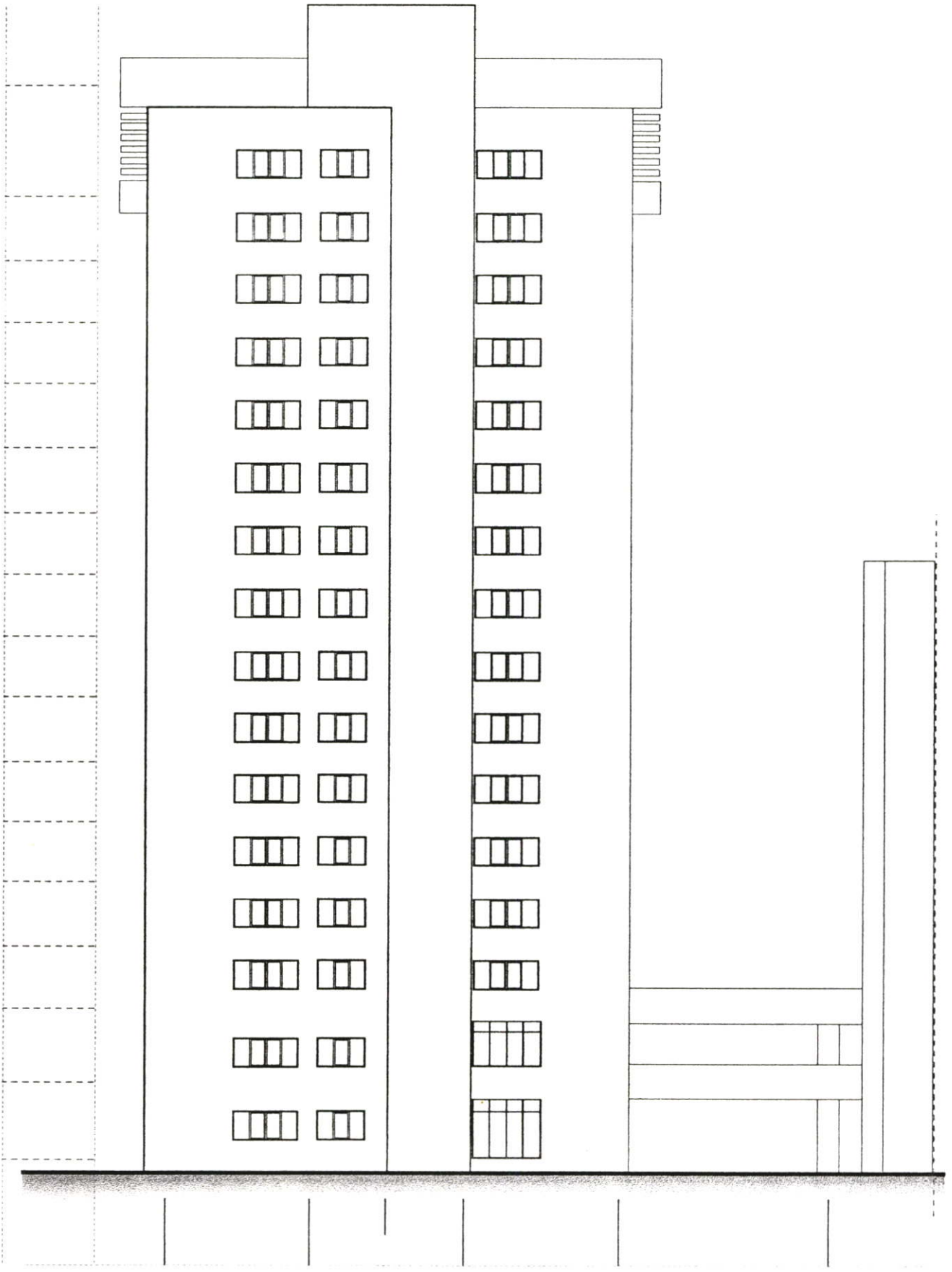
รูปที่ 4.12 รูปด้านอาคารด้านทิศใต้



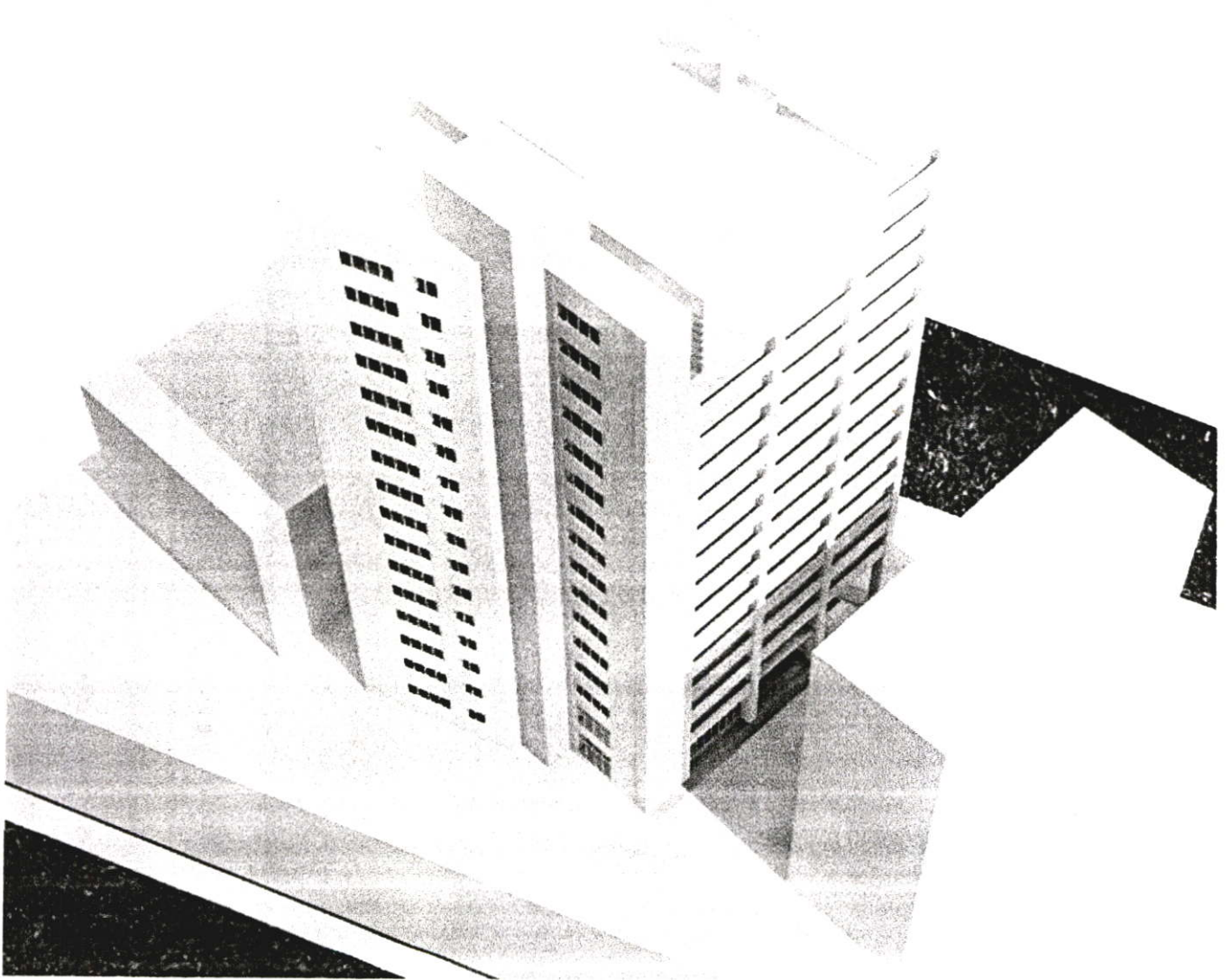
รูปที่ 4.13 รูปด้านอาคารด้านทิศตะวันออก



รูปที่ 4.14 รูปด้านอาคารด้านทิศเหนือ



รูปที่ 4.15 รูปด้านอาคารด้านทิศตะวันตก



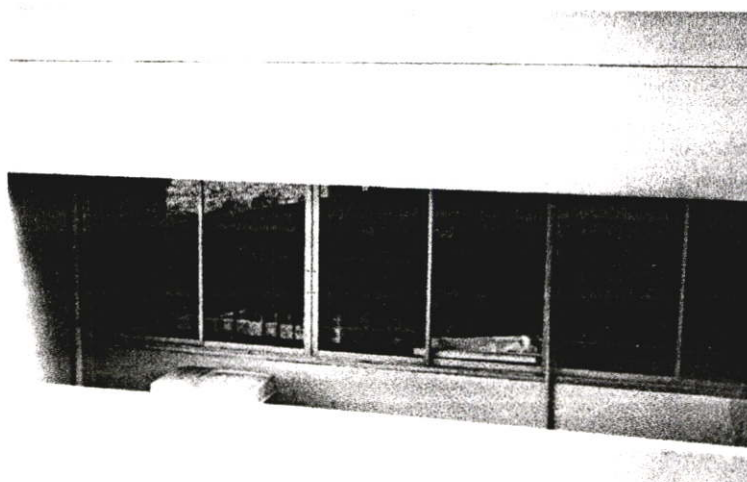
รูปที่ 4.16 ทักษิณภาพของอาคาร

#### 4.2.4 การศึกษาช่องเปิดของอาคาร

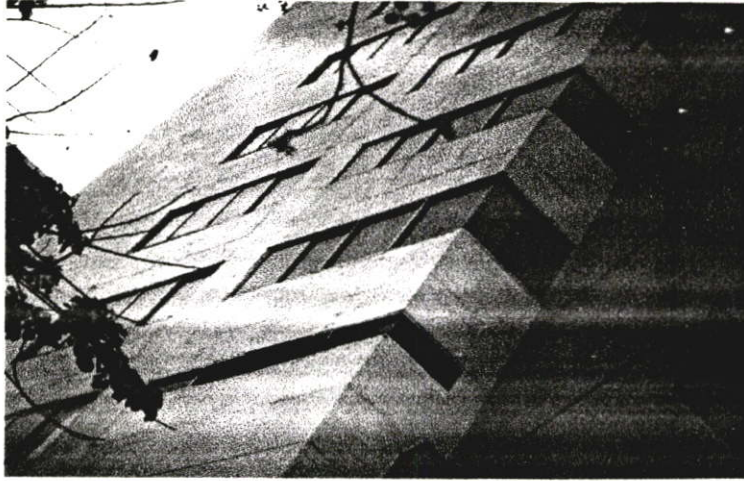
ช่องเปิด ถูกจัดเป็นองค์ประกอบส่วนสำคัญสำหรับการใช้ประโยชน์จากความสว่างของแสงธรรมชาติ ปริมาณแสงธรรมชาติจากท้องฟ้าส่องผ่านเข้าสู่ภายในอาคารโดยผ่านช่องเปิดโดยตรง ซึ่งถ้ามีการออกแบบช่องเปิดได้อย่างเหมาะสมแล้ว อาคารนั้นสามารถนำแสงธรรมชาติ ที่มีปริมาณและคุณภาพ (Quantity and Quality) ที่เหมาะสมกับเข้ามาใช้เป็นความสว่างภายในอาคาร เพื่อช่วยลดปริมาณการใช้แสงประดิษฐ์ภายในส่วนพื้นที่ทำงานของสำนักงาน ซึ่งเป็นการช่วยประหยัดพลังงานโดยรวมของอาคารสำนักงาน

##### 4.2.4.1 รูปแบบและตำแหน่งของช่องเปิด

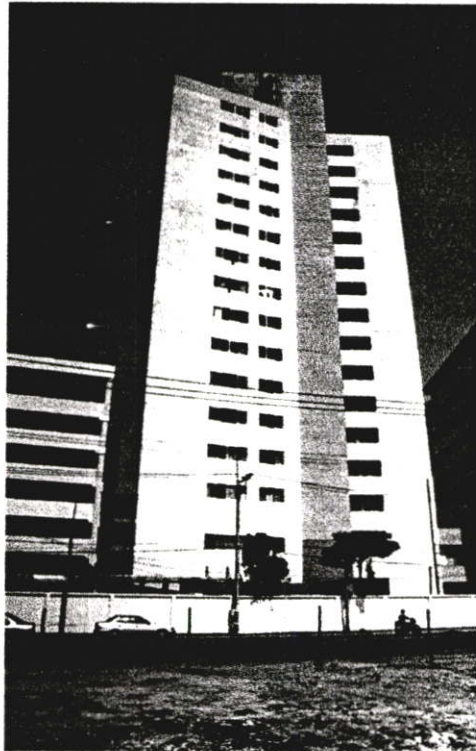
รูปแบบช่องเปิดของอาคารกรณีศึกษา มีลักษณะโดยรวมของอาคารเป็นบานกระจกใส มีความหนา 6 มิลลิเมตร อาคารทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ มีการออกแบบช่องเปิดให้มีรูปแบบเหมือนกัน คือเป็นบานกระจกใส ติดตั้งตลอดแนวของช่วงเสา และตลอดพื้นที่ของผนังอาคารซึ่งจะเห็นได้ว่าลักษณะการออกแบบช่องเปิดประเภทนี้ เป็นการออกแบบเพื่อพร้อมที่จะเปิดรับแสงธรรมชาติเข้าไปภายในอาคารให้ได้มากที่สุด รวมถึงช่วยเพิ่มมุมมองของผู้ใช้อาคาร การออกแบบช่องเปิดของอาคารทางด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก จะเห็นได้ว่ามีจำนวนของช่องเปิดน้อย เนื่องจากต้องการหลีกเลี่ยงรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งหาทางป้องกันได้ยาก จึงมีการออกแบบภายในอาคารส่วนนี้เป็นส่วนพื้นที่บริการ ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่สำคัญในแง่ของประสิทธิภาพในการทำงานในสำนักงาน และเป็นพื้นที่ช่วยป้องกันความร้อนที่เกิดจากรังสีของดวงอาทิตย์



รูปที่ 4.17 แสดงรูปแบบช่องเปิดของอาคารกรณีศึกษาด้านทิศเหนือ



รูปที่ 4.18 แสดงรูปแบบช่องเปิดของอาคารกรณีศึกษาด้านทิศตะวันออก



รูปที่ 4.19 แสดงรูปแบบช่องเปิดของอาคารกรณีศึกษาด้านทิศตะวันตก



รูปที่ 4.20 แสดงรูปแบบช่องเปิดของอาคารกรณีศึกษาด้านทิศใต้

#### 4.2.4.2 การส่องผ่านแสงของช่องเปิด

ลักษณะของช่องเปิดอาคารสำนักงานกรมการผังเมือง อาคาร 4 มีลักษณะโดยรวมที่เหมือนกัน คือเป็นช่องเปิดประเภท กระจกใส หน้า 6มิลลิเมตร ช่องเปิดประเภทนี้มีข้อได้เปรียบคือ มีค่าส่องผ่านแสงของวัสดุ (Transmittance) ค่อนข้างสูง ทำให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของปริมาณแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคาร แต่มีข้อเสียตรงที่มีรังสีดวงอาทิตย์สามารถผ่านเข้าไปสู่ภายในอาคารได้ง่ายถ้าไม่มีการออกแบบป้องกัน หรือมีการออกแบบป้องกันที่ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ จึงจัดเป็นทั้งข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบในการเลือกใช้กระจกประเภทนี้ จากสภาพอาคารในปัจจุบันพบว่า ปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านช่องเปิดเข้ามาภายในอาคารโดยรวมมีปริมาณความสว่างต่ำ (พิจารณาด้านทิศเหนือและทิศใต้ของอาคาร) เมื่อพิจารณาถึงความสว่างที่เหมาะสมแก่การใช้งานของสำนักงาน ทำให้คุณภาพแสงไม่มีคุณภาพ (Quality) และเกิดความจ้า (Brightness) อันเนื่องมาจากความแตกต่างของระดับความสว่างภายในอาคาร ก่อให้เกิดแสงบาดตา (GLARE) ที่พื้นที่ทำงาน

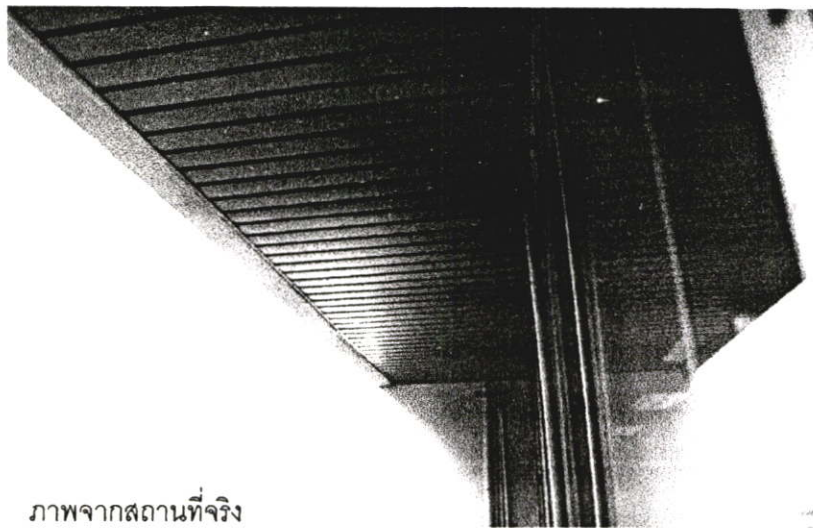
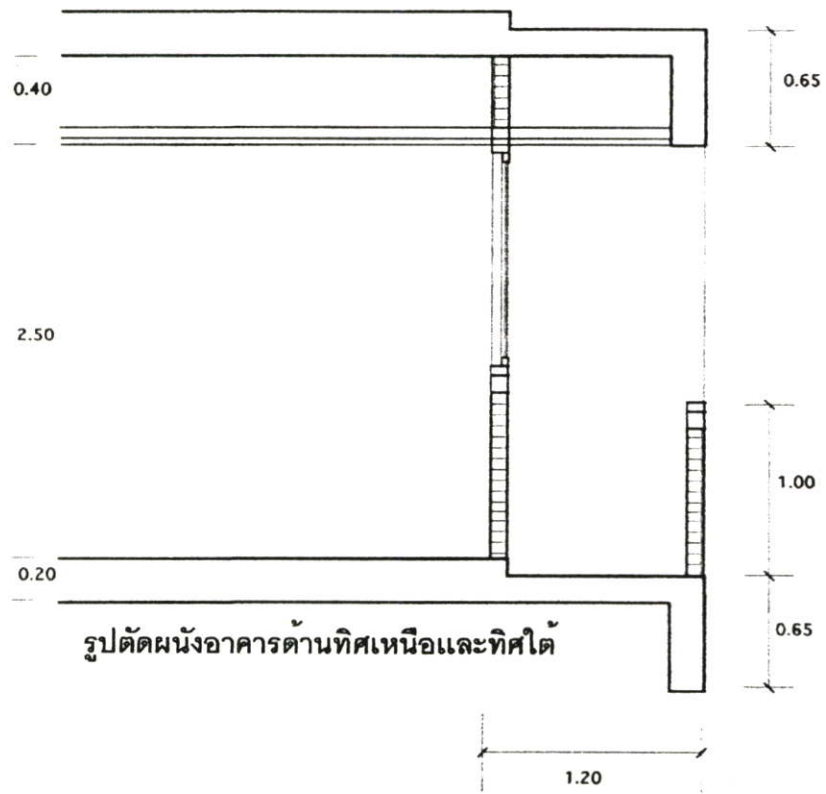
#### ตารางที่ 4.2 แสดงถึงรายละเอียดของช่องเปิดของอาคารกรณีศึกษา

(ที่มา; Glass in Building, David Button and Brion Pye, First published, 1993.)

ลักษณะช่องที่เปิด	จำนวนชั้นของกระจก	ลักษณะของกระจก					อุปกรณ์บังแดด (Overhang)
		หนา (ม.ม.)	ชนิด	ขนาด	S.C.	ค่าการส่องผ่านแสง	
1.บานติดตาย	1	6	กระจกใส	0.8×3.3	0.96	0.87	1.2 เมตร
2.บานติดตาย	1	6	กระจกใส	0.9×3.2	0.96	0.87	1.0 เมตร
3.บานเลื่อน	1	6	กระจกใส	2.1×1.5	0.96	0.87	1.0 เมตร
4.บานเลื่อนคู่	1	6	กระจกใส	1×0.5	0.96	0.87	-
5.บานเลื่อนคู่	1	6	กระจกใส	3.5×1.5	0.96	0.87	-
6.บานเลื่อนเดี่ยว	1	6	กระจกใส	2.4×4.5	0.96	0.87	-
7.บานเลื่อนคู่	1	6	กระจกใส	3.6×1.5	0.96	0.87	1.2 เมตร
8.บานติดตาย	1	6	กระจกใส	0.9×2.2	0.96	0.87	-
9.บานเลื่อนเดี่ยว	1	6	กระจกใส	1.9×1.5	0.96	0.87	1.0 เมตร
10.บานเลื่อนคู่	1	6	กระจกใส	3.5×1.5	0.96	0.87	-
11.บานเลื่อนคู่	1	6	กระจกใส	3.5×0.9	0.96	0.87	-
12.บานเลื่อนคู่	1	6	กระจกใส	3.3×1.5	0.96	0.87	1.0 เมตร

#### 4.2.5 อุปกรณ์บังแดด

แผงกันแดดหรืออุปกรณ์บังแดด จัดเป็นส่วนที่สำคัญมากของอาคาร มีหน้าที่ช่วยในการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ที่ส่องผ่านช่องเปิดเข้าสู่ภายในอาคาร การออกแบบอุปกรณ์กันแดดจึงต้องพิจารณาถึงช่วงเวลาของมุมกระทำของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อช่องเปิด เพื่อนำมาวิเคราะห์หาระยะของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมซึ่งสามารถป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

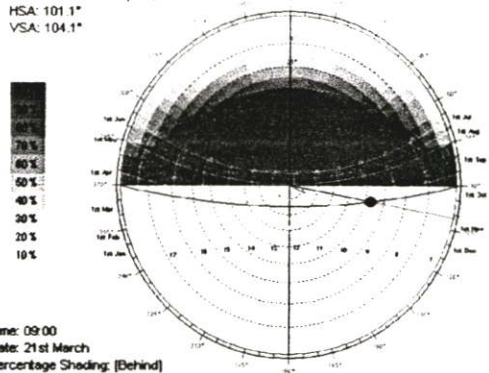


รูปที่ 4.21 แสดงลักษณะของแผงกันแดดในส่วนสำนักงานของอาคารกรณีศึกษา

**ทิศเหนือ เดือน มีนาคม**

**Stereographic Diagram**

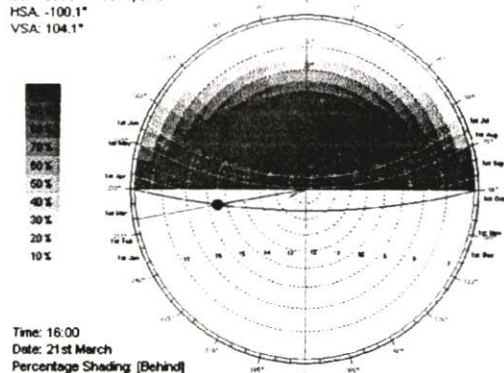
Location: 13.7°, 100.5°  
 Sun Position: 101.1°, 37.3°  
 HSA: 101.1°  
 VSA: 104.1°



Time: 09:00  
 Date: 21st March  
 Percentage Shading: [Behind]

**Stereographic Diagram**

Location: 13.7°, 100.5°  
 Sun Position: -100.1°, 34.9°  
 HSA: -100.1°  
 VSA: 104.1°

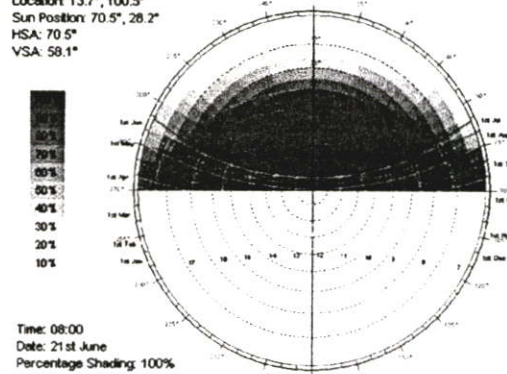


Time: 16:00  
 Date: 21st March  
 Percentage Shading: [Behind]

**ทิศเหนือ เดือน มิถุนายน**

**Stereographic Diagram**

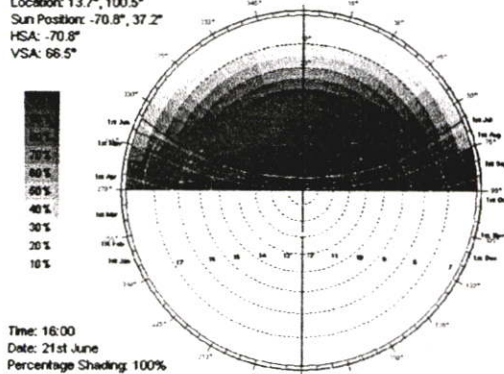
Location: 13.7°, 100.5°  
 Sun Position: 70.5°, 26.2°  
 HSA: 70.5°  
 VSA: 58.1°



Time: 08:00  
 Date: 21st June  
 Percentage Shading: 100%

**Stereographic Diagram**

Location: 13.7°, 100.5°  
 Sun Position: -70.8°, 37.2°  
 HSA: -70.8°  
 VSA: 66.5°



Time: 16:00  
 Date: 21st June  
 Percentage Shading: 100%

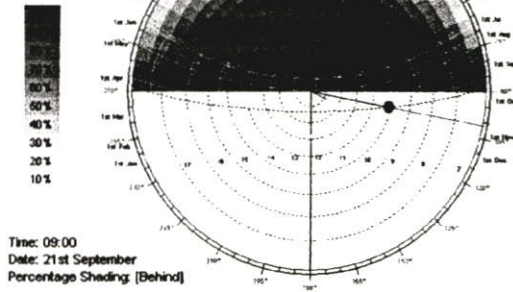
**รูปที่ 4.22** แสดงประสิทธิภาพการป้องกันแสงตรงของดวงอาทิตย์ของอุปกรณ์บังแดดด้านทิศเหนือ  
 ของอาคารกรณีศึกษาเดือนมีนาคมและเดือนมิถุนายน

(ที่มา ; Dr. Andrew Marsh, The Solar Tool Demo Software, Square One Research PTV,  
 2000)

## ทิศเหนือ เดือน กันยายน

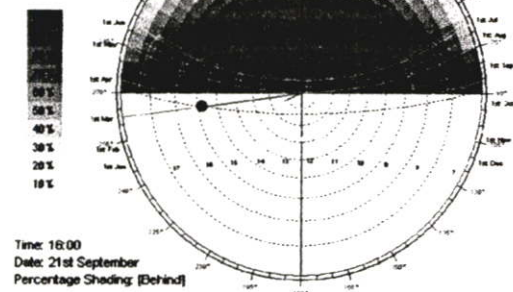
## Stereographic Diagram

Location: 13.7°, 100.5°  
 Sun Position: 100.9°, 41.2°  
 HSA: 100.9°  
 VSA: 102.2°



## Stereographic Diagram

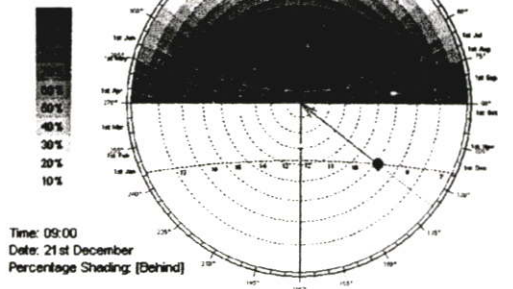
Location: 13.7°, 100.5°  
 Sun Position: -97.6°, 32.0°  
 HSA: -97.6°  
 VSA: 101.9°



## ทิศเหนือ เดือน ธันวาคม

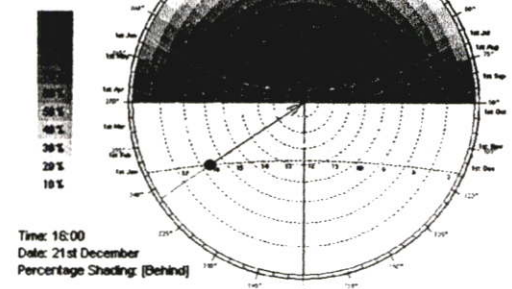
## Stereographic Diagram

Location: 13.7°, 100.5°  
 Sun Position: 127.4°, 29.4°  
 HSA: 127.4°  
 VSA: 137.2°



## Stereographic Diagram

Location: 13.7°, 100.5°  
 Sun Position: -123.7°, 23.7°  
 HSA: -123.7°  
 VSA: 141.6°



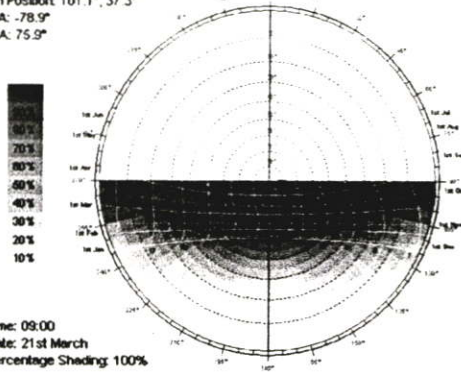
รูปที่ 4.23 แสดงประสิทธิภาพการป้องกันแสงตรงของดวงอาทิตย์ของอุปกรณ์บังแดดด้านทิศเหนือ  
 ของอาคารกรณีศึกษาเดือนกันยายนและเดือนธันวาคม

(ที่มา ; Dr. Andrew Marsh, The Solar Tool Demo Software, Square One Research PTV,  
 2000)

ทิศใต้ เดือน มีนาคม

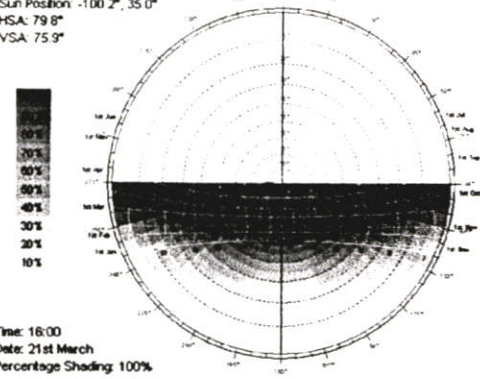
Stereographic Diagram

Location: 13.7°, 100.5°  
 Sun Position: 101.1°, 37.3°  
 HSA: -78.9°  
 VSA: 75.9°



Stereographic Diagram

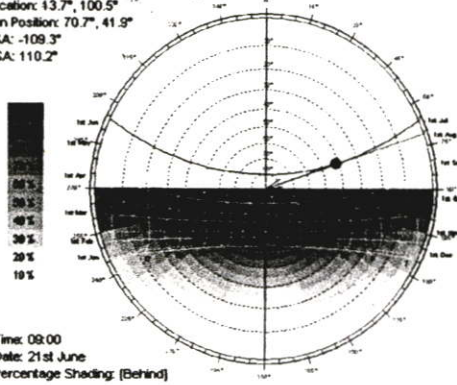
Location: 13.7°, 100.5°  
 Sun Position: -100.2°, 35.0°  
 HSA: 79.8°  
 VSA: 75.9°



ทิศใต้ เดือน มิถุนายน

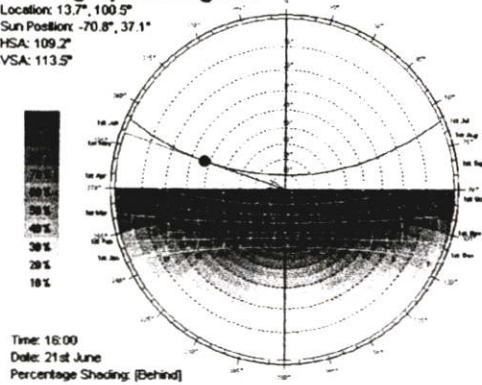
Stereographic Diagram

Location: 13.7°, 100.5°  
 Sun Position: 70.7°, 41.9°  
 HSA: -109.3°  
 VSA: 110.2°



Stereographic Diagram

Location: 13.7°, 100.5°  
 Sun Position: -70.8°, 37.1°  
 HSA: 109.2°  
 VSA: 113.5°

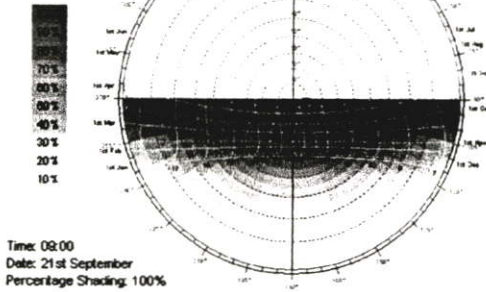


รูปที่ 4.24 แสดงประสิทธิภาพการป้องกันแสงตรงของดวงอาทิตย์ของอุปกรณ์บังแดดด้านทิศใต้  
 ของอาคารกรณีศึกษาเดือนมีนาคมและเดือนมิถุนายน

(ที่มา ; Dr. Andrew Marsh, The Solar Tool Demo Software, Square One Research PTY,  
 2000)

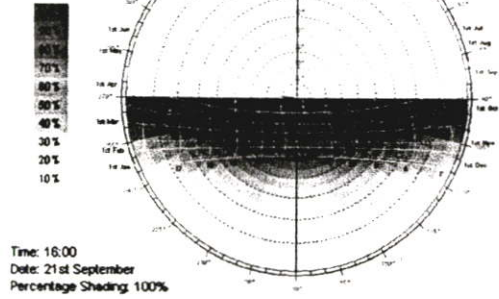
**ทิศใต้ เดือน กันยายน**  
**Stereographic Diagram**

Location: 13.7°, 100.5°  
Sun Position: 100.9°, 41.1°  
HSA: -79.1°  
VSA: 77.8°



**Stereographic Diagram**

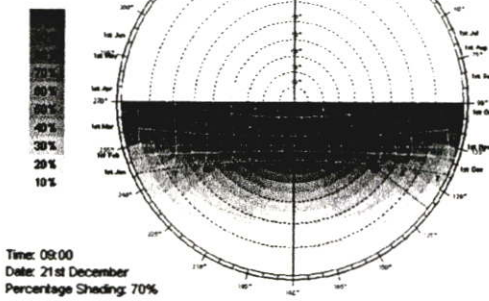
Location: 13.7°, 100.5°  
Sun Position: -97.5°, 31.9°  
HSA: 82.5°  
VSA: 78.1°



**ทิศใต้ เดือน ธันวาคม**

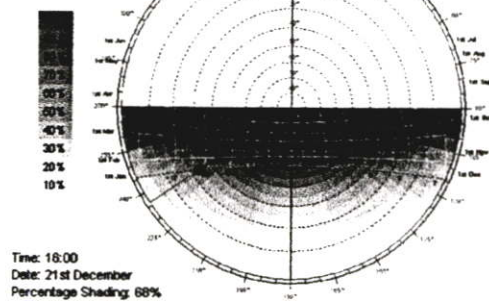
**Stereographic Diagram**

Location: 13.7°, 100.5°  
Sun Position: 127.5°, 29.5°  
HSA: -52.5°  
VSA: 42.9°



**Stereographic Diagram**

Location: 13.7°, 100.5°  
Sun Position: -123.8°, 23.8°  
HSA: 56.2°  
VSA: 38.4°



**รูปที่ 4.25 แสดงประสิทธิภาพการป้องกันแสงตรงของดวงอาทิตย์ของอุปกรณ์บังแดดด้านทิศใต้  
ของอาคารกรณีศึกษาเดือนกันยายนและเดือนธันวาคม**

(ที่มา ; Dr. Andrew Marsh, The Solar Tool Demo Software, Square One Research PTV,  
2000)

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยการป้องกันแสงของอุปกรณ์บังแดดด้านทิศเหนือของอาคาร

(ที่มา ; Dr. Andrew Marsh, The Solar Tool Demo Software, Square One Research PTV,  
2000)

## Effective Shading Coefficients

Latitude: 13.7°

Longitude: 100.5°

Timezone: 105.0° [+7.0hrs]

Orientation: 0.0°

Month	Avg.SC	Max.SC	Min.SC
January	[Behind]	--	--
February	[Behind]	--	--
March	100.0%	100.0%	100.0%
April	97.9%	100.0%	83.0%
May	91.8%	100.0%	40.0%
June	89.5%	100.0%	40.0%
July	93.9%	100.0%	54.0%
August	98.2%	100.0%	73.0%
September	[Behind]	--	--
October	[Behind]	--	--
November	[Behind]	--	--
December	[Behind]	--	--
Winter	0.0%	0.0%	100.0%
Summer	91.7%	100.0%	44.7%
Annual	47.6%	50.0%	82.5%

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยการป้องกันแสงของอุปกรณ์บังแดดด้านทิศใต้ของอาคาร

(ที่มา ; Dr. Andrew Marsh, The Solar Tool Demo Software, Square One Research PTV,  
2000)

## Effective Shading Coefficients

Latitude: 13.7°

Longitude: 100.5°

Timezone: 105.0° [+7.0hrs]

Orientation: 180.0°

Month	Avg.SC	Max.SC	Min.SC
January	83.4%	100.0%	40.0%
February	97.3%	100.0%	73.0%
March	100.0%	100.0%	100.0%
April	99.0%	100.0%	97.0%
May	[Behind]	--	--
June	[Behind]	--	--
July	[Behind]	--	--
August	100.0%	100.0%	100.0%
September	100.0%	100.0%	100.0%
October	94.3%	100.0%	73.0%
November	80.8%	100.0%	40.0%
December	76.7%	100.0%	40.0%
Winter	85.8%	100.0%	51.0%
Summer	0.0%	0.0%	100.0%
Annual	69.3%	75.0%	80.2%

ลักษณะของแผงกันแดดในพื้นที่ส่วนสำนักงานด้านทิศเหนือและทิศใต้ มีระยะยื่น 1.20 เมตร โดยมีรูปแบบของการออกแบบให้เป็นส่วนระเบียงกันสาด ด้านใต้ของแผงกันแดดเป็นฝ้าอลูมิเนียมสีน้ำตาล มีอัตราการสะท้อนแสงประมาณ 40% ซึ่งมีการสะท้อนต่ำ ทำให้มีแสงกระจายเข้ามาในอาคารได้น้อยลง แผงกันแดดทางด้านทิศใต้ของอาคาร ในช่วง 21 มีนาคม (Vernal Equinox) แสงอาทิตย์อ้อมทางทิศใต้ แผงกันแดดสามารถป้องกันแสงตรงดวงอาทิตย์ได้ทั้งหมดทำให้ไม่มีความร้อนที่เกิดจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์เข้ามา พิจารณาถึงแผงกันแดดด้านทิศเหนือของอาคาร ในวันที่ 21 มิถุนายน (Summer Solstice) ในช่วงเดือนนี้แนวการโคจรของดวงอาทิตย์อ้อมไปทางทิศเหนือ ในช่วงเวลา 9 นาฬิกา มีรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ปริมาณเล็กน้อย ผ่านช่องเปิดเข้าไปในอาคารได้ ส่วนในช่วงเวลาอื่น ๆ รังสีตรงไม่สามารถผ่านเข้ามาได้ พิจารณาที่แผงกันแดดด้านทิศใต้ของอาคาร ในวันที่ 21 กันยายน (Autumnal Equinox) ในช่วงเวลา 9:00 นาฬิกา มีรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ทะลุผ่านช่องเปิดเข้าไปได้เล็กน้อย ส่วนเวลาอื่น ๆ รังสีตรงดวงอาทิตย์ไม่สามารถผ่านเข้าไปได้ พิจารณาที่แผงกันแดดด้านทิศใต้ของอาคาร ในวันที่ 21 ธันวาคม (Winter Solstice) ในช่วงเวลา 9:00 นาฬิกา มีรังสีตรงดวงอาทิตย์ผ่านช่องเข้าสู่อาคารได้น้อย รวมถึงช่วงเวลา 15:00 นาฬิกา ซึ่งปริมาณรังสีตรงสามารถผ่านเข้าสู่อาคารค่อนข้างน้อย

จากการทดสอบมุมของดวงอาทิตย์ จะเห็นได้ว่าแผงกันแดดของอาคารกรณีศึกษา มีระยะยื่น 1.20 เมตร ค่อนข้างที่จะป้องกันรังสีตรงดวงอาทิตย์ตรงได้มาก มีเพียงในช่วงเดือนธันวาคม จะมีปัญหาในเรื่องการป้องกันรังสีตรงบ้าง เนื่องจากเป็นเดือนที่ดวงอาทิตย์อ้อมทางทิศใต้มีมุมเงยของดวงอาทิตย์ต่ำสุด เมื่อพิจารณาในส่วนของผนังของอาคารด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก บริเวณช่องเปิดการใช้อุปกรณ์บังแดดแทบจะไม่ได้ช่วยอะไรได้เลย ทำให้รังสีตรงจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านเข้าไปได้โดยตรง แต่มีการแก้ไขโดยออกแบบให้พื้นที่ใช้สอยส่วนนั้นเป็นส่วนพื้นที่บริการหรือพื้นที่ส่วนที่ไม่สำคัญ เพื่อช่วยเป็นส่วนสกัดกั้นรังสีตรงที่จะเข้ามาสู่พื้นที่ภายในส่วนสำนักงาน แต่มีพื้นที่สำนักงานบางส่วนที่อยู่ทางด้านทิศดังกล่าว ทำให้รังสีตรงดวงอาทิตย์ส่องผ่านเข้าไปได้ และเกิดความร้อนสะสมภายในอาคารจึงมีการแก้ไขโดยการให้มีลิ้นบริเวณช่องเปิดเพื่อป้องกันรังสีตรงดวงอาทิตย์ตลอดเวลา

### 4.3 การศึกษาขององค์ประกอบภายในอาคาร

จากลักษณะขององค์ประกอบภายนอก มีลักษณะที่สำคัญในการควบคุมปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายในอาคาร รวมถึงการป้องกันรังสีความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารพร้อมกับแสงธรรมชาติ แต่สำหรับองค์ประกอบภายในเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยในการกระจายแสงธรรมชาติภายในอาคารเพื่อช่วยเพิ่มพื้นที่การใช้งานของแสงธรรมชาติภายในอาคารให้ได้มากที่สุด

#### 4.3.1 คุณสมบัติวัสดุกรุผิวภายในอาคาร

วัสดุกระจกมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือช่วยในการกระจายแสงภายในอาคารให้มีแสงสว่างทั่วถึง คุณสมบัติของวัสดุกระจกมีคุณสมบัติสำคัญ 2 ประการ คือ คุณสมบัติการสะท้อน (Reflection) และคุณสมบัติการส่งผ่าน (Transmittance) ซึ่งในการศึกษาจะเน้นในการศึกษาถึงคุณสมบัติการสะท้อน เนื่องจากมีส่วนสำคัญในการกระจายแสงภายในอาคารได้ดีกว่า ซึ่งจะแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็นองค์ประกอบของอาคาร ดังนี้

#### 4.3.1.1 รายละเอียดของพื้นอาคารสำนักงาน

ลักษณะของพื้นในส่วนพื้นที่ทำงาน ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ของอาคาร เป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กปูกระเบื้องยางขนาด 12" x 12" มีอัตราการสะท้อนแสงเท่ากับ 0.38 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีอัตราการสะท้อนแสงค่อนข้างมาก โดยปกติแล้วอัตราการสะท้อนแสงของพื้นควรมีค่าประมาณ 0.20-0.40



รูปที่ 4.26 แสดงลักษณะของพื้นอาคารในส่วนสำนักงานของอาคารกรณีศึกษา

จากรูปที่ 4.26 แสดงให้เห็นว่า พื้นของอาคารในส่วนสำนักงาน มีความส่องสว่างหรือความจ้าสะท้อนขึ้นมาจากพื้น อันเนื่องมาจากไฟฟ้าประดิษฐ์ และผิวฉาบของพื้นอาคารมีลักษณะมันเงาทำให้เกิดการสะท้อนได้ง่าย ก่อให้เกิดความไม่สบายทางสายตาแก่ผู้ใช้อาคาร

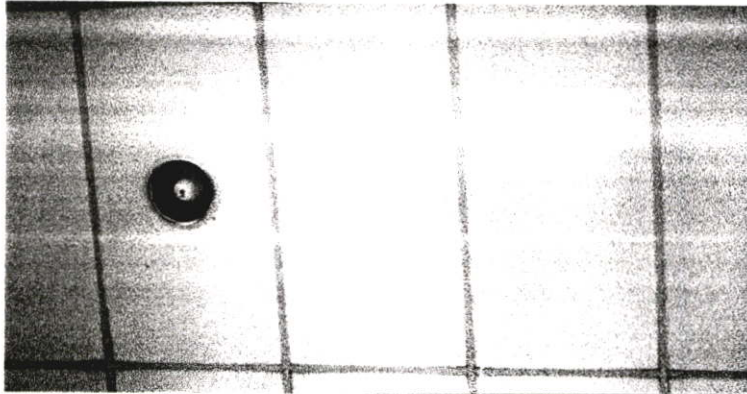
#### 4.3.1.2 รายละเอียดของผนังของอาคารสำนักงาน

ลักษณะผนังส่วนใหญ่ ของอาคารส่วนสำนักงาน เป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบทาสีขาว เมื่อทำการทดสอบด้วยอุปกรณ์วัดแสง สามารถวัดค่าการสะท้อนแสงได้ 0.50

#### 4.3.1.3 รายละเอียดของฝ้าเพดานของอาคารสำนักงาน

ฝ้าเพดานเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดขององค์ประกอบภายในอาคาร ซึ่งถ้าฝ้าเพดานมีค่าการสะท้อนแสงมากการกระจายแสงธรรมชาติภายในอาคารยังมีประสิทธิภาพมากขึ้น จากการศึกษา

อาคารกรณีศึกษาในส่วนของพื้นที่ทำงานในสำนักงาน พบว่าใช้ฝ้าเพดานยิปซัมบอร์ด ขนาด 0.62 x 1.20 เมตร และจากการวัดค่าการสะท้อนแสงของฝ้าเพดานจากอุปกรณ์วัดแสงได้ค่า 0.60 ซึ่งจัดเป็นค่าการสะท้อนแสงที่ต่ำกว่ามาตรฐานกำหนดไว้ และมีส่วนที่ทำให้การสะท้อนแสงภายในอาคารมีค่าน้อยลง ส่งผลถึงปริมาณความสว่างโดยรวมของอาคารที่ทำให้ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน



รูปที่ 4.27 แสดงรูปแบบของฝ้าเพดานในส่วนสำนักงานของอาคารกรณีศึกษา

#### 4.3.2 ทิศทางและตำแหน่งของห้อง

ทิศทางและการวางตำแหน่งของห้องโดยทั่วไปของอาคารกรณีศึกษา ในพื้นที่ส่วนสำนักงานถูกออกแบบให้เป็นพื้นที่โล่ง โดยมีช่องเปิดหลักของอาคารอยู่ทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ โดยที่ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก เป็นส่วนพื้นที่ส่วนที่ไม่สำคัญเพื่อลดปัญหาแสงตรงจากดวงอาทิตย์ และมีการกันห้องในบางส่วนของหน่วยงานที่สำคัญโดยจะใช้บริเวณที่อยู่ติดกับช่องเปิดระดับความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดานสูง 2.50 เมตร เนื่องจากอาคารมีความกว้างมากทำให้การกระจายตัวของแสงเข้าไปในอาคารไม่เพียงพอ ทำให้บริเวณส่วนกลางของอาคารค่อนข้างมืด ต่ำกว่าระดับความสว่างที่กำหนดไว้

#### 4.3.3 การจัดพื้นที่ภายในอาคาร

การจัดพื้นที่ภายในอาคารสำนักงานกรณีศึกษา สามารถแบ่งออกเป็นพื้นที่ดังนี้

ชั้นที่ 1 : เป็นพื้นที่ตั้งของโถงทางเข้าหลัง มีลักษณะเป็นพื้นที่เปิดโล่งเชื่อมไปถึงระดับฝ้าเพดานของชั้นลอย พื้นที่ใช้สอยในส่วนของสำนักงานบริเวณนี้จะเป็นห้องบริการข้อมูล

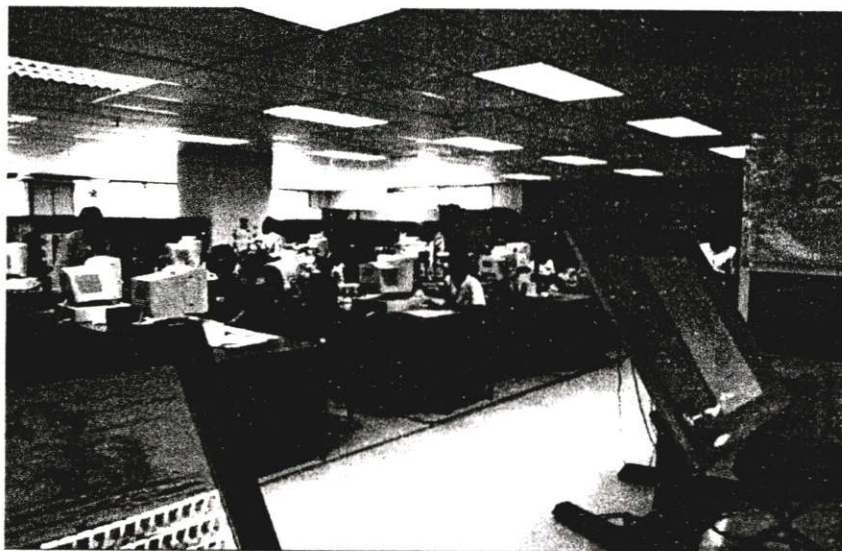
ชั้นลอย: เป็นพื้นที่เปิดโล่งร่วมกับชั้น 1 บริเวณนี้เน้นเป็นพื้นที่ส่วนทางเดินเป็นหลัก มีทางเดินเชื่อมออกไปสู่อาคาร 3 โดยมีพื้นที่ส่วนธุรการตั้งอยู่เป็นแนวของทางเดิน รวมถึงมีการเชื่อมต่อไปที่อาคารจอดรถ

ชั้นที่ 2-3: เป็นพื้นที่ส่วนของห้องอธิบดีกรม และรองอธิบดีกรม

ชั้นที่ 4-13: เป็นพื้นที่ส่วนของสำนักงาน มีลักษณะเป็นพื้นที่โล่ง โดยมีการแบ่งส่วนพื้นที่ทำงานตามแต่ละหน่วยงาน โดยใช้บอร์ดสำเร็จรูปและการจัดกลุ่มของโต๊ะทำงาน และมีการกันห้องในส่วนที่เป็นพื้นที่พิเศษ

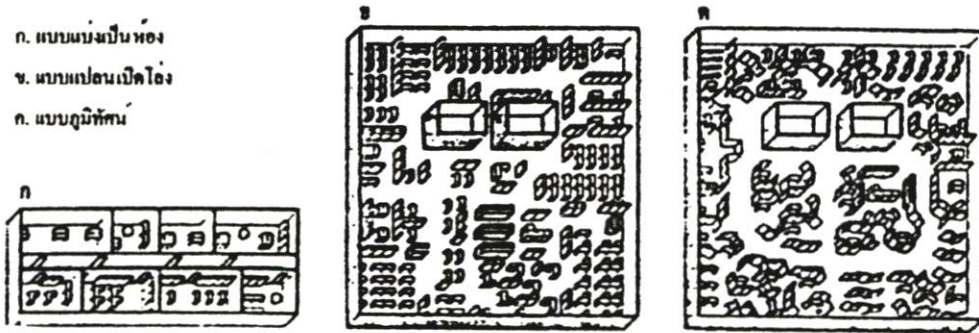
ชั้นที่ 14-15: ห้องประชุมใหญ่

ในส่วนของการแบ่งพื้นที่ส่วนทำงานสำหรับอาคารกรณีศึกษานี้ มีการออกแบบโดยเปิดพื้นที่ส่วนทำงาน(ส่วนสำนักงาน) ให้มีลักษณะเป็นพื้นที่โล่งขนาดใหญ่ โดยมีช่องเปิดหลักอยู่ทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ของอาคาร ในส่วนของทิศตะวันออกและทิศตะวันตกของอาคาร มีการออกแบบให้มีสวน พื้นที่ที่ไม่สำคัญของอาคาร ซึ่งช่วยลดการแผ่รังสีความร้อนจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์ และก่อให้เกิดภาวะการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 4.28 แสดงลักษณะพื้นที่ภายในส่วนสำนักงาน

มีการจัดพื้นที่ภายในอาคารกรณีศึกษาหลายแบบตามแต่ละหน่วยงาน และประเภทของการทำงาน จากการศึกษาอาคารสามารถแบ่งการจัดรูปแบบของการจัดพื้นที่ทำงานออกเป็น 3 ประเภท ได้ ดังนี้



รูปที่ 4.29 แสดงลักษณะการจัดผังสำนักงานตามรูปแบบมาตรฐาน

#### 4.3.3.1 การจัดแบบแบ่งเป็นห้อง (Cellular)

การจัดพื้นที่ประเภทนี้จะมีการจัดเป็นห้องในส่วนที่มีความสำคัญ และต้องการพื้นที่ทำงานเฉพาะ เช่นห้องฝ่ายเทคนิค ห้องแผนที่ ห้องผู้อำนวยการกอง และห้องที่ต้องการความเป็นส่วนตัวสูง เช่นห้องระดับผู้บริหาร โดยจะมีการออกแบบให้ห้องอยู่ในบริเวณใช้ช่องเปิด หรือด้านกรอบของอาคาร เพื่อให้เหลือพื้นที่ทำงานในส่วนกลางของอาคาร

