สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคารเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน ในห้องเรียนประติมากรรมพื้นฐาน (ห้องปั้น) ระดับอุดมศึกษา

THE DAYLIGHT EFFICIENCY FOR SCULPTURE STUDIOS IN UNIVERSITIES

T117064

ปรางทอง ชั่งธรรม

PRANGTHONG CHANGTHUM

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วน.
ปนล29ก
2553

สาขาวิ.....
เลขทะเบียน 117064
วัน,เดือน,ปี 23 ธ.ค. 2554

b 12333019
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมภายใน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2553

KMITL-2010-AR-M-003-052

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE DAYLIGHT EFFICIENCY FOR SCULPTURE STUDIOS IN UNIVERSITIES

PRANGTHONG CHANGTUM

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRQMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ARCHITECTURE IN INTERIOR ARCHITECTURE

FACULTY OF ARCHITECTURE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2010

KMITL-2010-AR-M-003-052

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2010

FACULTY OF ARCHITECTURE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคารเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานในห้องเรียนประติมากรรมพื้นฐาน (ห้องปั้น) ระดับอุดมศึกษา
นักศึกษา	นางสาว ปรางทอง ชั่งธรรม
รหัสประจำตัว	49062355
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมภายใน
พ.ศ.	2553
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.กฤษฎา อินทรสถิตย์

บทคัดย่อ

หากปราศจากแสงมนุษย์จะไม่สามารถมองเห็นสิ่งที่สวยงามและวิจิตรพิสดารในโลกนี้ได้ แต่จากลักษณะของการใช้งานทั่วไปในปัจจุบันในเรื่องของการนำแสงธรรมชาติมาใช้ ในบางครั้งจะมองว่าเป็นเรื่องที่ไม่สำคัญ เพราะเนื่องจากเราสามารถสร้างแสงจากหลอดไฟมาทดแทนแสงธรรมชาติที่ขาดหายไปภายในห้องหรือภายในสถานที่นั้น ๆ ได้ คนเรามองเห็นวัตถุสิ่งของรอบตัวได้เกิดจากการสะท้อนแสงบนผิววัตถุมาสู่ดวงตาทำให้รับรู้ แสงสว่างที่ใช้กันอยู่สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ แต่ลักษณะของแสงก็แตกต่างกันเนื่องจากลักษณะของแหล่งกำเนิดและที่มาของแสงแตกต่างกัน ดังนั้นลักษณะของการใช้งานก็จะแตกต่างกันไปด้วย สาเหตุเป็นเพราะกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมีความต้องการแสงที่แตกต่างกัน

ในงานวิจัยฉบับนี้เพื่อศึกษาถึงการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในห้องปฏิบัติงานประติมากรรม ซึ่งงานประติมากรรมแบ่งออกได้หลายแขนงเช่น งานปั้นแบบ 2 มิติ , งานปั้นแบบ 3 มิติ , งานปั้นแบบนูนต่ำ , งานปั้นแบบนูนสูง และงานปั้นแบบลอยตัว งานประเภทนี้เป็นงานที่ต้องใช้ความละเอียดอ่อนที่จะต้องใช้ความรู้สึก ความสวยงามและความเข้าใจอย่างถ่องแท้ และสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่ช่วยให้การสร้างสรรค์งานประติมากรรมมีประสิทธิภาพคือแสงสว่าง จากการศึกษาพบว่าลักษณะของการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานนั้นไม่ถูกวิธี หรือ ขาดความรู้ ความเข้าใจในความต้องการของปริมาณแสงธรรมชาติภายในห้องปฏิบัติงานเพราะฉะนั้นจึงทำการสรุปประเด็นปัญหาดังที่กล่าวมาก็คือ ปริมาณของแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในห้องปฏิบัติงานประติมากรรม มีค่าค่อนข้างต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน จึงอาจจะทำให้ไม่เพียงพอต่อการใช้งานและเหมาะสมต่อผู้ใช้ ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อต้องการที่จะมุ่งเน้นในเรื่องของการหาแนวทางการแก้ไขปัญหาใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่องของงานออกแบบ การปรับปรุงและทำการเสนอแนะในเรื่องของวิธีการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร ให้เพียงพอเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการปฏิบัติงานประติมากรรมมากที่สุด

ในการศึกษาวิจัยฉบับนี้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกประกอบด้วยการศึกษาและวิเคราะห์ถึงองค์ประกอบโดยรวมของห้องปฏิบัติงานประติมากรรมจากอาคารกลุ่มตัวอย่าง ขั้นตอนที่สองใช้เป็นในลักษณะของการทดลอง และวิเคราะห์ตัวแปรทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคารและสามารถสะท้อนแสงพร้อมทั้งกระจายแสงให้แสงธรรมชาติสามารถเข้าสู่ภายในห้องและส่วนลึกของห้องได้ ซึ่งจะได้แก่ในเรื่องของรูปแบบ , รูปทรง , สีและวัสดุ , รวมไปถึงระยะของความลึกของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)ที่มีรูปแบบและรูปทรงที่แตกต่างกันได้แก่หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) , หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) , หิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve) , แบบเอียง 25° , แบบเอียง 35° ที่ขนาดของระยะยื่นประมาณ 1.50 เมตร และ 1.20 เมตร ที่ระดับติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงที่ความสูง 2.00 เมตร และ 2.50 เมตร และขั้นตอนสุดท้ายคือการสรุปและประเมินผลจากการทดลอง ซึ่งได้จากการบันทึกค่าระดับความสว่างแล้วนำมาประเมินเทียบค่าความเปรียบต่างของแสงที่ได้ระหว่างความสว่างภายนอกกับความสว่างภายในห้องในลักษณะของค่า Daylight Factor (DF.) ภายในหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองมาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบถึงประสิทธิภาพของหิ้งสะท้อนแสง ว่าสามารถสะท้อนและกระจายแสงสู่ภายในห้องปั้นได้ตามที่มีการตั้งสมมุติฐานไว้หรือไม่

จากผลการทดลองในเรื่องของการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในห้องปั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโดยการใช้หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ในรูปแบบต่าง ๆ พบว่า 3 อันดับที่มีค่า Daylight Factor (DF.) สูงสุดได้แก่ หิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35° ขนาด 1.50 เมตร ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง อันดับ 2 คือ หิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35° ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง และ อันดับ 3 คือ หิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35° ขนาด 1.50 เมตร : ที่มีผิววัสดุสีขาว

จากการทดลองและวิเคราะห์ประเมินผล สรุปได้ว่าหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35° ขนาดกว้าง 1.50 เมตร ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง เป็นรูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงที่มีประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงธรรมชาติจากส่วนของช่องเปิดไปยังส่วนที่ลึกได้มากที่สุด ค่าเปรียบต่างของแสงภายนอกกับภายใน(Daylight Factor , DF.)โดยรวมทั้งห้องอยู่ที่ประมาณ 31 % ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุด (จากผลการทดลอง) แต่สามารถเพิ่มความสว่างภายในห้องได้อีก 8 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	The daylight efficiency for sculpture studios in universities
Student	Miss. Prangthong Changthum
Student ID	49062355
Degree	Master of Architectural
Program	Interior Architecture
Year	2010
Thesis Advisor	Asso. Prof. Krisda Indrasthitya

ABSTRACT

Without light, man would not be able to see how beautiful and amazing the world is. But the nature of the general purpose of bringing about the current use of natural light is that the view is not always as important as we think because we can make light from a lamp to replace missing natural light in a room or place within our content. People see things around an object and this is caused by reflected light onto the object and into the perceiving eye. Lighting can be divided into two major characteristics are natural light and artificial light. Thus is the nature of light, but there are also differences due to the nature of differing sources of light. Therefore, the nature of use tends to vary with the author or business purposes, because different people happen to have differing lighting needs.

This research also focused on using natural light in sculpture leaning room. The sculpture is divided into various fields such as two-dimensional and three-dimensional sculptures; low relief and high-relief sculptures and floating sculptures. This particular type of work requires sensitivity for beauty and insight, along with one important factor in the creation of the sculpture which is a powerful light. This study found that the manner in which natural light is introduced to the work to be unsuitable, possibly due to a lack of knowledge and understanding of the amount of natural light necessary for a room containing sculptures. To summarize the issues mentioned, the amount of natural light introduced into a room containing sculpture works were somewhat lower for this study than the benchmark. Furthermore, the research was unable to make sufficient light for use or suitable light for the user. Therefore, this study will need to focus on finding solutions to the problems encountered in design improvement and make recommendations on

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ways for bringing natural light into buildings in sufficient amounts for maximum efficiency and effectiveness in sculpting artwork.

The research methodology was divided into three steps: The first step consisted of studying and analyzing the overall composition of the sculpture from the building lab samples. The second step was concerned with the nature of the trial. And the third involved the analysis of physical variables influencing the implementation of natural light into the building with ability to reflect or emit natural light entering rooms and their interiors, including the form, shape, color and materials. Also included are the depth of the shelf from the reflective (Light Shelve), the form and shape different shelves, outdoor Reflective (Exterior Light Shelve), reflexives mixed shelves (Combined Light Shelve), reflections of a curtain shelf reflective second layer (Blind Light Shelve), a 25-degree tilt, a 35-degree tilt from the other and sized at approximately 1.50 meters and 1.20 meters, installed at the reflective shelf heights of 2.00 and 2.50 meters as in the final summary and evaluation of the experiments. The means for recording the brightness level and the comparison and contrast evaluation between the bright light outside the room and the interior light was expressed in the form of the Daylight Factor (DF.). A model was used in the experiment to analyze and compare the effectiveness of the reflective shelves in terms of whether or not they were able to reflect and transmit light into the room as in the research hypothesis.

According to the findings regarding the introduction of natural light into the room to optimize efficiency by using reflective shelves (Light Shelve) in various forms were the three reflective shelves with the highest Daylight Factor values (DF) were the reflective shelves tilted 35 degrees, 1.50 meters wide with silver reflective material, two 35-degree tilted reflective shelves sized 1.20 m. wide with silver reflective material and the 35-degree tilt reflective shelves sized 1.50-meters wide with white surface material

The experimental and analytical evaluation concluded that a reflective shelf tilted 35 degrees, 1.50 meters wide with silver reflective surface material is a form of reflective shelf that effectively reflects natural light from the opening section to the optimal depth for the maximum Daylight Factor (DF.) of 31% (The results) and the illuminance inside the room are up to 8%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยดี จากคำแนะนำชี้แนะแนวทาง รวมทั้งตรวจทานแก้ไขในจุดบกพร่องต่าง ๆ พร้อมกับการให้คำปรึกษาในการทำวิจัยทุกขั้นตอน จาก รศ.กฤษฎา อินทรสถิตย์ ซึ่งท่านคืออาจารย์ผู้ควบคุมงานวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้าเป็นผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

อาจารย์ประจำกลุ่มวิชาสถาปัตยกรรมภายใน ที่คอยอบรมให้คำแนะนำ ตลอดจนให้คำปรึกษาในเรื่องของการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณคณะอาจารย์ นักศึกษา และ ผู้ที่เกี่ยวข้องจาก 4 สถาบันได้แก่

1.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2.มหาวิทยาลัยศิลปากร

3.วิทยาเขตเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

4.สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์

ที่ได้ช่วยเหลือในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่เพื่อนำมาศึกษาในงานวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้กำลังใจที่ดีต่อผู้วิจัยอย่างใกล้ชิดตลอดมา

ขอขอบคุณแรงใจที่ดีจากคุณณัฐพัชร ลิมะวุฒิกุลที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีให้แก่ผู้วิจัยตลอดมาจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จ

งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงลงได้เลยถ้าขาดแรงบันดาลใจในการศึกษา พร้อมทั้งกำลังใจที่ดียามที่ผู้วิจัยเหนื่อยและท้อแท้จากคุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัวอันเป็นที่รัก

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งที่ผู้วิจัยได้เอ่ยนามและมิได้เอ่ยนาม

ผู้วิจัยหวังว่าผลงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้อาจจะเป็นประโยชน์สำหรับนักศึกษา และผู้ประกอบวิชาชีพที่ต้องการศึกษาผลงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เพื่อเป็นแนวทางทั้งในด้านของการเรียน และด้านการปฏิบัติงานในสาขาวิชาชีพเพื่อให้เกิดผลประโยชน์ไม่มากก็น้อย

ปรางทอง ชั่งธรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... III

กิตติกรรมประกาศ..... IV

สารบัญ..... VI

สารบัญรูป..... XVIII

สารบัญตาราง..... XXV

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย..... 2

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....

1.4 สมมุติฐานของการวิจัย..... 3

1.5 ขอบเขตของการวิจัย..... 3

1.6 ขั้นตอนของวิจัย..... 7

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษางานวิจัย..... 7

1.8 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษางานวิจัย..... 8

1.9 คำนิยามและคำศัพท์เทคนิค..... 9

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การมองเห็น..... 12

2.1.1 ธรรมชาติของการมองเห็น..... 12

2.1.2 มุมของสายตา..... 13

2.1.3 สภาวะความสบายทางสายตา..... 14

2.1.4 ปัจจัยในการมองเห็น..... 15

2.2 ทฤษฎีและคำนิยามที่เกี่ยวกับเรื่องของแสง..... 16

2.2.1 สีของแสง..... 17

2.2.2 แหล่งกำเนิดแสงสว่าง (Light Source) 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.3 ทิศทางของแสง..... 19

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติ..... 20

2.3.1 การกำเนิดของแสงธรรมชาติ..... 20

2.3.2 การกำเนิดของแสงประดิษฐ์ (Artificial Light)..... 22

2.3.3 แสงจ้า (Glare) 22

2.3.4 ความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity)..... 25

2.3.5 การมองเห็นและการปรับตัวของตาต่อแสง..... 25

2.3.6 แสงกับการมองเห็น..... 25

2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับพฤติกรรมของแสง..... 26

2.4.1 การกระจายแสง..... 27

2.4.2 การสะท้อนของแสง..... 27

2.4.3 การดูดกลืน..... 30

2.4.4 ความจ้า (Brightness) หรือ ความสว่าง..... 31

2.4.5 การเลี้ยวเบนและการแทรกสอด..... 31

2.4.6 การส่องผ่าน..... 32

2.4.7 การเกิดเงา (Shadow)..... 33

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับการส่องสว่าง..... 34

2.5.1 ค่าความสว่าง (Luminance)..... 35

2.5.2 ความสว่าง..... 35

2.5.3 มาตราฐานการวัดความสบายทางแสงสว่าง (Lighting Comfort Index)... 39

2.5.4 หน่วยที่ใช้ในการวัดความสว่าง..... 39

2.6 ลักษณะของการโคจรของดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อกรุงเทพมหานคร..... 41

2.6.1 ปริมาณแสงสว่างและรังสีดวงอาทิตย์

ของกรุงเทพมหานคร (Radiation luminance)..... 42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6.2 สภาพท้องฟ้า..... 45

2.7 แสงธรรมชาติ (Daylight Factor)..... 56

2.8 การนำแสงธรรมชาติไปใช้งาน..... 56

2.8.1 ปัญหาในการนำแสงธรรมชาติมาใช้สำหรับภูมิภาคเขตร้อนชื้น..... 57

2.8.2 การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร..... 59

2.8.3 การนำปริมาณแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่อาคาร..... 64

2.8.4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร..... 64

2.8.5 รูปแบบการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคาร..... 68

2.8.6 เทคนิคการประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในการออกแบบจริง..... 71

2.8.7 การนำปริมาณแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่ตัวอาคาร..... 76

2.9 การพิจารณาระดับความสว่างภายในอาคาร..... 78

2.9.1 การพิจารณาจากความเข้มของแสงรวม (Absolute Illuminance)..... 78

2.9.2 การพิจารณาโดยอาศัยอัตราส่วนระดับความเข้ม
ของแสงภายในต่อภายนอกอาคาร (Relative Illuminance)..... 78

2.10 แนวทางการออกแบบแสงสว่างภายในห้องเรียน..... 86

2.10.1 หลักการให้แสงสว่างธรรมชาติ..... 86

2.10.2 ตำแหน่งและรูปแบบของช่องแสง..... 87

2.10.3 ช่องเปิดที่มีผลกับสภาพแสงสว่างภายใน..... 88

2.10.4 แผงบังแดด (Shading devices)..... 91

2.10.5 หิ้งสะท้อนแสง (Light shelve)..... 92

2.11 ค่าความสว่างที่เหมาะสมกับกิจกรรมต่าง ๆ ในห้องเรียน..... 96

2.11.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องการออกแบบแสงสว่างในห้องเรียน..... 97

2.11.2 ลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมกับห้องเรียน..... 99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

3.1 ประเภทของงานวิจัย..... 100

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง..... 101

3.3 เครื่องมือในการวิจัย..... 106

3.4 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา..... 111

3.5 การศึกษาวิเคราะห์ค่าความสว่างภายในห้องปั้น..... 113

3.6 การศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยทางกายภาพทั่วไปของ Light Shelve..... 115

3.7 การศึกษาวิเคราะห์รูปแบบของ Light Shelve ที่เหมาะสม..... 117

3.7.1 การวิเคราะห์ความสูง , ความลึก และ รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง..... 117

3.7.2 การวิเคราะห์รูปแบบต่าง ๆ ของ Light Shelve..... 118

3.8 การศึกษาวิเคราะห์เลือกวัสดุและสี
ของหิ้งสะท้อนแสง Light Shelve ที่เหมาะสม..... 120

3.9 การศึกษาวิเคราะห์เลือกขนาดความลึก
ของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)ที่เหมาะสม..... 122

3.10 การกำหนดลักษณะของการทดลองเพื่อทำการศึกษาถึงลักษณะ
ของการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในห้องปั้น..... 123

3.11 วิธีดำเนินงานวิจัย..... 125

บทที่ 4 ผลการทดลองการวิจัย

4.1 วัตถุประสงค์ในการทดลองเพื่อเลือกลักษณะ
ของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม..... 132

4.2 การรวบรวมผลการทดลองเพื่อเลือกลักษณะ
ของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม..... 135

4.2.1 กรณีที่ไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง(Non Light Shelve)..... 136

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.2 กรณีที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)..... 139

1. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

1.1 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่น

หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 139

1.2 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่น

หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 142

2. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve

2.1 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่น

หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 145

2.2 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่น

หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 148

3. หิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve)

3.1 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่น

หิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve)

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 151

3.2 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่น

หิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve)

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 154

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.3 การทดลองเพื่อเลือกสีและวัสดุ
ของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม
1. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
1.1 ผลการทดลองในเรื่องสีและวัสดุ
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมต..... 157
1.2 ผลการทดลองในเรื่องสีและวัสดุ
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 160
1.3 ผลการทดลองในเรื่องสีและวัสดุ
แบบหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 163
1.4 ผลการทดลองในเรื่องสีและวัสดุ
แบบหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 166
2. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
2.1 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่น
หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ความสูง 2.00 เมตร..... 169

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่น
หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 172
2.3 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่น
หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 175
2.4 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่น
หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 178
4.2.4 การทดลองเพื่อหาระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม
รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.00 เมตร
1. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
1.1 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูง
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 181
1.2 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูง
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 184

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

1.3 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูง
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 187
1.4 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูง
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 190
2. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
2.1 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูง
หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 193
2.2 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูง
หิ้งสะท้อนแสง แบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 196
2.3 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูง
หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 199

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 ผลการทดลองในเรื่องสีและวัสดุ
หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 202
รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร
1. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
1.1 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูง
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร..... 205
1.2 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูง
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร..... 208
1.3 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูง
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร..... 211
1.4 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูง
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร..... 214

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)

2.1 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูง

หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร..... 217

2.2 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูง

หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร..... 220

2.3 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูง

หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร..... 223

2.4 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูง

หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร..... 226

4.2.5 การทดลองเพื่อเลือกหารูปทรงของ

หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม

1.หิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25°

1.1 ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25°

ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 229

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

1.2 ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25°
ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 232
1.3 ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 235
1.4 ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 238
2.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 35°
2.1 ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35°
ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 241
2.2 ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35°
ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 244
2.3 ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 247
2.4 ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลจากการทดลอง..... 267

5.2 ลักษณะของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่ได้จากการศึกษา..... 273

1. ลักษณะของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)..... 273

2. วัสดุที่นำมาผลิตหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)..... 274

3. การดูแลรักษาหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) 275

5.3 ข้อเสนอแนะหลังสรุปผลจากการศึกษาและการทดลอง..... 275

5.4 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย..... 276

บรรณานุกรม..... 277

ประวัติผู้เขียน..... 280

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

1.1 แสดงลักษณะของห้องประติมากรรม
ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง..... 3

1.2 แสดงลักษณะของห้องประติมากรรม
ของมหาวิทยาลัยศิลปกร (ขณะที่ถ่ายมีการซ่อมแซมอาคารเรียน)..... 4

1.3 แสดงลักษณะของห้องประติมากรรม
ของวิทยาเขตเพาะช่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์..... 5

1.4 แสดงลักษณะของห้องประติมากรรมของสถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์..... 6

1.5 แสดงขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย..... 10

2.1 แสดงหน้าตัดของลูกตา..... 12

2.2 แสดงขอบเขตการมองของตาในระนาบแนวตั้ง..... 14

2.3 แสดงขอบเขตการมองของตาในระนาบแนวนอน..... 14

2.4 แสดงระดับความจ้าของแสงที่ตายอมรับได้ในมุมต่าง ๆ..... 15

2.5 แสดงช่วงคลื่นสเปกตรัม..... 17

2.6 แสดงการผสมแสงสีปฐมภูมิไผสมกันบนฉากสีขาวในห้องมืด..... 17

2.7 แสดงลักษณะของแสงสีสีเติมเต็ม..... 18

2.8 แสดงการเกิดแสงจ้าโดยตรงและแสงบาดตา..... 23

2.9 แสดงการกระจายของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง
ซึ่งมีการกระจายแสงออกเป็นหลาย ๆ ลักษณะ..... 27

2.10 แสดงการกระจายของแสง..... 27

2.11 แสดงการสะท้อนของแสง..... 28

2.12 แสดงลักษณะของการสะท้อนของแสงแบบกระจกเงา..... 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.13 แสดงการสะท้อนของแสงที่วัตถุไม่เรียบ
แบบสม่ำเสมออย่างสมบูรณ์ (Perfectly Diffusing Surface)..... 29
2.14 แสดงการสะท้อนของแสงที่วัตถุไม่เรียบแบบไม่สม่ำเสมอ(Semi Diffuse Surface)..... 29
2.15 แสดงการสะท้อนของแสงแบบผสม (Combined Specula & Diffuse Reflection)..... 29
2.16 แสดงมุมตกกระทบของแสง เป็นมุมที่เกิดขึ้นจากแนวรังสีแสง (LP)
ซึ่งส่องจากจุดกำเนิดแสงกับแนวระนาบฉากที่ผิวหน้าวัตถุ (NP)
มุมสะท้อน (NPR) เป็นมุมระหว่างแนวระนาบฉากกับแนวรังสีสะท้อน (RP)
มุม LPN และมุม NPR จะมีค่าเท่ากันเสมอ..... 30
2.17 แสดงการดูดกลืนแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง..... 30
2.18 แสดงความสัมพันธ์ของการส่องสว่างกับความข้า..... 31
2.19 แสดงการใช้หลักการของฮอยเกนส์..... 31
2.20 แสดงการส่องผ่านของแสงผ่านตัวกลางโปร่งใสแล้วเกิดการหักเหของแสง..... 32
2.21 แสดงการส่องผ่านของแสงผ่านตัวกลางโปร่งแสง..... 33
2.22 แสดงลักษณะของเงาบนวัตถุ (Attached Shadow)
และเงาที่ทอดผ่านวัตถุ (Cast Shadow)..... 34
2.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการส่องสว่างที่ดีและปัจจัยที่ทำให้เกิดการส่องสว่างที่ดี..... 35
2.24 แสดงปริมาณแห่งการส่องสว่างหรือการส่องสว่าง
ซึ่งจะลดลงเมื่อระยะทางเปลี่ยนแปลงไปโดยจะแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง..... 37
2.25 แสดงการเปรียบเทียบความเปรียบต่าง..... 38
2.26 แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยวัดแสงสว่างในรูปของฟุตแคนเดิลและลักซ์..... 40
2.27 แสดงลักษณะของเครื่องวัดปริมาณแห่งการส่องสว่าง
ซึ่งมีฟุตแคนเดิลมิเตอร์ และ ลักซ์มิเตอร์..... 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.28 แสดงตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์ในเขตกรุงเทพมหานคร (14 องศาเหนือ)
ในวันที่ 21 ของเดือนธันวาคม เดือนมีนาคม เดือนกันยายนและเดือนมิถุนายน..... 42
2.29 แสดงตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์และทิศทางลมในเขตกรุงเทพมหานคร
SOLAR CHART ANDANNUAL WIND SPEED..... 42
2.30 แสดงค่าความส่องสว่างรวมเฉลี่ยทุก 1 ชั่วโมง..... 43
2.31 แสดงลักษณะของท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมทั้งหมด CIE Overcast Sky..... 45
2.32 แสดงสภาพท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky)..... 46
2.33 แสดงสภาพท้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานครในช่วงระยะเวลา 10 ปี
(ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2533-2542)..... 48
2.35 แสดงลักษณะมุมการบังของอาคารข้างเคียงตามวิธีการคำนวณแบบ C.I.E..... 55
2.36 แสดงสัดส่วนระหว่างความสูงของช่องเปิด ต่อความลึกที่สามารถนำแสงธรรมชาติ..... 57
2.37 แสดงความจ้าที่สายตายอมรับได้ในมุมมอง (Angle of degrees)
ที่แตกต่างกันค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยโดยประมาณ
ของความสว่าง (Average luminance) ที่สายตา..... 60
2.38 แสดงการเปรียบเทียบระดับความสว่างภายในห้องเมื่อใช้กระจกใสและกระจกตัดแสง
กับช่องแสงด้านข้างเพื่อแก้ปัญหาความจ้าของแสงเมื่อใช้กระจกตัดแสงทำให้แสงเข้ามา
ภายในได้น้อยลง Daylight curve ของกระจกตัดแสงจึงต่ำกว่ากระจกใส
ยอมรับได้หน่อยเป็นฟุต-แลมเบิร์ตเข้ามาใช้ภายในอาคาร..... 61
2.39 แสดงกรณีที่สภาพแวดล้อมภายนอกอาคารเป็นอาคารที่มีพื้นผิวสีอ่อน
ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสงสูง..... 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.40 แสดงการเปรียบเทียบระดับความสว่างภายในห้องเมื่อเปรียบเทียบตำแหน่งของช่องแสงที่อยู่สูงกว่าเพื่อให้สามารถดึงแสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องได้ลึกมากขึ้น..... 62
2.41 แสดงสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารเป็นต้นไม้ที่มีค่าการสะท้อนแสงต่ำทำให้ช่วงแสงสะท้อนที่เข้าสู่สายตาผู้ใช้อาคาร..... 62
2.42 แสดงตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณค่าความเข้มแสงบนระนาบ..... 62
2.43 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มของแสงบนระนาบที่เกิดจากมุมตกกระทบที่ต่างกัน..... 63
2.44 แสดงการเปรียบเทียบมุมตกกระทบของแสงบนระนาบที่ต่างกันเมื่อมีปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่ทำงานเท่ากัน..... 63
2.45 แสดงถึงอัตราส่วนระยะความลึกที่สุดที่สามารถใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารได้..... 66
2.46 แสดงถึงรูปแบบการวางผังพื้นที่ส่วนกลางของอาคาร..... 66
2.47 แสดงการเข้าของแสงธรรมชาติเข้าทางด้านข้างอาคาร..... 68
2.48 แสดงBuilding Footprint..... 68
2.49 แสดงการเข้าของแสงธรรมชาติเข้าทางด้านบนของอาคาร..... 69
2.50 แสดงลักษณะของปริมาณแสงภายในอาคารที่เกิดจากแสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านบนของอาคาร (Top lighting)..... 70
2.51 แสดงลักษณะของปริมาณแสงภายในอาคารที่เกิดจากแสงธรรมชาติที่ผ่านช่องเปิดทางด้านข้างของอาคาร (Side lighting)..... 70
2.52 แสดงการเปรียบเทียบระดับของความสว่างและระดับความสว่างที่มนุษย์ต้องการ..... 72
2.53 แสดงการใช้ช่องแสงด้านบนซึ่งแสงธรรมชาติสามารถผ่านเข้ามาภายในได้ลึกกว่าแสงด้านข้าง..... 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.54 แสดงการใช้ช่องแสงด่านข้างร่มกับช่องแสงด้านบนเพื่อดึงแสงธรรมชาติ
ให้สามารถผ่านเข้ามาภายในได้ลึกมากขึ้นและเปิดมุมมองออกสู่ภายนอก
เพื่อสร้างทัศนวิสัยที่ดีสำหรับผู้ใช้อาคาร..... 73
2.55 แสดงการใช้หิ้งสะท้อนแสงเพื่อช่วยดึงแสงธรรมชาติ
เข้ามาภายในอาคารได้ลึกมากขึ้น..... 73
2.56 แสดงระดับความสว่างของแสงธรรมชาติที่เข้ามาได้ลึกมากกว่า
เมื่อทำการเปรียบเทียบตำแหน่งของช่องแสงด้านบนให้สูงขึ้น..... 75
2.57 แสดงการะดับความสว่างของแสงธรรมชาติในอาคารเมื่อเปลี่ยนตำแหน่ง
ของช่องแสงด้านบนให้สูงขึ้นและลึกเข้าไปภายในอาคาร..... 75
2.58 แสดงการพิจารณาระดับความสว่างภายในด้วยการพิจารณาแบบ Lumen method..... 79
2.59 แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งอ้างอิงที่ใช้สำหรับวัดปริมาณความสว่างของแสง..... 79
2.60 แสดงลักษณะขององค์ประกอบในการคำนวณวิธีลูเมน..... 82
2.61 แสดงลักษณะประกอบที่เกี่ยวข้องกับวิธีการ DF..... 84
2.62 แสดงสัดส่วนความสูงของช่องเปิดต่อความลึกของห้องที่แสงธรรมชาติจะเข้าได้ถึง..... 88
2.63 แสดงการเปรียบเทียบความสูงของหน้าต่างที่มีความสัมพันธ์
ต่อการส่องผ่านของแสงและแสดงการเปรียบเทียบ
ปริมาณการส่องสว่างของหน้าต่าง 2 ด้านที่ความสูงต่างกัน..... 89
2.64 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่าง
จากการปรับเปลี่ยนความยาวของหน้าต่าง..... 89
2.65 แสดงแผงกันแดดในรูปแบบต่าง ๆ ในแนวระดับ..... 91
2.66 แสดงแผงกันแดดในรูปแบบต่าง ๆ ในแนวตั้ง..... 91
2.67 แสดงแผงกันแดดในรูปแบบผสม..... 92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.68 แสดงรูปทั่วไปของหิ้งสะท้อนแสงที่ช่วยเพิ่มกระจายแสงเข้าสู่ตัวอาคาร..... 93

2.69 รูปภาพแสดงรูปทั่วไปของหิ้งสะท้อนแสง (Light shelve) ที่มีการใช้การใช้งานจริง..... 95

3.1 แสดงแปลนของหุ่นทดลองที่ใช้ในการวิจัย..... 106

3.2 แสดงรูปด้านหน้าของหุ่นทดลองที่ใช้ในการวิจัย..... 106

3.3 แสดงลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลองที่ใช้ในการวิจัย..... 107

3.4 แสดงตำแหน่งของเครื่องวัดแสงภายในหุ่นทดลอง..... 108

3.5 แสดงรูปตัดและสัดส่วนของหุ่นทดลอง..... 108

3.6 แสดงเครื่องวัดแสงชื่อHobo Light Intensity Data Logger..... 109

3.7 แสดงวิธีการใช้เครื่องมือขณะทำการทดลอง..... 110

3.8 แสดงกล้องถ่ายภาพดิจิตอลยี่ห้อ Olympus รุ่น SP-550 UZ..... 110

3.9 แสดงเครื่องคอมพิวเตอร์ยี่ห้อ Compaq รุ่น Presario M2000..... 111

3.10 แสดงปัจจัยกายภาพที่ใช้พิจารณาในการออกแบบหิ้งสะท้อน (Light Shelve)..... 117

3.11 แสดงรูปตัดระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงที่ไม่มีที่บังสายตา..... 117

3.12 แสดงรูปตัดความลึกของหิ้งสะท้อนแสง..... 118

3.13 แสดงวัสดุและสีของ Light Shelve ที่ใช้ในการทดลอง..... 122

3.14 แสดงรูปแบบและขนาดของหุ่นจำลองที่ใช้ในการวิจัย..... 124

3.15 แสดงถึงลักษณะภายนอกของเครื่องจำลองสภาวะแสงธรรมชาติ (Daylight)..... 125

3.16 แสดงถึงลักษณะภายในของเครื่องจำลองสภาวะแสงธรรมชาติ (Daylight)..... 125

3.17 แสดง PLAN และ ELEVATION ลักษณะของหุ่นจำลอง..... 127

4.1 แสดงลักษณะของข้อดี-ข้อเสียของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)..... 133

5.1 แสดงลักษณะ Plan ของหุ่นทดลองซึ่งมีขนาด 10.00 x 15.00 x 4.00 เมตร..... 267

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.2 แสดงลักษณะ Elevation ของหุ่นทดลอง

กรณีที่ไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Non Light Shelve)..... 267

5.3 แสดงลักษณะรูปตัดของของหุ่นทดลอง

ในกรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบต่าง ๆ.....

268 5.4 แสดงลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ประเภทหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่มีรูปทรงแบบเอียง 35°

ขนาด 1.50 เมตร ซึ่งมีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง..... 273

5.5 แสดงปริมาณของแสงที่เข้ามาภายในหุ่นทดลอง..... 274

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงอัตราส่วนความเปรียบต่างระหว่างชิ้นงานกับพื้นที่ที่อยู่ใกล้เคียง..... 15

2.2 แสดงประเภทต่าง ๆ ของแสงจ้า..... 24

2.3 แสดงมาตราฐานการวัดแสงสว่างของสถาบันต่าง ๆ..... 39

2.4 แสดงหน่วย SI ของการวัดแสง..... 40

2.5 แสดงค่าเฉลี่ยความส่องสว่างรวมของท้องฟ้าทุก 1 ชั่วโมง (K.lux)
Hourly mean values of global luminance (Klux)
by calendar month. (Solar time)..... 43

2.6 แสดงค่าความถี่ของความส่องสว่างภายนอกในลักษณะแนวระนาบของกรุงเทพฯ..... 44

2.7 แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐานส่องสว่าง
ระหว่าง CLE และ LES (USA) ตามประเภทการใช้งาน..... 49

2.8 แสดงการเปรียบเทียบมาตราฐานส่องสว่างระหว่าง CLE และ LES (USA)
และมาตราฐานการกำหนดค่า Daylight Factor ตามประเภทการใช้งาน (บางส่วน)..... 50

2.9 แสดงมาตราฐานค่าการสะท้อนแสงและค่าการส่องสว่างของวัสดุ..... 51

2.10 แสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายนอกอาคาร..... 52

2.11 แสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในอาคาร..... 53

2.12 แสดงค่าประกอบการสะท้อนแสง..... 54

2.13 แสดงค่าประกอบการสะท้อนของสีและวัสดุ..... 54

2.14 แสดงถึงปัจจัยเชิงทฤษฎีที่ส่งผลต่อการใช้แสงธรรมชาติในอาคาร..... 64

2.15 แสดงตัวแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแสง..... 84

2.16 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนพื้นที่ใช้งานประจำ
ที่ได้แสงธรรมชาติและคะแนนที่ได้..... 85

2.17 แสดงการเปรียบเทียบสภาพแสงธรรมชาติในแต่ละทิศทาง..... 87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

2.18 แสดงรูปทรงและคุณสมบัติของแผงกันแดดภายนอกอาคาร..... 95

2.19 แสดงความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ใช้สอยต่าง ๆ..... 96

2.20 แสดงค่าการสะท้อนของวัสดุภายในอาคาร..... 98

3.1 แสดงค่าขั้นตอนการดำเนินงาน..... 99

3.2 แสดงลักษณะทางกายภาพของกลุ่มอาคารกรณีศึกษา
ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง..... 102

3.3 แสดงลักษณะทางกายภาพของกลุ่มอาคารกรณีศึกษาของมหาวิทยาลัยศิลปากร..... 103

3.4 แสดงลักษณะทางกายภาพของกลุ่มอาคารกรณีศึกษาของสถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์..... 104

3.5 แสดงลักษณะทางกายภาพของกลุ่มอาคารกรณีศึกษา
ของวิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์..... 105

3.6 แสดงค่า Daylight Factor สำหรับพื้นที่ใช้งานต่าง..... 113

3.7 แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างที่ CIE กำหนด..... 113

3.8 ตารางแสดงปริมาณค่าการส่องสว่าง จากภายนอก
เมื่อคำนวณด้วยค่า Daylight Factor (%) ที่ต้องการทดลอง..... 114

3.9 แสดงคุณสมบัติและอิทธิพลของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)
ในการเพิ่มระดับของค่าความสว่าง..... 116

3.10 แสดงการวิเคราะห์รูปแบบต่าง ๆ ของหิ้งสะท้อนแสง..... 119

3.11 แสดงค่าตัวประกอบการสะท้อนแสงของวัสดุและสี..... 120

4.1 ตารางแสดงค่าแสงของห้องชนิดไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Non Light Shelve)..... 136

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.2 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.)
เฉพาะโซนของห้องชนิดที่ไม่มีการ
ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Non Light Shelve)
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 โซน
คือ โซน A และ โซน B..... 138

4.3 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 139

4.4 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องที่มีการติดตั้ง
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซนA และโซน B..... 141

4.5 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 142

4.6 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้ง
สะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 144

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.7 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบผสม (Combined Light Shelve)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 145

4.8 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (DF.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มี
การติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง แบบผสม (Combined Light Shelve)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 147

4.9 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบผสม (Combined Light Shelve)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 148

4.10 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม
(Combined Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็น2 โซน คือ โซนA และ โซนB..... 150

4.11 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น
(Blind Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 151

4.12 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการ
ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve)
ขนาด 1.20 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซนAและโซน B..... 153

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.13 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 154

4.14 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิด
ที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve)
ขนาด 1.50 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซนA และโซนB..... 156

4.15 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 157

4.16 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิด
ที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว(สีพลาสติกทาภายใน)ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 159

4.17 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.18 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิด
ที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 162

4.19 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด1.20 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 163

4.20 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิด
ที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และ โซน B..... 165

4.21 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.50 เมตร
ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 166

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.22 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้ง
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซนA และโซน B..... 168

4.23 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 169

4.24 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้ง
หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 171

4.25 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม
(Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 172

4.26 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.)
ห้องชนิดที่มีการติดตั้งแบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับ ความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็น2 โซน คือ โซนA และ โซนB..... 174

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.27 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 175

4.28 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้ง
หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 177

4.29 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 178

4.30 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้ง
หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็น โซน A และโซน B..... 180

4.31 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 181

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.32 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้ง
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 183

4.33 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 184

4.34 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้ง
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 186

4.35 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 187

4.36 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้ง
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 189

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.37 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 190

4.38 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้ง
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 192

4.39 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 193

4.40 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.)เฉพาะโซนของ
ห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 195

4.41 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 196

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.42 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน
แบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็น2 โซนคือ โซนA และ โซนB..... 198
4.39 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร
ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 199
4.40 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้ง
หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 201
4.41 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 202
4.42 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องที่มีการติดตั้ง
หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 204

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.43 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร..... 205

4.44 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้ง
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 207

4.45 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร
ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร..... 208

4.46 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้ง
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 210

4.47 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง2.50 เมตร..... 211

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.48 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้อง
ที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 213
4.49 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร..... 214
4.50 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิด
ที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 216
4.51 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร..... 217
4.52 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้อง
ที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 219

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.53 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม
(Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร..... 222

4.54 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้อง
ที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 222

4.55 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร..... 223

4.56 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องที่มีการติดตั้ง
หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 225

4.57 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง
แบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร..... 226

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.58 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้อง
ที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 228

4.59 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 229

4.60 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้อง
ที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 231

4.61 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 232

4.62 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้อง
ที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และ โซน B..... 234

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.63 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 235

4.64 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้อง
ที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 237

4.65 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 238

4.66 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้อง
ที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และ โซน B..... 240

4.67 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 241

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.68 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้อง
ที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และ โซน B..... 243

4.69 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 244

4.70 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้อง
ที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และ โซน B..... 246

4.71 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 247

4.72 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้อง
ที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 249

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.73 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35°
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 250

4.74 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (DF.) เฉพาะโซนของห้อง
ที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35° ขนาด 1.50 เมตร
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร
เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B..... 252

4.75 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)
ที่อยู่ในอันดับที่ 1 และ อันดับที่ 2..... 253

4.76 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)
ที่อยู่ในอันดับที่ 3 และ อันดับที่ 4..... 254

4.77 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)
ที่อยู่ในอันดับที่ 5 และ อันดับที่ 6..... 255

4.78 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)
ที่อยู่ในอันดับที่ 7 และ อันดับที่ 8..... 256

4.79 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)
ที่อยู่ในอันดับที่ 9 และ อันดับที่ 10..... 257

4.80 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)
ที่อยู่ในอันดับที่ 11 และ อันดับที่ 12..... 258

4.81 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)
ที่อยู่ในอันดับที่ 13 และ อันดับที่ 14..... 259

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.82 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 15 และ อันดับที่ 16..... 260

4.83 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 17 และ อันดับที่ 18..... 261

4.84 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 19 และ อันดับที่ 20..... 262

4.85 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 21 และ อันดับที่ 22..... 263

4.86 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 23 และ อันดับที่ 24..... 264

4.87 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 25 และ อันดับที่ 26..... 265

5.1 แสดงผลค่า Daylight Factor (DF.) ของรูปแบบหิ้งสะท้อนแสง..... 268

5.2 แสดงผลค่า Daylight Factor (DF.) ของและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสงหิ้งสะท้อนแสง... 269

5.3 แสดงผลค่า Daylight Factor (DF.)ของระดับความสูงสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 270

5.4 แสดงผลค่า Daylight Factor (DF.) ของระดับความสูงสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร..... 271

5.5 แสดงผลค่า Daylight Factor (DF.) ของรูปทรงหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร..... 272

5.6 แสดงรายละเอียดผลการทดลองของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่มีรูปทรงแบบเอียง 35 องศาขนาด 1.50 เมตร ซึ่งมีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง..... 274

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

5.7 แสดงค่าความเปลี่ยนแปลงของความสว่างภายในทั้งห้อง..... 274

5.8 แสดงลักษณะของคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิต
หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) 275

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มนุษย์สามารถมองเห็นวัตถุในความสว่างที่เหมาะสมกับกิจกรรมต่าง ๆ จะถือว่าเป็นค่าที่สบายตามากที่สุดไม่ว่าจะเป็นแสงจากธรรมชาติหรือแสงจากหลอดไฟ แต่จากลักษณะของการใช้งานทั่วไปในปัจจุบันนั้นถือว่ามนุษย์เรานั้นละเลย ในบางครั้งจะมองว่าเป็นเรื่องที่ไม่สำคัญ เพราะเนื่องจากเราสามารถสร้างแสงจากหลอดไฟมาทดแทนแสงธรรมชาติที่ขาดหายไปภายในห้องหรือภายในสถานที่นั้น ๆ ได้ ในงานวิจัยฉบับนี้จะกล่าวถึงความต้องการในเรื่องของแสงธรรมชาติภายในห้องปฏิบัติงานวิชาประติมากรรมจึงอาจจะเน้นในเรื่องของลักษณะของความต้องการแสงธรรมชาติมากกว่าแสงประดิษฐ์ เนื่องจากการศึกษาหาข้อมูลพบว่าลักษณะของการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งาน นั้นไม่ถูกวิธี หรือ ขาดความรู้ ความเข้าใจในความต้องการของปริมาณของแสงธรรมชาติภายในห้องปฏิบัติงาน

เพราะฉะนั้นจึงทำการสรุปประเด็นปัญหาดังที่กล่าวมาก็คือ ปริมาณของความต้องการใช้แสงธรรมชาติที่นำเข้ามาใช้ภายในห้องเรียนประเภทห้องเรียนประติมากรรม มีค่าค่อนข้างต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานจึงอาจจะทำให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการสำหรับผู้ที่จะต้องการและเหมาะสมต่อผู้ที่เข้ามาใช้ภายในห้องเรียน ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อต้องการที่จะมุ่งเน้นในเรื่องของการหาแนวทางการแก้ไขปัญหาในเรื่องของงานออกแบบ การปรับปรุงและทำการเสนอแนะในเรื่องของวิธีการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร เพื่อที่จะเพียงพอต่อประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของผู้ที่เข้าใช้ภายในอาคารเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อผลงานที่กำลังปฏิบัติงานประติมากรรมมากที่สุด

มนุษย์เราจะไม่สามารถมองเห็นสิ่งที่สวยงามและวิจิตรพิสดารในโลกนี้ได้หากปราศจากแสงทั้งนี้ เพราะการมองเห็นของมนุษย์จำเป็นต้องอาศัยแสงสว่าง แสงมีอิทธิพลต่องานศิลปะในด้านต่างๆตั้งแต่ ขนาด มิติ สีสัน อุณหภูมิ ความชัดเจน รายละเอียด รวมไปถึงอารมณ์ที่ผู้ชมจะได้รับ ทั้งนี้เพราะสรรพสิ่งต่างๆที่เรามองเห็นล้วนอยู่ภายใต้อิทธิพลจากตัวแปรของแสง เช่น ตำแหน่งแสง อุณหภูมิแสง ความสว่าง ประเภทของแสงเป็นต้น หากเป็นแสงในธรรมชาติ ก็จะขึ้นอยู่กับเวลา เช่น ยามเช้า กลางวัน หรือเย็นเป็นต้น เราสามารถกำหนดเงื่อนไขตัวแปรเหล่านี้ได้ด้วย การจัดแสง (Lighting) ซึ่งเป็นศิลปะที่มีความละเอียดลละออ ต้องอาศัยประสบการณ์จากการสังเกตร่วมกับความไวในความรู้สึกและจินตนาการของศิลปินและผู้ชม

มนุษย์เราสามารถมองเห็นวัตถุสิ่งของรอบตัวได้เกิดจากแสงที่ส่องออกจากจุดกำเนิดแสง เช่น ดวงอาทิตย์ หรือ หลอดไฟ แล้วมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับผิวหน้าวัตถุ ทำให้วัตถุแสดงคุณสมบัติที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ หาประโยชน์เชิงพาณิชย์ หรือการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิวหน้าออกมา รวมทั้งการปรากฏของเงา ซึ่งเป็นพื้นที่ของช่องว่างที่ปราศจากแสงสว่าง แสงสว่างนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ แต่ลักษณะของแสงก็จะแตกต่างกัน เนื่องจากลักษณะของแหล่งกำเนิดและที่มาของแสงก็จะแตกต่างกัน ดังนั้นลักษณะของการใช้งานก็จะแตกต่างกันไปด้วย สาเหตุเป็นเพราะกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นลักษณะของความต้องการของแสงย่อมต่างกันไปด้วยเช่น การถ่ายภาพ การเขียนและการอ่านหนังสือ การเล่นกีฬาในร่มและกลางแจ้ง เป็นต้น ฉะนั้นความต้องการในเรื่องของความสวยงามของการใช้แสงจึงแตกต่างกัน ดังตัวอย่างที่ต้องการใช้ฝีมือและจิตวิญญาณในเรื่องของความรู้สึกนั่นก็คือ งานประเภทงานประติมากรรม ซึ่งงานที่สามารถแบ่งออกได้หลายแขนงเช่น งานปั้นแบบ 2 มิติ งานปั้นแบบ 3 มิติ งานปั้นแบบนูนต่ำ งานปั้นแบบนูนสูง และงานปั้นแบบลอยตัว งานประเภทนี้เป็นงานที่จะต้องใช้ความละเอียดอ่อนที่จะต้องใช้ความรู้สึก ความสวยงาม และความเข้าใจอย่างถ่องแท้ สิ่งสำคัญของการปฏิบัติงานประติมากรรมคือแสงสว่าง เนื่องจากแสงเป็นตัวกำหนดในเรื่องของเงาที่ตกกระทบทำให้รูปภาพที่ดูจากหุ่นนั้นดูไม่แข็งกระด้างและดูมีชีวิตชีวา อีกทั้งช่วยในเรื่องของการมองเห็นขนาดและสัดส่วนที่ถูกต้องมากที่สุดเพราะการใช้แสงประดิษฐ์ในบางครั้งผู้ใช้นำหลอดของแสงประดิษฐ์ที่ผิดประเภทมาใช้ไม่ถูกวิธีเช่น การนำหลอดที่มีสีออกโทนสีเหลืองนวลหรือหลอดที่มีโทนสีที่สว่างเกินไปอาจจะทำให้ในเรื่องของการมองขนาดหรือในเรื่องของรายละเอียดที่ผิดไปจากเดิม

1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย

จากการศึกษาพื้นที่ของห้องปฏิบัติงานประติมากรรมแล้วพบว่า การจัดทำห้องปั้น(พื้นฐาน)จำเป็นต้องนำแสงธรรมชาติมาใช้ในการปฏิบัติงานและเป็นการสอน พื้นที่ที่อยู่ไกลบริเวณหน้าต่างได้รับแสงธรรมชาติน้อยมีความจำเป็นต้องใช้แสงประดิษฐ์เพิ่มความสว่าง จะทำอย่างไรเพื่อให้แสงธรรมชาติสามารถเข้าไปเพิ่มความสว่างให้กับพื้นที่ที่ได้รับแสงน้อยโดยลดการใช้แสงประดิษฐ์

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาสภาพแวดล้อมทางกายภาพของห้องปฏิบัติการประติมากรรม

1.3.2 ศึกษาตัวแปรและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการนำปริมาณแสงธรรมชาติเพื่อนำเข้ามาใช้ภายในห้องปฏิบัติงานประติมากรรม

1.3.3 ศึกษารูปแบบของช่องเปิดของห้องปฏิบัติงานประติมากรรมที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้การปฏิบัติงานประติมากรรมได้

1.3.4 ศึกษาแนวทางการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในห้องปฏิบัติงานประติมากรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.5 เพื่อสรุปเป็นแนวทางข้อเสนอแนะการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในห้องปฏิบัติการประติมากรรม

1.4 สมมุติฐานของการศึกษางานวิจัย

ขนาดของช่องเปิด ทิศทางของแสง สภาพท้องฟ้าตามฤดูกาลสิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยที่สามารถทำให้แสงธรรมชาติสามารถเข้ามายังภายในอาคาร

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ทำการศึกษาในกลุ่มของสถาบันที่มีการเรียนการสอนวิชาประติมากรรมในระดับอุดมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑลในจำนวน 4 สถาบันได้แก่

1. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้องเรียนอยู่ที่ชั้นหนึ่งของภาควิชาวิจิตรศิลป์ โดยที่มีลักษณะคือด้านหน้าจะเปิดโล่งเพื่อเป็นทางสัญจร และใช้เป็นช่องทางรับแสงอีกทางหนึ่ง มีแสงเข้าเพียงด้านเดียว

รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะของห้องประติมากรรมของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. มหาวิทยาลัยศิลปากร ลักษณะของอาคารเรียนด้านที่รับแสงจะเป็นช่องเปิดขนาดใหญ่ โดยพื้นที่ของผนังก็จะมีการออกแบบเพื่อเอื้อต่อการให้แสงผ่านได้ตลอดความสูง

รูปที่ 1.2 แสดงลักษณะของห้องประติมากรรมของมหาวิทยาลัยศิลปากร (ขณะที่ถ่ายมีการซ่อมแซมอาคารเรียน)