#### 4.3.3.2 การจัดแบบแปลนเปิดโล่ง (Open Plan)

การจัดพื้นที่รูปแบบนี้ถูกจัดเป็นพื้นที่หลักโดยรวมของอาคารในส่วนของพื้นที่สำนักงาน ซึ่งกินพื้นที่เกือบทุกชั้นของอาคารกรณีศึกษา โดยมีการจัดพื้นที่ทำงานแบบเปิดโล่งไม่มีการกั้นห้อง มีการจัดพื้นที่ทำงานเป็นส่วนหนึ่งของหน่วยงาน โดยใช้การจัดโต๊ะทำงานเป็นกลุ่มทำงาน และมีการเปิดพื้นที่ทางสัญจรหลักบริเวณส่วนกลางของอาคาร เพื่อให้พนักงานหรือผู้ใช้อาคารเข้าถึงได้ง่าย

#### 4.3.3.2 การจัดแบบภูมิทัศน์ (Landscape)

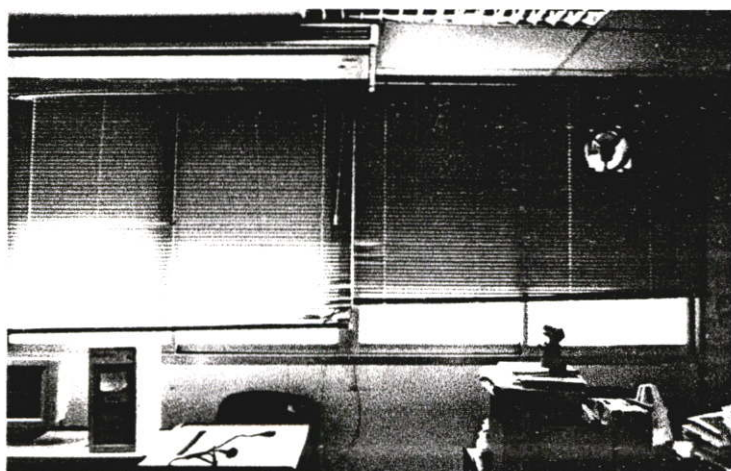
มีการจัดองค์ประกอบในพื้นที่ทำงานวางทิศทางต่อกันไป ไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัว แบ่งออกเป็นโซน (Zone) ลักษณะที่สำคัญของการจัดแบบนี้ ในบริเวณทำงานจะมีฉาก (Screen) ซึ่งสูงไม่จรดฝ้าเพดาน เพื่อจัดให้มีความเป็นส่วนตัว ในแต่ละประเภทของการใช้งาน

จากการสำรวจพื้นที่ส่วนทำงานของอาคารกรณีศึกษา สรุปได้ว่าในพื้นที่ส่วนสำนักงาน (ชั้น 2-13) มีการจัดผังการทำงานแบบผสมผสานตามความเหมาะสมของพื้นที่ใช้งาน หรือตามลักษณะของหน่วยงาน สำหรับพื้นที่อาคารโดยทั่วไป จะมีการจัดพื้นที่การทำงานแบบโล่ง โดยใช้โต๊ะทำงาน แบ่งเป็นพื้นที่การทำงาน โดยมีทางสัญจรหลักร่วมกัน สำหรับพื้นที่ที่ต้องการความเป็นส่วนตัวมากขึ้น ก็มีการนำฉาก มากั้นแบ่งออกเป็นส่วนของการทำงาน ในแต่ละหน่วยงาน เพื่อความสะดวกในการดำเนินงาน โดยมีการจัดส่วนของพื้นที่ทำงานอยู่บริเวณด้านริมของอาคาร เพื่อ

ไม่ให้ภายในโดยรวมของอาคารคับแคบ ส่วนพื้นที่ที่ต้องการความเป็นส่วนตัวสูง มีการกันห้องโดยเฉพาะส่วนทำงาน หรือหน่วยงานนั้น ซึ่งไม่ต้องการที่ไปปะปนรวมกันกับพื้นที่ทำงานส่วนอื่น ซึ่งมีผลทำให้การทำงานด้วยประสิทธิภาพลง การแบ่งพื้นที่ประเภทนี้ จะเป็นการแบ่งพื้นที่ในหน่วยงานที่สำคัญกว่าหน่วยงานทั่วไป

#### 4.3.4 ลักษณะการใช้แสงสว่างภายในอาคาร

จากการศึกษาอาคารกรณีศึกษาพบว่า พื้นที่ส่วนทำงานโดยทั่วไปมีการเปิดไฟฟ้าประดิษฐ์ตลอดเวลา โดยให้ปริมาณความสว่างของแสงเฉลี่ยเท่ากันทั่วพื้นที่ทำงาน โดยที่ไม่มีการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติเลย บริเวณหน้าต่างมีการใช้มู่ลี่เป็นอุปกรณ์ปิดกั้นแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่อาคาร



รูปที่ 4.30 แสดงลักษณะการใช้แสงภายในอาคาร

### 4.3.5 สรุปปริมาณแสงประดิษฐ์ทั้งหมดของอาคารกรณีศึกษา

ตารางที่ 4.5 สรุปปริมาณการใช้แสงประดิษฐ์ของอาคาร

อาคารชั้น 1				
ประเภทของหลอดไฟ	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	บัลลาสต์	จำนวนบัลลาสต์
FL (R)	18	30	ชนิดลวด	30
FL (R)	36	40	ชนิดลวด	40
SL	13	9	-	-
PL E/C	20	18	-	-
FL	36	4	ชนิดลวด	4
อาคารชั้น M				
FL (R)	18	25	ชนิดลวด	25
FL (R)	36	62	ชนิดลวด	62
SL	13	7	-	-
เมอริควีรี	250	11	-	-
FL	36	4	ชนิดลวด	4
อาคารชั้น 2				
FL (R)	18	30	ชนิดลวด	30
FL (R)	36	193	ชนิดลวด	193
SL	13	1	-	-
FL	36	5	ชนิดลวด	5
อาคารชั้น 3				
FL (R)	18	27	ชนิดลวด	27
FL (R)	36	185	ชนิดลวด	208
FL	36	5	ชนิดลวด	4
อาคารชั้น 4				
FL (R)	18	27	ชนิดลวด	27
FL (R)	36	208	ชนิดลวด	208
FL	36	4	ชนิดลวด	4
อาคารชั้น 5				
FL (R)	18	30	ชนิดลวด	30
FL (R)	36	211	ชนิดลวด	211
FL	36	4	ชนิดลวด	4

## ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

อาคารชั้น 6				
ประเภทของหลอดไฟ	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	บัลลาสต์	จำนวนบัลลาสต์
FL (R)	18	30	ชนิดลวด	30
FL (R)	36	205	ชนิดลวด	205
Spot line	120	4	-	-
FL	36	4	ชนิดลวด	4
อาคารชั้น 7				
FL (R)	18	66	ชนิดลวด	66
FL (R)	36	160	ชนิดลวด	160
FL	36	4	ชนิดลวด	4
อาคารชั้น 8				
FL (R)	18	36	ชนิดลวด	36
FL (R)	36	202	ชนิดลวด	202
FL	36	4	ชนิดลวด	4
อาคารชั้น 9				
FL (R)	18	30	ชนิดลวด	30
FL (R)	36	205	ชนิดลวด	205
FL	36	4	ชนิดลวด	4
อาคารชั้น 10				
FL (R)	18	30	ชนิดลวด	30
FL (R)	36	160	ชนิดลวด	160
FL	36	4	ชนิดลวด	4
อาคารชั้น 11				
FL (R)	18	30	ชนิดลวด	30
FL (R)	36	160	ชนิดลวด	160
FL	36	4	ชนิดลวด	4
อาคารชั้น 12				
FL (R)	18	30	ชนิดลวด	30
FL (R)	36	160	ชนิดลวด	160
FL	36	4	ชนิดลวด	4

#### ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

อาคารชั้น 13				
ประเภทของหลอดไฟ	ขนาด (วัตต์)	จำนวนหลอด	บัลลาสต์	จำนวนบัลลาสต์
FL (R)	18	132	ชนิดลวด	132
FL (R)	36	91	ชนิดลวด	91
FL	36	4	ชนิดลวด	4
อาคารชั้น 14				
FL (R)	18	24	ชนิดลวด	24
FL (R)	36	199	ชนิดลวด	199
FL	36	4	ชนิดลวด	4
อาคารชั้น 15				
FL (R)	18	27	ชนิดลวด	27
FL (R)	36	199	ชนิดลวด	199
FL	18	47	ชนิดลวด	47
FL	36	18	ชนิดลวด	18
In	40	54	-	-
รวมปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด		149221 วัตต์	หรือ	149.221 kW

#### 4.4 สรุปปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดของอาคาร

จากการตรวจสอบข้อมูลการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของกรรมการผังเมือง ในช่วงเวลา 1 ปี (พ.ศ.2541) สามารถสรุปผลได้ดังนี้

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด	1289466 kWh/ปี
ค่าใช้จ่ายทั้งหมด	2903929.75 บาท/ปี
การใช้ไฟฟ้าในส่วนของระบบปรับอากาศ	871330.25 kWh/ปี
การใช้ไฟฟ้าในส่วนของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	323123.63 kWh/ปี
การใช้ไฟฟ้าในส่วนของระบบอื่น	95012.37 kWh/ปี
เฉพาะในส่วนของไฟฟ้าแสงสว่างปริมาณพลังงานทั้งหมด	234.999 kW (ทุกอาคาร)

### สัดส่วนการใช้งานพลังงานไฟฟ้า แยกออกตามระบบต่างๆดังนี้

ระบบปรับอากาศ	67.57 %
ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	25.06 %
ของระบบอื่น	7.37 %



### รูปที่ 4.31 แสดงแผนภูมิการใช้พลังงานภายในอาคาร

หมายเหตุ ในส่วนของปริมาณการใช้พลังงาน และค่าไฟฟ้าเป็นปริมาณโดยรวมของอาคารเนื่องจากประสบปัญหาในเรื่องของข้อมูลโดยเฉพาะของอาคารกรณีศึกษา เมื่อนำจำนวนวัตต์การใช้งานของระบบแสงสว่างมาคิดคำนวณ ได้ค่าไฟฟ้าเกินตามความเป็นจริง เนื่องจากไม่ทราบข้อมูลถึงการใช้งานเฉลี่ยจากปริมาณทั้งหมด แต่สามารถสรุปได้จากเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดเพื่อเทียบหาค่าไฟฟ้าในส่วนของอาคารกรณีศึกษาได้ดังนี้

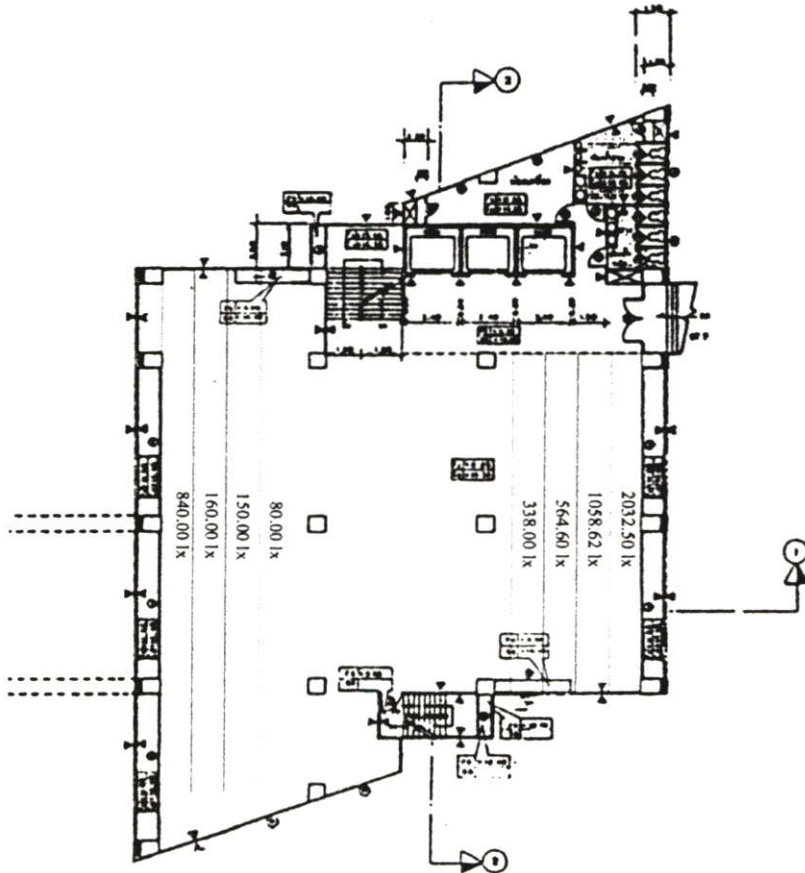
ปริมาณไฟฟ้าในส่วนของระบบไฟฟ้าแสงสว่างทั้งหมดของโครงการ	234.999 KW
ปริมาณไฟฟ้าในส่วนของระบบไฟฟ้าแสงสว่างทั้งหมดของอาคาร 4	149.221 KW
อาคาร 4 คิดเป็นอัตราการใช้พลังงานโดยรวม	63 % ของอาคารทั้งหมด
พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างของอาคาร 4	203,567.88 kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าระบบแสงสว่างของอาคาร 4 ในช่วง 1 ปี	458,027.73 บาท/ปี
โดยที่ค่าไฟฟ้าระบบแสงสว่างของอาคารทั้งหมด	727,028.16 บาท/ปี

#### 4.5 การทดสอบอาคารกรณีศึกษา

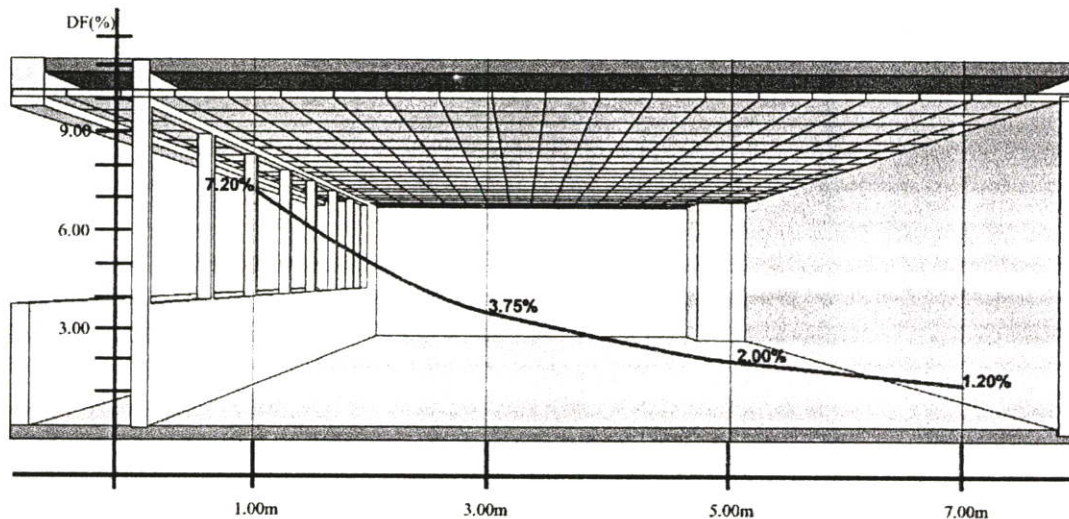
การทดสอบอาคารกรณีศึกษา มีจุดประสงค์ในการวัดประสิทธิภาพของปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติภายในอาคาร เพื่อนำมาพิจารณาว่าอาคารกรณีศึกษามีปริมาณความสว่างจากแสงธรรมชาติเพียงพอต่อการใช้งานเพียงใด โดยใช้วิธีการทดสอบหลายแนวทางเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องมากขึ้น และช่วยในด้านการสรุปผลประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติภายในอาคาร

##### 4.5.1 การเข้าไปทดสอบจากภายในอาคารกรณีศึกษา

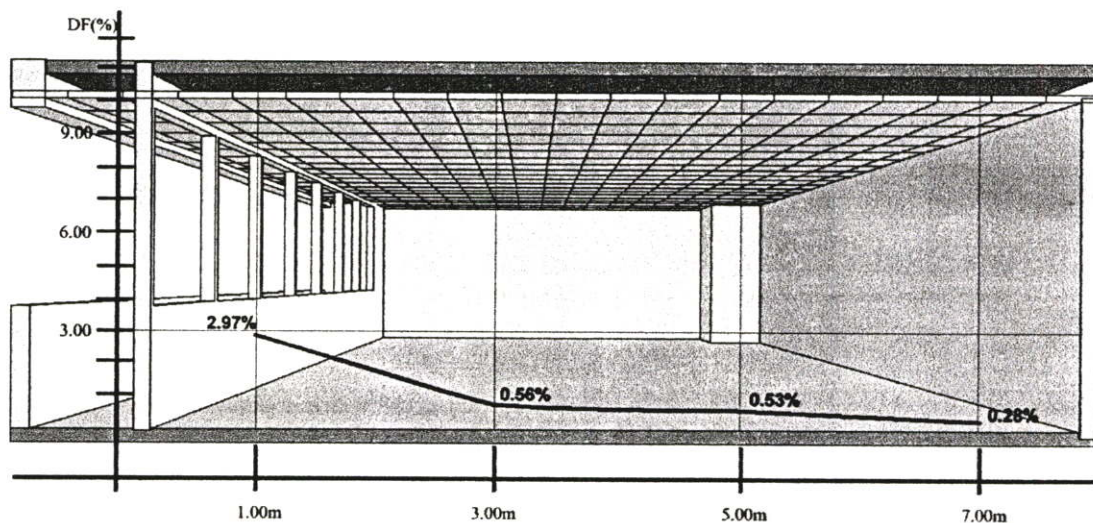
การทดสอบจากอาคารจริงโดยใช้เครื่องมือวัดแสง(Lux Meter) เข้าวัดค่าความสว่างภายในอาคารในระดับของพื้นที่ทำงาน (Working Plane) มีระดับสูงจากพื้น 0.75 เมตร โดยมีจุดอ้างอิงจากระยะของหน้าต่าเป็นระยะ 1 เมตร, 3 เมตร, 5 เมตร, และ 7 เมตรตามลำดับ เนื่องจากการจำกัดทางด้านข้อมูล จึงทำการวัดในช่วงระยะ 1 ชั้น ได้แก่ชั้นที่ 5 ของอาคารกรณีศึกษา ทำการวัดค่าแสง 2 ด้านของอาคาร คืออาคารฝั่งทิศเหนือและทิศใต้



รูปที่ 4.32 รูปแสดงปริมาณความสว่างเฉลี่ยภายในอาคารด้านทิศใต้(ซ้าย)และทิศเหนือของอาคาร เดือน มิถุนายน 2542 เวลาการทดสอบ 10:00 น. ปริมาณแสงด้านนอก 28,230 ลักซ์



รูปที่ 4.33 แสดงค่า แดย์ไลท์แฟคเตอร์(Daylight Factor) ของอาคาร ด้านทิศเหนือ



รูปที่ 4.34 แสดงค่า แดย์ไลท์แฟคเตอร์(Daylight Factor) ของอาคาร ด้านทิศใต้

(หมายเหตุ; ต่อจากนี้การแสดงค่าว่า แดย์ไลท์แฟคเตอร์ (Daylight Factor) เขียนแทนด้วย DF)

การแสดงผลปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติจากการวัดด้วยเครื่องมือวัดแสง แล้วนำค่าที่ได้เปลี่ยนการแสดงผลเป็นค่า DF เพื่อที่จะทำให้ทราบถึงมาตรฐานของปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคาร เห็นได้ว่าอัตราของความสว่างภายในอาคารทางทิศใต้ของอาคารมีปริมาณต่ำกว่าปกติ เนื่องจากมีอาคารข้างเคียงทำให้ปริมาณแสงน้อยกว่าอาคารด้านทิศเหนือ แต่สำหรับการ

ทดสอบโดยใช้วิธีนี้อาจเกิดความคาดเคลื่อนได้ อันเนื่องมาจากสภาพท้องฟ้าและอุปกรณ์ในการทดสอบ

#### 4.5.2 การทดสอบอาคารโดยการคำนวณวิธี CIE (Commission International de L'Eclairage)

เป็นการทดสอบหาค่า DF ของอาคารโดยแบ่งการคำนวณโดยคำนึงถึงอัตราการบังของอาคารข้างเคียง โดยพิจารณาอาคารกรณีศึกษาชั้นที่ 2-9 ด้านทิศใต้ เนื่องจากถูกอาคารข้างเคียงโดยพิจารณาเป็นมุมกระทำระหว่างอาคารข้างเคียง กับกึ่งกลางของหน้าต่าง โดยมีการคำนวณ ดังนี้ การคำนวณ โดยใช้วิธี CIE เป็นการคำนวณองค์ประกอบแสงต่ำสุดที่ฟ้าสู่อาคาร โดยมีสมการ

$$DF_n = MDF \times CF(\infty) \times X(F(t)) \times CF(km) \times eff$$

โดยพิจารณาจากอัตรา และสัดส่วนของห้องกับ ช่องเปิด เป็นค่า H

$$\therefore \text{อัตราความลึกห้อง} = \frac{\text{ความลึกของห้อง}}{\text{ความสูงของหน้าต่าง}}$$

จากอาคารกรณีศึกษา สามารถเทียบระยะอ้างอิง เป็นค่า H ได้ดังนี้

ที่ระยะ 1 เมตรจากช่องเปิด	=	$\frac{1}{1.5}$	= 0.66 H
ที่ระยะ 3 เมตรจากช่องเปิด	=	$\frac{3}{1.5}$	= 2 H
ที่ระยะ 5 เมตรจากช่องเปิด	=	$\frac{5}{1.5}$	= 3.3H
ที่ระยะ 7 เมตรจากช่องเปิด	=	$\frac{7}{1.5}$	= 4.6H

หาเปอร์เซ็นต์ความกว้างหน้าต่าง (Ww)

$$\therefore Ww = (\text{ความกว้างช่องเปิด/ความลึกของห้อง}) \times 100$$

$$Ww = \frac{(7)}{8} 100 = 87.5 \% \approx 90\% (\text{ตามระยะอ้างอิง})$$

หมายเหตุ: ในกรณีอาคารตัวอย่างกำหนดให้ความลึกของห้องอยู่ในช่วง 1 ระยะเสา = 8 เมตร

$\therefore$  การพิจารณาค่า MDF ดูจากภาพที่ ก.1 ทำให้ ค่า MDF ในกรณีนี้ คือ

MDF ที่ระยะ	3	เมตร (2H)	=	4%
	5	เมตร (3.3H)	=	2%

$$7 \text{ เมตร (4.6H)} = 1.3\%$$

การหาค่า CF(t) เป็นค่าส่องผ่านของกระจก หาได้จากตารางที่ภาคผนวก

$$\therefore \text{ค่า}(F_g) \text{ ของกระจกใส 6 mm (มีค่าส่องผ่าน 90 \%)} = 1$$

$$\text{หาค่า CF (km) จากภาพที่ ก.2 ได้} = 0.8$$

การหาค่าความสว่างภายในอาคารสำหรับการคำนวณ วิธีนี้ถูกกำหนดไว้ แล้วจากตารางที่ภาคผนวก ซึ่งความสว่างภายนอกอาคารสำหรับการคำนวณวิธีนี้ถูกกำหนดไว้แล้วตารางที่ภาคผนวก ซึ่งความสว่างของท้องฟ้ากำหนดจาก ตำแหน่งละติจูดของที่ตั้งอาคาร เทียบกับเปอร์เซ็นต์การทำงานของช่วงเวลา 8.00-16.00 น. เทียบค่าเป็น 95% เพื่อนำมาหาค่าความสว่างภายนอกอาคาร ซึ่งได้ค่า = 11400 ลักซ์ (ที่ละติจูด 13.7 °)

$$\therefore \text{ค่าความสว่างภายนอกของอาคารเมื่อองค์ประกอบของแสงภายในต่ำสุด} = 11400 \text{ ลักซ์}$$

ซึ่งจากค่าความสว่างของท้องฟ้าในกรณีนี้ เทียบค่า DFh ที่ต่ำสุด

∴ อัตราของค่า DFh มีส่วนเพิ่มขึ้นในกรณีที่ความสว่างของท้องฟ้าเกิดการเปลี่ยนแปลง

$$\text{จากการวัดค่าแสงภายนอกของอาคารจากสถานที่จริง} = 28230 \text{ ลักซ์}$$

$$\therefore \text{อัตราแปรเปลี่ยนของค่า DFh} = 2.47$$

หาค่า CF(Km) เป็นค่าความสกปรกของหน้าต่าง เทียบค่าจากตารางที่ภาคผนวก

$$\therefore \text{ค่า CF (Km)} = 0.8$$

หาค่า eff หาได้จากสมการ

$$\text{eff} = (\sqrt{1+(C/h)^2} - 1 + (C/h)^2 - C/h)100 (\%)$$

$$\text{โดยที่ } C = \text{ระยะยื่นของอุปกรณ์ บังแดด} = 1.2 \text{ เมตร}$$

$$h = \text{ความสูงของหน้าต่าง} = 1.5 \text{ เมตร}$$

แทนค่า ;

$$\begin{aligned} \text{eff} &= (\sqrt{1+(1.2/1.5)^2} - 1.2/1.5) \times 100 \\ &= 0.48 \text{ หรือ } 48 \% \end{aligned}$$

หาค่า CF (∞) หามุมการบังของอาคารข้างเคียงจากจากตารางที่ภาคผนวก ซึ่งพิจารณาโดยเทียบกับค่า อัตราความลึกของห้องในระยะต่างๆ

$$\therefore \text{จากสมการ } DFh = MDF \times (F(\infty) \times CF(t) \times CF(km) \times \text{eff}$$

$$DFh = MDF \times (F(\infty) \times 1 \times 0.8 \times 0.48$$

$$DFh = MDF \times (F(\infty) \times 0.38$$

การคำนวณ DF ของอาคาร โดยคำนึงถึงอุปสรรคการบังของอาคารข้างเคียง ซึ่งเป็นส่วนทางด้านทิศใต้ของอาคาร

1) อาคารในส่วนชั้นที่ 10-15 (ไม่ถูกบังโดยอาคารข้างเคียง)

$$\text{DFh ที่ระยะ 3 เมตร} = 4 \times 1 \times 0.38 = 1.6 \%$$

$$\therefore \text{DF เมื่อพิจารณาจากอัตราการเปลี่ยนแปลง} = 1.6 \times 2.47 = 3.95 \%$$

$$\text{DFh ที่ระยะ 5 เมตร} = 2 \times 1 \times 0.38 = 0.76$$

$$\therefore \text{DF เมื่อพิจารณาจากอัตราการเปลี่ยนแปลง} = 1.87\%$$

$$\text{DFh ที่ระยะ 7 เมตร} = 1.3 \times 1 \times 0.38 = 0.49$$

$$\therefore \text{DF เมื่อพิจารณาจากอัตราการเปลี่ยนแปลง} = 1.21\%$$

2) อาคารในส่วนชั้นที่ 9 (มีมุมการบัง =  $3^\circ$ )

$$\text{DFh ที่ระยะ 3 เมตร} = 4 \times 0.95 \times 0.38 = 1.52 \%$$

$$\therefore \text{DF จากอัตราการเปลี่ยนแปลง} = 3.75 \%$$

$$\text{DFh ที่ระยะ 5 เมตร} = 2 \times 0.88 \times 0.38 = 0.66$$

$$\therefore \text{DF จากอัตราการเปลี่ยนแปลง} = 1.63\%$$

$$\text{DFh ที่ระยะ 7 เมตร} = 1.3 \times 0.84 \times 0.38 = 0.41\%$$

$$\therefore \text{DF จากอัตราการเปลี่ยนแปลง} = 1.01\%$$

3) อาคารในส่วนชั้นที่ 8 (มีมุมการบัง =  $15^\circ$ )

$$\text{DFh ที่ระยะ 3 เมตร} = 4 \times 0.85 \times 0.38 = 1.29 \%$$

$$\therefore \text{DF จากอัตราการเปลี่ยนแปลง} = 3.18 \%$$

$$\text{DFh ที่ระยะ 5 เมตร} = 2 \times 0.78 \times 0.38 = 0.59\%$$

$$\therefore \text{DF จากอัตราการเปลี่ยนแปลง} = 1.45\%$$

$$\text{DFh ที่ระยะ 7 เมตร} = 1.3 \times 0.74 \times 0.38 = 0.36\%$$

$$\therefore \text{DF จากอัตราการเปลี่ยนแปลง} = 0.88\%$$

4) อาคารในส่วนชั้นที่ 6 (มีมุมการบัง =  $38^\circ$ )

$$\text{DFh ที่ระยะ 3 เมตร} = 4 \times 0.38 \times 0.38 = 0.57 \%$$

$$\therefore \text{DF จากอัตราการเปลี่ยนแปลง} = 1.40 \%$$

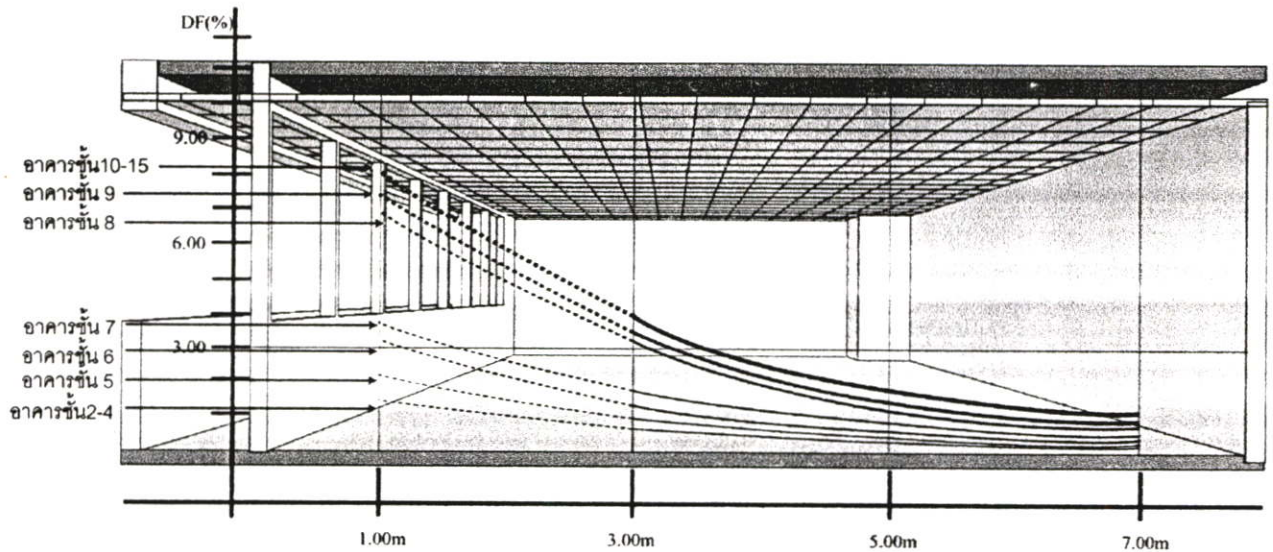
$$\begin{aligned} \text{DFh ที่ระยะ 5 เมตร} &= 2 \times 0.42 \times 0.38 &= 0.31\% \\ \therefore \text{DF จากอัตราการเปลี่ยนแปลง} &&= 0.76\% \\ \text{DFh ที่ระยะ 7 เมตร} &= 1.3 \times 0.49 \times 0.38 &= 0.24\% \\ \therefore \text{DF จากอัตราการเปลี่ยนแปลง} &&= 0.59\% \end{aligned}$$

5) อาคารในส่วนชั้นที่ 5 (มีมุมการบัง =  $45^\circ$ )

$$\begin{aligned} \text{DFh ที่ระยะ 3 เมตร} &= 4 \times 0.28 \times 0.38 &= 0.42\% \\ \therefore \text{DF จากอัตราการเปลี่ยนแปลง} &&= 1.03\% \\ \text{DFh ที่ระยะ 5 เมตร} &= 2 \times 0.38 \times 0.38 &= 0.28\% \\ \therefore \text{DF จากอัตราการเปลี่ยนแปลง} &&= 0.69\% \\ \text{DFh ที่ระยะ 7 เมตร} &= 1.3 \times 0.43 \times 0.38 &= 0.21\% \\ \therefore \text{DF จากอัตราการเปลี่ยนแปลง} &&= 0.51\% \end{aligned}$$

6) อาคารในส่วนชั้นที่ 4-2 (มีมุมการบัง =  $50^\circ$ )

$$\begin{aligned} \text{DFh ที่ระยะ 3 เมตร} &= 4 \times 0.26 \times 0.38 &= 0.39\% \\ \therefore \text{DF จากอัตราการเปลี่ยนแปลง} &&= 0.69\% \\ \text{DFh ที่ระยะ 5 เมตร} &= 2 \times 0.34 \times 0.38 &= 0.25\% \\ \therefore \text{DF จากอัตราการเปลี่ยนแปลง} &&= 0.61\% \\ \text{DFh ที่ระยะ 7 เมตร} &= 1.3 \times 0.4 \times 0.38 &= 0.19\% \\ \therefore \text{DF จากอัตราการเปลี่ยนแปลง} &&= 0.46\% \end{aligned}$$



รูปที่ 4.35 แสดงการเปรียบเทียบอัตราปริมาณความสว่างภายในอาคารที่ลดลงตามการบังของอาคาร ช้างเคียง

#### 4.5.3 การทดสอบอาคารโดยการคำนวณวิธี B.R.S.

ใช้ทดสอบกับส่วนของอาคารที่ไม่มีผลกระทบกับอาคารข้างเคียง การคำนวณใช้หลักการเดียวกับวิธีการ DF คือ

$$DF = SC + ERC + IRC$$

ในกรณีของวิธีการ DF การคำนวณหาค่า SC มีวิธีการที่ค่อนข้างยุ่งยากมาก แต่ในส่วนวิธีของ B.R.S. การหาค่า SC เป็นการเทียบค่าในตารางเทียบค่า B.R.S. ซึ่งได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกัน

รายละเอียดของการคำนวณ

H1	=	1.75	เมตร
W1	=	3.5	เมตร
D1	=	1	เมตร
H2	=	0.25	เมตร
H3	=	0.25	เมตร
ค่าสะท้อนแสงของฝ้าเพดาน	=	70%	
ค่าสะท้อนแสงของผนังอาคาร	=	60%	
ค่าสะท้อนแสงของพื้นอาคาร	=	40%	
อัตราส่วน			
พื้นที่กระจกต่อพื้นที่ห้อง	=	1:6	

SCobst > 50% ของช่องเปิด

1) DF ที่ระยะ 1 เมตร จากช่องเปิด

หาค่า SC

$$\begin{aligned} H1/D1 &= 1.75/1 = 1.75; \quad w1/D1 = 3.5/1 = 3.5 \\ \text{จากการเปิดตาราง B.R.S.; PQRSOB} &= 2(9) = 18\% \end{aligned}$$

$$R/D = H2/D1 = 0.25 = 0.25; \quad W1/D1 = 3.5$$

$$\therefore R_s = 2(0.37) = 0.74\%$$

$$\therefore SC = PQRSOB - (RD + OB)$$

$$= 18 - (0.74 + 9.7)$$

$$= 7.56\%$$

หา ERC

$$\text{จาก } So/10Sw = So/10(n-1) \quad (\text{ในกรณีที่หน้าต่างถูก Obstruct เกิน 50\%})$$

$$\therefore ERC = 1.94\% (n = \text{อัตราส่วนของการบังกระจก ในกรณีนี้เท่ากับ } 1.5/1 = 1.5)$$

หา IRC

หาจากการเทียบค่า อัตราส่วนของพื้นที่หน้าต่างกับพื้นที่ของห้อง โดยเทียบค่ากับการสะท้อนแสงของพื้นอาคาร และผนังอาคาร

จากการเทียบค่า

$$\therefore IRC = 1.1 \times \text{Conversion factor} \times \text{Conversion Factor average}$$

$$= 1.1 \times 1 (\text{Ceilings มี } p = 70\%) \times 1.3 (\text{Wall มี } p = 60\%)$$

$$\therefore IRC = 1.43\%$$

$$\therefore DF = 7.56 + 1.9 + 1.43 = 10.93$$

$$\text{Flames Correction} = 10.93 \times 0.8 (\text{All metal window})$$

$$= 8.74$$

$$\text{Glass correction} = 8.74 \times 0.9 (\text{Transmittance})$$

$$\therefore \text{ค่า DF ที่ระยะ 1 เมตรจากช่องเปิด} = 7.8\%$$

## 2) DF ที่ระยะ 3 เมตร

## หาค่า SC

$$H/D = 1.75/3 = 0.58; w1/D = 3.5/3 = 1.16$$

$$\therefore PQR SOB = 2(1.85) = 3.7\%$$

$$R1/D = H2/D = 0.25/3 = 0.08; W1/D = 1.16$$

$$\therefore RS = 2(0.05) = 0.1\%$$

$$O/D = H3/D = 0.5/3 = 0.16 ; W1/D = 1.16$$

$$\therefore OB = 2(0.13) = 0.26\%$$

$$\therefore SC = PQR SOB - (RS + OB)$$

$$= 3.7 - 0.36$$

$$= 3.34\%$$

ERC อัตราการบั้งกระจกต่ำกว่า 50 %  $\therefore$  ใช้ค่า  $1/10 \times So$

$$ERC = 0.026 \%$$

IRC จากการเทียบค่า IRC = 1.43%

$$\therefore DF = SC + ERC + IRC$$

$$= 3.34 + 0.026 + 1.43$$

$$= 4.79 \%$$

$$\text{Flame Correction} = 4.79 \times 0.8$$

$$= 3.83\%$$

$$\text{Glass Correction} = 3.83 \times 0.9$$

$$= 3.44\%$$

$$\therefore \text{ค่า DF ที่ระยะ 3 เมตร จากช่องเปิด} = 3.44\%$$

3) DF ที่ระยะ 5 เมตร

หาค่า SC

$$H/D = 1.75/5 = 0.35 ; w1/D = 3.5 = 0.7$$

$$\therefore PQRSOB = 2(0.54) = 1.08\%$$

$$R1/D = H2/D = 0.25/5 = 0.05 ; W1/D = 10.7$$

$$\therefore RS = 2(0.02) = 0.04\%$$

$$H3=0.3; O/D=H3/D = 0.30/5 = 0.06 ; W1 = 0.7$$

$$\therefore OB = 2(0.02) = 0.04\%$$

$$\therefore SC = PQRSOB - (RS + OB)$$

$$= 1.08 - 0.08$$

$$= 1\%$$

ERC อัตราการบังกระจกต่ำกว่า 50 %  $\therefore$  ใช้ค่า  $1/10 \times So$

$$ERC = 0.04/10 = 0.026 \%$$

$$\text{IRC จากการเทียบค่า IRC} = 1.43\%$$

$$\therefore DF = SC + ERC + IRC$$

$$= 1 + 0.004 + 1.43$$

$$= 2.43\%$$

$$\text{Flame Correction} = 2.43 \times 0.8$$

$$= 1.94\%$$

$$\text{Glass Correction} = 1.94 \times 0.9$$

$$= 1.74\%$$

$$\therefore \text{ค่า DF ที่ระยะ 5 เมตร จากช่องเปิด} = 1.74\%$$

4) DF ที่ระยะ 7 เมตร

หาค่า SC

$$H/D = 1.75/7 = 0.25 ; w1/D = 3.5/5 = 0.5$$

$$\therefore \text{PQRSOB} = 2(0.21) = 0.42\%$$

$$R1/D = H2/D = 0.25/7 = 0.04 ; W1/D = 0.5$$

$$\therefore \text{RS} = 2(0.015) = 0.03\%$$

$$H3=0.25; O/D = H3/D = 0.30/7 = 0.04 ; W1/D = 0.5$$

$$\therefore \text{OB} = 2(0.015) = 0.03\%$$

$$\therefore \text{SC} = \text{PQRSOB} - (\text{RS} + \text{OB})$$

$$= 0.42 - 0.06$$

$$= 0.36\% \text{ ----- } *$$

ERC อัตราการบังกระจกต่ำกว่า 50 %  $\therefore$  ใช้ค่า  $1/10 \times S_o$

$$\text{ERC} = 0.03/10 = 0.003 \%$$

$$\text{IRC จากการเทียบค่า IRC} = 1.43\%$$

$$\therefore \text{DF} = \text{SC} + \text{ERC} + \text{IRC}$$

$$= 0.36 + 0.003 + 1.43$$

$$= 1.79\%$$

$$\text{Flame Correction} = 1.79 \times 0.8$$

$$= 1.43\%$$

$$\text{Glass Correction} = 1.43 \times 0.9$$

$$= 1.28\%$$

$$\therefore \text{ค่า DF ที่ระยะ 7 เมตร จากช่องเปิด} = 1.28\%$$

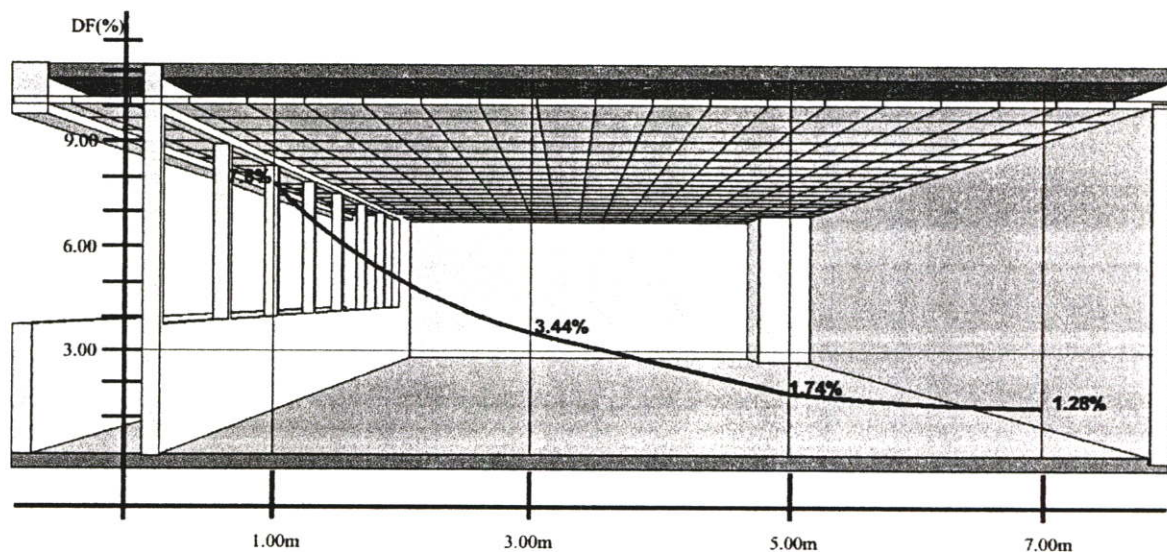
จากการคำนวณสรุปได้ว่า

$$\text{ค่า DF ที่ระยะ 1 เมตรจากช่องเปิด} = 7.80\%$$

$$\text{ค่า DF ที่ระยะ 3 เมตรจากช่องเปิด} = 3.44\%$$

$$\text{ค่า DF ที่ระยะ 5 เมตรจากช่องเปิด} = 1.74\%$$

$$\text{ค่า DF ที่ระยะ 7 เมตรจากช่องเปิด} = 1.28\%$$



รูปที่ 4.36 กราฟแสดงค่า DF จากการคำนวณโดยใช้วิธี BRS

#### 4.5.4 การทดสอบอาคารกรณีศึกษาโดยการคำนวณวิธีลูเมน (Lumen Method)

การคำนวณโดยใช้วิธีนี้เป็นกรคำนวณในกรณีที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด เพื่อทดสอบเชิงเปรียบเทียบกับรูปแบบอาคารเดิมที่มีอุปกรณ์บังแดด โดยการคำนวณมีการกำหนดจุดอ้างอิงดังนี้

กำหนดจุดอ้างอิงดังนี้	$E_D$ MAX	อยู่ในระยะ	1.50 เมตร
	$E_D$ MID	อยู่ในระยะ	4.50 เมตร
	$E_D$ MIN	อยู่ในระยะ	8.50 เมตร

จากสมการ

$$E_D = E_S + E_G$$

โดยที่

$E_D$  = แสงสว่างที่ตกกระทบบนพื้นที่อ้างอิง

$E_S$  = แสงสว่างจากท้องฟ้าที่ตกกระทบบนพื้นที่อ้างอิง

$E_G$  = แสงสว่างจากการสะท้อนจากพื้นที่ที่ตกกระทบบนพื้นที่อ้างอิง

อิง

มีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

$$E_S = (E_w \times AF \times TF \times LLF) \times CU \times K$$

$E_w$  = ปริมาณแสงสว่างจากท้องฟ้ามีหน่วยเป็นฟุตแคนเดิล (fc)

$$= 2823 \text{ fc}$$

AF = ปริมาณพื้นที่กระจกบนผนังอาคาร;  $\text{ft}^2$

$$= 129.3 \text{ ft}^2$$

TF = เป็นปริมาณอัตราส่วนที่ยอมให้แสงผ่านจากกระจก หาค่าได้จากตาราง

*Transmittance Data -IES*

= กระจกใสหนา 6 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 0.80

LLF = เป็นค่าการสูญเสียความสว่าง (Light Loss Factor) หาค่าได้จากตาราง

*Average Window Maintenance Factor Expressed* ในกรณีนี้ใช้ค่าของอาคาร

สำนักงาน ที่ใช้งานมากกว่า 6 เดือน = 0.83

CU = Coefficient of Utilization เป็นค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานขึ้นอยู่กับความยาว

ห้องแบ่งเป็นระยะ MAX, MID และ MIN หาค่าได้จากตาราง Coefficient of

Utilization ในกรณีนี้กำหนดให้ห้องมีความลึก 30 ft สีทาภายในเป็นสีขาว

$$CU \text{ ที่ } E_S \text{ MAX} = 0.122$$

$$CU \text{ ที่ } E_S \text{ MIN} = 0.0049$$

$$CU \text{ ที่ } E_S \text{ MID} = 0.0027$$

K = เป็นค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานขึ้นกับความสูงของห้อง (Second Coefficient

Utilization) พิจารณาตามระยะของห้องเช่นเดียวกับค่า CU แบ่งเป็นระยะ MAX, MID

และ MIN หาค่าได้จากตาราง *K Factor* ในกรณีนี้พิจารณาความสูงของห้องที่ 8 ft

$$K \text{ ที่ } E_s \text{ MAX} = 0.122$$

$$K \text{ ที่ } E_s \text{ MID} = 0.156$$

$$K \text{ ที่ } E_s \text{ MIN} = 0.092$$

แทนค่าสมการ;

$$E_s \text{ MAX} = 2823 \times 129.3 \times 0.8 \times 0.122 \times 0.122$$

$$E_s \text{ MID} = 2823 \times 129.3 \times 0.8 \times 0.0049 \times 0.156$$

$$E_s \text{ MIN} = 2823 \times 129.3 \times 0.8 \times 0.0027 \times 0.092$$

ปริมาณค่าแสงสว่างที่ตกกระทบลงบนพื้นที่ทำงานมีค่าดังนี้

$$E_s \text{ MAX} = 499.71 \text{ fc}$$

$$E_s \text{ MID} = 185.27 \text{ fc}$$

$$E_s \text{ MIN} = 60.20 \text{ fc}$$

หาปริมาณแสงสว่างจากการสะท้อนจากพื้นที่ตกกระทบบน Working Plane จากสมการ

$$E_G = E_{IG} \times RF \times XAF \times XTF \times LLF \times CU \times K/2$$

$E_{IG}$  = ปริมาณแสงสว่างที่ตกกระทบบนพื้นนอกหน้าต่าง ในการคำนวณให้เป็นปริมาณแสงสว่างที่อยู่ในแนวระนาบนอน (Horizontal) ซึ่งมีค่าความสว่างเป็น 1/3 ของความส่องสว่างที่จุดยอดฟ้า (Zenith) ซึ่งมาจากสมการ  $L_E = L_z / 3 = 941 \text{ fc}$

RF = ค่าการสะท้อนของพื้นนอกหน้าต่าง ในกรณีนี้ด้านนอกอาคารเป็นคอนกรีต ดังนั้นมีค่าเท่ากับ 0.55

AF = ปริมาณพื้นที่กระจกบนผนังอาคาร;  $\text{ft}^2$

TF = Overall Transmission Factor เป็นปริมาณอัตราส่วนที่ยอมให้แสงผ่านจากกระจก หาค่าได้จากตาราง *Transmittance Data -IES*  
= กระจกใสหนา 6 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 0.80

LTF = เป็นการสูญเสียความสว่าง หาค่าได้จากตาราง *Average Window*

*Maintenance*

*Factor Expressed* ในกรณีนี้ใช้ค่าของอาคารสำนักงาน ที่ใช้งานมากกว่า 6

เดือน

$$= 0.83$$

CU = Coefficient of Utilization เป็นค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานขึ้นอยู่กับความยาวห้อง แบ่งเป็นระยะ MAX, MID และ MIN หาค่าได้จากตาราง Coefficient of Utilization ในกรณีนี้กำหนดให้ห้องมีความลึก 30 ft สีทาภายในเป็นสีขาว

$$CU \text{ ที่ } E_G \text{ MAX} = 0.008$$

$$CU \text{ ที่ } E_G \text{ MIN} = 0.005$$

$$CU \text{ ที่ } E_G \text{ MID} = 0.003$$

K = Second Coefficient Utilization เป็นค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานขึ้นอยู่กับความสูง

ของห้อง พิจารณาตามระยะของห้องเช่นเดียวกับค่า CU แบ่งเป็นระยะ MAX, MID และ MIN หาค่าจากตาราง K Factor

$$K \text{ ที่ } E_G \text{ MAX} = 0.182$$

$$K \text{ ที่ } E_G \text{ MID} = 0.090$$

$$K \text{ ที่ } E_G \text{ MIN} = 0.080$$

แทนค่าสมการ;

$$E_G \text{ MAX} = 941 \times 0.5 \times 129.3 \times 0.8 \times 0.83 \times 0.008 \times 0.182 / 2$$

$$E_G \text{ MID} = 941 \times 0.5 \times 129.3 \times 0.8 \times 0.83 \times 0.008 \times 0.09 / 2$$

$$E_G \text{ MIN} = 941 \times 0.5 \times 129.3 \times 0.8 \times 0.83 \times 0.008 \times 0.08 / 2$$

ปริมาณค่าแสงสว่างที่ตกกระทบลงบน Working Plane มีค่าดังนี้

$$E_G \text{ MAX} = 29.40 \text{ fc}$$

$$E_G \text{ MID} = 9.08 \text{ fc}$$

$$E_G \text{ MIN} = 4.48 \text{ fc}$$

ดังนั้นค่าความสว่างรวมทั้งหมดบน Working Plane จากสมการ

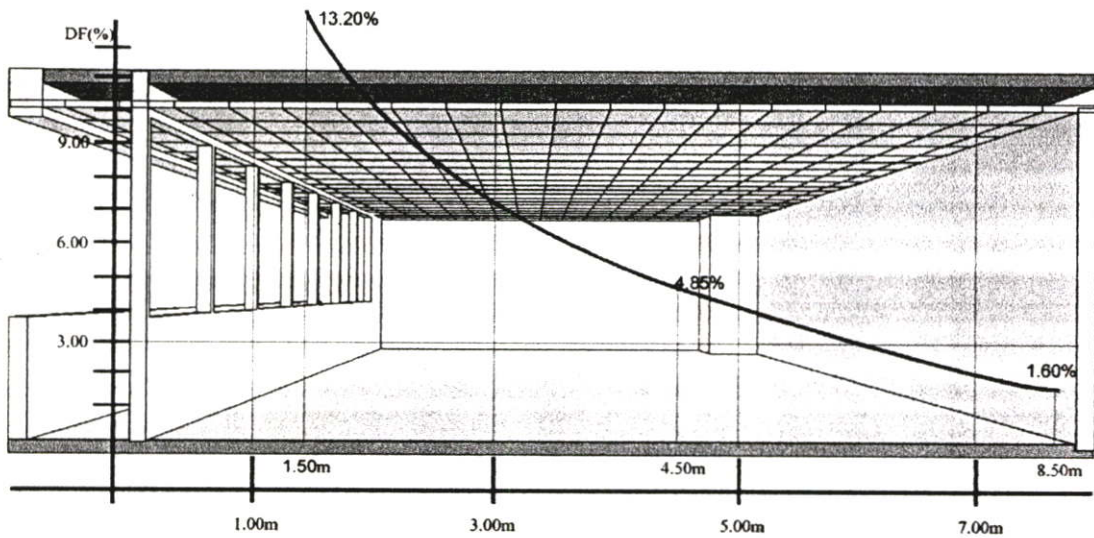
$$E_G = E_s + E_G$$

แทนค่าสมการ

$$E_D \text{ MAX} = 529.11 \text{ fc} \text{ หรือมีค่า} = 5291 \text{ ลักซ์}$$

$$E_D \text{ MID} = 194.34 \text{ fc} \text{ หรือมีค่า} = 1943 \text{ ลักซ์}$$

$$E_D \text{ MIN} = 65.04 \text{ fc} \text{ หรือมีค่า} = 650 \text{ ลักซ์}$$

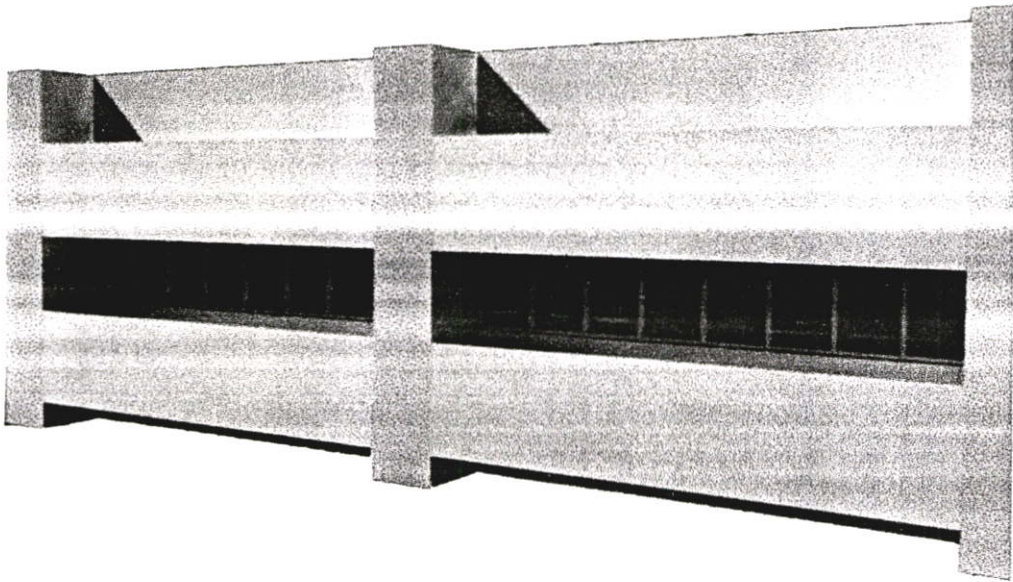


รูปที่ 4.37 ปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารเทียบเป็นค่า เดย์ไลท์แฟคเตอร์ จากการคำนวณ โดยใช้ วิธีลูเมน