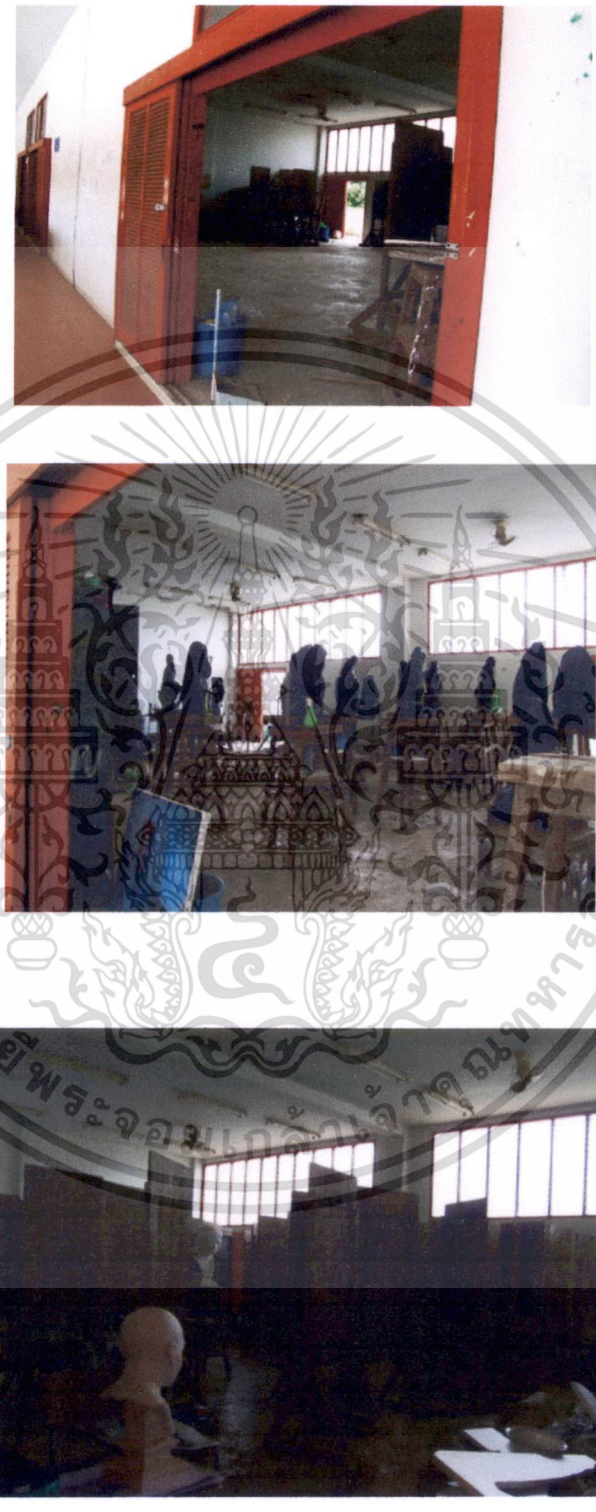
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์วิทยาเขตเพาะช่าง ลักษณะของอาคารเรียนเป็นอาคารเรียนทั่วไป แบ่งชั้นเรียนตามแผนก ลักษณะทางกายภาพของช่องเปิด จากระดับทำงานสูงถึงเพดานให้แสงเข้าสู่ภายในได้เต็มที่

รูปที่ 1.3 แสดงลักษณะของห้องประติมากรรมของวิทยาเขตเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ ลักษณะของห้องเรียนมีการเปิดช่องเปิดตอนเพิ่มรับแสงเพียงด้านเดียว อีกด้านหนึ่งเป็นของประตูบานเลื่อนขนาดใหญ่สำหรับเป็นทางสัญจร



รูปที่ 1.4 แสดงลักษณะของห้องประติมากรรมของสถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.2 ศึกษาเฉพาะในเรื่องของการนำแสงธรรมชาติเข้ามาสู่ภายในห้องปฏิบัติการประติมากรรมโดยกำหนดให้มีแสงสว่างจากด้านข้าง (Side Lighting) ซึ่งจะไม่ครอบคลุมถึงเรื่องการศึกษาในเรื่องของการนำแสงจากด้านบนมาใช้ (Top Light)

1.5.3 ศึกษาหาข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ เฉพาะเรื่อง เช่น ทิศทาง , ขนาด , วัสดุของช่องเปิดและตัวอาคาร

1.5.4 การทดลองจะสร้างแบบจำลองให้อยู่ภายใต้สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky)เนื่องจากเป็นสภาพท้องฟ้าโดยทั่วไปของประเทศไทย

1.5.5 การศึกษาจะมุ่งเน้นในส่วนของความเข้มของแสง การนำแสงเข้าไปในส่วนด้านในของห้องเท่านั้น

1.5.6 ในการศึกษาจะทำการทดสอบโดยถือว่าไม่มีปัจจัยสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร

1.5.7 สภาพแวดล้อมภายในอาคารที่กำหนดในการศึกษา มีลักษณะเป็นพื้นที่โล่งไม่มีอุปกรณ์ หรือ เฟอร์นิเจอร์ใด ๆ

1.6 ขั้นตอนของการวิจัย

1.6.1 ทำการศึกษาทฤษฎีและข้อมูลเบื้องต้นในเรื่องของแสงธรรมชาติ และการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคาร

1.6.2 ทำการสำรวจและศึกษาตัวแปรต่าง ๆ เพื่อให้ทราบถึงสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น

1.6.3 นำข้อมูลที่ศึกษาได้ในเบื้องต้น มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการทดลอง

1.6.4 ทำการออกแบบการทดลองโดยการออกแบบหุ่นจำลอง

1.6.5 ทำการรวบรวมผลพร้อมกับอ่านค่าผลจากหุ่นทดลอง และ วิเคราะห์ผลการทดลอง

1.6.6 ทำการสรุปผลการทดลอง เพื่อที่จะนำไปสู่การออกแบบปรับปรุงขั้นต่อไป

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษางานวิจัย

1.7.1 เพื่อให้ทราบถึงแนวทางการนำ และ การควบคุมปริมาณแสงธรรมชาติก่อนที่จะนำเข้ามาสู่ตัวอาคารในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการในการทำกิจกรรมของพื้นที่สำหรับห้องปฏิบัติงานประติมากรรมอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.7.2 เพื่อให้ทราบถึงลักษณะและรูปแบบของการออกแบบช่องเปิด ที่สอดคล้องกับเรื่องของทิศทางของแสง เพื่อให้ระดับของปริมาณของแสงที่ส่องสว่างเพิ่มขึ้นกับภายในห้องปฏิบัติงานประติมากรรม

1.7.3 เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการร่วมรณรงค์ในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร เพราะเป็นการรู้จักใช้ปริมาณพลังงานของแสงธรรมชาติร่วมกับพลังงานของแสงประดิษฐ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7.4 เพื่อใช้เป็นทางแนวสำหรับผู้ที่ต้องการออกแบบอาคารที่จะต้องการนำแสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพอย่างสูงสุด

1.7.5 เมื่อได้ผลจากการศึกษาและนำผลที่ได้มาทำการเสนอแนะการออกแบบ เพื่อที่จะใช้เป็นแนวทางในเรื่องของการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในห้องปฏิบัติงานประติมากรรมได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

1.8 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษางานวิจัย

1.8.1 ห้องปฏิบัติงานประติมากรรม คือ ห้องปฏิบัติงานปั้นแบบนูนต่ำ แบบนูนสูง และแบบลอยตัว ใช้เพื่อสำหรับการฝึกทักษะสำหรับการปฏิบัติงานจริง ตั้งแต่การฝึกใช้อุปกรณ์ตั้งแต่ในระดับชั้นปี1 มีการฝึกฝนและพัฒนามาเรื่อย ๆ จนสามารถปั้นเป็นงานลอยตัวในระดับชั้นปี 4

1.8.2 สภาพแวดล้อมทางกายภาพของห้องปฏิบัติการประติมากรรม คือ สภาวะภายในห้องปฏิบัติการ หรือ ห้องปั้นได้แก่ แสง วัสดุการเรียนการสอน บ่อผสมดิน บ่อนวดดิน ฯลฯ

1.8.3 ปริมาณแสง (Luminous Flux) คือ ปริมาณแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง (Light Output)

1.8.4 ความจ้า (Brightness) หรือ ความสว่าง (Luminance) เมื่อแสงส่องกระทบวัตถุแล้วเกิดการสะท้อนหรือส่องผ่านของแสงจากวัตถุเข้าสู่ตา ทำให้เกิดการมองเห็นวัตถุ

1.8.5 เงา (Shadow) คือส่วนที่มืดเพราะมีวัตถุบังแสงทำให้แลเห็นเป็นรูปของวัตถุ รูปที่ปรากฏในของใสหรือมัน เช่น น้ำ หรือกระจก อาณาเขตหลังวัตถุที่แสงเคลื่อนที่ไปกระทบวัตถุนั้น ๆ แล้วแสงเคลื่อนที่ไปไม่ได้ทั้งหมด หรือไปได้บ้าง

1.9 คำนิยาม และคำศัพท์เทคนิค

เนื่องจากงานวิจัยฉบับนี้จะทำการค้นหาค่าของความส่องสว่างของแสงธรรมชาติโดยใช้วิธีการทำหุ่นจำลอง และวัดหาค่าความเปรียบต่างของความสว่าง จึงจะขอกล่าวคำนิยาม หน่วย และการคำนวนค่าปริมาณแสงโดยสังเขป

1. ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminance Flux)

ฟลักซ์การส่องสว่าง คือ อัตราการไหลเวียนของแสงสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงทุกทิศทางในหนึ่งหน่วยเวลา โดยปริมาณฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกลงบนพื้นหนึ่งตารางหน่วยของทรงกลมถูกเรียกว่า 1 ลูเมน (Lumen)

2. ความเข้มของการส่องสว่าง

ความเข้มของการส่องสว่างคือ ความหนาแน่นของฟลักซ์การส่องสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางที่ให้ โดยวัดเป็นลูเมนต่อมุมเชิงแข็ง มีหน่วยเป็นแคนเดลา (cd) หรือแรงเทียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความส่องสว่าง (Luminance : L)

ความส่องสว่างคือ ความเข้มของการส่องสว่างของพื้นผิวที่ได้รับแสงสว่างในมุมเชิงของแข็งในทิศทางหนึ่งต่อหน่วยของพื้นที่ถูกแสงสว่าง มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร (cd/m^2) หรือ ฟุตแลมเบิร์ต (ft)

4. ความสว่าง (Illuminance : E)

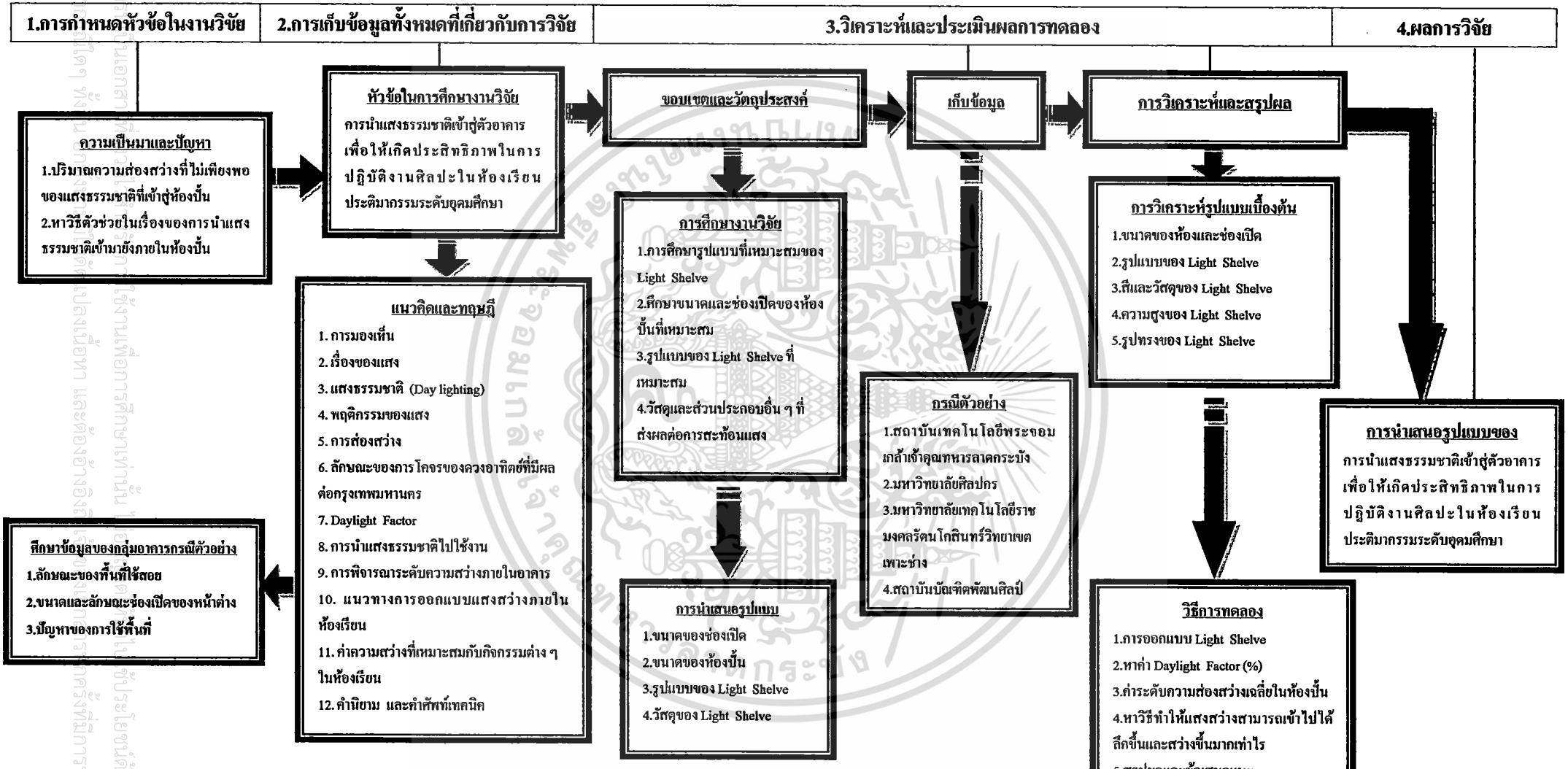
ความสว่างคือ ความหนาแน่นของฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกกระทบลงบนพื้นที่ใด ๆ มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ได้แก่ 1 ลูเมนต่อตารางเมตร หรือเรียกว่า 1 ลักซ์ (Lux : lx) และ 1 ลูเมนต่อตารางฟุต หรือเรียกว่า 1 ฟุตแคนเดิล (fc.)

5. Daylight Factor : DF คือ สัดส่วนของปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่ภายในอาคารแต่ละจุดใด ๆ ต่อปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่แนวระนาบภายนอกอาคาร ภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบโปร่งที่ไม่มีสิ่งกีดขวางไม่รวมแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (excluded direct sun) โดยค่าที่ได้จะเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ (%)

6. ความเปรียบต่าง (Contrast) คือ ความสว่างของวัตถุที่เรามองเห็น เทียบกับความสว่างของสภาพรอบข้าง ถ้าความสว่างของวัตถุต่างจากสภาพรอบข้างมาก ค่าคอนทราสต์จะมีค่าสูง ค่าความส่องสว่างที่เน้นเฉพาะจุดจะต้องมีค่าเปรียบต่างไม่น้อยกว่า 3 เท่าของความสว่างรอบข้าง จึงจะทำให้แสงและสิ่งที่ต้องการเน้นมีความชัดเจนมากขึ้น

7. ประติมากรรมคือ ศิลปะที่มี 3 มิติ คือ มีความกว้าง ยาว และลึกหรือหนา มีน้ำหนักและกินเนื้อที่ในอากาศ งานประติมากรรมเป็นศิลปะประเภทหนึ่งที่แสดงออกด้วยการปั้น (Casting), การแกะสลัก (Carving) , การหล่อ (Molding) , การประกอบขึ้นรูป (Construction) หรือวิธีการอื่นๆ ที่ทำให้เกิดความงดงาม ประเภทของงานประติมากรรม ได้แก่ ประติมากรรมแบบนูนต่ำ (Bas Relief) ,ประติมากรรมแบบนูนสูง (High Relief),ประติมากรรมแบบลอยตัว (Round Relief)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 แสดงขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาสภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติงานประติมากรรม หรือ ห้องปั้น มีลำดับขั้นตอนในการศึกษา โดยศึกษาหาข้อมูลจากสถานที่จริงเป็นหลักเพื่อเป็นการนำมาเป็นตัวอย่างในการอ้างอิงเป็นกรณีศึกษาเพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงปัญหา ทำการศึกษาโดยใช้การทดลองจากหุ่นจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อทำการเก็บค่าแสงสว่างที่เหมาะสมกับการปฏิบัติงานภายในห้องปั้น และหาแนวทางแก้ไขตลอดจนสามารถเสนอแนะถึงเหตุผลและหลักการที่ได้จากการศึกษาทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ที่สามารถส่งผลต่อการปฏิบัติงานของนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด จึงได้มีการทบทวนวรรณกรรมในเรื่องต่อไปนี้

2.1 การมองเห็น

2.2 เรื่องของแสง

2.3 แสงธรรมชาติ (Day lighting)

2.4 พฤติกรรมของแสง

2.5 ความส่องสว่าง (Illuminance)

2.6 ลักษณะของการโคจรของดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อกรุงเทพมหานคร

2.7 อัตราเปรียบต่างของแสง (Daylight Factor)

2.8 การนำแสงธรรมชาติไปใช้งาน

2.9 การพิจารณาระดับความสว่างภายในอาคาร

2.10 แนวทางการออกแบบแสงสว่างภายในห้องเรียน

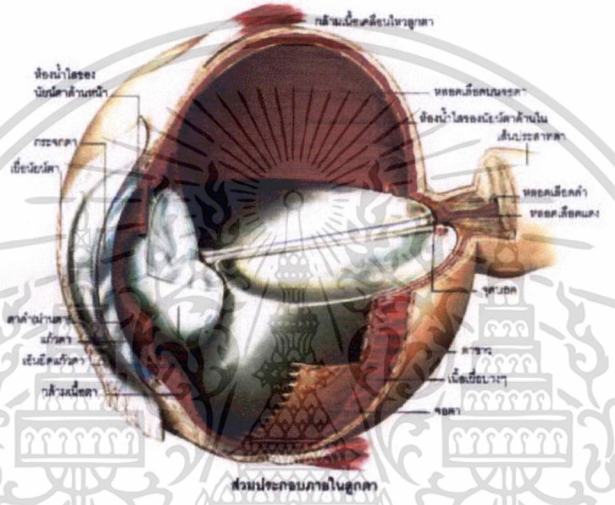
2.11 ค่าความสว่างที่เหมาะสมกับกิจกรรมต่าง ๆ ในห้องเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 การมองเห็น

แสงมีความสำคัญต่อการมองเห็นเป็นอย่างมาก ไม่เพียงแต่แสงจะต้องอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะ แต่แสงจะต้องมีคุณภาพด้วย เพื่อก่อให้เกิดรูปแบบแสงที่มีประสิทธิภาพในการมองเห็น ซึ่งการที่จะสามารถออกแบบการใช้แสงที่เหมาะสมได้นั้นมีความจะเป็นที่จะต้องศึกษาทางด้านกายภาพของการรับรู้ผ่านทางสายตาและความต้องการในการมองเห็นของมนุษย์

แสงเมื่อตกกระทบที่วัตถุใด ๆ จะก่อให้เกิดการสะท้อนเข้าสู่กระบอกตาผ่านแก้วตา (Cornea) ลูกตา (Lens) เรตินา (Retina) และสมองตามลำดับ โดยที่กล้ามเนื้อตาทำหน้าที่ขยายหรือหดตัว เพื่อเป็นโฟกัสให้แสงกระทบแก้วตา



รูปที่ 2.1 แสดงหน้าตัดของลูกตา

ที่มา : http://talung.pt.ac.th/ptweb/studentweb/body/arweb/c1/index.htm

การมองเห็นเกิดจากการทำงานของตัวรับแสง (photoreceptor) ในจอตาส่งข้อมูลไปทางวิถีประสาทรับภาพไปจนถึงซีรีบรัลคอร์เท็กซ์บริเวณที่รับภาพและแปลภาพซึ่งเรียกว่า visual cortex ตัวรับแสงของจอตาต่าง ๆ กับตัวรับสัมผัสอื่น ๆ ที่จอตาเป็นส่วนของระบบประสาทกลาง พัฒนามาจากระบบ neuroectoderm ดังนั้นเมื่อพยาธิสภาพจนเมื่อเซลล์ประสาทตาตายจะไม่มีการงอกใหม่

การให้แสงสว่างสำหรับพื้นที่ภายในอาคารในทางปฏิบัติจะต้องพยายามให้แสงสว่างในบริเวณพื้นที่ต่าง ๆ ในเขตพื้นที่เดียวกันไม่ให้มีความแตกต่างกันมาก เนื่องจากต้องใช้เวลาในการทำหน้าที่ปรับตัวเพื่อให้มองเห็นได้ง่าย ทำให้เกิดความสบายตา

2.1.1 ธรรมชาติของการมองเห็น

คุณภาพของแสงจะเกิดขึ้นจากองค์ประกอบของสเปคตรัม ประกอบกับความสมบูรณ์ของตา โดยนอกจากดวงตาของแต่ละบุคคลจะมีลักษณะที่แตกต่างกันตามลักษณะพันธุกรรม เพศ พฤติกรรมการมอง และลักษณะกิจกรรมรวมทั้งความถี่ในการใช้สายตา ซึ่งดวงตาจะต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปรับตัวในการเปลี่ยนแปลงแสงรูปแบบต่างๆ การปรับตัวของสายตา (Eye Adaptation) มักเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความส่องสว่างและเวลาที่ใช้ในการมอง ดวงตาใช้เวลาในการปรับตัวในที่มืดเป็นเวลานานกว่าในที่สว่าง เมื่อการเปลี่ยนแปลงจากความสว่างมากไปยังความสว่างน้อย ตาจะใช้เวลาในการปรับตัวเป็นระยะเวลาที่นานพอสมควร ในการออกแบบให้เกิดลักษณะที่มีการเปลี่ยนความสว่างในปริมาณมากอย่างกระทันหัน จะทำให้เกิดความพยายามในการปรับตัวของสายตาอย่างมากและรวดเร็ว มีผลทำให้ตาไม่สามารถมองเห็นภาพในชั่วระยะเวลาหนึ่งในทางตรงกันข้าม ถ้ามีการเปลี่ยนความสว่างจากความมืดไปยังที่ที่มีความสว่างมาก ตาจะมีความต้องการในการปรับตัวน้อยกว่า

2.1.2 มุมของสายตา

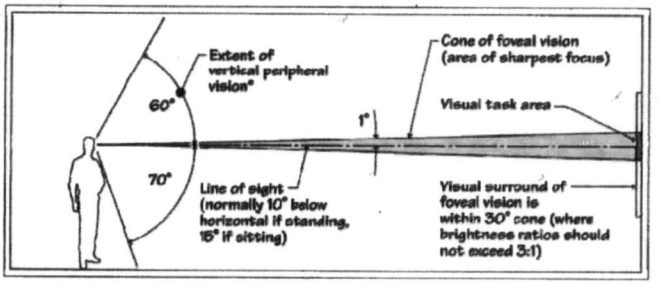
สายตามีความสามารถในการเห็นภาพในมุมที่จำกัด โดยแต่ละมุมมองของสายตาจะมีความสามารถในการรับภาพ และความสว่างที่แตกต่างกัน มุมมอง (Angle of Degree) ของสายตาในมุมต่างๆ มีความสามารถในการยอมรับระดับความจ้าที่แตกต่างกัน ในมุมที่สายตากำลังจ้องมองอยู่นั้นตาจะสามารถยอมรับระดับความจ้าได้น้อย ในขณะที่มุมที่กว้างออกไปจนถึงนอกพื้นที่ที่สายตามองเห็น สายตาจะสามารถยอมรับแสงได้มากขึ้นเรื่อยๆ จึงพอสรุปได้ว่ามุมมองที่อยู่ในระดับสายตา จะมีความสำคัญมาในการออกแบบการใช้แสง

มุมมองของสายตามนุษย์มีขีดจำกัดการรับรู้ในการมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ซึ่งแต่ละมุมมองของสายตาจะมีความสามารถในการรับรู้ภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งขอบเขตการมองสามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

1. ขอบเขตการมองของตาในระนาบแนวตั้ง

ของเขตของการมองในแนวระนาบตั้งอยู่ที่ 130 องศา พื้นที่ส่วนกลางของการมองเห็นจะอยู่ ณ ตำแหน่ง1-2 องศาจากระดับสายตา ซึ่งพื้นที่นี้เป็นพื้นที่ที่เกิดการมองเห็นที่ชัดเจนที่สุด เรียกว่า การมองเห็นในส่วนกลางการรับภาพ (The central foveal vision) พื้นที่ถัดมาจะทำมุม 30 องศากับระดับสายตา ซึ่งพื้นที่นี้จะมองเห็นภาพไม่ละเอียดนัก แต่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างสิ่งแวดล้อมกับวัตถุได้ ซึ่งพื้นที่นี้เรียกว่า พื้นที่จอรับภาพ (The foveal vision) และพื้นที่ส่วนที่เหลือการมองเห็นรูปร่างและขนาดวัตถุจะผิดไปจากความเป็นจริง โดยพื้นที่ส่วนนี้เรียกว่า การมองเห็นส่วนขอบ (The peripheral vision)

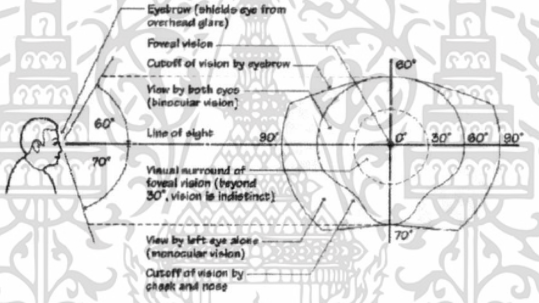
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงขอบเขตการมองของตาในระนาบแนวตั้ง

2. ขอบเขตการมองของตาในระนาบแนวนอน

การมองของตาทั้ง 2 ข้างมีจุดโฟกัสของภาพอยู่ที่จุดศูนย์กลางเดียวกัน ความแตกต่างของภาพที่มองเห็นจากตาทั้ง 2 ข้างทำให้เกิดเป็นภาพ 3 มิติ การมองเห็นภาพมีขอบเขตความกว้างมากกว่า 120 องศาในแนวระนาบ ทั้งนี้ องค์ประกอบต่าง ๆ ของใบหน้าเช่น จมูกและแก้ม เป็นตัวลดขอบเขตการมองเห็นของตาในแต่ละข้าง



รูปที่ 2.3 แสดงขอบเขตการมองของตาในระนาบแนวนอน

ที่มา : M.David Egan , Victor Olgyay ,1983 , page40

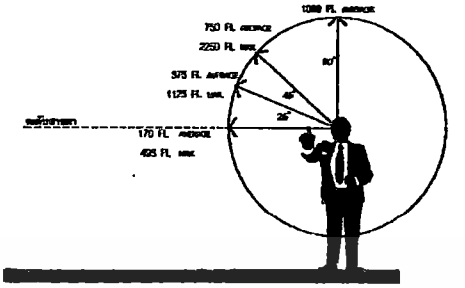
2.1.3 สภาวะความสบายทางสายตา

สภาวะความสบายทางสายตา (Visual comfort) มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับเรื่องแสงไม่ว่าจะเป็นความจ้าของแสง ความเปรียบต่างและค่าความสว่างที่เหมาะสม ในการออกแบบห้องเรียนจึงควรมีการคำนึงถึงเรื่องนี้เป็นหลัก เพราะการเรียนการสอนต้องใช้สายตาเป็นสื่อกลางในการรับรู้สิ่งต่าง ๆ โดยปกติแล้วความสว่างช่วยให้เราสามารถมองเห็นสิ่งต่าง ๆ แต่ถ้าสายตาได้รับความสว่างมากจนเกินไป จะทำให้เกิดความไม่สบายตาได้ ทั้งนี้มุมมองสายตาแต่ละระดับสามารถรับความสว่างได้แตกต่างกัน ซึ่งมุมมองระดับสายตานั้นรับความจ้าได้น้อยกว่ามุมมองในระดับสูง ระดับความสว่างจ้าที่สายตายอมรับได้ในมุมมองต่าง ๆ สามารถแบ่งได้ดังนี้

- มุมมอง 0 - 5 องศา ความสว่างจ้าที่สายตายอมรับได้เท่ากับ 495 ฟุตแลมเบิร์ต
- มุมมอง 5 - 25 องศา ความสว่างจ้าที่สายตายอมรับได้เท่ากับ 1125 ฟุตแลมเบิร์ต
- มุมมอง 25 - 45 องศา ความสว่างจ้าที่สายตายอมรับได้เท่ากับ 2250 ฟุตแลมเบิร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มุมมอง 45 - 90 องศา ความสว่างจ้าที่สายตายอมรับได้โดยเฉลี่ยเท่ากับ 1000 ฟุตแลมเบิร์ต (ฟุตแลมเบิร์ต = ปริมาณความเข้มของแสงที่เปล่งออกมาจากผิวหน้าของวัตถุต่อหน่วยพื้นที่ต่อตารางฟุต)



รูปที่ 2.4 แสดงระดับความจ้าของแสงที่ตายอมรับได้ในมุมต่าง ๆ

ส่วนในเรื่องของความเปรียบต่างก็จะเป็นอีกประเด็นที่สำคัญที่มีผลต่อความสบายตา หมายถึงเรื่องความสว่างของวัตถุที่ต้องการมองกับความสว่างรอบข้าง ถ้าแตกต่างกันมากเกินไปจะเกิดความไม่สบายตาในการมองได้ เพราะการปรับตัวของกล้ามเนื้อทำให้ตาเกิดความเมื่อยล้า

ตารางที่ 2.1 แสดงอัตราส่วนความเปรียบต่างระหว่างชิ้นงานกับพื้นที่ที่อยู่ใกล้เคียง

ประเภทของงาน	อัตราส่วน
- ระหว่างชิ้นงานกับผนังที่สว่างกว่าซึ่งอยู่ไกลออกไป	1:10
- ระหว่างชิ้นงานกับผนังที่มืดกว่าซึ่งอยู่ไกลออกไป	10:1
- ระหว่างชิ้นงานกับพื้นที่ข้างเคียงซึ่งสว่างกว่า	1:3
- ระหว่างชิ้นงานกับพื้นที่ข้างเคียงซึ่งมืดกว่า	1/3:1
- ระหว่างช่องเปิดหน้าต่างดวงโคมกับพื้นที่ข้างเคียง	20:1
- พื้นที่ทั่วไปที่อยู่ในสนามการมอง	40:1
- การเน้นเฉพาะวัตถุ	50:1

ในงานวิจัยนี้เลือกพิจารณาอัตราส่วนความเปรียบต่างที่ให้ความสบายตาต่อการมองเห็นได้แก่ อัตราส่วน 10 : 1 ระหว่างชิ้นงานกับผนังที่มีความมืดกว่าอยู่ไกลออกไป ในที่นี้หมายถึงแท่นปั้นกับผนังโดยรอบ และ อัตราส่วน 1 : 10 อัตราส่วนระหว่างชิ้นงานกับผนังที่สว่างกว่าอยู่ไกลออกไปซึ่งหมายถึง แท่นปั้นแถวที่ห่างจากหน้าต่างมากที่สุดกับผนังด้านที่มีหน้าต่าง

2.1.4 ปัจจัยในการมองเห็น

การออกแบบแสงสว่างที่ดีควรคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของวัตถุ (Size)

มนุษย์สามารถมองเห็นวัตถุที่ใหญ่ได้ชัดเจนกว่าวัตถุที่มีขนาดเล็ก และยิ่งวัตถุที่มีขนาดเล็กมาก ๆ หรือมีรายละเอียดที่มาก ก็ยิ่งต้องการแสงสว่างในปริมาณที่มากขึ้นตามไปด้วย

ความจ้าและความสว่าง (Brightness and Luminance)

ความสว่างมีผลต่อการมองเห็น ถ้ายิ่งความสว่างเพียงพอและเหมาะสมจะทำให้เห็นวัตถุได้ชัดเจน

ความเปรียบต่าง

ความเปรียบต่างนี้มีความสัมพันธ์กับความสว่าง ตัวอย่างเช่น วัตถุสีดำที่อยู่บนพื้นสีขาว ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ทำให้ง่ายต่อการมองเห็นจึงไม่ต้องการความสว่างมาก แต่ในกรณีที่วัตถุที่มีสีเทาและอยู่บนพื้นสีดำความแตกต่างกันน้อย จึงต้องให้ความสว่างที่มากกว่ากรณีแรกเพื่อการมองเห็นอย่างชัดเจน

ระยะเวลาในการมองเห็น (Exposure time)

ในการมองตาสายของคนเราไม่สามารถเห็นวัตถุได้ทันที ตาจะต้องใช้เวลาในการมองเห็นกล้ามเนื้อตายืดและหดให้เข้ากับปริมาณแสงที่ได้รับ ซึ่งถ้าปริมาณแสงน้อย ตาก็ใช้เวลาในการปรับมากขึ้นและเมื่อแสงมากในระดับหนึ่ง การปรับกล้ามเนื้อตาก็จะคงที่เพราะตามีขีดจำกัดในการปรับกล้ามเนื้อ ดังนั้น การทำงานที่มีปริมาณแสงที่เพียงพอและเหมาะสมจะเป็นทางที่ดีที่สุด

ปัจจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นถือว่าเป็นปัจจัยหลักในการมองเห็น แต่ยังมีปัจจัยอื่น ๆ รองลงมาเช่น รูปแบบของฉากหลัง ขอบเขตของแสงจ้า การปรับม่านตา และความจัดของสี

2.2 เรื่องของแสง

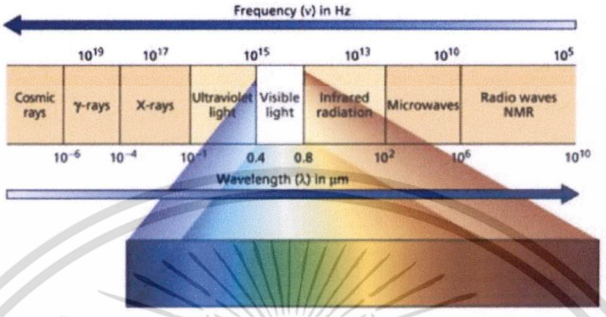
แสง คือการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามนุษย์มองเห็น หรือบางครั้งอาจรวมถึงการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่รังสีอินฟราเรดถึงรังสีอัลตราไวโอเลตด้วย คุณสมบัติพื้นฐานของแสง (และของการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าทุกช่วงคลื่น) ได้แก่

- ความเข้ม (ความสว่างหรือแอมพลิจูด ซึ่งปรากฏแก่สายตามนุษย์ในรูปความสว่างของแสง)
- ความถี่ (หรือความยาวคลื่น ซึ่งปรากฏแก่สายตามนุษย์ในรูปสีของแสง)
- โพลาไรเซชัน (มุมการสั่นของคลื่น ซึ่งโดยปกติมนุษย์ไม่สามารถรับรู้ได้)

แสงเป็นพลังงานในรูปแบบหนึ่งซึ่งคล้ายกับพลังงานความร้อน พลังงานกล และพลังงานในรูปแบบอื่น ๆ อีกมากมาย แสงเป็นพลังงานที่สามารถเคลื่อนที่ได้รูปแบบเฉพาะตัวโดยการใช้ความถี่หรือความยาวคลื่น ช่วงความยาวจะอยู่ระหว่าง 0.38 ถึง 0.78 ไมครอน (Micron) หรือ 380-

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

760 นาโนเมตร (Nanometer) และสามารถเดินทางในรูปคลื่นด้วยอัตราเร็วสูง 300,000 กิโลเมตรต่อวินาที การที่เราสามารถมองเห็นสีได้นั้นก็ขึ้นอยู่กับความยาวของคลื่นแสงที่ตกกระทบตาเราจะเป็นตัวกำหนดพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการเคลื่อนตัว แหล่งกำเนิดแสงมีทั้งแหล่งกำเนิดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น แสงดวงอาทิตย์ที่เป็นแหล่งพลังงานของสิ่งมีชีวิต แหล่งกำเนินแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น แสงสว่างจากหลอดไฟ เป็นต้น



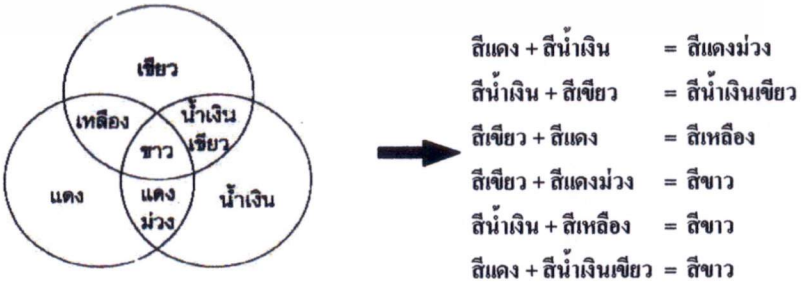
รูปที่ 2.5 แสดงช่วงคลื่นสเปกตรัม

ที่มา : http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsglossary/index.php?option=com_content &task =view&id=4820&Itemid=86

2.2.1 สีของแสง

การมองเห็นสีต่าง ๆ บนวัตถุเกิดจากการผสมของแสงสี เช่น แสงขาวอาจเกิดจากแสงเพียง 3 สีรวมกัน แสงทั้ง 3 สี ได้แก่ แสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงิน หรือเรียกว่า สีปฐมภูมิ และถ้านำแสงที่เกิดจากการผสมกันของสีปฐมภูมิ 2 สีมารวมกันจะเกิดเป็น สีทุติยภูมิ ซึ่งสีทุติยภูมิแต่ละสีจะมีความแตกต่างกันในระดับความเข้มสีและความสว่างของแสง

1. สีปฐมภูมิได้แก่ แสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงินซึ่งแสงที่บริสุทธิ์ไม่สามารถแยกออกเป็นแสงสีประกอบใด ๆ และไม่สามารถนำแสงสีใด ๆ มาผสมกันให้เป็นแสงสีดังกล่าวได้ เมื่อนำแสงสีมาผสมกันในปริมาณที่พอเหมาะกันบนฉากขาวจะได้แสงขาว แต่ไม่สามารถนำมาผสมกันเป็นสีดำได้



รูปที่ 2.6 แสดงการผสมแสงสีปฐมภูมิผสมกันบนฉากสีขาวในห้องมืด

ที่มา : รศ.ดร.นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และ ผศ.คณิตา ตังคณานุรักษ์ : 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
117064

2. แสงสีทุติยภูมิ ได้แก่ แดงม่วง น้ำเงินเขียว (ฟ้า) และเหลือง ซึ่งเป็นแสงสีที่ได้จากการนำแสงสีปฐมภูมิมาจับคู่ผสมกันโดยการฉายแสงสีที่ต้องการให้ผสมกันไปบนฉากสีขาวให้ซ้อนกัน ดังนี้

แสงสีแดง + แสงสีน้ำเงิน = แสงสีแดงม่วง

แสงสีแดง + แสงสีเขียว = แสงสีเหลือง

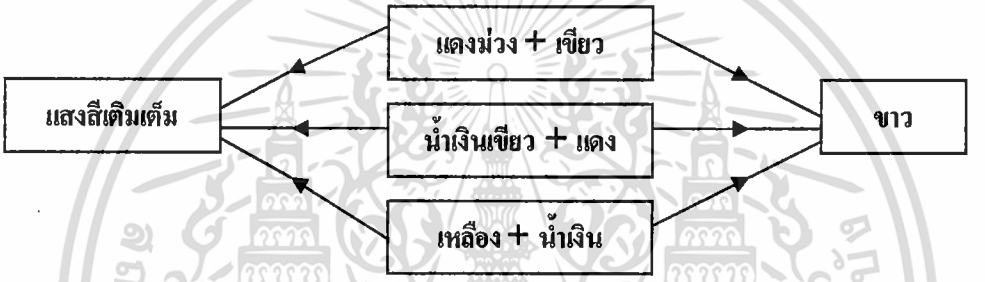
แสงสีน้ำเงิน + แสงสีเขียว = แสงสีน้ำเงินเขียว (ฟ้า)

3. แสงสีเติมเต็ม คือ แสงสี 2 แสงที่นำมาผสมกันแล้วได้แสงสีขาว มี 3 คู่คือ

แสงสีเขียว + แสงสีแดงม่วง

แสงสีแดง + แสงสีน้ำเงินเขียว

แสงสีน้ำเงิน + แสงสีเหลือง



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะของแสงสีสีเติมเต็ม

ที่มา : รศ.ดร.นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และ ผศ.คณิตา ตังคณานุรักษ์ : 2546

โดยทั่วไปการผสมสีมักนิยมใช้แสงปฐมภูมิส่องตรงไปยังบริเวณที่ต้องการให้เกิดการผสมแสงสี การเพิ่มปริมาณของแสงสีที่มาผสมกันจะทำให้แสงสีผสมที่ได้สว่างขึ้นและใกล้เคียงแสงขาวมากขึ้น การผสมแสงสีจึงเป็นการเพิ่มปริมาณแสง ถ้าต้องการให้ปริมาณของแสงสีลดลงต้องใช้แผ่นกรองสีที่ต้องการให้ลดลงปริมาณจึงลง

2.2.2 แหล่งกำเนิดแสงสว่าง (Light Source)

โดยทั่วไปแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่เราพบเห็นอยู่ในปัจจุบันนี้มี 2 จำพวก ซึ่งสามารถแบ่งออกตามลักษณะของการให้แสงสว่างคือ

1. แหล่งกำเนิดที่ได้มาจากการเผาไหม้ หรือ ทำให้วัตถุ หรือ โลหะเกิดความร้อนมาก ๆ จนเปล่งแสงออกมา เช่น การให้ความร้อนแก่โลหะจนร้อนแดง และจะมีการเปลี่ยนแปลงโดยสีที่ออกมาจะเป็นสีส้ม มีเหลืองจ้าและสว่างขึ้น ซึ่งแหล่งกำเนิดแสงประเภทนี้เรียกว่า แหล่งกำเนิดแสงร้อน(Hot source) หรือนิยมเรียกกันอีกแบบคือแหล่งกำเนิดแสงแบบลุกโชติช่วง (Incandescence) และถ้าโลหะที่ทำให้เกิดความร้อนหรือเผาจนร้อนจนเปล่งแสงออกมาและโลหะนั้นเป็นแท่งเหล็กจะให้รังสีอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet) และรังสีอินฟราเรดออกมาด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แหล่งกำเนิดแสงที่เปลี่ยนแปลงจากพลังงานความร้อนให้เป็นพลังงานแสง ซึ่งไม่ได้เกิดจากการถูกเผาไหม้แต่เกิดจากการทำปฏิกิริยาทางเคมี เกิดจากการเปลี่ยนแปลงวงจรของอิเล็กตรอน เกิดจากการปล่อยประจุของก๊าซหรือแมลงบางชนิด เรียกว่า แหล่งกำเนิดแสงเย็น (Cold Source) หรือเรียกอีกแบบคือ แหล่งกำเนิดแบบเรืองแสง (Luminescence)

2.2.3 ทิศทางของแสง

ทิศทางของแสงเป็นจุดหนึ่งที่เป็นเรื่องที่สำคัญ เพราะการเลือกตำแหน่งของแสง ที่เข้ามาสู่ตัวแบบจะทำให้เกิดภาพที่มีมิติ แสดงให้เห็นถึงรูปทรง ความลึกและให้อารมณ์ของภาพที่แตกต่างกัน

1. แสงในแนวตั้ง (Vertical lighting) เป็นแสงที่ส่องไปยังวัตถุทำให้เกิดมุมของแสงตามแนวตั้ง ซึ่งเราสามารถจัดแสงให้อยู่ในระดับสายตา ระดับต่ำกว่าสายตา หรือจัดให้อยู่ในมุมสูงส่องลงมายังวัตถุก็ได้

การจัดแสงให้ส่องในระดับสายตาจะทำให้บริเวณจุดที่สว่าง (high light) และเงา (shadows) ดูแบนราบ ถ้าเป็นแสง ธรรมชาติจะพบในช่วงเช้าและเย็น ซึ่งวัตถุได้รับแสงด้านหน้าเต็มที่

แสงในมุมสูง ได้แก่ แสงที่ทำมุมกับแนวระนาบประมาณ 40°-60° ถ้าเป็นแสงธรรมชาติก็จะเป็นช่วงก่อนเที่ยงและช่วงบ่าย ถ้าเป็นช่วงดวงอาทิตย์ตรงศีรษะพอดีจะไม่เหมาะในการถ่ายภาพ เพราะจะไม่มีส่วน เงาดำทอดยาวให้เห็น ทำให้ดูภาพแบนราบไม่สวยงาม โดยเฉพาะถ้าถ่ายภาพบุคคลจะเกิดเงาดำใต้ขอบตา ทำให้ดูขอบ ตาลึกไม่สวยงาม

แสงในมุมต่ำ ได้แก่ แสงที่ส่องจากด้านล่าง โดยมากไม่ค่อยพบในแสงธรรมชาติ แต่จะมีในที่จัดแสง จากแสงเทียมหรือแสงไฟจากแหล่งอื่นๆ ถ้าถ่ายภาพบุคคลโดยใช้แสงมุมต่ำจะดูน่ากลัวลึกลับ ดังนั้นจึงมักใช้กับการถ่ายภาพผี เป็นต้น

2. แสงในแนวนอน (Horizontal lighting) เป็นแสงที่ส่องมายังวัตถุในแนวนอน

แสงหน้า (Front light) แสงหน้าเป็นแสงที่เข้ามาด้านหน้าของแบบ จะมีเฉพาะบริเวณ Highlight ไม่เกิดเงาในภาพ ช่างถ่ายภาพจะหันหลังให้แหล่งกำเนิดแสง แสงที่เข้าทางด้านหน้าของแบบ จะทำให้ภาพที่ถ่ายออกมามีลักษณะเรียบแบน ไร้มิติ สีสันในองค์ประกอบจะจืด เพราะโดนความจ้าของแสงด้านหน้า บดบังทำให้สีหรือใบหน้า ดูจืดชืดไม่สะดุดตา การเลือกทิศทางของแสงนี้ควรจะเลือกถ่ายภาพในช่วงเวลาตอนเช้า 7.00 - 9.30 น. (หลังดวงอาทิตย์ขึ้น) และช่วงบ่ายแก่ ๆ จนถึงเย็น 15.00 - 17.00 น. เป็นแสงที่ให้โทนสีอุ่น ทำให้สีผิวของแบบนุ่มนวล

แสงข้าง (Side light) เป็นแสงที่ส่องมาด้านข้างของวัตถุทำมุมประมาณ 90° ด้านซ้ายและด้านขวา ทำให้เกิดเงามืดตัดกับแสงสว่าง ช่วยให้เห็นผิวพื้นชัดเจน เห็นเป็นรูปลักษณะด้านสูง และลึก แสงจะตกกระทบลงบนเส้นผม หรือเข้ามาบริเวณข้างใบหน้าด้านใดด้านหนึ่งช่วยทำให้ภาพดูมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิติความลึกและทำให้เส้นผมเป็นประกายแสงข้างจัดว่าเป็นหัวใจรองในการสร้างภาพที่สวยงาม แสงด้านข้างที่นิยมใช้ในการบันทึกภาพ ส่วนใหญ่จะเป็นภาพบุคคล ในการถ่ายแบบ หรือการถ่ายสถาปัตยกรรมก็ได้

2.3 แสงธรรมชาติ (Day lighting)

แหล่งกำเนิดแสงมีความสำคัญในการศึกษาเรื่องแสงเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อการให้แสง รูปแบบและคุณสมบัติของแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดทิศทางของแหล่งกำเนิด ปริมาณและความเข้มแสง มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของแสงที่จะนำมาใช้งาน

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้ง (latitude) ที่ 5° และ 21° เหนือ เส้นระแวง (longitude) ที่ 97° และ 106° ตะวันออก ซึ่งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีมีค่า28°-29° กลางวันมีค่าประมาณ 30°-31° สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก มีแดดจัดเกือบทั้งปี ระดับความสว่างมีค่า 10,000 lux ขึ้นไป (99% ของกลางวัน) ความชัดเจนของการมองเห็น เกิดจากปริมาณแสงที่ตกกระทบบนวัตถุในระดับที่แตกต่างกัน ทำให้เกิดความเปรียบต่าง (Contrast) และเกิดจากคุณสมบัติของวัตถุมีผลทำให้เกิดความสว่างบนผิว (Brightness) ในระดับที่ต่างกัน

เมื่อพิจารณาถึงแสงสว่าง สามารถแบ่งตามชนิดของแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (แต่ในงานวิจัยชิ้นนี้จะคำนึงถึงแต่แสงสว่างที่มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ ดังนั้น อาจจะขอกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติมากกว่าแสงประดิษฐ์)

2.3.1 การกำเนิดของแสงธรรมชาติ (Day lighting)

แสงธรรมชาติ (Day lighting) เป็นแสงที่มาจากแหล่งกำเนิดแสงที่ใหญ่ที่สุดนั่นก็คือดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่มีประสิทธิผล(Luminous Efficacy) มากที่สุดเมื่อเทียบกับแหล่งกำเนิดแสงอื่นๆ รวมทั้งยังให้ค่าสเปคตรัมที่ครบถ้วนไม่ผิดเพี้ยนมากที่สุด เป็นธรรมชาติมากที่สุด การที่ใช้คำว่า Day lighting เนื่องมาจากดวงอาทิตย์จะให้แสงสว่างแก่พื้นผิวโลกในช่วงเวลากลางวัน ทั้งแสงที่มาโดยตรงจากดวงอาทิตย์ และจากการสะท้อนของแสงภายในท้องฟ้าที่ปกคลุมไปด้วยชั้นของบรรยากาศ ได้แก่ ไอน้ำ ฝุ่นละออง และก๊าซชนิดต่าง ๆ แสงธรรมชาติ มีพลังงานคลื่นแสงครบทุกช่วงคลื่น วัตถุที่อยู่ภายใต้การส่องสว่างของแสงธรรมชาติจึงมีสีตรงกับความเป็นจริงไม่เกิดสีที่ผิดเพี้ยนไปจากความจริง สีต่างๆ ของวัตถุ เป็นผลมาจากช่วงคลื่นของแสงที่ส่องจากแหล่งกำเนิดกระทบวัตถุ เกิดการหักเห ดูดกลืน หรือสะท้อนคลื่นสีต่างๆออกมา แสงสว่างธรรมชาติให้ช่วงคลื่นกว้างที่สุด (มีทุกคลื่นสี)วัตถุต่างๆภายใต้แสงธรรมชาติให้สีที่ถูกต้องใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด เนื่องจากแสงประดิษฐ์ทั่วไปไม่สามารถให้พลังงานของคลื่นแสงได้ครบถ้วน นอกจากนี้การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานในอาคารในปริมาณที่เหมาะสมยังสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังไฟฟ้าให้กับอาคารและการใช้พลังงานของประเทศได้อีกทางด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงธรรมชาติ สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภทคือ

1. แสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ (Sunlight)

เป็นแสงที่ส่องมาจากดวงอาทิตย์โดยตรงมีความสว่างสูง อาจทำให้เกิดปัญหาแสงบาดตา (Glare)ได้ ให้ความส่องสว่างสูงถึงประมาณ 10,000 ฟุตแคนเดิลขึ้นไป

2. แสงสะท้อนจากท้องฟ้า (skylight)

เป็นแสงที่เกิดจากการสะท้อนและกระจายแสงจากก้อนเมฆ และอนุภาคในอากาศเช่นฝุ่น ควัน ไอน้ำ ทำให้แสงจากดวงอาทิตย์มีความแปรปรวนให้ความส่องสว่างในระดับที่ประมาณ 400-1,400 ฟุตแคนเดิล

แสงจากดวงอาทิตย์หรือที่เรียกว่า แสงสีขาว (white light) เป็นแสงชนิดเดียวที่มีพลังงานคลื่นแสง (spectral energy) แสงธรรมชาติเป็นแสงที่ได้มาเปล่าแต่ให้ประสิทธิภาพลูเมนสูงถึง 105 - 119 ลูเมนต่อวัตต์ (total radiation, sun and sky) (Stein and Reynolds, 1992, P. 977)เมื่อเปรียบเทียบแสงที่ได้จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent) จะมีประสิทธิภาพลูเมนเพียงประมาณ 50 – 80 ลูเมนต่อวัตต์เท่านั้น (ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540 , น.7)

ตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณแสงที่เกิดขึ้นคือ สภาพท้องฟ้าซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ส่งผลให้ระดับความส่องสว่างที่เข้าสู่ภายในอาคารแตกต่างกัน ในการนำเอาแสงธรรมชาติมาใช้ ยังมีปัจจัยข้างเคียงที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้แสงสว่าง (พิรัส เหล่าไพศาลศักดิ์ , 2541) ได้แก่

สภาพท้องฟ้ามีความแปรปรวนอยู่ตลอดเวลา (Sky conditions)

ขนาดของช่องรับแสงหรือหน้าต่าง (Size of windows)

ค่าการส่องผ่านของแสงผ่านวัสดุ (Visible transmittance)

ค่าการสะท้อนแสงของกระจก (Visible Reflectance)

ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้ภายในอาคาร (Room Reflectance)

ค่าการสะท้อนแสงของสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร (Outdoor Surrounding Reflectance)

ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (Shading Coefficient : SC)

ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (U-Value)

ค่าการส่องผ่านของรังสีอุลตราไวโอเลต (Ultraviolet Transmittance)

สีของกระจก (Glazing Color)

อุปกรณ์บังแดดของอาคาร (Shading Devices)

จะเห็นได้ว่าการที่จะนำประโยชน์จากแสงธรรมชาติมาใช้นั้น จะต้องมีการพิจารณาตั้งแต่เริ่มต้นการออกแบบ เนื่องจากปัจจัยมากมายที่ไม่สามารถทำการแก้ไขได้ภายหลังจากอาคารได้แล้วเสร็จ อีกทั้งพลังงานของแสงจากดวงอาทิตย์มีทั้งผลดีและผลเสียต่อสภาวะ อาจจะทำให้การนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนสะสมภายในอาคาร หรือส่งผลต่อความสบายตาในการมองเห็น ความรู้สึกต่อแสงในบรรยากาศ และรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป

แสงสะท้อนจากท้องฟ้า เป็นแสงที่เหมาะสมในการนำมาใช้ภายในอาคาร เนื่องจากเป็นแสงที่มีความเข้มของแสงพอเหมาะไม่เกิดความจ้าที่ส่งผลต่อความไม่สบายตาในการมองเห็น (visual discomfort) ในการออกแบบอาคารจึงไม่ควรนำแสงแดดมาใช้ในการให้แสงสว่างโดยตรง เพราะถ้าไม่มีการควบคุมความเข้มของแสงสว่างที่ถูกต้องก็จะก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ตามมา ซึ่งเป็นข้อที่ควรต้องคำนึงถึงในการที่จะออกแบบอาคารต่อไป

2.3.2 การกำเนิดของแสงประดิษฐ์ (Artificial Light)

แสงประดิษฐ์เป็นแสงจากแหล่งกำเนิดแสงที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อให้แสงสว่างในการใช้งานและดำเนินชีวิตของมนุษย์ ในอดีตนั้นแสงเทียนซึ่งเป็นแสงประดิษฐ์ตามธรรมชาติที่ให้ความสว่างเพียงชั่วคราวได้ถูกนำมาใช้ทั้งในลักษณะเชิงเทียนและโคมไฟ แสงเทียนที่มีความเคลื่อนไหวของเปลวไฟอยู่ตลอดเวลาตลอดเวลาทำให้เกิดแสงสลัวขึ้นในลักษณะเงาทึบและเงาจางกระจายไปอย่างไม่เป็นระเบียบ เกิดเป็นความงามของบรรยากาศที่แปรไปตามความเคลื่อนไหวของเปลวไฟ แสงสลัวเช่นนี้เป็นบรรยากาศที่จะพบได้มากในงานสถาปัตยกรรมแบบดั้งเดิม ปัจจุบันมนุษย์นิยมใช้แสงประดิษฐ์ซึ่งอาศัยพลังงานไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงานสำคัญ ทำให้อุปกรณ์กำเนิดแสงมีหลายรูปแบบและได้พัฒนาให้มีความสวยงามและประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ถึงแม้ว่าแสงประดิษฐ์จากไฟฟ้าจะมีบทบาทอย่างมากในโลกปัจจุบัน เนื่องจากสามารถกำหนดแสงได้ตามต้องการ แต่แสงประดิษฐ์เป็นแสงที่ต้องเสียค่าใช้จ่ายและพลังงานในการทำให้เกิดแสงสว่าง และก่อให้เกิดความรู้สึกที่ซ้ำซากน่าเบื่อเนื่องจากแสงนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้วยอิทธิพลใดๆตามธรรมชาติ เหมือนกับแสงที่เกิดขึ้นจากดวงอาทิตย์ จะเห็นได้ว่างานสถาปัตยกรรมที่ใช้แสงธรรมชาติกับงานสถาปัตยกรรมที่ใช้แสงประดิษฐ์นั้นมีความแตกต่างกันเป็นอย่างมากด้านบรรยากาศโดยรวม เพราะแสงธรรมชาติจะมีการเปลี่ยนแปลงแสงสีของแต่ละช่วงเวลา แต่แสงประดิษฐ์นั้นมีความคงที่ของสีสัน ทำให้บรรยากาศเป็นแบบเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา ทำให้ผู้ที่เข้ามาใช้งานในงานสถาปัตยกรรมไม่สามารถคาดเดาถึงช่วงเวลาได้ เนื่องจากแสงประดิษฐ์เป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยจึงสามารถสร้างบรรยากาศได้ตามความต้องการ ในช่วงเทศกาลต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

2.3.3 แสงบาดตา (Glare)

แสงจ้า หมายถึง แสงที่เข้าตาทำให้มองเห็นวัตถุได้ยาก หรือมองไม่เห็นเลย (Stein and Reynolds, 2000: p.1085) ได้ให้คำนิยามเกี่ยวกับเรื่องแสงจ้าไว้คือ สภาวะการมองเห็นที่มองแล้วเกิดสภาวะความไม่สบายตา หรือ ทำให้ความสามารถในการมองเห็นสิ่งนั้น ๆ ลดลง อันเป็นผลมาจากความเปรียบต่างที่มากจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงจ้ามีอยู่ด้วยกัน 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. แสงจ้าแบบทำให้ไม่สบายตา (Discomfort glare)

แสงจ้าประเภทนี้จะส่งผลให้การมองเห็นวัตถุนั้น ๆ เป็นไปด้วยความยากลำบากจน ก่อให้เกิดความไม่สบายตา ก่อให้เกิดการปรับตัวของนัยน์ตาอย่างรวดเร็ว ดังนั้น หากมีการใช้สายตาในที่ ๆมีแสงจ้าในลักษณะนี้เป็นเวลานานๆ จะเกิดความไม่สบายตาเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ จน ก่อให้เกิดความเครียดทางประสาท และความล้าของกล้ามเนื้อตาได้

2. แสงจ้าทำให้การมองเห็นลดลง (Disable glare)

แสงจ้าประเภทนี้ ส่งผลให้ความสามารถในการมองเห็นวัตถุนั้นๆ ลดลง แต่จำเป็นต้องเกิดความไม่สบายตาทางสายตา การเกิดแสงจ้าประเภทนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณแสงที่ส่องเข้าตาเท่านั้น

การเกิดแสงบาดตานั้นเกิดได้ทั้งจากแสงจ้าโดยตรง (Direct glare) และ ซึ่งแสงบาดตาที่มาจากแสงสะท้อนทำให้เกิดเงาสะท้อนเหนือภาพที่มอง (Veiling glare) เช่น การสะท้อนของแสงธรรมชาติบนกระดานไวท์บอร์ดซึ่งมีผิวมัน ทำให้เกิดการรบกวนกานอ่าน

แสงจ้าโดยตรง (Direct glare) แสงสะท้อน (Reflected glare)

รูปที่ 2.8 แสดงการเกิดแสงจ้าโดยตรงและแสงบาดตา

ที่มา : Egan (1983 : 31,32)

หลักของแนวทางในการควบคุมแสงจ้า (Glare)

- เปลี่ยนตำแหน่งและมุมของวัตถุ (Placement and Orientation)

เมื่อเกิดแสงจ้าสามารถที่จะปรับเปลี่ยนมุมและตำแหน่งของวัตถุที่ได้รับแสงนั้นให้เกิดมุมเบี่ยงไปจากมุมสะท้อน

- การลดความเปรียบต่าง (Reduce the Contrast) โดยปรับค่าการส่องสว่างบริเวณภายในอาคารโดยรอบช่องเปิดหรือแหล่งกำเนิดแสง เพื่อลดความแตกต่างของปริมาณแสงสว่างที่เกิดขึ้นให้มีความแตกต่างน้อยลง

- การใช้ม่านและอุปกรณ์บังแดด (Blinds and Shades) เมื่อแสงจ้า การใช้ม่านและอุปกรณ์กันแดด รวมทั้งการใช้ Light Shelve บริเวณช่องเปิดจะช่วยปรับลดความจ้าที่แตกต่างของแสงสว่างได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

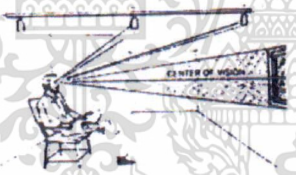
แนวทางการควบคุมแสงจ้า (Glare)

แสงจ้านับเป็นปัญหาสำคัญของช่องเปิดทางด้านข้าง กล่าวโดยสรุปแสงจ้าจะรุนแรงหรือไม่ได้เกิดจากสาเหตุดังต่อไปนี้

- ความแตกต่างของความจ้าระหว่างแหล่งกำเนิดกับสภาพทั่วไป
- ขนาดของแหล่งกำเนิด
- ตำแหน่งของวัตถุในขอบเขตมุมมอง
- ความสามารถในการปรับสายตาของผู้มอง

โดยแสงจ้าสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภทดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงประเภทต่าง ๆ ของแสงจ้า

ประเภทของแสงจ้า	รายละเอียด
A Disability Glare	- เป็นแสงจ้าที่จะทำลายความสามารถที่ใช้ในการมองเห็นของผู้มองทำให้ตาพร่าและมองไม่เห็นไปชั่วขณะ
B Disability Glare 	- เป็นแสงจ้าที่ทำให้รู้สึกว่าไม่สบายตาในการมองเห็นโดยมีแหล่งกำเนิดแสงอยู่บริเวณรอบของการมองอาจจะเกิดได้ทางในภายหลัง
C Veiling Glare	- เป็นแสงจ้าที่เกิดจากการสะท้อนแสงของแหล่งกำเนิดแสงที่ส่องลงบนวัตถุที่มองซึ่งมีค่าการส่องสว่างที่น้อยกว่าเช่น เงาสะท้อนของดวงอาทิตย์เกิดขึ้นบนจอคอมพิวเตอร์เป็นต้น
D Reflected Glare	- เป็นแสงจ้าที่เกิดจากการมองเห็นวัตถุที่ได้รับแสงจากแหล่งกำเนิดแล้วสะท้อนเข้าตาถ้าปริมาณแสงเข้ามามากเกินไปก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดแสงจ้าประเภทนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 ความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity)

ความเข้มของแสงสม่ำเสมอหรืออัตราความเข้มของแสงต่ำสุดต่อความเข้มของแสงเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 0.5 เป็นต้น ดังนั้นการออกแบบห้องที่ไม่ต้องมีความเข้มของแสงที่สม่ำเสมอก็ต้องระวังความเข้มของแสงบริเวณรอบ ๆ ด้วยเพื่อว่า เมื่อเงยหน้าจากพื้นระนาบการทำงานขึ้นมาแล้วไม่เจอพื้นที่มืดรอบข้างอันจะทำให้ต้องใช้เวลาในการปรับตัวของตาในการมองบริเวณรอบข้าง (ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540, น 45)

ในพื้นที่ข้างเคียงไม่ควรมีความเข้มของแสงต่างกันมากกว่า 5: 1 เช่น ในห้องทำงานมีความเข้มของแสง 500 Lux เมื่อเดินออกมานอกห้องแล้ว ความเข้มของแสงด้านนอก ทางเดินระเบียงฯลฯ ไม่ควรมีความเข้มของแสงน้อยกว่า 100 Lux เป็นต้น (ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540, น 45)

$$\text{ความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (ไม่มีหน่วย)} = \frac{\text{ความเข้มของแสงที่ต่ำสุด (ในพื้นที่ที่พิจารณา)}}{\text{ความเข้มของแสงเฉลี่ย (ในพื้นที่ที่พิจารณา)}}$$

2.3.5 การมองเห็นและการปรับตัวของตาต่อแสง

ความสามารถในการปรับตัวของตาต่อการมองเห็นขึ้นอยู่กับความเข้มของแสง และเวลาที่ใช้ในการมองเห็น ตาใช้เวลาประมาณ 30 วินาที ในการปรับตัวจากความสว่างมากไปสู่บริเวณที่มีความสว่างน้อย หรือในที่มืด ในทางตรงข้ามตาจะใช้เวลาในการปรับน้อยมากในการปรับการมองเห็นจากที่มืดไปสู่ที่สว่าง เพราะตาจะต้องใช้เวลาในการปรับตัวถึงจะมองเห็นได้ตามปกติ หากมีการออกแบบให้พื้นที่ที่ติดกันมีความสว่างต่างกันน้อยก็จะทำให้ไม่ต้องปรับตัว

โดยปกติสายตาของคนไม่รู้สึกถึงความแตกต่างของความสว่างที่เปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย แต่จะรับรู้ได้ก็ต่อเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไปมากกว่า 100 - 200 Lux เช่น กรณีที่นั่งทำงานอยู่มนห้องที่มีการนำแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดด้านข้างเข้ามาใช้งาน โดยไม่ใช้แสงประดิษฐ์เพิ่มเติม และยังคงสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องโดยที่ไม่รู้สึกถึงความแปรปรวนที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากในสภาพความเป็นจริง ท้องฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เป็นผลเกิดจากการเคลื่อนตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ปริมาณของเมฆ และอนุภาคในอากาศเช่น ฝุ่น ควัน หรือไอน้ำ ซึ่งอาจจะเปลี่ยนไปมากกว่า 200 Lux แต่เราก็ยังไม่รู้สึกถึงความสว่างที่เปลี่ยนไป

2.3.6 แสงกับการมองเห็น

การมองเห็นมีความสัมพันธ์กับระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติ โดยเมื่อตาได้รับแสงในระดับที่ความสว่างหรือมืดเกินไป รวมทั้งในสภาวะที่มีความเปรียบเทียบต่างมาก จาจึงต้องมีการปรับสายตา ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การปรับตัวของตากับความสว่าง

การปรับตัวของตาในบริเวณที่สว่างและมืด อย่างเช่นเมื่อออกจากที่ซึ่งมีแสงสว่างน้อยเช่น ในห้องมืด ๆ มายังภายนอก ซึ่งมีแสงสว่างจ้า คนโดยทั่วไปจะเกิดอาการที่เรียกว่า " ตาบอดชั่วคราว " เนื่องมาจากสายตายังคุ้นเคยกับความมืด เมื่อตาละจากความมืดและเข้าสู่ระดับความสว่างภายนอก ม่านตาจะปรับตัวเล็กลงเพื่อให้แสงผ่านมายังม่านตาได้น้อยลง จึงทำให้ตามองไม่เห็นสิ่งต่าง ๆ เป็นช่วงเวลาหนึ่ง ต้องใช้เวลาประมาณ 2-3 วินาทีในการปรับสายตาเพื่อให้เข้าสู่สภาวะปกติ เมื่ออยู่ในสภาวะที่สว่างไปยังที่มีความสว่างน้อยกว่าตาต้องมีการปรับสายตากับความมืดซึ่งใช้เวลานานถึง 10-30 วินาที โดยจะเห็นว่าการปรับตังของตาจากที่สว่างสู่ที่มืดจะใช้เวลามากกว่า ดังนั้น การออกแบบแสงสว่างในบริเวณเดียวกันไม่ควรให้เกิดความสว่างที่มีค่าแตกต่างกันมากเพราะจะทำให้เกิดความไม่สบายตาเกิดขึ้นเนื่องจากความเมื่อยล้าในการปรับตัวของสายตา

2. การปรับตัวของตากับแสงธรรมชาติ

ในการปรับตัวของตาที่มีต่อแสงธรรมชาติ ส่วนมากจะก่อให้เกิดปัญหาเรื่องความไม่สบายตา เนื่องจากความสว่างของแสงธรรมชาติเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ ซึ่งสอดคล้องกับการปรับสายตา

3. การปรับตัวของตากับความเปรียบต่างของความสว่างจ้า

ในการมองตำแหน่ง ๆ หนึ่งในสนามการมอง ตาจะปรับตัวกับความจ้าต่าง ๆ ที่ความจ้าเฉลี่ย ในพื้นที่ที่มีความแตกต่างของความจ้ามาก ๆ ทำให้การมองเห็นรายละเอียดในพื้นที่ที่มีความสว่างน้อยกว่าได้ยาก และตาต้องใช้เวลาในการปรับสายตานานทำให้เกิดความไม่สบายตาความชัดเจนในการมองก็จะลดลง

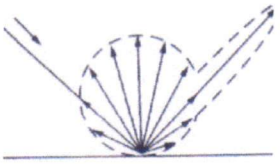
2.4 พฤติกรรมของแสง

แสงมีคุณสมบัติเป็นของตัวเองหลายประการ ได้แก่ การมีจุดกำเนิดแสง และมีตำแหน่งที่ตั้ง ซึ่งแสดงในลักษณะของค่าพิกัด X ,Y และ Z บนที่ว่างพิกัดคาร์ทีเซียนเช่นเดียวกับวัตถุ จุดกำเนิดแสงอาจถูกวางอยู่ในตำแหน่งที่ไกลในระยะอนันต์ เช่น ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นจุดกำเนิดแสงที่เป็นเพียงจุดสว่างเล็กๆในอวกาศที่มืดมิด หรือจุดกำเนิดแสงอาจวางอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้ เช่น หลอดไฟบนโต๊ะทำงาน และเนื่องจากแสงเป็นพลังงานอย่างหนึ่งที่ให้ความสว่างแก่สรรพสิ่ง ดังนั้นความจ้า (Brightness) จึงเป็นคุณสมบัติอีกตัวหนึ่งที่แสดงถึงปริมาณของกำลังงานแสงที่เปล่งออกมาจากจุดกำเนิดโดยกำหนดเป็นค่าตัวเลข 0-1

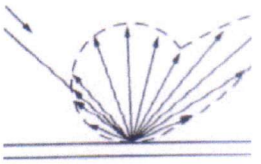
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 การกระจายแสง

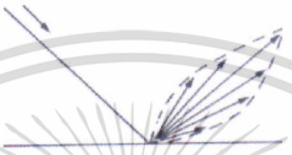
เมื่อแสงตกกระทบตัวกลางที่ผิวขัดมันก็จะเกิดการสะท้อนหรือกระจายแสงออกมาในทิศทางต่าง ๆ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับผิวของชนิดของตัวกลางที่ตกกระทบ



ก) การกระจายและการสะท้อน (Diffuse and Specular)



ข) การกระจายและการแผ่รังสี (Diffuse and Spread)



ค) การสะท้อนและการแผ่รังสี (Specular and Spread)

รูปที่ 2.9 แสดงการกระจายของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลางซึ่งมีการกระจายแสงออกเป็นหลาย ๆ ลักษณะ

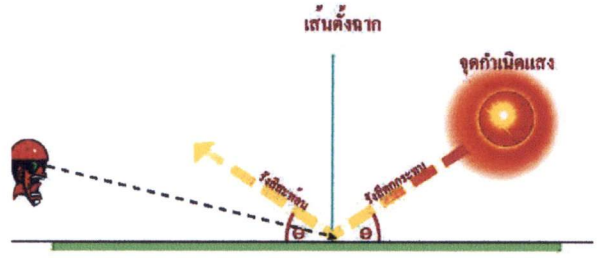
รูปที่ 2.10 แสดงการกระจายของแสง

ที่มา : http://www.promma.ac.th/chemistry/jutamas/online_chemistry/lesson/spectrum2.htm

2.4.2 การสะท้อนของแสง

การสะท้อนเป็นคุณสมบัติสำคัญอีกตัวหนึ่งของแสง ที่คลื่นแสงสะท้อนออกจากผิวหน้าวัตถุไปสู่สิ่งแวดล้อม เมื่อมีแสงสว่างส่องไปยังวัตถุจะพบว่าองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อนของแสงมีทั้ง เมื่อแสงตกกระทบตัวกลางที่เป็นผิวเรียบขัดมัน จะเกิดการสะท้อนแสงออกจากตัวกลางนั้น ซึ่งจะเป็นไปตามหลักการที่ว่ามุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงการสะท้อนของแสง

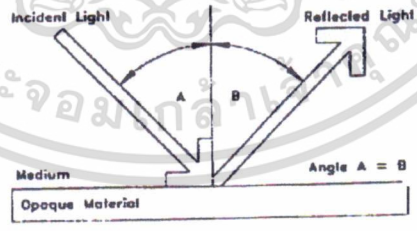
ที่มา : http://graphics.sci.ubu.ac.th/wiki/index.php

คุณสมบัติของการสะท้อนแสงจากผิวหน้าวัตถุ สีของวัตถุ ความจ้าหรือกำลังความสว่างของแสง วิธีคำนวณการสะท้อนแสงของวัตถุจะเกี่ยวข้องกับหลักการระนาบฉากบนผิววัตถุ ทั้งนี้เพราะระนาบฉากแต่ละระนาบบนพื้นผิว จะกำหนดทิศทางการสะท้อนของลำแสงจากผิวหน้าของวัตถุออกมา นอกจากนี้ปริมาณของแสงที่สะท้อนออกไปยังแปรเปลี่ยนไปตาม มุมตกกระทบ (Angle of Incidence) ซึ่งเป็นมุมระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับผิวระนาบวัตถุ รวมทั้งยังแปรตามมุมมอง (Angle of View) ซึ่งเป็นมุมระหว่างตัวระนาบฉากกับกล้องหรือตาของผู้สังเกตอีกด้วย ทั้งนี้แสงสีที่ปรากฏจากพื้นผิวของวัตถุมายังตาผู้ชมมีอยู่ 3 ชนิดคือ แอมเบียนต์ ดิฟิวส์ และสเปคูลา

การสะท้อนสามารถพิจารณาออกได้เป็นดังนี้คือ

การสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา (Specula Reflection)

เป็นลักษณะที่เกิดเมื่อแสงตกกระทบลงบนตัวกลางที่เป็นวัตถุทึบแสง (Opaque material) มีลักษณะเป็นผิวเรียบขัดมัน (polish surface) การสะท้อนจะมีลักษณะของมุมแสงที่ตกกระทบ (Angle of incident) เท่ากับมุมของแสงที่สะท้อน (Angle of reflection)



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะของการสะท้อนของแสงแบบกระจกเงา

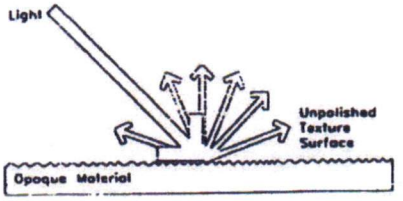
ที่มา : ไพศาล จันเตยูร (2539 : 172)

การสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection)

เป็นลักษณะที่เกิดเมื่อแสงตกกระทบลงบนวัตถุที่ทึบแสงที่มีผิวหยาบไม่เรียบสม่ำเสมอ ส่งผลให้แสงที่สะท้อนออกมาถูกสะท้อนออกไปในหลาย ๆ ทิศทาง และถ้าหากผิววัตถุที่ไม่เรียบนั้นมีลักษณะที่ไม่เรียบแบบสม่ำเสมออย่างสมบูรณ์ (Perfectly Diffusing Surface) แสงสะท้อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้จะมีลักษณะเป็นการกระจายแสงแบบสมบูรณ์ (Perfect Diffuse Reflection) เป็นการสะท้อนแสงที่ให้ความสว่างเท่า ๆ กันในทุก ๆ มุมสะท้อน แต่หากผิววัตถุไม่เรียบแบบไม่สม่ำเสมอ (Semi Diffuse Surface) แสงสะท้อนที่ได้ก็จะมีลักษณะเป็นการสะท้อนแบบกระจัดกระจาย (Semi Diffuse Reflection)

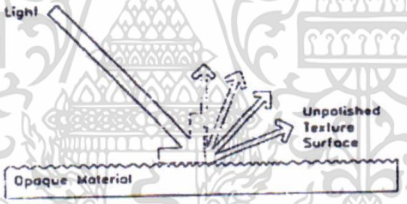


รูปภาพที่ 2.13 แสดงการสะท้อนของแสงที่วัตถุไม่เรียบแบบสม่ำเสมออย่างสมบูรณ์ (Perfectly Diffusing Surface)

ที่มา : ไพศาล จันเตยูร (2539 : 172)

การสะท้อนของแสงที่วัตถุไม่เรียบแบบไม่สม่ำเสมอ (Semi Diffuse Surface)

เป็นการสะท้อนแสงที่ให้ความสว่างเท่า ๆ กัน ในทุก ๆ มุมสะท้อน แต่หากผิววัตถุไม่เรียบ (Semi Diffuse Surface) แสงสะท้อนที่ได้ก็จะมีลักษณะของการสะท้อนแบบกระจาย

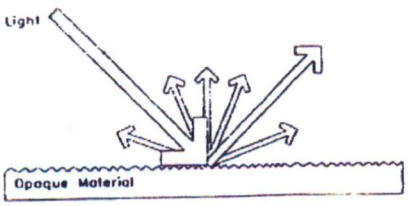


รูปที่ 2.14 แสดงการสะท้อนของแสงที่วัตถุไม่เรียบแบบไม่สม่ำเสมอ(Semi Diffuse Surface)

ที่มา : ไพศาล จันเตยูร (2539 : 172)

การสะท้อนของแสงแบบผสม (Combined Specula & Diffuse Reflection)

โดยทั่วไปแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุจะมีลักษณะผสมกันระหว่างการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา และ การสะท้อนแบบกระจาย



รูปภาพที่ 2.15 แสดงการสะท้อนของแสงแบบผสม (Combined Specula & Diffuse Reflection)

ที่มา : ไพศาล จันเตยูร (2539 : 172)

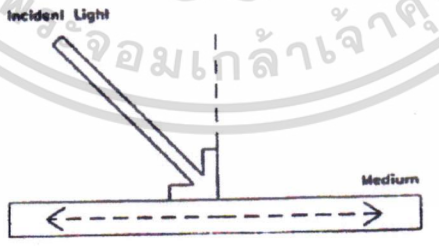
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของการสะท้อนแสงจากผิวหน้าวัตถุ สีของวัตถุ ความจ้าหรือกำลังความสว่างของแสง วิธีคำนวณการสะท้อนแสงของวัตถุจะเกี่ยวข้องกับหลักการระนาบฉากบนผิววัตถุ ทั้งนี้เพราะระนาบฉากแต่ละระนาบบนพื้นผิว จะกำหนดทิศทางการสะท้อนของลำแสงจากผิวหน้าของวัตถุออกมา นอกจากนี้ปริมาณของแสงที่สะท้อนออกไปยังแปรเปลี่ยนไปตาม มุมตกกระทบ (Angle of Incidence) ซึ่งเป็นมุมระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับผิวระนาบวัตถุ รวมทั้งยังแปรตาม มุมมอง (Angle of View) ซึ่งเป็นมุมระหว่างตัวระนาบฉากกับกล้องหรือตาของผู้สังเกตอีกด้วย ทั้งนี้แสงสีที่ปรากฏจากพื้นผิวของวัตถุมายังตาผู้ชมมีอยู่ 3 ชนิดคือ แอมเบียนต์ ดิฟิวส์ และสเปคูลา

รูปที่ 2.16 แสดงมุมตกกระทบของแสง เป็นมุมที่เกิดขึ้นจากแนวรังสีแสง (LP) ซึ่งส่องจากจุดกำเนิดแสงกับแนวระนาบฉากที่ผิวหน้าวัตถุ (NP) มุมสะท้อน (NPR) เป็นมุมระหว่างแนวระนาบฉาก กับแนวรังสีสะท้อน (RP) มุม LPN และมุม NPR จะมีค่าเท่ากันเสมอ

2.4.3 การดูดกลืน

เมื่อแสงตกกระทบตัวกลางที่เป็นผิวเรียบธรรมดาจะมีบางส่วนหรือทั้งหมดหายเข้าไปในพื้นผิวเรียบนั้น ไม่สะท้อนกลับออกมาหรือออกมาน้อยกว่าปกติและจะสังเกตเห็นว่า เมื่อพลังงานแสงถูกดูดกลืนหายเข้าไปในพื้นหรือวัตถุแล้วมันจะเปลี่ยนสถานะออกมาในรูปแบบของพลังงานความร้อน



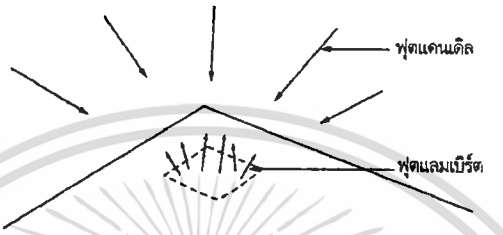
รูปที่ 2.17 แสดงการดูดกลืนแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง

ที่มา : ไพศาล จันเตยูร (2539 : 172)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 ความจ้า (Brightness) หรือ ความสว่าง (Luminance)

เมื่อแสงส่องกระทบวัตถุแล้วเกิดการสะท้อนหรือส่องผ่านของแสงจากวัตถุเข้าสู่ตา ทำให้เกิดการมองเห็นวัตถุนั้นแล้ว สายตายังรับรู้ความสว่าง หรือที่เรียกว่า ความจ้าของวัตถุอีกด้วย ความจ้าหรือความสว่างของวัตถุที่สายตารับรู้ขึ้นอยู่กับ 2 องค์ประกอบหลักคือ ความสามารถในการสะท้อน หรือส่องผ่านของแสงของวัตถุ ทำให้วัตถุนั้นเปรียบเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ 2 (Secondary Light Source) และความสามารถในการปรับตัวของสายตา



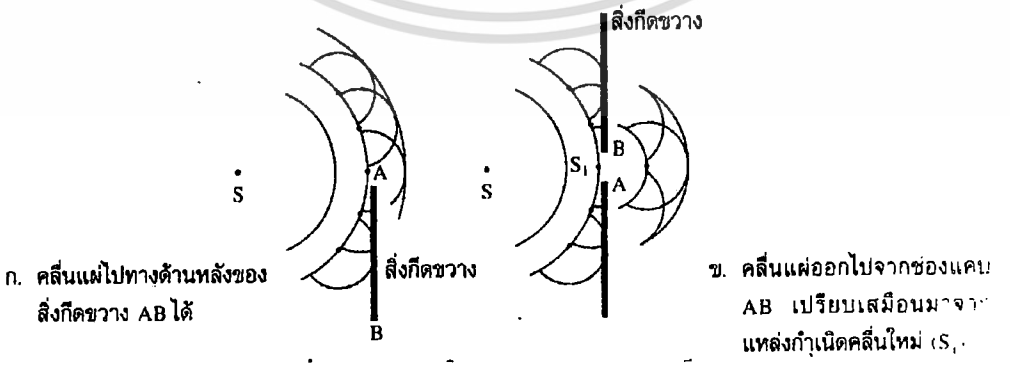
รูปที่ 2.18 แสดงความสัมพันธ์ของการส่องสว่างกับความจ้า

ที่มา : พิบูลย์ ดิษฐอุดม (2544 : 16)

หากพิจารณาในเชิงปริมาณ ความจ้าที่เกิดขึ้นของวัตถุใดๆ จะพิจารณาในรูปของ ปริมาณความเข้มของแสงที่เปล่งออกมาจากผิวของวัตถุต่อหน่วยพื้นที่ มีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ด (Footlambert)

2.4.5 การเลี้ยวเบนและการแทรกสอด

การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดเป็นสมบัติพื้นฐานที่สำคัญประการหนึ่งของคลื่น การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดเป็นปรากฏการณ์ที่แตกต่างกัน คลื่นที่เคลื่อนที่ไปจะมีการสร้างคลื่นย่อยออกมาอย่างต่อเนื่อง เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดการแทรกสอดเพราะคลื่นย่อยที่เกิดขึ้นจะมีเฟสเดียวกับคลื่นต้นกำเนิด ดังนั้นเมื่อคลื่นย่อยเคลื่อนที่มาพบกัน ก็จะทำให้เกิดการแทรกสอดขึ้น



รูปที่ 2.19 แสดงการใช้หลักการของฮอยเกนส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่คลื่น 2 ชุดเคลื่อนที่มาชนกันแล้วเกิดการรวมกันหรือหักล้างกันแล้วแต่กรณีซึ่งผลของการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดนี้สามารถสังเกตได้โดยจะพบลวดลายแถบมืด-สว่าง หรือลวดลายของแสงสีลักษณะต่าง ๆ เช่น สวดสายที่เกิดขึ้นบนผิวฟองสบู่ ลวดลายที่เกิดขึ้นบนผิวน้ำมันเป็นต้น

2.4.6 การส่องผ่าน

เกิดขึ้นเมื่อมีแสงตกกระทบด้านหนึ่งของตัวกลาง แล้วทะลุผ่านไปยังอีกด้านหนึ่ง อย่างไรก็ตามเมื่อมุมตกกระทบตัวกลางที่แสงสามารถส่องผ่านได้ แสงส่วนหนึ่งจะถูกกลืน ส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับ และส่วนที่เหลือจะทะลุผ่าน หมายถึงปริมาณแสงที่ตกกระทบจะเท่ากับ ปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืน รวมกับปริมาณแสงที่สะท้อนกลับ รวมกับปริมาณแสงที่ทะลุผ่าน สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

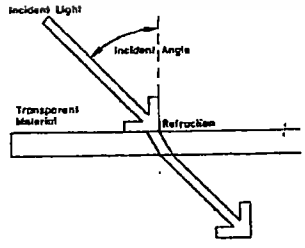
$$\text{Absorbtance} + \text{Reflectance} + \text{Transmittance} = 1$$

ลักษณะการส่องผ่านของแสงสามารถจำแนกได้ตามลักษณะของตัวกลางดังนี้

การส่องผ่านของแสงคือพฤติกรรมที่แสงตกกระทบด้านหนึ่งของวัตถุแล้วทะลุผ่านไปยังอีกด้านหนึ่ง จะเกิดขึ้นเฉพาะกับตัวกลางที่ยอมให้แสงผ่านได้ เมื่อแสงตกกระทบวัตถุ ซึ่งลักษณะและคุณสมบัติของตัวกลางจะทำให้แสงส่องผ่านไปสู่อีกด้านของวัตถุในลักษณะที่แตกต่างกัน

การส่องผ่านตัวกลางโปร่งใส (Transparent Medium)

แสงจะเกิดการหักเห (Refracted) หรือเปลี่ยนทิศทาง โดยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเช่น ลักษณะพื้นผิว ความหนา รูปทรง คุณลักษณะเฉพาะของวัตถุ ฯลฯ แสงที่ผ่านตัวกลางชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นลำแสงเช่นเดิม ตัวกลางชนิดนี้จะมีความใสสามารถมองผ่านไปยังอีกด้านแล้วเห็นภาพได้ชัดเจน วัสดุที่เป็นตัวกลางโปร่งใสลักษณะการส่องผ่านของแสงในวัสดุโปร่งใสเช่น น้ำ หรือ Glass Block แสงที่ส่องผ่านวัสดุจะมีความเปลี่ยนแปลงทิศทางไม่แน่นอน และให้แสงในลักษณะกระจัดกระจาย(Scatter wide)ทั้งนี้เกิดการเบี่ยงเบนย่อมขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวกลาง ลักษณะของตัวกลางประเภทนี้เช่น กระจกใส เป็นต้น

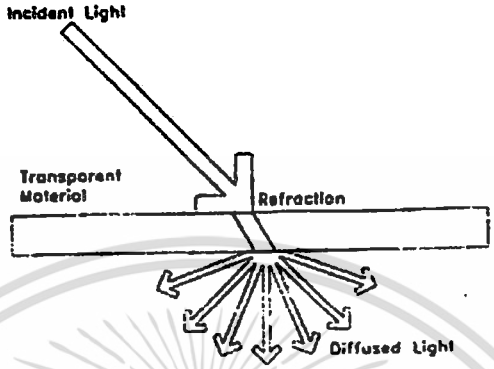


รูปที่ 2.20 แสดงการส่องผ่านของแสงผ่านตัวกลางโปร่งใสแล้วเกิดการหักเหของแสง
ที่มา : ไพศาล จันเตยูร (2539 : 172)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่องผ่านตัวกลางโปร่งแสง (Translucent Medium)

แสงจะเกิดการกระจายตัวออกเมื่อแสงผ่านวัตถุโปร่งแสง เป็นการส่องผ่านแบบกระจาย (Diffuse Transmission) ตัวกลางจะมีลักษณะที่ยอมให้แสงผ่าน แต่จะไม่สามารถมองผ่านไปยังอีกด้าน หรือทำให้ไม่สามารถมองเห็นภาพได้ชัดเจน



รูปที่ 2.21 แสดงการส่องผ่านของแสงผ่านตัวกลางโปร่งแสง

ที่มา : ไพศาล จันเตยูร (2539 : 172)

2.4.7 การเกิดเงา (Shadow)

เงาคืออาณาเขตหลังวัตถุซึ่งแสงที่ฉายไปกระทบวัตถุนั้นไม่สามารถเดินทางไปถึงหรือไปถึงเพียงบางส่วน เงาจะเกิดขึ้นได้เมื่อมีองค์ประกอบต่างๆคือ แสง (Light) วัตถุ (Object) และฉาก (Scene) เมื่อแสงตกกระทบวัตถุใดๆเงาที่เกิดขึ้นจะมี 2 ลักษณะคือ

เงาบนวัตถุ (Attached Shadow)

คือเงาที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นผิววัตถุด้านทตรงข้ามกับทิศทางที่รับแสงโดยตรง (Indirect Light) เงาที่เกิดขึ้นจะมีน้ำหนักไล่จากสว่างไปมืด ลักษณะดังกล่าวทำให้รับรู้ได้ถึงลักษณะของมุมหรือขอ(Edge) ของวัตถุที่เกิดขึ้น ซึ่งการไล่น้ำหนักของเงาบนวัตถุจะมีความแตกต่างของน้ำหนักเพียงเล็กน้อย ซึ่งตาของเราสามารถรับรู้ได้

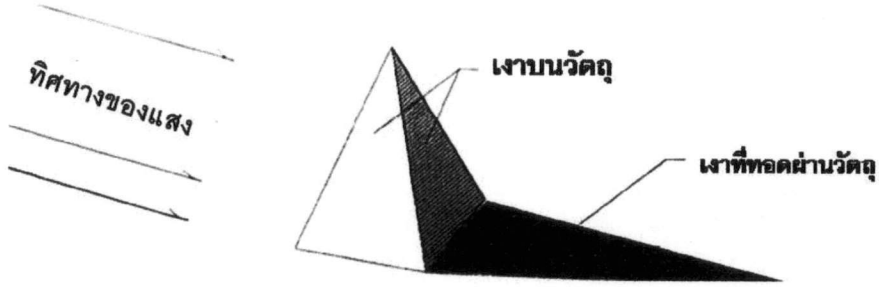
เงาที่ทอดผ่านวัตถุ (Cast Shadow)

คือเงาของวัตถุที่ตกกระทบบนอีกพื้นผิวหนึ่งที่ทำหน้าที่เป็นฉากที่อยู่ด้านตรงข้ามกับด้านที่รับแสง ความแตกต่างของเงาภายในและความสว่างภายนอก ทำให้เรารับรู้ได้ถึงระยะลึกตื้นของวัตถุ ซึ่งตาเราสามารถแยกแยะความแตกต่างนี้ได้ด้วยลักษณะของขอบของเงา (Gradient Edge) เงาที่ทอดผ่านวัตถุ (Cast Shadow) สามารถแบ่งตามลักษณะของแสงได้ 2 แบบคือ

- เงามืด เป็นเงาส่วนที่แสงมาไม่ถึง เกิดจากแสงในลักษณะของแสงตรง (Direct Light) จาก แหล่งกำเนิดแสง

- เงามัว เป็นเงาที่แสงบางส่วนส่องถึงได้ อันเนื่องมาจากแสงที่เกิจากการสะท้อน หรือส่องผ่านวัตถุ (Indirect Light)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 แสดงลักษณะของเงาบนวัตถุ (Attached Shadow) และเงาที่ทอดผ่านวัตถุ (Cast Shadow)

การเชื่อมโยงแสงและเงาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ว่างเป็นสิ่งหนึ่งที่ทำให้เกิดความน่าสนใจในการออกแบบสถาปัตยกรรม เมื่อแสงตกกระทบวัตถุรูปทรงใดๆ เงาที่เกิดขึ้น (Cast Shadow) จะแสดงถึงรูปร่างของวัตถุนั้นๆ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามทิศทางของแสงในแต่ละเวลา ในพื้นที่ว่างหนึ่งๆ เงาที่เกิดขึ้นสามารถกำหนดพื้นที่การใช้งานในแต่ละช่วงเวลาได้

2.5 ความส่องสว่าง (Illuminance)

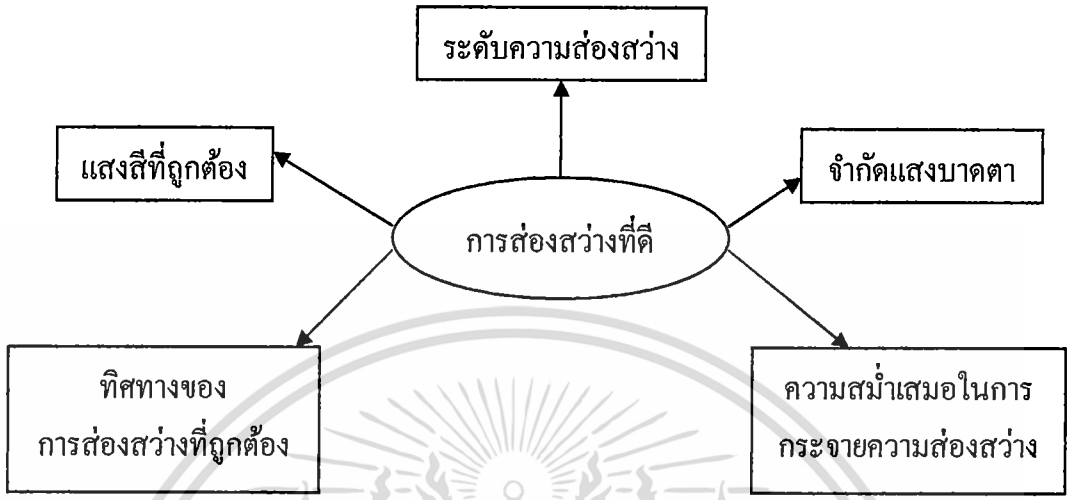
การให้แสงสว่างของแสงธรรมชาติที่ดี นอกจากจะให้ปริมาณแสงและ มีค่าความส่องสว่างที่เพียงพอบนพื้นที่ทำงานแล้ว แสง สี อุณหภูมิ และความถูกต้องของสีวัตถุ รวมไปถึงการให้บรรยากาศโดยรวมของการให้แสงต่อให้แสงต่อการทำกิจกรรมของพื้นที่นั้นเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง นอกจากนี้ยังต้องลดแสงจ้าแสงบาดตา มีค่าเปรียบเทียบต่างที่เหมาะสมทำให้มองเห็นวัตถุได้ชัดเจน และที่สำคัญที่สุด จะต้องมีความสบายตาในการมองเห็น (Visual Comfort) ดังนั้นการจัดการในการใช้แสงสว่างธรรมชาติให้ได้ความสบายตาจึงขึ้นกับปัจจัยและองค์ประกอบหลายประการที่สำคัญเช่น

- ระดับปริมาณความส่องสว่างที่ต้องการต่อการทำกิจกรรม
- ความสม่ำเสมอในการกระจายความส่องสว่าง
- ทิศทางการให้ความส่องสว่าง
- แสงสีที่ถูกต้อง

การจัดการใช้แสงธรรมชาติให้มีคุณภาพการส่องสว่างที่ดี ต้องมีการส่องสว่างมากพอมีความสม่ำเสมอของการส่องสว่าง เพื่อที่จะทำให้การมองเห็นวัตถุได้ชัดเจน ไม่ต้องเพ่ง ลดค่าเปรียบเทียบต่างที่ไม่จำเป็น มีทิศทางการส่องสว่างที่เหมาะสมมองเห็นวัตถุหรือชิ้นงานได้ชัดเจน เพราะถ้าความส่องสว่างถึงแม้จะมากพอ แต่มีทิศทางการส่องสว่างที่ไม่ถูกต้องก็จะมองเห็นวัตถุที่ไม่ชัดเจน การส่องสว่างที่ดีต้องไม่ให้เกิดแสงบาดตา โดยเฉพาะการส่องสว่างจากทางด้านข้าง เพราะจะทำให้การสามารถในการการมองเห็นนั้นลดลง เมื่อได้คุณภาพเกือบทุกข้อแล้ว สิ่งที่สำคัญอีกประการก็คือแสงสีที่สวยงาม ถ้าหากหาค่าส่องสว่างมองเห็นวัตถุได้ชัดเจนแต่ขาดความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวยงามหรือสีไม่ถูกต้อง ความสบายตาก็ไม่เกิด การที่จะออกแบบแสงธรรมชาติให้เกิดภาวะสบายทางสายตาจึงมิใช่เรื่องง่าย ซึ่งต้องพิจารณาเรื่องดังกล่าวข้างต้นมาประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งจะสามารถเขียนเป็นภาพความสัมพันธ์ได้ดังนี้



รูปที่ 2.23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการส่องสว่างที่ดีและปัจจัยที่ทำให้เกิดการส่องสว่างที่ดี
ที่มา : ชำนาญ ห่อกียรติ , 2540 : 1-24

2.5.1 ค่าความสว่าง (Luminance)

ค่าความสว่างคือความส่องสว่างที่สะท้อนหรือส่องผ่านออกมาจากวัตถุเข้าตา ทำให้สามารถมองเห็นวัตถุโดยวัตถุนั้นจะมีคุณสมบัติเป็นแหล่งกำเนิดแสงทางอ้อม (Secondary Light Source)

2.5.2 ความสว่าง

ความสว่างคือการตอบสนองด้านความคิด (Subjective Response) ต่อค่าความสว่าง (Luminance) ในพื้นที่ภาพที่มองเห็น ลักษณะของความสว่างของแสงเราสามารถรับรู้ได้จากการเปรียบเทียบคุณภาพของการสะท้อนแสงบนวัตถุนั้นๆต่อสภาพรอบข้างว่ามีลักษณะที่สว่างกว่าหรือมืดกว่า ความแตกต่างนี้เรียกว่าความต่างของความสว่าง (Brightness-Contrast) ซึ่งค่าความต่างนี้เป็นตัวอธิบายอัตราความสว่างที่เกิดขึ้น (Luminance Ratio) ลักษณะของความสว่างเช่นนี้เป็นวิธีการในการออกแบบความสัมพันธ์ระหว่างสี พื้นผิว และตำแหน่งของพื้นผิวในพื้นที่ว่าง (Space) และจำนวนของแหล่งกำเนิดแสงภายในห้องการรับรู้ถึงความส่องสว่างส่งอิทธิพลต่อการมองเห็นความลึกตื้นของวัตถุนั้นๆด้วยนั่นคือเมื่อวัตถุหนึ่งที่สว่างวางใกล้กับวัตถุที่มืดกว่า วัตถุที่สว่างกว่าจะดูใกล้และมีขนาดใหญ่กว่าวัตถุที่มืดกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแสงจากแหล่งกำเนิดแสงตกกระทบวัตถุ หรือพื้นที่ใดๆ เป็นผลให้แสงส่วนหนึ่งสะท้อนเข้าสู่ดวงตาทำให้เกิดการมองเห็น ปริมาณแสงที่ตกกระทบวัตถุหรือพื้นที่นั้นๆ เราเรียกว่า การส่องสว่าง หรือ ความสว่าง (Illumination) ซึ่งมีนิยามที่เกี่ยวข้องกับการส่องสว่างดังนี้

1. ปริมาณแสง (Luminous Flux) คือปริมาณแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง (Light Output) ในหนึ่งหน่วยเวลา เป็นการบอกค่าพลังงาน หรือกำลังงานของแหล่งกำเนิดแสง (Power of Light Source) ในรูปของเส้นแรงปริมาณแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงนั้นๆ มีหน่วยเป็นลูเมน (Lumen)

2. Solid angle (w) เป็นการวัดส่วนหนึ่งของพื้นผิวทรงกลมที่ถูกครอบคลุมด้วยพื้นที่สมมติรูปทรงกรวยที่มีส่วนแหลมของกรวยอยู่ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมนั้นๆ หรือ คืออัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวส่วนที่พิจารณาของทรงกลมต่อรัศมีของทรงกลมนั้นๆ ยกกำลังสอง มีหน่วยเป็นสเตอเรเดียน (Steradian) Solid angle (w) $= A / R^2$

โดยที่ A คือ พื้นที่ผิวที่พิจารณาของทรงกลม

R คือ รัศมีของทรงกลม

3. ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity) คือปริมาณแสงที่เปล่งออกจากแหล่งกำเนิดแสงใน Solid angle ใดๆ ในทิศทางหนึ่งทิศทางใดบอกค่าความมากน้อยของพลังงานหรือกำลังงานของแหล่งกำเนิดแสงใดๆ ในรูปของความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity) หรือ กำลังส่องสว่าง (Candlepower) มีหน่วยเป็น แคนเดลา (candela) หรือ ลูเมนต่อสเตอเรเดียน (lumen per steradian) ใช้สำหรับการพิจารณาแหล่งกำเนิดแสงที่มีขนาดเล็กมากจนถือว่าเป็นจุด (point source) หากพิจารณาโดยการนำแหล่งกำเนิดแสงที่เล็กมากจนเสมือนจุดและมีค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสม่ำเสมอทุกทิศทางเท่ากับ 1 แคนเดลา มาวางไว้ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมรัศมี 1 หน่วย ปริมาณแสงที่พุ่งไปตกลงบนทุกๆ หนึ่งตารางหน่วยพื้นที่บนพื้นผิวของทรงกลมนี้จะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมน (lumen) และเนื่องจากพื้นที่ผิวทั้งหมดของทรงกลมรัศมี 1 หน่วยมีค่าเท่ากับ 12.57 ตารางหน่วยพื้นที่ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลา สามารถเปล่งปริมาณเส้นแรงของแสงออกมาได้ เท่ากับ 12.57 ลูเมน

4. ความส่องสว่าง (Illuminace) เมื่อมีปริมาณแสงตกกระทบลงบน 1 หน่วยพื้นที่ใดๆ ผลที่ได้คือ ความสว่าง มีแสงในทรงกลม หากทรงกลมมีรัศมี 1 ฟุต ปริมาณแสง 1 ลูเมนที่พุ่งไปตกลงบนพื้นที่หนึ่งตารางฟุตของผิวทรงกลมปริมาณความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมนต่อตารางฟุต (footcandle) ในทำนองเดียวกัน ถ้ารัศมีของทรงกลมมีค่าเท่ากับ 1 เมตร ปริมาณความส่องสว่างจะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมนต่อตารางเมตร หรือ 1 ลักซ์ หน่วยเป็น ลูเมนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (lumen per unit of area) เช่นเดียวกับการพิจารณาแหล่งกำเนิด (lux)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

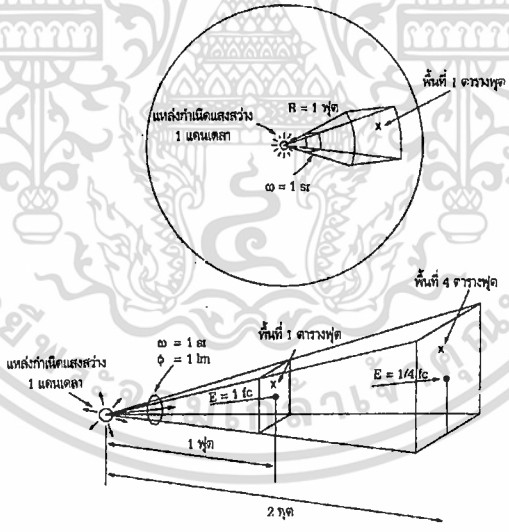
การส่องสว่าง (Illumination) ปริมาณแห่งการส่องสว่างบนพื้นที่ผิวใดๆ จะแปรผันโดยตรงกับความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง และแปรผันผกผันกับค่าระยะทางยกกำลังสองระหว่างพื้นผิวนั้นกับแหล่งกำเนิดแสง และเรียกความสัมพันธ์นี้ว่า กฎกำลังสองผกผัน (Inverse square law) มีหน่วยเป็น ลักซ์ หรือ ฟุตแคนเดิล มีสมการดังนี้ $E = I / d2$ โดยที่ E คือปริมาณความส่องสว่างบนพื้นผิวที่พิจารณา มีหน่วยเป็น ลักซ์ (lx) หรือ ฟุตแคนเดิล (fc) I คือความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางที่พุ่งไปหาพื้นที่ผิวที่ พิจารณา มีหน่วยเป็น แคนเดลา (cd) d คือระยะทางระหว่างพื้นที่ผิวที่พิจารณากับแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยเป็น เมตรหรือฟุต ตามธรรมชาติแล้วปริมาณแห่งการส่องสว่างจะแปรผันตรงกับความเข้มแห่งการส่องสว่าง และแปรผกผันระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงถึงจุดที่เราต้องการวัดแสงสว่างยกกำลังสอง และเรียกความสัมพันธ์นี้เรียกว่า กฎกำลังสองผกผัน (Inverse Square Low) ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E = (Cd) / D^2$$

ให้ E คือ ปริมาณแห่งการส่องสว่างบนจุดที่ต้องการวัด มีหน่วยเป็น ฟุตแคนเดิล หรือลักซ์

Cd คือ ความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงมีหน่วยเป็นแคนเดลา

D คือ ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงถึงจุดบนพื้นที่ที่ต้องการแสงมีหน่วยเป็นฟุตหรือเมตร



รูปที่ 2.24 แสดงปริมาณแห่งการส่องสว่างหรือการส่องสว่างซึ่งจะลดลงเมื่อระยะทางเปลี่ยนแปลงไปโดยจะแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง

ที่มา : พิบูลย์ ดิษฐอุดม , 2544 : 15

5. ความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity) ความสม่ำเสมอของแสงคือลักษณะของแสงที่มีความสว่างใกล้เคียงกันทำให้มีการปรับของสายตาน้อย ซึ่งการปรับตัวของสายตากรณีความความสว่างเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การเคลื่อนที่จากที่มืดไปที่สว่าง สายตาจะใช้เวลาปรับตัวไม่นาน

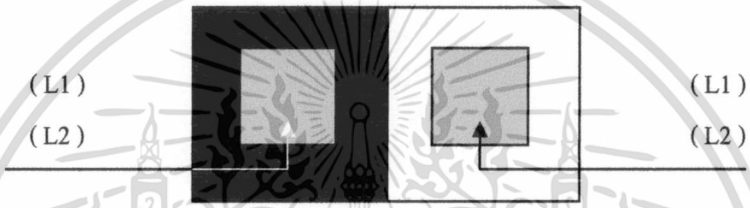
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาก แต่การเคลื่อนที่จากที่สว่างไปที่มืดสายตาจะใช้เวลาปรับตัวนานกว่าพื้นที่ใช้งานที่มีรูปแบบการใช้งานไม่เหมือนกัน จะมีความต้องการความสม่ำเสมอในระดับที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ความสว่างบริเวณพื้นที่รอบจุดการทำงาน ควรมีความส่องสว่างไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของความส่องสว่างที่พื้นที่ทำงาน หรือ พื้นที่ใช้สอยที่อยู่ใกล้เคียงกัน เช่นทางเดินภายนอกห้อง ระเบียง ไม่ควรมีค่าความส่องสว่างต่างจากพื้นที่ใช้สอยมากว่า 5 : 1 เป็นต้น