(หมายเหตุ; การคำนวณวิธีนี้ไม่ได้คิดรวมอุปกรณ์บังแดด)

#### 4.5.5 การทดสอบโดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรม Lightscape (ชื่อเฉพาะ) ประเมินผล

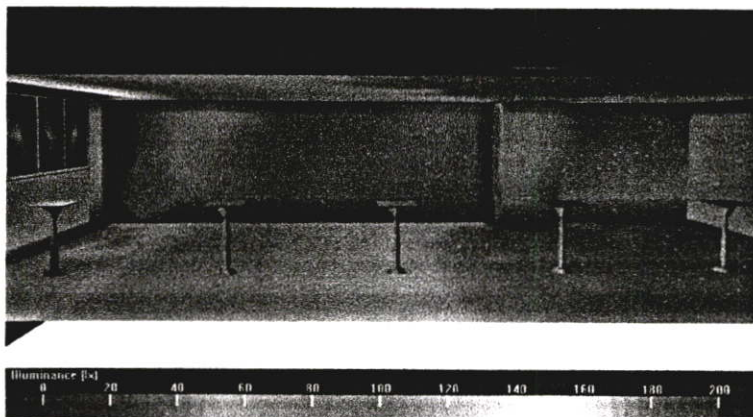
การใช้โปรแกรมนี้ต้องทำหุ่นจำลอง 3 มิติในคอมพิวเตอร์ โดยกำหนดค่าวัสดุทุกอย่าง เหมือนค่าของพื้นที่อาคารกรณีศึกษาจริง โดยที่โปรแกรมนี้สามารถกำหนดพื้นที่ประมวลผลให้อยู่ ในเขตพื้นที่ของ กรุงเทพมหานครได้ และสามารถกำหนดสภาพท้องฟ้าได้ 3 ประเภทตามมาตรฐาน CIE ในที่นี้กำหนดสภาพท้องฟ้าให้เป็นแบบมีเมฆปรกคลุมทั้งหมด



รูปที่ 4.38 แสดงลักษณะของหุ่นจำลอง 3 มิติของอาคารกรณีศึกษาในคอมพิวเตอร์

การทดสอบแสงธรรมชาติของโปรแกรม Lightscape พบว่าปริมาณแสงในแนวระนาบตั้งมีค่าประมาณ 2.5 เท่าของปริมาณแสงของท้องฟ้าแนวระนาบนอน ในส่วนของท้องฟ้าประเภทมีเมฆปกคลุม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสภาพของท้องฟ้าจริง ในแต่ละวันของการประมวลผลกำหนดให้มีการประมวลผลในช่วง 4 เวลาใน 1 วัน ได้แก่เวลา 9:00 น., 11:00 น., 13:00 และ 15:00 น. โดยการประเมินผลแสดงได้ดังนี้

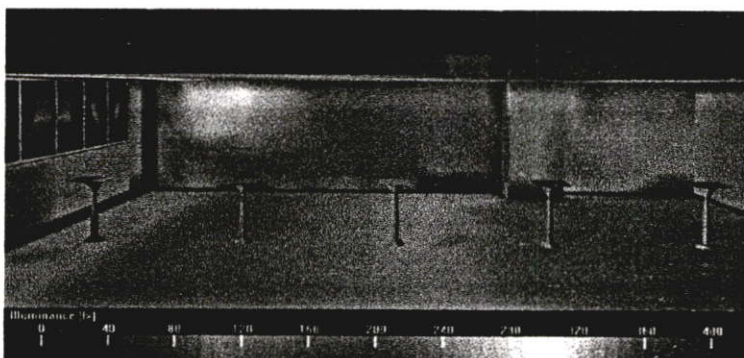
9:00



เดือน มกราคม

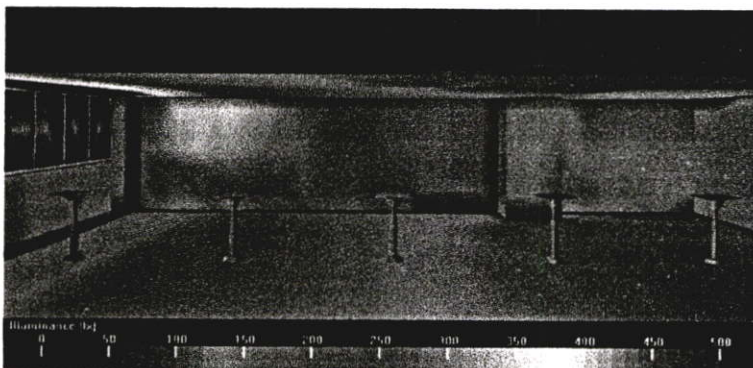
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 5695 lx

11:00



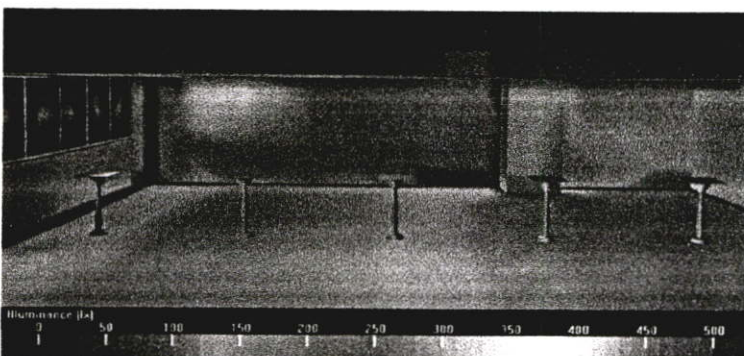
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 12589 lx

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 16355 lx

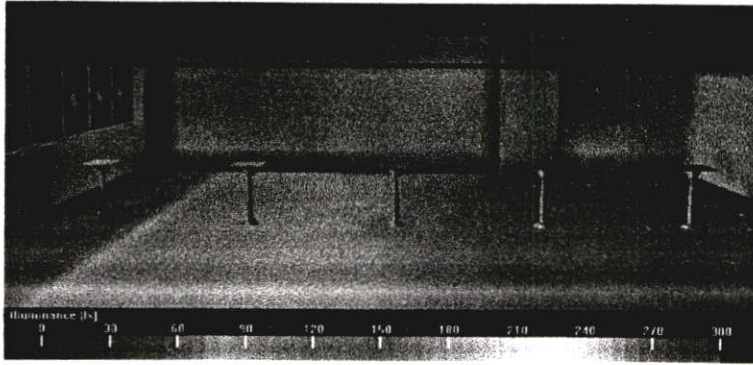
15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 15065 lx

รูปที่ 4.39 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของเดือนมกราคม

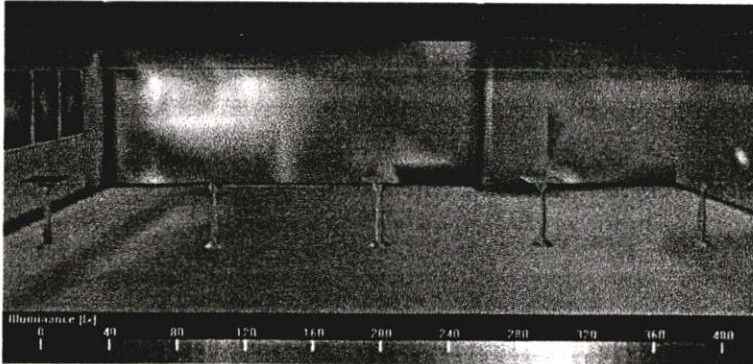
9:00



เดือน กุมภาพันธ์

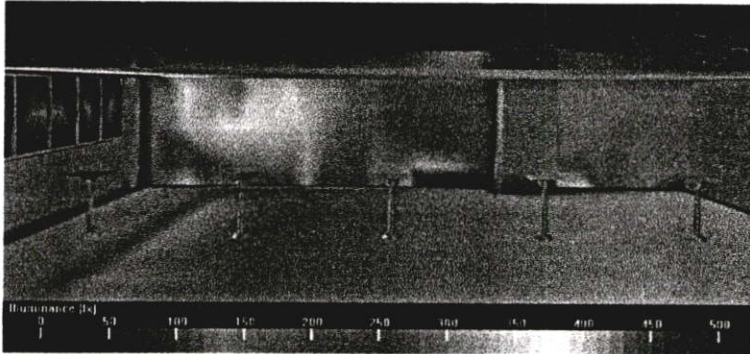
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 6494 lx

11:00



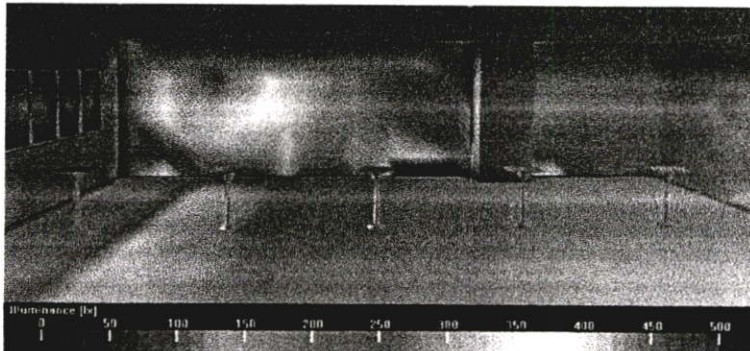
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 14138 lx

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 17191 lx

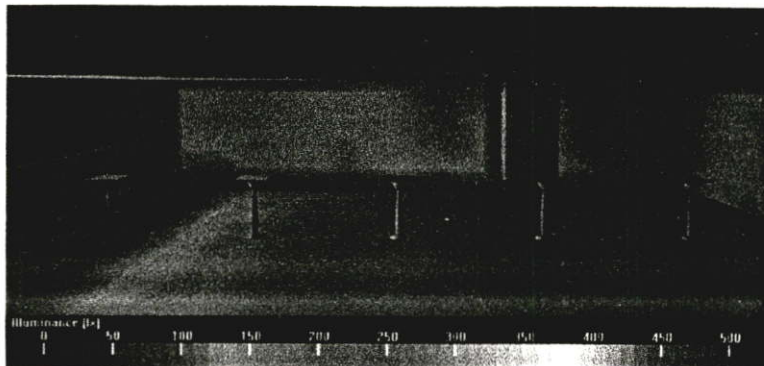
15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 16639 lx

รูปที่ 4.40 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของเดือนกุมภาพันธ์

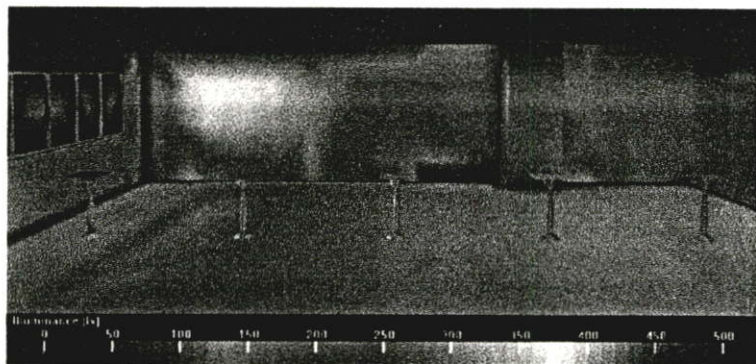
9:00



เดือน มีนาคม

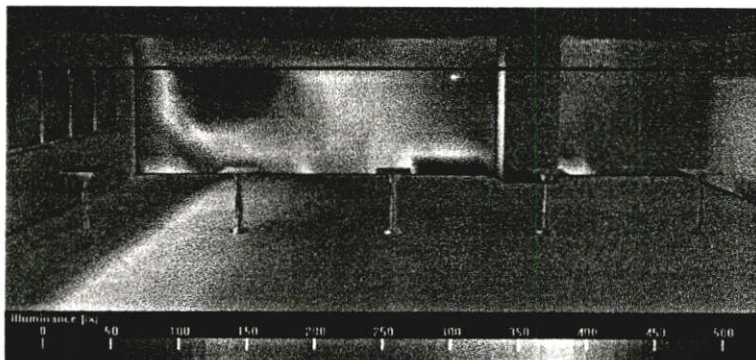
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 7985 lx

11:00



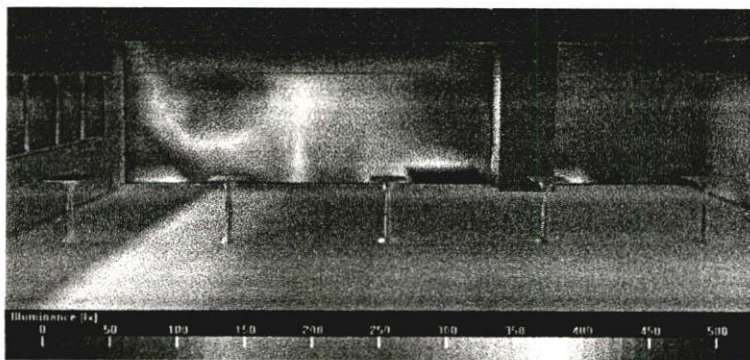
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 15702 lx

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 19259 lx

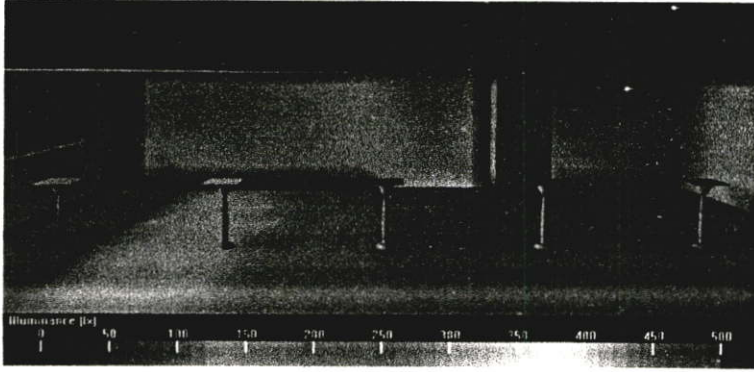
15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 17767 lx

รูปที่ 4.41 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของเดือนมีนาคม

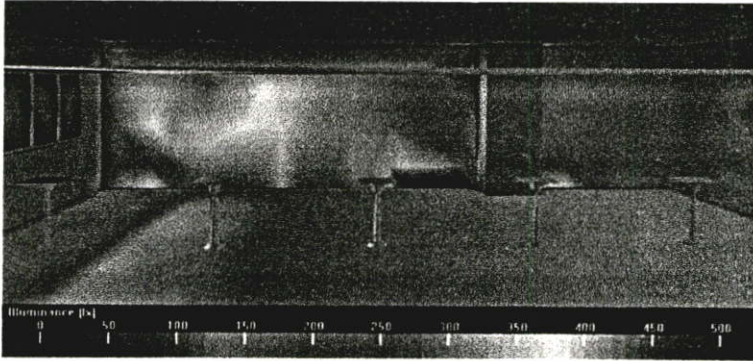
9:00



เดือน เมษายน

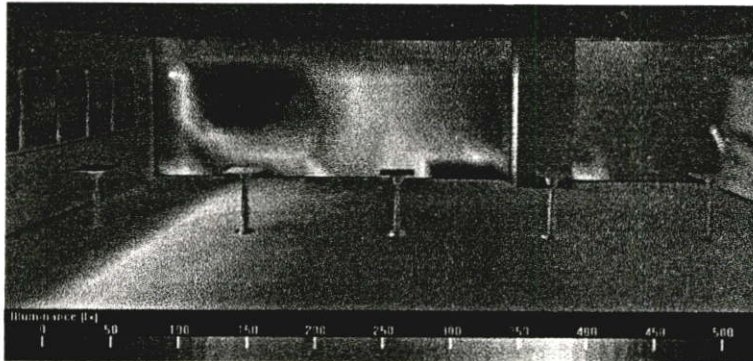
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 9458 lx

11:00



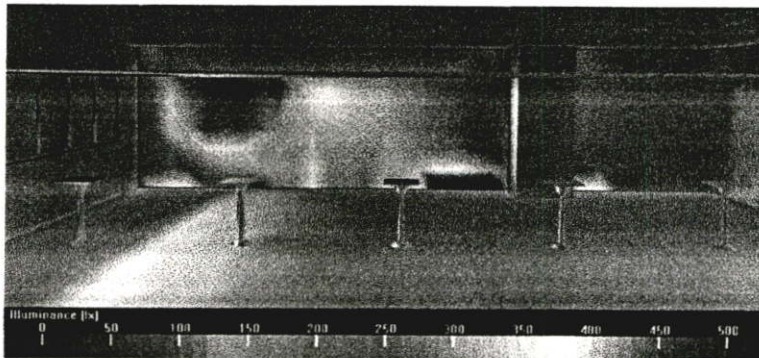
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 16759 lx

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 19877 lx

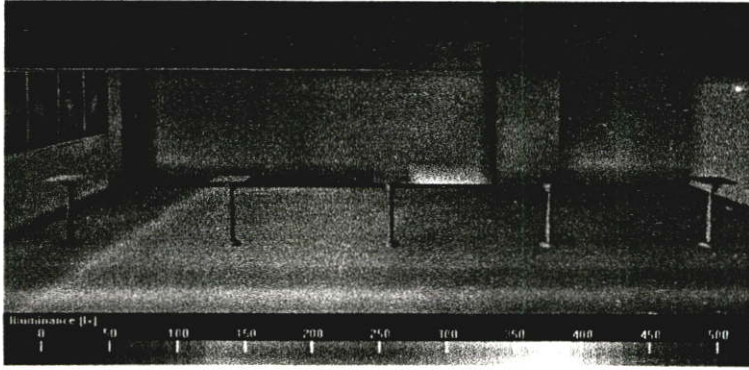
15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 17719 lx

รูปที่ 4.42 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของเดือนเมษายน

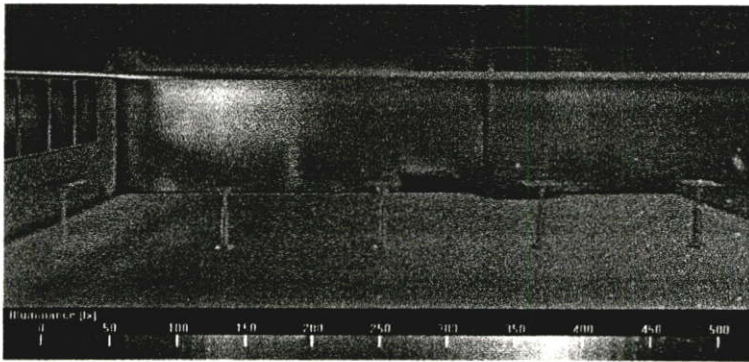
9:00



เดือน พฤษภาคม

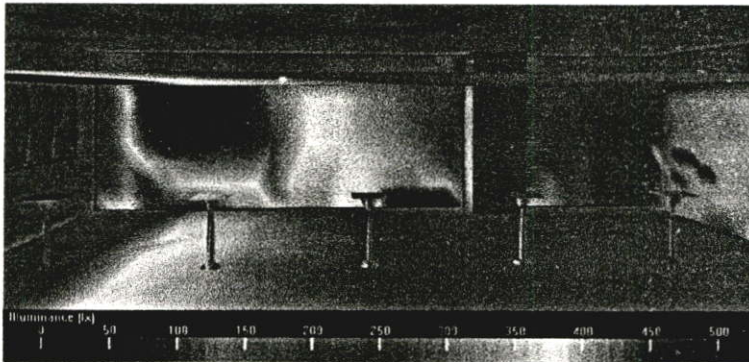
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 9873 lx

11:00



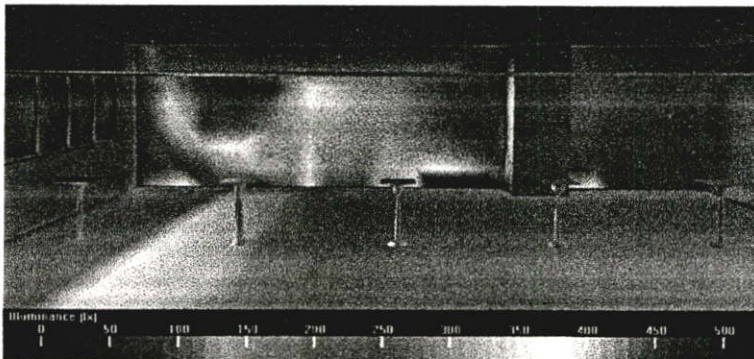
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 16496 lx

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 19492 lx

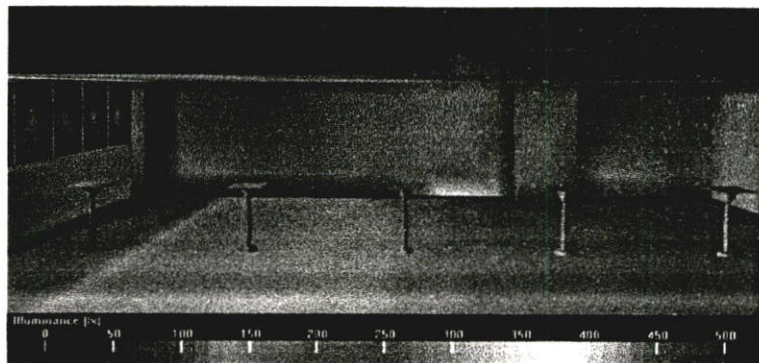
15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 17766 lx

รูปที่ 4.43 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของเดือนพฤษภาคม

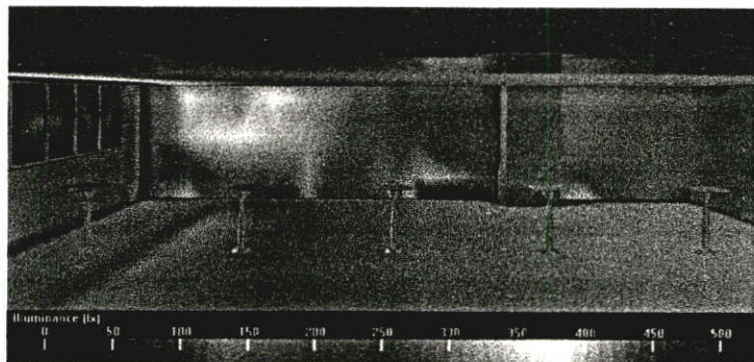
9:00



เดือน มิถุนายน

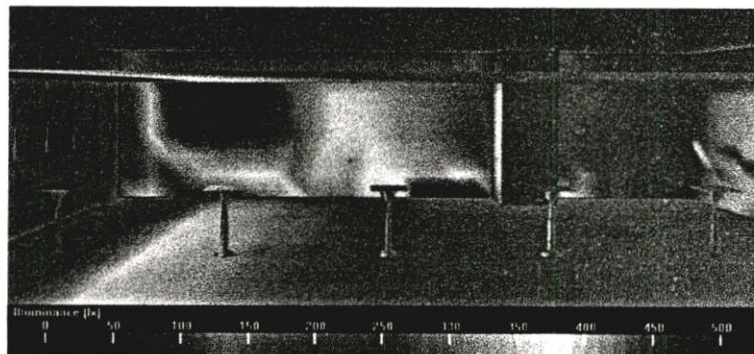
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 9764 lx

11:00



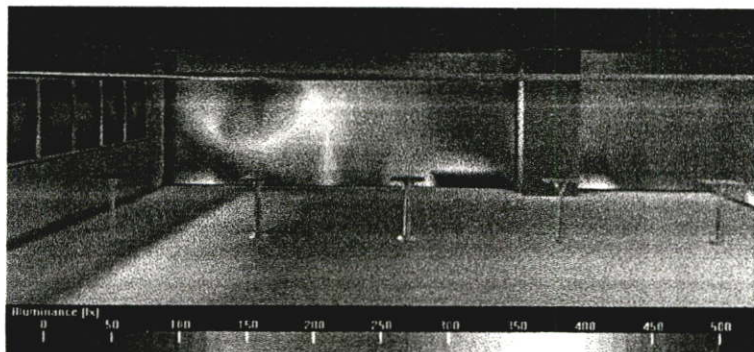
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 16610 lx

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 19338 lx

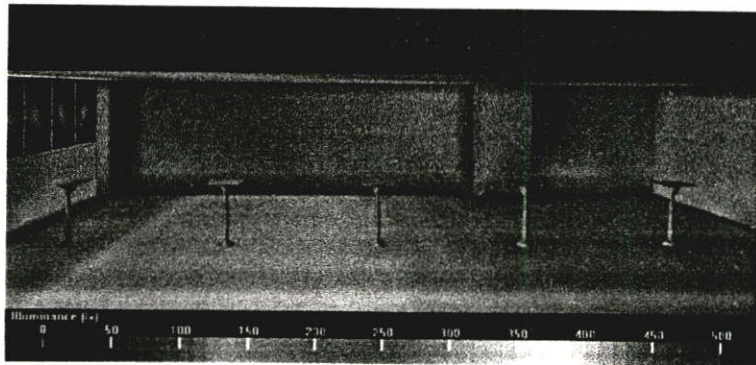
15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 18066 lx

รูปที่ 4.44 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของเดือนมิถุนายน

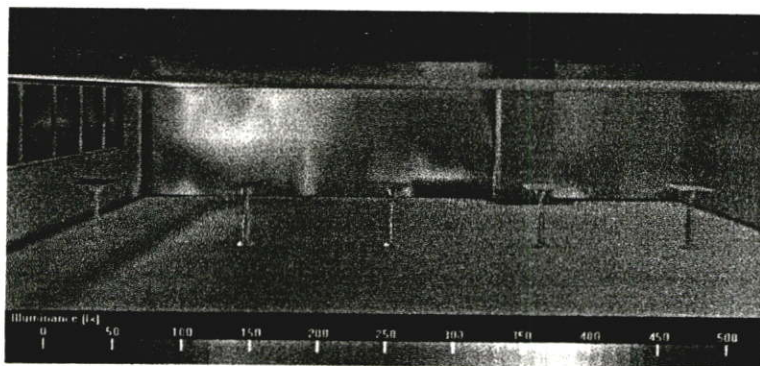
9:00



เดือน กรกฎาคม

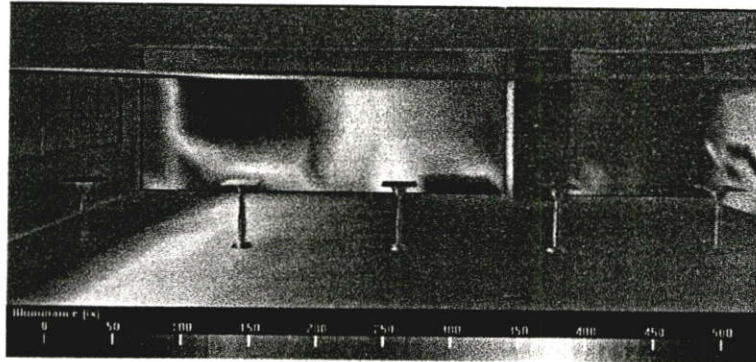
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 9324 lx

11:00



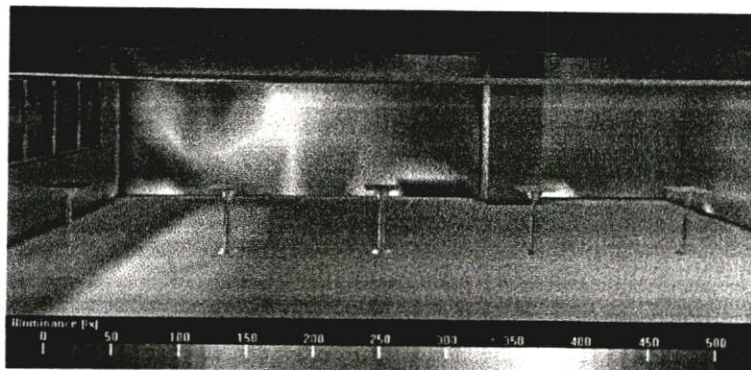
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 16116 lx

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 20251 lx

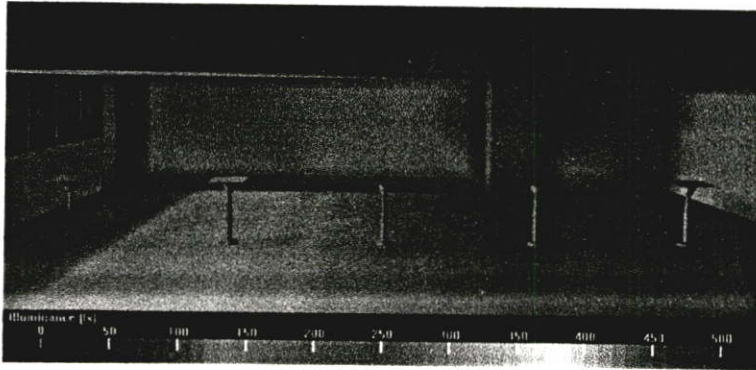
15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 18175 lx

รูปที่ 4.45 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของเดือนกรกฎาคม

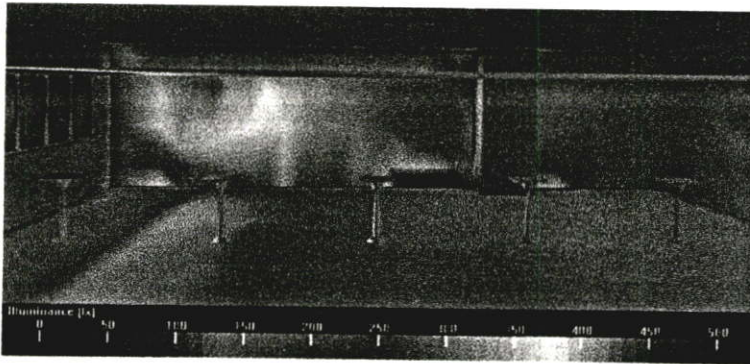
9:00



เดือน สิงหาคม

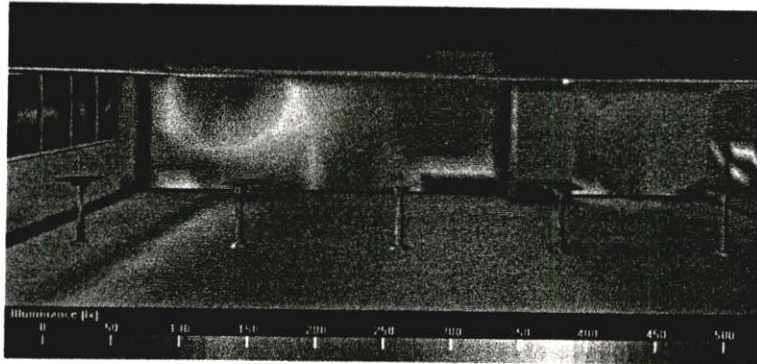
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 9441 lx

11:00



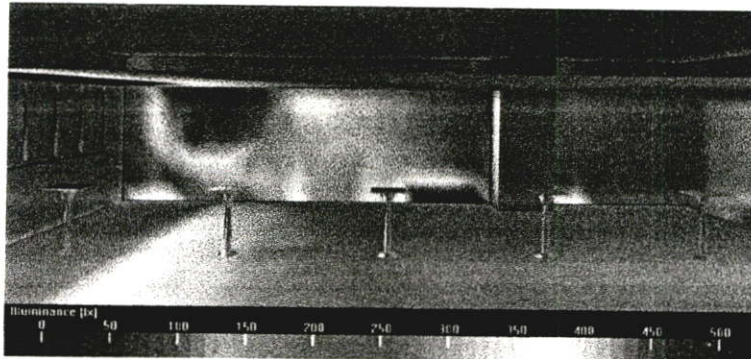
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 18590 lx

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 20401 lx

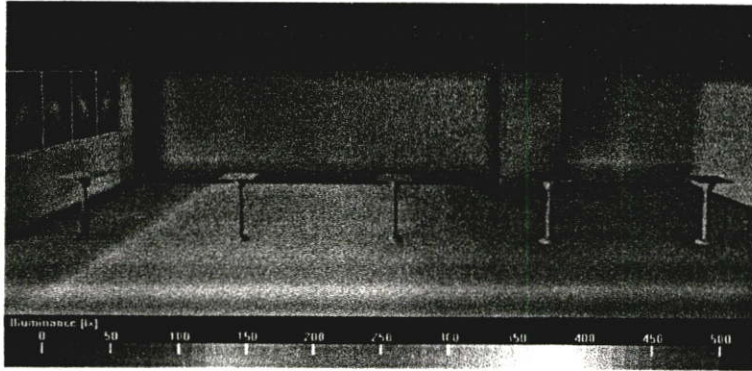
15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 18147 lx

รูปที่ 4.46 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของเดือนสิงหาคม

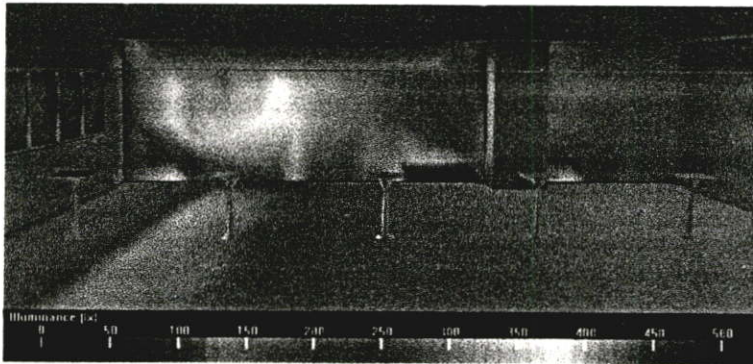
9:00



เดือน กันยายน

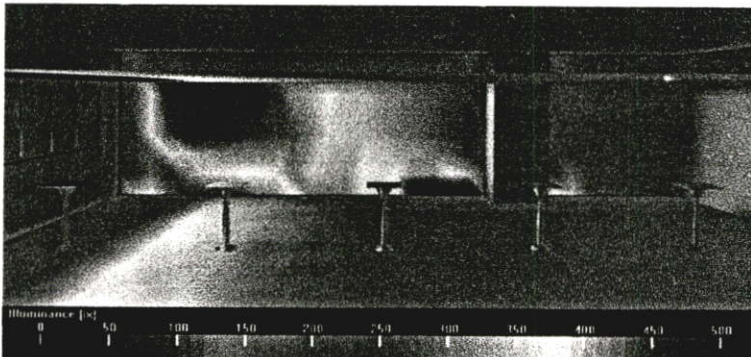
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 9412 lx

11:00



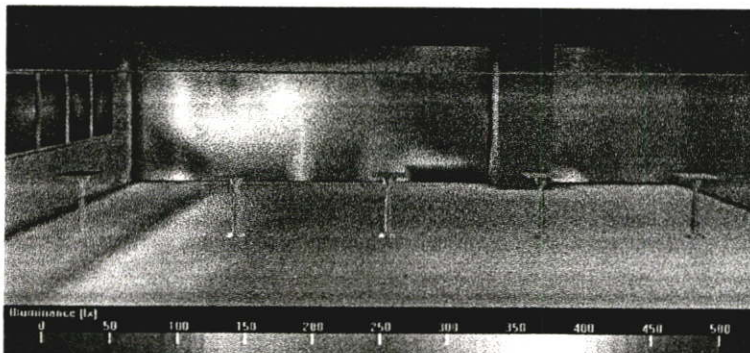
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 16993 lx

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 19891 lx

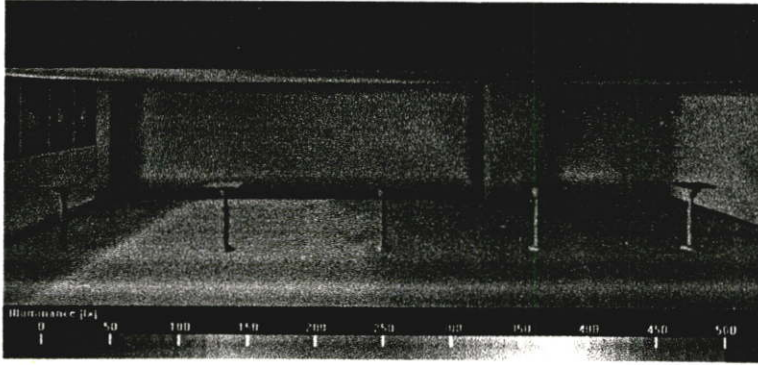
15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 17788 lx

รูปที่ 4.47 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของเดือนกันยายน

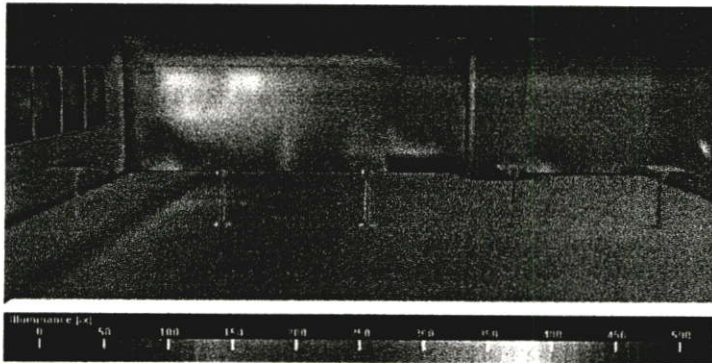
9:00



เดือน ตุลาคม

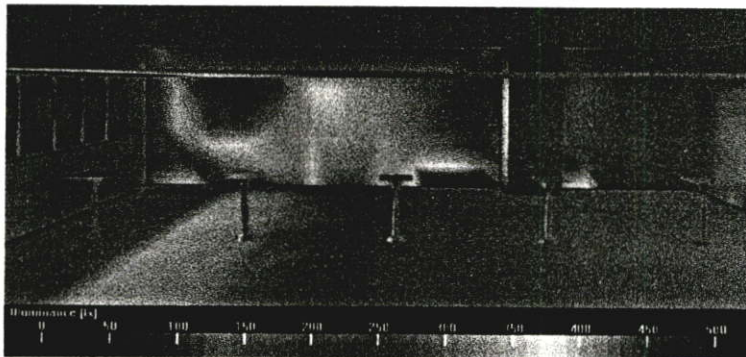
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 8692 lx

11:00



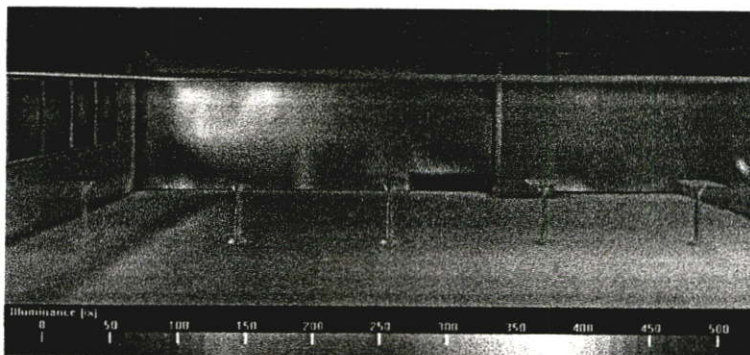
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 15223 lx

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 18283 lx

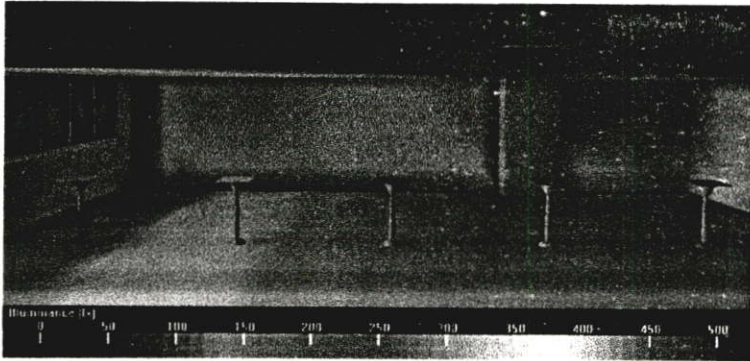
15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 16009 lx

รูปที่ 4.48 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของเดือนตุลาคม

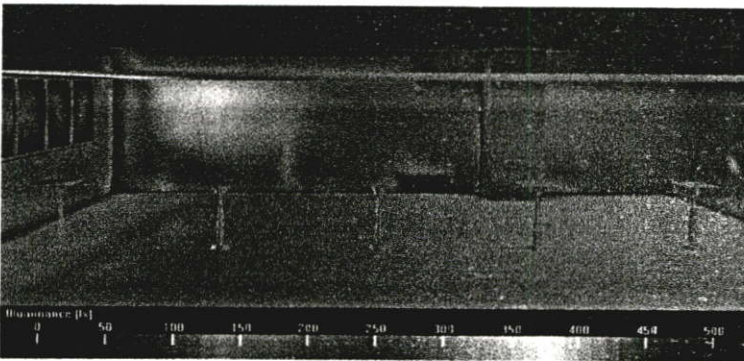
9:00



เดือน พฤศจิกายน

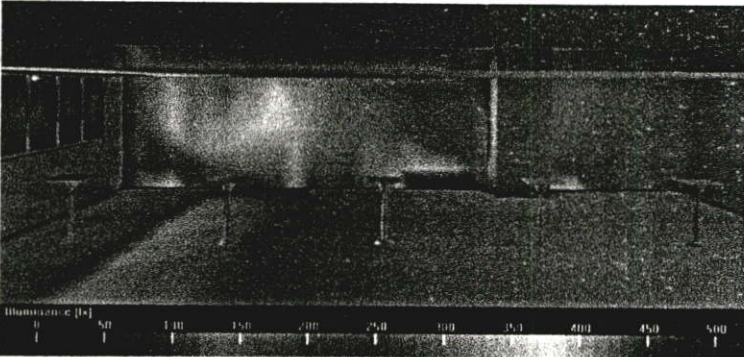
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 7687 lx

11:00



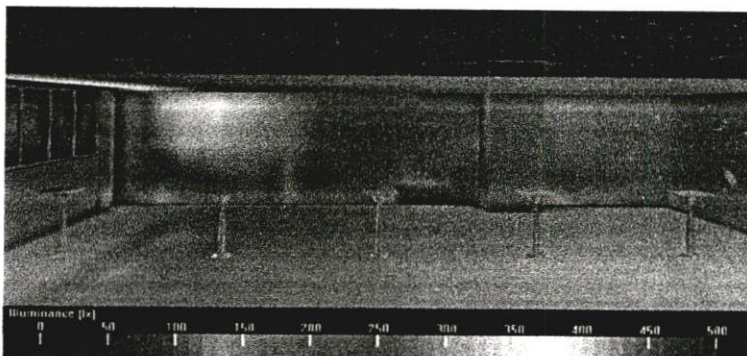
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 14476 lx

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 17133 lx

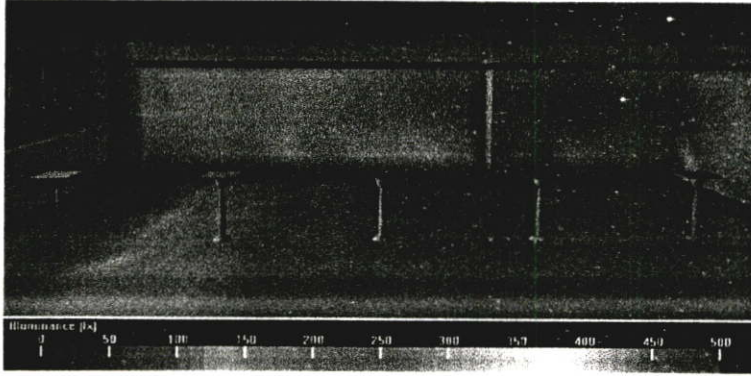
15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 14619 lx

รูปที่ 4.49 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของเดือนพฤศจิกายน

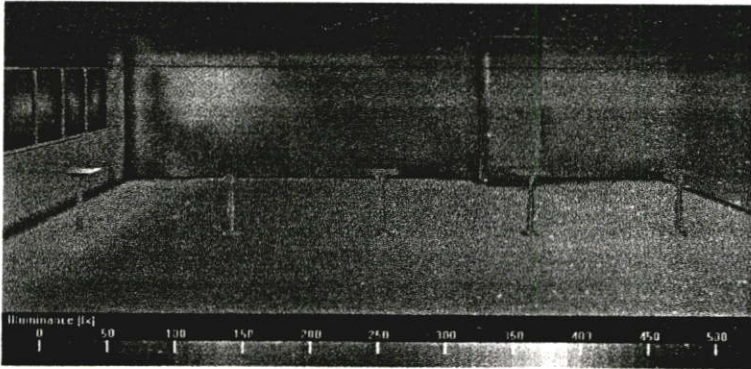
9:00



เดือน ธันวาคม

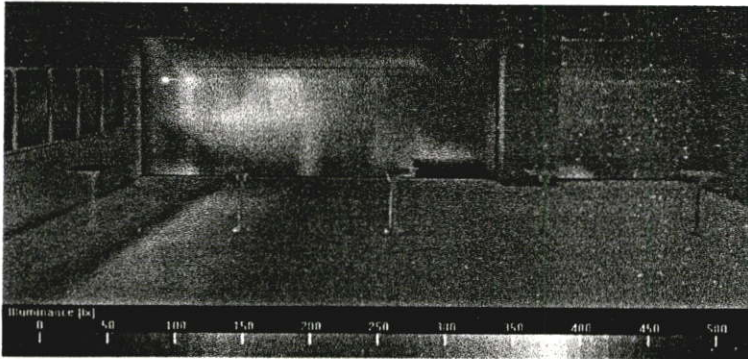
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 6459 lx

11:00



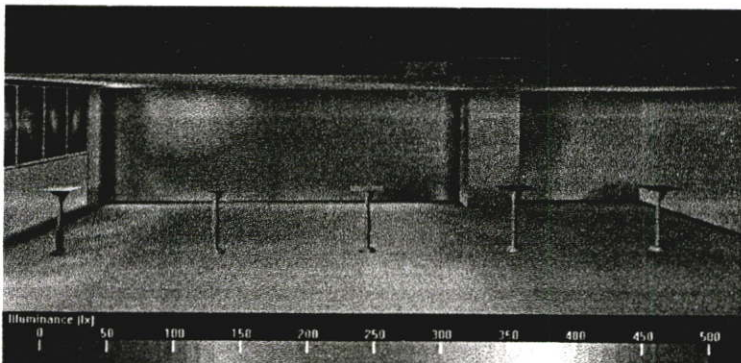
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 13362 lx

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 16284 lx

15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 14403 lx

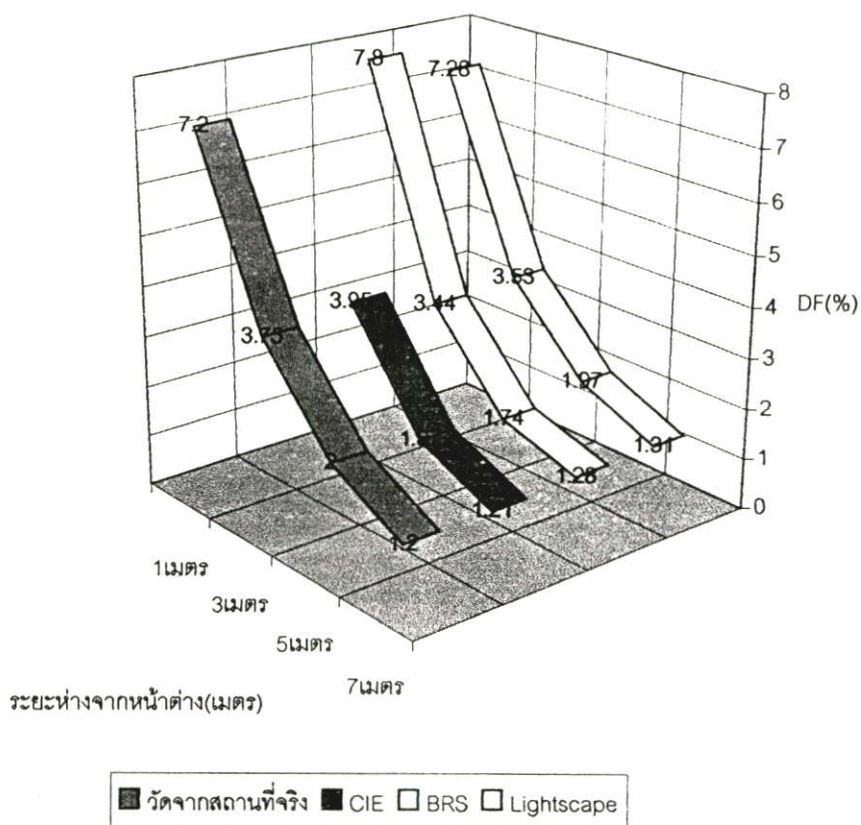
รูปที่ 4.50 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ของเดือนธันวาคม

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าของปริมาณแสงที่เกิดขึ้นภายนอกและภายในอาคารจากการทดสอบในช่วง  
ระยะเวลาต่างๆ