6. ความเปรียบต่าง (Contrast) ความเปรียบต่างคือความสว่างของวัตถุที่เรามองเห็น เทียบกับความสว่างของสภาพรอบข้าง ถ้าความสว่างของวัตถุต่างจากสภาพรอบข้างมาก ค่าคอนทราสต์จะมีค่าสูง

(ก) ลูมิแนนซ์ ของวัตถุและสภาพรอบข้างใกล้เคียงจึงสามารถทำให้มองเห็นได้ยาก

(ข) ลูมิแนนซ์ ของวัตถุและสภาพรอบข้างต่างกันจึงสามารถทำให้มองเห็นได้ง่าย



L1 = ลูมิแนนซ์ของสภาพแวดล้อม

L2 = ลูมิแนนซ์ของวัตถุ

รูปที่ 2.25 แสดงการเปรียบเทียบความเปรียบต่าง

ที่มา : ชำนาญ ห่อเกียรติ , 2540, 1-11

โดยปกติแล้วค่าความส่องสว่างที่เน้นเฉพาะจุดจะต้องมีค่าเปรียบต่างไม่น้อยกว่า 3 เท่าของความสว่างรอบข้าง จึงจะทำให้แสงและสิ่งที่ต้องการเน้นมีความชัดเจนมากขึ้น

7. ความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity) ความสม่ำเสมอของแสงคือลักษณะของแสงที่มีความสว่างใกล้เคียงกันทำให้มีการปรับของสายตาน้อย ซึ่งการปรับตัวของสายตากรณีความความสว่างเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การเคลื่อนที่จากที่มืดไปที่สว่าง สายตาจะใช้เวลาปรับตัวไม่นานมาก แต่การเคลื่อนที่จากที่สว่างไปที่มืด สายตาจะใช้เวลาปรับตัวนานกว่าพื้นที่ใช้งานที่มีรูปแบบการใช้งานไม่เหมือนกัน จะมีความต้องการความสม่ำเสมอในระดับที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ความสว่างบริเวณพื้นที่รอบจุดการทำงาน ควรมีความส่องสว่างไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของความส่องสว่างที่พื้นที่ทำงาน หรือ พื้นที่ใช้สอยที่อยู่ใกล้เคียงกัน เช่น ทางเดินภายนอกห้อง ระเบียง ไม่ควรมีค่าความส่องสว่างต่างจากพื้นที่ใช้สอยมากว่า 5 : 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 มาตราฐานการวัดความสบายทางแสงสว่าง (Lighting Comfort Index)

ในการวัดความสบายทางแสงสว่าง เพื่อให้เป็นในทางมาตราฐานเดียวกัน จึงได้มีสถาบันต่าง ๆ มากมายกำหนดมาตราฐานความสบายทางสายตาขึ้น โดยจะกำหนดในลักษณะของค่าต่ำสุดของระดับความสว่างความสว่างที่เกิดขึ้น (รวมไปถึงมาตราฐานของอุปกรณ์และการติดตั้งและป้องกัน) มาตราฐานต่าง ๆ มีการกำหนดไว้แตกต่างกันอยู่บ้าง แต่อย่างไรก็ตามมาตราฐานที่ได้บรรทัดฐานแน่นอนก็ได้มีการรับรองจากสถาบันซึ่งเป็นที่ยอมรับในระดับสากลทั่วไป

ตารางที่ 2.3 แสดงมาตราฐานการวัดแสงสว่างของสถาบันต่าง ๆ

มาตราฐาน	ชื่อสากล	ชื่อไทย
ANSI	American National Stsndard Institute	สำนักงานมาตราฐานสหรัฐอเมริกา
BS	British Standard	มาตราฐานอังกฤษ
BSI	British Standard Institute	สำนักงานมาตราฐานอังกฤษ
CENELEC	Commit Uropean de Normalizational Electro Technique	คณะกรรมการมาตราฐานไฟฟ้ายุโรป
CIE	Commission International de L'Eclairage	คณะกรรมการมาตราฐานแสงสว่างสากล
IEC	International Electrotechnicial Commission	คณะกรรมการมาตราฐานไฟฟ้าสากล
IES	Illumination Engineering Society	สมาคมวิศวกรรมแสงสว่างสหรัฐอเมริกา
EIT	The Engineering Institute of Thailand	วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
DIN	Deutsches Institute Normung	สำนักงานมาตราฐานเยอรมัน

2.5.4 หน่วยที่ใช้ในการวัดความสว่าง

การวัดปริมาณแสงสว่างอาจจะออกในรูปความเข้มแห่งการส่องสว่าง ปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่าง หรืออาจจะอยู่ในรูปปริมาณแสงสว่างต่อหน่วยพื้นที่ และอื่น ๆ

1. ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity) หรือ กำลังส่องสว่าง (Candlepower)

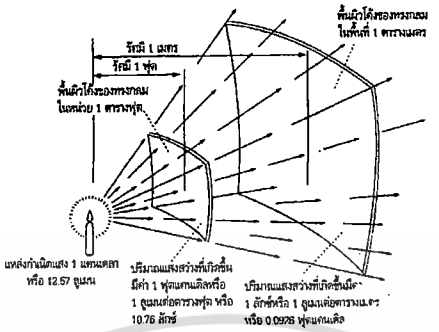
สามารถวัดค่าได้ตามความมากน้อยของพลังงานหรือกำลังงานที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงซึ่งมีหน่วยเป็น แคนเดลา (Candela) กำลังส่องสว่างหรือความเข้มแห่งการส่องสว่างหนึ่งแคนเดลาจุมีค่าขนาดเท่ากับ 1/60 ของความเข้มข้นแห่งการส่องสว่างต่อตารางเซนติเมตรบนทุก ๆ พื้นผิวของวัตถุดำที่อุณหภูมิเท่ากับจุดเยือกแข็งของทองคำขาว ภายใต้ความดัน 760 มิลลิเมตรปรอท

2. ปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่าง (Lumen)

ในการบอกค่าความน้อยของพลังงานหรือกำลังงานของแหล่งกำเนิดแสงใด ๆ อีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันคือ บอกอยู่ในรูปแบบของปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงนั้นเช่น ถ้าเรามีแหล่งกำเนิดแสงขนาดเล็กมาก ๆ เสมือนจุดและมีค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างเปล่งออกมารอบตัวมันอย่างสม่ำเสมอรอบทิศทาง และมีค่าเท่ากับ 1 แคเดลา นำมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วางที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมโดยมีรัศมี 1 หน่วย ทุก ๆ หนึ่งตารางหน่วยพื้นที่บนผิวของทรงกลมจะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมน จะมีค่า 12.57 ตารางหน่วยพื้นที่ เพราะฉะนั้นค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคเดลา จะสามารถเปล่งปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างออกได้เท่ากับ 12.57 ลูเมน



รูปที่ 2.26 แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยวัดแสงสว่างในรูปของฟุตแคนเดิลและลักซ์
ที่มา : พิบูลย์ ดิษฐอุดม (2544 : 13)

3. ฟุตแคนเดิล (Footcandle)

ค่าปริมาณแห่งการส่องสว่าง 1 ฟุตแคนเดิล จะมีค่าเท่ากับ 10.76 ลักซ์ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าปริมาณแห่งการส่องสว่างที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้มีด้วยกัน 2 แบบคือ ฟุตแคนเดิลมิเตอร์ (Footcandlemeter) กับลักซ์มิเตอร์ (Luxmeter)

ตารางที่ 2.4 แสดงหน่วย SI ของการวัดแสง

หน่วย SI ของแสง			
ปริมาณ	**หน่วย SI**	**ตัวย่อ**	**หมายเหตุ**
พลังงานของการส่องสว่าง	จูล (joule)	J	
ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous flux)	ลูเมน (lumen) หรือ แคนเดลา · สเตอเรเดียน (candela · steradian)	lm	อาจเรียกว่า กำลังของความสว่าง (Luminous power)
ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous intensity)	แคนเดลา (candela)	cd	
ความเข้มของความสว่าง (Luminance)	แคนเดลา/ตารางเมตร (candela/square metre)	cd/m^2	อาจเรียกว่า ความหนาแน่นของความเข้มการส่องสว่าง
ความสว่าง (Illuminance)	ลักซ์ (lux) หรือ ลูเมน/ตารางเมตร	lx	
ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (Luminous efficiency)	ลูเมน ต่อ วัตต์ (lumens per watt)	lm/W	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.27 แสดงลักษณะของเครื่องวัดปริมาณแห่งการส่องสว่างซึ่งมีฟุตแคนเดิลมิเตอร์ และ ลักซ์มิเตอร์

2.6 ลักษณะของการโคจรของดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อกรุงเทพมหานคร

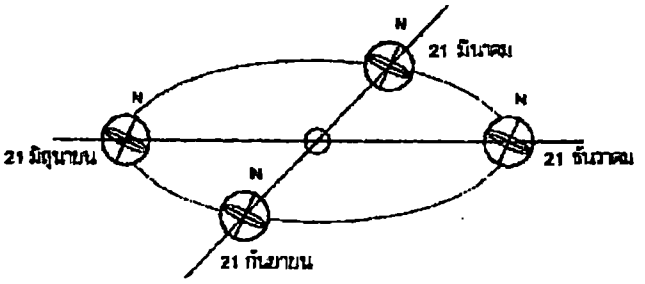
โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์โดยมีลักษณะเป็นวงรี ในขณะที่โลกโคจรอยู่นั้นก็จะหมุนรอบตัวเองไปพร้อมๆ กัน แกนของโลกที่เอียง 23.5° กับแนวโคจรรอบดวงอาทิตย์ ในวันที่ 21 มิถุนายนบริเวณเส้นรุ้งที่ 23.5 ° เหนือจะเข้าใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด ซึ่งจัดอยู่ในช่วงของฤดูร้อนเข้าสู่ฤดูฝน

ในวันที่ 21 มีนาคม และ วันที่ 21 กันยายน บริเวณเส้นศูนย์สูตรจะอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุดเทียบกับจุดอื่นๆ บนโลก จะสังเกตเห็นได้ว่าเวลาเที่ยงวันดวงอาทิตย์จะอยู่ที่กลางศีรษะพอดี

และในวันที่ 21 ธันวาคมบริเวณเส้นรุ้งที่ 23.5° ใต้จะเข้าใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับจุดอื่นๆ บนโลก ในเขตกรุงเทพจะเป็นช่วงฤดูหนาวซึ่งจะเห็นดวงอาทิตย์ปรากฏอยู่เอียงไปทางทิศใต้เป็นมุม 23.5° สำหรับในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งอยู่เส้นรุ้งที่ 13.44° เหนือ นั้นเอียงทำมุมกับทิศใต้ (13.4 ° - (-23.5 °) = 36.9 ดวงอาทิตย์จะอ้อมทิศใต้

ตำแหน่งทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์ ณ เขตกรุงเทพมหานคร ในวันและเวลาต่างๆ ของปีจะเห็นว่าช่วงกลางเดือนเมษายนถึงกลางเดือนสิงหาคม ดวงอาทิตย์จะเนื้องไปทางเหนือโดยจะอ้อมทางเหนือสุดในวันที่ 21 มิถุนายน นอกนั้นเวลาส่วนใหญ่ 8 เดือน ดวงอาทิตย์จะเยื้องไปทางทิศใต้โดยจะอ้อมใต้สุดวันที่ 21 ธันวาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

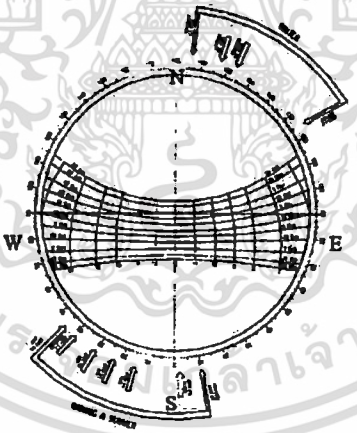


รูปที่ 2.28 แสดงตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์ในเขตกรุงเทพมหานคร (14 องศาเหนือ) ในวันที่ 21 ของเดือนธันวาคม เดือนมีนาคม เดือนกันยายนและเดือนมิถุนายน

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา ณ สถานีตรวจอวกาศ กรุงเทพมหานคร

2.6.1 ปริมาณแสงสว่างและรังสีดวงอาทิตย์ของกรุงเทพมหานคร (Radiation luminance)

จากการที่ประเทศไทยตั้งอยู่ที่ละติจูดที่ 13° 44 N และลองติจูดที่ 100 ° 33 E ซึ่งทำให้สภาพอากาศของประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (Tropical Zone) จึงทำให้มีปริมาณของแสงสว่างและปริมาณของรังสีจ้าตลอดเกือบทั้งปี โดยปกติแล้วปริมาณแสงจากดวงอาทิตย์มีความสัมพันธ์กับปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์จะมีค่าความส่องสว่างมากในช่วงของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณรังสีและปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์จะส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาในช่วงวัน / เดือน / ปี



1 Knot : 0.514 M./S.

2 Knot : 30.84 M./M.

รูปที่ 2.29 แสดงตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์และทิศทางลมในเขตกรุงเทพมหานคร SOLAR CHART ANDANNUAL WIND SPEED

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา ณ สถานีตรวจอากาศ กรุงเทพมหานคร

จากการศึกษาสถิติการวัดค่าปริมาณแสงสว่างและรังสีของดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปี (เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคมปี 2542-2543) ของสถาบันวิจัยและพัฒนาเอเชีย AIT โดยการเก็บข้อมูลสถิติของค่าความส่องสว่างและค่าปริมาณรังสีแบบแนวโคจรของดวงอาทิตย์ (Solar time) และแบบตามช่วงเวลาปกติ (Local time) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

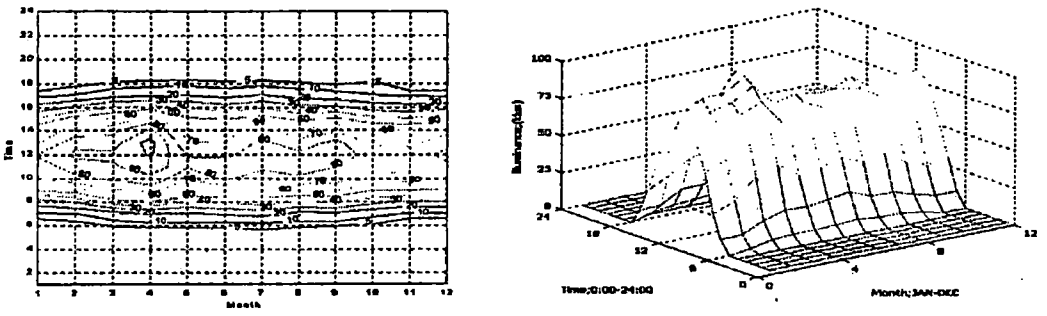
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเขตกรุงเทพมหานครเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนธันวาคมปี 2542-2543 (Solar time)

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าเฉลี่ยความส่องสว่างรวมของท้องฟ้าทุก 1 ชั่วโมง (K.lux) Hourly mean values of global luminance (Klux) by calendar month. (Solar time)

ที่มา : Chirarattananon and Chaiwiwatwatworakul (2001: P.A-1)

Solar time	Jan มค.	Feb กพ.	Mar มีค.	Apr เมย.	May พค.	Jun มิย.	Jul กค.	Aug สค.	Sep กย.	Oct ตค.	Nov พย.	Dec ธค.
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	2.2	5.26	6.04	6.11	6.39	7.32	5.71	5.39	3.55	0	0
6	9.34	9.78	16.21	20.49	19.48	21.63	23.96	17.73	18.25	13.45	9.53	9.63
7	24.8	30.51	44.57	48.93	39.71	41.79	44.83	39.48	42.16	33.26	28.3	28.47
8	50.63	56.49	69.8	73.46	62.66	63.66	63.68	61.05	61.58	60.65	51.14	49.11
9	67.83	77.97	81.38	87.76	70.95	81.41	75.07	78.93	75.6	68.19	64.1	66.85
10	74.78	84.77	88.62	96.43	82.01	85.56	82.81	83.52	80.66	72.19	77.65	78.86
11	81.01	92.07	92.42	100.9	79.38	78.52	83.65	81.71	85.84	75.67	77.1	81.66
12	69.46	86.52	85.58	104.69	70.41	70.93	82.38	74.36	83.13	67.75	66.76	78.02
13	60.64	75.1	77.58	91.82	64.44	64.76	74.75	62.5	69.77	58.82	60.68	66.3
14	42.47	57.07	62.30	75.03	52.45	50.39	55.42	47.65	51.97	44.22	41.35	47.42
15	25.41	32.44	41.39	44.25	39.6	33.85	38.81	32.29	32.53	26.5	23.79	25.81
16	9.63	10.74	18.39	18.96	20.62	17.34	21.35	16.51	14.06	10.44	9.56	8.76
17	0	3.7	5.99	6.74	7.38	6.01	6.6	5.56	4.35	5.84	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



รูปที่ 2.30 แสดงค่าความส่องสว่างรวมเฉลี่ยทุก 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความถี่ของความส่องสว่างภายนอกในแนวระนาบของกรุงเทพมหานคร (1999-2000)

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าความถี่ของความส่องสว่างภายนอกในลักษณะแนวระนาบของกรุงเทพฯ

ความส่องสว่างภายนอก (Lux)	จำนวน ชั่วโมง / ปี	เปอร์เซ็นต์ (%)	Daylight Factor DF. (%)
0	460	12.60	0.00
1-5000	46	1.26	10.00
5001-10000	97	2.66	5.00
10001-15000	139	3.81	3.33
15001-20000	144	3.95	2.50
20001-25000	142	3.89	2.00
25001-30000	155	4.11	1.67
30001-35000	168	4.60	1.43
35001-40000	1265	4.52	1.25
40001-45000	139	3.81	1.11
45001-50000	172	4.71	1.00
50001-55000	176	4.82	0.91
55001-60000	157	4.30	0.83
60001-65000	140	3.84	0.77
65001-70000	142	3.89	0.71
70001-75000	173	4.74	0.67
75001-80000	143	3.92	0.63
80001-85000	137	3.75	0.59
85001-90000	152	4.16	0.56
90001-95000	126	3.45	5.26
95001-100000	106	2.90	0.50
100001-105000	111	3.04	0.48
105001-110000	101	2.77	0.45
110001-115000	62	1.70	0.43
115001-120000	46	1.26	0.42
120001-125000	31	0.85	0.40
125001-130000	21	0.58	0.38
130001-135000	4	0.11	0.37
รวม	3650 ชั่วโมง	100 %	

จากตารางแสดงค่าความถี่ของความส่องสว่างภายนอกพบว่าปริมาณแสงสว่างที่เกิดขึ้นส่วนมากอยู่ในช่วง 45,000-55,000 Lux โดยที่สภาพท้องฟ้าจะมีลักษณะแบบมีเมฆมาก (Partly Cloudy Sky) ดังนั้นการออกแบบเพื่อการใช้แสงธรรมชาติจึงจะต้องคำนึงถึงปริมาณแสงที่เกิดขึ้นโดยส่วนมากเป็นสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 สภาพท้องฟ้า

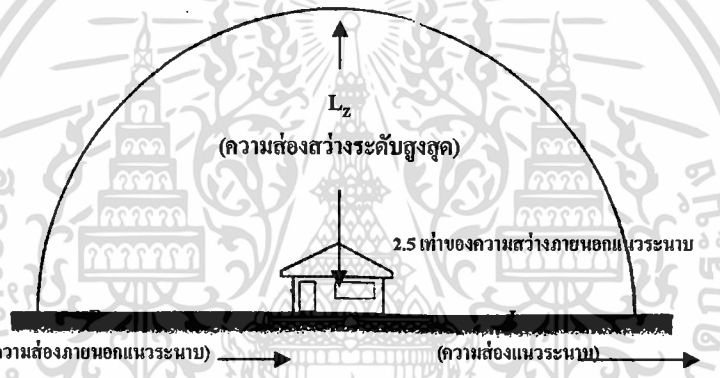
สภาพท้องฟ้ามีลักษณะการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา เช่น ฝุ่นละออง เมฆในชั้นบรรยากาศ โดยทั่วไปสามารถแบ่งการพิจารณาลักษณะของท้องห้าออกเป็น 3 ลักษณะดังนี้คือ

สภาพท้องฟ้าที่ปกคลุมด้วยเมฆจนไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสง (Overcast Sky หรือ CIE Overcast Sky)

ท้องฟ้าในลักษณะนี้มีความสว่างในปริมาณที่แตกต่าง (Non Uniform Luminance) ซึ่งมีความส่องสว่างในระดับสูงสุด (Zenith Luminance) ที่ส่องพื้นผิวฝนระนาบ มีค่าความสว่างมากกว่าความสว่างในแนวระนาบ (Horizon Luminance) ที่ส่องกระทบพื้นที่ผิวมีค่า 3 เท่า

ดวงอาทิตย์ : ท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมทั้งหมดตามมาตรฐานคณะกรรมการมาตรฐานแสงสว่างสากล

(CIE Overcast Sky : Non Uniform Luminance)



รูปที่ 2.31 แสดงลักษณะของท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมทั้งหมด CIE Overcast Sky

ที่มา : Stein and Raynolds (1992 : 974)

ลักษณะของท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมลักษณะนี้สามารถหาค่าความสว่างที่จุดใด ๆ ได้จากสมการนี้คือ $L_A = L_Z(1 + 2\sin A)/3$

โดยที่ L_A = ความสว่างของท้องฟ้าที่ตำแหน่ง A องศาเหนือแนวระนาบในทุกทิศทาง

L_Z = ความสว่างของท้องฟ้าที่ตำแหน่งจุดสูงสุด

ดังนั้นความสว่างที่ตำแหน่งแนวระนาบ หรือ ที่มุม A = 0 องศามีค่าเท่ากับ $L_A/3$ ในส่วนขอความสว่างในแนวระนาบภายนอก (Exterior Horizon IIluminance) มีค่ามากกว่าระดับความสว่างในแนวตั้ง (Exterior Vertical IIluminance) ประมาณ 2.5 เท่า โดยการพิจารณาสมการ

$$E_H = 300 + 21000\sin A$$

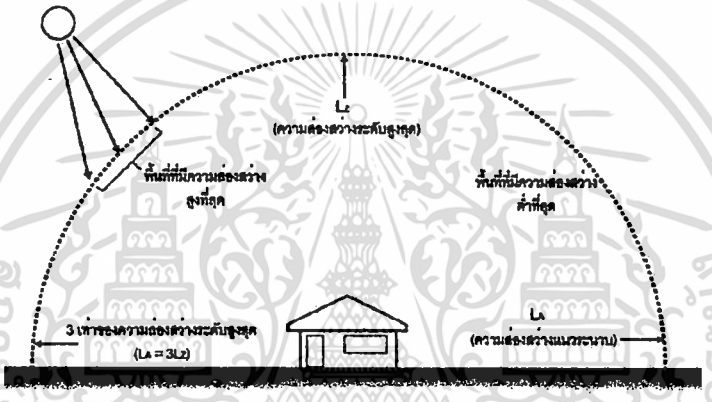
สภาพท้องฟ้าโปร่งไม่มีเมฆปกคลุม (Clear Sky)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสว่างของท้องฟ้าในลักษณะนี้ เกิดจากองค์ประกอบหลัก 2 องค์ประกอบ ได้แก่แสงกระจายจากท้องฟ้า (Diffuse IIlumination) และแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sun) ซึ่งปริมาณความสว่างของทั้ง 2 องค์ประกอบนั้น ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ โดยที่ความสว่างของท้องฟ้ามีปริมาณที่แตกต่างกัน ความสว่างในระดับสูงสุดที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบมีค่าน้อยกว่าความสว่างในแนวระนาบที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง ประมาณ 3 เท่า ในกรณีนี้ยังไม่นับรวมกับความสว่างที่เกิดจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ความสว่างของพื้นผิวในแนวระนาบเนื่องจากแสงกระจายของท้องฟ้า พิจารณาเพียงครึ่งส่วนของท้องฟ้า (Half Sky) โดยจะมีค่าความส่องสว่างอยู่ในระหว่าง 3000 – 20000 ลักซ์ และมีค่าเฉลี่ยประมาณ 10000 ลักซ์

ดวงอาทิตย์ : ท้องฟ้าแบบไม่มีเมฆปกคลุมตามมาตรฐานคณะกรรมการมาตรฐานแสงสว่างสากล

(CIE Clear Sky : Non Uniform Luminance)



รูปที่ 2.32 แสดงสภาพท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky)

ที่มา : Stein and Raynolds (1992 : 974)

จากการวิจัยของ Moom and Hopkinson , 1968 พบว่าระดับความสว่างของท้องฟ้าประเภทนี้มีการแบ่งแยก การวิเคราะห์เป็น 2 ส่วนอย่างชัดเจน โดยสามารถแสดงเป็นสมการได้คือ

- ความส่องสว่างที่เกิดจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว

$$E_H = 1345 + 14795\sin A$$

โดย E_H = ค่าความสว่างภายนอกที่ระดับแนวระนาบ มีหน่วยเป็นลักซ์ (Lux)

A = มุมของดวงอาทิตย์ที่ทำกับพื้นราบ เป็นมุมในระนาตั้งฉาก (Solar Altitude)

- ความส่องสว่างที่เกิดจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว

$$\text{Log}E_H = 4466 + 0.31\log A$$

โดย E_H = ค่าความสว่างภายนอกที่ระดับแนวระนาบ มีหน่วยเป็นลักซ์ (Lux)

A = มุมของดวงอาทิตย์ที่ทำกับพื้นราบ เป็นมุมในระนาตั้งฉาก (Solar Altitude)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสว่างของพื้นผิวในแนวตั้ง ขึ้นอยู่กับมุมของดวงอาทิตย์ในระนาบนอนโดยอ้างอิงจากทิศใต้ (Azimuth) และมุมตั้งฉากของดวงอาทิตย์ จึงมีผลต่อความสว่างที่เกิดขึ้นและมีความสว่างสูงในกรณีที่อยู่ในทิศทางเดียวกันกับดวงอาทิตย์ และมีค่าความสว่างต่ำเมื่ออยู่ด้านตรงข้ามดวงอาทิตย์ (ดวงอาทิตย์มีตำแหน่งอยู่ด้านตรงข้ามกับช่องเปิด หรือ มุมดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อช่องเปิดมีค่ามากกว่า 90 องศา) ซึ่งในกรณีนี้ต้องคำนึงถึงลักษณะพื้นผิวของวัตถุในสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการสะท้อนแสงเข้ามาภายในด้วย

สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky)

การวิเคราะห์ค่าความสว่างที่เกิดภายใต้ท้องฟ้าประเภทนี้ทำได้ค่อนข้างยากเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงสภาพท้องฟ้าอยู่ตลอดเวลาและมีระดับความสว่างแตกต่างกัน จากการวิจัยของ Krochmam , 1968 พบว่าความสว่างของท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วนสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$E_{HP} = 570A$$

โดย E_{HP} = ค่าความสว่างที่ระดับระนาบภายใต้ท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน
มีหน่วยเป็นลักซ์ (Lux)

A = มุมของดวงอาทิตย์ที่ทำกับพื้นราบ เป็นมุมในระนาบตั้งฉาก (Solar Altitude)

ในกรณีที่ท้องฟ้ามีสภาพของเมฆปกคลุมหนาแน่น หรือ เป็นเมฆฝนที่มีสีเข้ม จะทำการปิดกั้นแสงกระจายที่สะท้อนมาจากท้องฟ้า และแสงตรงจากดวงอาทิตย์ แสงจึงถูกดูดกลืนเป็นผลทำให้ความสว่างมีค่าน้อยลง

แหล่งกำเนิดแสงอาจจะพิจารณาได้ 2 กรณีคือ แหล่งกำเนิดแสงทางตรง (direct light) และแหล่งกำเนิดแสงทางอ้อม (indirect light)

แหล่งกำเนิดแสงทางตรง (direct light) ได้แก่ แสงแดด และแสงซึ่งเกิดจากการการส่องกระทบอนุภาคในชั้นบรรยากาศโลกทำให้สะท้อน หักเห และให้แสงในลักษณะกระจายทั่วพื้นที่ (diffuse skylight)

แหล่งกำเนิดแสงทางอ้อม (indirect light) ได้แก่แสงที่เกิดจากการสะท้อน หรือการส่องผ่านวัตถุใด ๆ และทำให้วัตถุนั้น ๆ เปรียบเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดทุติยภูมิ ลักษณะที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในการสะท้อน หรือการยอมให้แสงส่องผ่าน ตลอดจนลักษณะของพื้นผิวของวัตถุที่แสงตกกระทบว่าเป็นเช่นใด

การแบ่งสภาพท้องฟ้าโดยทั่วไป ใช้การพิจารณาตามสภาพของเมฆ โดยอาศัยข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0-10 แสดงได้ดังนี้

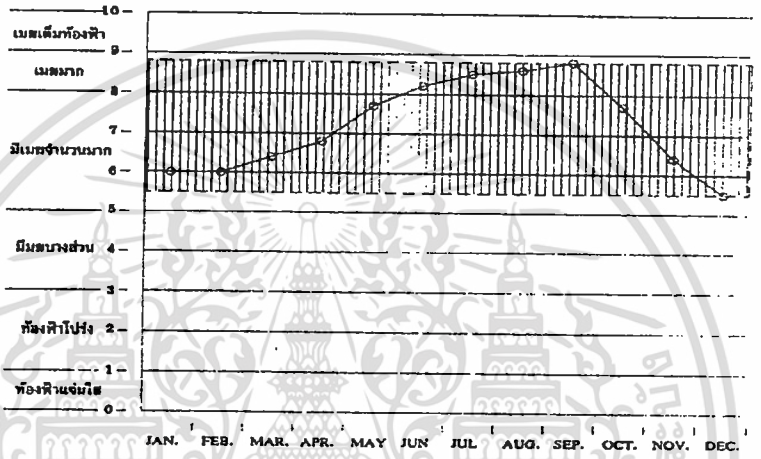
- ค่าระหว่าง 0-3 จัดเป็นสภาพท้องฟ้าโปร่งไม่มีเมฆปกคลุม
- ค่าระหว่าง 3-7 จัดเป็นสภาพท้องฟ้าโปร่งที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าระหว่าง 7-10 จัดเป็นสภาพท้องฟ้าโปร่งมีเมฆมาก

สภาพท้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร

สภาพท้องฟ้ามีความสัมพันธ์โดยตรง ทั้งค่าความส่องสว่างและปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่เกิดขึ้น จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาสามารถตรวจสอบสภาพท้องฟ้าที่เกิดขึ้น ในช่วงระยะเวลา 10 ปี (ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2533-2542) จะพบว่าสภาพท้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานครจะอยู่ในช่วง 5.5-8.7 ซึ่งจะจัดอยู่ในสภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมมาก (Partly Cloudy Sky) ซึ่งท้องฟ้าในลักษณะนี้จะมีความแปรปรวนของความส่องสว่างตลอดเวลา



รูปที่ 2.33 แสดงสภาพท้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานครในช่วงระยะเวลา 10 ปี (ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2533-2542)

ที่มา : สุรพงษ์ จิระรัตนนท์ 2547

จากการค้นคว้าวิจัยสภาพท้องฟ้าในประเทศไทย ซึ่งการแบ่งสภาพของท้องฟ้าใช้วิธีอัตราส่วนจากท้องฟ้าอ้างอิงจาก The Illuminating Engineering Society of America (IESNA) ซึ่งทำการค้นคว้าโดยการหาอัตราส่วนของรังสีกระจาย (Diffuse radiation) ต่อรังสีรวม (Global radiation or total radiation) โดยการสรุปจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และการแผ่รังสีของท้องฟ้าบนระนาบนอน โดยให้อัตราส่วนมีค่าเท่ากับหนึ่ง สรุปผลจากการวิจัยได้ว่า

1. การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และความสว่างจากท้องฟ้าในประเทศไทยมรค่าสูงตลอดปีและมีรูปแบบที่เหมือนกัน

2. การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์และความสว่างจากท้องฟ้ามีความเข้มสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูหนาว (ช่วงเดือนพฤศจิกายน – เดือนมกราคม)

3. จากข้อมูลทางสถิติของอัตราส่วนของท้องฟ้า ตลอดทั้งปีพ.ศ.2542 พบว่า สภาพท้องฟ้าโดยทั่วไปของประเทศไทย คือ ท้องฟ้าที่มีเมฆบางส่วน (มีปริมาณเมฆปกคลุมประมาณ 40%-70% ของท้องฟ้า)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้ทำการเก็บข้อมูลสถิติในช่วงปี พ.ศ. 2533 - 2542 และได้ทำการวิจัยเพื่อหา สภาพท้องฟ้าของประเทศไทยซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ค่าความสว่างที่มีความถี่มากที่สุด อยู่ในช่วง 45,000 – 55,000 Lux

2. จากข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยาทำการตรวจสอบสภาพท้องฟ้าที่เกิดขึ้นในกรุงเทพมหานครในช่วงระยะ 10 ปี (2533 - 2542) พบว่า สภาพท้องฟ้าในกรุงเทพมหานครเป็นแบบสภาพท้องฟ้าที่มีเมฆบางส่วน (partly cloudy sky)

สรุปจากการทำวิจัยและการเก็บสถิติทั้ง 2 วิธีได้ข้อมูลที่ตรงกันว่า สภาพท้องฟ้าของกรุงเทพมหานครคือ สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆบางส่วน

มาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ LES

ในการกำหนดระดับค่าความส่องสว่างสำหรับการใช้งานต่าง ๆ มีการกำหนดขึ้นโดยหน่วยงานแต่ละแห่งเช่น IES (USA) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับสภาพอากาศฉะนั้นค่าที่กำหนดจึงมีความแตกต่างกัน ส่วนมาตราฐานที่กำหนดเป็นมาตราฐานที่กำหนดเป็นมาตราฐานสากลไม่ขึ้นอยู่กับประเทศใดประเทศหนึ่งได้แก่ CLE (International Commission Illumination) ได้มีการกำหนดค่าความส่องสว่างออกเป็น 3 ค่า โดยค่ากลางเป็นค่าเฉลี่ย ส่วนอีก 2 ค่าใช้ในกรณีอื่น ๆ คืออาจใช้ค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ยขึ้นอยู่กับสภาพต่าง ๆ

ตารางที่ 2.7 แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐานส่องสว่างระหว่าง CLE และ LES (USA) ตามประเภทการใช้งาน

พื้นที่ใช้งาน (n)	CLE (Lux)	LES (Lux)	พื้นที่ใช้งาน (ข)
- ทางเดิน , พื้นที่ทำงานภายนอก	20 - **30** -50	-20 - 30 -50 (a)	- Public space with dark Surrounding
- ทางเดินภายในและการผ่านและระยะสั้น	50 - **75** - 100	-50 -75 - 100 (a)	- Simple orientation for shot tempory
- ห้องที่ไม่ได้ใช้แสงแบบต่อเนื่องเป็นเวลานาน ๆ	100 - **150** - 200	-100 - 150 - 200 (a)	- Working space where visual Tasks are only occasionally performed
- งานที่ใช้สายตาไม่มาก เช่น โรงงาน , งานชิ้นใหญ่	200 - **300** - 500	-200 - 300 - 500 (b)	- Performance of visual tasks of height contrast or Large size
- งานที่ใช้สายตาปานกลาง เช่น งานสำนักงาน	300 - **500** - 750	-500 - 750 – 1000 (b)	- Performance of visual tasks of medium contrast or Small size
- งานที่ใช้สายตามาก เช่น การเขียน	500 - **750** - 1000	-1000 - 1500 - 2000 (b)	- Performance of visual tasks of low contrast or very small size
- งานที่ใช้สายตามากๆ เช่น การประกอบชิ้นส่วน	750 - **1000** - 1500	-2000 - 3000 - 5000(x)	- Performance of visual tasks of low contrast or Very small size, Prolonged period
- งานที่ใช้สายตาเป็นพิเศษ	1000 - **1500** - 2000	-5000 - 7500 - 10000 (x)	- Performance of very prolonged and exacting
- งานที่ใช้สายตาพิถีพิถัน เช่น การผ่าตัด	มากกว่า **2000**	-10000 up (x)	- Performance of very special visual tasks of extremely low contrast and small size

ที่มา : ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ (2540 : 1-6) , : IES llluminating Engineering Society (1983 : A3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการกำหนดระดับการส่องสว่างเป็นลักซ์หรือฟุตแคนเดิล แล้วการกำหนดระดับการส่องสว่างยังสามารถกำหนดมาตรฐานเป็นค่า Daylight Factor โดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็น (%)

ตารางที่ 2.8 แสดงการเปรียบเทียบมาตราฐานส่องสว่างระหว่าง CLE และ LES (USA) และมาตราฐานการกำหนดค่า Daylight Factor ตามประเภทการใช้งาน (บางส่วน)

พื้นที่ใช้งาน	ค่าการส่องสว่าง (Lux) ตามมาตราฐาน CLE(n)	ค่าการส่องสว่าง (Lux) ตามมาตราฐาน LES(ข)	ค่า Daylight FactorDF.(%)		
			เฉลี่ย	ต่ำ	จุดที่วัด
- ทางเดิน	50 - 100 - 150	50 - 75 - 100	2	0.6	พื้น
- บันได-บันไดเลื่อน	100 - 150 - 200	100 - 150 - 200	2	0.6	ลูกนอน
- ที่เก็บของ,ห้องเก็บของ	100 - 150 - 200	100 - 150 - 200	1.5	0.5	Work plane
- ห้องน้ำ	100 - 150 - 200	100 - 150 - 200	1.5	0.5	Work plane
- พื้นที่ทั่วไป,พิมพ์ดีด	300 - 500 - 750	500 - 750 - 1000	5	2.5	Work plane
- เขียนแบบ,ห้องศิลปะ	500 - 750 - 1000	500 - 750 - 1000	5	2.5	Work plane
- ห้องประชุม	300 - 500 - 750	200 - 300 - 500	2	0.6	Work plane
- โถงทางเข้า	150 – 200 – 300	100 - 150 - 200	5	1.5	Vertical
- หิ้งหนังสือ	300 - 500 - 750	200 – 300 - 500	5	1.5	Work plane
- โต๊ะอ่านหนังสือ	200 - 300 - 500	200 - 300 – 500	5	2	Work plane
- เคาน์เตอร์ เอนกประสงค์	150 - 200 - 300	200 - 300 - 500	5	2.5	Work plane

ที่มา : (ก) ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ (1-6)

: (ข) IES lllluminating Engineering Society (1983 : A3)

: (ค) BSL Draft for Development (73)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานค่าการสะท้อนแสงและค่าการส่องผ่านของวัตถุ

ตารางที่ 2.9 แสดงมาตราฐานค่าการสะท้อนแสงและค่าการส่องสว่างของวัสดุ

Material	Mathoas of production	Finishes	Optical characteristic	Optical properties	
				Transmission factor	Reflection faction
Plastics Acrylics	Sheet, formed, blown, Machined, injection molded	Clear	High transmission	92 - 9	5 - 81
		Colored	Direct or diffusing		
		Opal, Various densities	Up to almost Complete diffusion		
Polystyrene	Extruded, injection molded	Opal	High transmission	90	
		Opaque	Good diffusion	54	
Vinyl P.V.C	Sheet corrugated vacuum Formed, vinyl sandwich (acoustic), twin layer vinyl (acoustic)	Opal	Good diffusion	88 - 50	7 - 45
		Opaque		0	
Polyester	Laminated	Opal		65	
		Opaque		0	
Urea formaldehyde	Mauled	Opal		65	
		Opaque		0	
Glass		Clear	High transmission, may be Polished for optical system	90	4
		Pot opal	Very good diffusion	12 - 40	
		Flashed opal	Good diffusion	30 - 60	
		Sandblasted	Fair diffusion		
		Patterned			
	Silver blacked		High reflection factor, Very smooth mirror surface: many diffusion methods can be used	0	87

ที่มา : Neufert Architects'data. (1982 : 25)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 แสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายนอกอาคาร

Material	Reflectance (%)
- Asphalt (free from dirt)	7
- Bluestone , sandstone	18
- Brick :	
Light buff	48
Dark buff	40
Dark red glazed	30
- Cement	27
- Concrete	55
- Earth (moist cultivated)	7
- Granite	40
- Granolite pavement	17
- Glass (dark green)	6
- Gravel	13
- Macadam	18
- Marble (White)	45
- Paint (White)	
New	75
Old	55
- State (dark clay)	8
- Snow	
New	74
Old	64
- Vegetation (mean)	25

ที่มา : Neufert Architects'data. (1982 : 20)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 แสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในอาคาร

Building Finishes	**App. Reflectance (%)**
Ceiling :	
White paint (plan plaster surface)	80
White paint on acoustic title	70
White paint on smooth concrete	60
White paint on rough concrete	50
Wall :	
White paint on plaster tiles	80
Medium blue – gray , yellow – gray	50
Light gray concrete	40
Brick (other than rough gray)	30
Unfinished cement , rough tile	25
Wood panel (light)	25
Wood panel (dark)	20
Rough brick	15
Floors :	
Light wood	35
Medium wood	25
Dark wood	20
Light tile	30
Dark tile	20
Light carpet (gray , orange , medium - blue)	20
Dark carpet (dark gray , brown)	15

ที่มา : Neufert Architects'data. (1982 : 25)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 แสดงค่าประกอบการสะท้อนแสง

พื้นที่	พื้นผิว	ช่วงของตัวประกอบการสะท้อนแสง (%)
ทั่วไป	- เพดาน	70 – 90
	- ผนัง	40 – 50
	- เครื่องแต่งเรือน	25 – 45
	- พื้น	20 – 50
สำนักงาน	- เพดาน	80 – 90
	- ผนัง	40 – 60
	- เครื่องแต่งเรือน	25 – 45
	- อุปกรณ์สำนักงาน	25 – 45
	- พื้น	20 – 40
ที่อยู่อาศัย	- เพดาน	60 – 90
	- ผ้าม่าน (ผืนใหญ่)	35 – 60
	- ผนัง	35 – 60
	- พื้น	15 – 35
โรงเรียน	- เพดาน	70 – 90
	- ผนัง	40 – 60
	- กระดานดำ	สูงถึง 20
	- พื้น	30 – 50
อุตสาหกรรม	- เพดาน	80 – 90
	- ผนัง	40 – 60
	- อุปกรณ์และพื้นโต๊ะ	25 – 45
	- พื้น	20 ขึ้นไป

ที่มา : พิบูลย์ ดิษฐอุดม (2544 : 101)

ตารางที่ 2.13 แสดงค่าประกอบการสะท้อนของสีและวัสดุ

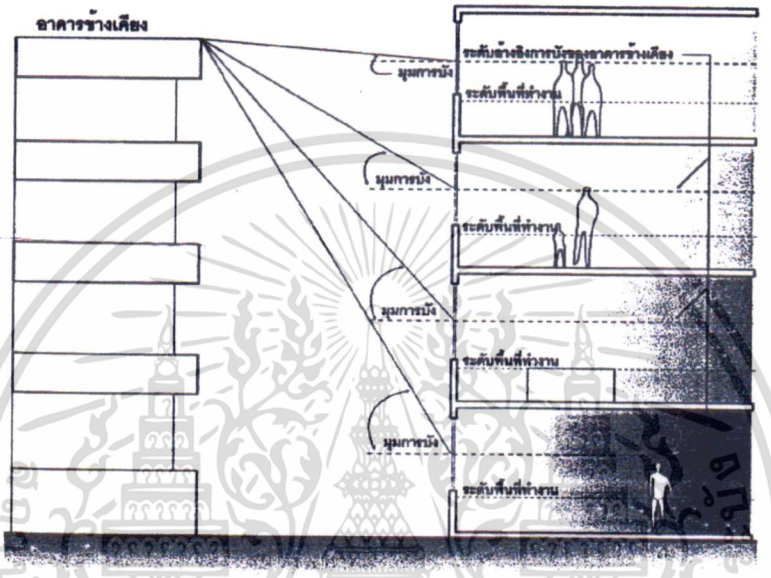
สีและวัสดุ	การสะท้อนแสง (%)	สีและวัสดุ	การสะท้อนแสง (%)
ขาว	75 – 85	แดงอ่อน	45 – 55
เทาอ่อน	40 – 60	แดงแก่	15 – 20
เทาแก่	10 – 15	ดำ	2 – 5
น้ำเงินอ่อน	40 – 50	ไม้สีอ่อน	25 – 35
น้ำเงินแก่	15 – 20	ไม้สีแก่	10 – 15
เขียวอ่อน	45 – 55	หินอ่อน	30 – 70
เขียวแก่	15 – 20	ปูนฉาบ	40 – 45
เหลืองอ่อน	60 – 70	คอนกรีต	20 – 30
น้ำตาล	20 – 30	ดินเผา	10 - 15

ที่มา : ชำนาญ ห่อเกียรติ (4-5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการคำนวณของคณะกรรมการมาตรฐานแสงสว่างสากล (Commission International de L' Eclairge; C.I.E. ซึ่งต่อจากนี้ใช้เขียนแทนว่า C.I.E.)

เป็นการคำนวณค่าความสว่างต่ำที่สุดในจุดอ้างอิงภายในอาคาร ลักษณะการคำนวณมีแนวทางเดียวกับการคำนวณแบบ Daylight Factor Method แต่มีความยุ่งยากน้อยกว่า เนื่องจาก มีข้อจำกัดของการคำนวณมากกว่า โดยเน้นการเปิดตารางในส่วนต่าง ๆ เทียบค่าเพื่อการคำนวณแต่มีข้อดีที่สามารถคำนวณในส่วนของการบังของอาคารข้างเคียง



รูปที่ 2.35 แสดงลักษณะมุมการบังของอาคารข้างเคียงตามวิธีการคำนวณแบบ C.I.E.