DAY	TIME	EXTERIOR ILLUMINANCE (lux)		INTERIOR ILLUMINANCE (lux)					DAYLIGHT FACTOR (%)				
		VERTICAL	HORIZONTAL	1M	3M	5M	7M	9M	1M	3M	5M	7M	9M
21 JAN	9:00	5695	2278	156.40	78.62	46.85	32.93	25.56	6.87	3.45	2.05	1.45	1.17
	11:00	12589	5036	366.54	177.81	99.16	65.88	56.78	7.28	3.53	1.97	1.31	1.13
	13:00	16355	6542	460.00	224.28	126.64	82.75	72.19	7.00	3.42	1.94	1.29	1.10
	15:00	15065	6026	410.71	199.42	110.49	72.38	62.70	6.81	3.31	1.83	1.20	1.04
21 FEB	9:00	6494	2598	169.21	83.78	48.73	32.68	25.79	6.51	3.22	1.88	1.28	0.99
	11:00	14138	5655	366.12	176.58	92.25	63.47	53.44	6.47	3.12	1.63	1.12	0.94
	13:00	17191	6876	467.85	221.07	120.14	80.06	69.03	6.80	3.22	1.75	1.18	1.00
	15:00	16639	6656	421.05	201.84	106.88	68.58	58.11	6.32	3.03	1.61	1.03	0.87
21 MAR	9:00	7985	3194	215.28	107.34	61.71	39.75	32.75	6.74	3.36	1.93	1.25	1.03
	11:00	15702	6281	409.03	195.34	105.93	70.18	59.44	6.51	3.11	1.69	1.12	0.95
	13:00	19259	7704	484.40	235.35	123.18	79.74	67.31	6.29	3.05	1.60	1.04	0.88
	15:00	17767	7107	452.25	211.32	144.22	77.60	62.27	6.36	2.97	2.03	1.09	0.88
21 APR	9:00	9458	3783	259.82	129.15	74.51	49.16	42.38	6.87	3.41	1.97	1.30	1.12
	11:00	16759	6704	423.63	201.88	106.95	68.84	58.21	6.32	3.01	1.60	1.03	0.88
	13:00	19877	7951	509.10	243.75	127.12	82.94	69.19	6.40	3.07	1.60	1.04	0.87
	15:00	17719	7106	454.47	221.07	115.32	74.43	63.08	6.41	3.12	1.65	1.05	0.89
21 MAY	9:00	9873	3949	258.22	126.36	70.15	45.50	38.30	6.54	3.20	1.78	1.15	0.97
	11:00	16610	6598	431.86	204.70	107.56	69.05	58.58	6.55	3.10	1.63	1.05	0.89
	13:00	19338	7797	507.39	238.69	126.31	82.48	69.39	6.51	3.06	1.62	1.03	0.89
	15:00	18066	7106	462.85	216.74	103.57	73.80	62.35	6.51	3.05	1.46	1.04	0.88
21 JUN	9:00	9764	3906	247.86	123.94	68.07	45.70	37.64	6.35	3.17	1.74	1.17	0.96
	11:00	16610	6644	434.53	202.15	113.20	73.50	62.62	6.54	3.04	1.70	1.11	0.94
	13:00	19338	7735	496.73	242.44	126.46	81.60	68.60	6.45	3.13	1.63	1.05	0.89
	15:00	18066	7726	459.51	213.91	121.53	80.13	67.90	6.36	2.96	1.68	1.09	0.94
21 JUL	9:00	9324	3730	235.48	115.58	62.87	39.80	33.50	6.31	3.10	1.69	1.07	0.90
	11:00	18116	6446	419.66	191.55	104.81	62.76	57.18	6.51	2.97	1.63	1.05	0.89
	13:00	20251	8100	505.97	242.69	126.29	82.30	69.06	6.25	3.00	1.56	1.02	0.85
	15:00	18175	7270	471.16	225.62	122.65	81.98	68.74	6.48	3.10	1.69	1.13	0.95
21 AUG	9:00	9441	3776	234.38	116.50	65.22	42.33	35.73	6.21	3.09	1.73	1.12	0.95
	11:00	18590	7436	424.16	195.90	106.02	68.17	57.68	5.70	2.63	1.43	0.92	0.78
	13:00	20401	8280	544.37	263.87	148.09	99.81	88.64	6.57	3.19	1.79	1.21	1.05
	15:00	18147	7259	461.78	212.71	116.12	63.24	63.24	6.36	2.93	1.60	1.03	0.87
21 SEP	9:00	9413	3765	233.86	112.64	61.52	39.12	32.62	6.21	3.00	1.63	1.04	0.87
	11:00	16993	6797	423.50	192.55	105.08	67.24	57.16	6.23	2.83	1.55	0.99	0.84
	13:00	19891	7956	492.81	235.66	123.02	80.47	68.27	6.19	2.96	1.55	1.01	0.86
	15:00	17788	7115	450.25	211.44	115.94	76.59	65.41	6.33	2.97	1.63	1.08	0.92
21 OCT	9:00	8692	3477	221.48	106.37	74.51	49.16	42.38	6.87	3.41	1.97	1.30	1.12
	11:00	15223	6089	388.76	186.19	106.95	68.84	58.21	6.32	3.01	1.60	1.03	0.88
	13:00	18283	7313	453.96	217.87	127.12	82.94	69.19	6.40	3.07	1.60	1.04	0.87
	15:00	18009	6404	403.65	186.24	115.32	74.43	63.08	6.41	3.12	1.65	1.05	0.89
21 NOV	9:00	7648	3075	187.52	92.57	51.97	33.31	26.72	6.10	3.02	1.69	1.06	0.87
	11:00	14476	5790	363.68	165.96	91.07	58.46	48.94	6.27	2.87	1.57	1.00	0.85
	13:00	17133	6853	422.19	193.98	107.52	68.22	57.72	6.16	2.83	1.57	0.99	0.84
	15:00	14619	5848	362.45	167.84	91.87	58.99	48.99	6.20	2.87	1.57	1.01	0.84
21 DEC	9:00	6459	2584	157.49	76.37	43.86	29.14	22.74	6.09	2.96	1.70	1.13	0.88
	11:00	13362	5345	330.27	158.81	83.96	54.16	45.07	6.18	2.97	1.57	1.01	0.84
	13:00	16284	6514	398.06	190.75	101.64	101.64	55.08	6.11	2.93	1.56	1.01	0.85
	15:00	14403	5761	356.88	171.16	95.19	95.19	53.40	6.19	2.97	1.65	1.09	0.93

#### 4.5.6 การสรุปผลการประเมินผลของแสงธรรมชาติในอาคารกรณีศึกษาวิธีการต่างๆ

ในส่วนนี้เป็นการแสดงค่าเปรียบเทียบการประมวลผลในรูปแบบต่างๆ ในการแสดงค่าเฉลี่ยไลท์แพคเตอร์ภายในอาคารส่วนที่ไม่ถูกผลกระทบจากอาคารข้างเคียง เพื่ออ้างอิงถึงผลลัพธ์ในแต่ละวิธีการประเมินผล



รูปที่ 4.51 แสดงการเปรียบเทียบค่า  $DF$  จากวิธีการประเมินผลในรูปแบบต่างๆ

จากการเปรียบเทียบค่า  $DF$  ของอัตราความสว่างภายในอาคารจากแสงธรรมชาติ แสดงให้เห็นว่าในทุกๆ วิธีการของการประเมินผล ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกันมาก แสดงให้เห็นว่าการประเมินผลในแต่ละวิธีการมีมาตรฐานอยู่ในเกณฑ์เดียวกัน และสามารถบอกถึงความแม่นยำและความถูกต้องของอัตราความสว่างภายในอาคารกรณีศึกษาด้วย

## บทที่ 5

# แนวทางการปรับปรุงอาคาร

แนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารสำนักงานกรณีศึกษานี้ เป็นการปรับปรุงส่วนอาคารในแง่ของการนำแสงธรรมชาติเข้าไปใช้งานภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำของแสงประดิษฐ์ซึ่งช่วยในการประหยัดพลังงานในภาพรวมของอาคาร สำหรับแนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา พิจารณาจากการเข้าไปศึกษาองค์ประกอบของอาคารและลักษณะการใช้แสงสว่างภายในอาคารจากสถานที่จริง ในที่นี้เน้นการพิจารณาความสว่างจากแสงธรรมชาติภายในอาคารเป็นหลัก ซึ่งเป็นการกำหนดเกณฑ์ในการปรับปรุงอาคารให้ได้แนวทางของทฤษฎีแสงธรรมชาติ ตามความเหมาะสมกับลักษณะของสภาพอาคารเดิม โดยมีเป้าหมายและแนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา ดังนี้

1) นำแสงธรรมชาติที่มีความสว่างเหมาะสมกับการใช้งาน ตามมาตรฐานการใช้น้ำแสงสว่างของอาคารสำนักงาน เข้ามาใช้เป็นความสว่างภายในอาคารให้ได้ระยะพื้นที่ของอาคารมากที่สุด เพื่อลดปริมาณการใช้น้ำแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร ซึ่งมีผลต่อการประหยัดพลังงานและค่าไฟฟ้าโดยรวมของอาคาร

2) มีการปรับปรุงโครงสร้างบางส่วนของอาคาร โดยไม่กระทบกระเทือนต่อโครงสร้างหลักของอาคาร

3) ช่องเปิดหรือหน้าต่างของอาคาร มีการออกแบบให้ป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ เพื่อป้องกันรังสีความร้อนสะสมภายในอาคาร

4) การออกแบบปรับปรุงอาคาร ครอบคลุมส่วนที่เป็นพื้นที่ชั้น 2 ถึงชั้น 13 ของอาคาร

5) การออกแบบปรับปรุงอาคาร มุ่งเน้นถึงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร ให้ได้พื้นที่ของการใช้แสงธรรมชาติได้มากที่สุด โดยพิจารณาถึงหลักทฤษฎีของแสงธรรมชาติเกี่ยวกับการจัดพื้นที่ภายในอาคารเท่านั้น ไม่ครอบคลุมถึงการจัดวางผังของเฟอร์นิเจอร์ภายในอาคาร

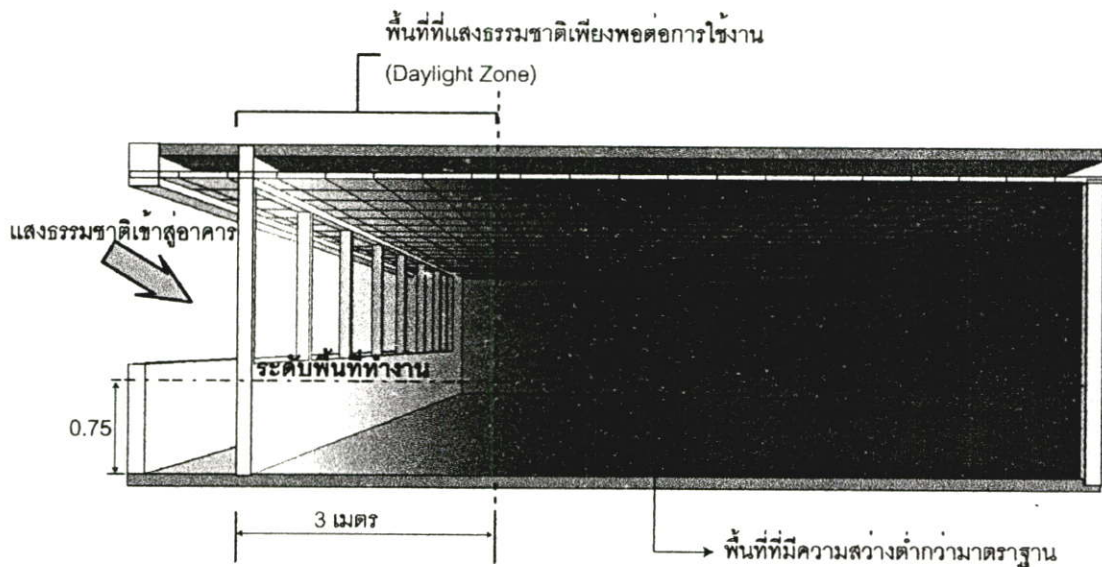
6) กำหนดให้สภาพของท้องฟ้าที่นำมาวิเคราะห์เป็นสภาพท้องฟ้าแบบที่มีเมฆปกคลุมทั้งหมด (Overcast Sky) เนื่องจากท้องฟ้าประเภทนี้ มีการวิเคราะห์ผลได้ค่อนข้างชัดเจน รวมถึงการกำหนดให้ช่องเปิดมีการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ทำให้ไม่มีการวิเคราะห์ครอบคลุมในเรื่องของแสงตรงจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่ภายในอาคาร

### 5.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้น้ำแสงธรรมชาติภายในอาคารกรณีศึกษา

สำหรับการวิเคราะห์ระดับความสว่างจากแสงธรรมชาติภายในอาคาร ใช้หลักการพิจารณาโดยใช้อัตราส่วนของระดับความสว่างภายในต่อความสว่างภายนอกอาคาร (Relative

Illuminance) ภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมทั้งหมด ค่าปริมาณแสงที่ได้แสดงผลเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา หรือทิศทางของช่องเปิดอาคาร ซึ่งเรียกการพิจารณาแบบนี้ว่า เติร์ไลท์แฟคเตอร์ (Daylight Factor;  $DF$ ) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของระดับความสว่างที่เหมาะสมต่ออาคาร โดยมาตรฐานของ IES สำหรับอาคารสำนักงาน กำหนดให้มีค่า  $DF$  ภายในอาคารไม่ต่ำกว่า 3 %

จากการทดสอบระดับความสว่างของแสงธรรมชาติภายในอาคารกรณีศึกษา แสดงให้เห็นว่าแสงธรรมชาติที่มีระดับความสว่างเหมาะสมภายในอาคารสามารถนำเข้ามาได้เพียงระยะประมาณ 3 เมตรจากระยะหน้าต่างเท่านั้นนับเป็นปริมาณที่น้อยมาก และในกรณีนี้เองก่อให้เกิดสัดส่วนของปริมาณแสงแตกต่างกันระหว่างพื้นที่บริเวณใกล้หน้าต่างกับพื้นที่บริเวณห่างไกลออกไป ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความจ้าของสภาพแวดล้อมแตกต่างกันมาก ทำให้มีผลต่อความรู้สึกความไม่สบายของมนุษย์ในแง่ของการมองเห็น



รูปที่ 5.1 แสดงให้เห็นถึงปริมาณความสว่างของแสงที่มีผลให้ความจ้าภายในอาคารแตกต่างกัน

จากปริมาณความสว่างจากการใช้งานของแสงธรรมชาติภายในอาคารกรณีศึกษา ซึ่งทำการวิเคราะห์จากการวัดแสงโดยใช้อุปกรณ์วัดแสงจากสถานที่จริง และรวมถึงวิธีการคำนวณและใช้คอมพิวเตอร์ประมวลผลซึ่งเป็นค่าที่ได้จากสภาพแวดล้อมอันใกล้เคียงกับสถานที่จริง ทำให้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ระดับความสว่างภายในอาคารกรณีศึกษา มีแนวโน้มใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงจริงของอาคารกรณีศึกษา

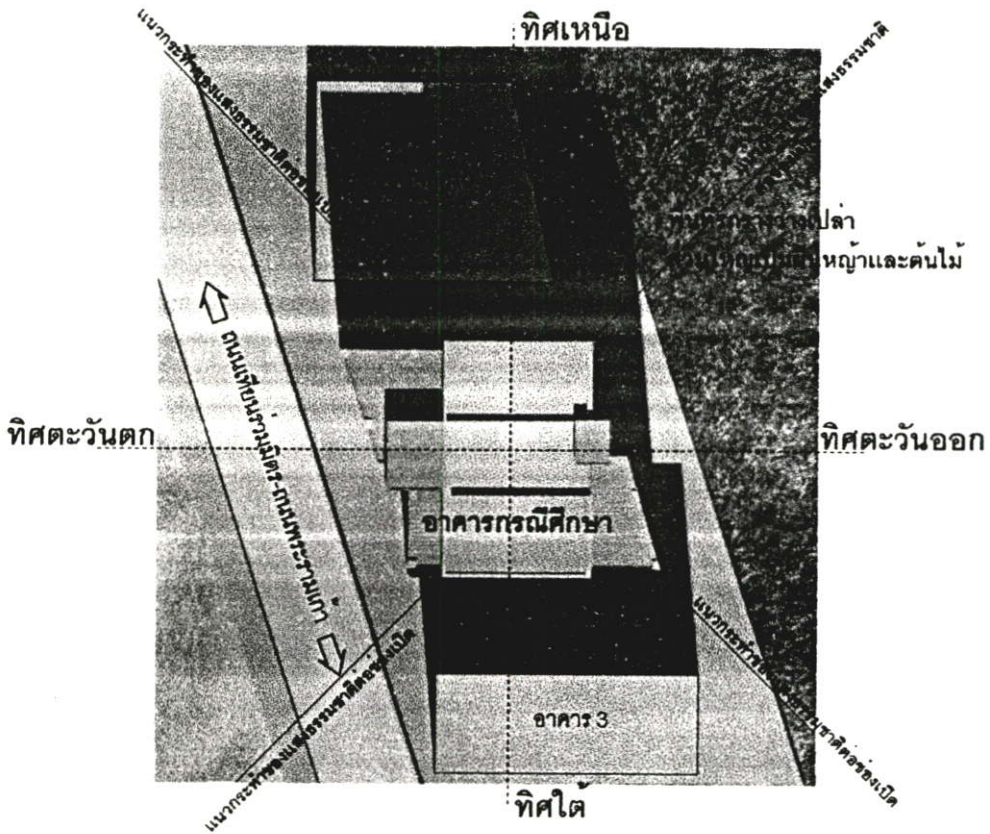
## 5.2 วิเคราะห์แนวทางการปรับปรุงอาคาร

จากการศึกษา และวิเคราะห์ถึงระดับความสว่างของแสงธรรมชาติภายในอาคารกรณีศึกษา แสดงให้เห็นว่าการนำแสงธรรมชาติมาใช้เป็นความสว่างภายในอาคารมีประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจากพื้นที่การใช้งานของแสงธรรมชาตินั้นน้อยเกินไป เมื่อเทียบกับพื้นที่การใช้งานของแสงประดิษฐ์ทั้งหมดของอาคาร และในความเป็นจริงแล้วบริเวณหน้าต่างของอาคารถูกปิดกั้นด้วยมู่ลี่ ป้องกันแสงเกือบทั้งหมดของอาคาร ทำให้แสงประดิษฐ์ถูกนำมาใช้งานในทุกพื้นที่ของสำนักงาน ก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานในส่วนนี้ทั้งหมดที่ความสว่างจากแสงธรรมชาติมีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการใช้งาน และความร้อนที่เกิดจากแสงธรรมชาติ (ในกรณีที่เป็นแสงกระจาย) เมื่อเทียบความร้อนที่เกิดจากหลอดประดิษฐ์ในกรณีที่มีปริมาณความสว่างใกล้เคียงกัน พบว่าพลังงานความร้อนที่เกิดจากแสงประดิษฐ์มีค่าสูงกว่าความร้อนที่เกิดจากแสงกระจายจากธรรมชาติภายในอาคาร ซึ่งส่งผลต่อภาระการทำความเย็นและปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

### 5.2.1 การพิจารณาสภาพแวดล้อมของอาคาร

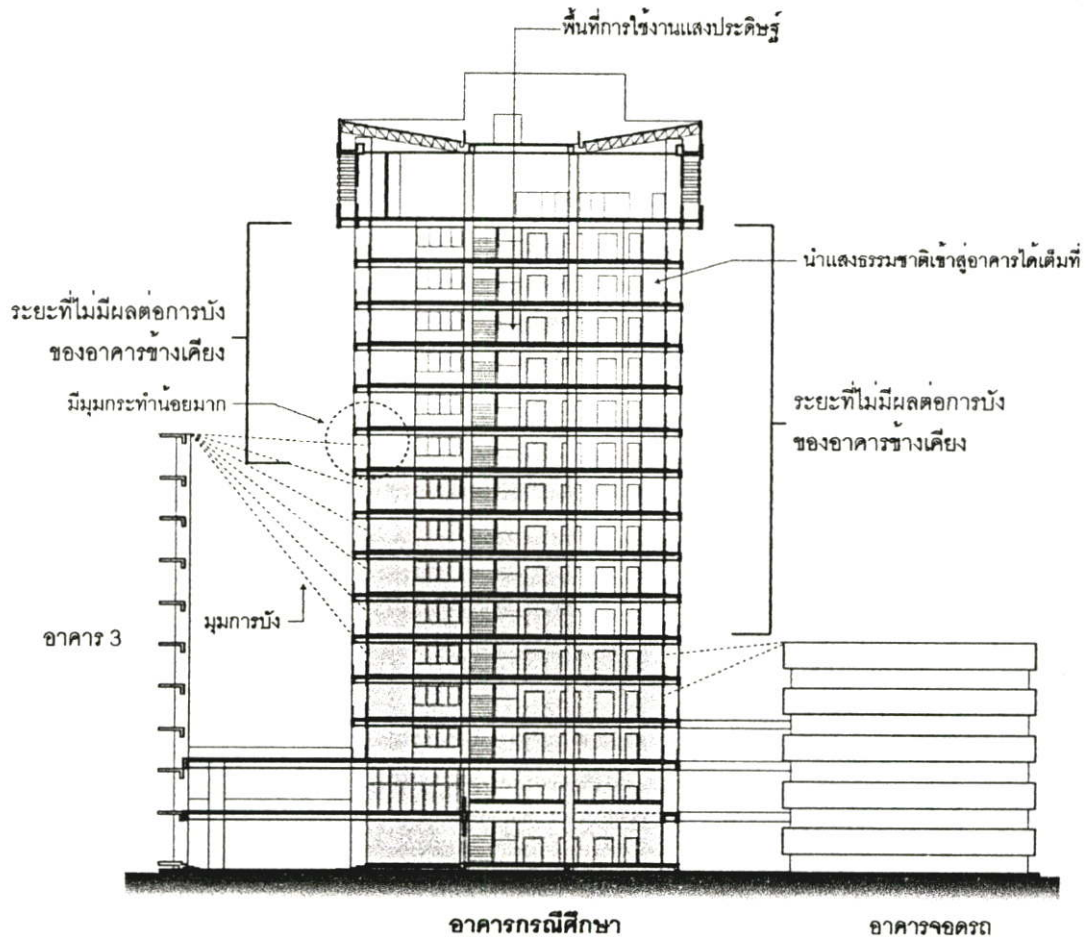
สภาพแวดล้อมของอาคารจัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่อาคาร แต่สำหรับการปรับปรุงสภาพแวดล้อมของอาคารกรณีศึกษานั้นไม่สามารถทำการปรับปรุงได้ เนื่องจากสภาพแวดล้อมภายนอกส่วนใหญ่มีรูปแบบการจัดวางที่ถูกกำหนดไว้แล้ว แต่ในการวิเคราะห์สภาพแวดล้อมของอาคารกรณีศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการหาข้อปัญหาที่เป็นอุปสรรคต่อแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่ภายในอาคารและหาแนวทางในการแก้ไข

จากตำแหน่งของอาคารกรณีศึกษา ทางด้านทิศเหนือของอาคารอยู่ติดกับอาคารจอดรถสูงเทียบเท่าชั้น 4 ของอาคารกรณีศึกษามีระยะห่างประมาณ 10 เมตร ทางด้านทิศใต้ของอาคารอยู่ติดกับอาคารสำนักงานหลังเก่าสูงเทียบเท่าชั้น 8 ของอาคารกรณีศึกษามีระยะห่างประมาณ 13 เมตร ซึ่งจัดเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการผ่านเข้ามาของแสงธรรมชาติภายในอาคาร เนื่องจากตำแหน่งการบังของอาคารข้างเคียงอยู่ในด้านของทิศที่สามารถเปิดรับแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารได้อย่างเต็มที่ เพราะมีการออกแบบให้ช่องเปิดของอาคารสามารถป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ง่าย ในส่วนของสภาพแวดล้อมด้านทิศตะวันตกและทิศตะวันออก ไม่จำเป็นนักต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร เนื่องจากอาคารทางด้านนี้ไม่สามารถป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ และก่อให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคาร



รูปที่ 5.2 แสดงสภาพแวดล้อมของอาคารกรณีศึกษา

จากรูปที่ 5.2 แสดงให้เห็นถึงปัญหาที่สำคัญต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร เนื่องจากเมื่อพิจารณาในส่วนของแนวกระทำของแสงธรรมชาติที่มีต่อเปิดของอาคารนั้น ถูกบังโดยอาคารที่อยู่ข้างเคียง ซึ่งมีทั้ง 2 ด้านของอาคารคือด้านทิศเหนือและทิศใต้ของอาคาร ซึ่งเป็นทิศที่สำคัญต่อการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารเพื่อการใช้งานโดยตรง และสามารถป้องกันความร้อนที่เกิดจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ สำหรับพื้นผิวด้านนอกของอาคารที่มีส่วนช่วยในการกระจายแสงเข้าสู่อาคารนั้นตามความเป็นจริงแล้วอาคารที่มีความสูง แทบจะไม่ได้ประโยชน์จากการสะท้อนแสงของพื้นผิวด้านนอก เนื่องจากมุมที่ตกกระทบของแสงจะอยู่ห่างจากอาคารมากในกรณีที่อาคารนั้นมีความสูงมาก ทำให้โอกาสที่เตรียมพื้นที่สำหรับการสะท้อนแสงจากพื้นภายนอกอาคารเข้าสู่อาคารสูงเป็นไปได้ยากเนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านเนื้อที่โดยรวมของโครงการ ยกตัวอย่างสำหรับอาคารกรณีศึกษาในส่วนของชั้นที่ 10 ด้านทิศเหนือหรือทิศใต้ก็ได้ พื้นที่ภายนอกอาคารที่มีผลต่อการสะท้อนแสงเข้าสู่อาคารเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติภายในอาคาร ต้องมีระยะห่างจากอาคารประมาณ 37.45 เมตรและมีช่วงระยะของพื้นที่เท่ากับ 149.80 เมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีช่วงระยะที่อยู่ห่างจากอาคารกรณีศึกษามาก

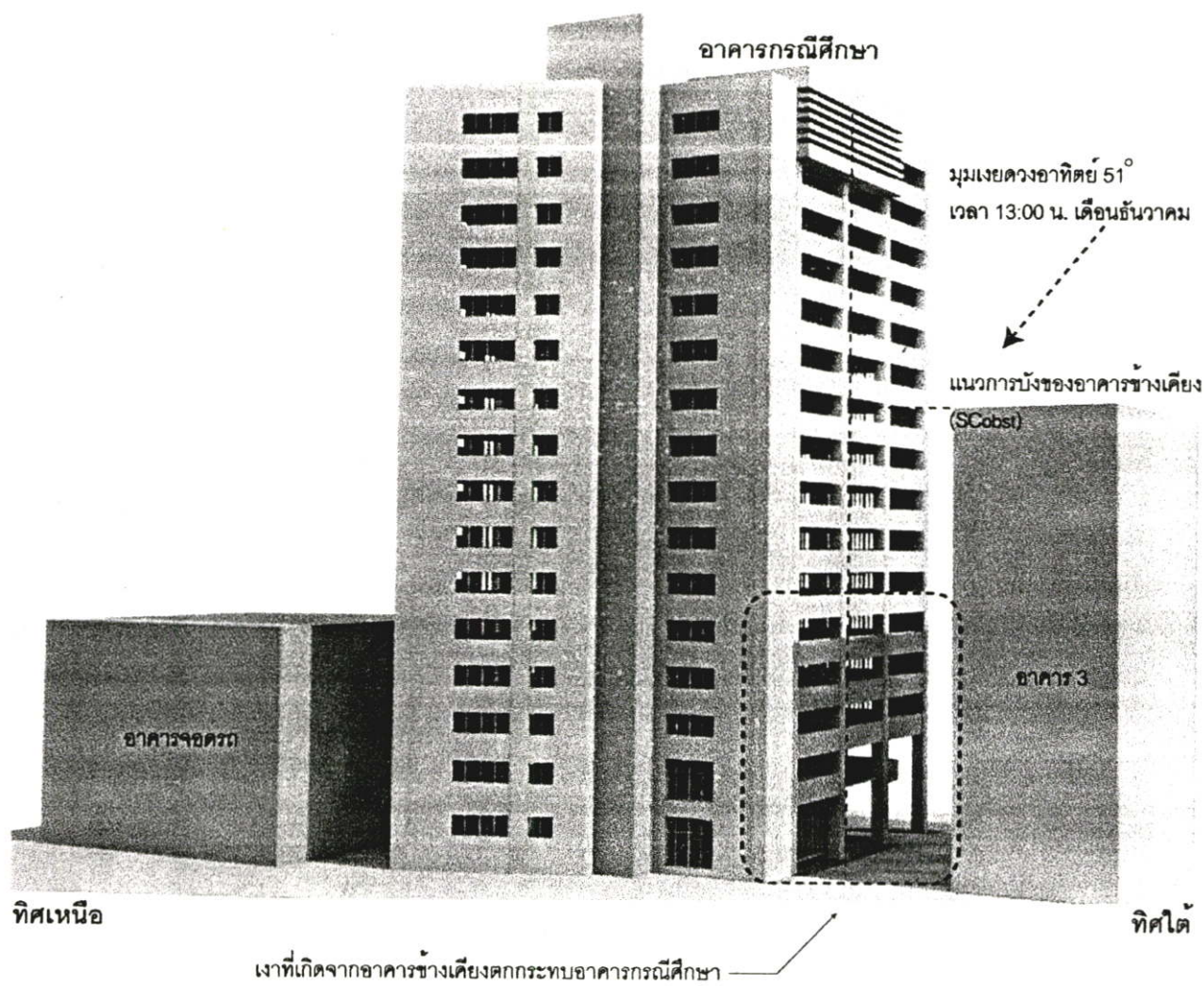


รูปที่ 5.3 แสดงลักษณะการบังจากอาคารข้างเคียงของอาคารกรณีศึกษา

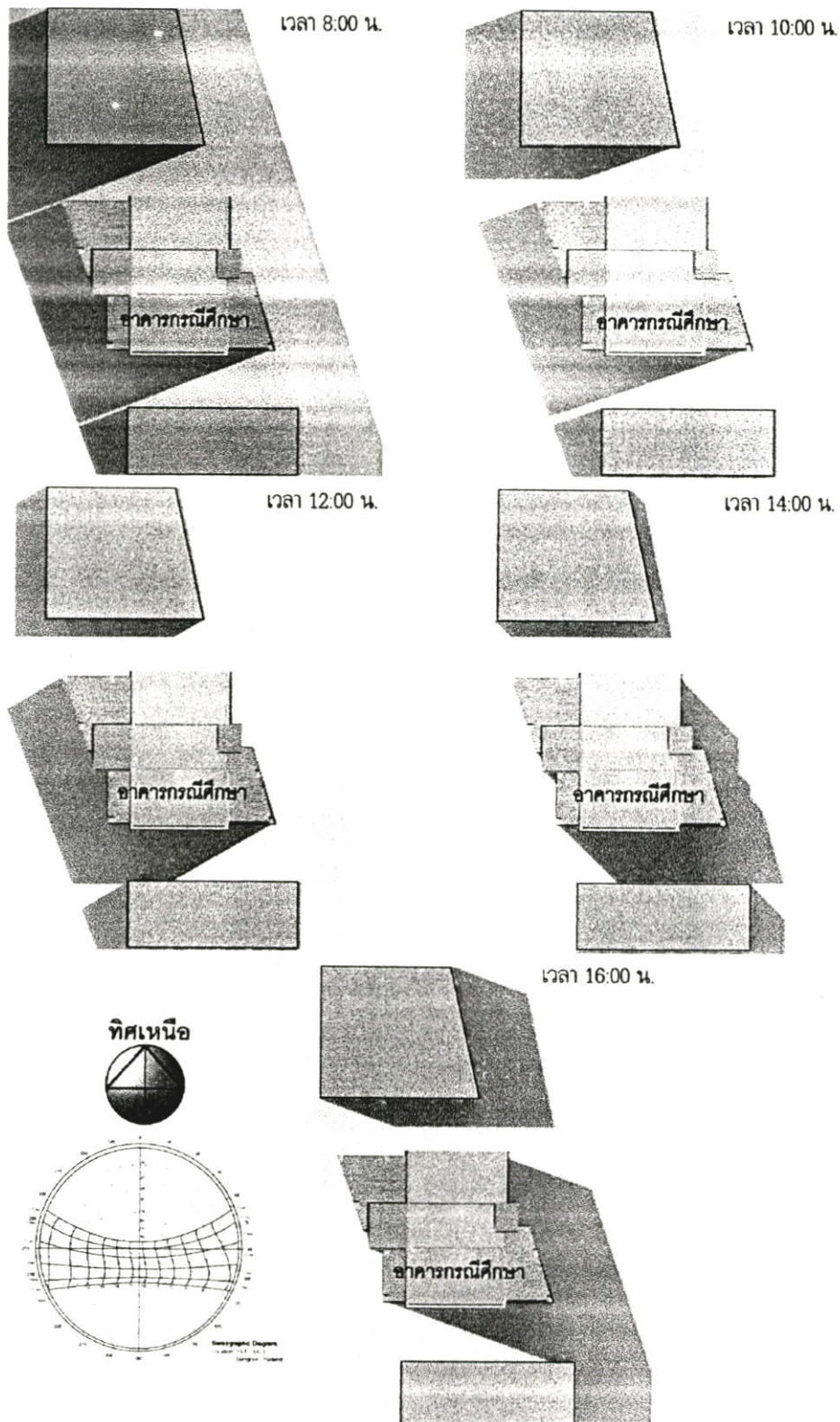
จากรูปที่ 5.3 แสดงให้เห็นถึงข้อปัญหาสำคัญของการนำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้ามาใช้งานภายในอาคาร เนื่องจากเกิดการบังจากอาคารข้างเคียงทั้งด้านทิศเหนือและทิศใต้ โดยเฉพาะอาคารด้านทิศใต้เป็นด้านที่มีการบังมากที่สุด ซึ่งเป็นอาคารที่ค่อนข้างสูงและอยู่ในระยะใกล้กับอาคารกรณีศึกษามาก ทำให้ปริมาณแสงธรรมชาติจากการวัดค่าจริงโดยใช้อุปกรณ์วัดแสงด้านทิศใต้ของอาคารบริเวณชั้น 5 มีค่าที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับอาคารด้านทิศเหนือซึ่งมีอาคารข้างเคียงเหมือนกันเป็นอาคารจอดรถแต่มีระดับความสูงค่อนข้างต่ำ จากมุมในการบังแสงเมื่อวิเคราะห์ในแง่ขององค์ประกอบของแสงภายนอกที่เข้าสู่อาคารแล้ว พบว่าการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสมกับการใช้งานของแสงธรรมชาตินั้น ด้านทิศเหนือมีความเหมาะสมในการปรับปรุงอาคารระหว่างชั้นที่ 5-13 ของอาคาร รวมเป็นจำนวน 9 ชั้น และส่วนอาคารด้านทิศใต้ได้ถูกผลกระทบจากการบังของอาคารข้างเคียงมาก จึงมีความเหมาะสมในการปรับปรุงอาคารระหว่างชั้นที่ 8-13 ของอาคารรวมเป็นจำนวน 6 ชั้น ทั้งนี้เนื่องจากอาคารที่ถูกบังจากอาคารข้างเคียงมากและอยู่ในระยะที่ใกล้ ทำให้

องค์ประกอบของแสงจากภายนอกเข้าสู่อาคารได้น้อย เนื่องจากถูกบังเมื่อพิจารณาจากช่องเปิด และ ปริมาณแสงธรรมชาติส่วนใหญ่ที่เข้าภายในอาคารเป็นแสงที่มาจากองค์ประกอบแสงภายนอกอาคาร

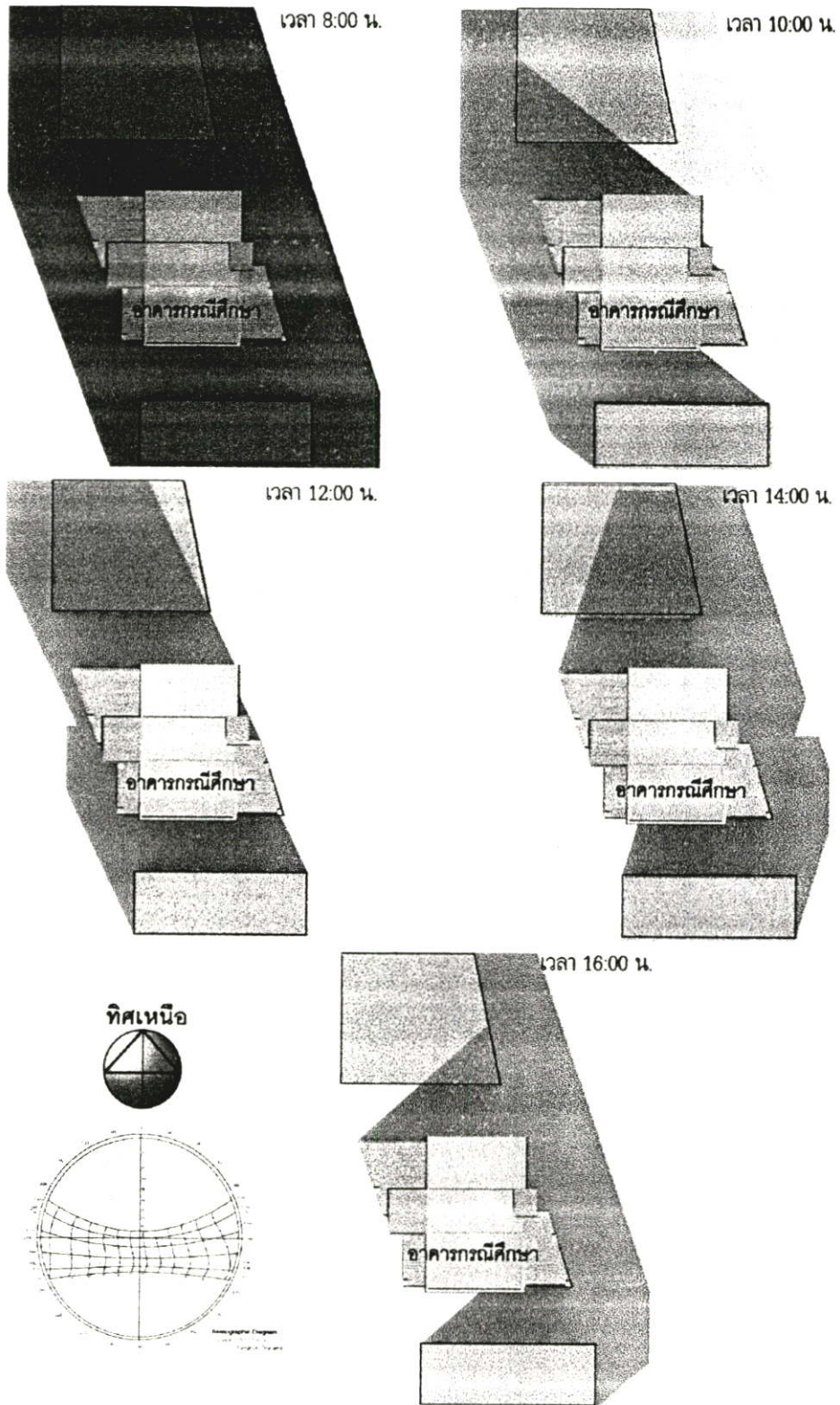
ผลกระทบอีกส่วนหนึ่งที่เกิดจากการบังของอาคารข้างเคียง ได้แก่เงาของอาคารข้างเคียงที่ตกกระทบกับอาคารกรณีศึกษา ซึ่งถ้าอาคารข้างเคียงอยู่ใกล้กับอาคารกรณีศึกษามากอาจทำให้เงาที่เกิดจากอาคารข้างเคียงตกกระทบกับผนังโดยตรง ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาในแง่ของความสว่างจากแสงธรรมชาติภายในอาคารมาก เนื่องจากเงาของอาคารข้างเคียงที่ตกกระทบนั้นปิดกั้นแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่อาคารโดยตรง และทำให้ช่องเปิดของอาคารกรณีศึกษาบริเวณนั้นแสงธรรมชาติผ่านเข้ามาได้น้อยมาก ทำให้ปริมาณของแสงธรรมชาติไม่พอเพียงต่อการใช้งาน จึงต้องใช้งานแสงประดิษฐ์ทั้งหมดในส่วนนี้ เงาที่เกิดจากอาคารข้างเคียงนั้นเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา ของวัน และเดือนในแต่ละปีขึ้นอยู่กับทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์ในช่วงระยะเวลา 1 ปี เงาที่เกิดขึ้นวิเคราะห์ได้จากมุมเงยของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่ออาคารหรือวัตถุนั้นๆ



รูปที่ 5.4 แสดงตัวอย่างเงาของอาคารข้างเคียงที่ตกกระทบกับอาคารกรณีศึกษาตามทิศทางของดวงอาทิตย์



รูปที่ 5.5 แสดงเงาที่เกิดจากอาคารข้างเคียงที่มีผลต่ออาคารกรณีศึกษาตามช่วงเวลาต่างๆ ในช่วง 1 วัน เดือน มิถุนายน (การโคจรของดวงอาทิตย์ อ้อมทางทิศเหนือมากที่สุดในรอบปี)



รูปที่ 5.6 แสดงเงาที่เกิดจากอาคารข้างเคียงที่มีผลต่ออาคารกรณีศึกษาตามช่วงเวลาต่างๆ ในช่วง 1 วัน เดือน ธันวาคม (การโคจรของดวงอาทิตย์ อ้อมทางทิศใต้มากที่สุดในรอบปี)

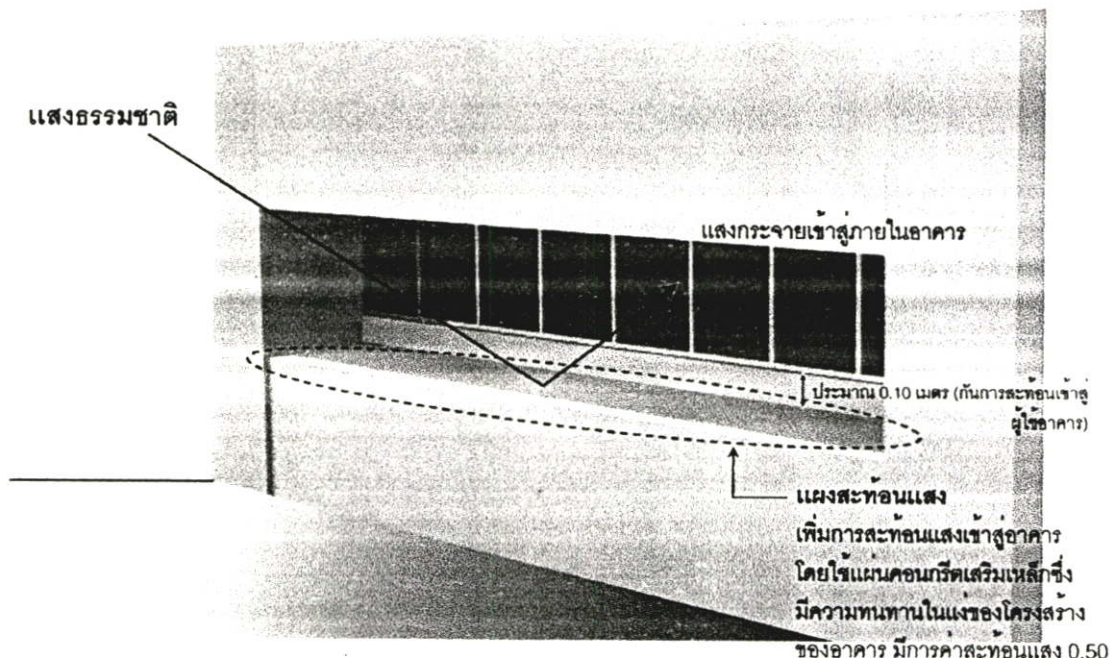
เงาที่เกิดจากอาคารข้างเคียงมีผลกระทบต่ออาคารมากน้อยแค่ไหน ขึ้นอยู่กับระดับความสูง, ทิศทาง และระยะห่างของอาคารข้างเคียงที่มีต่ออาคารกรณีศึกษาในช่วงเวลาการโคจรของดวงอาทิตย์ในช่วงระยะ 1 ปี ซึ่งจากการศึกษาพบว่าอาคารข้างเคียงทางด้านทิศใต้ของอาคารกรณีศึกษาเกิดเงาตกกระทบอาคารมากที่สุด ในช่วงเดือนธันวาคมเงาจากอาคารข้างเคียงตกกระทบอาคารกรณีศึกษาถึงบริเวณชั้น 4 ของอาคารซึ่งเป็นระยะการตกกระทบมากที่สุดตามมุมกระทำของดวงอาทิตย์ที่มีต่ออาคารนั้นๆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อระดับความสว่างภายในอาคารและไม่สามารถที่ปรับปรุงเพื่อนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารเพื่อการใช้งานได้ สำหรับอาคารข้างเคียงด้านทิศเหนือของอาคารไม่ตกกระทบกับอาคารกรณีศึกษา เนื่องจากอาคารมีความสูงไม่มากนัก แต่มีผลต่อองค์ประกอบแสงภายนอกอาคารที่เข้าสู่อาคาร เนื่องจากอาคารข้างเคียงอยู่ใกล้กับอาคารกรณีศึกษามาก

สำหรับการปรับปรุงในส่วนของสภาพแวดล้อมภายนอกของอาคาร ไม่สามารถทำการปรับปรุงได้เนื่องจากสภาพแวดล้อมเป็นของส่วนรวมของกรมการผังเมือง และเนื้อที่ทั้งหมดมีขนาดจำกัด ทำให้ไม่สามารถทำการปรับปรุงหรือรื้อถอนอาคารเก่าหรือสภาพแวดล้อมอื่นๆได้

ในส่วนของอาคารที่ไม่เกิดปัญหาจากสภาพแวดล้อมนั้น มีแนวความคิดในการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของแสงธรรมชาตินั้น ได้แก่การนำคุณสมบัติของการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายนอกอาคารที่ขาดหายไป เพื่อเพิ่มอัตราการกระจายแสงภายในอาคารส่งผลโดยรวมต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณแสงธรรมชาติโดยรวมของอาคาร โดยออกแบบให้มีแผงหรือแผ่นที่ช่วยในการสะท้อนแสงเข้าสู่อาคาร โดยมีข้อกำหนดดังนี้

- 5.2.1.1 เป็นแผงคอนกรีต หรือวัสดุอื่นๆทาสีขาว กำหนดให้มีค่าการสะท้อนแสง 0.80
- 5.2.1.2 มีระยะยื่นเทียบเท่ากับอุปกรณ์บังแดด ในกรณีนี้มีระยะ 1.20 เมตร
- 5.2.1.3 มีตำแหน่งอยู่ต่ำกว่ากรอบล่างของช่องเปิดประมาณ 0.10 เมตร

แผงสะท้อนแสงนี้ช่วยในสะท้อนแสงจากภายนอกของอาคารเข้าสู่ภายในอาคาร และเกิดการกระจายแสงภายในอาคาร โดยใช้หลักการของการสะท้อนแสงจากพื้นผิวภายนอกอาคาร ส่งผลกระทบต่อความสว่างภายในอาคารมีปริมาณมากขึ้นและช่วยเพิ่มพื้นที่ของการใช้งานแสงธรรมชาติภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 5.7 แสดงแนวความคิดในการออกแบบปรับปรุงอาคารโดยพิจารณาจากสภาพแวดล้อมของอาคาร โดยเพิ่มแผงสะท้อนแสงเพื่อเป็นเสมือนกับการสะท้อนของพื้นที่ผิวภายนอกอาคาร (หมายเหตุ: สำหรับแผงสะท้อนแสงเป็นส่วนหนึ่งของแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารในส่วน of สภาพแวดล้อมของอาคาร สำหรับสภาพส่วนอื่นของอาคารกรณีศึกษายังคงมีรูปแบบเดิมอยู่)

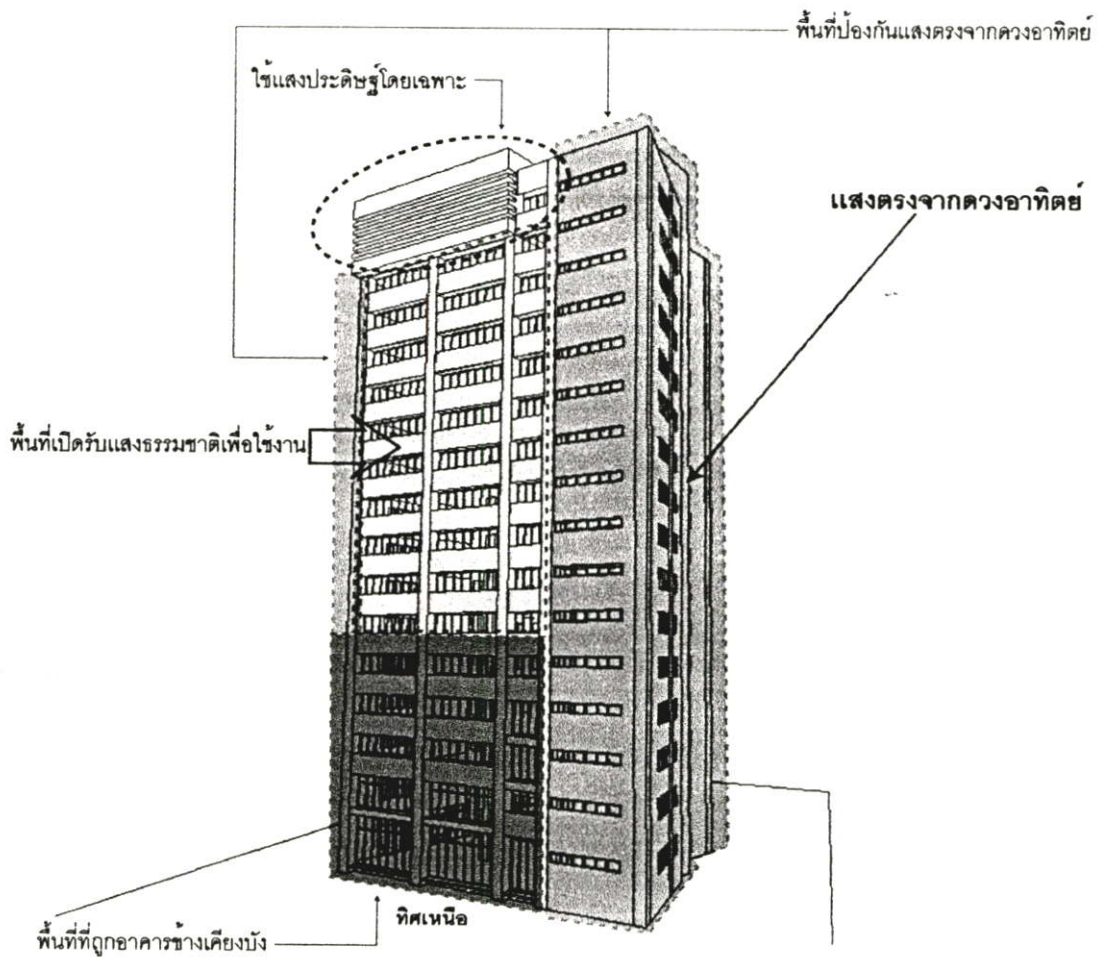
สำหรับการใช้อุปกรณ์ช่วยสะท้อนแสง หรือแผงสะท้อนแสงติดตั้งบริเวณผนังด้านนอกของอาคาร โดยมีตำแหน่งอยู่ต่ำกว่ากรอบล่างของหน้าต่างเพื่อป้องกันการสะท้อนของแสงที่มีความจ้ามากเกินไปเข้าสู่สายตาผู้ใช้อาคาร และเพื่อป้องกันการจ้าเกินไปจึงกำหนดให้พื้นผิวของแผงสะท้อนแสงมีค่าการสะท้อนแสงไม่สูงมากนัก โดยมีค่าประมาณ 0.50 ซึ่งอุปกรณ์นี้ช่วยในการสะท้อนแสงเข้าสู่ฝ้าเพดานของภายในอาคาร เพื่อให้ฝ้าเพดานช่วยกระจายแสงลงสู่พื้นที่ทำงานได้มากขึ้น และแสงธรรมชาติที่มีความสว่างที่เหมาะสมเข้าสู่อาคารมีระยะมากขึ้น เป็นการช่วยเพิ่มพื้นที่การใช้งานของแสงธรรมชาติภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอื่นที่เกี่ยวข้อง และต้องพิจารณาไปในหลักการเดียวกัน

### 5.2.2 การพิจารณารูปแบบทางสถาปัตยกรรมของอาคารกรณีศึกษา

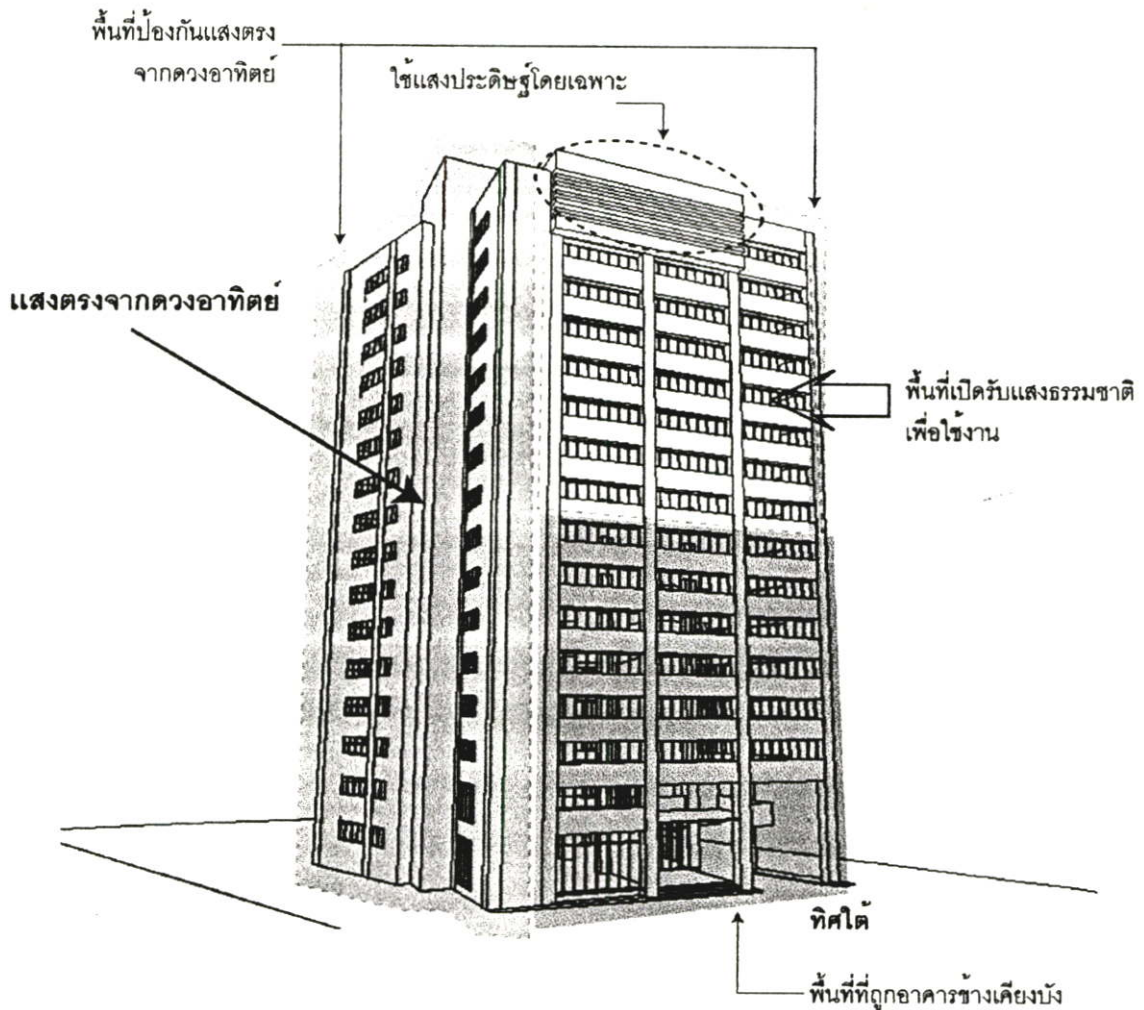
การพิจารณารูปแบบทางสถาปัตยกรรมของอาคารกรณีศึกษา เป็นการวิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบปรับปรุงอาคาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของความสว่างจากแสงธรรมชาติภายในอาคาร ในการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่