การคำนวณวิธีนี้เป็นการคำนวณค่าความสว่างภายในอาคารที่มีค่าต่ำที่สุด แล้วเทียบค่าความสว่างที่ได้เป็นค่า DF เพื่อเป็นการหาค่าความสว่างภายในอาคารจากค่าความสว่างภายนอกตามความจริง โดยมีสมการดังต่อไปนี้

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

โดยที่ MDF = องค์ประกอบของแสงต่ำสุดโดยพิจารณาจากอัตราส่วนของความลึก กับอัตราส่วนของหน้าต่าง โดยเทียบกับตาราง

CF (α) = องค์ประกอบจากมุมบังแสงภายนอกอาคาร

CF (t) = องค์ประกอบจากการส่องผ่านของหน้าต่าง

CF (Km) = องค์ประกอบจากความสกปรกของภายในและภายนอกอาคาร

eff = องค์ประกอบที่เกิดจากอุปกรณ์บังแดด

วิธีการคำนวณนี้เป็นวิธีที่เหมาะสมกับสถานที่ตั้งของอาคารที่มีการบังของอาคารหรือวัตถุข้างเคียง เนื่องจากมีรายละเอียดในเรื่องของมุมในการบังอาคาร ทำให้หาแนวโน้มของปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารที่มีการบังของอาคารข้างเคียงได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 แสงธรรมชาติ (Daylight Factor)

การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ประโยชน์ในอาคารนั้น ๆ แสงจากดวงอาทิตย์ เป็นการแผ่รังสีของพลังงานแสงอาทิตย์ที่อยู่รอบนอกของชั้นปรรยากาศโลก ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ประกอบไปด้วยช่วงความยาวของคลื่น (พิรัส เหล่าไพศาลศักดิ์, 2541, น.5)

1. รังสีอัลต้าไวโอเลต (Ultra Violet : UV) เป็นรังสีที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 290 - 380 นาโนเมตร ซึ่งมีอันตรายต่อเนื้อเยื่อผิวหนังทำให้ผิวหนังมีสีเข้ม หรือถูกทำลายได้

2. แสงสว่างที่มนุษย์มองเห็น (Visible Light) เป็นรังสีที่มีความยาวคลื่น 380 - 780 นาโนเมตร ซึ่งเป็นแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตา

3. รังสีอินฟราเรดคลื่นสั้น (Short Infrared) เป็นรังสีที่มีความยาวคลื่น 700 – 2,300 นาโนเมตร ซึ่งเป็นคลื่นรังสีความร้อนที่เกิดจากความร้อนของการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์

จะพบว่า แสงสว่างหรือรังสีที่เราต้องการนำมาใช้ประโยชน์ต่อการมองเห็นนั้น เป็นแค่เพียงช่วงคลื่น 380-780 นาโนเมตร ซึ่งการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์นี้จะส่งผลต่ออิทธิพลภาระการทำความเย็นของอาคารอย่างเห็นได้ชัดเจน ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูการและตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน แต่ละเดือน การที่จะทำให้ปริมาณพลังงานความร้อนสามารถแผ่อิทธิพลเข้าสู่ภายในอาคารได้อย่างแตกต่างกันนั้น ย่อมเกิดขึ้นอยู่กับทิศทางและคุณสมบัติของพื้นผิวนั้น ๆ ทั้งค่าการดูดกลืนพลังงาน (Absorptance) การสะท้อนพื้นผิว (Reflection) และค่าการส่งผ่านพลังงาน (Transmit radiant energy)

การโคจรตำแหน่งของดวงอาทิตย์นั้น มีผลต่อความแตกต่างของความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ที่ทำมุมกับระนาบพื้นโลก การนำความเข้มของรังสีปกติคูณด้วยค่า Cosine ของมุมที่ตกกระทบ (เนื่องจากแกนโลกที่เอียงทำมุม 23.5 องศา) ด้วยเหตุนี้ เมื่อรังสีของดวงอาทิตย์ทำมุมตั้งฉากกับระนาบพื้นโลก จะทำให้พื้นผิวมีค่าความเข้มของการส่องสว่างมากที่สุด และจะมีค่าลดลงเมื่อมุมที่กระทำเบี่ยงเบนออกไป

2.8 การนำแสงธรรมชาติไปใช้งาน

การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร จะต้องคำนึงถึงเรื่องความแปรปรวนของแสงธรรมชาติ อันเนื่องมาจากสภาพท้องฟ้าซึ่งถือเป็นแหล่งกำเนิดของแสงธรรมชาตินั้น ๆ มีความเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา จึงยากต่อการคาดคะเนปริมาณแสงที่เกิดขึ้นจริง

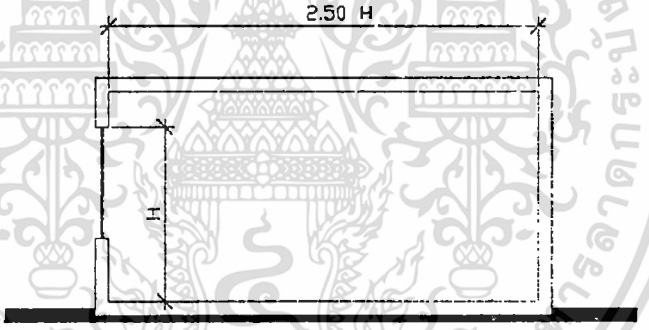
แต่อย่างไรก็ตามการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร ก็นับว่าเป็นการนำแสงที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดมาใช้งาน เพราะว่าแสงธรรมชาติได้มาโดยที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใด ๆ แต่ถ้าไม่สามารถควบคุมปริมาณแสงธรรมชาติที่จะนำมาใช้ภายในอาคาร ก็อาจจะส่งผลเสียได้เช่น ทำให้แสงที่เข้ามามีความจ้ามากเกินไปจนเกิดเป็นแสงจ้าได้ ดังนั้น การศึกษาการนำแสงธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้ามาใช้ภายในอาคารอย่างเหมาะสม จึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะควบคู่ไปกับในเรื่องของความงามทางสถาปัตยกรรม

แสงธรรมชาติสามารถนำเข้ามาภายในอาคารได้ 2 วิธีหลัก ๆ คือ แสงที่นำเข้ามาจากด้านข้าง (Side lighting) และแสงที่นำเข้ามาจากด้านบน (Top lighting) นอกจากนี้อาจมีการเพิ่มประสิทธิภาพของแสงสว่าง โดยใช้อุปกรณ์ช่วยเช่น หิ้งสะท้อนแสง และท่อนำแสง เป็นต้น สิ่งที่สำคัญและควรระวังคือ แสงธรรมชาติของประเทศไทยจะมีความเข้มของการส่องสว่างสูง ดังนั้นการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้โดยตรงแต่นำเข้ามาใช้ทางอ้อมหรือที่เรียกกันว่า แสงโดยอ้อม โดยเป็นการให้แสงอาทิตย์ผ่านการสะท้อน หรือหักเหก่อนที่จะเข้าสู่ภายในอาคาร

แสงที่นำเข้ามาจากทางด้านข้างต้องมีการคำนึงถึงเรื่องความสูงและความกว้างของช่องเปิดควบคู่กันไป หากความสูงของช่องเปิดด้านข้างยิ่งมาก แสงที่ส่องเข้าไปในอาคารก็ยิ่งลึกซึ่งโดยปกติจะสามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารผ่านช่องเปิดด้านข้างได้ลึกถึง 2.5 เท่าของความสูงของช่องเปิดโดยวัดจากระนาบการทำงานถึงขุดสูงสุดของช่องเปิด (M.David Egan & Victor W.Olgyay., 1983, p.100) ดังรูปภาพที่แสดงถึงสัดส่วนของความลึกที่นำแสงเข้ามาใช้งานได้ในระดับระนาบการทำงาน



รูปที่ 2.36 แสดงสัดส่วนระหว่างความสูงของช่องเปิด ต่อความลึกที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร

ที่มา : Egan (1983 : 169)

2.8.1 ปัญหาในการนำแสงธรรมชาติมาใช้สำหรับภูมิภาคเขตร้อนชื้น

แสงจากดวงอาทิตย์จะมีทิศทางกระจายไปทั่วท้องฟ้า ขึ้นอยู่ปริมาณ และการกระจายตัวของเมฆเป็นหลัก (Cloudiness factor) สำหรับประเทศไทยในเขตร้อนชื้นมักจะมีปริมาณเมฆบนท้องฟ้าปานกลางจนถึงน้อยมาก เรียกว่า ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน(Partly cloudy sky) ซึ่งมีปริมาณแสงสว่างที่ไม่ค่อยคงที่ และท้องฟ้าโปร่ง (clear sky) ซึ่งมีปริมาณแสงที่คงที่ และความเข้มสูง ในกรณีของท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน ความคงที่ของแสงจะไม่ค่อยแน่นอนสลับกันไปมาเมื่อถูกแสงอาทิตย์โดยตรง ปริมาณความเข้มของแสงอาจถึง 10,000 ฟุตแคนเดิล แต่ในขณะที่เป็นแสงสะท้อน ปริมาณความเข้มของแสงอาจเหลือเพียง 2,000 ฟุตแคนเดิลเท่านั้น ดังนั้นในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบแสงธรรมชาติเพื่อให้เข้ามาสู่ภายในอาคารจะต้องคำนึงถึงความคงที่สม่ำเสมอของแสงที่เกิดขึ้น เพราะมีผลต่อการประกอบกิจกรรมภายในอาคาร ในบางครั้งตำแหน่งสม่ำเสมอของแสงอาทิตย์ ก็สามารถที่จะส่องตรงไปยังบริเวณพื้นที่ใช้งานได้ เป็นสาเหตุให้เกิดสภาวะที่ไม่สบายต่อสายตาขึ้นได้ และยังทำให้ประสิทธิภาพการมองเห็นลดลง

การให้แสงธรรมชาติเข้าไปในอาคารนั้นควรจะมีการออกแบบที่เหมาะสมเช่น การออกแบบช่องเปิดเพื่อให้ได้รับแสงนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงขนาดของช่องเปิดด้วย หากช่องเปิดมีขนาดใหญ่มากปริมาณแสงที่เข้ามาก็มาก การออกแบบช่องเปิดควรจะมีขนาดที่เหมาะสมที่แสงสว่างมาได้อย่างพอเพียง มีความร้อนน้อย และกำหนดตำแหน่งการให้แสงสว่างในพื้นที่ที่ต้องการ การให้แสงสว่างทางทิศเหนือ-ใต้ (North light - South light) จะไม่ก่อให้เกิดแสงทางตรงจากดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปี ยกเว้นในตอนเช้า และตอนเย็นของเดือนในฤดูร้อน แต่สำหรับในเขตภูมิภาคร้อนชื้นอย่างเช่นประเทศไทย พบว่า การเปิดหน้าต่างทางเหนือมีปริมาณความเข้มของแสงที่มีความคงที่และไม่รุนแรงเท่ากับแสงสว่างจากทางทิศใต้ ส่วนการเปิดหน้าต่างรับแสงทางทิศใต้นั้น แม้จะได้รับปริมาณความเข้มของแสงตลอดทั้งปีที่มากกว่าทางทิศเหนือ (เนื่องจากการโคจรของดวงอาทิตย์อ้อมใต้ 8 เดือน ในขณะที่อ้อมเหนือเพียว 4 เดือนเท่านั้น) แต่ก็เป็นแสงที่มีความเข้าของรังสีสูง และมีความร้อนที่เข้าสู่อาคารได้มากกว่า ถึงแม้ว่าจะมีการพิจารณาการบังเงา (Shading devices) ให้แก่ช่องหน้าต่างในส่วนนี้ ซึ่งต้องการการบังเงาทั้งในแนวตั้ง และ แนวนอน โดยการบังเงาในแนวนอนเมื่อดวงอาทิตย์ทำมุมอัลติจูด (Altitude) ที่สูง ซึ่งก็คือตอนสายและตอนบ่าย ส่วนการบังเงาในแนวตั้งจะใช้เมื่อดวงอ่ทิตย์ทำมุมอัลติจูดที่ต่ำ ซึ่งก็คือตอนเช้า และตอนเย็น แต่ก็การเป็นบดบังปริมาณความเข้มของแสงจากดวงอาทิตย์ไปด้วยเป็นสาเหตุให้ภายในอาคารได้รับแสงธรรมชาติที่ไม่เพียงพอต่อการทำงาน

ปริมาณความเข้มของแสงธรรมชาติสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้นเช่น ประเทศไทยนั้น จะมีฤดูร้อน ฤดูฝนเป็นต้น รวมทั้งองค์ประกอบของท้องฟ้าเช่น ปริมาณเมฆ ฯลฯ ดังนั้นการนำแสงธรรมชาติในภูมิกากาศเขตร้อนชท้นมาใช้ จึงจะมีความระมัดระวัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของปริมาณความส่วาง (brightness) ของท้องฟ้าจะมีปริมาณที่สูง เนื่องจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะอยู่ในแนวเหนือศรีษะ หรือตั้งฉากกับพื้นโลกมากกว่าในเขตภูมิอากาศหนาว ในกรณีที่แสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคารเกินความจำเป็นในการใช้งาน จะก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานตามมาจากภาระการปรังอากาศภายในอาคารได้

นอกจากนี้ ในเรื่องของการสะท้อนของผิวภายในอาคาร หากมีค่าการสะท้อนแสงของเพดานและผนังที่สูง จะทำให้ค่าการส่องสว่างภายในเพิ่มขึ้นได้ แต่หากภายในอาคารได้รับอิทธิพลจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ค่าการสะท้อนแสงภายในที่สูงก็อาจจะก่อให้เกิดความไม่สบายตาเนื่องจากแสงจ้า แต่อย่างไรก็ตามทิศทางของดวงอาทิตย์และปริมาณความเข้มของแสงจะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับประเทศไทยที่อยู่ในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น (Hot-humid climate) จะมีหลักในการใช้แสงธรรมชาติดังนี้

1. หลีกเลี่ยงแสงตรงจากดวงอาทิตย์ โดยเน้นการใช้แสงสว่างแบบโดยอ้อมคือ มีการสะท้อนจากดวงอาทิตย์ก่อนที่จะนำเข้ามาใช้งาน หรือเป็นแสงธรรมชาติจากท้องฟ้า ที่มีลักษณะเป็นแสงกระจายทั่วท้องฟ้า โดยมาจากการสะท้อนฝุ่น ละอองน้ำ และสารแขวนลอยต่าง ๆ ฝนแต่ละชั้นบรรยากาศ

2. ขนาดของช่องเปิดไม่ควรใหญ่เกินไปคือ ควรจะมีขนาดที่พอดีต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาส่องสว่างพื้นที่ภายใน ในระดับที่เพียงพอต่อการใช้งาน

3. การเปิดช่องเปิด เพื่อการมองเห็นและแสงธรรมชาติที่ดีต้องควบคุมแสงจ้า ตัวอย่างเช่น หน้าต่างส่วนบนใช้การส่องผ่านแสงธรรมชาติสูงเป็นกระจกใส เพื่อให้ได้รับแสงธรรมชาติมาก และหน้าต่างส่วนล่างใช้การส่องผ่านแสงธรรมชาติต่ำเพื่อควบคุมแสงจ้า

4. ช่องแสงสูง (High window) จะสามารถทำให้แสงเข้าสู่ภายในได้ลึกขึ้น และจะมีผลดีขึ้นถ้ามีการกำหนดตำแหน่งให้ลึกเข้าไป

2.8.2 การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร

การออกแบบเพื่อให้สามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นเรื่องที่ไม่ง่ายนัก เพราะผู้ออกแบบจะต้องเผชิญกับปัญหาหลายประการทั้งในขั้นตอนการออกแบบ การเลือกวัสดุ ตลอดจนถึงการใช้งาน ตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้แสงธรรมชาติในอาคารที่สำคัญพอสรุปได้ดังนี้

1. ความแปรปรวน (Variation) ของสภาพท้องฟ้า

ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะมีสภาพแสงแดดจัดเกือบตลอดทั้งปี ซึ่งทำให้น่าจะมีความเหมาะสมในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร แต่เนื่องจากสภาพท้องฟ้าส่วนใหญ่จะมีความแปรปรวนเกือบตลอดทั้งวัน ทำให้กลายเป็นปัญหาที่สำคัญในการควบคุมทั้งคุณภาพและปริมาณแสงธรรมชาติที่จะนำมาใช้ในอาคาร แนวทางในการแก้ปัญหาความแปรปรวนของท้องฟ้านี้สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

1. การใช้แสงสะท้อนจากท้องฟ้า (Diffuse light) วิธีการนี้เป็นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุโดยการหลีกเลี่ยงแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ (direct sun) ที่มีความแปรปรวนและควบคุมได้ยาก ทางออกหนึ่งที่เหมาะสมคือ การใช้แสงสะท้อนจากท้องฟ้าหรือที่เรียกว่าแสงเหนือซึ่งมีความสม่ำเสมอมากกว่า แทนการใช้แสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์

2. การกำหนดกิจกรรมในพื้นที่ส่วนที่มีการนำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างเหมาะสม โดยพิจารณาจากกิจกรรมหรือประโยชน์ใช้สอยในพื้นที่นั้น ๆ ว่าสามารถยอมรับความแปรปรวนของสภาพแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นในระดับมากน้อยเพียงใด โดยบางกิจกรรมจะยอมรับการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับการส่องสว่างตามสภาพแสงภายนอกได้ไม่มากนัก เช่น ห้องประชุม ห้องจัดแสดงงาน เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ต้องการการควบคุมระดับการส่องสว่างให้มีค่าคงที่ ในขณะที่กิจกรรมบางประเภท ยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงของระดับการส่องสว่างได้บ้าง ในกรณีที่ไม่รบกวนประสิทธิภาพในการทำกิจกรรมนั้น ๆ เช่น ทางเดิน หรือบริเวณทำงาน

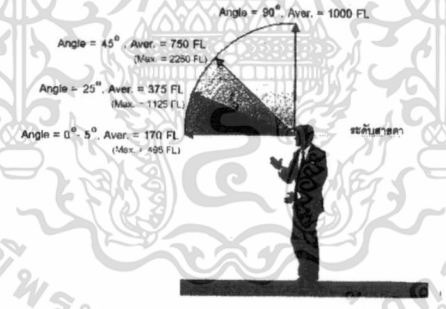
3. การใช้เทคโนโลยีเพื่อแก้ปัญหาความไม่สม่ำเสมอของสภาพแสงธรรมชาติที่เข้ามาในอาคารยกตัวอย่างเช่น การใช้ม่านกระจาย (diffused curtain) ในกรณีที่มีความจำเป็นต้องใช้แสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ เพื่อช่วยในการกระจายแสงให้มีคามสม่ำเสมอมากขึ้น

2. ความต้องการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในทุกทิศทุกทาง

ปัญหาหนึ่งที่ผู้ออกแบบจะต้องพบในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารก็คือ ความพยายามที่จะนำเอาแสงธรรมชาติมาใช้โดยไม่มีขีดจำกัดในทุกทิศทุกทางของอาคาร ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยการใช้แสงสะท้อนจากท้องฟ้า การพิจารณากิจกรรมที่สอดคล้องกับสภาพแสง และการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมเช่นเดียวกันกับปัญหาข้อแรก

3. การควบคุมความจ้าของแสงที่ทำให้เกิดการระคายเคืองตา (glare)

ในการยอมรับความสว่างหรือความจ้าของแสงจะพบว่า ขึ้นอยู่กับทิศทางของมุมมองที่แสงสว่างนั้นเข้าสู่สายตา ถ้ามุมมองเป็นมุมเงยที่มีองศาของการมองยิ่งมากก็จะยิ่งทำให้สายตาสามารถยอมรับความจ้าได้มากขึ้น



รูปที่ 2.37 แสดงความจ้าที่สายตายอมรับได้ในมุมมอง (Angle of degrees) ที่แตกต่างกันค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยโดยประมาณของความสว่าง (Average luminance) ที่สายตายอมรับได้หน่อยเป็นฟุต-แลมเบิร์ต

ที่มา : วารสารอาษา , กรกฎาคม 2541

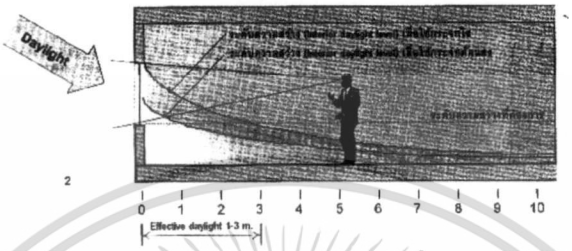
แนวทางในการแก้ปัญหานี้มี 3 วิธี ดังนี้

1. การคำนึงถึงมุมมองของสายตาของผู้ใช้อาคาร วัตถุประสงค์หลักของการออกแบบช่องหน้าต่างประการหนึ่งก็คือ การเปิดมุมมองเพื่อสร้างความต่อเนื่องระหว่างภายในและภายนอกอาคาร (visual connection) ธรรมชาติของมนุษย์ต้องการรับรู้ความเปลี่ยนแปลงของ สภาพแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบตัว ผู้ออกแบบจึงต้องมีความเข้าใจในการออกแบบและเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ ที่จะช่วยทำให้มองผ่านทางช่องหน้าต่างได้ชัดเจนสายตา

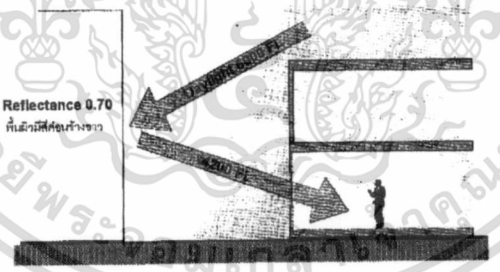
2. การเลือกประเภทของช่องแสง โดยคำนึงถึงความจ้าของแสงที่ผ่านเข้ามาสู่สายตาของผู้ใช้อาคาร เพราะสายตาของมนุษย์จะยอมรับความสว่างได้มากกว่า ดังนั้นในอาคารทั่วไปที่ใช้ช่องแสงด้านข้างจึงมีความจำเป็นต้องใช้กระจกตัดแสงเพื่อลดความจ้าที่เข้าสู่สายตาของผู้ใช้อาคาร ทำให้แสงธรรมชาติเข้ามาภาในอาคารได้ไม่มากเท่าที่ควร



รูปที่ 2.38 แสดงการเปรียบเทียบระดับความสว่างภายในห้องเมื่อใช้กระจกใสและกระจกตัดแสงกับช่องแสงด้านข้าง เพื่อแก้ปัญหาความจ้าของแสงเมื่อใช้กระจกตัดแสงทำให้แสงเข้ามาภายในได้น้อยลง Daylight curve ของกระจกตัดแสงจึงต่ำกว่ากระจกใส

ที่มา : วารสารอาษา , กรกฎาคม 2541

ทางหนึ่งในการแก้ปัญหานี้คือการกำหนดตำแหน่งของช่องแสงให้อยู่สูงขึ้นจากเดิมเพื่อลดปัญหาความจ้าของแสงที่ทำให้เกิดความระคายเคืองต่อสายตาของผู้ใช้อาคาร และยังมีผลทำให้สามารถดึงแสงธรรมชาติเข้ามาได้ลึกกว่าเดิมอีกด้วย

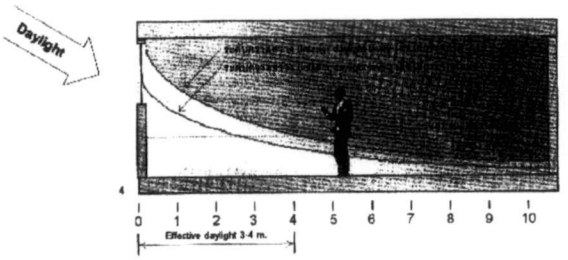


รูปที่ 2.39 แสดงกรณีที่สภาพแวดล้อมภายนอกอาคารเป็นอาคารที่มีพื้นผิวสีอ่อนซึ่งมีค่าการสะท้อนแสงสูง

ที่มา : วารสารอาษา , กรกฎาคม 2541

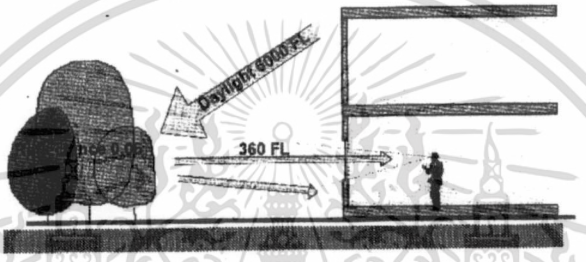
3. การออกแบบและควบคุมสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกอาคาร โดยคำนึงถึงการสะท้อนแสงจากภายนอกเข้ามาภายในอาคารไม่ให้มีแสงเข้ามามากจนรบกวนสายตาของผู้ใช้อาคาร แนวทางนี้เป็นการแก้ปัญหาด้วยการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอกให้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.40 แสดงการเปรียบเทียบระดับความสว่างภายในห้องเมื่อเปรียบเทียบตำแหน่งของช่องแสงที่อยู่สูงกว่าเพื่อให้สามารถดึงแสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องได้ลึกมากขึ้น

ที่มา : วารสารอาษา , กรกฎาคม 2541

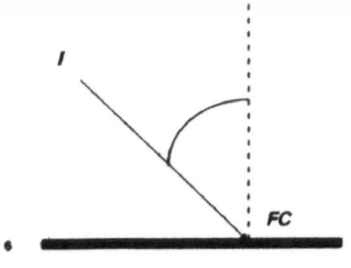


รูปที่ 2.41 แสดงสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารเป็นต้นไม้ที่มีค่าการสะท้อนแสงต่ำทำให้ช่วงแสงสะท้อนที่เข้าสู่สายตาผู้ใช้อาคาร

ที่มา : วารสารอาษา , กรกฎาคม 2541

4. การนำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างคุ้มค่าเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุด โดยคำนึงถึงศักยภาพสูงสุดในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร ในทฤษฎีพบว่าปริมาณความสว่างของแสงที่ตกลงบนพื้นที่ทำงาน (working plane) ใด ๆ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบของแสงบนระนาบนั้น ๆ ที่กระทำกับเส้นตั้งฉากกับระนาบ ตัวเลขของศาของมุมดังกล่าวนี้จะแปรผกผันกับค่าความเข้มของปริมาณแสงสว่างบนระนาบ หรือสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$FC = I * COSO$$

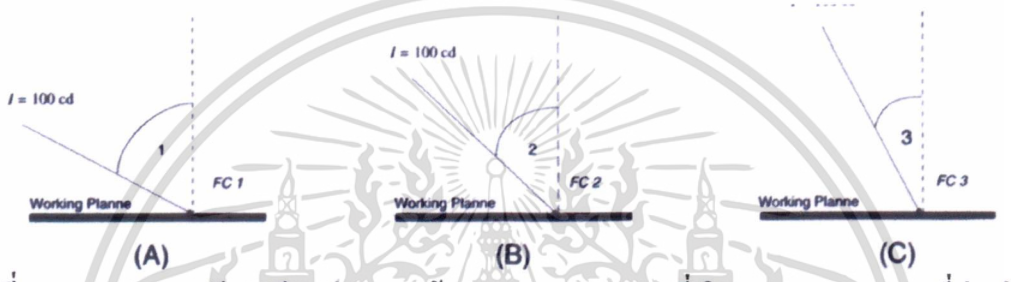


รูปที่ 2.42 แสดงตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณค่าความเข้มแสงบนระนาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

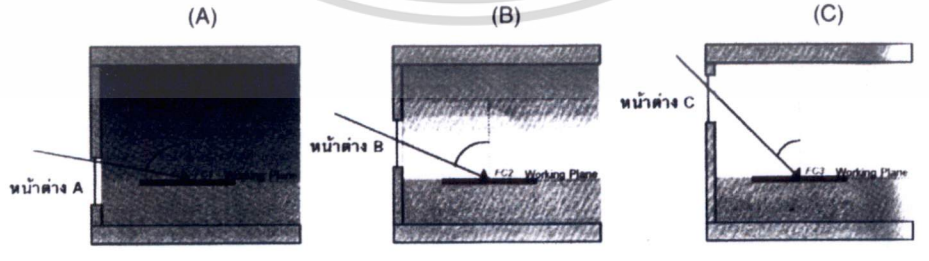
เมื่อ FC คือ ค่าความเข้มของปริมาณแสงสว่างบนระนาบใช้งาน (illumination) โดยมีหน่วยเป็น ฟุตแคนเดิล (foot-candle) 1 คือปริมาณแสงสว่างที่ตกกระทบบนพื้นที่ใช้งาน (intensity) โดยมีหน่วยเป็น แคนเดลลา (candella) o คือมุมตกกระทบของแสง (incident angle)

จากสมการข้างต้นสมมุติให้ มีค่าเท่ากับ 100 แคนเดลลา ถ้ามุมตกกระทบของแสงมีองศาที่แตกต่างกันแล้ว ถึงแม้แสงที่ตกกระทบจะมีปริมาณแสงสว่างเท่ากัน (intensity เท่ากัน) ก็ตาม แต่ปริมาณแสงบนพื้นที่ใช้งานจะไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบ ถ้ามุมยิ่งน้อยปริมาณแสงที่ระนาบของพื้นที่ใช้งานก็จะยิ่งมากขึ้น ซึ่งหมายความว่า แนวทางในการแก้ปัญหาเพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างคุ้มค่าก็คือ การทำให้มุมตกกระทบของแสงบนพื้นที่ใช้งานมีค่าน้อยที่สุดนั่นเอง



รูปที่ 2.43 แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มของแสงบนระนาบที่เกิดจากมุมตกกระทบที่ต่างกัน
ที่มา : วารสารอาษา , กรกฎาคม 2541

จากสมการที่ใช้ในการคำนวณข้างต้น เป็นค่าความเข้มของปริมาณแสงสว่างเฉพาะแสงโดยตรงจากแหล่งกำเนิดแสง (direct component) เท่านั้น ในความเป็นจริงแล้วค่าความเข้มของแสงบนระนาบใด ๆ จะขึ้นอยู่กับค่าการสะท้อนแสงของสภาพแวดล้อมภายในห้อง (indirect component) แต่โดยทั่วไปแล้วอิทธิพลของแสงโดยตรงจากแหล่งกำเนิดแสงจะมีมากกว่าแสงสะท้อนของสภาพแวดล้อม ในทางปฏิบัติจริงผู้ออกแบบสามารถนำความเข้าใจเรื่องความเข้มแสงจากสมการข้างต้น ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบเพื่อนำแสงธรรมชาติได้อย่างคุ้มค่าโดยการออกแบบช่องแสงที่คำนึงถึงมุมตกกระทบให้มีค่าน้อยที่สุด



รูปที่ 2.44 แสดงการเปรียบเทียบมุมตกกระทบของแสงบนระนาบที่ต่างกันเมื่อมีปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่ทำงานเท่ากัน
ที่มา : วารสารอาษา , กรกฎาคม 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 การนำปริมาณแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่อาคาร

แสงธรรมชาติเป็นพลังงานแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง และเป็นพลังงานที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายสำหรับค่าไฟฟ้า และถ้าอาคารมีการออกแบบให้สามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารได้พื้นที่มีปริมาณมาก จะสามารถช่วยลดการใช้งานของแสงประดิษฐ์ได้ปริมาณมากทำให้ช่วยประหยัดพลังงานโดยรวมของอาคาร ยิ่งสามารถนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารเพื่อการใช้งานได้ปริมาณพื้นที่ใช้สอยมากเพียงใด ยิ่งช่วยในการประหยัดพลังงานมากขึ้นเท่านั้น แต่การนำแสงธรรมชาติมาใช้เป็นพลังงานแสงสว่างภายในอาคารนั้นเป็นเรื่องยาก เนื่องจากการควบคุมปริมาณของแสงเป็นไปได้ด้วยความยากลำบาก และยังรวมถึงรังสีความร้อนที่เข้ามาพร้อมกับแสงธรรมชาติก่อให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคาร ในการที่ต้องการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายอาคารนั้น ต้องมีการออกแบบให้มีความเหมาะสมแก่การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งาน

2.8.4 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร

จากการศึกษาพบว่ามีปัจจัยหลาย ๆ อย่างที่สามารถส่งผลต่อการใช้แสงธรรมชาติในอาคาร แต่โดยส่วนมากมักจะลืมนึกถึงการใช้งานจริง ซึ่งเกิดการปรับเปลี่ยนเนื่องจากพฤติกรรมของผู้ใช้อาคาร โดยแยกออกเป็น 2 ส่วนกล่าวคือ ปัจจัยเชิงทฤษฎี และปัจจัยที่เกิดจากพฤติกรรมการใช้งาน โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. ปัจจัยเชิงทฤษฎี

มีการศึกษาและงานวิจัยหลายชิ้นที่เกี่ยวกับเรื่องของปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้แสงธรรมชาติในอาคารต่าง ๆ (เรณู ด่านสกุล,2545:น.83-111;อานนท์ วัชรพาห,255:น.40-95;วีร์ กังวานกิตติ,2547:น.6-55) โดยงานวิจัยทั้งหมดได้ผลการศึกษาที่ตรงกัน สามารถสรุปโดยแบ่งเป็นหัวข้อได้ดังนี้

ตารางที่ 2.14 แสดงถึงปัจจัยเชิงทฤษฎีที่ส่งผลต่อการใช้แสงธรรมชาติในอาคาร

กลุ่มของปัจจัย	ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้แสงธรรมชาติในอาคาร
1.สภาพแวดล้อม	- 1.1 สิ่งกีดขวางโดยรอบ
2. ช่องเปิด	- 2.1 ชนิดกระจก
	- 2.2 พื้นที่ของช่องเปิด
	- 2.3 ความสูงของช่องเปิด
3. การวางผังอาคาร	- 3.1 รูปแบบการวางผัง
	- 3.2 ความลึกของอาคาร
	- 3.3 ความสูงภายในอาคาร
	- 3.4 พื้นที่ของอาคาร
4. วัสดุภายในอาคาร	- 4.1 การสะท้องแสงและลักษณะทางกายภาพของวัสดุภายในอาคาร

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางสรุปพบว่า มีกลุ่มของปัจจัยที่เกี่ยวข้องอยู่ 4 กลุ่ม ซึ่งในแต่ละกลุ่มก็จะมีรายละเอียดต่าง ๆ แบ่งย่อยไปอีกมากมายดังนี้

กลุ่มที่ 1.สภาพแวดล้อม

1. 1 สิ่งกีดขวางโดยรอบ

หากโดยรอบของอาคารมีสิ่งบดบังโดยรอบมากเท่าใด ปริมาณแสงภายนอกอาคารก็จะยิ่งน้อยลงไปเท่านั้น เนื่องจากทางเดินของแสงไม่สามารถเข้าสู่ภายในอาคารได้ และยังจะส่งผลให้ปริมาณแสงที่เข้าสู่อาคารลดน้อยลงอีกด้วย โดยสิ่งกีดขวางโดยรอบจะสามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้คือ

1.1.1 อาคารข้างเคียง

เนื่องจากผังอาคารอื่น ๆ โดยรอบ อาจจะส่งผลให้เกิดการกีดขวางทางเดินแสงอาทิตย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม เมื่อถูกบดบังทั้ง 2 ลักษณะนี้จึงทำให้ลดปริมาณแสงภายนอกอาคารก่อนเข้าสู่ภายใน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด หรือ ระยะห่างของอาคารที่บดบัง

1.1.2 อุปกรณ์บังแดด

อาคารบางอาคารมีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดด ซึ่งช่วยในเรื่องของแสงแดดโดยตรง (direct sunlight) ซึ่งจะนำความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร ขณะเดียวกันอุปกรณ์เหล่านั้นก็จะลดปริมาณแสงลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด และประสิทธิภาพของอุปกรณ์

กลุ่มที่ 2. ช่องเปิด

2.1 ชนิดของกระจก

คุณสมบัติของกระจกคือ การส่องผ่านของแสง เมื่อแสงส่องผ่านกระจกที่ใช้ทำช่องเปิดของอาคาร แสงจะถูกกระจกสะท้อน และดูดกลืน ทำให้ปริมาณของแสงที่เหลือเข้ามาภายในอาคารลดน้อยลง ดังนั้นหากกระจกต่างชนิดกัน (มีค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านที่แตกต่างกัน) ก็จะทำให้ปริมาณแสงที่เข้ามาสู่ภายในอาคารแตกต่างกันด้วย

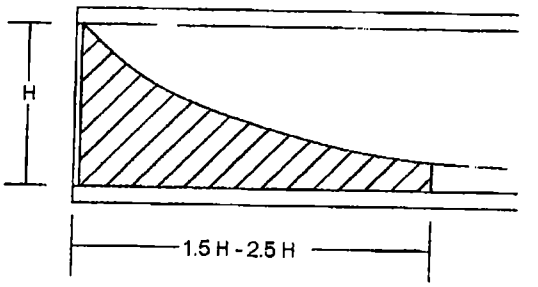
2.2 พื้นที่ของช่องเปิด

พื้นที่ของช่องเปิด เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายในอาคารโดยตรง เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของแสงที่จะเข้าสู่ภายในอาคารจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ของช่องเปิด ซึ่งหากว่าพื้นที่ช่องเปิดมากก็จะส่งผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายในอาคารมากตามไปด้วย ในทางกลับกัน หากพื้นที่ช่องเปิดน้อยก็จะส่งผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายในอาคารน้อยลงด้วย

2.3 ความสูงของช่องเปิด

ระยะที่ลึกที่สุดที่สามารถใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารได้ (มีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ตั้งแต่ 2%-5%) จะมีค่าประมาณ 1.5 ถึง 2.5 เท่าของความสูงของช่องเปิด ดังภาพที่แสดงจะทำให้เห็นว่าพื้นที่ในส่วนที่แรเงาคือพื้นที่ที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.45 แสดงถึงอัตราส่วนระยะความลึกที่สุดที่สามารถใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารได้

จากภาพสามารถตีความได้ว่า ช่องเปิดที่มีความสูงมาก ก็จะส่งผลให้มีพื้นที่ที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้มากด้วยเช่นกัน

กลุ่มที่ 3. การวางผังอาคาร

3.1 รูปแบบการวางผังอาคาร

พื้นที่ของอาคารจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน กล่าวคือ พื้นที่ส่วนทำงานและพื้นที่ส่วนกลาง ซึ่งพิจารณาผังของอาคารที่มีการก่อสร้าง และมีการใช้งานจริงพบว่า ในการวางผังของทั้ง 2 ส่วนนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบคือ

รูปที่ 2.46 แสดงถึงรูปแบบการวางผังพื้นที่ส่วนกลางของอาคาร

จากภาพที่ 2.46 จะเห็นว่าการวางผังไว้ส่วนกลางอาคารจะมีพื้นที่ช่องเปิดมากที่สุด ในขณะที่การวางผังแบบขอบอาคารจะมีพื้นที่น้อยที่สุด ในส่วนของการวางผังแบบผสม จากการสำรวจพบว่า อาคารที่สร้างตามรูปแบบการวางผังแบบผสมน้อยมาก เนื่องจากการวางผังลักษณะนี้จะเสียพื้นที่มากกว่าแบบอื่น ๆ มาก

3.2 ความสูง และ ความลึกของอาคาร

มีลักษณะเดียวกันกับความสูงช่องเปิด กล่าวได้ว่า ตัวแปรทั้ง 3 ตัวนี้มีความสัมพันธ์กัน

3.3 อาคารที่มีพื้นที่ภายในอาคารมากจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร เพราะพื้นที่ที่สามารถใช้แสงธรรมชาติในการทำงานได้อย่างเหมาะสมมีพื้นที่จำกัด ส่งผลให้เมื่อหาค่าเฉลี่ยในอาคารที่มีพื้นที่มากจะทำให้ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพแสงที่ได้มีค่าลดลง

กลุ่มที่ 4. วัสดุภายในอาคาร

4.1 การสะท้อนแสง และลักษณะทางกายภาพของวัสดุภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในอาคารประกอบไปด้วยวัสดุต่าง ๆ มากมายเช่น พื้น ผนัง ฝ้าเพดานเป็นต้น ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดที่เลือกใช้ในการตกแต่งภายในอาคารมีสี พื้นผิว และวัสดุ ที่แตกต่างกันออกไป ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงภายในอาคารแตกต่างกัน ซึ่งการสะท้อนแสงของวัสดุภายในอาคารจะช่วยให้ปริมาณแสงที่เข้ามาภายในอาคารมีคุณภาพดีขึ้นอีกด้วย

จากการพิจารณาองค์ประกอบทั้งหมด ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบอาคารเพื่อนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร ทำให้ได้มาตรฐานและแนวทางของการออกแบบอาคาร จะเห็นได้ว่าสิ่งที่สำคัญที่สุดที่เป็นอุปสรรคสำคัญต่อการผ่านเข้ามาของแสงธรรมชาติ นั่นคือการบังของอาคารและวัตถุข้างเคียง ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงกับปริมาณแสงธรรมชาติผ่านเข้าสู่อาคาร และเป็นปริมาณความสว่างหลักที่เกิดขึ้นอันเนื่องจากแสงธรรมชาติ ในส่วนนี้เองที่ทำให้ความสว่างที่เกิดขึ้นภายในอาคารอันเนื่องมาจากแสงธรรมชาติมีปริมาณความสว่างต่ำกว่าความเป็นจริง และต่ำกว่ามาตรฐานของการใช้แสงสว่างภายในอาคารในกรณีที่มีการบังของอาคาร และวัตถุข้างเคียงของอาคารอยู่ในเกณฑ์มาก ในการออกแบบอาคารจะต้องคำนึงถึงตำแหน่งของอาคารและวัตถุข้างเคียงเพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการบังจากสิ่งเหล่านี้ เพื่อให้แสงธรรมชาติส่องผ่านเข้ามามากที่สุด

ปัญหาสำคัญอีกปัญหานั่นก็คือ การกำหนดให้อาคารด้านที่เปิดรับแสงธรรมชาติอย่างเต็มที่ ต้องมีการป้องกันแสงตรงอันเนื่องมาจากมุมกระทำของดวงอาทิตย์ โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่าอุปกรณ์บังแดดของอาคาร ซึ่งทำหน้าที่การป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ แต่ในส่วนอุปกรณ์บังแดดนี้จัดเป็นส่วนสำคัญของอาคารที่ขาดไม่ได้ ทำให้อุปกรณ์บังแดดเป็นปัญหาสำคัญ สำหรับการออกแบบอาคารเพื่อจุดประสงค์ในการใช้แสงธรรมชาติเป็นพลังงานความสว่างภายในอาคาร

2.8.5 รูปแบบการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคาร

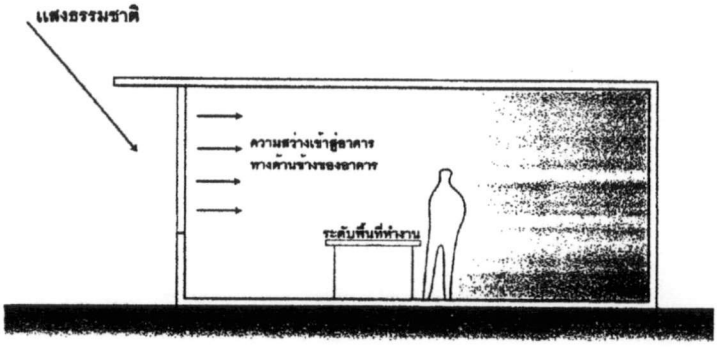
การนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร มีจุดประสงค์ในการเพิ่มความสว่างให้แก่อาคาร โดยทั่วไปการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารสามารถจำแนกได้ 2 รูปแบบดังนี้คือ

แสงธรรมชาติเข้าทางด้านข้างของอาคาร (Side lighting)

แสงธรรมชาติทางด้านข้างของอาคาร จะสามารถผ่านเข้ามาทางช่องหน้าต่างช่วยเพิ่มความสว่างให้แก่อาคาร และช่วยเปิดมุมมองออกสู่ภายนอกอาคาร แสงธรรมาชาติที่เหมาะสมแก่การใช้งานควรเป็นแสงที่ผ่านช่องเปิดทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ของอาคาร เนื่องจากสามารถป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ง่าย ซึ่งแสงตรงจากดวงอาทิตย์นี้สามารถก่อให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคาร ทำให้เพิ่มภาระกับเครื่องทำความเย็น (Cooling Load) โดยรวมของอาคาร

การนำแสงธรรมชาติเข้าทางด้านข้างมาใช้ สิ่งที่จะต้องคำนึงถึงคือรูปแบบของช่องเปิด ขนาดความสูงและความกว้างของช่องเปิด โดยที่ตำแหน่งของช่องเปิดยิ่งสูงมากแสงธรรมชาติก็สามารถเข้าไปได้ลึกขึ้นและมีการกระจายแสงได้ทั่วถึงซึ่งรวมเป็นข้อพิจารณาที่เรียกว่า Window Concepts

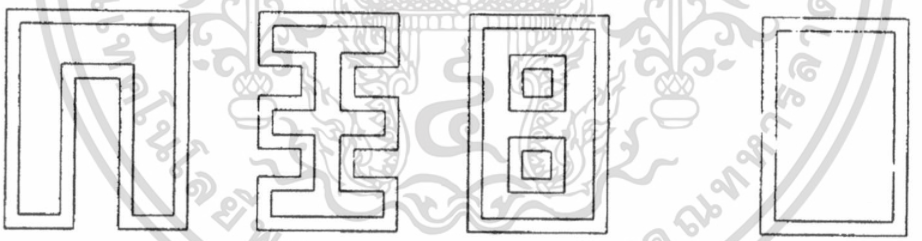
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.47 แสดงการเข้าของแสงธรรมชาติเข้าทางด้านข้างอาคาร

ที่มา : วารสารอาษา , กรกฎาคม 2541

แสงธรรมชาติที่ผ่านเข้ามาทางด้านข้างอาคารเป็นแสง ที่มีปริมาณความสว่างที่เหมาะสม และมีคุณภาพเพียงพอต่อการใช้งาน แต่ต้องอยู่ในเงื่อนไขของการออกแบบอาคารเพื่อต้องการนำแสงธรรมชาติโดยเฉพาะ ไม่เช่นนั้นแล้วการนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารอาจจะไม่มีคุณภาพ และความสว่างเพียงพอต่อการใช้งานในอาคาร ข้อด้อยของแสงธรรมชาติด้านข้างของอาคารอยู่ที่ ระยะของความสว่างที่เหมาะสมอันเกิดจากแสงธรรมาชาติภายในอาคาร ซึ่งจะลดความสว่างลงตามระยะห่างจากช่องเปิด ทำให้ในส่วนลึกของอาคารความสว่างจากธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ด้วยเหตุนี้ความลึกที่น้อยที่สุดที่เหมาะสมในลักษณะผังพื้นรูป E , H , F , L , U และ O



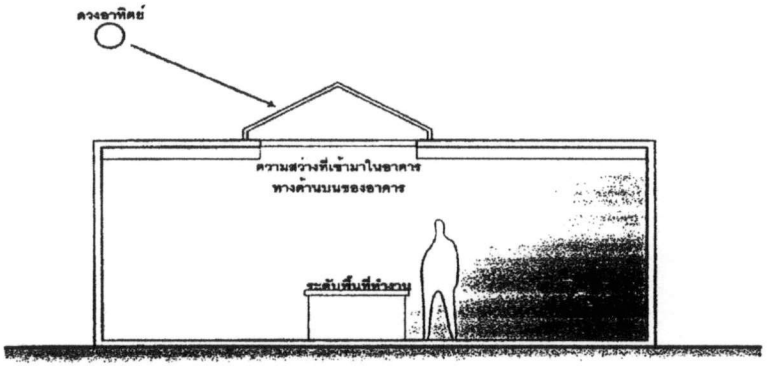
รูปที่ 2.48 แสดงBuilding Footprint

ที่มา : Simplified Design of Building (1992)

แสงธรรมชาติเข้าทางด้านบนของอาคาร (Top lighting)

แสงธรรมชาติทางด้านบนของอาคาร มีการออกแบบได้หลายแบบเหมาะสมกับอาคารที่มีลักษณะกว้าง แสงธรรมชาติทางด้านข้างให้ความสว่างในปริมาณพื้นที่น้อย การเปิดรับแสงทางด้านบนของอาคารจึงช่วยเพิ่มความสว่างให้แก่ส่วนลึกของอาคาร แต่สำหรับการนำแสงธรรมชาติที่มีคุณภาพที่เหมาะสมผ่านเข้าทางด้านบนของอาคารไม่เหมาะกับอาคารสูงมากนัก เนื่องจากยากแก่การควบคุมปริมาณแสงที่เข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.49 แสดงการเข้าของแสงธรรมชาติเข้าทางด้านบนของอาคาร

ที่มา : วารสารอาษา , กรกฎาคม 2541

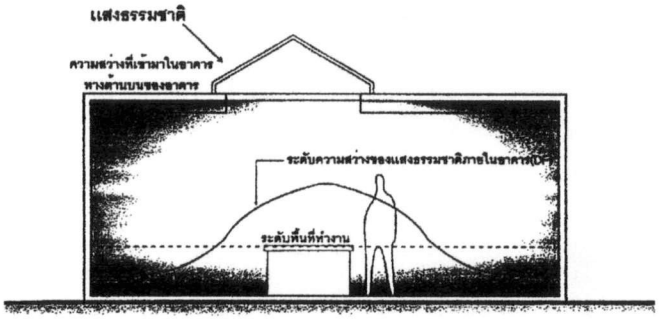
การให้แสงแบบรวม (Combined lighting)

การให้แสงแบบรวมจะมีการเปิดช่องเปิดทั้งผนัง และ เพดาน ในพื้นที่ภายในไม่แบ่งชัดว่าเป็นผนังหรือเพดาน เราจะพิจารณาเป็นการให้แสงด้านข้างถ้าหากว่าช่องเปิดต่ำกว่า 2.5 เมตร อย่างไรก็ตามการให้แสงแบบรวมนี้ ความเสมอกันของความสว่าง ถูกกำหนดโดยผลของรอยต่อของการให้แสงด้านข้าง และแสงด้านบน ความสว่างที่เกิดขึ้นคือผลรวมของความสว่างโดยแสงด้านข้างและด้านบน การให้แสงแบบรวมสามารถตอบสนองต่อความต้องการของการให้ความสว่างที่มีความสม่ำเสมอกันได้

จากรูปแสดงให้เห็นถึงลักษณะของระดับความสว่างที่เกิดขึ้นภายในอาคารจากช่องเปิดด้านบนและช่องเปิดด้านข้างอาคาร ซึ่งแสงด้านบนของอาคารมีระดับความสว่างที่เหมาะสมแก่การใช้งานสำหรับพื้นที่ส่วนในของอาคาร แต่ช่องเปิดที่เปิดรับแสงธรรมชาติทางด้านข้างของอาคารมีระดับความสว่างที่เหมาะสมแก่การใช้งานในส่วนด้านข้างของอาคาร ซึ่งจุดประสงค์สำคัญของการใช้งานจากแสงธรรมชาติจะเน้นถึงคุณภาพของแสงที่เหมาะสมแก่การใช้งาน แสงธรรมชาติจากด้านบนของอาคารจะมีระดับความสว่างที่สม่ำเสมอในระดับที่เหมาะสมกว่า แสงธรรมชาติจากด้านข้าง ซึ่งระดับความสว่างของแสงที่ได้จากด้านข้างจะลดลงตามระยะที่ห่างออกจากหน่าง ซึ่งความเป็นไปได้ของการให้แสงธรรมชาติทางด้านข้างขึ้นอยู่กับทิศทางของหน้าต่างด้วย

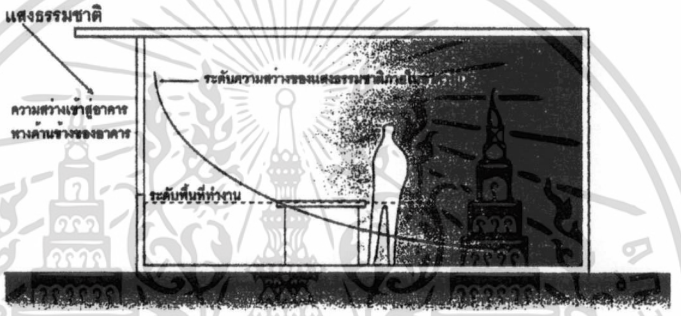
สำหรับประเทศไทย การเปิดช่องรับแสงธรรมชาติทางด้านบนของอาคาร เปรียบเสมือนการนำความร้อนเข้าสู่อาคาร เนื่องจากความร้อนส่วนใหญ่ของอาคารเกิดจากแสงจากดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้าสู่อาคาร อันเนื่องมาจากการโคจรของดวงอาทิตย์ ทำให้มีอากาสที่แสงจากดวงอาทิตย์ผ่านเข้ามาสู่ตัวอาคารและก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องของความร้อนสะสมตามมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.50 แสดงลักษณะของปริมาณแสงภายในอาคารที่เกิดจากแสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านบนของอาคาร (Top lighting)

ที่มา : วารสารอาษา , กรกฎาคม 2541



รูปที่ 2.51 แสดงลักษณะของปริมาณแสงภายในอาคารที่เกิดจากแสงธรรมชาติที่ผ่านช่องเปิดทางด้านข้างของอาคาร (Side lighting)

ที่มา : วารสารอาษา , กรกฎาคม 2541

จากรูปแสดงให้เห็นถึงลักษณะของลักษณะของระดับความสว่างที่เกิดขึ้นภายในอาคารจากช่องเปิดด้านบนและช่องเปิดด้านข้างอาคาร ซึ่งแสดงด้านบนของอาคารมีระดับความสว่างที่เหมาะสมแก่การใช้งานสำหรับพื้นที่ส่วนในของอาคาร แต่ช่องแสงที่เปิดรับแสงธรรมชาติทางด้านข้างของอาคาร มีระดับความสว่างที่เหมาะสมแก่การใช้งานในส่วนด้านข้างอาคาร แต่จุดประสงค์สำคัญของการใช้งานจากแสงธรรมชาติ เน้นถึงคุณภาพของแสงที่เหมาะสมแก่การใช้งานแสงธรรมชาติจากด้านข้างของอาคารเป็นแสงที่มีคุณภาพมากกว่าแสงธรรมชาติทางด้านบนของอาคาร เนื่องจากแสงธรรมชาติจากด้านข้างสามารถป้องกันแสงตรงที่เกิดจากดวงอาทิตย์ได้ง่าย ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับทิศทางการวางตำแหน่งของอาคารอีกองค์ประกอบหนึ่ง ซึ่งสามารถนำแสงธรรมชาติ

จากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคาร พบว่าอุปกรณ์บังแดดจะถูกจัดเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคาร ซึ่งจะทำให้เป้าหมายในการออกแบบมีเป้าหมายลดต่ำลง ซึ่งจากเป้าหมายเดิมมีอยู่ว่าต้องนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารได้ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณที่เหมาะสม ในการออกแบบให้ได้เป้าหมายจะต้องมีการออกแบบอุปกรณ์หรือวัสดุที่ช่วยในการเพิ่มปริมาณแสงเข้าสู่ตัวอาคาร

2.8.6 เทคนิคการประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในการออกแบบจริง

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารที่สำคัญก็คือ ความแปรปรวนของสภาพท้องฟ้าภายนอกอาคารซึ่งควบคุมได้ยาก ในการประยุกต์แสงธรรมชาติในอาคารอย่างเหมาะสมจึงควรพยายามนำเอาแสงสะท้อนจากท้องฟ้า (diffuse light) มาใช้ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยจะให้ความสำคัญกับตัวแปรอื่น ๆ น้อยกว่าปกติ อาทิเช่น การใช้สี การออกแบบส่วนยื่นของอาคาร (overthang) ค่าการสะท้อนแสงของพื้น (ground reflectance) ค่าการสะท้อนแสงภายในและภายนอก (internal and external reflectance) เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ออกแบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบรูปแบบของสถาปัตยกรรม ตลอดจนการพิจารณาเทคนิคการเลือกใช้ช่องแสงที่ทำให้เกิดศักยภาพในการใช้แสงธรรมชาติสูงที่สุด ได้แก่ เทคนิคการใช้แสงจากท้องฟ้า การกันแดด การลดขนาดช่องเปิดและการควบคุมความจ้าภายในอาคาร

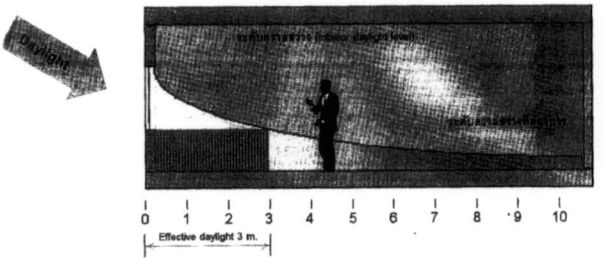
1. การเลือกใช้ชนิดของช่องแสงตามความเหมาะสม

คือ ความต้องการให้มีแสงที่เพียงพอต่อการใช้งานในระดับที่ไม่มากหรือน้อยจนเกินไป ดังนั้นในการใช้แสงธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพจึงไม่ใช่การนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารให้เกิดความสว่างขึ้นที่จุดใดจุดหนึ่งเพียงจุดเดียวโดยไม่คำนึงถึงระดับของการส่องสว่าง แต่ในความเป็นจริงแล้วจะพบว่าการออกแบบให้เกิดสภาพดังกล่าวไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากมีข้อจำกัดของตำแหน่งช่องเปิดซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะอยู่ที่ขอบอาคาร ทำให้สามารถดึงแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารได้แต่เฉพาะพื้นที่ใกล้ขอบอาคารเท่านั้น ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงควรพยายามออกแบบให้มีการดึงแสงสว่างเข้าไปในภายในอาคารให้ลึกจากขอบอาคารมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และให้มีการกระจายของแสงที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ ชนิดของช่องแสงโดยทั่วไป สามารถจำแนกออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1.1 ช่องแสงด้านข้าง

ช่องแสงที่พบในอาคารโดยทั่วไปส่วนใหญ่คือ ส่องแสงหรือหน้าต่างด้านข้าง ในอาคารทั่วไปที่มีหน้าต่างด้านข้างแต่เพียงอย่างเดียวพบว่าจะมีแสงธรรมชาติในระดับที่เพียงพอต่อการใช้งานอยู่ในระยะประมาณ 2 – 3 เมตรจากหน้าต่าง เนื่องจากหน้าต่างด้านข้างอยู่ในตำแหน่งที่คนทั่วไปสามารถทนต่อความจ้าเมื่อมองในแนวระดับได้เพียง 170 ฟุตแลมเบิร์ตเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

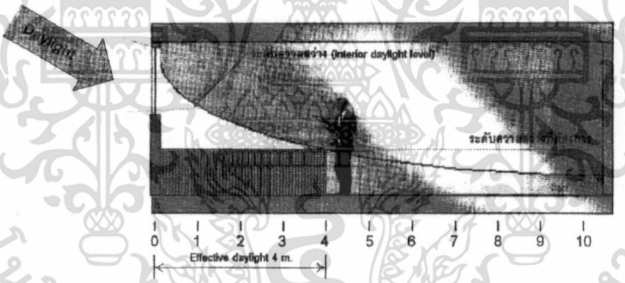


รูปที่ 2.52 แสดงการเปรียบเทียบระดับของความสว่างและระดับความสว่างที่มนุษย์ต้องการ
ที่มา : วารสารอาษา , กรกฎาคม 2541

แต่หน้าต่างด้านข้างก็ยังมีประโยชน์ที่สำคัญประการหนึ่งคือ การสร้างทัศนวิสัยและมุมมองที่ดีในการสัมผัสกับธรรมชาติและการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมภายนอก

1.2 ช่องแสงด้านบน

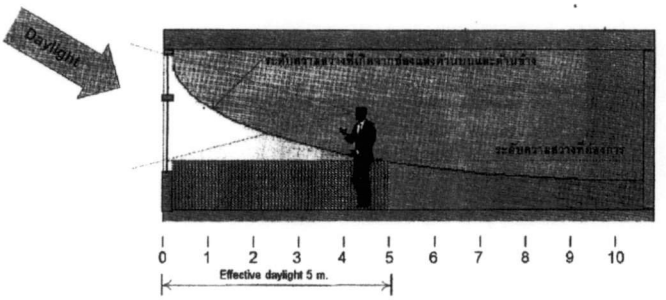
การใช้ช่องแสงด้านบนจะทำให้สามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารได้มากกว่าช่องแสงด้านข้าง เพราะจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและพื้นที่ที่มีแสงธรรมชาติเพียงพอต่อการใช้งานให้มีมากกว่า นอกจากนี้แล้วช่องแสงด้านบนยังอยู่ในตำแหน่งที่คนทั่วไปสามารถรับความจ้าได้มากกว่าแสงจากหน้าต่างด้านข้าง ทำให้สามารถเลือกใช้กระจกที่มีการตัดแสงน้อยกว่าเพื่อให้ปริมาณแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารได้มากขึ้น



รูปที่ 2.53 แสดงการใช้ช่องแสงด้านบนซึ่งแสงธรรมชาติสามารถผ่านเข้ามาภายในได้ลึกกว่าแสงด้านข้าง
ที่มา : วารสารอาษา , กรกฎาคม 2541

แต่ข้อด้อยของการใช้ช่องแสงด้านบนเพียงอย่างเดียวก็คือ ทำให้ผู้ใช้อาคารต้องสูญเสียทัศนวิสัยที่ดีไป (ไม่สามารถมองออกไปภายนอกอาคารได้โดยสะดวก) ทางออกที่เหมาะสมจึงควรเน้นที่การนำแสงธรรมชาติจากช่องแสงด้านบนเข้ามาภายในอาคาร โดยพิจารณาถึงการใช้งานร่วมกันระหว่างหน้าต่างด้านข้างและช่องแสงด้านบน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.54 แสดงการใช้ช่องแสงด่านข้างร่มกับช่องแสงด้านบนเพื่อดึงแสงธรรมชาติให้สามารถผ่านเข้ามาภายในได้ลึกมากขึ้นและเปิดมุมมองออกสู่ภายนอกเพื่อสร้างทัศนวิสัยที่ดีสำหรับผู้ใช้อาคาร

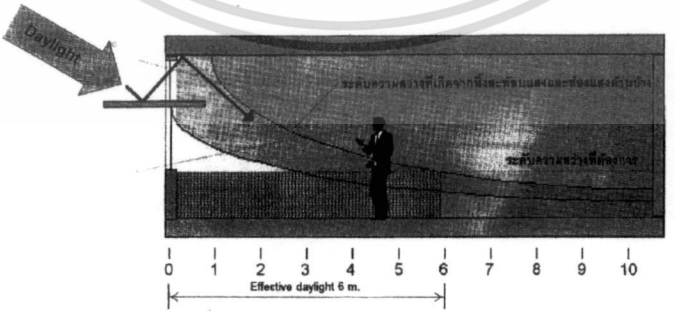
ที่มา : วารสารอาษา , กรกฎาคม 2541

การออกแบบโดยใช้ช่องแสงบนเพดาน (skylight) เป็นการออกแบบที่มีเหตุผลและเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าสามารถดึงแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ได้โดยมีการกระจายแสงในทุกทิศทางที่สม่ำเสมอ โดยไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงทัศนวิสัยในการมองออกสู่ภายนอกอาคาร ส่วนการใช้ช่องแสงเหนือหน้าต่าง (clerestory) นั้นสามารถใช้ได้ดีกับบริเวณที่เป็นขอบอาคาร ดังนั้นจึงควรมีการออกแบบช่องแสงด้านบนในลักษณะต่าง ๆ โดยพิจารณาปัจจัยในหลาย ๆ ด้านประกอบกัน เพื่อให้ได้รูปแบบที่เหมาะสมในการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร

แนวทางหนึ่งในการออกแบบช่องเปิด เพื่อการดึงแสงธรรมชาติเข้ามาในภายในอาคารที่มีประสิทธิภาพและน่าสนใจ ได้แก่ การใช้ช่องแสงเหนือหน้าต่างร่วมกับหน้าต่างด้านข้าง ซึ่งจะช่วยให้มีแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารได้มากขึ้น แต่มีข้อด้อยคือจะทำให้ความสูงของชั้นมีค่ามากขึ้น ส่งผลให้กรอบอาคารมีพื้นที่มากขึ้นไปด้วย

1.3 หิ้งสะท้อนแสง

ช่องแสงอีกชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการดึงแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารก็คือ การใช้หิ้งสะท้อนแสง (lightshelf) ทั้งภายในและภายนอกอาคาร



รูปที่ 2.55 แสดงการใช้หิ้งสะท้อนแสงเพื่อช่วยดึงแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารได้ลึกมากขึ้น

ที่มา : วารสารอาษา , กรกฎาคม 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะช่วยให้สามารถดึงแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารได้มาก ในทางทฤษฎีแล้วพื้นผิวของหิ้งสะท้อนแสงและเพดานภายในอาคารควรมีลักษณะมันเงา เพื่อให้เกิดการสะท้อนแสงเข้าสู่ภายในอาคารได้มาก ประกอบกับปัจจัยที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ความสะอาดของพื้นผิว ซึ่งมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการสะท้อนแสงของพื้นผิว ทำให้มีปัญหาในการดูแลรักษาพื้นผิวให้สะอาดอยู่เสมออีกด้วย

1.4 อุปกรณ์แผงสะท้อนแสง (Plane Reflection)

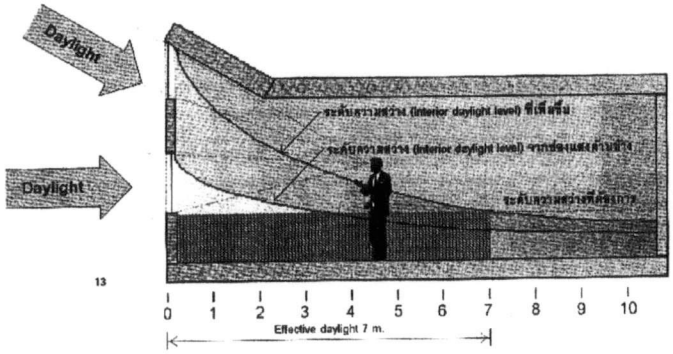
จากการศึกษาพบว่ามีองค์ประกอบอีกส่วนหนึ่งที่ช่วยเพิ่มการกระจายแสงเข้าสู่อาคาร ได้แก่ การสะท้อนแสงจากพื้นซึ่งมีหลักการคล้ายกับการทำงานของหิ้งสะท้อนแสง คือสะท้อนแสงจากพื้นเข้าสู่ฝ้าเพดานเพื่อช่วยในการกระจายแสงภายในอาคารอีกส่วนหนึ่ง แต่การสะท้อนแสงของพื้นมีข้อจำกัดมาก เช่นค่าสะท้อนแสงของพื้นต้องมีค่าไม่สูงเกินไป เนื่องจากมีผลต่อผู้ใช้อาคาร และระยะที่เป็นมุมตกกระทบจากภายนอกสู่ภายในอาคารมีระยะห่างมาก ซึ่งเมื่อพิจารณาจากหลักการเป็นจริงแล้ว อาคารที่มีความสูงมาก ไม่ได้ประโยชน์จากการสะท้อนแสงของพื้นเลย เนื่องจากมุมตกกระทบภายนอกอาคารจะอยู่ห่างออกไปมาก ยกตัวอย่างว่า ถ้าอาคารมีจำนวน 8 ชั้น แต่ละชั้นมีระดับความสูง 3 เมตร เมื่อพิจารณาจากระยะของแสงสะท้อนจากภายนอกอาคารในส่วนของชั้นที่ 7 ของอาคาร จากการวิเคราะห์พบว่า อาคารชั้นที่ 7 มีความสูงรวม 21 เมตร เพราะฉะนั้น จุดตกกระทบของแสงภายนอกที่มีผลต่อภายในอาคาร อยู่ในช่วงระยะห่างจากอาคาร 21-84 เมตร จะเห็นได้ว่ามีระยะห่างจากอาคารมาก ทำให้อาคารที่มีอยู่ในชั้นที่สูง แทบจะไม่มีโอกาสในการได้รับแสงสะท้อนจากพื้นที่ภายนอกอาคารเลย

ในการออกแบบอาคารนั้นแสงจากพื้นที่ภายนอกอาคารจัดเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งที่ช่วยเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคาร แต่ความเป็นจริงแล้ว อาคารทั่วไปมักจะไม่ได้รับประโยชน์จากองค์ประกอบส่วนนี้เลย การออกแบบอาคารความมีการออกแบบอุปกรณ์ที่เข้ามาชดเชยการสะท้อนแสงจากพื้นภายในอาคาร ในการออกแบบได้เสนอแนะว่า ควรที่จะเพิ่มพื้นที่การกระจายแสงที่ทำหน้าที่ทดแทนการสะท้อนแสงจากพื้น โดยมีลักษณะเป็นแผ่นสะท้อนแสง ที่ช่วยสะท้อนแสงขึ้นสู่ฝ้าเพดานอีกส่วนหนึ่ง มีตำแหน่งจัดวางอยู่ต่ำกว่าระดับขอบล่างของหน้าต่างเล็กน้อยประมาณ 0.10-0.20 เมตร และมีข้อจำกัดของค่าสะท้อนแสงอยู่ในช่วง 0.50-0.70

2. ตำแหน่งของช่องแสงด้านบน

การกำหนดตำแหน่งของช่องแสงด้านบนที่เหมาะสม เป็นแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงเพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากช่องแสงด้านบนได้โดยไม่ต้องเพิ่มความสูงของฝ้าเพดาน

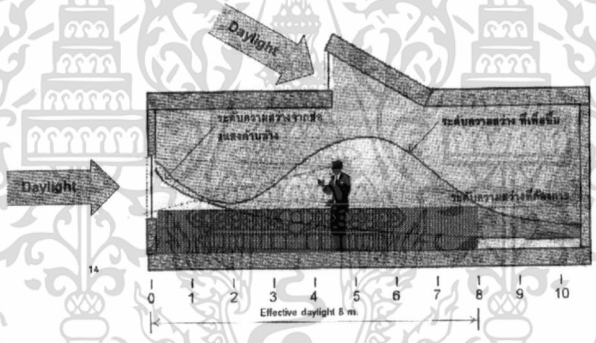
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.56 แสดงระดับความสว่างของแสงธรรมชาติที่เข้ามาได้ลึกมากกว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบตำแหน่งของช่องแสงด้านบนให้สูงขึ้น

ที่มา : วารสารอาษา , กรกฎาคม 2541

การออกแบบในลักษณะดังกล่าวทำให้สามารถดึงแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารได้ลึกมากขึ้นและยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอาคารสูงได้ แต่หากออกแบบให้ช่องแสงด้านบนอยู่ลึกเข้าไปในอาคารยิ่งมาก ก็จะทำให้สามารถดึงแสงธรรมชาติเข้าไปในอาคารได้ลึกมากขึ้น



รูปที่ 2.57 แสดงการระดับความสว่างของแสงธรรมชาติในอาคารเมื่อเปลี่ยนตำแหน่งของช่องแสงด้านบนให้สูงขึ้นและลึกเข้าไปภายในอาคาร

ที่มา : วารสารอาษา , กรกฎาคม 2541

เทคนิคการออกแบบช่องเปิดทั้งสองลักษณะ เป็นตัวอย่างของการออกแบบช่องเปิดที่มีศักยภาพสูงในการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ เพื่อให้เกิดศักยภาพสูงสุดในการประหยัดพลังงานและคุณภาพชีวิตของผู้ใช้อาคาร เมื่ออาคารสร้างเสร็จเป็นที่เรียบร้อยก็จะเป็นตัวอย่างของการออกแบบที่สามารถจับต้องและพิสูจน์ได้จริงเพื่อให้ประชาชนทั่วไปได้เรียนรู้อีกด้วย

ในการออกแบบช่องแสงหรือช่องเปิดให้กับอาคารนั้น ผู้ออกแบบสามารถออกแบบช่องเปิดลักษณะต่าง ๆ กันได้มากมายตามแต่วัตถุประสงค์โดยมีขนาด ตำแหน่ง และส่วนประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับช่องเปิดได้หลายรูปแบบ ช่องเปิดแต่ละแบบต่างก็มีประสิทธิภาพในการดึงแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารได้แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการวิจัยนี้นอกจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะนำไปใช้ประกอบในการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน ยังสามารถนำข้อมูลใช้ในการออกแบบอาคารทั่ว ๆ ไปอีกด้วย

2.8.7 การนำปริมาณแสงธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่ตัวอาคาร

การนำธรรมชาติที่เหมาะสมเข้าสู่อาคาร มีวิธีการมากมาย ซึ่งโดยทั่วไปเป็นการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับปริมาณของแสงภายในอาคาร จึงต้องมีการออกแบบรูปแบบในการช่วยเพิ่มการเข้ามาของแสงธรรมชาติ หรือทำการชดเชยต่อการสูญเสียปริมาณแสงจากปัญหาของอาคารเอง การเพิ่มการกระจายแสงเข้าสู่อาคารบริเวณฝ้าเพดาน จัดเป็นส่วนที่สำคัญมาก เนื่องจากฝ้าเพดานทำหน้าที่กระจายโดยตรงสู่พื้นที่ทำงาน รูปแบบต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการออกแบบอาคาร สามารถออกแบบได้หลายรูปแบบ แต่ต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบนั้นเป็นหลัก

คุณภาพของแสงธรรมชาติภายในอาคาร คือ การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารนั้น ต้องมีการคำนึงถึงคุณภาพแสงที่เกิดขึ้นภายในอาคาร โดยทั่วไปปัญหาเรื่องคุณภาพของแสง คือ แสงจ้าเกินไป หรือแสงบาดตา (Glare) ซึ่งจะก่อให้เกิดความไม่สบายตาในการใช้งาน แสงบาดตามักเกิดในกรณีที่แสงที่ผ่านเข้ามามีปริมาณมากเกินไป แสงตกกระทบวัตถุที่มีลักษณะมันวาว หรือมีค่าสะท้อนแสงสูง โดยทั่วไปมักจะเกิดกับบริเวณครึ่งล่างของห้อง ก่อให้เกิดเป็นความจ้ามากเกินไป

จากการพิจารณาแนวทางการออกแบบ โดยการนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร พบว่าในการออแบบอาคารขึ้นมาใหม่ตามแนวทางลักษณะต่าง ๆ ที่มีการสรุปออกมา มักไม่เกิดภาวะแสงบาดตาต่อผู้ใช้อาคาร เนื่องจากการวางตัวอาคารที่เหมาะสม และการเปิดรับแสงธรรมชาติทางทิศเหนือ และทิศใต้ของอาคาร ซึ่งในส่วนนี้มีการกำหนดให้ช่องเปิดของอาคารป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ทั้งหมด และมีการออกแบบให้องค์ประกอบภายในอาคารมีค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ทำให้มีโอกาสที่เกิดแสงบาดตาภายในอาคารได้

1. การนำอุปกรณ์ประกอบเพื่อควบคุมคุณภาพของแสง

โดยทั่วไปปัญหาของแสงจ้าที่เกิดขึ้นภายในอาคาร มักเกิดขึ้นกับอาคารที่มีอยู่แล้วไม่ได้เกิดจากการปลูกสร้างใหม่ ซึ่งอาคารนั้นอาจมีปัญหาตั้งแต่ทิศทางการวางตัวอาคารไม่เหมาะสม อาคารไม่อยู่ในแนวรับแสงธรรมชาติจากทิศเหนือและทิศใต้ ทำให้เกิดแสงในแนวทแยง และมีมุมเงยของดวงอาทิตย์ต่ำ ทำให้ยากแก่การป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ รวมถึงองค์ประกอบภายในอาคารมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ทำให้เกิดแสงแยงตาขึ้นภายในอาคาร ซึ่งยากแก่การป้องกันและแก้ไขให้สามารถใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับการป้องกันความจ้าที่เกิดขึ้นกับอาคาร ในกรณีที่ไม่สามารถควบคุมแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ เนื่องจากมุมเงยของดวงอาทิตย์มีมุมต่ำ อันเกิดจากตำแหน่งของอาคารไม่อยู่ตามแนวทางของการออกแบบ ต้องใช้อุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบเข้ามาช่วยซึ่งอุปกรณ์ประเภทนี้ได้แก่ อุปกรณ์บังแดดประเภทที่เป็นเกล็ด (Louvers) มู่ลี่บังแดด (Blinds) และผ้าม่าน

2. อุปกรณ์บังแดดประเภทเป็นเกล็ด (Louvers)

เป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะคล้ายกับอุปกรณ์บังแดดทั่วไป แต่มีจำนวนของแผ่นของวัสดุมากขึ้น ตามความต้องการที่จะป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ในช่วงเวลาไหน อุปกรณ์ประเภทนี้มีประสิทธิภาพในการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์มาก แต่มีข้อเสียคือ องค์ประกอบแสงของท้องฟ้าสามารถผ่านช่องเปิดเข้ามาได้น้อย และผู้ใช้อาคารแทบจะไม่มีมุมของเปิดออกสู่ด้านนอกอาคาร ขนาดของอุปกรณ์ประเภทนี้ ขึ้นอยู่กับมุมเงยของดวงอาทิตย์ แต่ข้อดีของอุปกรณ์ประเภทนี้มีอยู่ว่า จำนวนของแผ่นของเกล็ดทำหน้าที่เหมือนเป็นหิ้งสะท้อนแสงคือ เกิดการสะท้อนแสงจากผิวด้านบนของอุปกรณ์เข้าสู่ฝ้าเพดาน ช่วยกระจายแสงไปยังตอนลึกของอาคาร แต่ค่าสะท้อนแสงของอุปกรณ์ประเภทนี้ต้องมีค่าอยู่ในช่วง 0.50-0.70 เนื่องจากถ้ามีค่าสูงเหมือนกับหิ้งสะท้อนแสง ทำให้เกิดความส่องสว่างสะท้อนจากอุปกรณ์เข้าสู่สายตาของผู้ใช้อาคารได้

อุปกรณ์บังแดดแบบเกล็ดมีลักษณะคล้ายกับหลักการทำงานของหิ้งสะท้อนแสง คือ ช่วยสะท้อนแสงสู่ฝ้าเพดานให้เกิดการกระจายแสงบนฝ้าเพดานเข้าสู่ส่วนลึกของอาคาร แต่จะขาดองค์ประกอบแสงจากท้องฟ้าที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคาร ซึ่งเป็นปริมาณความสว่างหลักที่เกิดขึ้นภายในอาคาร แต่ทั้งนี้มีข้อเสียอยู่ที่การเสียมุมมองของอาคาร

3. มู่ลี่บังแดด (Blinds)

สำหรับมู่ลี่บังแดด เหมาะกับการใช้งานในส่วนของอาคารที่ไม่สามารถควบคุมแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ แต่สำหรับประเทศไทยข้อเสียที่สำคัญต่ออุปกรณ์ประเภทนี้ คือการติดตั้งภายในอาคาร ซึ่งไม่สามารถป้องกันแสงตรงที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคารได้ เนื่องจากรังสีคลื่นสั้นสามารถทะลุผ่านกระจกเข้าสู่อาคารได้ และก่อให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคาร จึงจัดเป็นทางเลือกสำหรับกรณีที่ไม่สามารถควบคุมแสงตรงได้ เช่นทางทิศตะวันตก และทิศตะวันออกของอาคาร ซึ่งมีลักษณะการทำงานคล้ายกับอุปกรณ์บังแดดประเภทเกล็ด คือช่วยในการสะท้อนแสงสู่ฝ้าเพดานด้วย แสดงให้เห็นปริมาณแสงภายในอาคารเชิงเปรียบเทียบ แสดงให้เห็นว่ามู่ลี่ที่มีการปรับองศาต่ำ มีผลต่อปริมาณแสงโดยรวมของอาคาร แต่สามารถป้องกันแสงตรงได้ทั้งหมดแต่ถึงอย่างไรก็ตาม ความร้อนสะสมเกิดขึ้นภายในอาคารเนื่องจาก รังสีของดวงอาทิตย์ส่องผ่านกระจกเข้ามา ทำให้เพิ่มภาระทำความเย็นให้แก่อาคาร

2.9 การพิจารณาระดับความสว่างภายในอาคาร

การให้ค่าความสว่างแก่อาคารโดยใช้แสงธรรมชาติ ในการพิจารณาระดับความสว่างภายในอาคารอันเกิดจากแสงสว่างธรรมชาติสามารถแยกพิจารณาได้ออกเป็น 2 แนวทางคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1 การพิจารณาจากความเข้มของแสงรวม (Absolute Illuminance)

เป็นการพิจารณาระดับความเข้มของแสงภายในอาคารในตำแหน่งต่าง ๆ ตามความสูงที่กำหนดจากระดับพื้นห้องนั้น ๆ โดยวัดค่าความเข้มของแสงออกมาเป็นปริมาณแสงต่อหน่วยพื้นที่มีหน่วยเป็นฟุตแคนเดิล หรือลักซ์ (Lux) ซึ่งค่าของความสว่างที่เกิดภายในอาคารจะขึ้นอยู่กับเวลา ทิศทางการเปิดของช่องแสง และสภาพท้องฟ้า

2.9.2 การพิจารณาโดยอาศัยอัตราส่วนระดับความเข้มของแสงภายในต่อภายนอกอาคาร (Relative illuminance)

ภายใต้ท้องฟ้าแบบที่ปกคลุมด้วยเมฆจนไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสง ค่าที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ซึ่งมีค่าที่ไม่แปลปลี่ยนตามช่วงเวลา หรือทิศทางการเปิดช่องแสง

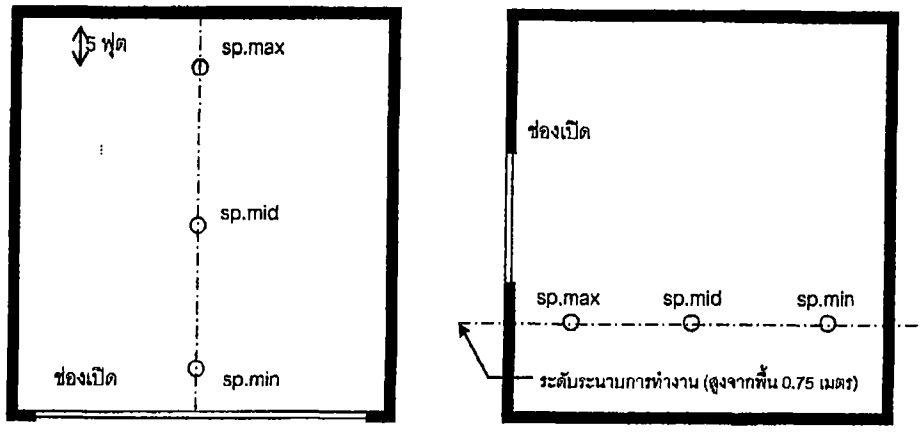
หากแยกการพิจารณาออกเป็นวิธีการวิเคราะห์การให้แสงสว่างภายในอาคารอันเกิดจากแสงธรรมชาติโดยทั่วไปได้แก่ Lumen method และ Daylight Factor method

1.Lumen method

Biesele พิจารณาค่าความเข้มของแสงรวมที่ตกกระทบ ที่จุดใดจุดหนึ่งในระดับที่กำหนดภายในอาคารอันเนื่องมาจากปริมาณแสงจากภายนอกที่ส่องผ่านช่องเปิดหรือช่องแสงเข้ามาในขณะนั้น ในบางครั้งอาจเรียกวิธีการนี้ว่า Lumen Input method หรือ Total Flux method การพิจารณามีความแตกต่างจากวิธีการ Daylight Factor method ที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายในอาคารที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ หรือห้องขนาดใหญ่เช่นโรงงาน ซึ่งปริมาณของแสงที่สะท้อนจากภายนอกอาคาร และพื้นผิวภายในอาคารมีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารน้อยมาก หมายถึงระดับแสงภายในจะขึ้นอยู่กับสภาพของท้องฟ้าเป็นหลัก แต่ไม่ได้หมายความว่าห้องที่มีพื้นที่ขนาดเล็กจะใช้วิธี Daylight Factor ไม่ได้ หากมีการพิจารณาห้องที่มีขนาดเล็ก ปริมาณแสงที่สะท้อนจากภายนอกอาคารเช่น พื้นดิน และแสงสะท้อนจากพื้นผิวภายในเช่น ผนัง ฝ้าเพดาน จะมีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายใน ของห้องนั้น ๆ จึงจะต้องพิจารณาโดยวิธี Lumen method ซึ่งรวมปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณแสงธรรมชาติเข้าไว้ด้วย

การพิจารณาแบบ Lumen method ไม่จำเป็นต้องทราบค่าความเข้มของแสงที่ทุกตำแหน่งในอาคาร โดยทั่วไปสามารถพิจารณาเพียง 3 จุด (Station point หรือ sp.) ซึ่งอยู่กึ่งกลางห้องในแนวตั้งฉากกับช่องเปิด และกำหนดเป็น sp.max sp.mind และ sp.min โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Plan **Elevation**

รูปที่ 2.58 แสดงการพิจารณาระดับความสว่างภายในด้วยการพิจารณาแบบ Lumen method

sp.max คือ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากช่องเปิดเป็นระยะ 1.5 เมตร ที่ระดับความสูง 0.75 เมตร ซึ่งเป็นระดับระนาบการทำงานที่เหมาะสมกับคนไทย (ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540, น.4-3)

sp.mind คือ ตำแหน่งที่จุดศูนย์กลางของห้อง ที่ระดับความสูงของระนาบการทำงาน

sp.min คือ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากผนังด้านตรงข้ามช่องเปิดเป็นระยะ 1.5 เมตร ที่ระดับความสูงของระนาบการทำงาน

โดยค่าความเข้มของแสงที่ได้กำหนดให้เป็น E max E mind และ E min

โดยที่ E max คือ ค่าความเข้มของแสงรวม ที่วัดค่าได้ที่ sp.max

E mind คือ ค่าความเข้มของแสงรวม ที่วัดค่าได้ที่ sp.mind

E min คือ ค่าความเข้มของแสงรวม ที่วัดค่าได้ที่ sp.min

และมีการพิจารณาปัจจัยหลัก 4 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ และคุณภาพการส่องสว่าง ดังนี้

1. ปริมาณแสงที่ตกกระทบถึงช่องเปิดเหนือระนาบที่พิจารณา จากตัวแปรของแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติคือ ดวงอาทิตย์ และท้องฟ้าที่มีผลกระทบต่อปริมาณแสงได้แก่ ค่าความสว่างสภาพของท้องฟ้า มุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อช่องเปิด และปริมาณความเข้มของแสงแดด (Intensity of sunlight) โดยไม่รวมแสงแดดที่ส่องเข้าสู่ภายในห้อง

2. ปริมาณแสงที่ตกกระทบถึงช่องเปิดต่ำกว่าระนาบที่พิจารณา โดยพิจารณาตัวแปรที่มีผลกระทบดังนี้

- ค่าความสว่างที่ตกกระทบพื้นดินภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง หรือแบบมีเมฆมากโดยที่กำหนดให้ EGH,c คือค่าความสว่างที่ตกกระทบพื้นดินภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง EGH,o คือค่าความสว่างที่ตกระทบพื้นดินภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก

- ค่าการสะท้อนแสงของดิน

3. ปริมาณแสงที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่ภายในอาคาร โดยพิจารณาตัวแปรที่มีผลกระทบดังนี้

พื้นที่กระจกของช่องเปิดที่แสงสามารถส่องผ่านได้ (Ag)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการส่งผ่านแสงของวัสดุที่เป็นช่องแสง (Tg)

ความสกปรกของช่องแสงซึ่งมีผลต่อการส่องผ่านแสงอันเนื่องมาจากการสะสมของฝุ่น หรือ Dirt collection (Dg)

4. ปริมาณแสงที่สามารถนำมาใช้งาน และการกระจายของแสงในระดับระนาบการทำงาน โดยพิจารณาดังนี้

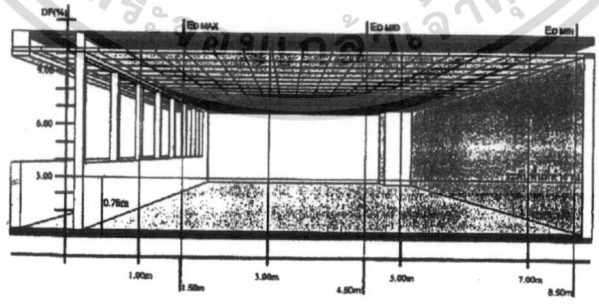
1.การกระจายตัวของแสงอันเนื่องมาจากการสะท้อนของพื้นผิวของวัสดุภายในห้อง

2.อัตราส่วนความกว้าง ต่อความสูงของช่องเปิด

3.อัตราส่วนของความกว้าง ต่อความยาว ต่อความสูงของห้อง

จากการพิจารณาโดยวิธี Lumen method ถือว่าระดับช่องเปิดที่อยู่ในระดับเท่ากัน หรือสูงกว่าระดับระนาบการทำงานเท่านั้น ที่จะมีผลต่อปริมาณความเข้มของแสงในระดับระนาบการทำงาน ส่วนช่องเปิดที่อยู่ระดับต่ำกว่าถือว่ามีผลน้อยมาก และความกว้างของช่องแสงถือว่ามีความกว้างเท่ากับความกว้างของห้องด้านที่มีช่องแสงนั้น และระนาบทำงานที่ใช้สำหรับโต๊ะทำงานในแต่ละแห่งก็อาจจะมีความแตกต่างกันเช่น ระนาบทำงานที่ระดับโต๊ะทำงานเท่ากับ 0.7 เมตร ส่วนหนึ่งในกฎหมายการให้แสงสว่างภายในอาคาร (Code for interior Lighting, CIBS, London, 1984) และที่ระดับ 0.76 เมตรเป็นมาตราฐานจาก IES Lighting Handbook, Reference Volume, IESNA, New York, 1984 สำหรับประเทศไทยจะมีการใช้ระนาบทำงานทั้งสองระดับข้างต้น และที่นิยมกันมาก และเหมาะสมกับคนไทยก็จะอยู่ที่ระดับความสูง 0.75 เมตร (ชำนาญ ห่อเกียรติ, 2540 น.4 - 3)

การคำนวณโดยวิธีนี้ มีการกำหนดจุดอ้างอิงสำหรับการวัดค่าความสว่างของแสงออกเป็น 3 จุด บนพื้นที่ทำงาน โดยมีลักษณะดังนี้



รูปที่ 2.59 แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งอ้างอิงที่ใช้สำหรับวัดปริมาณความสว่างของแสง

ในการคำนวณแสงธรรมชาติโดยวิธี Lumen Method มีสมการมาตรฐานในการคำนวณดังนี้

$$E_{sp} = E_{ev} * A_g * T_g * CU$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ E_{sp} คือค่าระดับความส่องสว่างภายในที่จุดใดๆ ที่พิจารณา

E_{ev} คือค่าระดับความส่องสว่างภายนอกจากท้องฟ้าหรือพื้นดินที่ตกกระทบพื้นผิวแนวตั้ง

A_g คือพื้นที่ส่วนของช่องเปิดที่แสงสามารถส่องผ่านเข้ามาได้

T_g คือค่าการส่องผ่านของวัสดุของช่องเปิด

CU คือ Coefficient of Utilization หรือ ค่าความสามารถในการนำแสงมาใช้

อย่างไรก็ตามในการพิจารณาค่า CU สามารถอธิบายด้วยความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงที่ตกกระทบ ณ จุดใดๆในห้อง ต่อปริมาณแสงที่ตกกระทบช่องเปิด ซึ่งประกอบด้วยแสงจากท้องฟ้าและแสงจากการสะท้อนของพื้นดิน (จะไม่กล่าวในรายละเอียดเนื่องจากมีสมการที่ซับซ้อนภายใต้สภาพท้องฟ้าแต่ละท้องฟ้า)

การคำนวณโดยกรณีที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด เนื่องจากสมการที่ซับซ้อน โดยการคำนวณมีการกำหนดจุดอ้างอิงดังนี้

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

ซึ่งสมการที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

$$E_D = E_S + E_G$$

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

A_F = พื้นที่กระจก (หน้าต่าง)

TF = ค่าการส่องผ่านของกระจก

LLF = ค่าความสะอาด (Light Loss Factor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CU = Coefficents of Utilization (ค่าเฉพาะ)

K = K Factors (ค่าเฉพาะ)

การคำนวณแสงจากการสะท้อนจากพื้น

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

โดยที่ E_G = แสงสว่างจากการสะท้อนจากพื้นที่ตกกระทบบนพื้นที่ทำงาน พิจารณาจากตำแหน่งของ E_D MAX , E_D MID และ E_D MIN

E_{IG} = แสงสว่างที่ตกกระทบพื้นนอกหน้าต่าง

A_F = พื้นที่กระจก (หน้าต่าง)

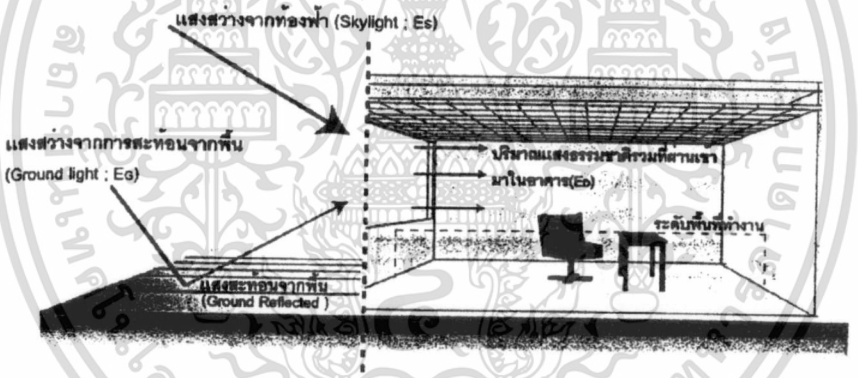
RF = ค่าการสะท้อนของพื้นที่ภายนอก

TF = ค่าการส่องผ่านของกระจก

LLF = ค่าความสะอาด (Light Loss Factor)

CU = Coefficents of Utilization (ค่าเฉพาะ)

K = K Factors (ค่าเฉพาะ)



รูปภาพที่ 2.60 แสดงลักษณะขององค์ประกอบในการคำนวณวิธีลูเมน

2.Daylight Factor method

เป็นการพิจารณาปริมาณความสว่างภายในอาคารที่ได้จากแสงธรรมชาติ ระดับแสงภายในจะขึ้นอยู่กับสภาพท้องฟ้าเป็นหลัก ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่มีผลสำคัญต่อแสงสว่าง และปริมาณความเข้มของแสง นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับมุมที่ดวงอาทิตย์กระทำต่อพื้นที่แต่ละจุด (altitude, azimuth) ซึ่งจะมีการแปรเปลี่ยนไปตามวันและเวลาที่แตกต่างกัน องค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อแสงสว่างธรรมชาติ โยทั่วไปพิจารณาจาก 3 องค์ประกอบคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. องค์ประกอบจากท้องฟ้า Sky component (SC) โดยสภาพท้องฟ้าจะเห็นได้ว่าเกิดขึ้นได้ในหลายสภาพเช่น ท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆ หรือที่ปกคลุมด้วยเมฆจนบางครั้งไม่สามาถมองเห็นดวงอาทิตย์ได้ สิ่งเหล่านี้มีผลต่อปริมาณความสว่างที่เกิดขึ้น

2. องค์ประกอบภายนอก Externally Reflected Component (ERC) เป็นการพิจารณาแสงที่เกิดจากการที่แสงเกิดสะท้อนของวัตถุ หรืออาคารที่ตั้งอยู่ภานนอก หรือบริเวณข้างเคียง แสงส่องผ่านเข้ามาสู่ตัวอาคารเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดแสงอีกตัวหนึ่ง ซึ่งปริมาณแสงก็ขึ้นอยู่กับทิศทางที่แสงสะท้อน หรือคุณสมบัติของพื้นผิวที่สะท้อนนั้น ๆ

3. องค์ประกอบภายใน Internally Reflected Component (IRC) เป็นการพิจารณาแสงที่เกิดจากการที่แสงเกิดสะท้อนของวัตถุ หรืออาคารที่ตั้งอยู่ภายในอาคาร โดยได้รับแสงจากองค์ประกอบจากท้องฟ้า และองค์ประกอบภายนอก และปริมาณแสงก็ขึ้นอยู่กับทิศทางที่แสงสะท้อนหรือคุณสมบัติของพื้นผิวที่สะท้อนนั้น ๆ เช่นเดียวกันกับองค์ประกอบภายนอก

การกำหนดค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ (Daylight factor : DF) คือสัดส่วนของปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่ภายในอาคารแต่ละจุดใด ๆ ต่อปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่แนวระนาบภายนอกอาคารภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบโปร่งที่ไม่มีสิ่งกีดขวางไม่รวมแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (excluded direct sun) โดยค่าที่ได้จะเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ (%)

การคำนวณวิธีองค์ประกอบแสงธรรมชาติ (Daylight Factor : DF)

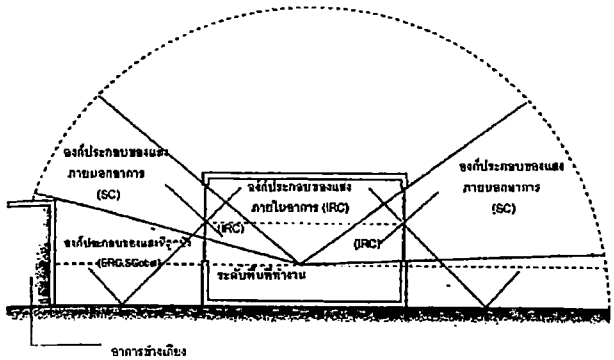
วิธีองค์ประกอบแสงธรรมชาติคือ วิธีการคิดองค์ประกอบแสงธรรมชาติสำหรับการให้แสงสว่างด้านข้างที่แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ (%) โดยการคำนวนค่าความสว่างภายนอกจะพิจารณาเฉพาะแสงในแนวราบในสภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมมาก เพราะมีค่าที่แน่นอนสำหรับการคำนวน

$$\text{องค์ประกอบแสงธรรมชาติ} = \frac{\text{ค่าความสว่างภายในจุดที่อ้างอิง} \times 100}{\text{ค่าความสว่างในแนวราบภายนอกที่ไม่ถูกบัง}}$$

$$D.F.(\%) = \frac{E_{int} \times 100}{E_{ext}}$$

ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ แสงแดดตรงจะต้องถูกกันไม่ให้เข้าในอาคารที่ทำการวัด และค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติไม่สามารถอ่านค่าได้สำหรับท้องฟ้าที่มีเมฆบางส่วน เพราะค่าความสว่างจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาพที่ 2.61 แสดงลักษณะประกอบที่เกี่ยวข้องกับวิธีการ DF

ในการวัดควรพิจารณา ค่าความส่องสว่างของแสงธรรมชาติในแต่ละจุด จะประกอบไปด้วยตัวแปรต่าง ๆ ที่มาเกี่ยวข้องด้วยมากมาย ดังนั้น หากมีการพิจารณาแต่ในแง่ของแหล่งกำเนิดแสงสว่างจากภายนอกอาคาร จะพบว่าแสงสว่างธรรมชาติที่เกิดขึ้นทุกจุดประกอบด้วย 3 องค์ประกอบคือ

1. องค์ประกอบแสงกระจายที่ได้รับจากท้องฟ้าโดยตรง (Sky Component : SC)
2. องค์ประกอบการสะท้อนแสงภายนอก (External Reflected Component : ERC)
3. องค์ประกอบการสะท้อนแสงภายใน (Internal Reflected Component : $IRC_1 + IRC_2$)

$$DF = SC + ERC + IRC_1 + IRC_2$$

ถึงแม้ว่าค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ (Daylight Factor : DF) นั้นจะไม่สามารถเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณของแสงที่แน่นอนแต่ก็สามารถเป็นตัวบ่งชี้ได้ว่า ค่าที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ หรือการทำงานประเภทต่าง ๆ มีความเหมาะสมเพียงพอหรือไม่ ซึ่งมีการกำหนดช่วงของค่า D.F. สำหรับพื้นที่การใช้งานต่าง ๆ ดังเช่นตัวอย่างในตาราง

ตารางที่ 2.15 แสดงตัวแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแสง

ภายนอกอาคาร	ภายในอาคาร
1. สะท้อนพื้นดิน	1. การสะท้อนแสงของพื้น
2. สะท้อนอาคารภายนอก	2. การสะท้อนแสงของผนัง
3. สภาพแสงท้องฟ้า	3. การสะท้อนแสงของเพดาน
	4. การสะท้อนแสงของเครื่องเรือน

และจากเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย สำหรับการก่อสร้างและการปรับปรุงโครงการใหม่ ซึ่งจัดทำโดยคณะอนุกรรมการทำหลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว สถาปัตอาคารเขียว ระหว่างวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย และ สมาคมสถาปนิกสภาได้ให้สัดส่วนระหว่างพื้นที่ที่มี Daylight Factor (DF) ในสภาพฟ้าสลัว (Overcast Sky)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับพื้นที่ทั้งหมด (วัดที่แนวระนาบ ความสูง 0.75 เมตรจากพื้น) โดยคะแนนจำคำนวนจาก Daylight Factor (DF)ต่ำสุดในห้องที่มากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อค่าภายในห้องมากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ ให้ถือว่าพื้นที่ของห้องทั้งห้องได้แสงธรรมชาติ) หรือเฉพาะพื้นที่ที่มีค่ามากกว่าค่าดังกล่าว ซึ่งสามารถเทียบเป็นคะแนนได้ดังนี้

ตารางที่ 2.16 แสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนพื้นที่ใช้งานประจำที่ได้แสงธรรมชาติและคะแนนที่ได้

พื้นที่ที่มีค่า Daylight Factor (DF) มากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์	**คะแนน**
45-55	1
56-65	2
66-75	3
76-100	4

ข้อดีของการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร

1. แสงธรรมชาติไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการผลิต และสามารถนำมาหมุนเวียนใช้งานได้ ทำให้ช่วยลดการใช้พลังงานในการให้แสงสว่างจากแสงประดิษฐ์ ได้อีกทางหนึ่ง

2. แสงธรรมชาติจะให้ผลทางด้านจิตวิทยาและการมองเห็น นั่นคือ เราสามารถนำแสงธรรมชาติมา สร้างให้เกิดความรู้สึกที่แตกต่างกันตามการใช้สอยแต่ละอาคาร และตามการควบคุมคุณภาพของแสงที่เข้ามาในอาคารผ่านช่องแสงที่ออกแบบ ซึ่งช่องแสงที่พิจารณานี้เป็นได้ทั้งการเปิดนำแสงเข้าจากด้านบนและการนำแสงเข้าจากด้านข้าง นอกจากนี้แล้วเมื่อแสงธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพอากาศในแต่ละช่วงวัน แสงและเงาที่ตกกระทบภายนอกอาคารก็จะเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ทำให้สถาปัตยกรรมมีชีวิตชีวาขึ้น

3. แสงธรรมชาติที่มองเห็นได้ ซึ่งประกอบไปด้วยคลื่น Spectrum ทั้ง 7 สี ซึ่งเมื่อตกกระทบบนวัสดุใดๆแล้ว คลื่นสีที่สะท้อนกลับเข้ามาสู่ดวงตาเรา จะครบตามคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิด ทำให้ ภาพวัตถุที่ดวงตารับได้มีลักษณะที่เหมือนวัตถุจริงมากที่สุด

ข้อเสียของการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร

1. แสงธรรมชาติมีข้อจำกัดในการใช้งาน นั่นคือ เราจะสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ในการให้แสงสว่างในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ เฉพาะในช่วงเวลากลางวันและในวันที่มีสภาพท้องฟ้าแจ่มใส

2. สำหรับอาคารที่อยู่ในเขตร้อน การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ อาจจะเป็นการนำความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์เข้าสู่ภายในอาคาร ซึ่งจะเป็นการเพิ่มการใช้ พลังงานในการทำความเย็นในการปรับอากาศให้แก่อาคารมากขึ้น ซึ่งหากจะใช้งานจริง จะต้องมีการพิจารณาในเรื่องการกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Direct Sun ที่ผ่านเข้ามาทางช่องเปิด หรือการหาวิธีที่จะใช้ช่องเปิดเพื่อรับ Indirect Light อย่างเหมาะสม

3. ในบางกรณี เราไม่สามารถควบคุมแสงธรรมชาติให้เป็นไปตามความต้องการได้ เช่น ในอาคารที่มีการจัดแสดงวัสดุที่มีแสงธรรมชาติเพียงพออยู่แล้ว แต่ยังต้องการแสงที่จะส่องไปยังวัสดุที่ต้องการเน้นเป็นจุดเด่นเพิ่มก็ไม่สามารถทำได้ หากจะใช้แสงธรรมชาติเพียงอย่างเดียวแต่จะต้องมีการใช้แสงประดิษฐ์ช่วย

สิ่งที่ควรรู้ในการนำแสงธรรมชาติมาใช้

สิ่งที่มีผลต่อระดับความสว่างของแสงธรรมชาติ : ได้แก่ สภาพของท้องฟ้าซึ่งแบ่งเป็น 3 ประเภท

1. สภาพท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky) เป็นสภาพท้องฟ้าที่เราสามารถเห็นแหล่งกำเนิดแสงได้ โดยระดับความส่องสว่างจะเกิดจาก แสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sun) และ แสงกระจายจากท้องฟ้า (Diffuse illumination)

2. สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก (Overcast Sky) ไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงได้ ซึ่งโดยส่วนใหญ่ประเทศไทยจะมีลักษณะท้องฟ้าเป็นแบบนี้

3. สภาพท้องฟ้ามีเมฆเป็นบางส่วน (Partly Cloudy Sky) หากเมฆที่ปกคลุมมีลักษณะเบาบางไม่หนาทึบ ค่าความสว่างที่ได้จากท้องฟ้าแบบนี้จะมีค่ามากกว่า ค่าความสว่างที่ได้จากท้องฟ้าแบบโปร่ง 10-15 % เนื่องจากการสะท้อนของเมฆ

2.10 แนวทางการออกแบบแสงสว่างภายในห้องเรียน

2.10.1 หลักการให้แสงสว่างธรรมชาติ

การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารสำหรับประเทศไทยมีหลักที่ควรคำนึงคือ แสงที่นำมาใช้ควรเป็นแสงสะท้อนมากกว่าแสงจากดวงอาทิตย์โดยตรง เนื่องจากแสงโดยตรงจะมีความเข้มของแสงอยู่ในระดับที่สูง ทำให้เกิดปัญหาแสงจ้าเข้าตาและมีความร้อนมากเกินไป ส่วนแสงสะท้อนต่าง ๆ จะทำให้เกิดความสบายตามากกว่าและสามารถกระจายแสงได้ดีกว่า ในการออกแบบควรคำนึงถึงการดึงแสงสว่างให้เข้าไปได้ลึกและมีความสม่ำเสมอของแสงให้ได้มากที่สุด

การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในห้องปฏิบัติงานต้องเป็นแสงที่มีความแปรปรวนน้อยที่สุด เนื่องจากในการปฏิบัติงานจะต้องใช้สมาธิ จากข้อมูลอากาศของไทยพบว่า แนวโคจรของดวงอาทิตย์มักจะเยื้องทางทิศใต้ ทำให้ทิศเหนือได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์น้อยที่สุด และแสงที่มาจากทิศเหนือส่วนใหญ่เป็นแสงสะท้อนทำให้ปริมาณความร้อนเข้ามาน้อย ซึ่งแสงที่มาจากทิศนี้จึงเหมาะกับหารนำมาใช้งานภายในอาคาร ส่วนทิศใต้แสงส่วนมากเป็นแสงที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรง จึงทำให้เกิดความร้อนภายในอาคาร แต่ถ้ามีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดและหิ้งสะท้อนแสงได้เหมาะสมจะทำให้สามารถดึงให้แสงเข้ามาได้ลึก โดยที่ความร้อนผ่านเข้ามาน้อยก็จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถนำแสงจากทิศนี้มาใช้งานได้ ด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกนั้นแสงจะมีความแปรปรวนสูงจึงไม่เหมาะแก่การนำมาใช้งาน

ตารางที่ 2.17 แสดงการเปรียบเทียบสภาพแสงธรรมชาติในแต่ละทิศทาง

ทิศ	แสงส่วนใหญ่	ความแปรปรวน	ความร้อนที่เข้ามา
- เหนือ	แสงสะท้อนจากท้องฟ้า	น้อย	น้อย
- ใต้	แสงแดดโดยตรง	ปานกลาง	มาก ,ร้อนเกือบทั้งวัน
- ตะวันออก	สะท้อนและโดยตรง	มาก	ปานกลาง , ร้อนช่วงเช้า
- ตะวันตก	สะท้อนและโดยตรง	มาก	ปานกลาง , ร้อนช่วงบ่าย

2.10.2 ตำแหน่งและรูปแบบของช่องแสง

ช่องแสงที่เห็นอยู่ทั่วไปในห้องเรียนต่าง ๆ มีอยู่หลายรูปแบบด้วยกันไม่ว่าจะเป็นช่องแสงด้านข้าง ช่องแสงด้านบนและช่องแสงบนเพดาน

1. ช่องแสงด้านข้าง (Viewing Window)

กรณีที่มีช่องเปิดเพียงด้านเดียว พบว่า จะมีแสงธรรมชาติในระดับที่เพียงพอต่อการใช้งานที่ 50 ฟุแคลเดิล อยู่ในระยะ 2-3 เมตร จากหน้าต่างเท่านั้น ช่องเปิดนี้มีมุมมองอยู่ในระดับสายตาพอดีทำให้สามารถผ่อนคลายสายตาจากการเรียนและลดความอึกอัดภายในห้องเรียนแต่ปัญหาที่เกิดขึ้นกับช่องแสงในตำแหน่งนี้คือ แสงจ้าเนื่องจากอยู่ในระดับสายตา (0-5 องศาจากระนาบสายตา) ซึ่งคนเราทนต่อแสงจ้าเฉลี่ยที่ระดับ 170 ฟุแคลเดิลเท่านั้น ซึ่งในการใช้งานจริงต้องใช้กระจกที่ตัดแสงได้มาก (ค่าการส่องผ่านของแสงต่ำ) แต่ในขณะเดียวกันต้องมีค่าต้านทานความร้อนสูง เพื่อให้เกิดความสบายตาในการมองผ่านช่องแสงไปสู่ด้านนอก

แสงที่มาจากช่องเปิดด้านข้างควรที่จะให้ช่องแสงอยู่ทางซ้ายมือเพราะว่าในการเขียนหนังสือของคนโดยปกติทั่วไปจะเขียนมือขวา จึงทำให้เกิดเงาบังในการเขียน ถ้าเป็นกรณีที่มีช่องเปิด 2 ด้านควรใช้ช่องเปิดที่อยู่ทางซ้ายมือมีความเข้มของแสงมากกว่า ซึ่งกรณีนี้จะยากต่อการจัดแสง

2. ช่องแสงบน (Top window) การใช้ช่องเปิดช่วงบนคือ ช่องเปิดที่มีความสูงจากพื้นประมาณ 2 เมตรขึ้นไป จะสามารถดึงแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ได้มากกว่าช่องแสงด้านข้าง โดยแสงจะเข้ามาได้ลึกมากกว่าและมีประสิทธิภาพมากกว่า แต่บริเวณที่อยู่ใกล้หน้าต่างจะมีปริมาณแสงที่ไม่เพียงพอ ในส่วนความจ้าของแสงไม่ค่อยมีปัญหา เนื่องจากแสงที่มาจากด้านบนนั้นสามารถรับความจ้าได้มากกว่าแสงจากด้านข้าง ดังนั้นการเลือกใช้กระจกตัดแสงก็จะเป็นวิธีเพิ่มปริมาณแสงที่เข้ามาสู่ตัวอาคาร แต่ข้อเสียคือผู้ใช้อาคารจะต้องสูญเสียทัศนวิสัยที่ดีไปด้วย

3. ช่องแสงบนเพดาน (Skylight) ช่องแสงในลักษณะนี้สามารถดึงแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคารได้ลึกและมีลักษณะของการกระจายแสงในทุกทิศทางอย่างสม่ำเสมอ แต่ในความเป็นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องเปิดในลักษณะนี้ไม่เหมาะกับสภาพอากาศเมืองไทยเพราะปริมาณความร้อนของแสงที่สูงมากจะมีเข้ามาภายในอาคาร

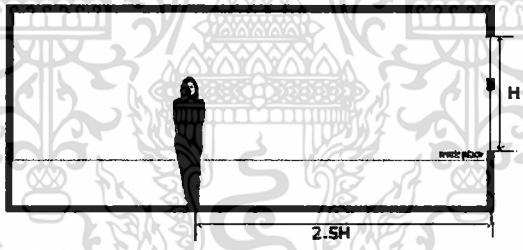
2.10.3 ช่องเปิดที่มีผลกับสภาพแสงสว่างภายใน

การกำหนดความกว้างของความสูงของช่องเปิด จะมีผลต่อปริมาณแสงสว่างที่เข้าสู่ภายในอาคาร ถ้าหากช่องเปิดมีความสูงมากก็จะช่วยให้แสงสว่างส่องเข้าไปในพื้นที่ได้ลึกขึ้น ส่วนความกว้างของช่องเปิดที่มีความกว้างมากก็จะช่วยให้อาคารได้รับแสงสว่างจากภายนอกได้มากกว่าช่องเปิดที่แคบและมีขนาดเล็ก ดังนั้นการที่จะให้พื้นที่ด้านในสุดได้รับแสงสว่างในระดับมาตรฐานความลึกของห้องจึงเป็นสัดส่วนแปรผันตามขนาดความสูงของช่องเปิด

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าแสงธรรมชาติสามารถเข้ามาได้ลึกเท่าไรนั้น ขึ้นอยู่กับระดับความสูงของช่องแสงและความลึกของช่องเปิดในตัวอาคาร โดยทั่วไปลักษณะทั่วไป สัดส่วนของช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับลักษณะการส่องสว่าง 2 กรณีคือ

A : สัดส่วนช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่ส่องผ่านเข้ามายังพื้นที่ภายใน