### 5.2.2.1 การวิเคราะห์รูปแบบภายนอกของอาคาร

การวิเคราะห์รูปแบบภายนอกอาคาร เป็นการวิเคราะห์รูปทรงของอาคารในแง่ของความสัมพันธ์กับการใช้งานของแสงธรรมชาติภายในอาคาร



รูปที่ 5.8 แสดงการวิเคราะห์รูปทรงของอาคารกรณีศึกษา ด้านทิศเหนือในแง่ของการใช้งานแสงธรรมชาติภายในอาคาร



รูปที่ 5.9 แสดงการวิเคราะห์รูปทรงของอาคารกรณีศึกษาด้านทิศใต้ ในแง่ของการใช้งานแสงธรรมชาติภายในอาคาร

รูปแบบของรูปทรงอาคารที่เหมาะสมต่อการนำแสงธรรมชาติเข้าไปใช้งานในอาคาร ตามแนวทางการออกแบบอาคาร (บทที่ 3) สรุปได้ว่า รูปทรงของอาคารที่เหมาะสมต่อการใช้งานของแสงธรรมชาติต้องมีพื้นที่ผิวของอาคาร หรือพื้นที่ช่องเปิดทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ของอาคารยิ่งมากยิ่งมีพื้นที่ที่นำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่อาคารได้มาก ลักษณะรูปทรงอาคารควรมีลักษณะยาวตามแนวแกนทิศตะวันตกและทิศตะวันออก เพื่อเปิดรับแสงธรรมชาติทางด้านทิศเหนือและด้านทิศใต้ได้มาก และอาคารควรมีลักษณะแคบเพื่อลดพื้นที่การใช้งานของแสงประดิษฐ์ โดยใช้งานความสว่างจากแสงธรรมชาติแทน เพื่อช่วยในการประหยัดพลังงานโดยรวมของอาคาร

สำหรับอาคารกรณีศึกษามีลักษณะการออกแบบให้มีรูปทรงของอาคาร มีแนวโน้มตามรูปทรงของอาคารที่นำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารเพื่อใช้งาน โดยมีการเปิดพื้นที่รับแสงธรรมชาติส่วนใหญ่ของอาคารอยู่ทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ โดยช่องเปิดทางด้านทิศตะวันตกและทิศตะวันออกมีปริมาณน้อย เนื่องจากต้องป้องกันแสงตรงของดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคารและเกิดความร้อนสะสมภายในอาคาร แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นกับปริมาณของพื้นที่เปิดรับแสงธรรมชาติของอาคารกรณีศึกษากลับปริมาณลง อันเนื่องมาจากการบังของอาคารข้างเคียง ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเล่นแสงธรรมชาติโดยรวมเข้าสู่ภายในอาคาร

การปรับปรุงอาคารในส่วนจากรูปทรงของอาคารมีความเป็นไปได้ต่ำ เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นปัญหาที่เกิดจากสภาพแวดล้อมของอาคาร ทั้งที่อาคารมีการออกแบบให้มีพื้นที่สำหรับเปิดรับแสงธรรมชาติทางทิศเหนือและทิศใต้ของอาคารมีปริมาณมากอยู่แล้ว การปรับปรุงอาคารเพื่อนำแสงธรรมชาติจึงต้องใช้การปรับปรุงองค์ประกอบอื่นที่มีความเกี่ยวข้องกันแทนเพื่อชดเชยข้อปัญหาที่เกิดขึ้นในแง่ของแสงธรรมชาติ

#### 5.2.2.2 การวิเคราะห์รูปแบบภายในของอาคารกรณีศึกษา

รูปแบบภายในอาคารหรือองค์ประกอบภายในอาคาร เป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติภายในอาคาร ซึ่งต้องมีความสัมพันธ์ต่อการส่องผ่านเข้ามาของแสงธรรมชาติ และองค์ประกอบภายในอาคารมีหน้าที่สำคัญในการช่วยกระจายแสงธรรมชาติภายในอาคาร เพื่อให้ได้พื้นที่การใช้แสงธรรมชาติมากขึ้น โดยแบ่งออกเป็นแนวทางการวิเคราะห์ ดังนี้

##### 1) การวิเคราะห์ฝ้าเพดานภายในอาคารกรณีศึกษา

จากการตรวจสอบฝ้าเพดานของอาคาร พบว่าระดับความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดานมีระยะ 2.50 เมตร และมีค่าการสะท้อนแสงเท่ากับ 0.60 ซึ่งเมื่อพิจารณาในแง่ความสูงของห้องแล้ววิเคราะห์ได้ว่า ความสูงของห้องมีระยะน้อยเกินไป ทำให้การกระจายแสงของฝ้าเพดานไม่สามารถเข้าสู่ภายในอาคารได้ระยะลึก ส่งผลต่อปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติโดยรวมของอาคาร และค่าสะท้อนแสงของฝ้าเพดานมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 0.75-0.85 ซึ่งเป็นเหตุผลหนึ่งที่ส่งผลต่อการกระจายแสงที่ลดลงของฝ้าเพดานภายในอาคาร

แนวทางการปรับปรุงฝ้าเพดานของอาคารกรณีศึกษา คือการเพิ่มระยะฝ้าเพดาน ซึ่งในส่วนของฝ้าเพดานถ้ามีระดับสูงขึ้น ย่อมทำให้เพิ่มระยะการกระจายแสงเข้าสู่อาคารได้ระยะลึกมากยิ่งขึ้น จากเดิมมีระยะที่ 2.50 เมตร เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างของอาคารแล้วสามารถเพิ่มระยะฝ้าเพดานเป็นระยะ 2.90 เมตร เพื่อช่วยเพิ่มระยะการกระจายแสงภายในอาคาร และทำการปรับปรุงในส่วนของคุณสมบัติการสะท้อนแสงของฝ้าเพดานให้ได้ตามมาตรฐาน คือ 0.75-0.85

##### 2) การวิเคราะห์ผนังภายในอาคารกรณีศึกษา

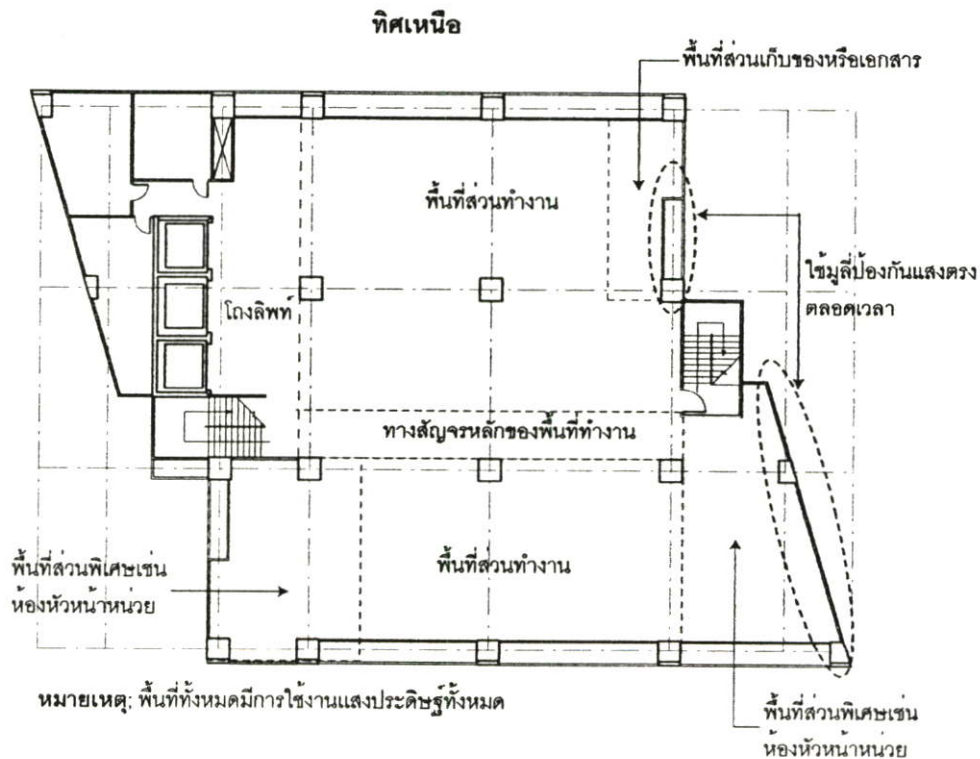
จากการตรวจสอบคุณสมบัติการสะท้อนแสงของผนังอาคาร ได้ค่าเท่ากับ 0.55 ซึ่งมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ที่ 0.50-0.60 ทำให้ไม่ต้องทำการปรับปรุงในส่วนของผนังภายในอาคาร

### 3) การวิเคราะห์พื้นที่ภายในอาคารกรณีศึกษา

จากการทดสอบคุณสมบัติการสะท้อนแสงของพื้นอาคาร ได้ค่าเท่ากับ 0.38 ในที่นี้กำหนดให้วิเคราะห์เฉพาะพื้นอาคารในส่วนพื้นที่ทำงานของอาคารกรณีศึกษาเท่านั้น ค่าการสะท้อนแสงที่ได้อยู่ตามเกณฑ์มาตรฐาน คือ 0.20-0.40 แต่จัดว่าพื้นของอาคารกรณีศึกษามีค่าค่อนข้างสูงแต่ยังอยู่ในเกณฑ์ จึงไม่ต้องทำการปรับปรุงในส่วนของพื้นภายในอาคาร

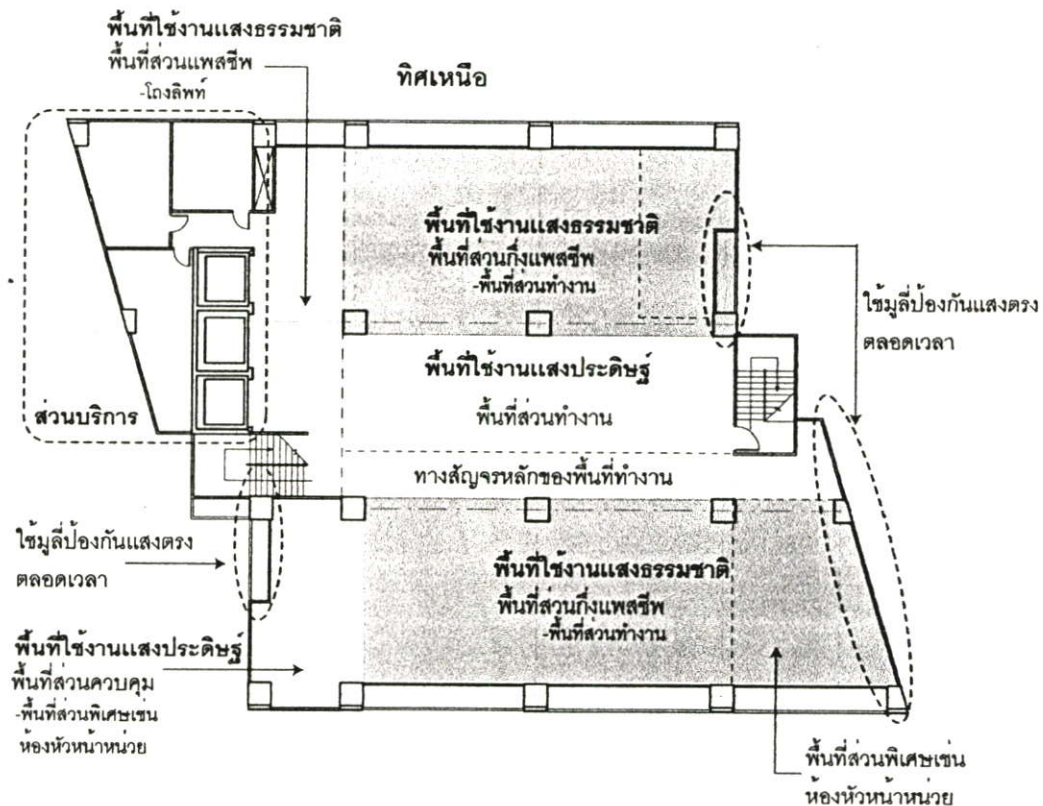
### 5.2.3 การวิเคราะห์พื้นที่ใช้สอยภายในอาคารกรณีศึกษา

การวิเคราะห์พื้นที่ใช้สอยภายในอาคารกรณีศึกษา มีขอบเขตของการวิเคราะห์อยู่บริเวณอาคารชั้นที่ 2-13 เนื่องจากบริเวณส่วนอื่นของอาคารไม่เกี่ยวเนื่องกับพื้นที่ทำงานของสำนักงาน ลักษณะโดยทั่วไปมีการจัดวางพื้นที่ใช้งานเป็นแบบแปลนเปิดโล่ง ผสมผสานไปกับการจัดวางแบบภูมิทัศน์ ซึ่งพื้นที่โดยรวมเป็นพื้นที่โล่งและมีการจัดวางพื้นที่ทำงานเป็นกลุ่มตามแต่ละหน่วยงาน โดยเปิดให้มีทางเดินหลักที่บริเวณส่วนกลางอาคาร และพื้นที่ทั้งหมดของส่วนทำงานใช้งานโดยใช้แสงประดิษฐ์



รูปที่ 5.10 แสดงการแบ่งพื้นที่ทำงานภายในอาคารกรณีศึกษากับพื้นที่การใช้แสงสว่าง

การปรับปรุงพื้นที่ใช้งานภายในอาคารให้ได้ประโยชน์ จากการนำแสงธรรมชาติมาใช้เป็น ความสว่างภายในอาคาร โดยออกแบบให้พื้นที่ใช้งานอยู่ตลอดแนวแกนทิศเหนือถึงทิศใต้ จัดให้ เป็นพื้นที่ส่วนกึ่งแพสซีฟ (Semi-Passive Zone) และพื้นที่ส่วนควบคุม (Control Zone) พื้นที่ส่วน กึ่งแพสซีฟ อยู่บริเวณแนวตำแหน่งติดกับช่องเปิด เพราะเป็นพื้นที่ส่วนนี้สามารถออกแบบปรับปรุง ให้สามารถใช้ประโยชน์ของแสงธรรมชาติได้โดยตรงโดยไม่ต้องพึ่งพาการใช้แสงประดิษฐ์ ในส่วน ของพื้นที่ในส่วนนี้เรียกตามทฤษฎีแสงธรรมชาติได้ว่า พื้นที่การใช้งานแสงธรรมชาติ (Daylighting Zone) พื้นที่ส่วนควบคุม มีตำแหน่งอยู่ในบริเวณด้านในของอาคารซึ่งไม่สามารถใช้ประโยชน์ของ แสงธรรมชาติได้เพียงพอ เนื่องจากอัตราการเข้ามาของแสงธรรมชาติภายในอาคารมีปริมาณน้อย เกินไปไม่เพียงพอต่อการใช้งาน จึงต้องพึ่งพาการใช้แสงประดิษฐ์ พื้นที่ในส่วนนี้เรียกตาม ทฤษฎีแสงธรรมชาติได้ว่า พื้นที่การใช้งานแสงประดิษฐ์ (Electric Lighting Zone) ในส่วนอาคาร



รูปที่ 5.11 แสดงการปรับปรุงพื้นที่ทำงานภายในอาคารกรณีศึกษาให้สัมพันธ์กับพื้นที่การใช้แสงสว่าง

ด้านทิศตะวันตกไม่เหมาะสมกับการเป็นพื้นที่ใช้งาน เนื่องจากมีการควบคุมปริมาณของแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาได้ยาก พื้นที่บริเวณนี้ควรจัดให้เป็นพื้นที่ส่วนแพสซีฟ (Passive Zone) เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ไม่ต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมภายในอาคารโดยมีการจัดพื้นที่เป็น

ส่วนบริการ หรือจัดให้เป็นพื้นที่ส่วนควบคุมเช่นห้องประชุมหรือห้องหัวหน้าหน่วย สำหรับทิศตะวันออกซึ่งเป็นบริเวณที่มีช่องเปิดน้อย ซึ่งสามารถทำการปิดช่องเปิดนั้นโดยใช้มู่ลี่ตลอดเวลา เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ได้อย่างเต็มที่

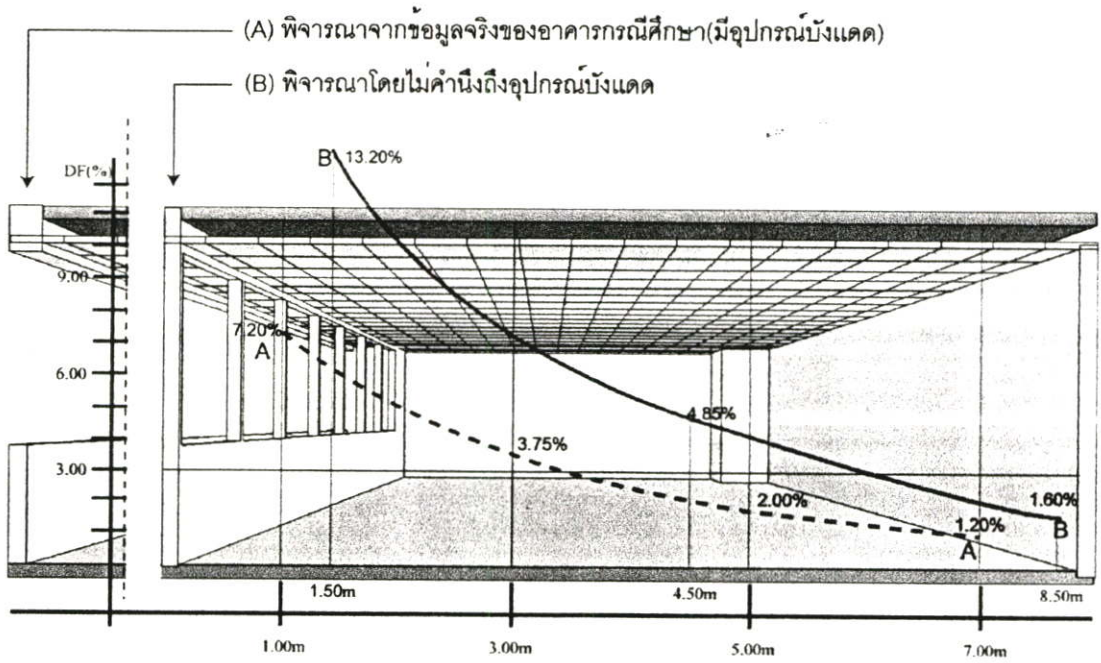
#### 5.2.4 การวิเคราะห์ช่องเปิดของอาคาร

ช่องเปิดของอาคารกรณีศึกษามีขนาดกว้าง 7.00 เมตร และมีความสูง 1.50 เมตร มีระยะห่างจากพื้นอาคารถึงกรอบล่างของช่องเปิด 1.00 เมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่าขนาดและสัดส่วนของช่องเปิดมีความเหมาะสมแก่การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร แต่กรอบล่างของช่องเปิดมีตำแหน่งสูงไปเล็กน้อย ซึ่งตามมาตรฐานควรอยู่ในช่วงระยะ 0.75-0.90 เมตร ในแนวทางการปรับปรุงช่องเปิดของอาคาร มีแนวความคิดในการปรับให้กรอบล่างของช่องเปิดอยู่ในแนวระดับลดลงเหลือ 0.85 เมตร และเมื่อพิจารณาโครงสร้างของอาคารแล้ว สามารถขยายขนาดช่องเปิดให้มีความสูงเพิ่มขึ้นเป็นระยะ 2.75 เมตร เพื่อเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติให้เข้าสู่ภายในอาคารได้มากขึ้น ทั้งนี้ต้องมีการออกแบบให้สามารถป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ผ่านเข้าสู่อาคารได้

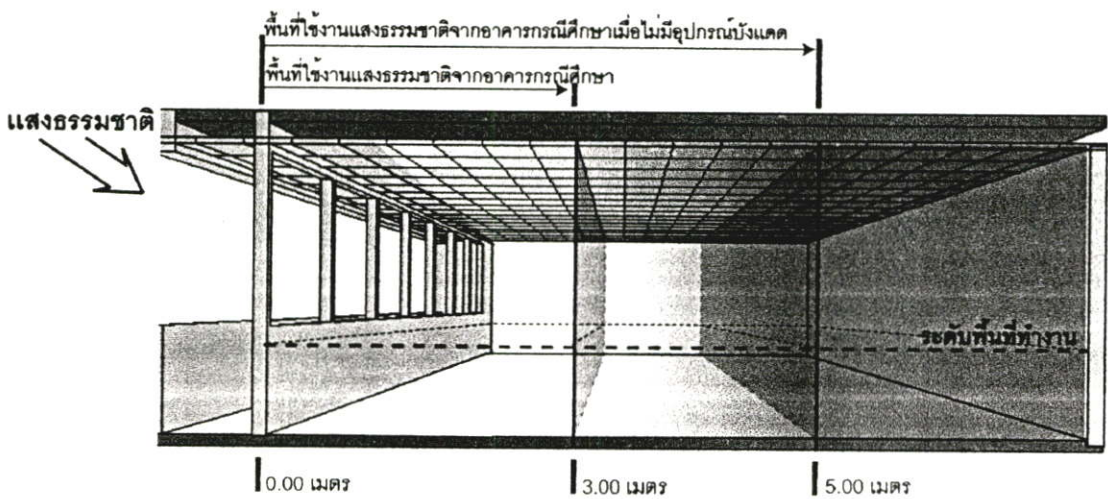
#### 5.2.5 การวิเคราะห์อุปกรณ์บังแดด

อุปกรณ์บังแดด เป็นส่วนประกอบของอาคารที่มีส่วนสำคัญสำหรับคุณภาพของแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้ามาภายในอาคาร เนื่องจากอุปกรณ์บังแดดของอาคารมีหน้าที่ในการป้องกันแสงตรงของดวงอาทิตย์ที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคาร แต่คุณสมบัติของอุปกรณ์บังแดดที่ใช้สำหรับการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์มีส่วนทำให้ปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้ามาภายในอาคารลดต่ำลง เนื่องจากอุปกรณ์บังแดดเปรียบเสมือนเป็นการบังของวัตถุข้างเคียง ซึ่งมีผลทำให้ห้องค้ประกอบแสงธรรมชาติภายนอกอาคาร (SC) ผ่านเข้าสู่อาคารได้น้อยลง ซึ่งก่อให้เกิดองค์ประกอบแสงธรรมชาติที่ถูกบัง (SCobst) ดังนั้นอุปกรณ์บังแดดยังมีระยะยื่นมากเท่าไร ยิ่งทำให้ห้องค้ประกอบแสงธรรมชาติภายนอกอาคารเข้าสู่ภายในอาคารได้น้อยลง และก่อให้เกิดองค์ประกอบแสงธรรมชาติที่ถูกบังมีปริมาณมากขึ้น ซึ่งเหตุผลในส่วนนี้เองที่ทำให้ปริมาณแสงธรรมชาติโดยรวมภายในอาคารมีค่าไม่เพียงพอต่อการใช้งาน

จากการทำการศึกษารายละเอียดของอาคารกรณีศึกษา อุปกรณ์บังแดดของอาคารมีประสิทธิภาพในการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ดีทั้งอาคารด้านทิศเหนือและทิศใต้ อุปกรณ์บังแดดมีระยะยื่น 1.20 เมตร อัตราของปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารที่เหมาะสมต่อการใช้งานของอาคารสำนักงานมีระยะ 3.00 เมตรเมื่อพิจารณาระยะห่างจากช่องเปิด ในกรณีที่ไม่ถูกบังจากอาคารข้างเคียง ซึ่งเห็นได้ว่าพื้นที่การใช้งานของแสงธรรมชาติที่เหมาะสมต่อการใช้งานภายในอาคาร มีปริมาณน้อยทำให้เกิดความแตกต่างของความสว่างของแสงภายในอาคารมาก ส่งผลต่อคุณภาพของแสงภายในอาคารซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อผู้ใช้อาคาร ทำให้ต้องมีการใช้แสงประดิษฐ์ตลอดทั้งพื้นที่ทำงานของอาคาร และใช้มู่ลี่กันแดดปิดช่องเปิดส่วนใหญ่ของอาคาร



รูปที่ 5.12 แสดงให้เห็นการเปรียบเทียบปริมาณแสงภายในอาคารกรณีศึกษาจากการทดสอบจากอาคารจริง (A) และการคำนวณโดยวิธีลูเมน (B) ซึ่งไม่นำอุปกรณ์บังแดดมาพิจารณา

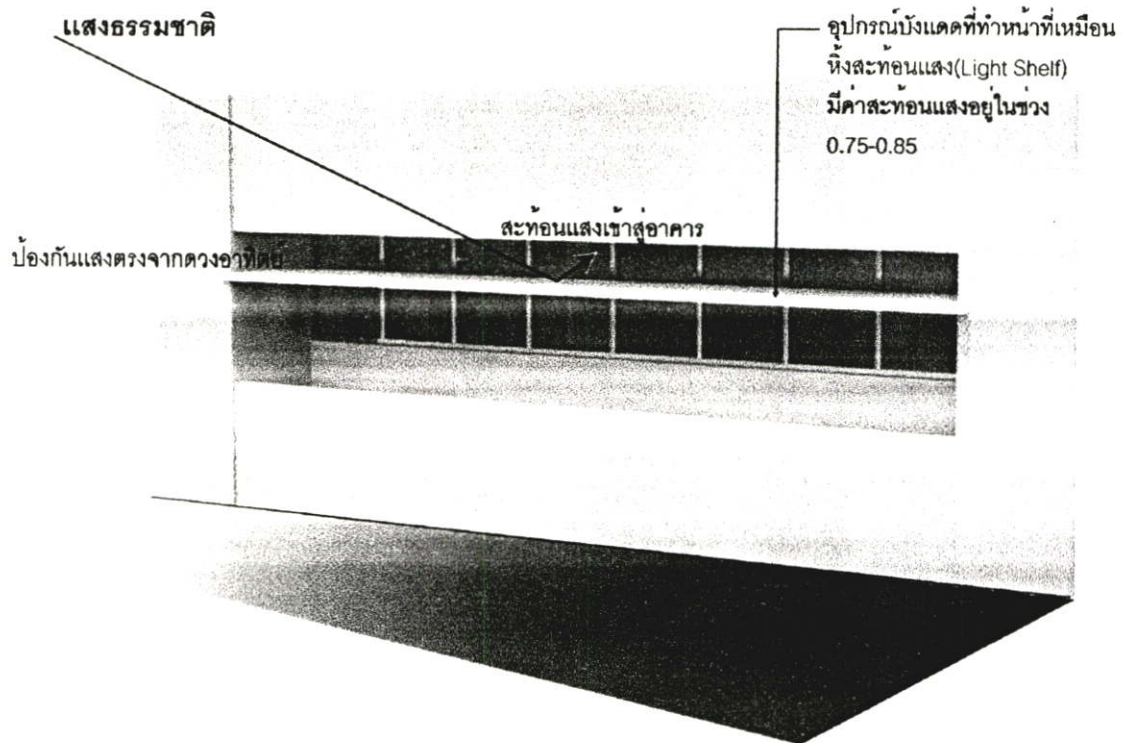


รูปที่ 5.13 แสดงให้เห็นถึงพื้นที่การใช้งานของแสงธรรมชาติภายในอาคารกรณีศึกษา เมื่อพิจารณาถึงข้อปัญหาที่เกิดจากอุปกรณ์บังแดด

จากรูปที่ 5.12 และรูปที่ 5.13 แสดงให้เห็นปริมาณแสงในรูปแบบ DF ของอาคารกรณีศึกษาโดยไม่พิจารณาถึงอุปกรณ์บังแดดของอาคาร ค่าอัตราปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารที่ได้เป็นการใช้วิธีการคำนวณแบบลูเมน เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าปริมาณแสงที่วัดได้จากอาคารกรณีศึกษา จะเห็นได้ว่าในกรณีที่อาคารกรณีศึกษาไม่มีอุปกรณ์บังแดด แสงธรรมชาติที่เหมาะสมต่อการใช้งานสำหรับสำนักงานสามารถเข้ามาภายในอาคารได้ถึง 5.00 เมตรจากช่องเปิด เมื่อเทียบกับอาคารกรณีศึกษาในรูปแบบปกติแล้วคือมีอุปกรณ์บังแดด แสงธรรมชาติที่เหมาะสมสามารถเข้ามาภายในอาคารได้เพียง 3.00 เมตรจากช่องเปิด แต่เมื่อพิจารณาในแง่ความเป็นจริงแล้ว อุปกรณ์บังแดดเป็นอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นต่ออาคารมาก เพราะต้องช่วยป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ที่ส่งผลให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคาร

จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารของอาคารกรณีศึกษาสรุปได้ว่า อุปกรณ์บังแดดของอาคารเป็นข้อปัญหาสำคัญต่อปริมาณความสว่างจากแสงธรรมชาติโดยรวมภายในอาคาร ซึ่งมีผลทำให้พื้นที่การใช้งานแสงธรรมชาติภายในอาคารมีปริมาณน้อยลง ทำให้ต้องเพิ่มการใช้แสงประดิษฐ์ในส่วนในพื้นที่ที่มีความสว่างไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ทำให้อาคารกรณีศึกษาจึงต้องทำการใช้แสงประดิษฐ์โดยเฉลี่ยทั้งหมดของพื้นที่ทำงานภายในอาคาร

การปรับปรุงอุปกรณ์บังแดด ตามแนวทางการออกแบบอาคารโดยใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารนั้น มีแนวความคิดว่าอุปกรณ์บังแดดนอกจากจะช่วยในการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้าสู่อาคารแล้ว ควรที่จะมีหน้าที่ช่วยในการนำแสงธรรมชาติเพิ่มเข้ามาภายในอาคารด้วย โดยที่ไม่มีกรอบบังทัศนียภาพภายนอกอาคารสำหรับผู้ใช้งานภายในอาคาร โดยมีแนวความคิดในการออกแบบให้อุปกรณ์บังแดด มีส่วนช่วยในการสะท้อนแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคารเพื่อเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติโดยรวมของอาคาร โดยใช้หลักการเดียวกับคุณสมบัติของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelf) ซึ่งมีรูปแบบคล้ายกับแผงสะท้อนแสง แต่สามารถใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงได้มากตั้งแต่ 0.75 ขึ้นไปขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุ โดยทั่วไปถ้าใช้อุปกรณ์ที่เป็นหิ้งสะท้อนแสงโดยเฉพาะจะมีราคาสูงมาก เนื่องจากเป็นอุปกรณ์โดยเฉพาะ ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสงสูงมากถึง 0.90 - 0.95 โดยทั่วไปใช้อุปกรณ์บังแดดทั่วไปแต่กำหนดตำแหน่งติดตั้งให้อยู่ในแนวทางเดียวของหิ้งสะท้อนแสง และเพิ่มค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวของวัสดุ โดยทั่วไปใช้ทาสีขาวโดยมีค่าสะท้อนแสงเฉลี่ยประมาณ 0.80-0.85



รูปที่ 5.14 แสดงแนวความคิดในการออกแบบปรับปรุงอุปกรณ์บังแดดให้ช่วยเพิ่มแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคาร โดยใช้คุณสมบัติของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelf)

### 5.3 รูปแบบการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

ในการออกแบบปรับปรุงอาคาร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร ในกรณีการศึกษานี้ แบ่งรูปแบบของการปรับปรุงอาคารออกเป็น 3 แนวทาง โดยมีแนวทางมาจากการประมวลผลในขั้นตอนการศึกษาข้อมูลและทฤษฎีของแสงธรรมชาติ โดยนำผลลัพธ์จากการปรับปรุงอาคารที่ได้มาประกอบการพิจารณาเชิงเปรียบเทียบ เพื่อสรุปถึงความเหมาะสมของการออกแบบปรับปรุงอาคาร โดยมีการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งนี้ในรูปแบบของการปรับปรุงอาคาร มีขอบเขตครอบคลุมในส่วนของพื้นที่ทำงานของสำนักงานเท่านั้น โดยพิจารณาในแง่ของพื้นที่การใช้งานของแสงธรรมชาติไม่เกี่ยวข้องกับการจัดพื้นที่ส่วนอื่นๆของอาคาร สำหรับอาคารกรณีศึกษานี้มีพื้นที่สำนักงานในส่วนทำงานครอบคลุมบริเวณพื้นที่ชั้น 2-13 ของอาคาร

#### 5.3.1 การปรับปรุงอาคารแนวทางที่ 1

ในการปรับปรุงอาคารแนวทางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของอาคารมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด โดยยังคงสภาพรูปแบบเดิมของอาคารไว้ มีการเปลี่ยนแปลงระดับของฝ้าเพดานให้มีระดับสูงจากเดิมมีระยะที่ 2.50 เมตร ปรับให้มีระยะเป็น 2.75 เมตร ในช่วงพื้นที่หนึ่งช่วงเสาจาก

กรอบของอาคารสำหรับแนวทางที่ 1 นี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงวัสดุของอาคาร แต่มีการปรับปรุงคุณสมบัติการสะท้อนแสงของวัสดุ

5.3.1.1 ปรับปรุงให้ฝ้าเพดานมีคุณสมบัติการกระจายแสงเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม โดยปรับมีค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ เท่ากับ 0.75-0.80

5.3.1.2 ปรับปรุงผนังภายในอาคารให้มีคุณสมบัติการกระจายแสงเพิ่มมากขึ้น โดยปรับให้มีค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ เท่ากับ 0.55-0.65

5.3.1.3 สำหรับพื้นภายในอาคาร ไม่มีการปรับเปลี่ยน โดยมีค่าสะท้อนแสงของวัสดุ เท่ากับ 0.38

### 5.3.2 การปรับปรุงอาคารแนวทางที่ 2

การปรับปรุงอาคารแนวทางที่ 2 มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบกรอบอาคารในส่วนบริเวณช่องเปิด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบให้แสงธรรมชาติผ่านเข้ามาภายในอาคารมากขึ้น โดยที่ไม่ได้รับความร้อนจากแสงตรงของดวงอาทิตย์ มีรายละเอียดการปรับปรุง ดังนี้

5.3.2.1 เปลี่ยนแปลงระดับของฝ้าเพดานให้มีระดับสูงจากเดิมมีระยะที่ 2.50 เมตร ให้มีระยะเป็น 2.75 เมตร ในช่วงพื้นที่หนึ่งช่วงเสาจากกรอบของอาคาร

5.3.2.2 ปรับปรุงให้ฝ้าเพดานมีคุณสมบัติการกระจายแสงเพิ่มมากขึ้น โดยปรับให้มีค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ เท่ากับ 0.75-0.80

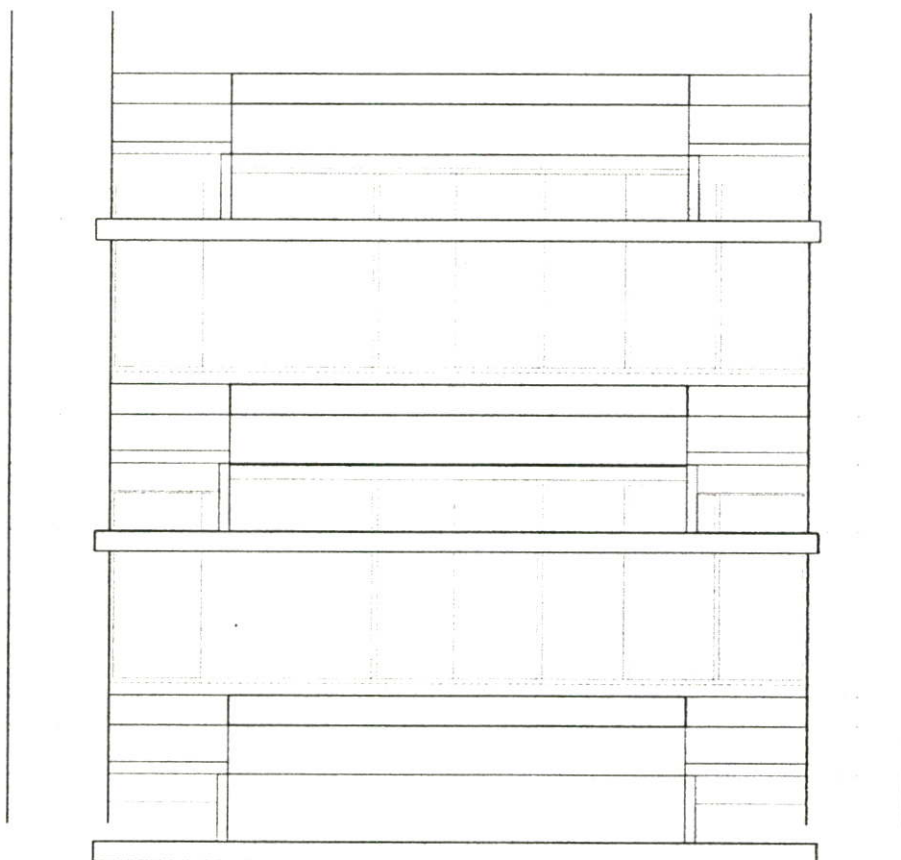
5.3.2.3 ปรับปรุงผนังภายในอาคารให้มีคุณสมบัติการกระจายแสงเพิ่มมากขึ้น โดยปรับให้มีค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ เท่ากับ 0.55-0.65

5.3.2.4 สำหรับพื้นภายในอาคาร ไม่มีการปรับเปลี่ยน โดยมีค่าสะท้อนแสงของวัสดุ เท่ากับ 0.38

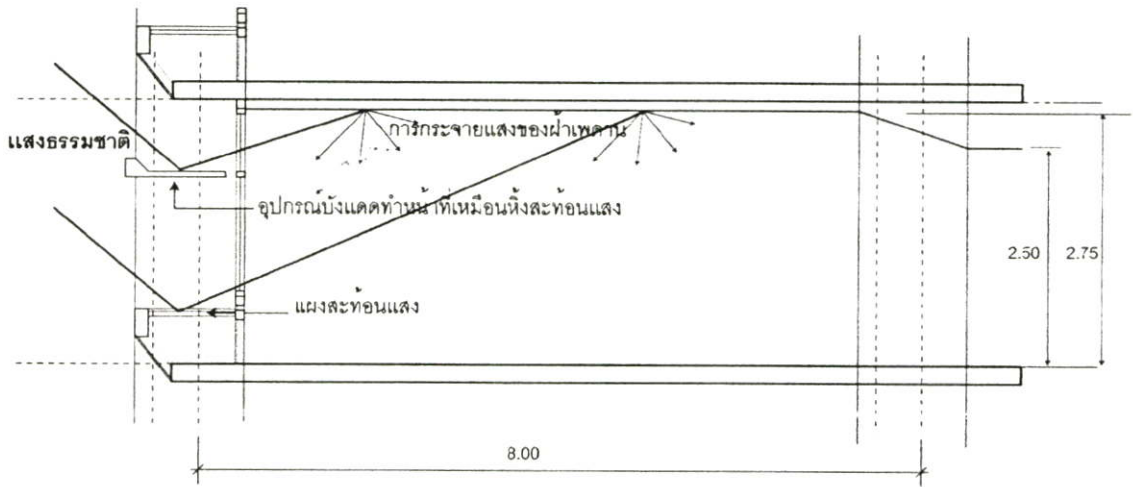
5.3.2.5 เพิ่มอุปกรณ์บังแดดแนวนอน โดยใช้วัสดุเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กฉาบปูนเรียบทาสีขาวที่มีคุณสมบัติของค่าการสะท้อนแสงของวัสดุเท่ากับ 0.80 โดยให้อุปกรณ์บังแดดนี้ทำหน้าที่ในการป้องกันแสงตรงของดวงอาทิตย์ และทำหน้าที่เสมือนเป็นหิ้งสะท้อนแสง ซึ่งช่วยในการเพิ่มอัตราการกระจายแสงเข้ามาในอาคารมากขึ้น

5.3.2.6 ปรับปรุงในส่วนกรอบด้านนอกของอาคาร (บริเวณที่ยื่นออกมาเป็นส่วนวางอุปกรณ์ประกอบของเครื่องปรับอากาศ) ให้มีคุณสมบัติของการสะท้อนแสงจากพื้นผิวภายนอกอาคาร เพื่อเพิ่มการกระจายแสงเข้ามาในอาคาร โดยมีรูปแบบเป็นแผงสะท้อนแสงแนวนอนทำด้วย คอนกรีตเสริมเหล็กฉาบปูนเรียบทาสีขาว มีคุณสมบัติของค่าการสะท้อนแสงของวัสดุเท่ากับ 0.55-0.65

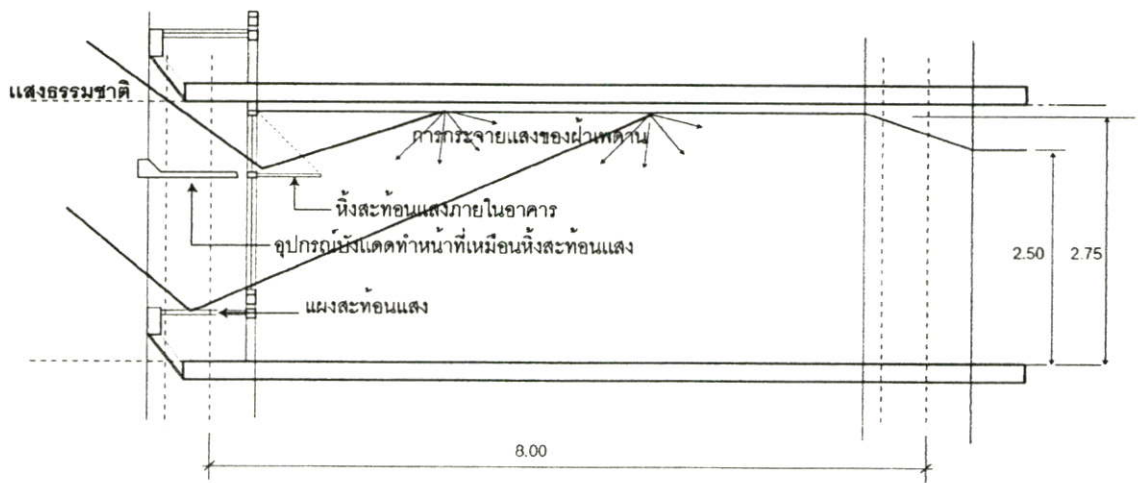




รูปที่ 5.16 แสดงรูปด้านหน้าของอาคารตามแนวทางการปรับปรุงที่ 2 และ 3



รูปที่ 5.17 รูปตัดอาคารแนวทางการปรับปรุงที่ 2

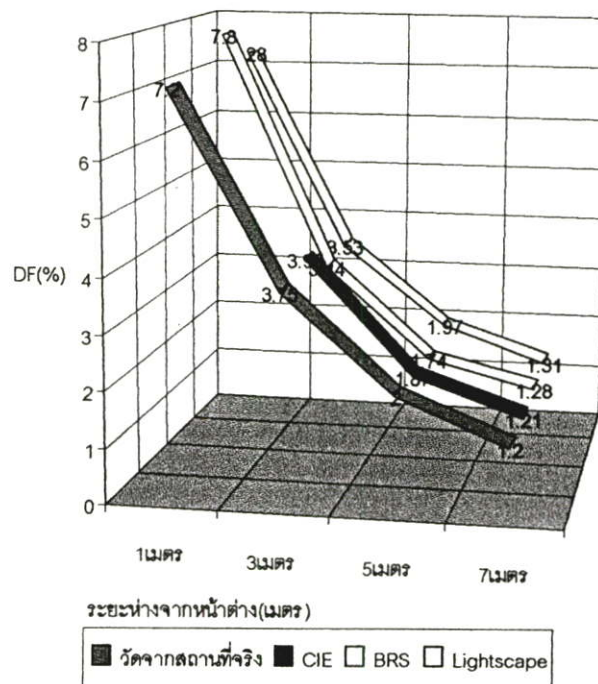


รูปที่ 5.18 รูปตัดอาคารแนวทางการปรับปรุงที่ 3

## 5.4 การประเมินระดับความสว่างของแสงธรรมชาติจากการปรับปรุงอาคาร

โดยทั่วไปการประเมินผลทางด้านแสงธรรมชาติภายในอาคาร มีวิธีการหลายวิธีการ ขึ้นอยู่กับรูปแบบและประเภทของอาคาร จากการทดสอบอาคารกรณีศึกษาใช้วิธีการหลายวิธี ได้แก่

- 1) การทดสอบจากอาคารจริง
- 2) การคำนวณสมการ *B.R.S.*
- 3) การคำนวณสมการ *C.I.E.*
- 4) การประเมินผลโดยใช้คอมพิวเตอร์



รูปที่ 5.19 แสดงการเปรียบเทียบของวิธีการประเมินผลของแสงธรรมชาติภายในอาคารวิธีต่างๆ

สำหรับการประเมินผลของการปรับปรุงอาคาร เลือกใช้การประเมินผลโดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรม *Lightscape* เนื่องจาก การให้สมการ *B.R.S.* และ *C.I.E.* มีข้อจำกัดในเรื่องของอาคารที่มีองค์ประกอบที่ซับซ้อน ทำให้คิดคำนวณได้ลำบาก แต่ *Lightscape* สามารถประเมินผลตามลักษณะของวัสดุและค่าสะท้อนแสงตามความเป็นจริง และมีการประเมินผลตามช่วงเวลาต่างได้ ทำให้การประเมินผลมีความยืดหยุ่นมากกว่าวิธีการคำนวณในแนวทางอื่น ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีมาตรฐานที่ถูกต้องตามคุณสมบัติของ *IES* และมีวิธีการที่ไม่ซับซ้อนเหมือนการใช้สมการในการคำนวณ

#### 5.4.1 การเตรียมการประเมินผลของแสงธรรมชาติภายในอาคารโดย *Lightscape*

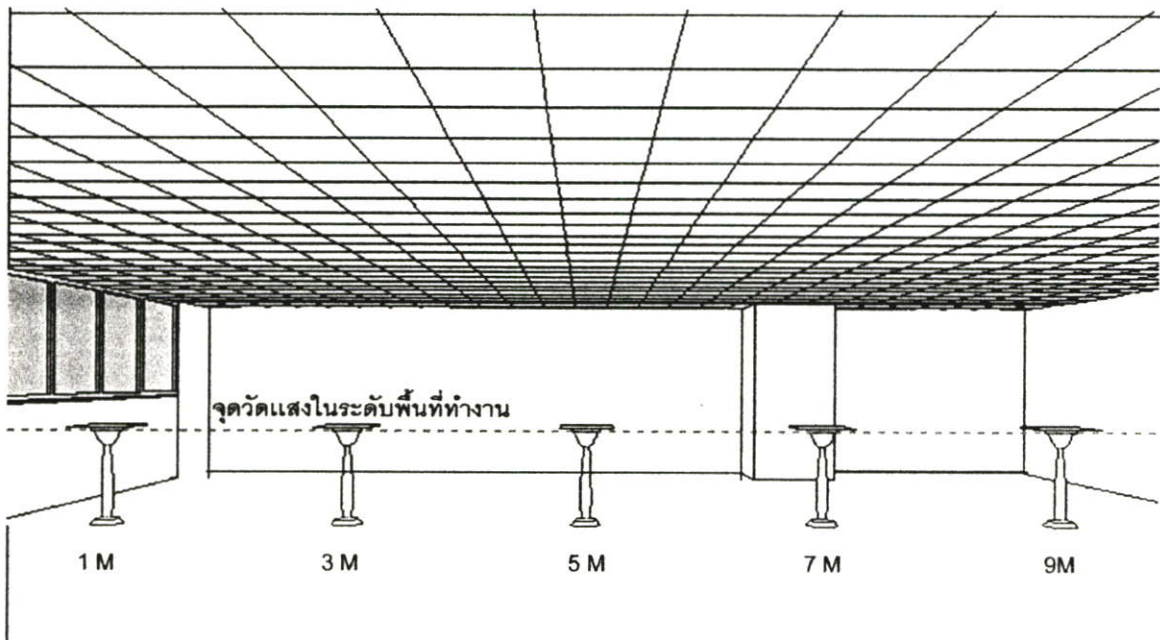
การเตรียมการสำหรับการประเมินผลของแสงภายในอาคาร มีการดำเนินการโดยทำหุ่นจำลองของอาคารที่ออกแบบภายในคอมพิวเตอร์ โดยให้มีคุณสมบัติวัสดุของหุ่นจำลองใกล้เคียงกับลักษณะของอาคารที่ออกแบบมากที่สุด เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด การทำหุ่นจำลองในคอมพิวเตอร์ทั้งหมด 3 แบบ ได้แก่

5.4.1.1 หุ่นจำลองของการปรับปรุงอาคารแนวทางที่ 1

5.4.1.2 หุ่นจำลองของการปรับปรุงอาคารแนวทางที่ 2

5.4.1.3 หุ่นจำลองของการปรับปรุงอาคารแนวทางที่ 3

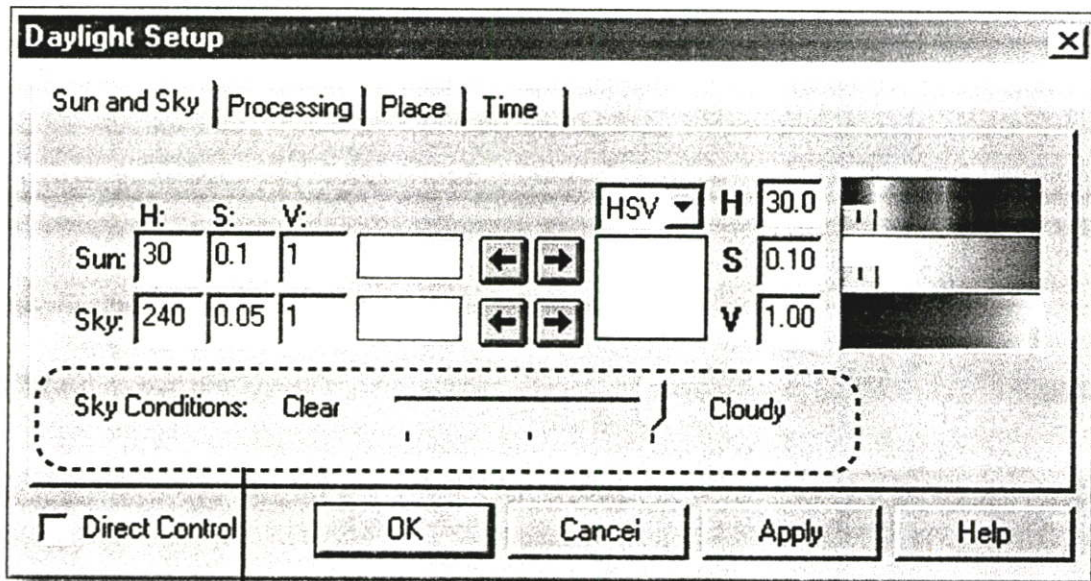
จัดทำตำแหน่งวัดค่าปริมาณของแสงภายในหุ่นจำลองในระยะ 1 ช่วงเสา โดยให้มีระยะห่างจากช่องเปิดเท่ากับ 1 เมตร, 3 เมตร, 5 เมตร, 7 เมตร และ 9 เมตร ตามลำดับของหุ่นจำลองทั้งหมด



รูปที่ 5.20 แสดงตำแหน่งการวัดแสงภายในอาคารที่ถูกปรับปรุง

สำหรับการทดสอบแสงของหุ่นจำลองของอาคารที่ถูกออกแบบปรับปรุง ทดสอบจากโปรแกรมที่ชื่อว่า *Lightscape* ซึ่งสามารถประมวลผลการทดสอบแสงได้ทั้งแสงประดิษฐ์และแสงธรรมชาติ ในที่นี้ทำการทดสอบแต่ในเรื่องเฉพาะของแสงธรรมชาติเท่านั้น ซึ่งจากการทดสอบแล้วพบว่า โปรแกรมนี้สามารถจำลองสภาพท้องฟ้าได้ใกล้เคียงกับสภาพท้องฟ้าจริง โดยแบ่งสภาพท้องฟ้าออกเป็น ท้องฟ้าแบบไม่มีเมฆปกคลุม (Clear Sky), ท้องฟ้าแบบผสม (Party Cloudy Sky) และ