B : สัดส่วนของช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับลักษณะการกระจายแสง ที่ส่องผ่านเข้ามาพื้นที่ภายใน ในลักษณะแนวกว้าง แนวยาวและแนวตั้งโดยความลึกของห้องไม่ควรเกิน 2.5 H เมื่อ H มีความสูงของช่องเปิด

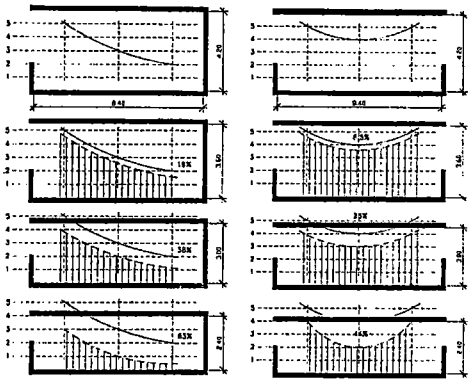


รูปที่ 2.62 แสดงสัดส่วนความสูงของช่องเปิดต่อความลึกของห้องที่แสงธรรมชาติจะเข้าได้ถึง

การกำหนดความกว้าง และ ความสูงของช่องเปิด จะมีผลกับปริมาณแสงสว่างที่เข้ามาสู่ภายในห้อง อยู่เหนือระดับการทำงาน (Work Plane) ถ้าหากช่องเปิดมีความสูงมากก็จะทำให้แสงสามารถส่องเข้าไปในพื้นที่ลึกได้ ส่วนความกว้างถ้ามีมากก็จะช่วยให้ห้องได้รับแสงสว่างจากภายนอกได้มากกว่าช่องเปิดที่แคบและเล็ก

ดังนั้นการทำให้พื้นที่ด้านในได้รับแสงสว่างในระดับมาตรฐาน ความลึกของห้องจึงเป็นสัดส่วนแปรผันตามขนาดความสูงของช่องเปิด

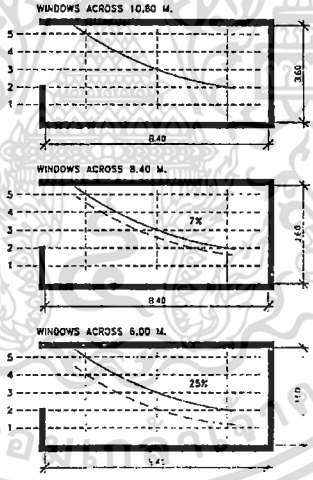
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.63 แสดงการเปรียบเทียบความสูงของหน้าต่างที่มีความสัมพันธ์ต่อการส่องผ่านของแสงและแสดงการเปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างของหน้าต่าง 2 ด้านที่ความสูงต่างกัน

ที่มา : Daylight in Architecture, Benjamin H. Evans, AIA

จากภาพแสดงการเปรียบเทียบของปริมาณการส่องสว่างของแสงโดยมีหน้าต่างทั้ง 2 ด้าน ปริมาณการส่องสว่างจะมีแนวโน้มที่ลดลงในบริเวณส่วนกลางของห้องจากระดับ 8.5% , 25% , 44% โดยที่ขนาดของหน้าต่างมีการเปลี่ยนแปลงแต่ขนาดความลึกของห้องคงที่คือ 28 ฟุต



รูปที่ 2.64 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างจากการปรับเปลี่ยนความยาวของหน้าต่าง

ที่มา : Daylight in Architecture, Benjamin H. Evans, AIA

จากรูปแสดงให้เห็นถึงปริมาณการส่องสว่างของแสงที่ส่องผ่านเข้ามาภายในจะมีขนาดที่ลดลง จากการแปรเปลี่ยนความยาวที่แตกต่างกัน 36 ฟุต (10.80 เมตร) 28 ฟุต (8.40 เมตร) และ 20 ฟุต (6.00 เมตร) ประสิทธิภาพในการส่องสว่างจะลดลง 7% และ 25% จากจุดที่อยู่บริเวณด้านหลังของห้อง

รูปแบบของช่องเปิด โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทได้แก่ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง และ ช่องเปิดแบบไม่ต่อเนื่อง สามารถจำแนกตามลักษณะของช่องเปิดได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ช่องเปิดแบบต่อเนื่อง (Strip Window)

คือช่องเปิดที่มีลักษณะยาวตลอดผนังด้านที่พิจารณา โดยช่องเปิดแบบต่อเนื่องนั้นสามารถแบ่งออกได้อีก 2 ประเภทคือ

1.1 อาคารที่มีช่องเปิดแบบต่อเนื่องที่มีพื้นที่ 100% ของผนังด้านที่พิจารณาหรือพื้นที่ 100% ของพื้นที่ผนังในหนึ่งช่วงเสา

1.2 อาคารที่มีช่องเปิดแบบต่อเนื่องที่มีพื้นที่ไม่ถึง 100% ของผนังด้านที่พิจารณาหรือพื้นที่ไม่ถึง 100% ของพื้นที่ผนังในหนึ่งช่วงเสา

2. ช่องเปิดแบบไม่ต่อเนื่อง (Punched Window)

คือช่องเปิดที่มีลักษณะการเจาะช่องหน้าต่างเว้นช่อง ไม่เป็นหน้าต่างที่ยาวติดกันตลอดผนังด้านที่พิจารณา

ลักษณะของอาคารที่มีช่องเปิดแบบไม่ต่อเนื่องนั้น มีพื้นที่ช่องเปิด ต่อพื้นที่ผนังด้านที่พิจาณาค่อนข้างหลากหลายขนาด พื้นที่ในลักษณะที่มีช่องเปิดแบบต่อเนื่องที่มีพื้นที่ 100% ของผนังด้านที่พิจารณา หรือพื้นที่ 100% ของพื้นที่ผนังในหนึ่งช่วงเสาเท่านั้น

3. ความกว้างของช่องเปิด

ช่องเปิดที่กว้าง และยาว จะมีปริมาณแสง และมีความลึกมากกว่าช่องเปิดที่มีลักษณะแคบและสูง ให้ความรู้สึกสบายตา และไม่เกิดความแตกต่างของแสงระหว่างภายนอก และภายใน (Contrast) มากเกินไป

4. คุณสมบัติที่ดีของช่องเปิดที่ดี

1. ป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร โดยปกติแล้วช่องเปิดจะถ่ายเทความร้อนเข้าภายในได้สะดวกกว่าทางผนัง และหลังคา ดังนั้นช่องเปิดควรมีสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ต่ำ เช่น การให้ช่องเปิดที่อยู่ในร่มเงา

2. มีประสิทธิภาพในการรับแสงสว่างจากธรรมชาติ หลีกเลี่ยงแสงจากรังสีตรงดวงอาทิตย์ที่มีปริมาณความร้อนสูง และแสงมีลักษณะแปรปรวนควบคุมลำบาก ดังนั้นช่องเปิดที่ต้องการรับแสงสว่างจากธรรมชาติควรรับแสงจากรังสีกระจายจากท้องฟ้า และช่องรับแสงควรอยู่ในที่ร่มด้วยเพื่อรับแสงที่กระจายจากท้องฟ้าเป็นส่วนใหญ่

3. ช่องเปิดควรได้รับกระแสลม และระบายอากาศได้ดี การระบายอากาศทางช่องเปิดที่ดีควรมีลักษณะที่เป็นช่องเปิดที่มีการรับกระแสลมเข้า และมีช่องเปิดที่ระบายกระแสลมออก (Cross ventilation) ดังนั้นจึงควรมีการออกแบบช่องเปิดแต่ละห้องให้มีกระแสลมเข้า และช่องเปิดระบายกระแสลมออก ซึ่งอาจมีการออกแบบช่องโล่งในส่วนกลางอาคาร เพื่อให้สามารถเจาะช่องเปิดระบายอากาศให้กับห้องต่าง ๆ เท่าที่ทำได้ จะทำให้มีการระบายอากาศที่สะดวกมากขึ้น

4. เป็นช่องเปิดที่มีมุมมองที่ดี

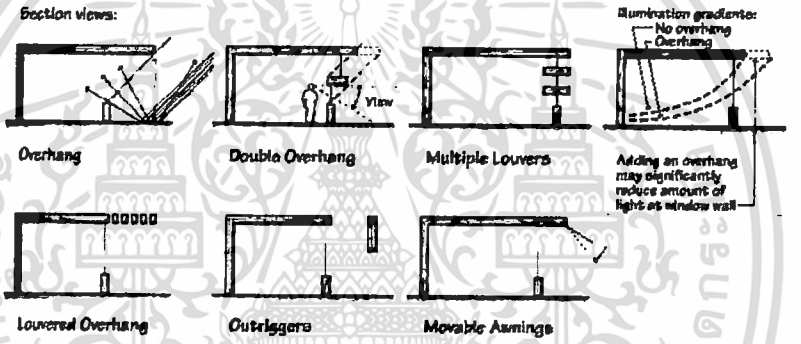
5. เป็นช่องเปิดที่บำรุงรักษาง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแง่ของการออกแบบช่องเปิดที่ลึกเข้าไปในอาคารเช่น ช่องแสงบนเพดาน มักมีข้อจำกัดในอาคารที่มีความสูงหลาย ๆ ชั้น ซึ่งอาคารเรียนโดยทั่วไปในประเทศไทยไม่ค่อยพบช่องแสงในลักษณะนี้ ในการวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การใช้ช่องแสงด้านข้างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้แสงธรรมชาติและสามารถนำไปปรับใช้กับอาคารเรียน (ห้องปั้น) ภายในโรงเรียนหรือระดับมหาวิทยาลัยที่มีอยู่ภายในประเทศไทยได้

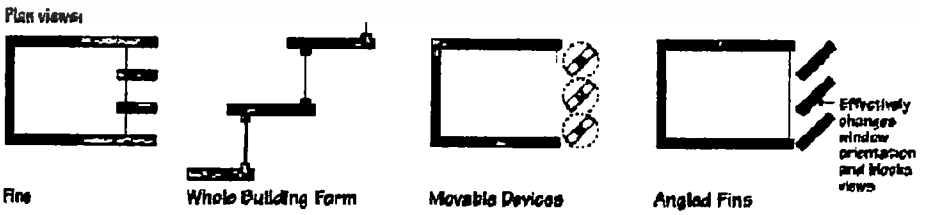
2.10.4 แผงบังแดด (Shading devices) แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะคือ

1. แผงกันแดดแนวระดับ (Horizontal devices) ความลึกของแผงกันแดดขึ้นอยู่กับมุมกระทำ (Altitude angle) ถ้ามุมกระทำเป็นมุมต่ำ ความลึกของแผงกันแดดก็จะมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งถ้ามากเกินไปอาจต้องแบ่งออกเป็นหลายชั้น (Multiple louvers) นอกจากความลึกของแผงกันแดดยังต้องพิจารณาความกว้างของแผงกันแดดด้วย เพื่อไม่ให้แสงแดดลอดเข้าไปทางด้านข้าง ซึ่งความกว้างคิดจากมุมเบี่ยง (Azimuth or Bearing angle)



รูปที่ 2.65 แสดงแผงกันแดดในรูปแบบต่าง ๆ ในแนวระดับ

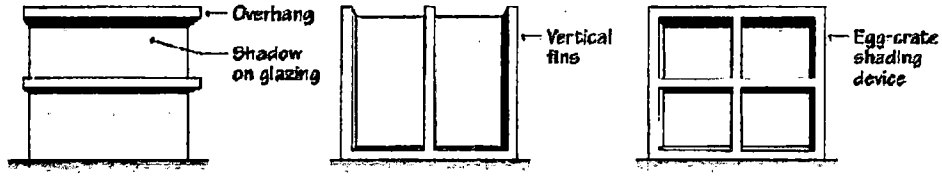
2. แผงกันแดดแนวตั้ง (Vertical devices) มีประสิทธิภาพในการบังแดดในมุมต่ำ ๆ ที่บางทีไม่สามารถบังได้จากแผงกันแดดแนวนอน ขนาดและทิศทางของแผงกันแดดแนวตั้งได้จากต่างมุมเบี่ยงของดวงอาทิตย์ (Azimuth or Bearing Angle) ส่วนความสูงของแผงกันแดดจะขึ้นอยู่กับมุมตัด ถ้ามุมสูงขึ้นความสูงของแผงกันแดดแนวตั้งก็ต้องสูงตามไปด้วย



รูปที่ 2.66 แสดงแผงกันแดดในรูปแบบต่าง ๆ ในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แผงกันแดดแบบผสม (Egg-crate) เป็นแบบที่รวมลักษณะของแผงกันแดดแนวตั้งและแนวนอนเอาไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถกันแดดได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุดคือ กันได้ทั้งแสงแดดในมุมต่ำและมุมสูง



รูปที่ 2.67 แสดงแผงกันแดดในรูปแบบผสม

การออกแบบแผงกันแดด ควรออกแบบให้ตอบรับกับทิศทางต่าง ๆ ซึ่งมีหลักดังนี้ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก แผงกันแดดควรเป็นแผงกันแดดแนวตั้ง และถ้ากันแดดสามารถปรับมุมได้ก็จะสามารถกันแดดได้ทุกเวลา ทิศเหนือควรออกแบบเป็นแผงกันแดดแนวตั้งและให้มีชายคายื่นสำหรับบังแดดในบางเดือนที่ดวงอาทิตย์เปลี่ยนทิศทาง ทิศใต้ควรออกแบบเป็นแผงกันแดดแนวนอน ส่วนทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงใต้ควรออกแบบแผงบังแดดเป็นแบบตาราง

2.10.5 หิ้งสะท้อนแสง (Light shelve)

ปัจจัยที่สำคัญในการช่วยกระจายแสงเข้าสู่ตัวอาคารคือฝ้าเพดาน เนื่องจากฝ้าเพดานมีผลต่อการช่วยกระจายแสงเข้าบนพื้นที่ทำงานโดยตรง โดยที่อุปกรณ์บังแดดทั่วไปมีส่วนในการปิดกั้นแสงธรรมชาติที่ตกกระทบสู่ฝ้าเพดาน การที่ต้องการแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารได้ลึกนั้น ต้องมีการออกแบบให้แสงธรรมชาติที่ตกกระทบสู่ฝ้าเพดาน การที่ต้องการแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคารได้ลึกนั้น ต้องมีการออกแบบให้แสงธรรมชาติตกกระทบสู่ฝ้าเพดานมากขึ้น เพื่อช่วยให้เพิ่มอัตราการกระจายแสงภายในอาคารมากขึ้น

หิ้งสะท้อนแสง เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เหมือนกันกับอุปกรณ์บังแดด แต่เพิ่มในส่วนของพื้นผิวที่ช่วยกระจายแสงเข้าสู่อาคาร โดยตกกระทบต่อฝ้าเพดานโดยตรง แต่ยังทำหน้าที่เหมือนอุปกรณ์บังแดด คือมีเงื่อนไขอยู่ที่ต้องป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้

จากแนวความคิดที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของช่องเปิดกับปัจจัยภายนอก พบว่า ปัญหาการนำแสงธรรมชาติจากด้านข้างเข้ามาให้ได้ลึกนั้นเป็นปัญหาสำคัญ จึงมีผู้ที่คิดค้นและผลิตหิ้งสะท้อนแสงขึ้นมาเพื่อกระจายแสงสู่ภายในได้ลึกขึ้น และยังช่วยลดปัญหาแสงจ้าบริเวณช่องเปิดเพื่อก่อให้เกิดความสบายตามากขึ้น

รูปแบบทั่วไปของหิ้งสะท้อนแสง แบ่งออกตามลักษณะการติดตั้งได้ 3 ประเภทดังต่อไปนี้

1. หิ้งสะท้อนแสงติดตั้งด้านนอก (Exterior Light shelve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นหิ้งสะท้อนแสงที่มีความเหมาะสำหรับประเทศไทย เนื่องจากมีส่วนในการช่วยป้องกันแสงทางตรงจากดวงอาทิตย์ ทำหน้าที่เหมือนกับอุปกรณ์บังแดดอีกส่วนหนึ่ง

2. หิ้งสะท้อนแสงติดตั้งด้านใน (Interior Light shelve)

เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการกระจายแสงสู่ฝ้าเพดาน ทำให้ปริมาณแสงภายในอาคารพื้นที่มากขึ้น แต่มีข้อเสียที่ไม่ช่วยในการป้องกันแสงทางตรงจากดวงอาทิตย์ ก่อให้เกิดแสงตรงส่องผ่านเข้ามาภายในอาคารได้ และยังต้องเพิ่มภาระของอุปกรณ์บังแดดหลัก

3. หิ้งสะท้อนแสงติดตั้งแบบผสม (Combined Exterior and Interior Light shelve)

เป็นหิ้งสะท้อนแสงที่ช่วยทั้งในเรื่องของการป้องกันแสงทางตรงจากดวงอาทิตย์ และยังเพิ่มพื้นที่การกระจายแสงเข้าสู่อาคารได้ลึกมากขึ้น แต่มีข้อเสียตรงที่ว่า หิ้งสะท้อนแสงรูปแบบนี้มีระยะยาว ทำให้หารผ่านเข้ามาขององค์ประกอบของท้องฟ้าซึ่งเป็นปริมาณความสว่างหลักลดลงจากการบังของอุปกรณ์เอง

(a) Exterior light shelve (b) Interior light shelve (c) Combined light shelve

รูปที่ 2.68 แสดงรูปทั่วไปของหิ้งสะท้อนแสงที่ช่วยเพิ่มกระจายแสงเข้าสู่ตัวอาคาร

ที่มา : Claude (1986 : 121)

โดยแต่ละรูปแบบจะมีความเหมาะสมในแต่ละสภาพภูมิอากาศ เช่นสภาพภูมิประเทศที่อยู่ในเมืองหนาวจะเหมาะกับหิ้งสะท้อนแสงภายในและแบบผสม เพราะในการที่แสงแดดมากระทบทำให้เกิดการนำความร้อนการสะสมและการแผ่รังสีความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารทำให้อาคารอุ่นขึ้น สำหรับประเทศไทยหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคารเหมาะสมที่สุด เพราะอากาศของประเทศไทยนั้นร้อนอยู่แล้ว หิ้งสะท้อนแสงที่มีประสิทธิภาพ ผิวด้านบนของหิ้งสะท้อนแสงต้องมีคุฯสมบัติของการสะท้อนแสง โดยมีค่าอยู่ที่ 0.80 ขึ้นไป วัสดุที่ใช้เป็นหิ้งสะท้อนแสงต้องพิจารณาจากคุณสมบัติการสะท้อนแสงเป็นหลัก โดยทั่วไปจะเป็นคอนกรีตสะท้อนแสง 0.80 ก็จะเพียงพอต่อการใช้งานแล้ว แต่ข้อเสียอยู่ที่พื้นผิวของหิ้งสะท้อนอาจเสื่อมลง ทำให้คุณภาพในการกระจายตัวของแสงลดต่ำลง ต้องมีการบำรุงรักษาอยู่ตลอดเวลา แต่ก็มีวัสดุที่ใช้ทำหิ้งสะท้อนแสงโดยเฉพาะ เช่นวัสดุจำพวกแผ่นอะคิลิค หรือ แผ่นไฟเบอร์ หรืออุปกรณ์เฉพาะอื่น ๆ ที่มีค่าสะท้อนแสงสูงมากโดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.90-0.95 และผิวหน้ามีการเคลือบผิวเป็นพิเศษเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการกระจายแสง แต่หิ้งสะท้อนแสงประเภทนี้มีราคาที่สูงมาก อาจทำให้ไม่คุ้มทุนในการก่อสร้างได้

แสดงถึงหิ้งสะท้อนแสงที่ใช้วัสดุพิเศษมีคุณสมบัติการสะท้อนแสงอยู่ในช่วง 0.90-0.95 ซึ่งจัดว่าเป็นค่าที่สูงมาก ทำให้ช่วยในเรื่องของการกระจายแสงไปสู่ฝ้าเพดานได้ระยะทางที่ลึกกว่าหิ้งสะท้อนแสงแบบธรรมดา และมีความเสื่อมสภาพน้อยใช้ได้ในระยะเวลานาน แต่ทั้งนี้ต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่สูงมากสำหรับหิ้งสะท้อนประเภทนี้ แต่สำหรับการวิเคราะห์หิ้งสะท้อนแสงแบบพิเศษว่ามีศักยภาพที่ช่วยในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารได้แค่ไหน แต่เป็นไปได้ยากเนื่องจากการมีข้อจำกัดในเรื่องของการคำนวณ โดยทั่วไปจะมีการพิจารณาในแง่หลักทฤษฎีมากกว่า หมายความว่าหิ้งสะท้อนแสงเป็นส่วยที่ช่วยกระจายแสงเข้าสู่อาคารในกรณีที่ถูกบังโดยอุปกรณ์บังแดด ซึ่งแสงที่กระจายจะตกกระทบกับฝ้าเพดานโดยตรง ก่อให้เกิดการกระจายแสงจากฝ้าเพดานลงสู่พื้นที่ทำงาน เปรียบเสมือนแสงที่ชดเชยจากการถูกบังของอุปกรณ์บังแดด แล้วคุณภาพของหิ้งสะท้อนขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำหิ้งสะท้อนแสงอีกปัจจัยหนึ่ง สำหรับในการออกแบบรูปทรงหรือหน้าตาของหิ้งสะท้อนแสงนั้น ขึ้นอยู่กับแนวคิดในการออกแบบของผู้ออกแบบ ซึ่งสามารถออกแบบหน้าตาได้หลากหลาย แต่ทั้งนี้ต้องอยู่ในเงื่อนไขที่ว่าต้องป้องกันแสงตรงที่เกิดจากดวงอาทิตย์ให้ได้

แนวทางการออกแบบหิ้งสะท้อนแสง

ในการออกแบบต้องคำนึงถึงความสูง ความลึก ตำแหน่งช่องเปิดและวัสดุพื้นผิวของหิ้งสะท้อนแสงตลอดจนความลาดเอียงของหิ้งสะท้อนแสง

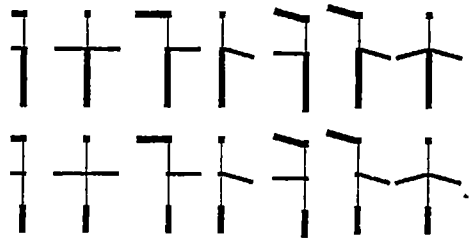
1. ความสูงของการติดตั้งต้องคำนึงถึงการสะท้อนแสงที่มีต่อฝ้าเพดาน เพื่อให้แสงตกกระทบกับหิ้งสะท้อนแสงและสะท้อนไปยังฝ้าเพดานให้กระจายแสงต่อไป ทั้งนี้ต้องพิจารณาในตำแหน่งที่ไม่ก่อให้เกิดการบังสายตาด้วย

2. ความลึกของหิ้งสะท้อนแสงขึ้นอยู่กับตำแหน่งของช่องเปิด ทิศทางและมุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อช่องเปิด การออกแบบหิ้งสะท้อนแสงที่มีความลึกเหมาะสมจะช่วยป้องกันความร้อนและแสงจ้าที่เกิดบริเวณใกล้กับหน้าต่าง

ประโยชน์ของหิ้งสะท้อนแสง

1. ช่วยให้แสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคารได้ลึกมากขึ้น
2. ใช้ป้องกันแสงแดดโดยตรงที่จะเข้าสู่ตัวอาคาร
3. เพิ่มความสม่ำเสมอของแสงและช่วยลดแสงจ้าบาดตา
4. ลดภาระของเครื่องทำความเย็นและแสงสว่างของอาคาร
5. หิ้งสะท้อนแสงและแผงกันแดดที่เหมาะกับการใช้งานในประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

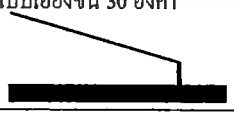


รูปที่ 2.69 รูปภาพแสดงรูปทั่วไปของหิ้งสะท้อนแสง (Light shelve) ที่มีการใช้การใช้งานจริง
ที่มา : Claude (1986 : 123)

หิ้งสะท้อนแสงที่ใช้งานในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นหิ้งสะท้อนแสงภายนอกอาคาร เนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนของตัวแผงกันแดดไม่สามารถแผ่เข้ามาภายในห้องได้แล้ว ยังสามารถพัดผ่านเพื่อระบายความร้อนจากแผงกันแดดภายนอกได้อีกด้วย และอุปกรณ์บังแบบภายนอกอาคารยังมีประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของไทย เช่น ใช้ป้องกันปริมาณรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้น ป้องกันน้ำฝน ป้องกันความปลอดภัย และยังช่วยในเรื่องของการบังคับกระแสลมได้อีกทางหนึ่งด้วย

จากการศึกษารูปทรงของแผงกันแดดภายนอกอาคาร ซึ่งประกอบไปด้วย

ตารางที่ 2.18 แสดงรูปทรงและคุณสมบัติของแผงกันแดดภายนอกอาคาร

ประเภท	คุณสมบัติ	ข้อดี	ข้อเสีย
1.แบบเรียบ	สามารถกันแสงตรงมากที่สุดในทุกช่วงเวลา	สามารถใช้งานได้ดีเวลาดวงอาทิตย์อ้อมใต้	ไม่มีคุณสมบัติในเรื่องของการกระจายแสงสู่ส่วนลึกของอาคาร
2.แบบโค้งเว้า	สามารถกระจายแสงส่วนส่วนลึกของห้องได้ดีที่สุด		กันแสงแดดได้ไม่ดีทำให้ไม่เหมาะกับการใช้งานในช่วงที่ดวงอาทิตย์อ้อมเหนือ
3.แบบเอียงขึ้น 30 องศา 	กระจายแสงเข้าสู่ส่วนลึกได้ดี		ไม่สามารถกันแสงตรง
4. แบบโค้งนูน			ไม่มีคุณสมบัติในเรื่องของการกันแสงตรงและสะท้อนสู่ส่วนลึกของห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปทรงของหิ้งสะท้อนและแผงกันที่พบมากที่สุดในประเทศไทยคือ หิ้งสะท้อนและแผงกันแบบเรียบ เนื่องจากช่วยลดแสงตรงได้มากที่สุดของทุกช่วงของปี และเป็นรูปทรงที่ง่ายต่อการผลิตและการติดตั้งมากที่สุด

2.11 ค่าความสว่างที่เหมาะสมกับกิจกรรมต่าง ๆ ในห้องเรียน

จากการศึกษาระดับความส่องสว่างมาตรฐานของ IESNA ได้แบ่งแสงตามลักษณะการใช้งานออกเป็น 2 ลักษณะด้วยกันคือ

1. แสงในแนวระนาบ (Horizontal task lighting) เช่น แสงบนโต๊ะเรียน อยู่ระหว่าง 30-50 ฟุตแคลเดิล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ทำว่าต้องการสภาพแสงอย่างไร สามารถแบ่งเป็น

1.1 งานที่มีความชัดเจนสูง (High contrast) หรืองานที่มีขนาดใหญ่ (Large scale) เช่น การอ่านการเขียนตัวหนังสือขนาดปกติ ต้องการแสง 30 ฟุตแคลเดิล

1.2 งานที่มีความชัดเจนไม่มาก (Medium contrast) หรืองานที่มีขนาดเล็ก (Small size)เช่น การทำงานศิลปะ การดราฟงาน หรืองานใด ๆ ที่ต้องใช้สายตามากกว่าปกติต้องการแสงประมาณ 50 ฟุตแคลเดิล

2. แสงในแนวตั้ง (Vertical task lighting) เช่น แสงที่บริเวณหน้าห้อง หรือบริเวณกระดานควรอยู่ที่ประมาณ 50 ฟุตแคลเดิล ไม่ควรต่ำกว่า 30 ฟุตแคลเดิล ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสื่อในการสอนด้วย ถ้าเป็นการฉายสไลด์ต้องมืดกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

มาตรฐานต่ำสุดที่ CIE IESNA กำหนดสำหรับห้องเรียนคือ มีค่าความสว่างไม่น้อยกว่า 30 ฟุตแคลเดิล หรือ ไม่น้อยกว่า 300 ลักซ์ และที่ใช้กันโดยทั่วไปจะอยู่ที่ 500 ลักซ์ (ความส่องสว่าง 1 ฟุตแคลเดิล จะเทียบได้เท่ากับ 10.764 ลักซ์)

ตารางที่ 2.19 แสดงความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ใช้สอยต่าง ๆ

ชนิดของพื้นที่ใช้สอย		ช่วงของความสว่าง (ลักซ์)
โรงเรียน	- ห้องบรรยาย	300-500-750
	- หน้ากระดาน	300-500-750
	- ห้องเขียนแบบ	500-750-1000
	- ห้องทดลอง	300-500-750
	- ห้องศิลปะ	300-500-750
	- ห้องปฏิบัติการ	300-500-750
ห้องสมุด – ชั้นหนังสือ		150-200-300
	- โต๊ะอ่านหนังสือ	300-500-750
	- เคาน์เตอร์	200-300-500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ มาตรฐาน CIE ได้กำหนดความเข้มแสงเป็น 3 ค่า โดยทั่วไปจะใช้ค่ากลางซึ่งเป็นค่าเฉลี่ย ส่วนอีก 2 ค่าเป็นค่าต่ำสุดและสูงสุด เผื่อการใช้งานในสภาพต่าง ๆ

2.11.1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องการออกแบบแสงสว่างในห้องเรียน

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแสงสว่างในห้องเรียนมีอยู่หลายลักษณะด้วยกัน ประกอบด้วยตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ และไม่สามารถควบคุมได้

1. ตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้คือ ค่าความสว่างจากท้องฟ้า ซึ่งเกี่ยวข้องกับแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติทั้งดวงอาทิตย์และท้องฟ้า

2. ตัวแปรที่สามารถควบคุมได้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ

1) ปัจจัยภายนอก

1.1 ค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายนอก

1.2 ลักษณะพื้นผิวของพื้นผิวภายนอก

1.3 ค่าสัดส่วนของพื้นผิวภายนอก

1.4 สภาพแวดล้อมภายนอก

2) ปัจจัยภายใน

2.1 ขนาดช่องเปิดและระดับของช่องเปิด

2.2 ค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายใน

2.3 ลักษณะพื้นผิวภายใน

2.4 ขนาดของห้อง

2.5 ความสูงของฝ้าเพดาน

2.6 อุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น กระจก หิ้งสะท้อนแสง แผงกันแดด

จากการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติด้านข้างเข้ามาใช้ในอาคาร พบว่า ขนาดของห้องเป็นตัวแปรที่มีผลน้อยกว่ามากต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ ในกรณีที่อัตราส่วนของผนังกับช่องเปิดในแต่ละขนาดมีค่าใกล้เคียงกัน อาจจะมีผลบ้างในกรณีที่ค่าการสะท้อนแสงภายในห้องมีค่ามาก

การใช้ค่าความสูงของฝ้าเพดานไม่ได้ทำให้ค่าเดย์ไลท์เฟคเตอร์มีค่าที่สูงเสมอไป แต่ค่าเดย์ไลท์เฟคเตอร์จะสูงสุดที่ระดับฝ้าเพดานค่าหนึ่งเท่านั้น เพราะว่าการเพิ่มความสูงของฝ้าเพดานเป็นการเพิ่มพื้นผิว และจะยิ่งทำให้การดูดกลืนของแสงมีมาก อาจทำให้ค่าเดย์ไลท์เฟคเตอร์มีค่าน้อยกว่าห้องที่มีฝ้าเพดานในระดับต่ำกว่า

ค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายใน เป็นตัวแปรที่มีความสำคัญมากที่สุด เพราะเนื่องจากจะเป็นตัวแปรที่ทำให้แสงกระจายสู่ระนาบทำงานได้มากขึ้น และมีอิทธิพลต่อตัวแปรอื่น ๆ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก ขนาดช่องเปิด ลักษณะพื้นผิวของพื้นภายในห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสูงของฝ้าเพดาน ซึ่งความสัมพันธ์ของค่าการสะท้อนแสงภายในต่อค่าการสะท้อนแสงภายนอกห้องคือ ถ้าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงภายนอกห้องมีค่ามาก ภายในห้องก็ต้องมีค่ามากด้วย จึงจะมีผลต่อความสว่างในระนาบทำนาบที่มากขึ้น ในขณะเดียวกันถ้าค่าสะท้อนแสงภายในห้องมีค่ามาก แต่ภายนอกห้องมีค่าน้อย ค่าความสว่างจะขึ้นกับอิทธิพลของท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว จึงทำให้ค่าความสว่างลดลง

ด้านความสัมพันธ์ของค่าแสงสะท้อนของพื้นผิวภายในห้องกับขนาดช่องเปิด ช่องเปิดที่มีขนาดใหญ่แสงก็จะสามารถเข้าไปในปริมาณที่มาก แต่จะเพียงพอเฉพาะบริเวณที่อยู่ใกล้หน้าต่างเท่านั้น ซึ่งการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องทำให้แสงนั้นเข้าไปได้ลึกยิ่งขึ้น ซึ่งค่าการสะท้อนแสงที่เหมาะสมของพื้นผิวภายในห้องเรียนมีค่าดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.20 แสดงค่าการสะท้อนของวัสดุภายในอาคาร

Building Finishes	App. Reflectance (%)
Ceiling :	
White paint (paint plaster surface)	80
White paint on acoustic title	70
White paint on smooth concrete	60
White paint on rough concrete	50
Wall :	
White paint on plaster tiles	80
Medium blue-gray, yellow-gray	50
Light gray concrete	40
Bricks (other than , rough tile)	30
Wood panel (light)	25
Wood panel (dark)	25
Rough brick	15
Floors :	
Light wood	35
Medium wood	25
Dark wood	20
Light tile	30
Dark tile	20
Light carpet (gray , orange , medium-blue)	20
Dark carpet (dark gray , brown)	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.2 ลักษณะทางกายภาพที่เหมาะสมกับห้องเรียน

1. ขนาดของห้องเรียนโดยทั่วไปจะมีอยู่หลายขนาด ขนาดของห้องจะขึ้นอยู่กับความจุเมื่อคิดพื้นที่ต่อคนประมาณ 1.8 - 2.3 ตารางเมตร จะขันอยู่กับลักษณะเฟอร์นิเจอร์และความสูงของห้องเรียน โดยทั่วไปไม่ควรต่ำกว่า 2.7 เมตร

2. วัสดุพื้นผิวภายในห้องไม่ควรเป็นพื้นผิวที่มันเพราะจะทำให้เกิดแสงสะท้อนเข้าตาได้ ฝ้าเพดานไม่ควรทาสีเข้ม เพราะจะทำให้แหล่งกำเนิดแสงที่มีความเข้มแสงมากเมื่อเปรียบกับความเข้มของฝ้าเพดาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

3.1 ประเภทของงานวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้เป็นงานวิจัยในเชิงทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าของแสงธรรมชาติที่จะดึงเข้ามาใช้ภายในห้องปั้น โดยทำการทดสอบเมื่อลงมือทำการวิจัยสิ่งที่ได้นั่นก็คือผลที่จะทำให้ทราบถึงค่าของแสงธรรมชาติที่นำเข้ามาใช้ภายในห้องปั้น เพื่อจะเปรียบเทียบและทำการสรุปค่าของแสงธรรมชาติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานภายในห้องปั้น และยังจะต้องคำนึงถึงการประหยัดพลังงานและการป้องกันแสงแดดควบคู่ไปอีกทางหนึ่งด้วย จึงมีการประยุกต์ในเรื่องของการใช้หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) เพื่อเพิ่มระดับความสว่างรวมถึงประสิทธิภาพในการกระจายแสงเข้าสู่ภายในห้องปั้น

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร จึงเลือกโดยการศึกษาช่องเปิดแบบด้านข้าง (Side Lighting) เนื่องจากไม่สามารถใช้แสงผ่านทางช่องเปิดด้านบนได้ เพราะตัวอาคารมีการใช้งานร่วมกับส่วนอื่นอันจะทำให้เกิดข้อจำกัดทางโครงสร้างอาคารและการใช้สอย

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนที่ 1 ก่อนลงมือปฏิบัติงาน	ขั้นตอนที่ 2 ขณะลงมือปฏิบัติงาน	ขั้นตอนที่ 3 หลังการลงมือปฏิบัติงาน
<u>ทบทวนวรรณกรรม</u> - ศึกษาหาข้อมูล - หาเหตุผล - สรุปปัญหา	<u>เข้าสำรวจพื้นที่จริง</u> - สำรวจสภาพแวดล้อมภายใน <u>ทำหุ่นทดลอง</u> - ทำการทดลอง - เก็บค่าแสงจากการทดลอง - ทำการรวบรวมผลการทดลอง	<u>สรุปผลการทดลอง</u> - นำค่าผลที่ได้จากทดลองมาทำการสรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาที่ใช้ในการวิจัยเป็นกลุ่มของระดับอุดมศึกษาที่มีการเรียนการสอนในภาควิชาประติมากรรมในเขตกรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑลได้แก่

3.2.1 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.2.2 มหาวิทยาลัยศิลปากร

3.2.3 สถาบันบัณฑิตย์พัฒนศิลป์

3.2.4 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีรมงคลรัตนโกสินทร์วิทยาเขตเพาะช่าง

จากการสำรวจพบว่า ห้องปั้น จะมีกลุ่มของนักศึกษาเข้ามาใช้งานตั้งแต่นักศึกษาชั้นปีที่1 - ชั้นปีที่4 แต่ลักษณะของการใช้งานจะค่อนข้างแตกต่างกันเนื่องจากการนักศึกษาในชั้นปีที่ 1 ยังจะต้องมีการเรียนรู้ในเรื่องของขั้นตอนในการปฏิบัติงานจากขั้นพื้นฐาน ดังนั้นการใช้งานแต่ละขั้นตอนอาจจะไม่เท่ากับนักศึกษาในชั้นปีที่ 2-ชั้นปีที่ 4 เพราะจะต้องมีการฝึกฝนและพัฒนาขึ้นไปตามลำดับชั้นปี และจากการสังเกตจะพบได้ว่ากลุ่มของนักศึกษาเข้าออกในการปฏิบัติงานภายในห้องปั้นไม่เป็นเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงลักษณะทางกายภาพของกลุ่มอาคารกรณีศึกษาของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

<table>
<tr><th>สถาบัน / มหาวิทยาลัย</th><th>ลักษณะสภาพแวดล้อม</th></tr>
<tr><td>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง</td><td>- เป็นอาคารเรียนรวมศิลปหลายสาขาวิชา
- ส่วนของห้องเรียนจะมีอยู่ที่ชั้น 1 พื้นที่ส่วนปฏิบัติงานเป็นพื้นที่ใหญ่จำนวน 1 ห้อง
- ส่วนของห้องเรียนแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 ใช้สำหรับส่วนปฏิบัติงาน , ส่วนที่ 2 ใช้เป็นที่เก็บผลงาน
- บางส่วนของตัวอาคารเป็นช่องแสงสำหรับให้แสงสามารถส่องผ่านเข้ามายังด้านในบางส่วนของอาคาร
- ทางเข้าอาคารจะมี 3 ทางคือทางเข้าด้านหน้าอาคาร, ทางเข้าด้านห้องปฏิบัติงาน และด้านห้องเก็บผลงาน</td></tr>
<tr><td>ข้อดี</td><td>ข้อเสีย</td></tr>
<tr><td>-บริเวณทางเข้าอาคารสะดวกต่อการขนย้ายอุปกรณ์ในการเรียน เช่น การขนดิน ,การขนย้ายผลงาน

-ข้อดีของการมีห้องเก็บผลงานโดยเฉพาะเพื่อให้พื้นที่ภายในห้องปฏิบัติงานมีมากขึ้นและดูเป็นสัดส่วนมากขึ้น

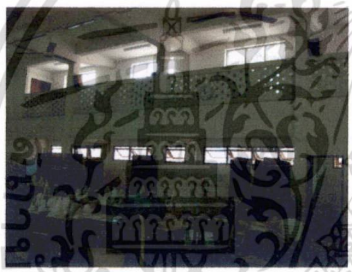
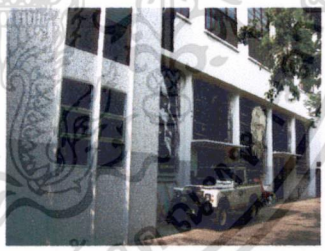
-พื้นที่ภายในห้องปฏิบัติงานมีการแบ่งออกอย่างชัดเจนซึ่งภายในจะมีส่วนของบ่อน้ำ และ บ่อสำหรับเตรียมดิน
 </td><td>- ส่วนลึกของอาคารจะสังเกตได้ว่ามีการติดตั้งแสงประดิษฐ์เข้าช่วยเนื่องจากแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านทางช่องแสงเข้ามาด้านในนั้นยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ

-ภายในห้องค่อนข้างมีพื้นที่จำกัดเนื่องจากรูปแบบของตัวอาคารเมื่อมีการเรียนการสอนอาจจะทำให้ห้องเรียนดูอึดอัดและคับแคบ

-ลักษณะรูปแบบของช่องแสงที่ไม่เหมาะสมอาจจะทำให้แสงส่องผ่านเข้ามายังภายในอาคารได้น้อย</td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 แสดงลักษณะทางกายภาพของกลุ่มอาคารกรณีศึกษาของมหาวิทยาลัยศิลปากร

สถาบัน / มหาวิทยาลัย	ลักษณะสภาพแวดล้อม
มหาวิทยาลัยศิลปากร 	- เป็นอาคารเรียนเฉพาะ - ส่วนของห้องเรียนจะมีอยู่ทั้ง 2 ชั้น ซึ่งจะแบ่งตามระดับชั้นเรียน - มีการแบ่งส่วนของห้องปฏิบัติงานได้อย่างชัดเจน
ข้อดี	**ข้อเสีย**
-ภายในเป็นห้องโล่ง ที่ส่วนของชั้น1 มีการแบ่งส่วนของบ่อดิน และน้ำไว้อยู่รอบห้องเรียนอย่างเป็นระเบียบ  -ผนังภายในจะมีการเจาะเป็นช่องเพื่อให้แสงส่องผ่านเข้ามาภายในให้ได้มากที่สุด นอกจากจะมีการเจาะช่องผนังยังมีการเจาะช่องเพื่อช่วยในการเพิ่มแสงภายใน -เนื่องจากตัวอาคารค่อนข้างจะคำนึงถึงการเรียนการสอนจึงสังเกตได้ว่ามีการสร้างให้ฝ้าเพดานอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง	- อาจจะไม่สะดวกในเรื่องของการขนย้ายอุปกรณ์ และ บ่อน้ำในส่วนของชั้น 2 -ส่วนชั้นที่ 1 อาจจะมีความสะดวกสบายในเรื่องของการขนย้าย แต่ถ้ามีสิ่งของกีดขวางก็อาจจะทำให้เกิดการบดบังแสงขากช่องแสงได้ 

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงลักษณะทางกายภาพของกลุ่มอาคารกรณีศึกษาของสถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์

สถาบัน / มหาวิทยาลัย	ลักษณะสภาพแวดล้อม
สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์	-อาคารเรียนเฉพาะ -มีทั้งหมด 2 ชั้น ซึ่งภายในก็จะมีการปฏิบัติงานทั้งในเรื่องของงานปั้นและงานแกะสลัก - มีการแบ่งส่วนของห้องปฏิบัติงานได้อย่างชัดเจน
ข้อดี	**ข้อเสีย**
-ภายในมีการแบ่งห้องเรียนออกอย่างชัดเจน -ภายในเป็นห้องที่ใช้สำหรับการปฏิบัติงานโดย มีการแบ่งส่วนของบ่อพักดิน และ บ่อน้ำออกจากห้องเรียนได้อย่างชัดเจน เนื่องจากพื้นที่ภายในห้องมีค่อนข้างจำกัด	-ส่วนของอาคารเรียนอยู่ค่อนข้างลึกถ้าเป็นบุคคลนอกพื้นที่ก็อาจจะหาได้ยาก -มีการทำช่องแสงอยู่รอบห้องเรียนแต่ก็ไม่ได้ช่วยให้แสงเข้ามาสู่ภายในอาคารได้อย่างเต็มที่เนื่องจากด้านข้างมีอาคารเรียนบดบังอยู่ -ภายในมีการติดตั้งแสงประดิษฐ์เป็นจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 แสดงลักษณะทางกายภาพของกลุ่มอาคารกรณีศึกษาของวิทยาลัยเพาะช่างมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

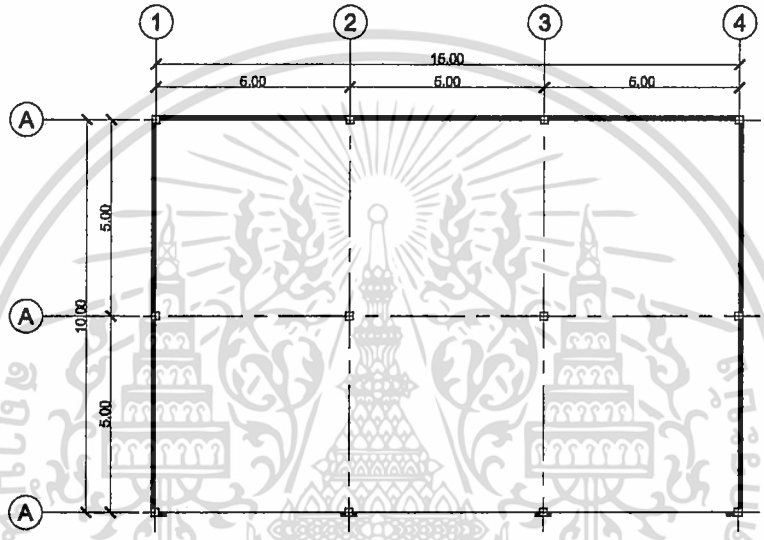
สถาบัน / มหาวิทยาลัย	ลักษณะสภาพแวดล้อม
วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์	-อาคารเรียนรวม -อาคารเรียนที่มีทั้งหมด 7 ชั้น ซึ่งแต่ละชั้นจะแบ่งออกตามแผนก/สาขา -สาขาประติมากรรมจะอยู่ที่ชั้น 4 ของตัวอาคาร -บริเวณโดยรอบจะไม่มีอาคารสูง
ข้อดี	**ข้อเสีย**
-มีการทำช่องแสงโดยรอบตัวอาคารดังนั้นแสงจึงสามารถผ่านเข้าภายในตัวอาคารได้ -อาคารเรียนจะเปิดให้นักศึกษาปฏิบัติงานได้เกือบตลอดเวลาจึงทำให้นักศึกษาสามารถสลับกันใช้พื้นที่ของห้องเรียนได้อย่างไม่แออัด -ในภาคเรียนที่ 2 นักศึกษาชั้นปีที่4 จะใช้พื้นที่ด้านล่างของอาคารในการเรียนเนื่องจากจะมีส่งผลงานเข้าประกวดทางมหาวิทยาลัยฯอนุญาตให้ใช้พื้นที่บริเวณหน้าอาคารเป็นพื้นที่ปฏิบัติงานได้	-ไม่มีการแบ่งห้องเรียนเนื่องจากโดยพื้นที่เป็นตัวกำหนดไม่ให้มีการแบ่งออกเป็นห้อง ๆ ได้ พื้นที่ส่วนใหญ่ก็จะใช้ทุกชั้นปี -ไม่มีการแบ่งพื้นที่ของบ่อพักดินให้เป็นสัดส่วนในบางครั้งมีการนำดินบางส่วนขึ้นไปผสมบนอาคารอาจจะทำให้ขาดพื้นที่ในการใช้สอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

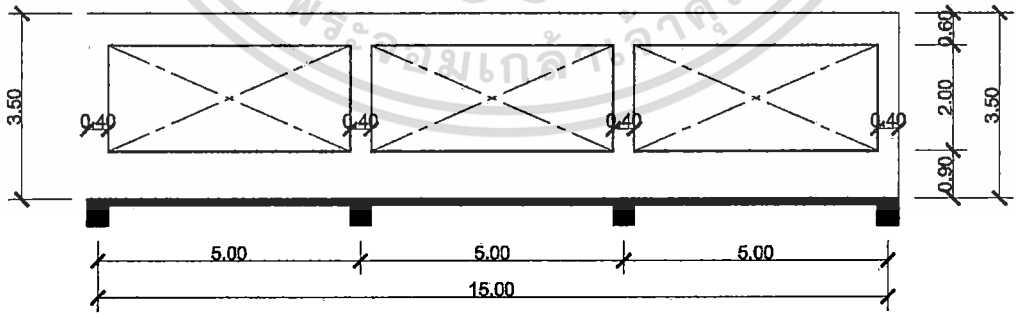
3.3 เครื่องมือในการวิจัย

1. หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลอง

จากลักษณะทั่วไปของอาคารเรียนซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบตัวหุ่นที่ใช้ในการทดลอง โดยการอ้างอิงจากขนาดของห้องที่กำหนดอยู่ในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พศ.2543 โดยกำหนดให้หุ่นจำลองมีขนาด 10.00x15.00x4.00 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง) มีความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน 3.50 เมตร ระยะทำงาน (Working Plane) ในส่วนของผนัง 1 ด้านจะอยู่ในระดับ 0.90 (ซึ่งจะมีความแตกต่างจากขนาดของห้องเรียนภาคทฤษฎีทั่วไป) ตามหลักการเรียนการสอน



รูปที่ 3.1 แสดงแปลนของหุ่นทดลองที่ใช้ในการวิจัย



รูปที่ 3.2 แสดงรูปด้านหน้าของหุ่นทดลองที่ใช้ในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลองที่ใช้ในการวิจัย

-มีการกำหนดขนาดของหุ่นที่ใช้ในการทดลองโดยให้มีขนาดมาตรฐานอยู่ที่ 1:25 ซึ่งถือว่าเป็นขนาดที่มีความเหมาะสมเมื่อทำการเปรียบเทียบกับขนาดของเครื่องที่ใช้ในการวัดแสง

-วัสดุที่ใช้ในการทำหุ่นทดลองคือ กระดาษชานอ้อยที่ใช้ในการทำหุ่นทดลองและตัวหิ้งสะท้อนแสง(Light Shelve)โดยเฉพาะ ทาสีพลาสติก(สีขาว) ทั้ง 3 ด้านคือผนัง และ เพดาน เนื่องจากการใช้สีพลาสติก(สีขาว) จะเป็นตัวเดียวที่ใช้ในการทาภายใน เพราะจะทำให้การวัดค่าแสงใกล้เคียงกับพื้นที่ภายในห้องเรียนจริง ในส่วนของพื้นหุ่นทดลองทำการเลียนแบบโดยการใช้สีเทาเพื่อให้ค่าของการสะท้อนแสงสมจริงมากที่สุด ใกล้เคียงกับพื้นคอนกรีตขัดมัน

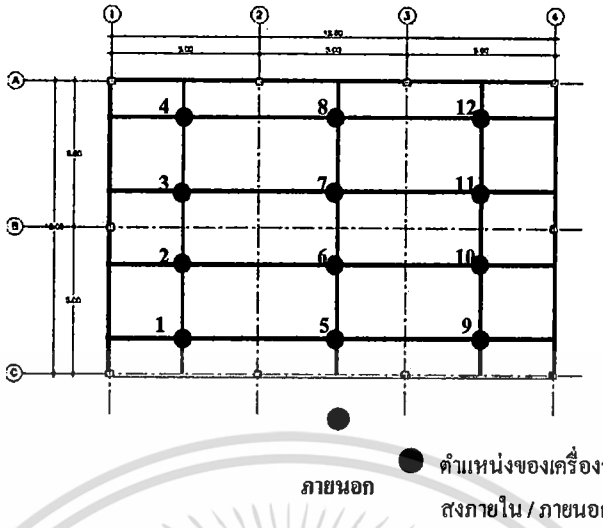
-ในส่วนของผนังที่มีช่องเปิด (หน้าต่าง) และช่องแสงต่าง ๆ กำหนดให้มีการเจาะช่องโล่งเต็มพื้นที่จากระดับของระยะทำงาน (Working Plan) ถึงฝ้าเพดานด้านบน

1.1 ขั้นตอนในการวัดการกระจายของแสงภายในหุ่นทดลองและการหาค่า Daylight Factor

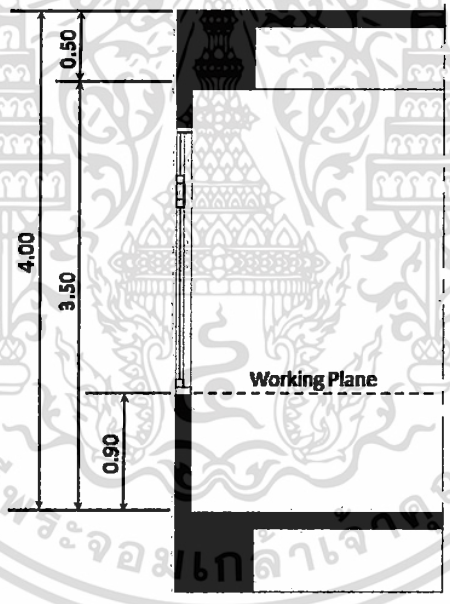
1. ขั้นตอนในการวัดการกระจายของแสงภายในหุ่นทดลอง

โดยการกำหนดจุดภายในหุ่นทดลอง และทำการตรวจวัดการกระจายแสงภายในอาคาร โดยกำหนดให้มี 4 แถวๆ ละ 3 เครื่องทั้งหมดภายในตัวหุ่นทดลองก็จะมีทั้งหมด 12 เครื่อง ตามลำดับ และกำหนดให้มีอีก 1 เครื่องเพื่อใช้ในการวัดแสงภายนอกหุ่นทดลอง โดยค่าที่อ่านได้ในรูปแบบของหน่วยเป็น Lux ที่ระดับความสูงWorking Plane ของการทำงานศิลปะ คือ 0.90 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงตำแหน่งของเครื่องวัดแสงภายในหุ่นทดลอง