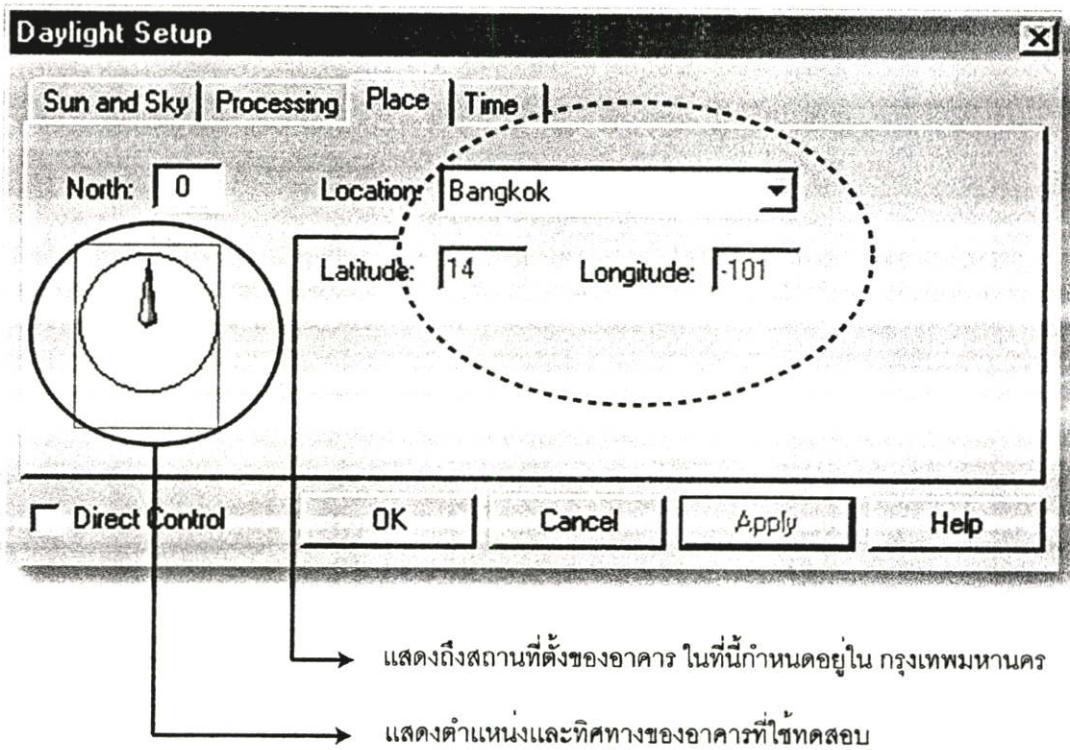
ท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุม (Overcast Sky) สำหรับการทดสอบกับหุ่นจำลองกำหนดให้ใช้ท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุม ความสว่างของท้องฟ้าประเภทนี้ มีความสว่างแตกต่างกัน (Non Uniform Luminance) ซึ่งมีปริมาณแสงจากท้องฟ้าในแนวระนาบตั้งมีค่าเท่ากับ 2.5 เท่าของปริมาณแสงจากท้องฟ้าในระนาบนอน เนื่องจากท้องฟ้าประเภทนี้สามารถนำปริมาณแสงที่เข้ามาภายในอาคาร มาคำนวณหาค่าอัตราความสว่างที่เหมาะสมกับการทำงานของมนุษย์ได้(Daylight Factor)



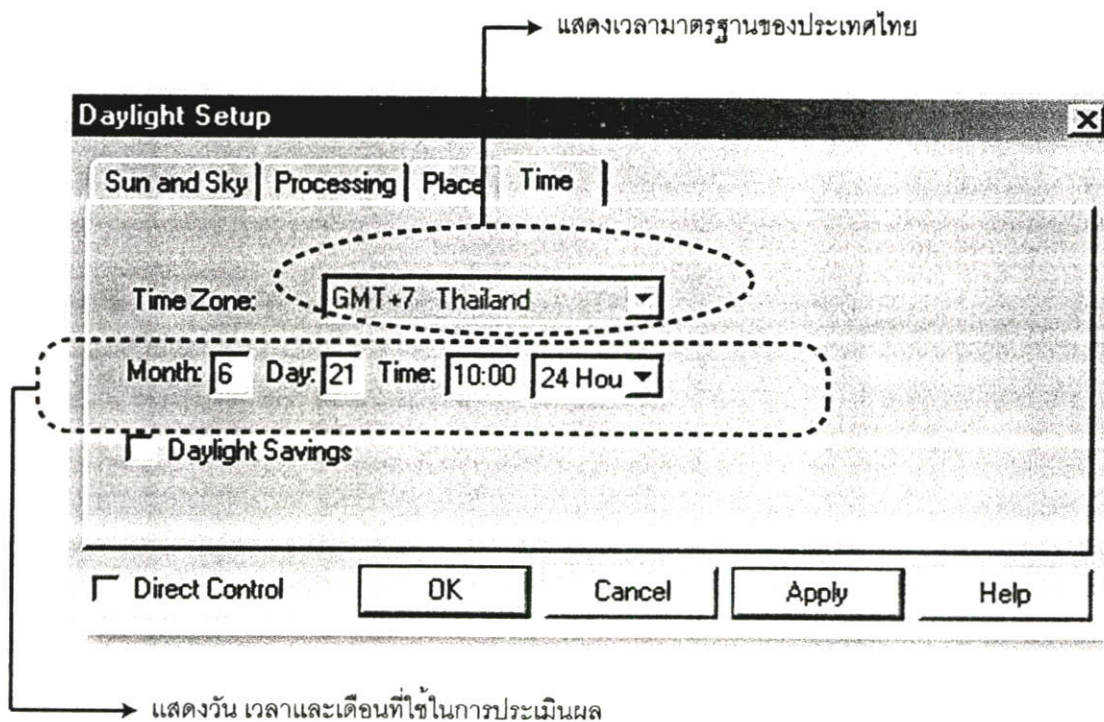
→ สภาพท้องฟ้าแบบต่างๆ ในที่นี้กำหนดให้เป็นสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมทั้งหมด

รูปที่ 5.21 แสดงให้เห็นการปรับค่าสภาพท้องฟ้าตามมาตรฐาน IES

การทดสอบแสงธรรมชาติของโปรแกรม *Lightscape* พบว่าปริมาณแสงในแนวระนาบตั้งมีค่าประมาณ 2.5 เท่าของปริมาณแสงของท้องฟ้าแนวระนาบนอนของท้องฟ้าประเภทมีเมฆปกคลุมทั้งหมด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสภาพของท้องฟ้าจริง สำหรับในแต่ละรูปแบบการปรับปรุงอาคารทั้ง 3 แนวทาง กำหนดให้มีการประเมินผลทางด้านแสงธรรมชาติ ในช่วงเวลา 1 วันของเดือนหลักๆ 4 เดือนในระยะเวลา 1 ปี ได้แก่ วันที่ 21 มีนาคม, วันที่ 21 มิถุนายน, วันที่ 21 กันยายน และวันที่ 21 ธันวาคม กำหนดสถานที่ที่ต้องการประเมินผลอยู่ในเขตกรุงเทพฯ ประเทศไทย ในแต่ละวันของการประเมินผลกำหนดให้มีการประเมินผลในช่วง 4 เวลาใน 1 วัน ได้แก่ เวลา 9:00 น., 11:00 น., 13:00 และ 15:00 น. ตามลำดับ



รูปที่ 5.22 แสดงการปรับค่าตำแหน่งและสถานที่สำหรับประเมินผลให้เหมือนกับสภาพความเป็นจริง

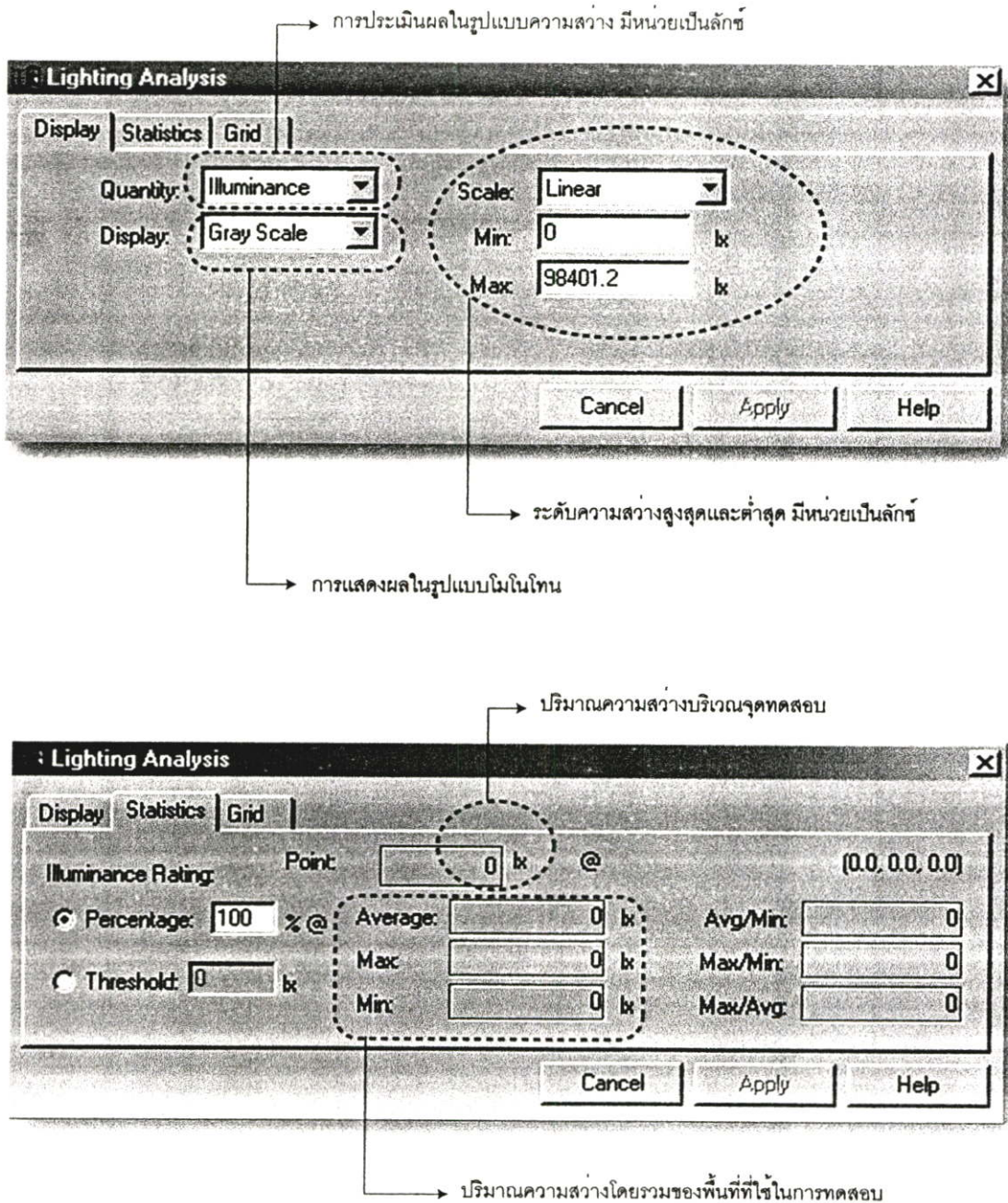


รูปที่ 5.23 แสดงการปรับช่วงเวลาที่ใช้สำหรับการประเมินผล

กำหนดให้การประมวลผลในโปรแกรมอยู่ในขั้นตอนระหว่าง 90-95% ซึ่งค่อนข้างเพียงพอต่อการทดสอบแล้ว เนื่องจากการประมวลผลในแต่ละครั้งค่อนข้างใช้เวลานานมาก และนำผลลัพธ์ที่ได้แสดงค่าในรูปแบบของปริมาณแสงโดยนำมาแปลงค่าความสว่างเป็นค่า *DF*

#### 5.4.2 การประเมินผล

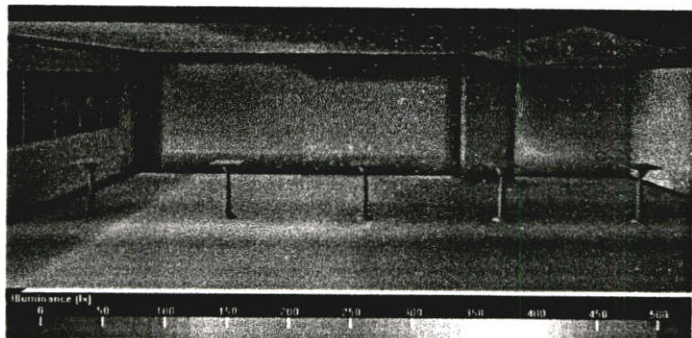
การประเมินผลความสว่างภายในอาคาร นำเสนอในรูปแบบการวิเคราะห์ของ *Lightscape* ซึ่งเป็นการวัดค่าในกราฟแสดงปริมาณแสง มีลักษณะเป็นแถบสี ในที่นี้กำหนดให้มีสีแบบโมโนโทน



รูปที่ 5.24 แสดงลักษณะการประเมินผลปริมาณความสว่างจาก *Lightscape*

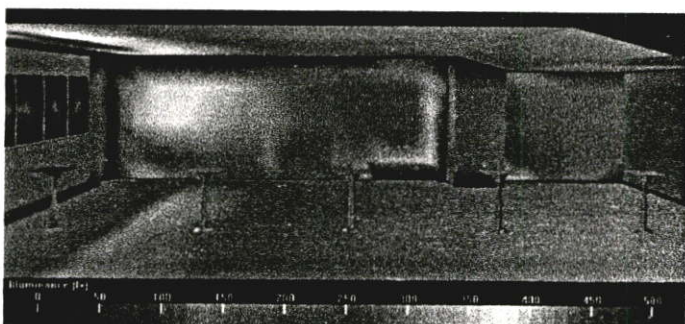
9:00

เดือน มีนาคม



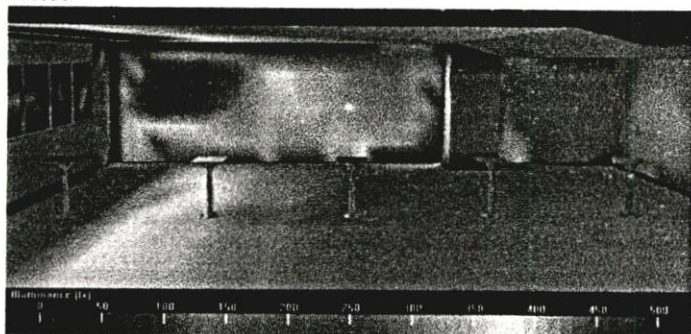
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 8433 ลักซ์

11:00



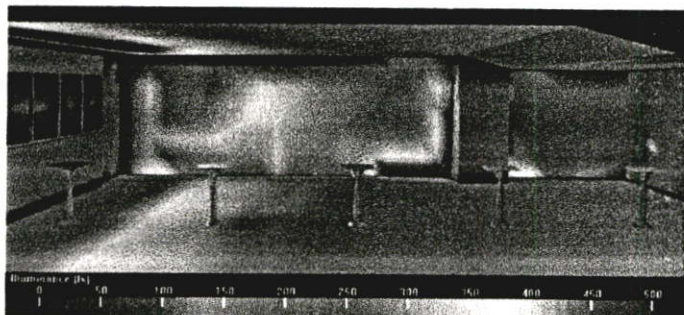
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 15579 ลักซ์

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 20137 ลักซ์

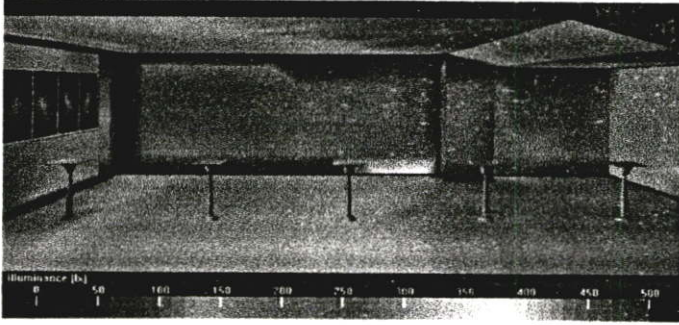
15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 7396 ลักซ์

รูปที่ 5.25 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 1 เดือนมีนาคม

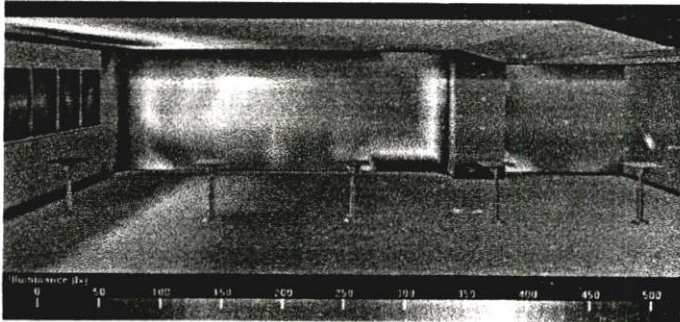
9:00



เดือน มิถุนายน

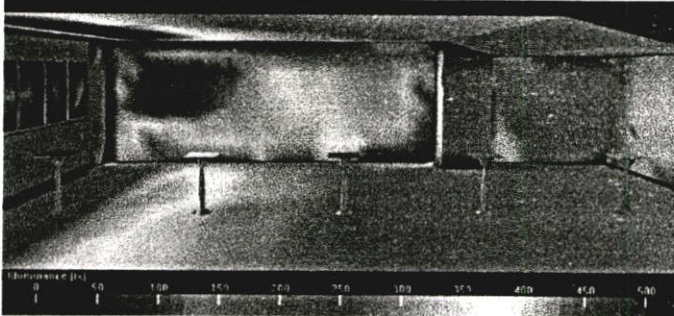
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 10214 ลักซ์

11:00



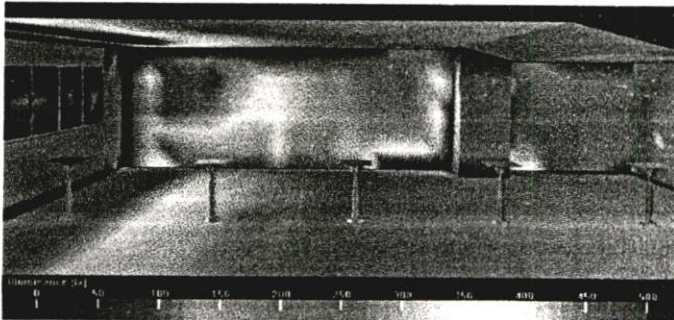
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 17410 ลักซ์

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 20069 ลักซ์

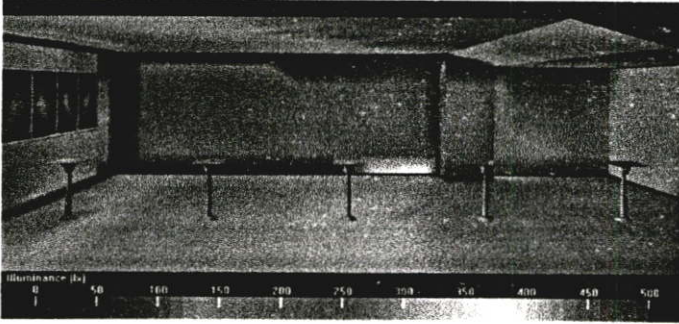
15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 18027 ลักซ์

รูปที่ 5.26 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 1 เดือนมิถุนายน

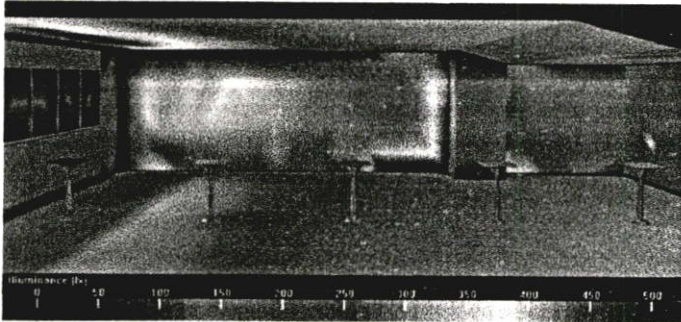
9:00



เดือน มิถุนายน

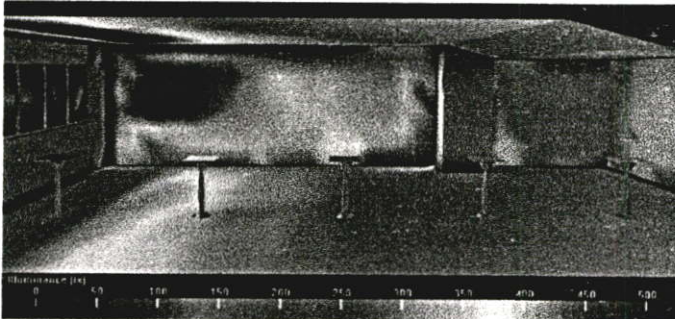
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 10214 ลักซ์

11:00



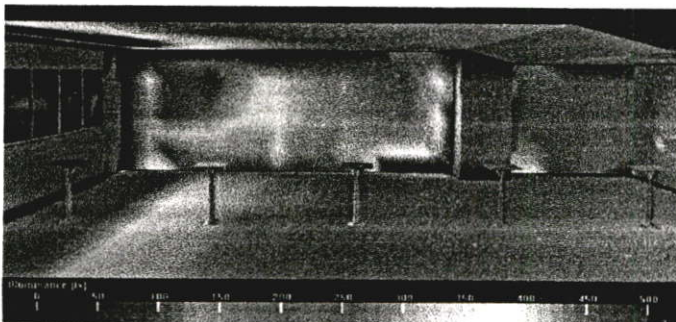
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 17410 ลักซ์

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 20069 ลักซ์

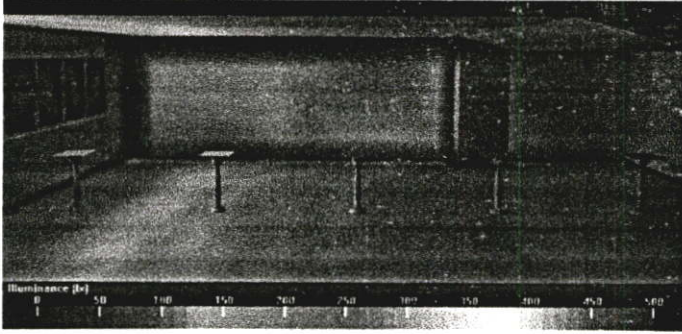
15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 18027 ลักซ์

รูปที่ 5.27 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 1 เดือนกันยายน

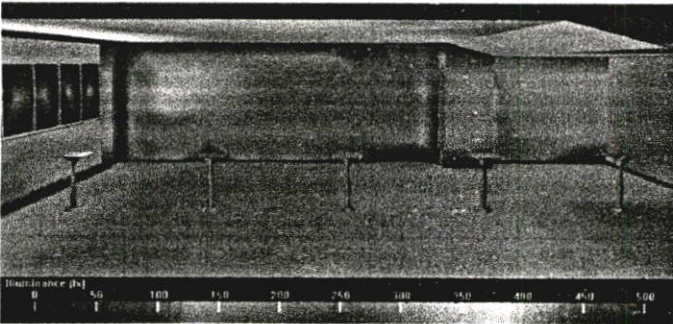
9:00



เดือน ธันวาคม

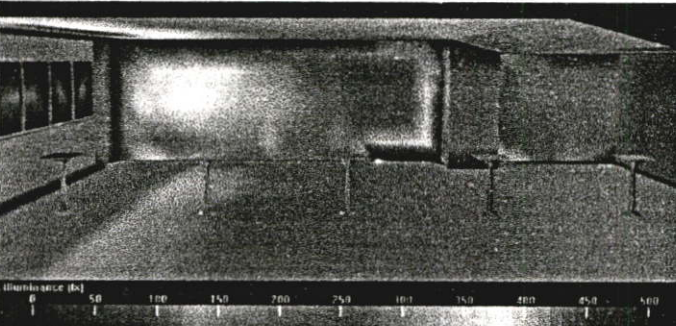
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 6496 ลักซ์

11:00



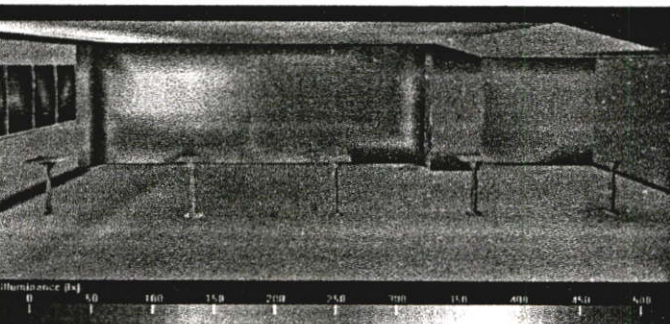
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 13534 ลักซ์

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 16503 ลักซ์

15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 14583 ลักซ์

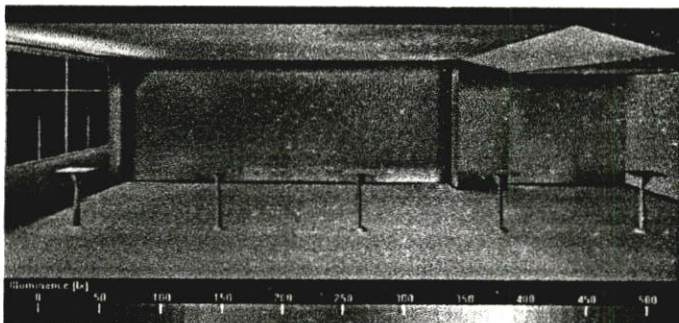
รูปที่ 5.28 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 1 เดือนธันวาคม

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าของปริมาณแสงที่เกิดขึ้นภายนอกและภายในอาคารจากการทดสอบในช่วง  
ระยะเวลาต่างๆการปรับปรุงอาคารแนวทางที่ 1

DAY	TIME	EXTERIOR ILLUMINANCE (lux)		INTERIOR ILLUMINANCE (lux)					DAYLIGHT FACTOR (%)				
		VERTICAL	HORIZONTAL	1M	3M	5M	7M	9M	1M	3M	5M	7M	9M
21 MAR	9:00	8433	3373	254.69	154.16	109.16	86.39	69.57	7.55	4.57	3.24	2.50	2.06
	11:00	15579	6232	495.26	287.64	196.10	151.64	124.94	7.95	4.62	3.14	2.43	2.00
	13:00	20137	8055	606.18	348.46	235.61	181.26	152.26	7.53	4.32	2.96	2.25	1.89
	15:00	18491	7396	557.69	323.44	216.71	168.67	140.60	7.54	4.37	2.93	2.28	1.90
21 JUN	9:00	10214	4086	306.00	182.43	127.32	102.41	81.77	7.49	4.46	3.12	2.51	2.00
	11:00	17410	6964	510.94	299.81	202.16	156.22	129.58	7.34	4.31	2.90	2.24	1.86
	13:00	20069	8028	616.41	360.64	243.61	188.82	156.23	7.68	4.49	3.03	2.35	1.95
	15:00	18027	7211	563.47	332.15	223.83	172.19	150.00	7.81	4.61	3.10	2.39	2.08
21 SEP	9:00	9253	3701	295.31	175.28	123.35	99.95	79.87	7.98	4.74	3.33	2.70	2.15
	11:00	16564	6626	530.35	307.15	208.40	163.32	134.17	8.00	4.66	3.15	2.46	2.02
	13:00	19628	7851	614.64	357.94	240.86	186.72	155.51	7.83	4.56	3.07	2.38	1.98
	15:00	18021	7208	540.61	320.48	215.21	165.68	137.14	7.50	4.40	2.98	2.30	1.90
21 DEC	9:00	6496	2598	199.63	123.76	87.88	70.47	56.89	7.68	4.76	3.38	2.71	2.19
	11:00	13534	5414	406.43	242.78	166.80	128.92	106.84	7.51	4.48	3.08	2.38	1.97
	13:00	16503	6601	504.07	298.41	200.65	158.36	129.91	7.63	4.52	3.03	2.60	1.97
	15:00	14583	5833	443.76	261.72	179.64	138.49	113.97	7.60	4.49	3.08	2.37	1.95

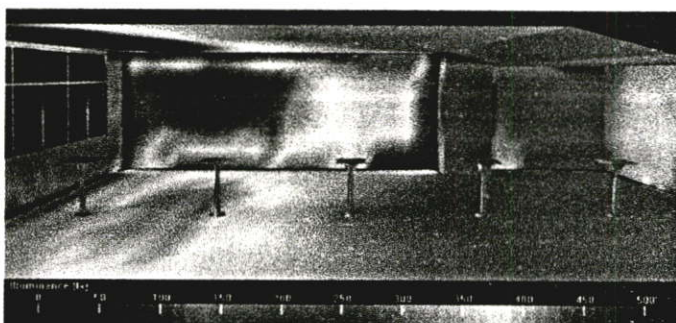
## เดือน มีนาคม

9:00



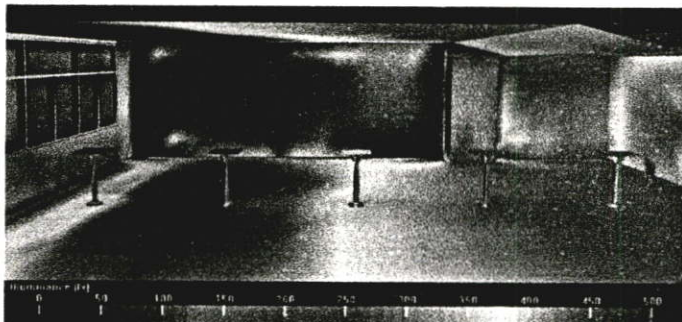
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 8324 ลักซ์

11:00



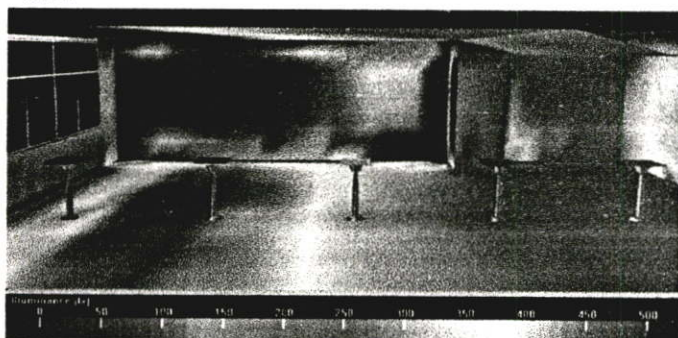
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 16264 ลักซ์

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 19905 ลักซ์

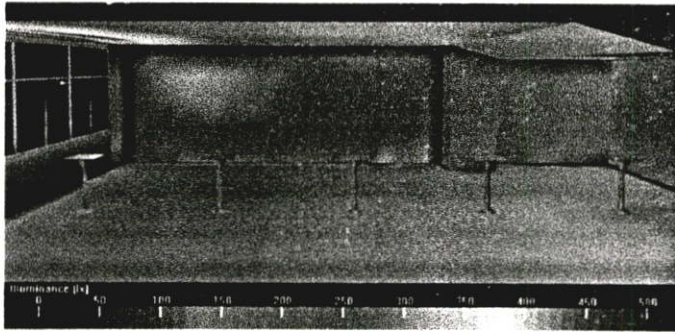
15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 18278 ลักซ์

รูปที่ 5.29 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 2 เดือนมีนาคม

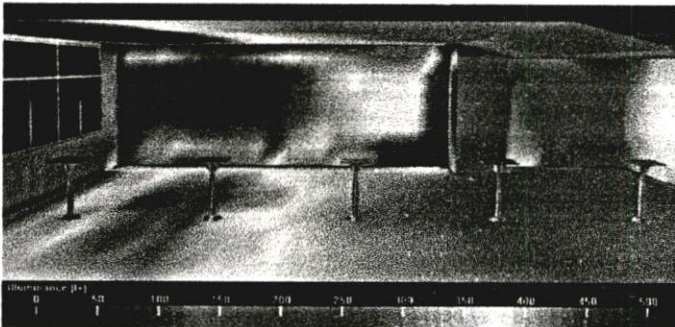
9:00



เดือน มิถุนายน

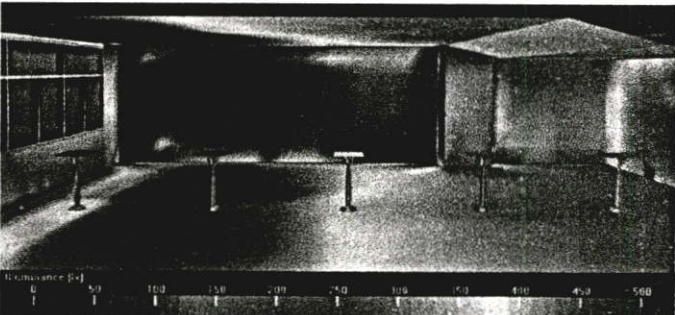
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 10097 ลักซ์

11:00



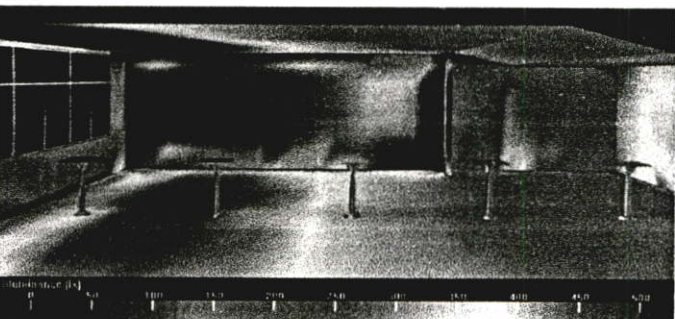
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 16277 ลักซ์

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 20318 ลักซ์

15:00

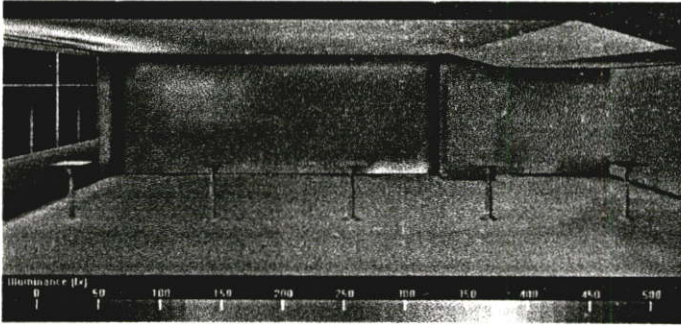


ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 18586 ลักซ์

รูปที่ 5.30 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 2 เดือนมิถุนายน

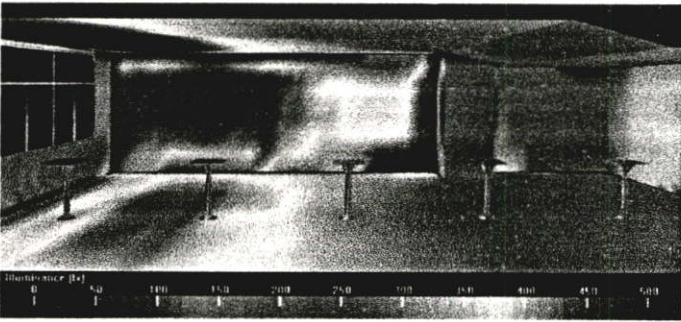
## เดือน กันยายน

9:00



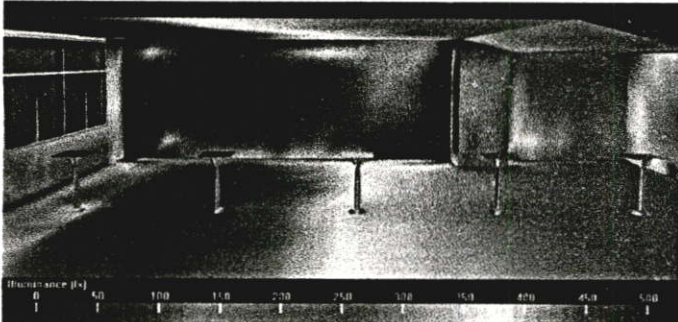
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 9505 ลักซ์

11:00



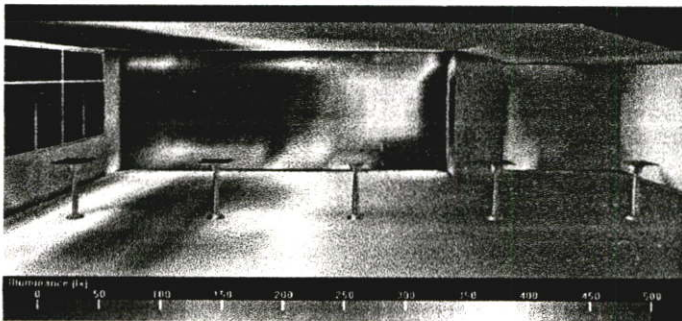
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 17018 ลักซ์

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 20061 ลักซ์

15:00

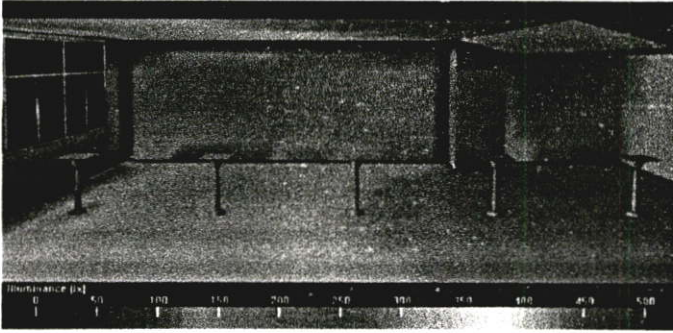


ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 17814 ลักซ์

รูปที่ 5.31 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 2 เดือนกันยายน

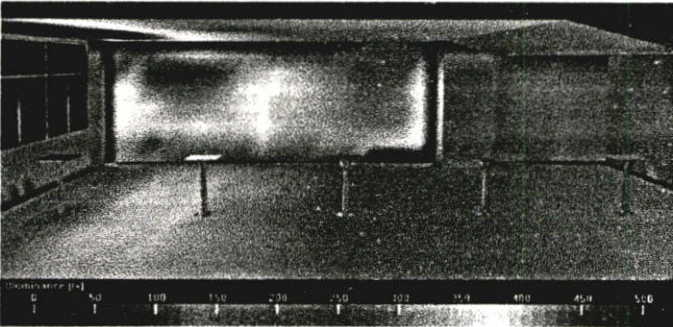
## เดือน ธันวาคม

9:00



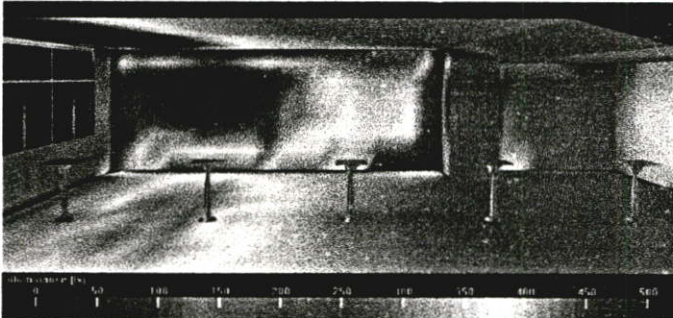
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 6457 ลักซ์

11:00



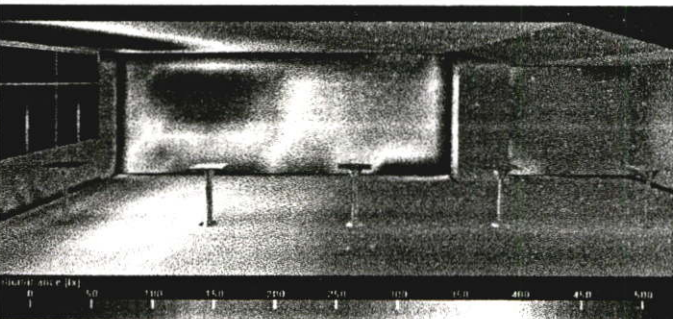
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 12734 ลักซ์

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 16422 ลักซ์

15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 13667 ลักซ์

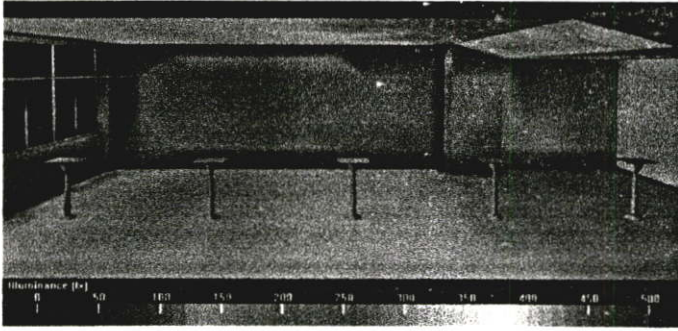
รูปที่ 5.32 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 2 เดือนธันวาคม

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าของปริมาณแสงที่เกิดขึ้นภายนอกและภายในอาคารจากการทดสอบในช่วง  
ระยะเวลาต่างๆการปรับปรุงอาคารแนวทางที่ 2

DAY	TIME	EXTERIOR ILLUMINANCE (lux)		INTERIOR ILLUMINANCE (lux)					DAYLIGHT FACTOR (%)				
		VERTICAL	HORIZONTAL	1M	3M	5M	7M	9M	1M	3M	5M	7M	9M
21 MAR	9:00	8324	3320	341.25	221.22	149.35	110.10	85.24	10.2	6.66	4.50	3.31	2.56
	11:00	16264	6505	659.56	414.43	263.00	199.22	158.97	10.1	6.37	4.04	3.06	2.44
	13:00	19905	7962	792.38	497.31	315.35	237.70	188.07	9.95	6.25	3.96	3.00	2.36
	15:00	18278	7311	734.58	459.74	290.78	219.85	173.65	10.0	6.25	3.98	3.01	2.38
21 JUN	9:00	10097	4038	398.64	255.46	171.09	126.19	98.83	9.80	6.32	4.24	3.13	2.45
	11:00	16277	6510	700.66	440.83	277.66	201.31	167.79	10.8	6.77	4.27	3.09	2.58
	13:00	20318	8127	512.11	512.11	322.30	244.50	196.35	10.0	6.30	3.97	3.01	2.42
	15:00	18586	7434	496.01	496.01	316.41	241.43	194.52	10.4	6.67	4.27	3.25	2.62
21 SEP	9:00	9505	3802	381.65	249.90	166.66	123.77	95.56	10.0	6.57	4.38	3.26	2.51
	11:00	17018	6807	730.41	449.44	284.20	220.67	176.60	10.7	6.60	4.22	3.24	2.59
	13:00	20061	8024	857.85	537.46	399.12	260.70	207.79	10.7	6.70	4.97	3.25	2.59
	15:00	17814	7125	738.31	465.64	293.04	221.64	177.21	10.4	6.54	4.11	3.11	2.43
21 DEC	9:00	6457	2582	251.25	169.68	114.43	82.53	64.00	9.73	6.57	4.43	3.20	2.48
	11:00	12734	5093	579.21	359.47	232.15	177.98	139.90	11.4	7.06	4.56	3.49	2.75
	13:00	16422	6568	657.51	413.25	251.80	198.90	157.20	10.0	6.29	4.00	3.03	2.39
	15:00	13667	5466	593.72	372.93	239.07	180.87	142.86	10.9	6.82	4.37	3.31	2.62

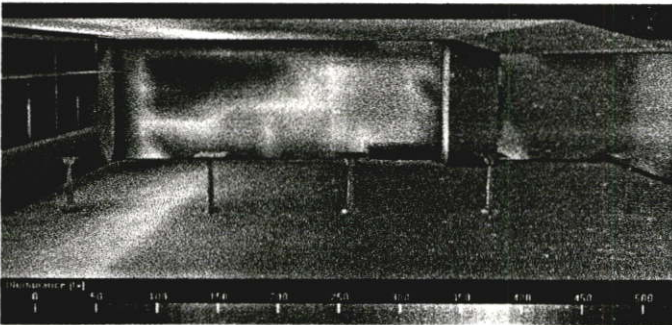
## เดือน มีนาคม

9:00



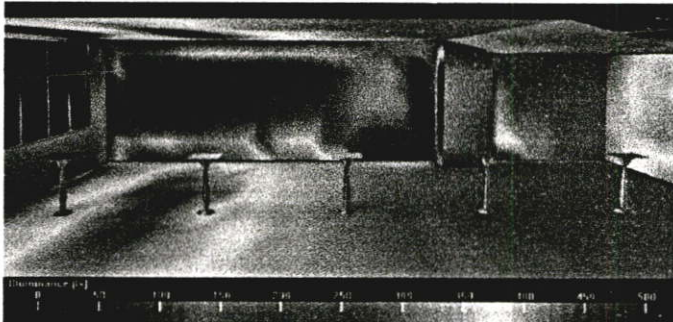
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 8323 ลักซ์

11:00



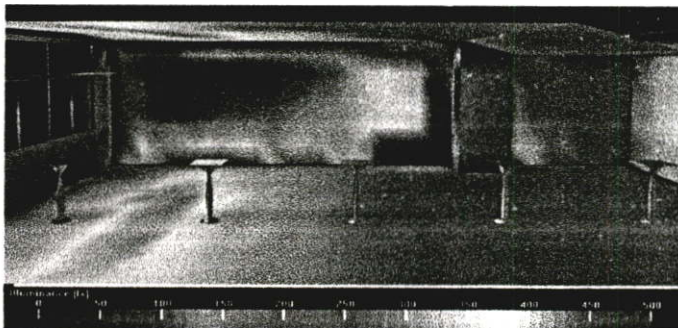
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 16244 ลักซ์

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 19619 ลักซ์

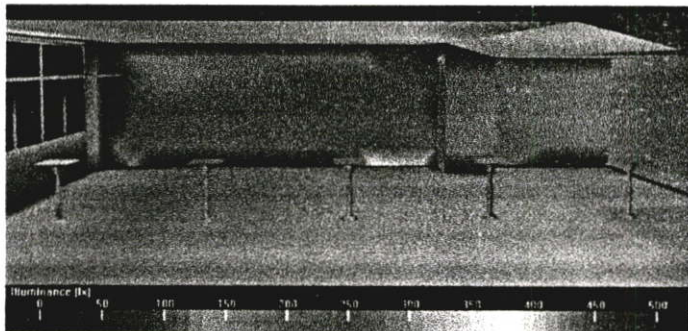
15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 18255 ลักซ์

รูปที่ 5.33 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรับปรุงรูปแบบที่ 3 เดือนมีนาคม

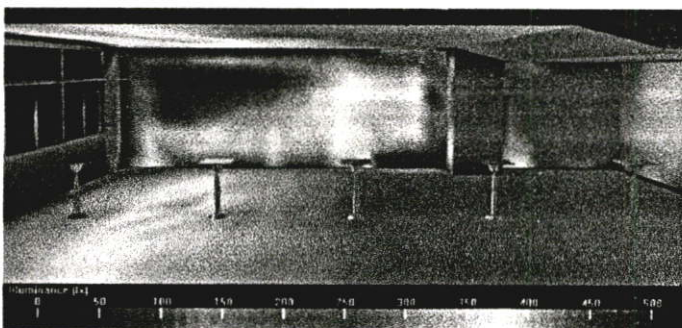
9:00



เดือน มิถุนายน

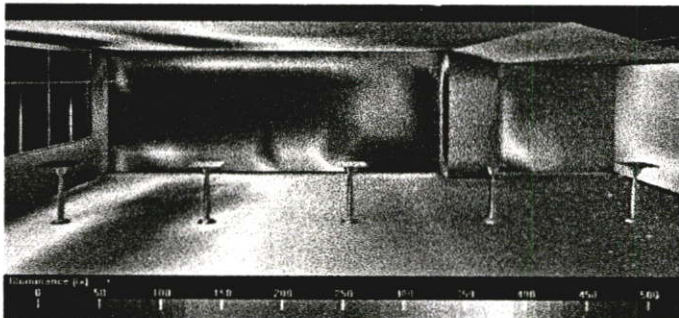
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 10078 ลักซ์

11:00



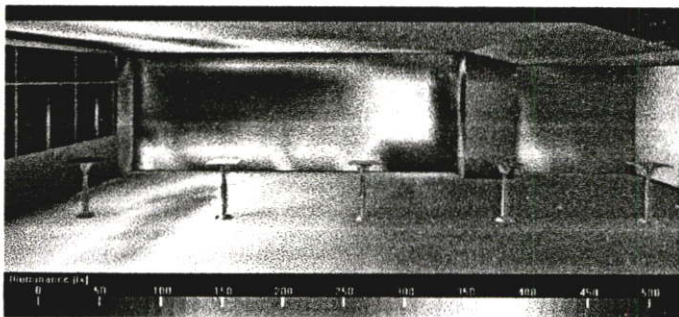
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 17188 ลักซ์

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 20027 ลักซ์

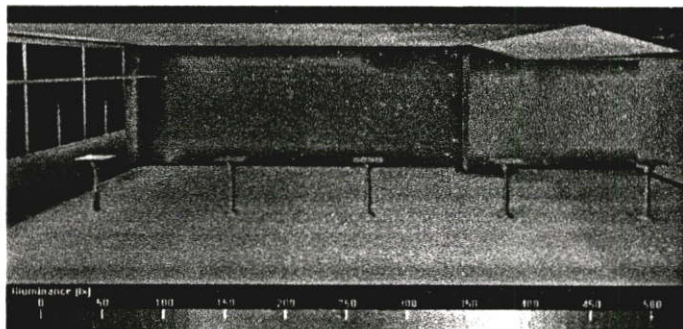
15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 18561 ลักซ์

รูปที่ 5.34 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 3 เดือนมิถุนายน

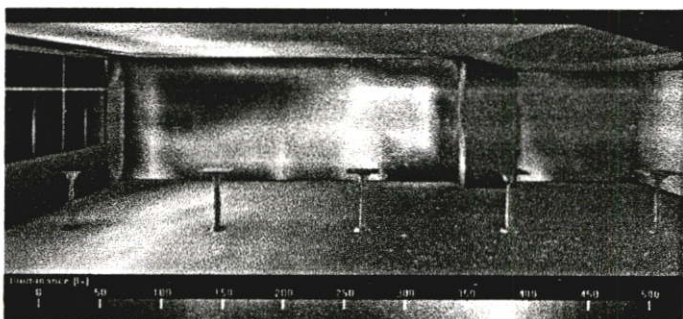
9:00



เดือน กันยายน

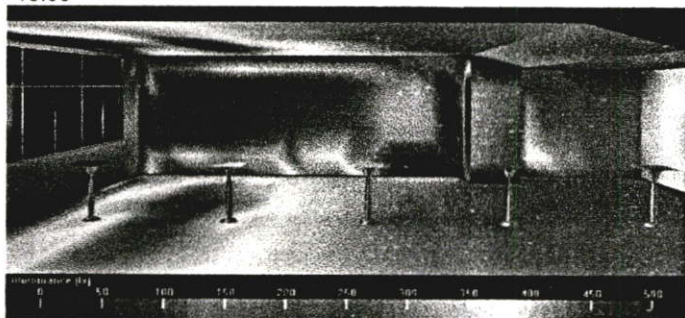
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 9190 ลักซ์

11:00



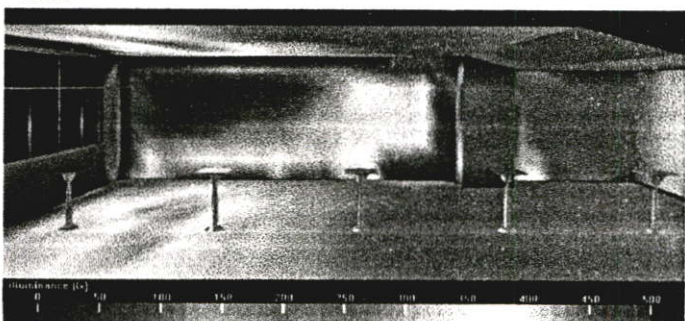
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 16996 ลักซ์

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 19773 ลักซ์

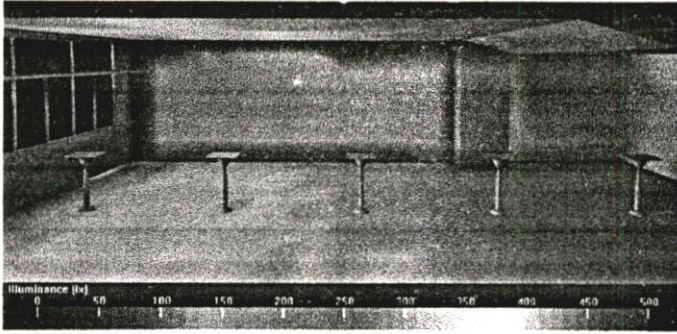
15:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 17792 ลักซ์

รูปที่ 5.35 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 3 เดือนกันยายน

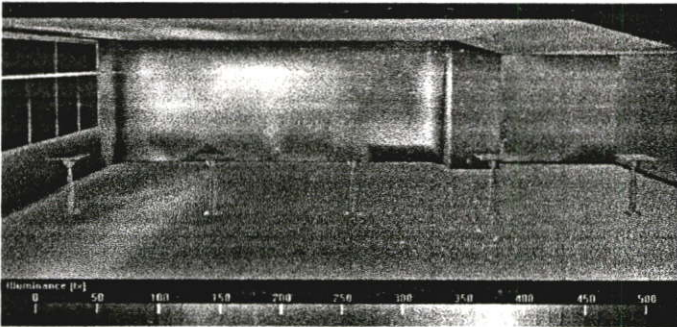
9:00



เดือน ธันวาคม

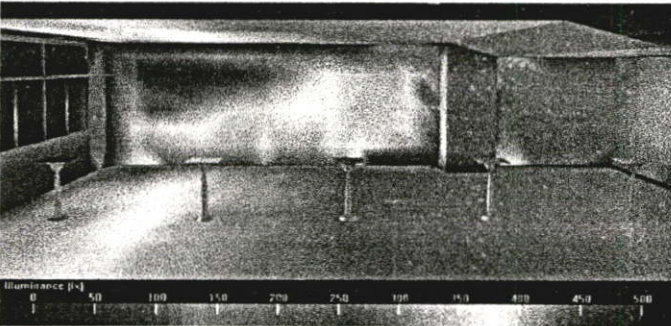
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 6452 ลักซ์

11:00



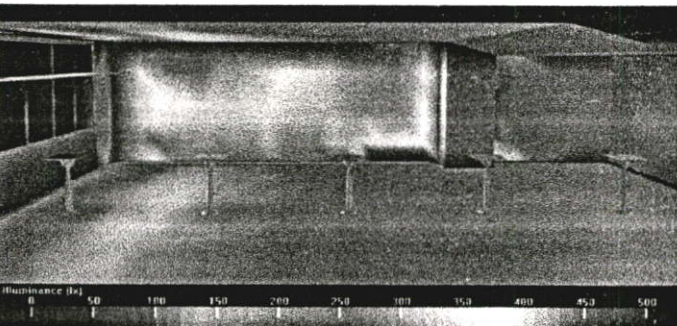
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 13448 ลักซ์

13:00



ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 16403 ลักซ์

15:00



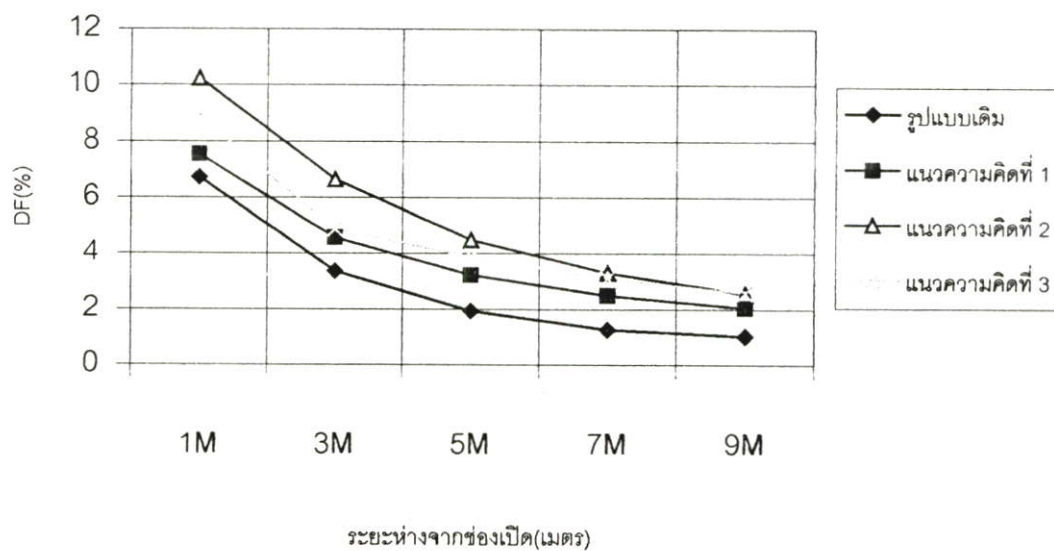
ความสว่างของแสงภายนอกเท่ากับ 14505 ลักซ์

รูปที่ 5.36 แสดงค่าความสว่างภายในอาคาร ของการปรับปรุงรูปแบบที่ 3 เดือนธันวาคม

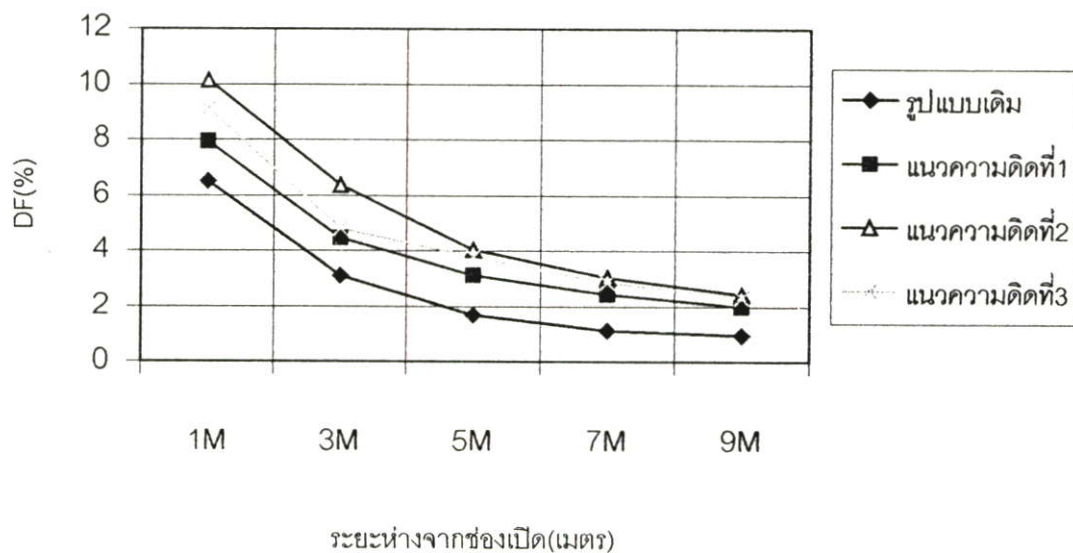
ตารางที่ 5.3 แสดงค่าของปริมาณแสงที่เกิดขึ้นภายนอกและภายในอาคารจากการทดสอบในช่วง  
ระยะเวลาต่างๆการปรับปรุงอาคารแนวทางที่ 3

DAY	TIME	EXTERIOR ILLUMINANCE		INTERIOR ILLUMINANCE					DAYLIGHT FACTOR (%)				
		(lux)		(lux)									
		VERTICAL	HORIZONTAL	1M	3M	5M	7M	9M	1M	3M	5M	7M	9M
21 MAR	9:00	8323	3329	296.44	162.57	130.97	104.04	86.26	8.90	4.88	3.95	3.12	2.59
	11:00	15244	6497	593.05	132.21	245.63	187.62	149.98	9.13	4.81	3.75	2.88	2.31
	13:00	19619	7347	695.38	361.16	291.10	217.52	175.45	8.86	4.60	3.71	2.24	2.24
	15:00	18255	7302	633.48	333.57	266.62	201.60	161.87	8.68	4.57	3.65	2.76	2.22
21 JUN	9:00	10078	4031	350.00	189.10	151.90	118.85	98.68	8.68	4.69	3.77	2.95	2.45
	11:00	17188	6875	615.05	326.48	259.16	197.75	158.51	8.95	4.75	3.77	2.88	2.30
	13:00	20027	8010	726.29	368.30	297.28	221.04	178.81	9.07	4.60	3.71	2.76	2.23
	15:00	18561	7424	646.85	342.59	271.84	207.53	167.47	8.71	4.61	3.66	2.80	2.26
21 SEP	9:00	9190	3676	339.86	183.18	146.44	114.87	95.73	10.9	4.93	3.98	3.12	2.60
	11:00	16996	6798	595.61	307.80	246.75	188.50	152.11	8.76	4.53	3.63	2.77	2.24
	13:00	19773	7909	741.08	377.49	300.66	224.81	181.77	9.37	4.77	3.80	2.30	2.30
	15:00	17792	7116	673.14	350.75	279.41	212.46	171.12	9.46	4.93	3.93	3.00	2.40
21 DEC	9:00	6452	2580	221.65	124.06	98.64	79.49	65.73	8.59	4.81	3.82	3.08	2.55
	11:00	13448	5379	507.14	263.19	208.80	160.33	132.20	9.43	4.89	3.88	2.98	2.46
	13:00	16403	6561	616.26	323.72	255.44	194.55	157.10	9.39	4.93	3.89	2.97	2.39
	15:00	14505	5802	500.05	266.29	212.84	162.64	133.83	8.63	4.59	3.67	2.80	2.31

เดือน มีนาคม 9:00

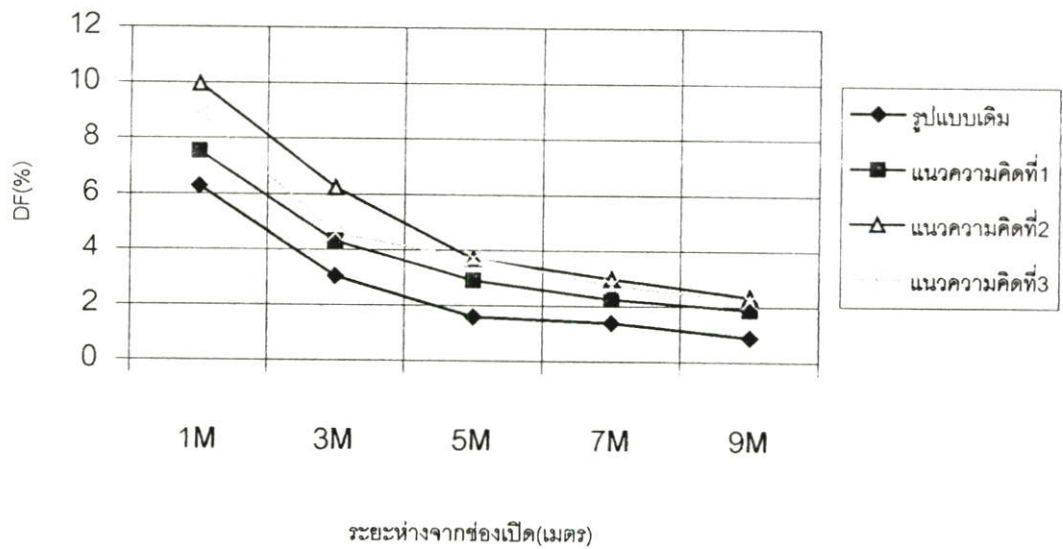


เดือน มีนาคม 11:00

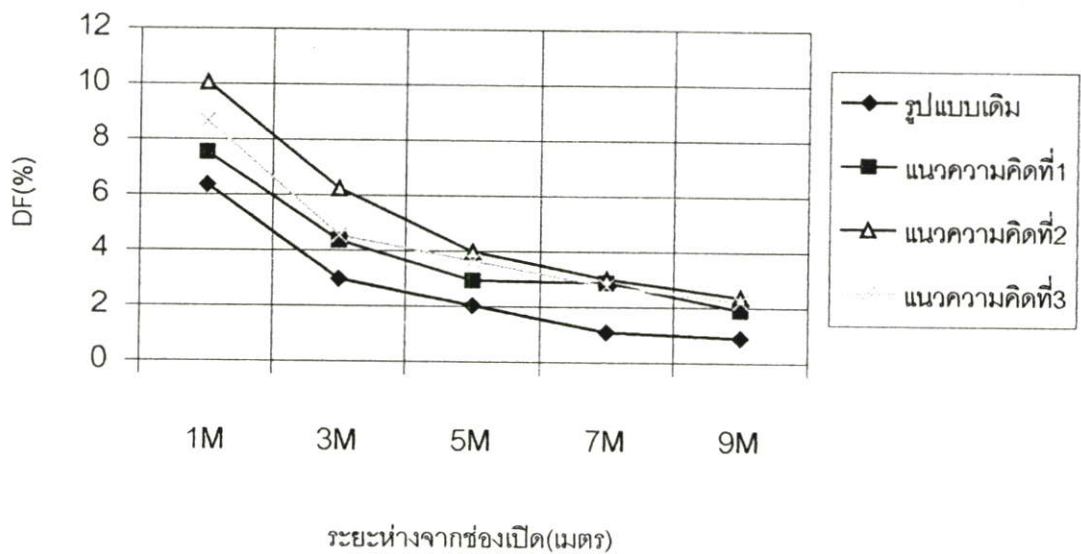


รูปที่ 5.37 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF เฉลี่ยของอาคาร ตามประเภทของรูปแบบการปรับปรุงอาคาร

เดือน มีนาคม 13:00

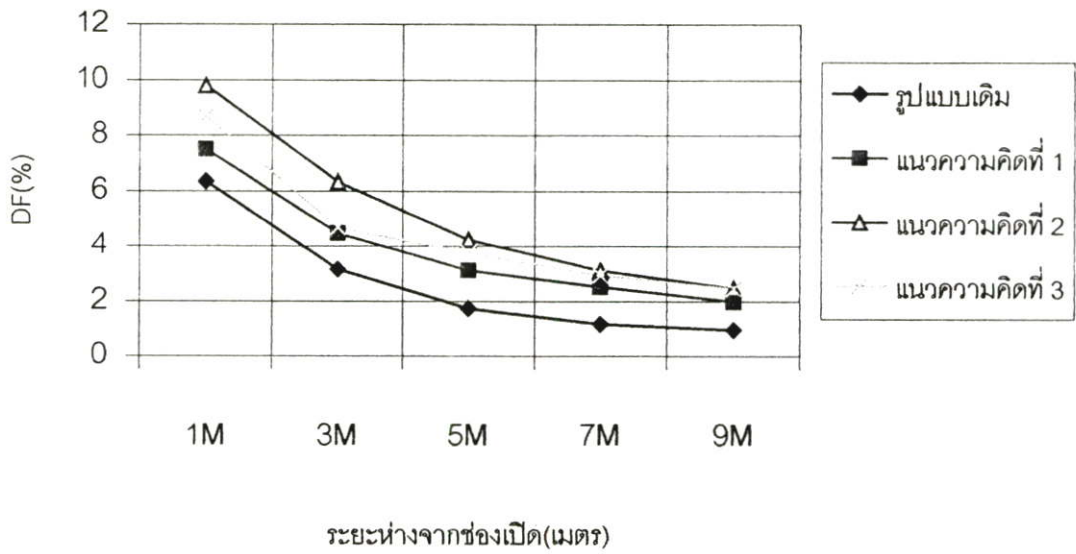


เดือน มีนาคม 15:00

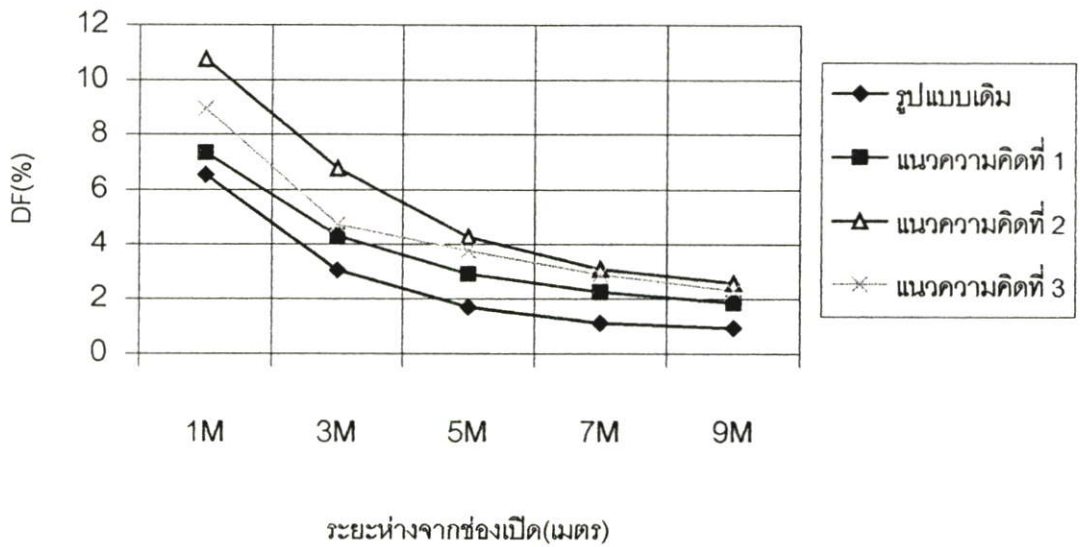


รูปที่ 5.37 (ต่อ)

## เดือน มิถุนายน 9:00

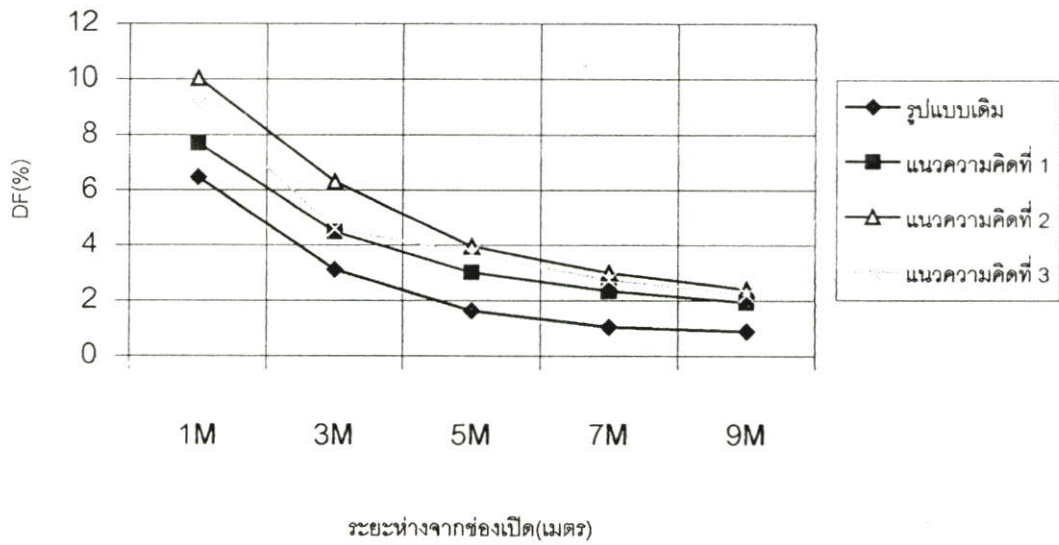


## เดือน มิถุนายน 11:00

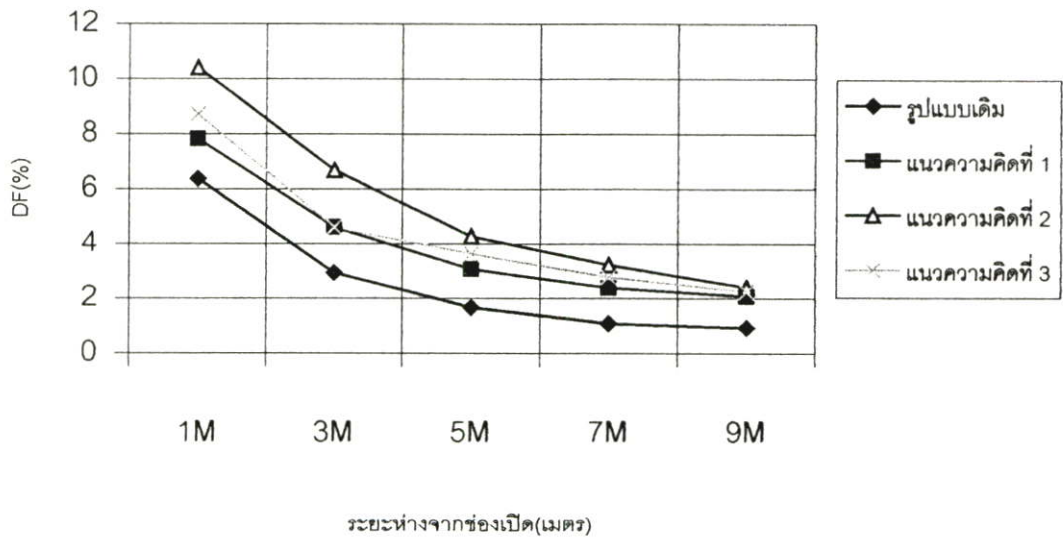


รูปที่ 5.37 (ต่อ)

## เดือน มิถุนายน 13:00

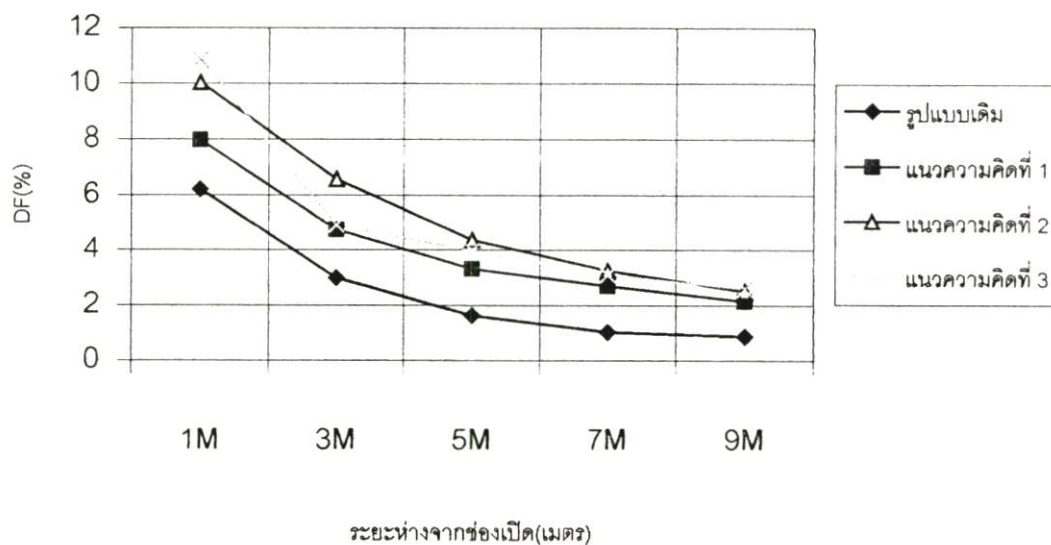


## เดือน มิถุนายน 15:00

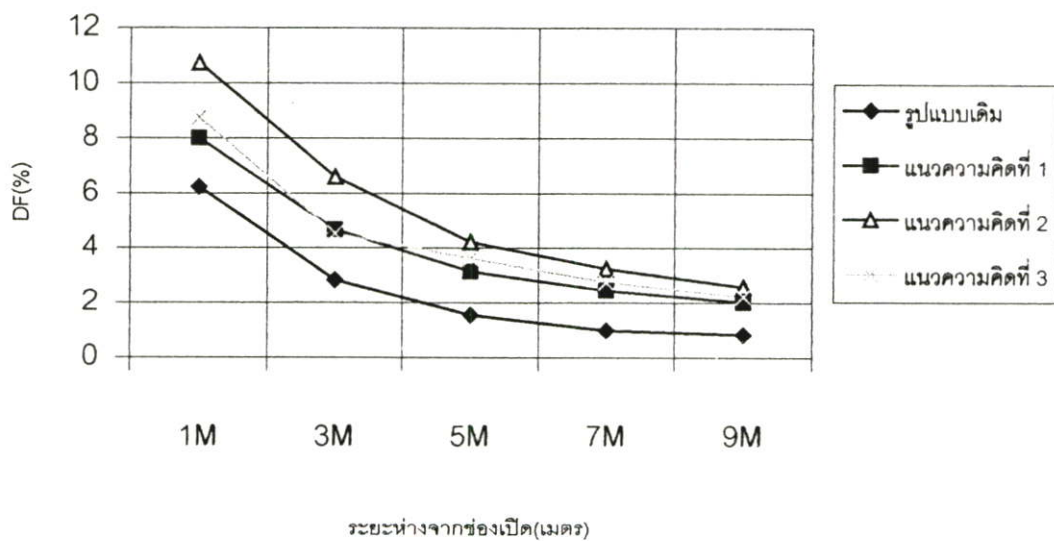


รูปที่ 5.37 (ต่อ)

## เดือน กันยายน 9:00

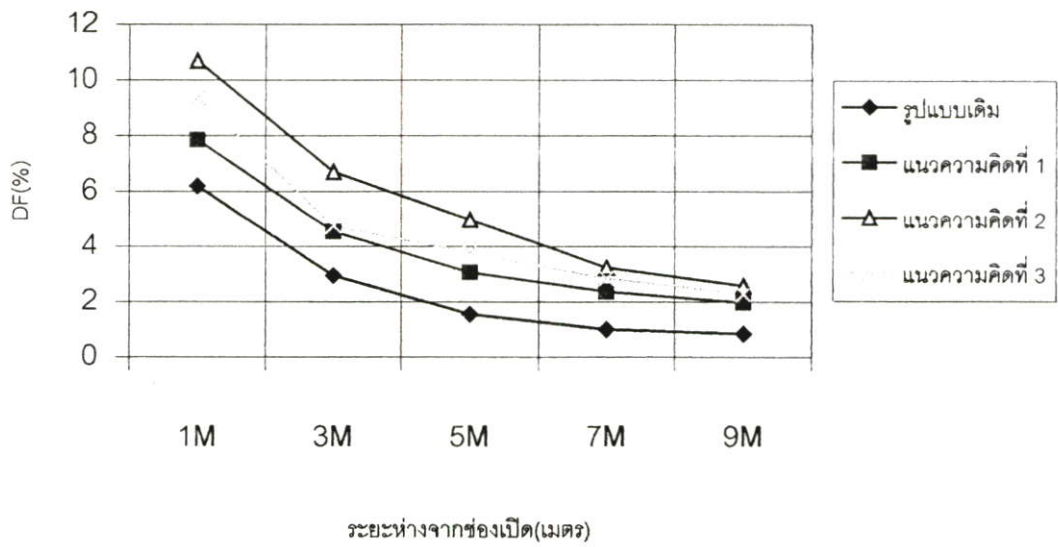


## เดือน กันยายน 11:00

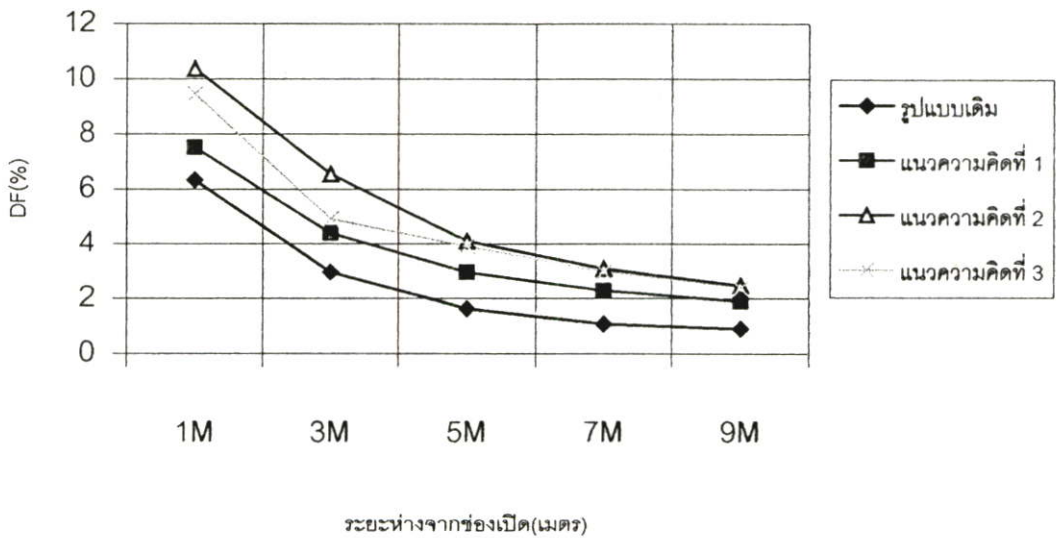


รูปที่ 5.37 (ต่อ)

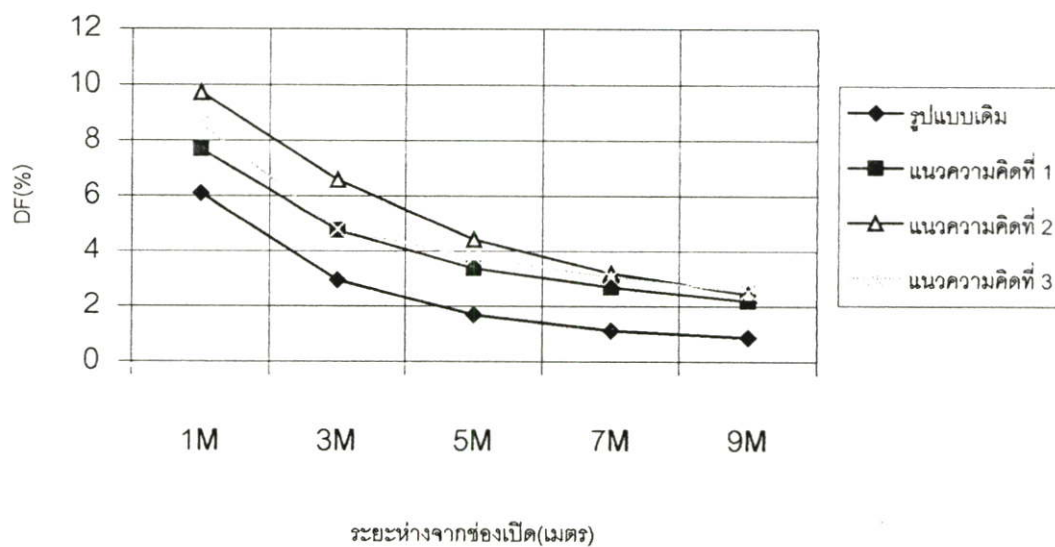
## เดือน กันยายน 13:00



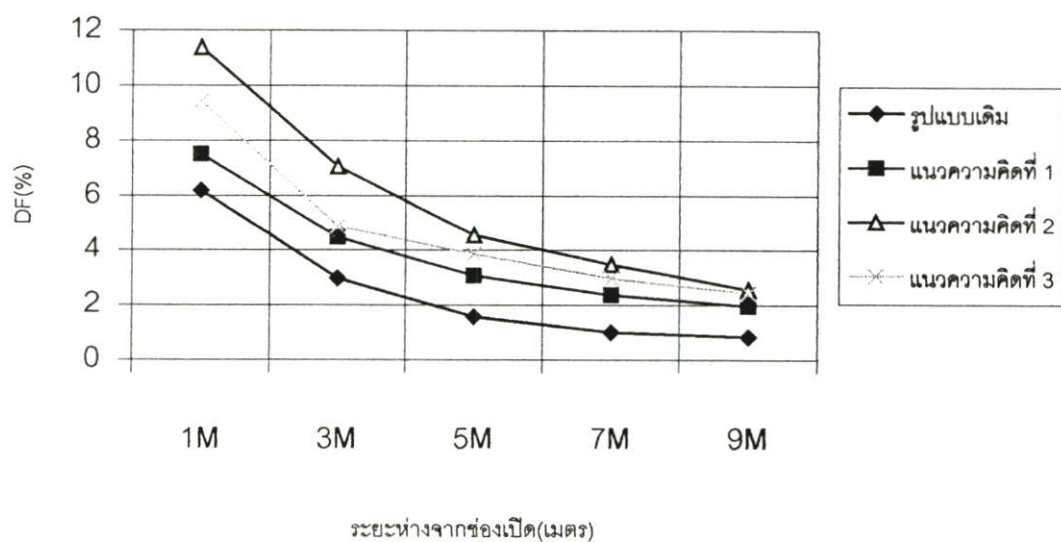
## เดือน กันยายน 15:00



เดือน ธันวาคม 9:00

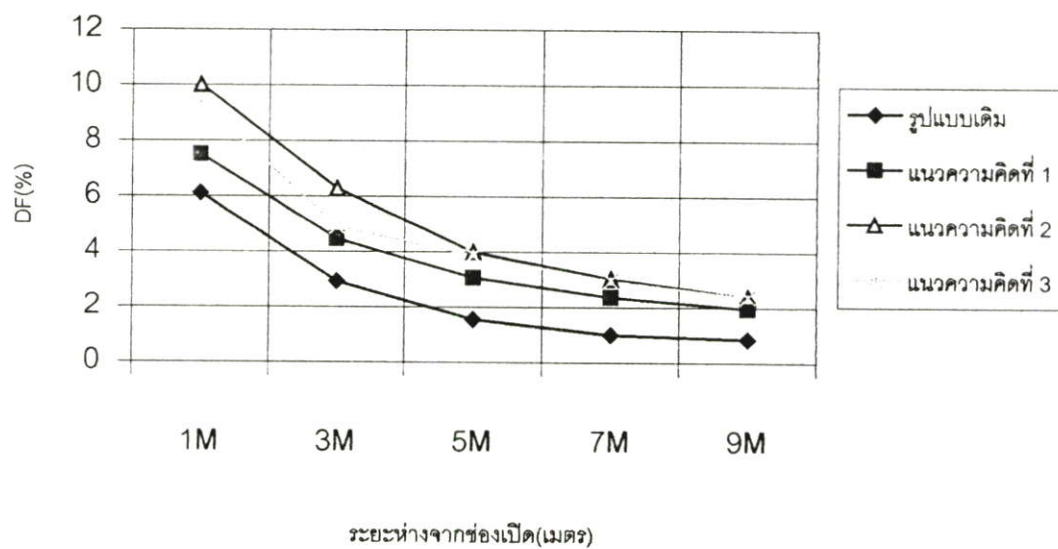


เดือน ธันวาคม 11:00

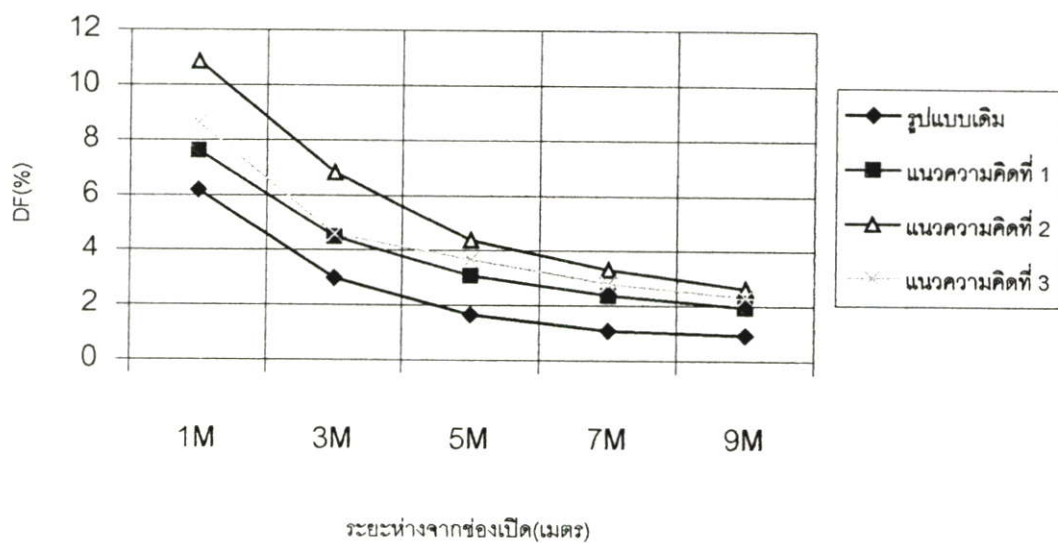


รูปที่ 5.37 (ต่อ)

## เดือน ธันวาคม 13:00



## เดือน ธันวาคม 15:00



รูปที่ 5.37 (ต่อ)

## 5.5 สรุปผลการประเมินผลความสว่างภายในอาคารที่ถูกปรับปรุง

จากการประเมินผลปริมาณความสว่างภายในอาคารของแต่ละแนวทางการปรับปรุง ปรากฏว่า การปรับปรุงอาคารแนวทางการที่ 2 มีแสงธรรมชาติที่เหมาะสมต่อการใช้งานในระยะ 7.00 เมตรจากช่องทางต่าง ทำให้พื้นที่ที่ใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีประสิทธิภาพในแง่ของการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารได้สูงที่สุด ในส่วนของการปรับปรุงอาคารแนวทางการที่ 3 มีการเพิ่มอุปกรณ์สะท้อนแสงด้านในอาคาร แต่มีผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างจาก การปรับปรุงแนวทางการที่ 2 มากนัก ในส่วนของการปรับปรุงแนวทางการที่ 1 แสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารได้ระยะประมาณ 4-5 เมตรจากช่องเปิด

จากการวิเคราะห์ถึงศักยภาพของการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารแล้ว การปรับปรุงอาคารแนวทางการที่ 2 มีประสิทธิภาพสูงสุด

สำหรับในการประเมินผลนั้น เป็นการจำลองสภาพท้องฟ้าเสมือนของกรุงเทพฯ ซึ่งทำให้ผลลัพธ์ที่ได้อาจคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงความเป็นจริงของสภาพท้องฟ้าในกรุงเทพฯ ต้องทำนำผลลัพธ์ไปเทียบค่ากับค่าความสว่างของท้องฟ้าจริง

ตารางที่ 5.4 ค่าความถี่แสงระดับความสว่างแนวระนาบ จากการกระจายรังสี กรุงเทพฯ (ที่มา; Surapong Chirattananon, *Practical Daylighting in Thailand*, AIT.)

Illumination Level (lux)	Frequency (hour)	Relative Frequency
5,000	25	0.0083
10,000	176	0.0582
15,000	473	0.1513
20,000	524	0.1743
25,000	440	0.1496
30,000	383	0.1274
35,000	298	0.0991
40,000	236	0.0789
45,000	181	0.0620
50,000	126	0.0419
55,000	75	0.0245
60,000	39	0.0129
65,000	19	0.0063
70,000	2	0.0006

จากตารางที่ 5.4 แสดงให้เห็นถึงระดับความสว่างของท้องฟ้าในกรุงเทพฯ ในช่วงระยะเวลา 1 ปี โดยพิจารณาระดับความสว่างในแนวระนาบเป็นความถี่จำนวนชั่วโมง ดังนั้นในการนำระดับความสว่างจากการประเมินผลซึ่งแสดงผลเป็นค่า DF นำมาเทียบค่าหาปริมาณความสว่างภายในอาคารอันเนื่องมาจากแสงสว่างจากการวัดค่าท้องฟ้าที่แท้จริงของกรุงเทพฯ เพื่อพิจารณาค่าความสว่างที่ระยะ 7 เมตร ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการประเมินผลว่าเป็นระยะความสว่างจากแสงธรรมชาติที่เหมาะสมแก่การใช้งานภายในอาคาร ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ว่าความสว่างภายในอาคารสำนักงานต้องมีความสว่างบนพื้นที่ทำงานไม่ต่ำกว่า 300 ลักซ์ โดยสรุปได้ดังนี้

จากการประเมินผล แนวทางการปรับปรุงอาคารแนวทางที่ 2 สรุปค่า DF เฉลี่ยได้ดังนี้

ค่าเฉลี่ย DF ที่เวลา 9:00น.	ระยะ 1 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	9.93 %
	ระยะ 3 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	5.53 %
	ระยะ 5 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	4.38 %
	ระยะ 7 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	3.22 %
	ระยะ 9 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	2.50 %
ค่าเฉลี่ย DF ที่เวลา 11:00น.	ระยะ 1 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	10.75 %
	ระยะ 3 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	6.70 %
	ระยะ 5 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	4.27 %
	ระยะ 7 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	3.22 %
	ระยะ 9 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	2.90 %
ค่าเฉลี่ย DF ที่เวลา 13:00น.	ระยะ 1 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	10.16 %
	ระยะ 3 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	6.57 %
	ระยะ 5 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	4.22 %
	ระยะ 7 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	3.07 %
	ระยะ 9 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	2.44 %
ค่าเฉลี่ย DF ที่เวลา 15:00น.	ระยะ 1 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	10.04 %
	ระยะ 3 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	6.57 %
	ระยะ 5 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	4.18 %
	ระยะ 7 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	3.17 %
	ระยะ 9 เมตร	ค่า DF เท่ากับ	2.56 %

การพิจารณาความสว่างภายในอาคารจากความสว่างของท้องฟ้าในกรุงเทพฯ เมื่อพิจารณาจากค่า DF ซึ่งหาค่าได้จาก

$$DF = (\text{ความสว่างภายในอาคาร/ความสว่างภายนอกอาคาร}) \times 100$$

จากการเทียบค่าความสว่างของท้องฟ้าที่ 5,000 ลักซ์

ในระยะ 7 เมตร เวลา 9:00น. มีค่าความสว่าง	161 ลักซ์
เวลา 11:00น. มีค่าความสว่าง	161 ลักซ์
เวลา 13:00น. มีค่าความสว่าง	153.5 ลักซ์
เวลา 15:00น. มีค่าความสว่าง	158 ลักซ์

จากการเทียบค่าความสว่างของท้องฟ้าที่ 10,000 ลักซ์

ในระยะ 7 เมตร เวลา 11:00น. มีค่าความสว่าง	322 ลักซ์
เวลา 11:00น. มีค่าความสว่าง	322 ลักซ์
เวลา 13:00น. มีค่าความสว่าง	307 ลักซ์
เวลา 15:00น. มีค่าความสว่าง	317 ลักซ์

จากการพิจารณาระดับความสว่างต่ำสุด สรุปได้ว่าในกรณีที่แสงธรรมชาติภายนอกมีค่าความสว่างในแนวระนาบมีค่าสูงกว่า 10,000 ลักซ์ ปริมาณความสว่างภายในอาคารที่ระยะ 7 เมตร มีระดับความสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งานภายในอาคารตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ แต่สำหรับความสว่างของท้องฟ้าที่ระดับ 5,000 ลักซ์ มีระดับความสว่างไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ซึ่งในช่วงเวลา 1 ปี ความสว่างของท้องฟ้าที่ 5,000 ลักซ์ มีความถี่ 25 ชั่วโมง จากความถี่รวม 2,997 ชั่วโมงต่อปี ซึ่งคิดเป็นปริมาณ 0.83 % ในช่วงระยะเวลา 1 ปี ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ในช่วงเวลา 1 ปี มีระดับความสว่างภายในอาคารที่ระยะ 7 เมตร ต่ำกว่ามาตรฐานการใช้งาน 25 ชั่วโมง หรือมีค่าคลาดเคลื่อน 0.83 %

## 5.6 ผลลัพธ์ที่มีต่อปริมาณพลังงานไฟฟ้าโดยรวมจากการนำแสงธรรมชาติมาใช้

จากการปรับปรุงอาคาร ทำให้สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้งานของแสงธรรมชาติคำนวณหาอัตราการลดลงของการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ เพื่อสรุปถึง การลดลงของการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และค่าใช้จ่ายที่ลดลงของค่าไฟฟ้าได้

### 5.6.1 การใช้งานแสงธรรมชาติทางด้านทิศเหนือ

จากการตรวจสอบ พบว่าอาคารทางด้านทิศเหนือมีอาคารข้างเคียงคืออาคารจอดรถสูงเทียบเท่าชั้น 4 ของอาคาร ดังนั้นพื้นที่สำนักงานที่ปรับปรุงอยู่ในช่วง ชั้นที่ 5-13 ของอาคาร รวม 11 ชั้น

จากการทดสอบการปรับปรุงอาคาร พบว่าแสงธรรมชาติที่เพียงพออยู่ในระยะ 7 เมตร

รวมพื้นที่ในส่วนของการใช้แสงธรรมชาติทั้งหมด  $7 \times 16 \times 9 = 1,008$  ตารางเมตร

ในช่วงเวลา 1 วัน การใช้พลังงานสำหรับแสงสว่าง	10 ชั่วโมง
ในช่วง 1 ปี การใช้พลังงานสำหรับแสงสว่างทั้งสิ้น	2,500 ชั่วโมง
ปริมาณพลังงานแสงสว่าง ของอาคารสำนักงานถูกกำหนดไว้ให้มีปริมาณ	16 w/m <sup>2</sup>
จำนวนพลังงานที่ใช้	$(1,008 \times 16) / 1,000$ 16.13 Kw

### 5.6.2 การใช้งานแสงธรรมชาติทางด้านทิศใต้

จากการตรวจสอบพบว่าอาคารทางด้านนี้มีอาคารข้างเคียงคืออาคารสำนักงานเก่าสูงเทียบเท่าชั้น 8 ของอาคาร ดังนั้นพื้นที่สำนักงานที่ปรับปรุงอยู่ในช่วง ชั้นที่ 8-13 ของอาคารรวม 6 ชั้น จากการทดสอบการปรับปรุงอาคาร พบว่าแสงธรรมชาติที่เพียงพออยู่ในระยะ 7 เมตร รวมพื้นที่ในส่วน ของการใช้แสงธรรมชาติทั้งหมด  $7 \times 24 \times 6 = 1,008$  ตร.ม.

ในช่วงเวลา 1 วัน การใช้พลังงานสำหรับแสงสว่าง	10 ชั่วโมง
ในช่วง 1 ปี การใช้พลังงานสำหรับแสงสว่างทั้งสิ้น	2500 ชั่วโมง
ปริมาณพลังงานแสงสว่าง ของอาคารสำนักงานถูกกำหนดไว้ให้มีปริมาณ	16 w/m <sup>2</sup>
จำนวนพลังงานที่ใช้	$(1,008 \times 16) / 1,000$ 16.13 Kw

### 5.6.3 การหาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง

จากการศึกษาการติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารสรุปได้ว่า

อาคารกรณีศึกษาใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างทั้งหมด	149.221 kW
โดยที่ อาคารทั้งหมดใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างทั้งหมด	234.999 kW
ปริมาณของการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารกรณีศึกษา คิดเป็น	63.5% ของอาคารทั้งหมด

พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารทั้งหมด	323,123.63 kWh/ปี
พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างทั้งหมดของอาคารกรณีศึกษา	$(63.5 \times 323,123.63) / 100$
มีค่า	205,183.50 kWh/ปี
รวมการใช้ค่าไฟฟ้าทั้งหมดของทุกอาคาร	128,9466 kWh/ปี
มูลค่ารวมของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในช่วง 1 ปี	290,3929.75 บาท
มูลค่าการใช้งานในส่วนของไฟฟ้าแสงสว่างทั้งหมดทุกอาคาร	$(323,123.63 \times 100) / 1,289,466$
มีค่าเป็น	25% ของพลังงานทั้งหมด
ค่าไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างทั้งหมดของทุกอาคาร	725,982.50 บาท
ปี	
มูลค่าการใช้งานในส่วนของไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารกรณีศึกษา	$(205,183.5 \times 100) / 1,289,466$
มีค่าเป็น	15.9% ของพลังงานทั้งหมด
ค่าไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างทั้งหมดอาคารกรณีศึกษา	435,589.50 บาท/ปี

การคำนวณหาปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากการใช้แสงธรรมชาติ

รวมการใช้ปริมาณของพลังงานทั้งหมดของทิศเหนือและทิศใต้  $16.13 + 16.13 = 32.26 \text{ Kw}$

คิดเป็นอัตราการใช้พลังงานเป็น  $(32.26/149.221)100 = 21.62\%$  ของอาคารกรณีศึกษา

พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างทั้งหมดของอาคารกรณีศึกษา  $205,183.50 \text{ kWh/ปี}$

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง  $44,360.67 \text{ kWh/ปี}$

มูลค่าการใช้งานในส่วนของไฟฟ้าแสงสว่างที่ลดลง  $(44,360.67 \times 100) / 1,289,466$

มีค่าเป็น  $3.44\%$  ของพลังงานทั้งหมด

ค่าไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าแสงสว่างทั้งหมดของอาคารกรณีศึกษาลดลง  $100,000 \text{ บาท/ปี}$

## บทที่ 6

# บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การใช้แสงธรรมชาติสำหรับอาคารสำนักงาน จากการศึกษาพบว่าแสงธรรมชาติสามารถนำมาใช้เป็นปริมาณความสว่างภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่ไม่ต้องเสียค่าไฟฟ้าสำหรับพลังงานแสงสว่าง และเป็นพลังงานที่สามารถนำมาใช้โดยไม่สิ้นเปลืองทรัพยากรของโลก แสงธรรมชาติมีคุณสมบัติที่ให้พลังงานคลื่นแสง (Spectral Energy) ครบทุกช่วงคลื่นกล่าวคือวัตถุใดๆที่อยู่ภายใต้แสงธรรมชาติสีของวัตถุนั้นจะได้สีที่ไม่ผิดเพี้ยนจากความเป็นจริง เมื่อพิจารณาในแง่ประสิทธิภาพของความสว่าง (Luminous Efficacy) พบว่าแสงธรรมชาติมีค่าสูงถึง 110-115 ลูเมนต่อวัตต์ ซึ่งมีค่าที่สูงมากเมื่อเทียบกับหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ซึ่งมีค่าประมาณ 60-70 ลูเมนต่อวัตต์เท่านั้น เป้าหมายหลักของการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร คือนำแสงธรรมชาติที่เหมาะสมต่อการใช้งานตามมาตรฐานความสว่างของอาคารสำนักงาน เข้ามาใช้ภายในอาคารให้ได้พื้นที่มากที่สุด เพื่อลดปริมาณการใช้แสงประดิษฐ์ของอาคาร ซึ่งช่วยในการประหยัดพลังงานโดยรวมของอาคาร แต่ในการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร ต้องระวังถึงความร้อนที่แผงตัวเข้ามาจากแสงตรงของดวงอาทิตย์ เนื่องจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์เมื่อผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคาร ก่อให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคารทำให้สิ้นเปลืองการใช้พลังงานของอาคาร และในอีกปัจจัยหนึ่งคือ ต้องควบคุมปริมาณและคุณภาพของแสงธรรมชาติภายในอาคารให้เหมาะสมต่อผู้ใช้อาคาร ดังนั้นการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารจึงเป็นสิ่งที่ต้องศึกษาและวิเคราะห์ถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติ เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมต่อการออกแบบอาคารที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานภายในอาคารได้

จากการวิเคราะห์ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติ สามารถนำมาสรุปเพื่อหาถึงแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงาน ที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมี การสรุปแนวทางการออกแบบอาคารดังนี้

### 1) การพิจารณาสภาพแวดล้อมของอาคาร

ลักษณะสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการออกแบบอาคาร เพื่อนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานนั้น ควรมีลักษณะเป็นพื้นที่โล่งไม่มีอาคารหรือวัตถุใดๆอยู่ในตำแหน่งแนวระยะของช่องเปิดของอาคาร เนื่องจากการบังจากอาคารข้างเคียงมีผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่อาคาร ทำให้ความสว่างอันเนื่องมาจากแสงธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการใช้งานภายในอาคาร

### 2) การพิจารณารูปแบบทางสถาปัตยกรรม

ลักษณะรูปทรงของอาคารที่เหมาะสมต่อการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร ควรมีรูปทรงด้านทิศเหนือและทิศใต้ของอาคารมีระยะกว้างเพื่อสามารถเปิดรับแสงธรรมชาติได้อย่างเต็มที่ แต่

ต้องมีการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์เพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร ลักษณะภายในอาคาร ควรเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติการสะท้อนแสงตามความเหมาะสมต่อการใช้งาน ดังนี้

- ฝ้าเพดาน ควรใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติการสะท้อนแสงอยู่ในช่วง 0.75-0.85
- ผนังอาคาร ควรใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติการสะท้อนแสงอยู่ในช่วง 0.50-0.60
- พื้นอาคาร ควรใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติการสะท้อนแสงอยู่ในช่วง 0.20-0.40

### 3) การพิจารณาพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

ในการจัดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารนั้น ต้องมีความสัมพันธ์กันระหว่างรูปแบบพื้นที่จากกิจกรรมการใช้งานภายในอาคารกับพื้นที่การใช้งานตามลักษณะความสว่างของแสง ซึ่งในส่วนของพื้นที่ทำงานของสำนักงานควรใช้เป็นพื้นที่การใช้งานแสงธรรมชาติมากที่สุด เพื่อลดพื้นที่การใช้งานของแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร

### 4) แนวทางการออกแบบช่องเปิด

ช่องเปิดของอาคารจัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อการผ่านเข้ามาของแสงธรรมชาติ ลักษณะช่องเปิดที่มีขนาดใหญ่แสงธรรมชาติสามารถผ่านเข้ามาได้มาก แต่ทั้งนี้ยังช่องเปิดมีขนาดสูงมากการป้องกันแสงตรงที่เกิดจากดวงอาทิตย์ยิ่งทำได้ยาก ช่องเปิดที่เหมาะสมต่อคุณภาพของแสงภายในอาคารควรมีตำแหน่งกรอบล่างของช่องเปิดอยู่เหนือระดับพื้นที่ใช้งาน เนื่องจากช่องเปิดที่มีระดับต่ำมาก ก่อให้เกิดความจ้าจากพื้นของอาคารที่เกิดจากปริมาณแสงที่เข้ามาในระดับต่ำตกกระทบพื้นโดยตรงและก่อให้เกิดความจ้ามากสะท้อนเข้าสู่ผู้ใช้อาคาร

### 5) การเลือกใช้กระจก

สำหรับกระจกที่เหมาะสมต่อการออกแบบอาคารเพื่อนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารนั้น ควรเป็นกระจกใสธรรมดา เนื่องจากมีการส่องผ่านของแสงได้ดีกว่ากระจกประเภทอื่นๆ แต่ต้องมีการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ผ่านกระจกเข้าสู่อาคาร

### 6) การออกแบบอุปกรณ์บังแดด

จากการวิเคราะห์การใช้งานของอุปกรณ์บังแดด พบว่าอุปกรณ์บังแดดเป็นอุปกรณ์สำคัญที่บังแสงธรรมชาติผ่านเข้าสู่อาคาร ทำให้ปริมาณความสว่างโดยรวมของอาคารมีปริมาณต่ำ แต่ทั้งนี้แล้วอุปกรณ์บังแดดเป็นส่วนประกอบสำคัญของอาคารที่ขาดไม่ได้ เนื่องจากต้องป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้าสู่อาคาร

### 7) การเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร

การพิจารณาข้อปัญหาที่เกิดขึ้นต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคาร พบว่าอุปกรณ์บังแดดเป็นข้อปัญหาที่บังองค์ประกอบแสงจากภายนอกอาคาร ดังนั้นในการออกแบบอุปกรณ์บังแดดควรออกแบบให้นอกจากป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์แล้ว ยังช่วยในส่วนของการนำแสงเข้าสู่อาคาร เพื่อช่วยเพิ่มระดับความสว่างภายในอาคาร ดังนั้นควรออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้มีรูปแบบ

เหมือนกับหิ้งสะท้อนแสงเพื่อช่วยเพิ่มการกระจายแสงเข้าสู่อาคาร และเพิ่มในส่วนของอุปกรณ์สะท้อนแสงที่บริเวณกรอบล่างของช่องเปิด เพื่อช่วยสะท้อนแสงเข้าสู่อาคารเพื่อชดเชยการสะท้อนแสงจากพื้นผิวภายนอกของอาคาร

จากแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงาน ผู้ออกแบบสามารถนำไปใช้เป็นมาตรฐานในการออกแบบอาคาร โดยสามารถนำมาใช้ประยุกต์ใช้ในการออกแบบรูปลักษณะหรือหน้าตาของอาคารให้มีความสวยงามและยังสามารถนำแสงธรรมชาติเข้าไปใช้ภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในส่วนของขั้นตอนของการประยุกต์แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงาน โดยนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร เป็นการศึกษาและวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษาโดยนำเสนอ อาคารสำนักงานกรมการผังเมือง อาคาร 4 โดยนำบทสรุปแนวทางการออกแบบเข้ามาวิเคราะห์ เพื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพการใช้งานของแสงธรรมชาติภายในอาคาร ซึ่งสรุปได้ว่า แสงธรรมชาติที่เหมาะสมต่อการใช้งานภายในอาคารกรณีศึกษามีระยะเพียง 3.00 เมตรจากช่องเปิด ซึ่งมีปริมาณน้อยมากทำให้พื้นที่ส่วนทำงานของอาคารใช้แสงประดิษฐ์ทั้งหมด และสภาพแวดล้อมภายนอกของอาคารถูกบังจากอาคารข้างเคียงทางด้านทิศใต้และทิศเหนือ เมื่อทราบข้อปัญหาที่เกิดขึ้นจึงได้ทดลองออกแบบปรับปรุงอาคารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติภายในอาคาร โดยทำการปรับปรุงอาคารในส่วนของชั้นที่ 8-13 ด้านทิศใต้ของอาคาร และชั้น 5-13 ด้านทิศเหนือของอาคาร ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ถูกผลกระทบจากการบังของอาคารข้างเคียง โดยทำการปรับปรุงโดยพิจารณาจากแนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานโดยนำแสงธรรมชาติมาใช้งาน ซึ่งสรุปได้ว่าการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา ทำให้ได้ระยะของแสงธรรมชาติที่เหมาะสมต่อการใช้งานถึง 7.00 เมตร ซึ่งช่วยเพิ่มพื้นที่การใช้งานของแสงธรรมชาติภายในอาคาร ทำให้จำนวนการใช้แสงประดิษฐ์ลดน้อยลง ซึ่งจากการคำนวณการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร การปรับปรุงอาคารช่วยประหยัดค่าไฟฟ้า 100,000 บาทต่อปี

จากการทดลองปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาสามารถสรุปได้ว่า การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารเพื่อลดปริมาณการใช้แสงประดิษฐ์โดยรวมของอาคาร ถ้ามีการออกแบบการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสมแล้ว จะส่งผลต่อการประหยัดพลังงานโดยรวมของอาคารรวมถึงประเทศชาติได้เป็นอย่างดี

## บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2539. การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2538. คู่มืออนุรักษ์พลังงานในอาคาร. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. 2540. ข้อเสนอแนะการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ ทีซีซี พลันตั้ง จำกัด.
- พงษ์พัฒน์ มั่งคั่ง. มปป. วิธีการปรับปรุงอาคารเดิมให้มีผลในการอนุรักษ์พลังงาน. นนทบุรี. กองฝึกอบรมกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน.
- พรรณชลัท สุริโยธิน. มปป. พื้นฐานแสงสว่าง. กรุงเทพฯ : สมาคมสถาปนิกสยามฯ
- พิรวัสส์ เหล่าไพศาลศักดิ์. 2542. แสงเทียน. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .
- พิบูลย์ ดิษฐอุตม. 2540. การออกแบบระบบแสงสว่าง. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,สมาคมวิศวกรรรมแห่งประเทศไทย,สมาคมสถาปนิกสยาม. 2541. โครงการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยี การออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน.
- วิมลสิทธิ์ หรยางกูร. 2541. พฤติกรรมมนุษย์ กับ สภาพแวดล้อม. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ จุฬา ลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Chirarattamanon, Surapong and Chaiwiwatworakul, Pipat. 2001. Daylight Availability Models for Global and Diffuse Horizontal Illuminance and Irradiance and Models For Sky Luminance For Bangkok. Bangkok : AIT.
- Chirarattananon, Surapony. et. al. 2001. Daylighting and Artificial Lighting Intergration Bangkok : AIT.
- Chirarattamanon, Surapong and Chaiwiwatworakul, Pipat. 2001. Development of a Methodology and a Computer Program for Calculation of Daylight Illuminance Through Window. Bangkok : AIT
- Bdnjamin H, Evans. 1981. Daylight in Architecture. New York. AIA. Architectural Record Books.

- J.W.Griffith and John I.Yellot, **Energy and Building 1983 International Daylighting Conference**, New York 1983
- Surapong , C. n.d. **Daylighting in the Tropic I : Daylight Availability and Heat Gain into Building** Thailand : AIT.
- Surapong, C. 1988. **Daylighting in the TropicII: Daylighting Methodology**. Thailand : AIT.
- Ernst, Danz. 1967. **Architecture and the Sun**. London : Thames and Hudson.
- Simos, Yanas, Solar. 1994. **Energy and Hosing Design 1 Vol**. London : Architectual Association.
- William, M.C. Lam. 1986 **Sunlighting as Formgiver for Architecture**. New York : Van Nostrand Reinhold Company.
- Claude, L. Robbins. 1986. **Daylighting Design and Analysis**. New York : Van Nostrand Reinhold Company.
- David, M. Egan. 1983. **Concepts in Architectural Lighting**. USA : McGraw-Hill Book.
- Fuller, Moore. 1985. **Concepts and Practice of Architectural Daylighting**. New York : Van Nostrand Reinhold.
- Hopkinson, R.G. 1963. **Architectural Physics Lighting**. London : Her Majesty's Stationery office.
- Hopkinson, R.G. et. al. 1966 **Daylighting**. London : Heinemann.
- Turner. 1969. **Windows and Environment**. Pilkington Bros. n.p.
- Steven, V.Szokolay. 1996. **Solar Geometry**. the University of Queensland Printery. n.p.
- Francis, Duffy. et. al. 1976. **Planning office space**. London : the Architectural Press.
- John, E.Kaufman and Howard, Haynes. 1981. **IES Lighting Handbook Reference Volume**. New York. Illuminating Engineering Society of North America.
- John, E.Kaufman and Howard, Haynes. 1981. **IES Lighting Handbook Application Volume**. New York : Illuminating Engineering Society of North America.
- John, E.Flynn and Samuel, M.Mills. **Architectural Lighting Graphics**. New York : Reinhold Publishing Corporation. n.d.
- Thomas, Herzog. 1996. **Solar Energy in Architecture and Urban Planning**. New York : Prestel Verlag.

Fuller, Moore. 1985. **Environmental Control Systems Heating Cooling Lighting.** USA : McGraw-Hill.

G.Z.Brown. 1985. **Sun, Wind and Light Architectural Design Strategies.** USA : John Wiley&Sons.

Richard, L.Crowther. 1985. **SUN/EARTH Alternative Energy Design for Architecture.** NewYork : Van Nostrand Reinhold .

Peter, B.Brandit. 1992. **Office Design.** New York : An imprint of Watson-Guptill Publications.

Mooij, D. n.d. **Sun Shading Diagrams for School Buildings.** Bangkok : UNESCO Regional office for Education in ASIA.

Andris, Auliciems and Steven, V.Szokolay. 1997. **Thermal Comfort.** : The University of Queensland Printery. n.p.

ภาคผนวก ก.

**ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุและมาตรฐาน  
ความสว่างภายในอาคาร**

ตารางที่ ก-1 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติการสะท้อนแสงของวัสดุ

Material	Average Reflectivity
<b>Brick</b>	
Concrete	0.40
Red	0.15
Yellow Ochre	0.25
White	0.75
<b>Brick Mortar</b>	
<b>Concrete</b>	
Smooth	0.30
Double-formed	0.25
Rough	0.20
<b>Aluminum, unpainted</b>	0.85
<b>Chromium</b>	0.65
<b>Plaster ,white</b>	
Smooth	0.80
Rough	0.40
Stippled	0.40
<b>Marble</b>	
White	0.80
Colors	
	Munsell

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)

Material	Average Reflectivity
Copper	0.40
<b>Painted surface</b>	
Smooth	Munsell
Wood	Munsell
Metal	Munsell
Gravel	0.20
<b>Asphalt</b>	0.07
<b>Enterage</b>	
Grass	
Earth, soil	0.06
Vegetation	0.07
	0.25
<b>Snow</b>	
Old	
New	0.60
<b>Water</b>	0.80
Smooth Surface	
Rough Surface	0.70
	0.30

ตารางที่ ก-2 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณความสว่างภายในอาคารตามมาตรฐานของIES

Type of Activity	Illuminance Category	Lux	Footcandles	Reference Work Plane
Public spaces with dark surroundings	A	20-30-50	2-3-5	General lighting throughout spaces
Simple orientation for short temporary visits	B	50-75-200	5-7.5-10	
Working spaces where visual tasks are only occasionally performed	C	100-150-200	10-15-20	
Performance of visual tasks of high contrast or large size	D	200-350-500	20-30-50	Illuminance on task
Performance of visual tasks of medium contrast or average size	E	500-750-1000	50-75-100	
Performance of visual tasks of low contrast or very small size	F	1000-1500-2000	100-150-200	
Performance of visual tasks of low contrast and very small size over a prolonged period	G	2000-3000-5000	500-750-1000	Illuminance on task, obtained by a combination of general and local
Performance of very prolonged and exacting visual tasks	H	5000-7500-10000	500-750-1000	(supplementary lighting)
Performance of very special visual tasks of extremely low contrast and small size	I	10000-15000-20000	1000-1500-2000	

ตารางที่ ก-3 แสดงค่าการส่องผ่านแสงของกระจกชนิดต่างๆ

Material	Transmittance ( in Percent)
Polished plate window glass	80-90
Sheet drawn window glass	85-91
Heat-absorbing plate glass	70-80
Heat-absorbing drawn sheet glass	10-60
Neutral low-transmission glass	70-90
Configurated glass	80-85
Corrugated glass	60-80
Glass block	80-92
Clear plastic sheet	9-42
Neutral low-transmission plastic	80-90
Colorless patterned plastic	10-80
White translucent plastic	10-80
Glass fiber reinforced plastics	5-80

ตารางที่ ก-4 แสดงค่าการสะท้อนแสงของสีจากวัสดุ

สีและวัตถุ	$\rho$	สีและวัตถุ	$\rho$
ขาว	0.7-0.8	น้ำเงิน	0.1-0.15
ครีมอ่อน	0.7-0.8	แดงเข้ม	0.1-0.15
เหลืองอ่อน	0.55-0.65	เทาเข้ม	0.1-0.15
เขียวอ่อน	0.45-0.5	น้ำเงินเข้ม	0.05-0.1
ชมพู	0.45-0.5	ดำ	0.04
ฟ้าอ่อน	0.4-0.45	อิฐแดง	0.05-0.25
เทาอ่อน	0.4-0.45	คอนกรีต	0.15-0.4
เนื้ออ่อน	0.25-0.35	สีไอศกรีม	0.15-0.20
เหลืองเข้ม	0.25-0.35	ขาวอีนามเมล	0.65-0.75
น้ำตาลอ่อน	0.25-0.35	กระจกใส	0.06-0.08
เขียว	0.25-0.35	ไม้สีครีม	0.5-0.6
ส้ม	0.2-0.25	พลาสติกเตอร์	0.8
เขียวส้ม	0.1-0.15	วอลนัตเข้ม	0.15-0.20

ตารางที่ ก-5 ข้อมูลของหลอดไฟชนิดต่างๆ

TYPE	WATT	ANGLE	CD	KEKVIN	HOURS
LOW VOLT ALUMINUM REFLECTOR LUMP	6V35W	6	18,000	3,000	2,000
	6V35W	14	4,000	3,000	2,000
	20	6	7,000	3,000	2,000
	20	18	1,500	3,000	2,000
	20	32	750	3,000	2,000
	50	6	21,000	3,000	2,000
	50	10	13,000	3,000	2,000
	50	12.5	2,300	3,000	2,000
LOW VOLT DICROIC REFLECTOR HALOGEN LAMP	20	12	3,400	3,000	2,000
	20	24	1,200	3,000	2,000
	20	36	650	3,000	2,000
	35	12	7,400	3,000	3,000
	35	24	2,000	3,000	3,000
	35	36	1,200	3,000	3,000
	50	12	9,800	3,000	3,000
	50	24	3,100	3,000	3,000
50	36	1,800	3,000	3,000	
PAR36 6V	30	5	5,000	2,700	250
PAR 30 HALOGEN	75	10	15,000	2,900	2,000
	75	40	1,700	2,900	2,000
PAR 38 HALOGEN REFLECTION	75	12	5,400	2,900	2,500
	75	30	1,800	2,900	2,500
	100	12	9,300	2,900	2,500
	100	30	3,100	2,900	2,500
PAR 38 REFLECTOR	80	12	5,400	2,700	2,000
	80	30	1,800	2,700	2,000
	120	12	9,500	2,700	2,000
	120	30	3,100	2,700	2,000
PAR 38 REFLECTOR	80	12	5,400	2,700	2,000
	80	30	1,800	2,700	2,000
	120	12	9,500	2,700	2,000
	120	30	3,100	2,700	2,000
SPOT R50	25	25	300	2,700	1,000

## ตารางที่ ก-5 (ต่อ)

	40	25	530	2,700	1,000
SPOT R60	60	25	1,000	2,700	1,000
SPOR R80	40	25	640	2,700	1,000
	60	25	1,100	2,700	1,000
	75	25	1,600	2,700	1,000
	100	25	2,000	2,700	1,000
PAR56	300	12H8V	40,000	2,700	2,000
	300	40H16V	9,000	2,700	2,000
TYPE	WATT	LUMEN	KELVIN	CRI	HOURS
HIGH PRESSURE MERCURY	50	1,800	4,000	36	8,000
	80	3,700	4,000	36	8,000
	125	6,300	4,000	40	8,000
	50	2,000	3,000	50	8,000
	80	4,000	3,000	50	8,000
	125	6,500	3,000	55	8,000
GLS	40	385	2,700	100	1,000
	60	650	2,700	100	1,000
	75	860	2,700	100	1,000
	100	1,240	2,700	100	1,000
	150	1,980	2,700	100	1,000
HALOGEN SINGLE END FROSTED	75	1,000	3,000	100	1,000
	100	2,000	3,000	100	2,000
	150	2,500	3,000	100	2,000
HALOGEN DOUBLE END	150	2,700	3,000	100	2,000
	200	3,520	3,000	100	2,000
	300	5,600	3,000	100	2,000
COMPACT FLUO. SINGLE TUBE	7W	400	2,700	85	8,000
		400	3,000	85	8,000
		400	4,000	85	8,000
	9W	600	2,700	85	8,000
		600	3,000	85	8,000
		600	4,000	85	8,000
	11W	900	2,700	85	8,000
		900	3,000	85	8,000
		900	4,000	85	8,000

ตารางที่ ก-5 (ต่อ)

COMPACT FLOUR. DOUBLE TUBE	10W	600	2,700	85	8,000
		600	3,000	85	8,000
		600	4,000	85	8,000
	13W	900	2,700	85	8,000
		900	3,000	85	8,000
		900	4,000	85	8,000
	18W	1,200	2,700	85	8,000
		1,200	3,000	85	8,000
		1,200	4,000	85	8,000
	26W	1,800	2,700	85	8,000
		1,800	3,000	85	8,000
		1,800	4,000	85	8,000
WHITE SON	30	1,300	2,500	85	5,000
	50	2,300	2,500	80	5,000
	100	4,800	2,500	80	5,000
HPS	50	3,450	2,000	26	8,000
	70	5,800	2,000	26	8,000
METAL HAL. SIGLE END	70	5,100	4,000	80	4,000
	150	11,000	4,000	85	4,000
METAL HAL. DOUBLE END	70	5,500	4,200	80	4,000
	150	11,250	4,200	85	4,000

ตารางที่ ก-6 ข้อมูลปริมาณแสงของหลอดไฟชนิดต่างๆ

TYPE	LUMENS	HOURS	TYPE	LUMENS	HOURS
LPS 18W	1,800	16,000	FLUORESCENT		
LPS 35W	4,500	16,000	NATURAL 40W	2,470	9,000
LPS 55W	7,400	16,000	WW SPECIAL DELUXE 40W	1,750	
LPS 90W	13,000	16,000	WARM WHITE 40W	3,100	9,000
LPS 135W	22,000	16,000	WARM WHITE DELUXE 40W	1,950	9,000
LPS 180W	33,000	16,000	WHITE 40W	3,100	9,000
HPS 150W	15,000	24,000	WHITE DELUXE 40W	2,120	9,000
HPS 250W	27,000	24,000	WHITE SPECIAL DELUXE 40W	1,820	9,000
HPS 400W	50,000	24,000	WHITE 5000K 40W	1,850	9,000

## ตารางที่ ก-6 (ต่อ)

HPS 700W	88,000	24,000	COOL DAYLIGHT	2,600	9,000
HPS 1,000W	133,000	24,000	DAYLIGHT	2,000	9,000
MH 100W	6,500	6,000	NATURAL 20W	990	9,000
MH 125W	8,500	9,000	WARM WHITE S.DELUXE 20W	660	9,000
MH 250W	20,000	9,000	WARM WHITE 20W	1,200	9,000
MH 300W	25,500	9,000	WARM WHITE DELUXE 20W	770	9,000
MH 400W	28,000	9,000	WHITE 20W	1,200	9,000
MH 700W	58,000	9,000	WHITE.DELUXE 20W	850	9,000
MH 1000W	87,000	9,000	WHITE SPECIAL DELUXE 20W	700	9,000
HPM 50W	1,650	8,000	WHITE 5000K 20W	710	9,000
HPM 80W	3,000	16,000	COOL DAYLIGHT 20W	1,030	9,000
HPM 125W	5,400	24,000	DAYLIGHT 20W	790	9,000
HPM 175W	7,800	24,000	FLUOR.-CIRCLINE		
HPM 250W	12,000	24,000	22W 8"Ø	1,100	12,000
HPM 300W	15,000	24,000	32W 12"Ø	1,910	12,000
HPM 400W	21,000	24,000	40W 16"Ø	2,640	12,000
HPM 700W	36,500	24,000			
HPM 1000W	58,000	24,000			
HPM 2000W	12,000	24,000			

หมายเหตุ ; LPS-หลอดโซเดียมความดันต่ำ

MH-หลอดเมทัลฮาไลด์

HPS-หลอดโซเดียมความดันสูง

HPM-หลอดปรอทความดันสูง

ภาคผนวก ข.

รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับการคำนวณ

ตารางที่ ข-1 ข้อมูลมุมมองดาวของดวงอาทิตย์ จังหวัดกรุงเทพฯ

ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศเหนือ

มุมอะซิมุต = 180					มุมเอียง=90				
21 มีนาคม					22 มิถุนายน				
เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id	เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id
0700	-	-	0.00	22.70	0700	35.60	68.90	43.58	28.85
0800	-	-	0.00	60.85	0800	58.06	70.50	60.15	58.65
0900	-	-	0.00	101.05	0900	69.76	70.66	69.07	84.15
1000	-	-	0.00	128.05	1000	75.85	68.39	69.71	107.37
1100	-	-	0.00	145.08	1100	78.96	59.82	63.25	138.03
1200	-	-	0.00	151.70	1200	80.20	24.92	60.36	161.38
1300	-	-	0.00	148.39	1300	79.96	-42.98	57.11	164.30
1400	-	-	0.00	142.63	1400	78.14	-64.04	44.31	151.27
1500	-	-	0.00	124.96	1500	47.18	-69.58	25.07	130.85
1600	-	-	0.00	95.33	1600	66.58	-70.80	13.18	102.13
1700	-	-	0.00	58.39	1700	51.89	-70.09	12.01	59.00

23 กันยายน					22 ธันวาคม				
เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id	เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id
0700	-	-	0.00	24.00	0700	-	-	0.00	15.95
0800	-	-	0.00	66.65	0800	-	-	0.00	43.77
0900	-	-	0.00	95.72	0900	-	-	0.00	85.45
1000	-	-	0.00	114.72	1000	-	-	0.00	71.72
1100	-	-	0.00	126.50	1100	-	-	0.00	78.52
1200	-	-	0.00	132.48	1200	-	-	0.00	92.02
1300	-	-	0.00	114.25	1300	-	-	0.00	101.69
1400	-	-	0.00	80.97	1400	-	-	0.00	101.01
1500	-	-	0.00	68.08	1500	-	-	0.00	86.56
1600	-	-	0.00	40.88	1600	-	-	0.00	60.80
1700	-	-	0.00	24.98	1700	-	-	0.00	29.58

## ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

## ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

มุมอะซิมูท = -135					มุมเอียง = 90				
21 มีนาคม					22 มิถุนายน				
เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id	เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id
0700	12.02	47.44	92.48	22.70	0700	15.79	23.91	110.69	28.85
0800	33.83	51.33	114.21	60.85	0800	30.68	25.60	162.63	58.65
0900	53.68	56.19	122.33	101.05	0900	44.89	25.66	188.00	84.15
1000	70.22	63.40	90.78	128.05	1000	57.85	23.40	173.75	107.37
1100	83.82	76.00	39.49	145.08	1100	69.44	14.82	121.64	138.03
1200	-	-	0.00	151.70	1200	79.86	-20.08	62.51	161.38
1300	-	-	0.00	148.39	1300	89.51	-87.98	2.75	164.30
1400	-	-	0.00	142.63	1400	-	-	0.00	151.27
1500	-	-	0.00	124.96	1500	-	-	0.00	130.85
1600	-	-	0.00	95.33	1600	-	-	0.00	102.13
1700	-	-	0.00	58.39	1700	-	-	0.00	59.00
23 กันยายน					23 กันยายน				
เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id	เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id
0700	18.03	49.05	51.04	24.90	0700	11.79	70.32	55.77	15.95
0800	39.79	53.18	57.93	66.65	0800	46.93	75.17	73.85	43.77
0900	58.92	58.60	79.99	95.72	0900	76.28	82.19	45.70	65.45
1000	74.63	67.14	51.67	114.72	1000	-	-	0.00	71.72
1100	87.61	84.26	8.20	126.59	1100	-	-	0.00	74.52
1200	-	-	0.00	132.48	1200	-	-	0.00	92.02
1300	-	-	0.00	114.25	1300	-	-	0.00	101.69
1400	-	-	0.00	80.97	1400	-	-	0.00	101.01
1500	-	-	0.00	68.03	1500	-	-	0.00	86.56
1600	-	-	0.00	49.88	1600	-	-	0.00	60.80
1700	-	-	0.00	24.98	1700	-	-	0.00	29.5

## ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

## ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันออก

มุมอะซิมุท = -90					มุมเงย=90				
21 มีนาคม					22 มิถุนายน				
เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id	เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id
0700	8.20	2.44	136.60	22.70	0700	15.49	-21.05	112.97	28.85
0800	22.85	6.33	181.65	60.85	0800	29.60	-19.50	169.84	58.65
0900	37.66	11.19	215.65	101.05	0900	43.58	-19.34	196.80	81.15
1000	52.68	18.40	211.48	128.05	1000	57.52	-21.60	176.01	107.37
1100	67.93	31.90	147.91	145.08	1100	71.45	-30.18	108.77	138.03
1200	83.34	65.12	47.74	151.70	1200	85.41	-65.08	28.04	164.30
1300	-	-	0.00	148.39	1300	-	-	0.00	164.30
1400	-	-	0.00	142.63	1400	-	-	0.00	151.27
1500	-	-	0.00	124.96	1500	-	-	0.00	130.85
1600	-	-	0.00	95.33	1600	-	-	0.00	102.13
1700	-	-	0.00	58.39	1700	-	-	0.00	59.00
23 กันยายน					22 ธันวาคม				
เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id	เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id
0700	12.07	4.05	92.91	24.90	0700	4.45	25.33	120.97	15.95
0800	26.76	8.18	95.67	66.65	0800	19.40	30.17	249.39	43.77
0900	41.65	13.60	149.22	95.72	0900	34.92	37.19	268.05	65.45
1000	56.76	22.14	123.18	114.72	1000	51.08	47.56	250.47	71.72
1100	72.10	39.26	63.50	126.59	1100	57.83	62.81	155.31	78.52
1200	87.57	80.86	11.01	132.48	1200	84.98	83.41	34.13	92.02
1300	-	-	0.00	114.25	1300	-	-	0.00	101.68
1400	-	-	0.00	80.97	1400	-	-	0.00	101.91
1500	-	-	0.00	68.03	1500	-	-	0.00	85.55
1600	-	-	0.00	49.88	1600	-	-	0.00	60.80
1700	-	-	0.00	24.98	1700	-	-	0.00	29.58

## ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

## ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้

มุมอะซิมูท = -45					มุมเอียง=90				
21 มีนาคม					22 มิถุนายน				
เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id	เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id
0700	11.06	-42.56	100.71	22.70	0700	32.54	-66.10	49.05	28.85
0800	28.21	-38.67	142.69	60.85	0800	51.21	-64.50	77.57	58.65
0900	42.34	-33.81	182.65	101.05	0900	64.25	-64.34	90.32	81.15
1000	54.31	-26.60	199.00	128.05	1000	74.79	-66.61	75.17	107.37
1100	65.06	-13.10	169.69	145.08	1100	84.33	-75.18	32.19	138.03
1200	75.39	20.12	106.57	151.70	1200	-	-	0.00	164.30
1300	86.07	76.58	27.83	148.39	1300	-	-	0.00	164.30
1400	-	-	0.00	142.63	1400	-	-	0.00	151.27
1500	-	-	0.00	124.96	1500	-	-	0.00	130.85
1600	-	-	0.00	95.33	1600	-	-	0.00	102.13
1700	-	-	0.00	58.39	1700	-	-	0.00	59.00
23 กันยายน					22 ธันวาคม				
เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id	เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id
0700	15.77	-40.95	70.35	24.90	0700	4.27	-19.67	102.08	15.95
0800	31.96	-36.82	77.37	66.65	0800	17.48	-14.84	278.81	43.77
0900	45.36	-31.40	131.04	95.72	0900	29.31	-7.81	333.38	65.45
1000	56.90	-22.86	122.54	114.72	1000	39.92	2.56	370.79	71.72
1100	67.46	-5.74	81.59	126.59	1100	49.67	17.81	323.56	78.52
1200	77.81	35.86	56.13	132.48	1200	59.06	38.41	232.99	92.02
1300	88.73	86.38	6.31	114.25	1300	68.69	60.75	132.14	101.68
1400	-	-	0.00	80.97	1400	79.50	79.26	45.58	101.91
1500	-	-	0.00	68.03	1500	-	-	0.00	85.55
1600	-	-	0.00	49.88	1600	-	-	0.00	60.80
1700	-	-	0.00	24.98	1700	-	-	0.00	29.58

## ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

## ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศใต้

มุมอะซิมูท = 0					มุมเงย=90				
21 มีนาคม					22 มิถุนายน				
เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id	เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id
0700	73.55	-87.56	5.81	22.70	0700	-	-	0.00	28.85
0800	75.26	-83.67	20.14	60.85	0800	-	-	0.00	58.65
0900	75.62	-78.81	42.66	101.05	0900	-	-	0.00	81.15
1000	75.77	-71.60	70.37	128.05	1000	-	-	0.00	107.37
1100	75.84	-58.10	92.07	145.08	1100	-	-	0.00	138.03
1200	75.86	-24.88	102.97	151.70	1200	-	-	0.00	164.30
1300	75.86	31.58	102.14	148.39	1300	-	-	0.00	164.30
1400	75.83	60.67	90.89	142.63	1400	-	-	0.00	151.27
1500	75.75	72.83	72.80	124.96	1500	-	-	0.00	130.85
1600	75.59	79.58	49.58	95.33	1600	-	-	0.00	102.13
1700	75.17	84.25	24.92	58.39	1700	-	-	0.00	59.00
23 กันยายน					22 ธันวาคม				
เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id	เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id
0700	71.67	-85.95	6.58	24.90	0700	9.33	-64.68	82.65	15.95
0800	74.10	-81.82	13.75	66.65	0800	31.21	-59.83	144.95	43.77
0900	74.78	-76.40	36.10	95.72	0900	42.61	-52.81	203.42	65.45
1000	75.08	-67.86	50.11	114.72	1000	48.56	-42.44	273.91	71.72
1100	75.21	-50.74	51.90	126.59	1100	51.58	-27.19	302.27	78.52
1200	75.20	-9.14	68.37	132.48	1200	52.76	-6.59	295.37	92.02
1300	75.24	41.38	74.97	114.25	1300	52.46	15.75	260.30	101.68
1400	75.13	63.90	62.65	80.97	1400	50.58	34.26	202.17	101.91
1500	75.90	74.21	52.22	68.03	1500	46.52	47.28	171.90	85.55
1600	74.39	80.32	34.18	49.88	1600	38.73	56.08	136.71	60.80
1700	72.89	84.74	11.44	24.98	1700	23.67	62.08	73.00	29.58

## ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

## ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

มุมอะซิมุท = 0					มุมเอียง=90				
21 มีนาคม					22 มิถุนายน				
เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id	เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id
0700	-	-	0.00	22.70	0700	-	-	0.00	28.85
0800	-	-	0.00	60.85	0800	-	-	0.00	58.65
0900	-	-	0.00	101.05	0900	-	-	0.00	81.15
1000	-	-	0.00	128.05	1000	-	-	0.00	107.37
1100	-	-	0.00	145.08	1100	-	-	0.00	138.03
1200	84.54	-69.88	39.05	151.70	1200	-	-	0.00	164.30
1300	73.96	-13.42	116.62	148.39	1300	-	-	0.00	164.30
1400	63.61	15.66	178.64	142.63	1400	81.11	70.96	33.01	151.27
1500	52.74	27.83	217.50	124.96	1500	71.35	65.42	29.87	130.85
1600	40.53	34.58	225.72	95.33	1600	60.17	61.20	17.15	102.13
1700	26.03	39.25	192.65	58.39	1700	45.67	64.91	14.95	59.00
23 กันยายน					22 ธันวาคม				
เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id	เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id
0700	-	-	0.00	24.90	0700	-	-	0.00	15.95
0800	-	-	0.00	66.65	0800	-	-	0.00	43.77
0900	-	-	0.00	95.72	0900	-	-	0.00	65.45
1000	-	-	0.00	114.72	1000	86.94	-87.44	18.57	71.72
1100	-	-	0.00	126.59	1100	74.75	-72.19	103.92	78.52
1200	81.13	-54.14	40.57	132.48	1200	64.58	-51.59	184.72	92.02
1300	70.68	-3.62	99.71	114.25	1300	55.14	-29.25	235.98	101.68
1400	60.27	18.00	134.75	80.97	1400	45.66	-10.74	240.33	101.91
1500	49.13	29.21	167.45	68.03	1500	35.60	2.28	253.20	85.55
1600	36.40	35.32	165.87	49.88	1600	24.52	11.07	240.39	60.80
1700	21.17	39.74	95.94	24.98	1700	12.12	17.08	149.02	29.58

## ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

## ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันตก

มุมอะซิมุท = 90					มุมเงย=90				
21 มีนาคม					22 มิถุนายน				
เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id	เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id
0700	-	-	0.00	22.70	0700	-	-	0.00	28.85
0800	-	-	0.00	60.85	0800	-	-	0.00	58.65
0900	-	-	0.00	101.05	0900	-	-	0.00	81.15
1000	-	-	0.00	128.05	1000	-	-	0.00	107.37
1100	-	-	0.00	145.08	1100	-	-	0.00	138.03
1200	-	-	0.00	151.70	1200	-	-	0.00	164.30
1300	81.20	-58.42	62.78	148.39	1300	80.63	47.02	53.23	164.30
1400	65.81	-29.33	161.74	142.63	1400	66.68	25.97	90.99	151.27
1500	50.59	-17.17	234.99	124.96	1500	52.74	20.42	67.31	130.85
1600	35.59	-10.42	269.64	95.33	1600	38.80	19.20	37.87	102.13
1700	20.81	-5.75	247.53	58.39	1700	24.78	19.91	33.16	59.00
23 กันยายน					22 ธันวาคม				
เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id	เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id
0700	-	-	0.00	24.90	0700	-	-	0.00	15.95
0800	-	-	0.00	66.65	0800	-	-	0.00	43.77
0900	-	-	0.00	95.72	0900	-	-	0.00	65.45
1000	-	-	0.00	114.72	1000	-	-	0.00	71.72
1100	-	-	0.00	126.59	1100	-	-	0.00	78.52
1200	-	-	0.00	132.48	1200	-	-	0.00	92.02
1300	76.93	-48.62	66.04	114.25	1300	77.77	-74.25	73.43	101.68
1400	61.54	-26.10	127.91	80.97	1400	60.76	-55.74	137.71	101.91
1500	46.35	-15.79	184.60	68.03	1500	44.24	-42.72	186.17	85.55
1600	31.39	-9.68	200.40	49.88	1600	28.35	-33.92	203.25	60.80
1700	16.65	-5.26	124.24	24.98	1700	13.07	-27.92	137.75	29.58

## ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

## ข้อมูลดวงอาทิตย์สำหรับด้านที่หันหน้าไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

มุมอะซิมุต = 135					มุมเอียง = 90				
21 มีนาคม					22 มิถุนายน				
เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id	เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id
0700	-	-	0.00	22.70	0700	-	-	0.00	28.85
0800	-	-	0.00	60.85	0800	-	-	0.00	58.65
0900	-	-	0.00	101.05	0900	-	-	0.00	81.15
1000	-	-	0.00	128.05	1000	-	-	0.00	107.37
1100	-	-	0.00	145.08	1100	-	-	0.00	138.03
1200	-	-	0.00	151.70	1200	86.26	69.92	22.85	164.30
1300	-	-	0.00	148.39	1300	76.40	2.02	78.02	164.30
1400	82.08	-74.33	50.10	142.63	1400	65.61	-19.03	95.68	151.27
1500	68.12	-62.17	114.83	124.96	1500	53.57	-24.58	65.32	130.85
1600	51.12	-55.42	155.60	95.33	1600	40.14	-25.80	36.10	102.13
1700	30.87	-50.75	157.41	58.39	1700	25.61	-25.09	31.94	59.00
23 กันยายน					22 ธันวาคม				
เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id	เวลา	$\theta_1$	$\theta_2$	ID	Id
0700	-	-	0.00	24.90	0700	-	-	0.00	15.95
0800	-	-	0.00	66.65	0800	-	-	0.00	43.77
0900	-	-	0.00	95.72	0900	-	-	0.00	65.45
1000	-	-	0.00	114.72	1000	-	-	0.00	71.72
1100	-	-	0.00	126.59	1100	-	-	0.00	78.52
1200	-	-	0.00	132.48	1200	-	-	0.00	92.02
1300	-	-	0.00	114.25	1300	-	-	0.00	101.68
1400	78.94	-71.10	46.15	80.97	1400	-	-	0.00	101.91
1500	64.18	-60.79	93.61	68.03	1500	86.81	-87.72	10.00	85.55
1600	46.14	-54.68	117.54	49.88	1600	66.77	-78.93	47.00	60.80
1700	24.98	-50.26	79.76	24.98	1700	34.94	-72.92	45.79	29.58

ตารางที่ ข-2 แสดงค่าของความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากความสกปรกของอาคารชนิดต่างๆ

Dirt of Glass Factor(Dg)						
Slope of Aperture						
Building Type of Space	MF	V	30°	45°	60°	H
Commercial						
Auditorium	0.85	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65
Art gallery	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65
Bank	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
Barber shop	0.70	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
Beauty shop	0.70	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
Church, synagogue	0.80	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
Club, lodge	0.75	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
Conference room	0.70	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
Courtroom	0.80	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65
Dance hall	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
Depot, auto, bus	0.50	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Drafting	0.80	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
Exhibition hall	0.70	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
Food service	0.75	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
Garage, parking	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Gymnasium	0.75	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
Health care	0.90	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70
Hospital	0.90	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70
Hotel	0.75	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
Hotel, food	0.75	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
Hotel, room	0.80	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
Kitchen, prof.	0.75	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
Library	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
Locker room	0.55	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
Merchandising	0.80	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65
Municipal bldg.	0.75	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55

## ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

Office	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
Restaurant	0.75	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
School	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
Service station	0.60	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
Show window	0.80	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65
Terminal	0.50	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
Residential	0.75	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
<b>Industrial</b>						
Aircraft mfg.	0.75	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
Assembly, light	0.80	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65
Assembly, mod.	0.70	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
Assembly, heavy	0.50	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
Automobile mfg.	0.65	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
Bakery	0.70	0.75	0.70	0.65	0.60	0.55
Brewery	0.75	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
Candy making	0.80	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65
Canning	0.70	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
Chemical plant	0.55	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
Clay/concrete plt.	0.50	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
Clean room	0.85	0.85	0.80	0.75	0.70	0.65
Cloth products	0.70	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
Clothing mfg.	0.70	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
Dairy	0.80	0.80	0.75	0.70	0.65	0.55
Foundry	0.50	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
Mill	0.55	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
Hangar	0.60	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
Laundry	0.65	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
Machine shop	0.65	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
Meat packing	0.50	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Paint mfg.	0.50	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
Paper mfg.	0.50	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40

## ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

Printing	0.55	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
Sawmill	0.50	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Warehouse	0.60	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45

Changes to Mf and Dg: interior cleaning schedule.

Cleaning Schedule	Change in Mf or Dg
Monthly	+0.05 to + 0.10
Every two months	+0.00 to + 0.05
Every four months	use chart values
Every six months	-0.00 to -0.10
Once per year	-0.10 to -0.15
No scheduled cleaning	chart value/2

Apply only to MF<0.85 and Dg<0.80

Changes to Dg: surrounding environment and site conditions

Surrounding Environment	Change in Dg
Rural	+0.10 to + 0.15
Suburban	+0.00 to +0.10
Industrial*	-0.00 to -0.10

Apply only if Dg<0.80

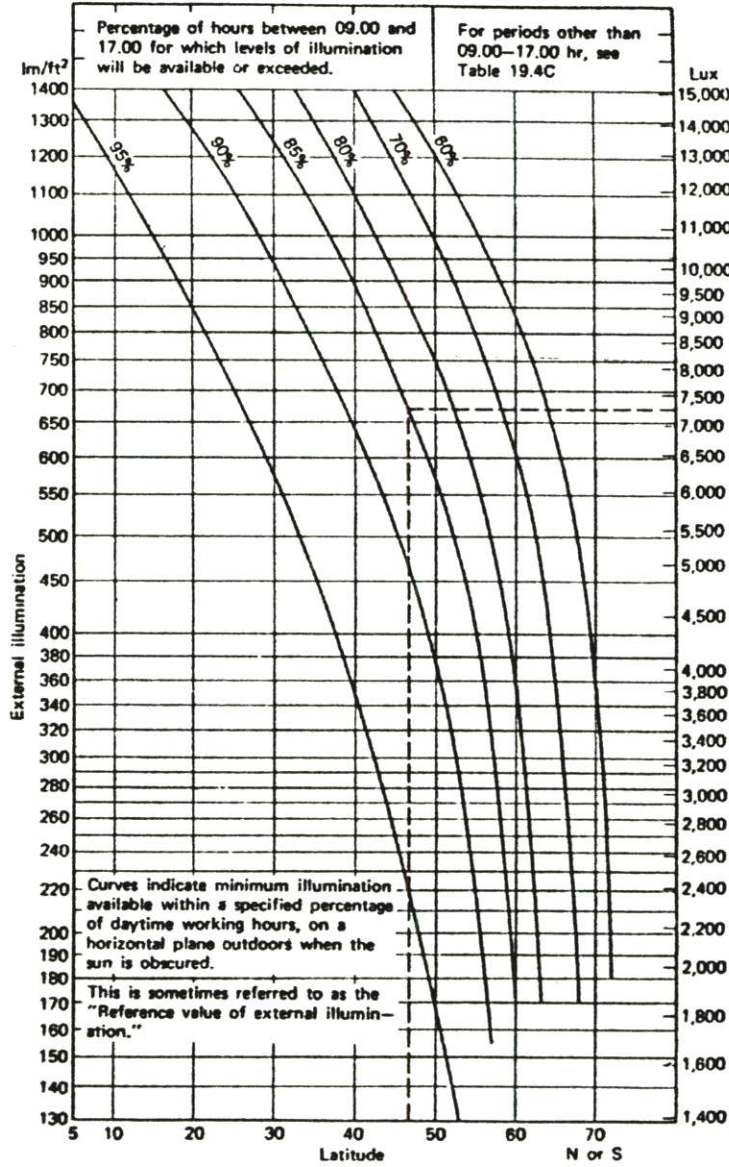
\*Apply only to commercial and residential building types

ตารางที่ ข-3 แสดงปริมาณแสงอันเนื่องมาจากปัจจัยการสะท้อนแสงภายในอาคารตลอดสัดส่วน  
ช่องเปิด

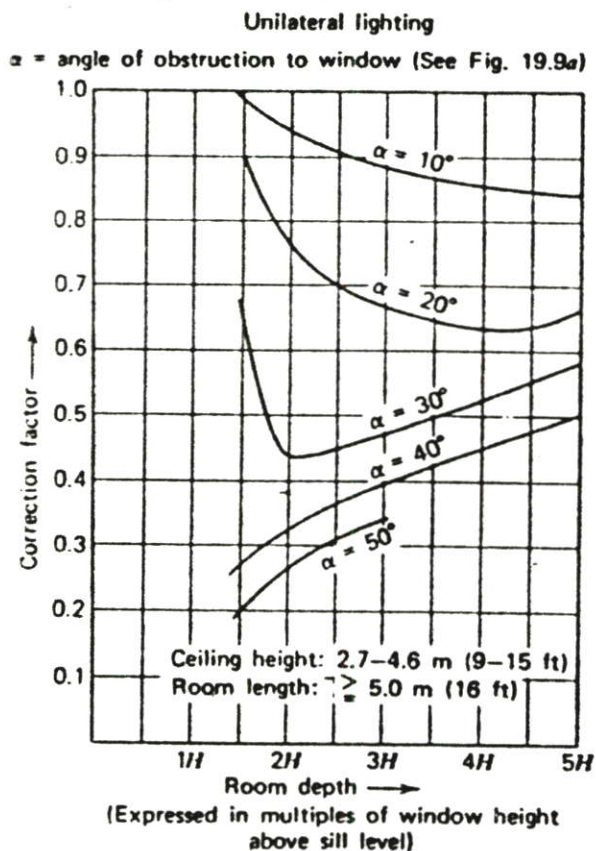
Ratio- Actual Glass area to Floor area	Actual Glass area as %of floor area	Floor Reflection Factor (%)											
		10				20				40			
		Wall Reflection Factor (%)											
		20	40	60	80	20	40	60	80	20	40	60	80
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1:50	2	-	-	2.1	0.2	-	0.1	0.1	0.2	-	0.1	0.2	0.2
1:20	5	0.1	0.1	0.2	0.4	0.1	0.2	0.3	0.5	0.1	0.2	0.4	0.6
1:14	7	0.1	0.2	0.3	0.5	0.1	0.2	0.4	0.6	0.2	0.3	0.6	0.8
1:10	10	0.1	0.2	0.4	0.7	0.2	0.3	0.6	0.9	0.3	0.5	0.8	1.2
1:6.7	15	0.2	0.4	0.6	1.0	0.2	0.5	0.8	1.3	0.4	0.7	1.1	1.7
1:5	20	0.2	0.5	0.8	1.4	0.3	0.6	1.1	1.7	0.5	0.9	1.5	2.3
1:4	25	0.3	0.6	1.0	1.7	0.4	0.8	1.3	2.0	0.6	1.1	1.8	2.8
1:3.3	30	0.3	0.7	1.2	2.0	0.5	0.9	1.5	2.4	0.8	1.3	2.1	3.3
1:2.9	35	0.4	0.8	1.4	2.3	0.5	1.0	1.8	2.8	0.9	1.5	2.4	3.8
1:2.5	40	0.5	0.9	1.6	2.6	0.6	1.2	2.0	3.1	1.0	1.7	2.7	4.2
1:2.2	45	0.5	1.0	1.8	2.9	0.7	1.3	2.2	3.4	1.2	1.9	3.0	4.6
1:2	50	0.6	1.1	1.9	3.1	0.8	1.4	2.3	3.7	1.3	2.1	3.2	4.9

ตารางที่ ข-4 แสดงปริมาณแสงธรรมชาติที่ต่ำสุดตามชั่วโมงการใช้งานของอาคารตามมาตรฐาน

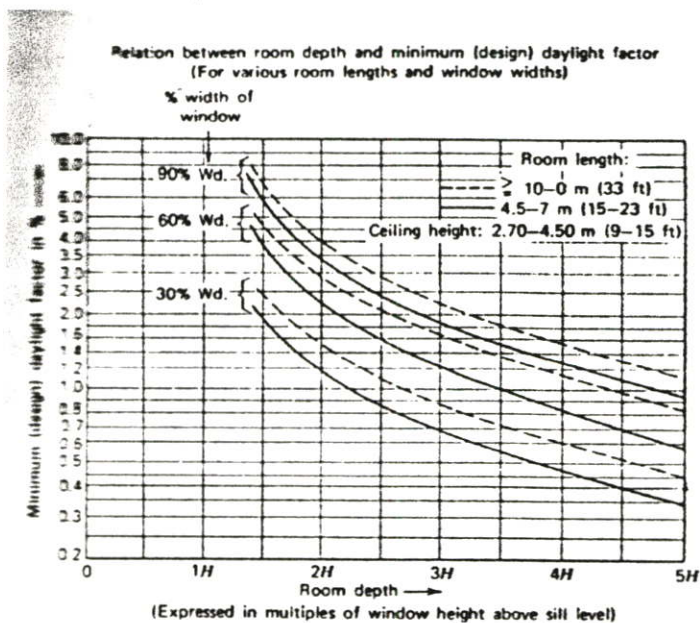
CIE



ตารางที่ ข-5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของแสงธรรมชาติภายในอาคารอันเนื่องมาจากการบังของอาคารตามมุมกระทำต่างๆ



ตารางที่ ข-6 อัตราของค่าDFต่ำสุดตามขนาดสัดส่วนของห้อง



ตารางที่ ข-7 แสดงการเทียบอัตราของปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าอาคารตามสัดส่วนของช่องเปิดอาคาร

Sky Components (overcast sky) for vertical glazed rectangular windows

RATIO H/D = HEIGHT OF WINDOW HEAD ABOVE WORKING PLANE : DISTANCE FROM WINDOW

	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.5	4.0	5.0	∞	
0.1	0.01	0.03	0.06	0.10	0.16	0.24	0.33	0.42	0.50	0.57	0.65	0.71	0.77	0.82	0.86	0.90	0.94	0.97	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3		
0.2	0.02	0.06	0.14	0.25	0.39	0.53	0.68	0.83	0.99	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	
0.3	0.02	0.09	0.18	0.34	0.52	0.74	0.97	1.2	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.4	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5	3.6	3.6	3.7	3.7	
0.4	0.03	0.11	0.26	0.45	0.70	0.98	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.7	2.9	3.2	3.3	3.5	3.6	3.8	3.9	4.0	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.2	4.2	4.3	4.3	4.3	
0.5	0.03	0.12	0.30	0.54	0.82	1.2	1.5	1.9	2.2	2.6	3.0	3.3	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.7	4.8	5.0	5.2	5.3	5.4	5.5	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	5.9
0.6	0.04	0.14	0.34	0.62	0.97	1.3	1.7	2.2	2.6	3.0	3.4	3.8	4.1	4.4	4.6	4.9	5.1	5.3	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.3	6.4	6.4	6.6	6.7	6.8	6.9	
0.7	0.04	0.16	0.38	0.70	1.0	1.5	1.9	2.4	2.8	3.3	3.8	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.1	7.3	7.4	7.4	7.6	7.7	
0.8	0.05	0.20	0.42	0.75	1.1	1.6	2.1	2.6	3.1	3.6	4.1	4.5	4.9	5.2	5.6	5.8	6.1	6.3	6.5	6.7	7.0	7.3	7.5	7.6	7.8	8.0	8.2	8.3	8.4	8.4	
0.9	0.05	0.21	0.44	0.82	1.2	1.7	2.2	2.7	3.3	3.8	4.3	4.8	5.2	5.6	5.9	6.2	6.5	6.7	6.9	7.1	7.4	7.7	7.9	8.1	8.2	8.5	8.7	8.8	9.0	9.0	
1.0	0.05	0.21	0.47	0.89	1.3	1.8	2.3	2.9	3.4	4.0	4.6	5.0	5.5	5.9	6.2	6.5	6.8	7.1	7.3	7.5	7.9	8.1	8.4	8.6	8.7	9.0	9.2	9.4	9.6	9.6	
1.2	0.06	0.22	0.49	0.92	1.4	1.9	2.5	3.1	3.7	4.3	4.9	5.4	5.9	6.4	6.8	7.2	7.5	7.8	8.1	8.3	8.7	9.1	9.3	9.6	9.8	10.1	10.3	10.5	10.7	10.7	
1.4	0.06	0.22	0.50	0.95	1.4	1.9	2.5	3.2	3.8	4.5	5.1	5.7	6.2	6.7	7.1	7.5	7.8	8.2	8.5	8.7	9.1	9.5	9.8	10.0	10.2	10.6	10.9	11.1	11.6	11.6	
1.6	0.06	0.22	0.51	0.96	1.5	2.0	2.6	3.3	3.9	4.6	5.3	5.9	6.4	7.0	7.4	7.8	8.2	8.5	8.8	9.1	9.6	10.0	10.2	10.5	10.7	11.1	11.4	11.7	12.2	12.2	
2.0	0.07	0.23	0.51	0.96	1.5	2.0	2.6	3.3	4.0	4.7	5.4	6.0	6.6	7.2	7.6	8.1	8.5	8.8	9.2	9.5	10.0	10.4	10.8	11.1	11.3	11.8	12.0	12.3	12.6	12.6	
2.5	0.07	0.23	0.52	0.97	1.5	2.1	2.6	3.3	4.0	4.8	5.5	6.2	6.8	7.4	7.9	8.2	8.6	9.0	9.4	9.7	10.2	10.7	11.1	11.4	11.7	12.2	12.4	12.7	13.0	13.0	
3.0	0.07	0.23	0.52	0.97	1.5	2.1	2.7	3.4	4.1	4.8	5.6	6.2	6.9	7.5	8.0	8.4	8.8	9.2	9.6	9.9	10.5	11.0	11.4	11.7	12.0	12.6	12.9	13.3	13.7	13.7	
4.0	0.07	0.23	0.52	0.97	1.5	2.1	2.7	3.4	4.1	4.9	5.6	6.3	6.9	7.5	8.0	8.5	8.9	9.3	9.7	10.0	10.7	11.2	11.7	12.0	12.4	12.9	13.3	13.7	14.2	14.2	
6.0	0.08	0.24	0.53	0.98	1.5	2.1	2.8	3.4	4.2	5.0	5.7	6.3	6.9	7.6	8.1	8.6	9.1	9.5	9.9	10.2	10.9	11.4	11.9	12.2	12.5	13.2	13.5	14.0	14.6	14.6	
∞	0.08	0.24	0.53	0.98	1.5	2.1	2.8	3.4	4.2	5.0	5.7	6.3	7.0	7.6	8.1	8.6	9.1	9.5	9.9	10.3	10.9	11.5	11.9	12.3	12.6	13.2	13.7	14.2	15.0	15.0	

ANGLE OF OBSTRUCTION

	6°	11°	17°	22°	27°	31°	35°	39°	42°	45°	48°	50°	52°	54°	56°	58°	60°	61°	62°	63°	66°	67°	69°	70°	72°	74°	76°	79°	90°
--	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

## ประวัติผู้เขียน

นายอานนท์ วัชรพาหะ เกิดเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2517 ที่จังหวัดฉะเชิงเทรา สำเร็จการศึกษาระดับสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต จากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต ปีการศึกษา 2539 และได้ประกาศนียบัตรเรื่องแสงธรรมชาติจากโครงการศึกษอบรมของมหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ ปีพ.ศ. 2542 และได้รับประกาศนียบัตรเรื่องแสงสว่างจากการอบรมของสมาคมสถาปนิกสยามฯ ปี พ.ศ. 2543

ปัจจุบันเป็นสถาปนิกอิสระ