รูปที่ 3.5 แสดงรูปตัดและสัดส่วนของหุ่นทดลอง

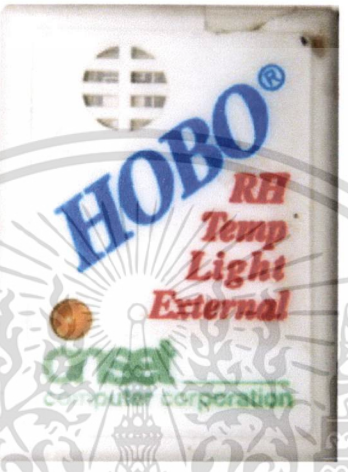
ในการคำนวณหาค่า Daylight Factor (D.F.) โดยการพิจารณาจากปริมาณของค่าความสว่างภายในอาคารที่ได้จากแสงธรรมชาติ ค่าที่ได้จะออกมาในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ (%) มีสูตรดังนี้

$$\text{D.F. (\%)} = \frac{\text{ความสว่างภายใน}}{\text{ความสว่างภายนอก}} \times 100\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องวัดและบันทึกค่าแสง Hobo

เป็นเครื่องมือที่สามารถทำการวัดได้ทั้งค่าความเข้มของแสงสว่าง อุณหภูมิ และค่าความสัมพันธ์ในการทดลองและการวัดค่าครั้งนี้ใช้เฉพาะหมวดการวัดค่าความเข้มของแสงเท่านั้น ซึ่งเครื่องมือนี้สามารถวัดได้ทั้งแสงธรรมชาติ และ แสงประดิษฐ์ รวมทั้งสามารถวัดค่าของการสะท้อนแสงของวัสดุ วัดค่าแสงหน่วยเป็น พุตแคดเดิล ฟุต จึงจะต้องการแปลงค่าที่ได้ภายหลัง ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้จะใช้การวัดที่มีค่าหน่วยเป็นลักษ์ (Lux)



รูปที่ 3.6 แสดงเครื่องวัดแสงชื่อHobo Light Intensity Data Logger

1.การตรวจสอบเครื่องมือ (ก่อนทำการวิจัย)

เครื่องมือชนิดนี้เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าแสง ฉะนั้นจึงจะต้องทำการตรวจสอบเครื่องมือก่อนทำงานทดลอง โดยการนำเครื่องมืออย่างน้อย 3-4 เครื่องมาทำการวัดค่าแสงในขณะนั้น ที่บริเวณใกล้เคียงกับจุดทดลอง

โดยค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ Lux Meter ทั้ง 3-4 เครื่องนี้ จะสามารถอ่านค่าแสงที่มีค่าแตกต่างกันได้ไม่เกิน 10 Lux ดังนั้น แสดงว่าเครื่องมือนี้มีความน่าเชื่อถือ ทั้งนี้ที่ยอมให้แตกต่างกันได้ไม่เกิน 10 Lux เนื่องมาจากเครื่องมือนี้มีค่าความไวต่อแสงเป็นอย่างมาก ถึงแม้จะวางอยู่ในที่ใกล้เคียงกัน แต่สภาพสิ่งแวดล้อมรอบข้างก็ยังแตกต่างกันแม้เพียงเล็กน้อยก็ตามก็จะส่งผลต่อเครื่องมือนี้เช่นกัน

เนื่องจากเครื่องวัดแสงชนิดนี้สามารถบันทึกข้องมูลได้เองโดยอัตโนมัติโดยมีการตั้งค่าเวลาที่ตัวเรื่องและเครื่องจะทำการบันทึกทั้งเวลาและค่าของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

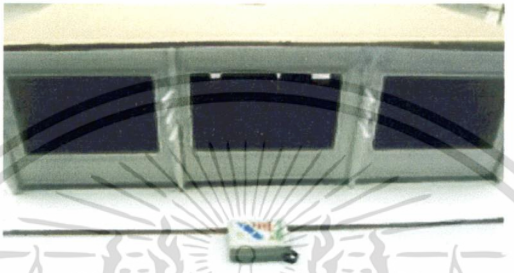
2.วิธีการใช้เครื่องมือ

การวัดค่าแสงโดยการใช้เครื่องมือชนิดนี้ จะทำการวัดที่ภายในของตัวหุ่นจำลองดังนี้

1. กำหนดให้เครื่องมือทำการบันทึกค่าแสงทุก ๆ 5 วินาที

2. จัดวางเครื่องมือภายในหุ่นทดลองทั้งหมดจำนวน 12 เครื่องสำหรับการวัดค่าแสงภายในหุ่นจำลอง และเครื่องที่ 13 จัดวางภายนอกเพื่อสำหรับการวัดค่าแสงภายนอกหุ่นจำลอง

3. เมื่อได้ค่าแสงตามกระบวนการทดลองแล้วนำเครื่องมือมาถ่ายข้อมูลออกสู่เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลต่อไป



รูปที่ 3.7 แสดงวิธีการใช้เครื่องมือขณะทำการทดลอง

3. กล้องถ่ายภาพดิจิตอล Olympus รุ่น SP-550 UZ

คุณสมบัติของกล้องถ่ายภาพดิจิตอลยี่ห้อ Olympus รุ่น SP-550 UZ : เป็นกล้อง Ultra Zoom ที่มีซูมออปติคอล ช่วงเลนส์ 28-504mm f2.8-f4.5 ภาพความละเอียดสูง 7.1 ล้านพิกเซล น้ำหนัก 365 กรัม จอมองภาพแอลซีดี 2.5 นิ้ว และใช้แบตเตอรี่ อัลคาไลน์ขนาด AA 4 ก้อน ระบบป้องกันภาพไหว 2 ชั้น

รูปที่ 3.8 แสดงกล้องถ่ายภาพดิจิตอลยี่ห้อ Olympus รุ่น SP-550 UZ

กล้องถ่ายภาพจะเป็นตัวบันทึกรายละเอียดทั้งหมดออกมาในรูปแบบของภาพถ่าย โดยจะเล่าในเรื่องของรายละเอียดตั้งแต่ในเรื่องของการเก็บข้อมูล , ขณะทำการทดลอง สำหรับใช้เป็นตัวประกอบในการยืนยันข้อมูลและหลักฐานในการทดลองเพื่อให้เกิดผลการทดลองที่เชื่อถือได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เครื่องคอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค (Notebook Computer)

คุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์ยี่ห้อ Compaq รุ่น Presario M2000 เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูงด้วยโปรเซสเซอร์จาก Intel Celeron M 1.5GHz เพิ่มประสิทธิภาพขึ้นด้วยเทคโนโลยี Intel Extreme Graphics 2 , Ram ความจุประมาณ 1 GB หน่วยความจำของฮาร์ดดิสต์อยู่ที่ 40 GB

รูปที่ 3.9 แสดงเครื่องคอมพิวเตอร์ยี่ห้อ Compaq รุ่น Presario M2000

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกและใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล หลังจากการรวบรวมข้อมูลจากเครื่องวัดแสง แล้วนำมาอ่านค่าโดยโปรแกรม Microsoft Office Excel 2007 และเครื่องคอมพิวเตอร์นี้ยังเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดในการวิจัยครั้งนี้

3.4 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

จากการศึกษาและการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ได้ศึกษาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมของห้องปฏิบัติงานวิชาประติมากรรม (ห้องปั้น) ได้ทำการสรุปตัวแปรในการศึกษาดังนี้

1. ตัวแปรจากการทบทวนวรรณกรรม

- ตัวแปรอิสระ

1. ขนาดของแผ่น,หิ้งสะท้อนแสง
2. ระยะยื่นจากช่องเปิดของแผ่น,หิ้งสะท้อนแสง
3. ระยะห่างระหว่างของแผ่น,หิ้งสะท้อนแสง
4. ค่าการสะท้อนแผงของแผ่น,หิ้งสะท้อนแสง
5. ลักษณะของการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตัวแปรตาม

1.ค่าประสิทธิภาพของความเข้มและความสม่ำเสมอ ที่เกิดขึ้นภายในอาคารเรียนวิชาประติมากรรมจากการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้โดยทางอ้อม

2. ค่า Daylight factor

- ตัวแปรควบคุม

1. ทิศทางการวางตัวอาคาร

2. พื้นที่ของช่องเปิด

3. ขนาดของช่องเปิด

4. รูปแบบของช่องเปิด

5. สภาพท้องฟ้า

6. รูปทรงของอาคาร

1) รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (อัตราส่วนด้านกว้าง : ด้านยาว 1:2 ถึง 1:3)

7. การวางผังอาคาร

5. ความลึกของอาคาร

9. พื้นที่ของอาคาร

10. พื้นที่ส่วนปฏิบัติงาน

11. ค่าความสะท้อนของฝ้าเพดาน

12. ค่าความสะท้อนของผนัง

13. ค่าความสะท้อนของพื้น

14. ค่าความสะท้อนของวัสดุภายในอาคาร

โดยตัวแปรอิสระ และ ตัวแปรควบคุมนั้นล้วนแต่ส่งผลกระทบกับความสว่างที่ภายในได้รับจากการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร

2. ตัวแปรในการทำงานวิจัย

ในงานออกแบบวิจัยฉบับนี้เพื่อต้องการเพิ่มในเรื่องของประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานภายในห้องปั้น จึงมีการกำหนดขอบเขตของตัวแปรควบคุมคงที่เพื่อให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ ดังต่อไปนี้

1. ลักษณะของประเภทอาคาร ลักษณะของการใช้งาน รวมถึงในเรื่องของทิศทางของการวางตัวอาคาร

2. ขนาดของห้องเรียน ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบหุ่นจำลองห้องเรียนไว้ที่ขนาด 10.00 x 15.00 x 3.50 เมตร (กว้างxยาวxสูง) ความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดานอยู่ที่ขนาด 4.00 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร ได้กำหนดให้อยู่ในสภาพที่ไม่มีสิ่งใดมาบดบัง หรือ อยู่โดยรอบอาคารทั้งนั้น

4. รูปแบบของช่องเปิด และ ขนาด ของช่องเปิดที่จะนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้แบบโดยอ้อมกำหนดให้เป็นช่องเปิดแบบต่อเนื่อง

5. สภาพท้องฟ้าจะต้องเป็นแบบที่มีเมฆปกคลุมเป็นบางส่วน ซึ่งเป็นลักษณะของท้องฟ้าโดยทั่วไปของสภาพท้องฟ้าภายในประเทศไทย

6. คุณสมบัติการสะท้อนแสง และ การกระจายแสงของพื้นผิวและวัสดุต่าง ๆ ภายในอาคารได้กำหนดให้ผนังเป็นสีขาว

7. ความสะอาดของแผ่น , หิ้งสะท้อนแสง กำหนดให้มีลักษณะที่สะอาด ใช้ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

3.5 การศึกษาวิเคราะห์ค่าความสว่างภายในห้องปั้น

เกณฑ์มาตรฐานในการวัดค่าความสว่างภายใน

ในการให้แสงธรรมชาติเพื่อให้เหมาะสมกับกิจกรรมที่ทำภายในพื้นที่ ในการวิจัยฉบับนี้ได้เลือกใช้มาตรฐานของ CIE ซึ่งได้กำหนดลักษณะของพื้นที่เพื่อให้สัมพันธ์กับค่าการส่องสว่างที่เหมาะสมกับในการใช้งานดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.6 แสดงค่า Daylight Factor สำหรับพื้นที่ใช้งานต่าง ๆ

การใช้งาน	ค่า Daylight Factor (%)
1. การอ่านหนังสือ หรือ การทำงานปกติในช่วงเวลาขณะหนึ่ง	1.5-2.5
2. การอ่านหนังสือ หรือ การใช้สายตาในที่ ๆ หนึ่งในช่วงเวลานานพอสมควร	2.5-4.0
3. การทำงานที่ต้องมีความละเอียดสูง	4.0-8.0

ตารางที่ 3.7 แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างที่ CIE กำหนด

กิจกรรม	ค่าการส่องสว่าง (Lux) ตามมาตรฐาน CIE	ค่า Daylight Factor (%)	
		เฉลี่ย	ต่ำ
งานที่ใช้สายตาไม่มาก	200-300-500	5	2.0
งานที่ใช้สายตาปานกลาง	300-500-750	5	2.5
งานที่ใช้สายตามาก	500-750-1000	5	2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการพิจารณาจากตารางจะพบว่าการกำหนดค่าปริมาณการส่องสว่างและค่า Daylight Factor ตามมาตรฐานการส่องสว่างที่ CIE กำหนดเป็นค่าการส่องสว่างที่อยู่ในปริมาณที่สูง เนื่องจากการกำหนดค่ามาตรฐานนั้นมาจากประเทศในแถบยุโรป ซึ่งมีลักษณะท้องฟ้าเป็นเมฆปกคลุมทึบ และเป็นแสงในลักษณะกระจาย (Diffused light) ซึ่งปกติจะมีค่าการส่องสว่างตลอดปีไม่สูงนัก ดังนั้นค่ามาตรฐานการส่องสว่างที่ CIE กำหนดจึงเฉลี่ยสูงสุดไม่เกิน 50,000 Lux จึงแตกต่างจากสภาพท้องฟ้าของประเทศไทย ที่ตั้งบริเวณแถบศูนย์สูตร มีสภาพท้องฟ้าแบบเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) คือมีสภาพท้องฟ้าโปร่ง การส่องของแสงแดดโดยตรงที่ค่อนข้างแรง ในบางฤดูมีสภาพของเมฆบนท้องฟ้าเฉลี่ยประมาณ 5.5 ในช่วงเดือนมกราคม – เดือนเมษายน , เฉลี่ยประมาณ 7.5 ในช่วงเดือนพฤษภาคม – เดือนพฤศจิกายน และ ประมาณ 6.5 ในช่วงเดือนธันวาคม โดยมีค่าเฉลี่ยทั้งปีอยู่ที่ประมาณ 6.8 (ข้อมูลที่ได้จาก กรมอุตุนิยมวิทยา)

เมื่อพิจาณาเวลาในการใช้งานของพื้นที่ศึกษา ตั้งแต่เวลาประมาณ 9.00 ถึง 16.00 น. ของช่วงเวลาการศึกษาแล้วนำมาการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานการส่องสว่างสำหรับห้องปั้นตามตารางที่ 3.7 และนำค่า Daylight Factor ที่ตามมาตรฐานการส่องสว่างของ CIE ที่กำหนดไว้สูงสุดที่ 5% และต่ำสุดที่ 0.45% มาใช้ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความต้องการค่าการส่องสว่างจากภายนอก

ตารางที่ 3.8 ตารางแสดงปริมาณค่าการส่องสว่างจากภายนอกเมื่อคำนวณด้วยค่า Daylight Factor (%) ที่ต้องการทดลอง

ค่า DF (%)	ค่ามาตราฐานปริมาณการส่องสว่าง				
	150 Lux	**200 Lux**	**300 Lux**	**500 Lux**	**700 Lux**
0.45	33,333.33	44,444.44	66,666.66	111,111.11	166,666
1.0	15,000	20,000	30,000	50,000	75,000
1.5	10,000	13,333.33	20,000	33,333.33	50,000
2.0	7,500	10,000	15,000	25,000	37,500
2.5	6,000	8,000	12,000	20,000	30,000
3.0	5,000	6,666.66	10,000	16,666.66	25,000
5.0	3,000	4,000	6,000	10,000	15,000

เมื่อทำการพิจารณาจากตารางที่ 3.24 และ ตารางที่ 3.25 ซึ่งค่ามาตรฐานที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ควรใช้ค่า Daylight Factor ที่ 1.5% เนื่องจากค่าปริมาณแสงสว่างมีค่าที่พอเพียงที่จะทำให้พื้นที่ภายในมีค่าปริมาณการ่องสว่างได้ทั้ง 3 ค่าคือ 300-500-750 Lux เมื่อพิจารณาถึงกิจกรรมภายในห้องปั้นแล้วซึ่งเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้ปริมาณของการส่องสว่างที่มากที่สุด โดยที่ 300 Lux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วงเวลา 9.00-16.00 น.,500 Lux ในช่วงเวลา 9.00-15.00 น. และ 750 Lux ในช่วงเวลา 9.00-14.00 น.

ดังนั้นค่ามาตรฐานต่าง ๆ ที่จะใช้ในการทดลองในการวิจัยฉบับนี้สมควรมีลักษณะดังนี้

- ค่าปริมาณของการส่องสว่างที่ระดับทำงานไม่ควรต่ำกว่า 500 Lux
- ค่า Daylight Factor ที่ยอมรับได้ในพื้นที่ศึกษาคือ 1.5% ที่ความสว่างภายนอกไม่น้อยกว่า 20,000 Lux

3.6 การศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยทางกายภาพทั่วไปของหิ้งสะท้อนแสง

เนื่องจากการวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาการใช้แสงธรรมชาติในอาคาร จึงเลือกช่องเปิดแบบด้านข้าง (Side Lighting) ประกอบกับไม่สามารถใช้แสงผ่านทางช่องเปิดด้านบนได้ เนื่องจากตัวอาคารมีการใช้งานร่วมกับส่วนอื่นจึงทำให้เกิดข้อจำกัดทางประโยชน์ใช้สอยและลักษณะเฉพาะทางโครงสร้าง โดยทำการศึกษาพิจารณาวิเคราะห์เปรียบเทียบและสรุปออกแบบ รูปแบบของ Light Shelve ในลักษณะต่าง ๆ เพื่อหาประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติ ว่ารูปแบบใดที่เหมาะสมที่สุด โดยมีเกณฑ์พิจารณาดังต่อไปนี้

1. รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง
2. ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง
3. ความลึกของหิ้งสะท้อนแสง
4. รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง
5. วัสดุและสีของหิ้งสะท้อนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.9 แสดงคุณสมบัติและอิทธิพลของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ในการเพิ่มระดับของค่าความสว่าง

ปัจจัยทางกายภาพของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	รายละเอียดที่นำมาทำการศึกษา
1.รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	ทำการออกแบบทั้งภายนอก,ภายในและแบบผสม
2.ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	ออกแบบโดยคำนึงถึงมุมมองทางสายตาและความปลอดภัยจึงกำหนดให้ระดับความสูงที่ระหว่าง 1.30-1.70 เมตร ซึ่งเป็นระดับที่ไม่เกิดการบังมุมมองของสายตา
3.ความลึกของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	ออกแบบโดยคำนึงถึงมุม Profile angle ที่มีมุมต่ำที่สุดที่มีประสิทธิภาพในการกระจายแสงตามเกณฑ์ และยังสามารถป้องกันแสงแดดได้และยังคงมีประสิทธิภาพในการกระจายแสงได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด
4.รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	พิจารณาทั้งแบบตรง , แบบเอียง เพื่อผลในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด
5.วัสดุและสีของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	เลือกใช้ให้มีค่าการสะท้อนแสงที่ดีและเหมาะสมกับห้องปั้น

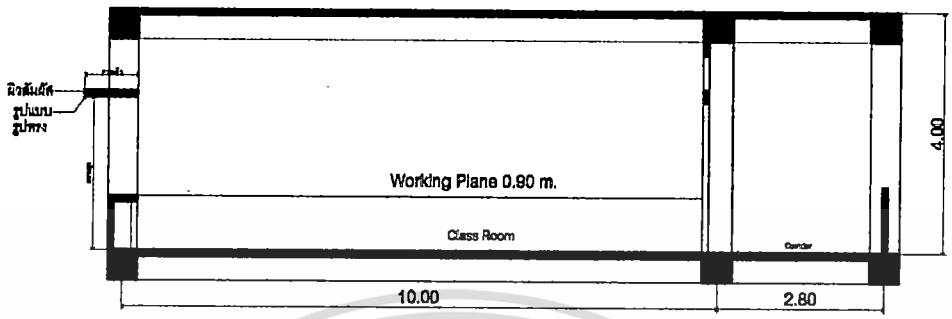
ดังนั้นการออกแบบทำการทดลองของ Light Shelve จึงแบ่งออกเป็น 5 ส่วนดังนี้

1. การวิเคราะห์เลือกรูปแบบของ Light Shelve ที่เหมาะสม
2. การวิเคราะห์เลือกระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง Light Shelve ที่เหมาะสม
3. การวิเคราะห์เลือกความลึกของหิ้งสะท้อนแสง Light Shelve ที่เหมาะสม
4. การวิเคราะห์เลือกรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง Light Shelve ที่เหมาะสม
5. การวิเคราะห์เลือกวัสดุและสีของหิ้งสะท้อนแสง Light Shelve ที่เหมาะสม

ปัจจัยทางกายภาพข้างต้นถือเป็นตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยโดยการทดสอบแต่ละแบบจะใช้หุ่นจำลองเป็นเครื่องมือในการทดลองกระบวนการนี้ จะทำให้เข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรพื้นฐานทางกายภาพ กับค่าแสดงความส่องสว่างโดยได้ผลทดสอบเป็นตารางแสดงความสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์มาตรฐานในการทดลองเพื่อระดับประสิทธิภาพของแสงสว่างที่ผ่านการสะท้อนของ Light Shelve จะพิจารณาจากปริมาณที่พอเพียง และคุณภาพที่ทำให้เกิดความสบายตาในการมอง โดยพิจาณาจากเกณฑ์มาตรฐานค่าการส่องสว่างจาก IES หรือ CFE เป็นหลัก



รูปที่ 3.10 แสดงปัจจัยกายภาพที่ใช้พิจารณาในการออกแบบหิ้งสะท้อน (Light Shelve)

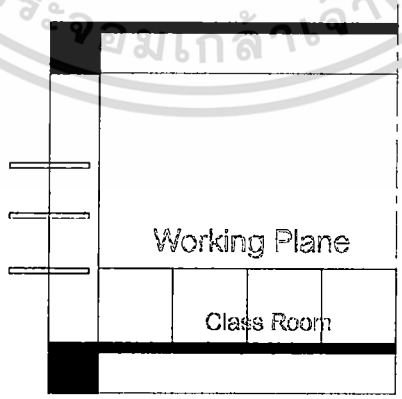
3.7 การศึกษาวิเคราะห์รูปแบบของ Light Shelve ที่เหมาะสม

3.7.1 การวิเคราะห์ความสูง , ความลึก และ รูปแบบของ Light Shelve

การวิเคราะห์ในเรื่องของการออกแบบ Light Shelve เพื่อเพิ่มในเรื่องของประสิทธิภาพการนำแสงธรรมชาติเข้ามายังภายในห้องปั้น โดยการออกแบบเพื่อหารูปแบบของ Light Shelve ในเบื้องต้นจะทำการพิจารณาตัวแปร 3 ตัว เพื่อนำมาวิเคราะห์เมื่อได้ผลการวิเคราะห์แล้วจึงนำตัวแปรที่เหลืออีก 4 ตัว มาทำการทดลองวิเคราะห์ต่อไป การพิจารณาตัวแปรในเบื้องต้นมีดังต่อไปนี้

ก.ระดับความสูงของ Light Shelve

โดยจะคำนึงถึงสภาวะความน่าสบายทางสายตา โดยการออกแบบความสูงของระดับ Light Shelve กำหนดให้ไม่เกินระดับสายตาซึ่งจะอยู่ในช่วงระหว่าง 1.30-1.80 เมตร และไม่ต่ำกว่าระดับ Working Plane คือระดับ 0.75 ม.

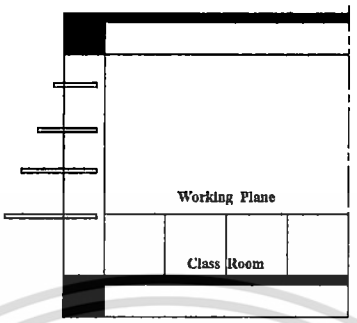


รูปที่ 3.11 แสดงรูปตัดระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงที่ไม่มีที่บังสายตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ความลึกของ Light Shelve

โดยการออกแบบความลึกที่แตกต่างกันและทำการทดลองว่าความลึกในรูปแบบใดมีการกระจายแสงที่ได้ประสิทธิภาพสูงสุด โดยพิจารณาความลึกที่น้อยที่สุดแต่ยังมีประสิทธิภาพในการกระจายแสงที่ดี



รูปที่ 3.12 แสดงรูปตัดความลึกของหิ้งสะท้อนแสง

ค. รูปแบบของ Light Shelve

รูปแบบทั่วไปหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบ่งออกเป็น 4 รูปแบบดังนี้

1. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
2. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายในอาคาร (Interior Light Shelve)
3. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
4. หิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง (Blind Light Shelve)

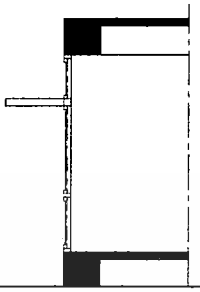
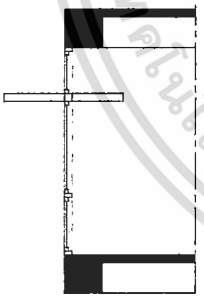
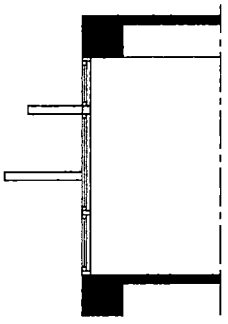
3.7.2 การวิเคราะห์รูปแบบต่าง ๆ ของ Light Shelve

การวิเคราะห์รูปแบบต่าง ๆ ของ Light Shelve จะมีข้อพิจารณาถึงข้อดีและข้อเสียดังต่อไปนี้

1. มีคุณสมบัติที่จะช่วยเพิ่มระยะของความลึกให้แก่แสงธรรมชาติ
2. มีคุณสมบัติที่ช่วยในเรื่องของการกระจายแสงให้เกิดความสม่ำเสมอ
3. สามารถลดในเรื่องของแสงบาดตา
4. ทำให้เกิดมุมมองที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.10 แสดงการวิเคราะห์รูปแบบต่าง ๆ ของหิ้งสะท้อนแสง

รูปแบบ Light Shelve	รายละเอียด		คุณลักษณะ			
			A	B	C	D
1.แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) 	ข้อดี	-เพิ่มระยะความลึก -มีการกระจายแสงที่สม่ำเสมอ -ลดแสงบาดตา -ป้องกันแสงโดยตรง -มีมุมมองที่ดี	●	●	●	●
	ข้อเสีย	-แสงกระจายได้น้อยกว่าแบบม่านสะท้อนแสง				
2. แบบภายในอาคาร (Interior Light Shelve) 	ข้อดี	-เหมาะกับภูมิอากาศเมืองหนาว				●
	ข้อเสีย	-เพิ่มระยะลึกได้เพียงเล็กน้อย -กระจายแสงได้เพียงเล็กน้อย -ไม่มีความสม่ำเสมอของแสง -มาสามารถป้องกันแสงโดยตรงได้				
3. แบบผสม (Combined Light Shelve) 	ข้อดี	-เพิ่มระยะความลึก -มีการกระจายแสงที่สม่ำเสมอ -ลดแสงบาดตา -ป้องกันแสงโดยตรง -มีมุมมองที่ดี -ป้องกันฝนสาด	●	●	●	●
	ข้อเสีย	-แสงกระจายได้น้อยกว่าแบบม่านสะท้อนแสง - Light Shelve ที่อยู่ภายในไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้				
4.แบบม่านสะท้อนแสง (Blind Light Shelve) 	ข้อดี	-เพิ่มระยะความลึก -มีการกระจายแสงที่สม่ำเสมอ -ลดแสงบาดตา -ป้องกันแสงโดยตรง -มีมุมมองที่ดี	●	●	●	●
	ข้อเสีย					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาถึงคุณสมบัติข้อดี-ข้อเสียของรูปแบบ Light Shelve แล้วจะพบว่า Light Shelve แบบภายในอาคาร (Interior Light Shelve) ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในประเทศไทยเนื่องจากแสงที่สะท้อนเข้ามาจะเกิดการสะสมความร้อนและคลายความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร ส่วน Light-Shelf แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) มีคุณสมบัติครบทั้ง 4 ข้อแต่มีกระกระจายแสงที่น้อยกว่า Light-Shelf แบบม่านสะท้อนแสง (Blind Light Shelve) เพราะ Light Shelve จะมีอยู่ในทุกระดับที่ไม่ก่อให้เกิดการบังสายตาจึงทำให้เกิดการกระจายแสงได้มากขึ้น

จากการวิเคราะห์เบื้องต้นสามารถเป็นตัวกำหนดการออกแบบรูปแบบ Light Shelve เพื่อทำการทดลองโดยการวัดการกระจายแสงและนำมาวิเคราะห์ แล้วจึงนำมาทำการสรุปผลว่ารูปแบบใดมีการกระจายแสงได้ลึกและมีประสิทธิภาพสูงสุดสำหรับห้องปั้น

3.8 การศึกษาวิเคราะห์เลือกวัสดุและสีของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม

เป็นการศึกษาและทำการทดลองเพื่อหาลักษณะของวัสดุและสีของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ซึ่งจะดูได้จากตารางที่ 3.31 เป็นตารางที่ใช้แสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ พร้อมทั้งการกระจายแสงได้มากกว่าวัสดุเดิมแล้วทำการทดลองเปรียบเทียบวัสดุชนิดต่าง ๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

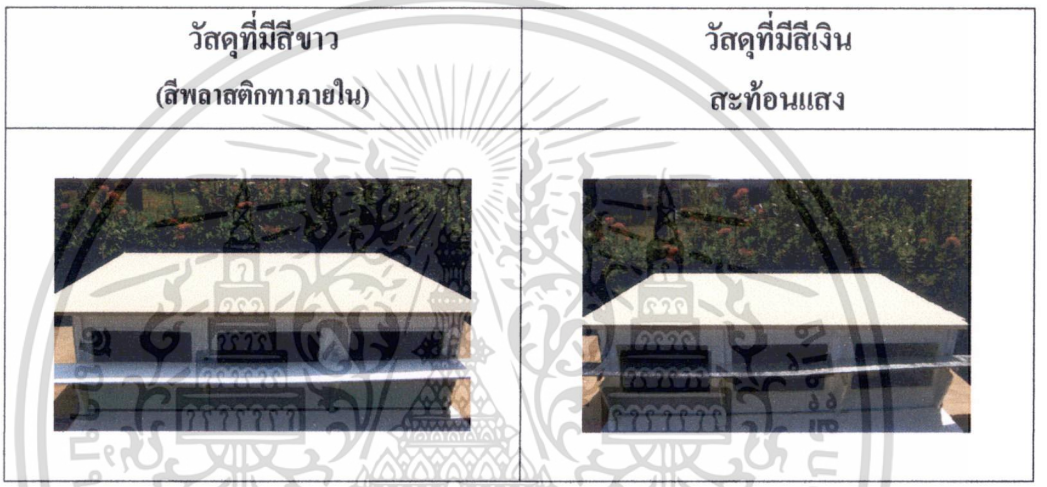
ตารางที่ 3.11 แสดงค่าตัวประกอบการสะท้อนแสงของวัสดุและสี

วัสดุ	ค่าของการสะท้อนแสง (%)		วัสดุ	ค่าของการสะท้อนแสง (%)	
1.สีขาวชานอ้อย	65		21.สีเงินด้าน+พื้นผิวตารางนูนเว้า (pp 8008)	67	●
2.สีขาวธรรมดา	75				
3.สีขาวเคลือบเงา	85		22.สีเงินด้าน+พื้นผิวตารางเว้า (pp 8010)	60	●
4.Alucobond สีขาว	76				
5. Alucobond สีเงินสะท้อนแสง	50		23.สีเงินด้าน+พื้นผิวตารางนูน (pp 8009)	70	●
6.Aluminium สีธรรมดา	48				
7. Aluminium สีเทา	45		24.สีเงินด้าน+พื้นผิวลายจุดนูนห่างกัน (pp 8000)	68	●
8.Stainless (Miror)	36				
9.Stainless (Hairline)	46		25.สีเงินด้าน+พื้นผิวเจาะรู (pp 8013)	50	
10.Meter Sheet แผ่นเรียบ	53				
			26.สีเงินด้าน+พื้นผิวจุดนูนถี่ (pp 8011)	62	
			27.สีเงินด้าน+พื้นผิวลายวงรีนูน (pp 8012)	49	
11.สีเงินเรียบ (pp 8002)	68	●	28.สีเงินสะท้อนแสง (pp 8003)	92	●
12.สีเงินเรียบมัน (6253T-G Alu Silver)	67	○			
13.สีเงินขัดเป็นเส้น (pp 8951 MB)	72	●			
14.สีเงินด้านมีลายเล็ก (S6501)	46	○	29.สีทองขัดเป็นเส้น (pp 8952 MB)	64	●
15.สีเงินวาวลายวงกลมเล็ก (pp 8005)	61	●	30.สีทองด้าน (6254)	46	○
16.สีเงินวาวลายเส้น (pp 8006)	70	●	31.สีทองสะท้อนแสง (pp 8004)	87	
17.สีเงินวาวลายวงกลมใหญ่ (pp 8007)	77	●			
18.สีทองแดงสะท้อนแสง (6285)	60	○	32.สีแดงอ่อนเรียบมัน (6254T-G Alu Rosen)	60	○
19.สีทองแดงสะท้อนแสง+พื้นผิวลายขรุขระ (6287)	53	○			
			33.สีแดงอ่อนเรียบ (6254T-S Satin Alu Rosen)	73	●
20.สีทองแดงด้าน (6284)	52	○			
			34.สีเขียวอ่อนเรียบมัน (6255T-G Alu Turkis)	62	●
			35.สีเขียวอ่อนเรียบ (6255T- S Satin Turkis)	69	●

● = Perstorp Surface Materials ○ = Wilson art Laminate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุที่ทำการศึกษาที่ส่วนใหญ่นำมาทำการทดลองคือ วัสดุสีขาว (กระดาษชานอ้อย) ที่มีค่าสะท้อนแสงอยู่ที่ 65% ซึ่งถือว่าเป็นค่าของการสะท้อนแสงที่อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งด้วยลักษณะของความเป็นจริงห้องปั้นเป็นห้องที่ต้องการใช้แสงจากธรรมชาติเป็นหลัก ดังนั้นจึงได้มีการเลือกวัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงที่เพิ่มขึ้น โดยที่ได้จากการศึกษาในเรื่องของการสะท้อนแสงแล้วจึงพบว่าค่าของการสะท้อนแสงของวัสดุที่มากที่สุดคือ วัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงที่มีค่าสะท้อนแสงอยู่ที่ 92% แล้วรองลงมาอีก 2 ลำดับคือ วัสดุที่มีสีทองสะท้อนแสงที่มีค่าสะท้อนแสงอยู่ที่ 87% และ วัสดุที่มีสีขาวเคลือบเงาที่มีค่าสะท้อนแสงอยู่ที่ 85% ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกวัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง และสีขาวเคลือบเงา มาใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.13 แสดงวัสดุและสีของ Light Shelve ที่ใช้ในการทดลอง

3.9 การศึกษาวิเคราะห์เลือกขนาดความลึกของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)ที่เหมาะสม

เพื่อทำการศึกษาและทำการทดลองหาความลึกของหิ้งสะท้อนแสงโดยขั้นตอนแรกทำการศึกษาหาขนาดของความลึกของหิ้งสะท้อนแสงและทำการวิเคราะห์ว่าขนาดความลึกแบบใดมีการกระจายแสงได้ลึกที่สุด โดยนำขนาดความลึกที่วิเคราะห์ได้มาทำการทดลองหารูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงต่อไป

1. การวิเคราะห์ออกแบบความลึกของหิ้งสะท้อนแสง

การวิเคราะห์ออกแบบขนาดความลึกและสีของหิ้งสะท้อนแสง เพื่อทำการทดลองโดยจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- จะต้องสามารถเพิ่มระยะทางของแสงที่สะท้อนเข้ามาภายในห้องปั้น
- ขนาดความลึกของหิ้งสะท้อนแสง จะต้องน้อยที่สุดแต่ยังคงประสิทธิภาพในเรื่องของการกระจายแสงได้อย่างดี
- มีคุณสมบัติในเรื่องของความคงทน แข็งแรง และ อายุในการใช้งานได้ยาวนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถกันน้ำและความชื้นได้เป็นอย่างดี
- หาซื้อได้ง่ายและราคาประหยัด
- ค่าบำรุงรักษาสภาพไม่สูง

3.10 การกำหนดลักษณะของการทดลองเพื่อทำการศึกษาถึงลักษณะของการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในห้องปั้น

1. เพื่อทำการศึกษาถึงคุณสมบัติที่ดีของหิ้งสะท้อนแสง

1.1 การทดลองเพื่อเลือกลักษณะและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ในการทดลอง เพื่อทดสอบในการศึกษากรณีพื้นฐาน ซึ่งก็คือ กรณีที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงเพื่อเป็นกรณีสำหรับเปรียบเทียบกับกรณีที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง และกรณีที่ไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติเข้ามายังภายในห้องปั้น

ซึ่งในปัจจุบันขนาดระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงที่ใช้จะมีขนาด 1.20 เมตร และ 1.50 เมตร โดยทำการติดตั้งให้ยื่นห่างออกตัวอาคาร ซึ่งถือว่าเป็นขนาดที่เหมาะสมและยังมีคุณสมบัติในความสามารถกันแสงแดดโดยตรงจากดวงอาทิตย์เพื่อไม่ให้เข้าสู่ภายในของตัวอาคารในช่วงเวลาปฏิบัติงาน

ดังนั้นจึงขอทำการทดลองโดยใช้ระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงที่มีขนาด 1.20 เมตร และ 1.50 เมตร ในการทดลองฉบับนี้

สมมุติฐาน การติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงและระยะยื่นน่าจะเป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามายังภายในห้องปั้น

ตัวแปรอิสระ กรณีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงดังต่อไปนี้

1. กรณีที่ไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง

2. กรณีที่ไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง และ มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงในระยะยื่นประมาณ 1.50 เมตร

3. กรณีที่ไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงและ มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง ในระยะยื่นประมาณ 1.20 เมตร

ตัวแปรตาม ค่าความสว่างของแสงธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงระยะเวลา

ตัวแปรคงที่ ตัวแปรที่แน่นอนโดยการกำหนดโดยผู้ทำการทดลองได้แก่

1. สภาพแวดล้อมที่ตั้งหุ่นทดลอง (ภายในตู้ทดสอบแสงจำลอง)

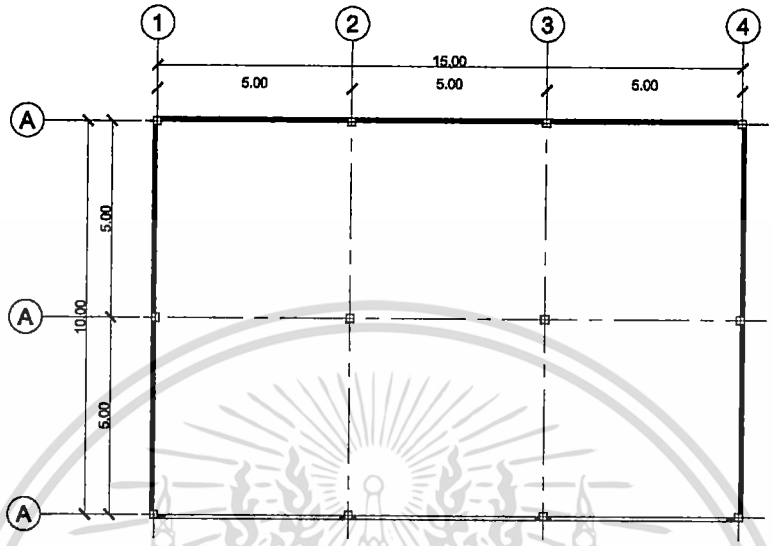
2. ช่วงเวลาในการทดลองคือตั้งแต่เวลา 10.00 – 12.00 น.

3. หุ่นจำลองที่มาตราส่วน 1:25 ซึ่งมีขนาดกว้าง 10.00 เมตร ยาว 15.00 เมตร สูง 3.50 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ลักษณะของพื้นผิวภายในหุ่นทดลอง

5. ขนาดของช่องแสงที่ใช้ในการทดลองขนาด กว้าง 10.00 เมตร ยาว 4.80 เมตร สูง 2.00 เมตร โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.14 แสดงรูปแบบและขนาดของหุ่นจำลองที่ใช้ในการวิจัย

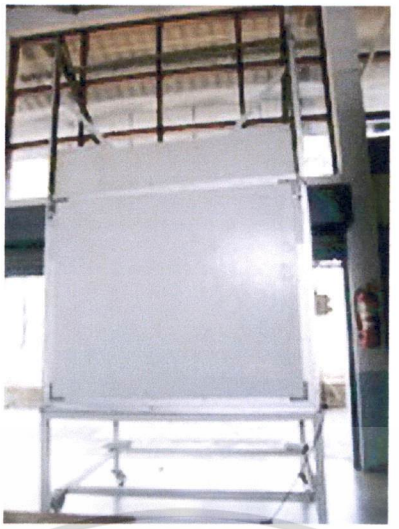
1. หุ่นจำลองขนาด 10.00 x 15.00 x 3.50 เมตร (กว้าง x ยาว x สูง)

2. เหตุผลของการทำช่องเปิดที่ผนังเพียงด้านเดียว เพื่อจะได้ทำการวัดค่าแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาจากจากหน้าต่างเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีค่าแสงจากจุดอื่นผ่านเข้ามาภายในหุ่นจำลองให้ค่าของแสงเกิดการแปรปรวนได้

3. ในส่วนของพื้น ผนัง และเพดานให้เป็นสีเดียวกันทั้งหมด เนื่องจากจะเป็นตัวช่วยในเรื่องของการกระจายแสง

4. ทิศทางของการวางตำแหน่งของหุ่นจำลอง เนื่องจากในการทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองโดยการใช้เครื่องจำลองสภาวะแสงธรรมชาติ (Daylight) จากกลุ่มวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ดังนั้นในเรื่องของการให้แสง แสงที่ได้จะออกมาจากทุกทิศทางและให้ค่าแสงที่คงที่และสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แสดงถึงลักษณะภายนอกของเครื่องจำลองสภาวะแสงธรรมชาติ (Daylight)

รูปที่ 3.16 แสดงถึงลักษณะภายในของเครื่องจำลองสภาวะแสงธรรมชาติ (Daylight)

5. เครื่องวัดแสงที่ใช้ในการทดลองจะใช้ประมาณ 13 เครื่อง โดยทำการติดตั้งภายในหุ่นจำลอง 12 เครื่องหรือ 12 จุด และภายนอกหุ่นจำลองอีก 1 เครื่องหรือ 1 จุด ซึ่งเครื่องวัดแสงชนิดนี้จะทำการบันทึกค่าของแสงไว้ภายในเครื่องตามที่ผู้ทำการทดลองตั้งค่าเวลาไว้โดยการทดลองชิ้นนี้ตั้งค่าบันทึกแสงไว้อยู่ที่ทุก ๆ 5 วินาที

3.11 วิธีดำเนินงานวิจัย

1. การทดลองเพื่อเลือกรูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ เพื่อทำการทดลองรูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงสำหรับประสิทธิภาพของหิ้งสะท้อนแสงในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในห้องปั้น

รูปแบบทั่วไปของหิ้งสะท้อนแสงที่ใช้ในการทดลองมี 3 รูปแบบดังนี้

1. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)

3. หิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง (Blind Light Shelve)

สมมุติฐาน รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงเป็นตัวการหลักสำคัญที่นำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในห้องปั้น

จากการวิเคราะห์รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงพบว่า หิ้งสะท้อนแสงแบบภายในอาคาร (Interior Light Shelve) ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เนื่องจากแสงที่สะท้อนเข้าสู่ภายในน้อยที่สุดและก่อให้เกิดการสะสมความร้อนและคลายความร้อนเข้าสู่ตัวอาคาร หิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง (Blind Light Shelve) อาจจะไม่เหมาะสำหรับใช้ในการทดลองฉบับนี้เนื่องจากอาจจะก่อให้เกิดการบดบังทัศนียภาพ

ดังนั้นการวิจัยฉบับนี้ขอเลือกการทดลองเพียง 3 แบบ โดยมีตัวแปรในการทดลองดังต่อนี้

ตัวแปรอิสระ รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงที่ใช้ในการทดลองดังต่อไปนี้

1. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีภายนอกมีระยะยื่นประมาณ 1.50 เมตร และ 1.20 เมตร

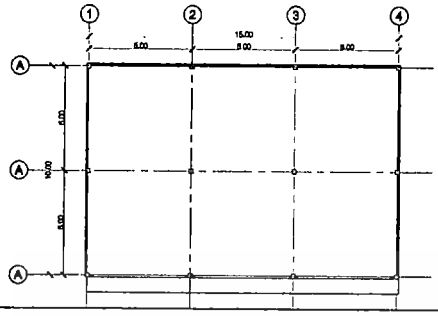
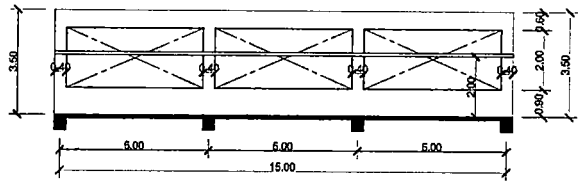
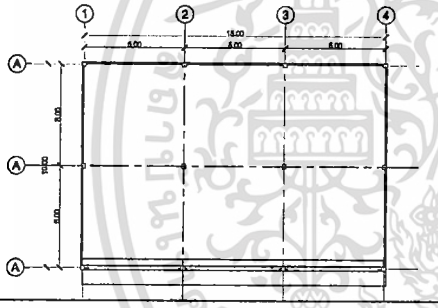
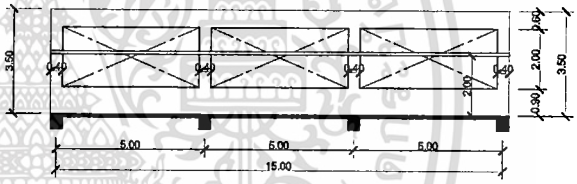
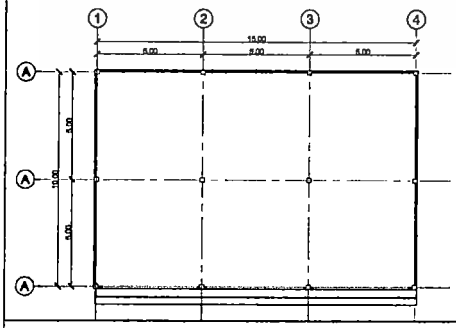
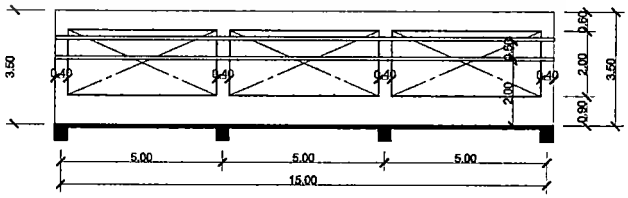
2. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ซึ่งตัวของหิ้งสะท้อนแสงภายนอกมีระยะยื่นประมาณ 1.50 เมตร ภายในมีระยะยื่นประมาณ 1.00 เมตร และ ระยะยื่นประมาณ 1.20 เมตร ภายในมีระยะยื่นประมาณ 0.70 เมตร

3. หิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง (Blind Light Shelve) โดยจัดให้มี 2 ระดับโดยระยะห่างกันประมาณ 0.50 เมตรตัวของหิ้งสะท้อนแสงภายนอกมีระยะยื่นประมาณ 1.50 เมตร ด้านบนมีระยะยื่นประมาณ 1.00 เมตร และ ระยะยื่นประมาณ 1.20 เมตร ด้านบนมีระยะยื่นประมาณ 0.70 เมตร

ตัวแปรตาม ค่าความสว่างของแสงธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงระยะเวลา

ตัวแปรควบคุมคงที่ เช่นเดียวกับการทดลองเพื่อเลือกลักษณะและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) มีระยะยื่นประมาณ 1.50 เมตร และ 1.20 เมตร	
	
PLAN ของหุ่นจำลอง	ELEVATION ของหุ่นจำลอง
รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	
หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) -ระยะยื่นประมาณ 1.50 ภายในมีระยะยื่นประมาณ 1.00 เมตร -ระยะยื่นประมาณ 1.20 เมตร ภายในมีระยะยื่นประมาณ 0.70 เมตร	
	
PLAN ของหุ่นจำลอง	ELEVATION ของหุ่นจำลอง
รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	
หิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve) -ระยะยื่นประมาณ 1.50 ด้านบนมีระยะยื่นประมาณ 1.00 เมตร -ระยะยื่นประมาณ 1.20 เมตร ด้านบนมีระยะยื่นประมาณ 0.70 เมตร	
	
PLAN ของหุ่นจำลอง	ELEVATION ของหุ่นจำลอง

รูปที่ 3.17 แสดง PLAN และ ELEVATION ลักษณะของหุ่นจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีดำเนินการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดลองเพื่อหาสีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ เพื่อทำการทดลองค่าการสะท้อนแสงของหิ้งสะท้อนแสงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในเรื่องของสีและวัสดุ

สมมุติฐาน สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของแสงสว่างก็จะเปลี่ยนตามไปด้วย

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสงที่ต่างกันดังนี้

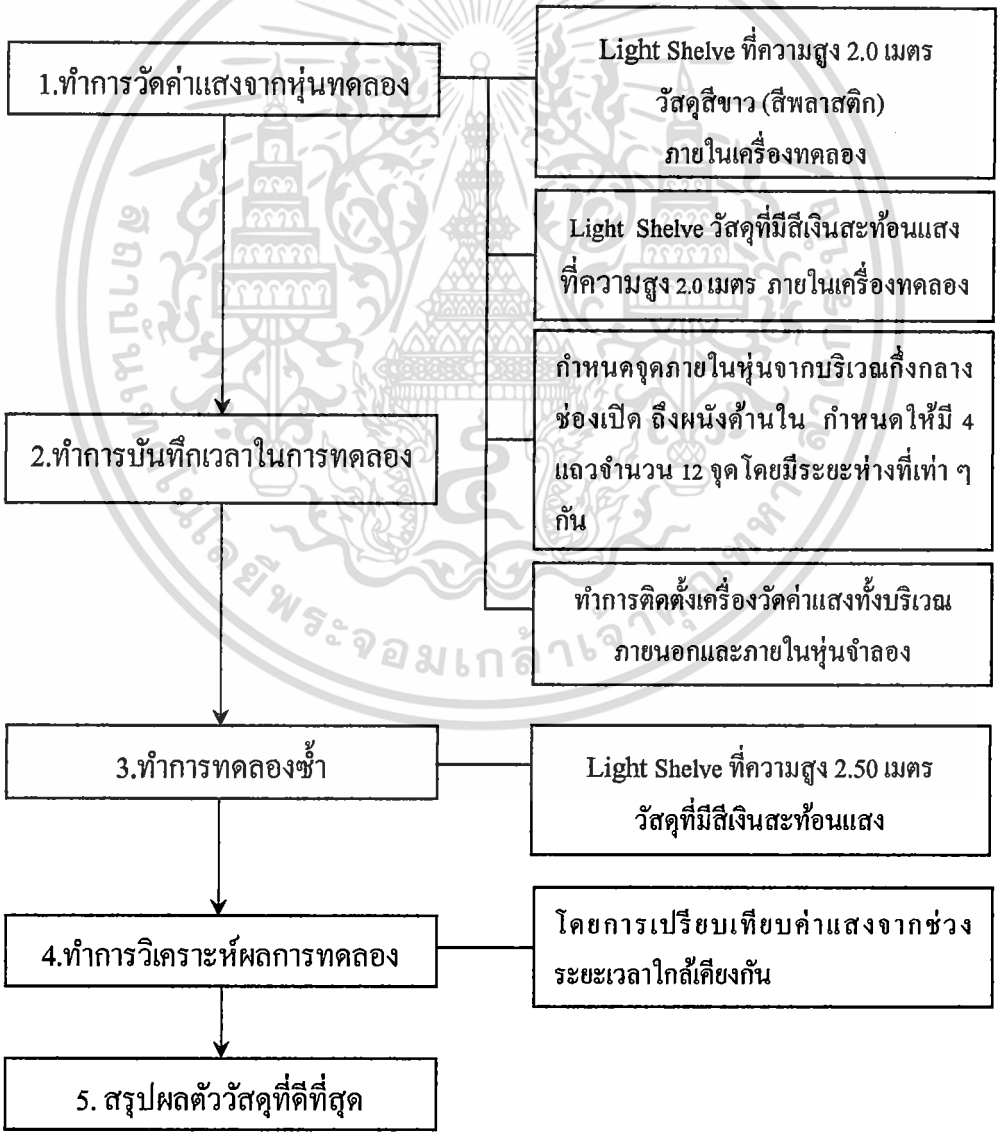
1. หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีขาว(กระดาษชานอ้อย)

2. หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

ตัวแปรคงที่ ระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงที่ระยะ 2.00 เมตร

ตัวแปรตาม ค่าความสว่างของแสงธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงระยะเวลา

วิธีดำเนินการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การทดลองเพื่อหาระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ เพื่อทำการทดลองในเรื่องของความสูงของหิ้งสะท้อนแสง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของการสะท้อนแสง

สมมุติฐาน ความสูงของหิ้งสะท้อนแสงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของแสงสว่างก็จะเปลี่ยนตามไปด้วย

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ความสูงของหิ้งสะท้อนแสงที่ต่างกันดังนี้

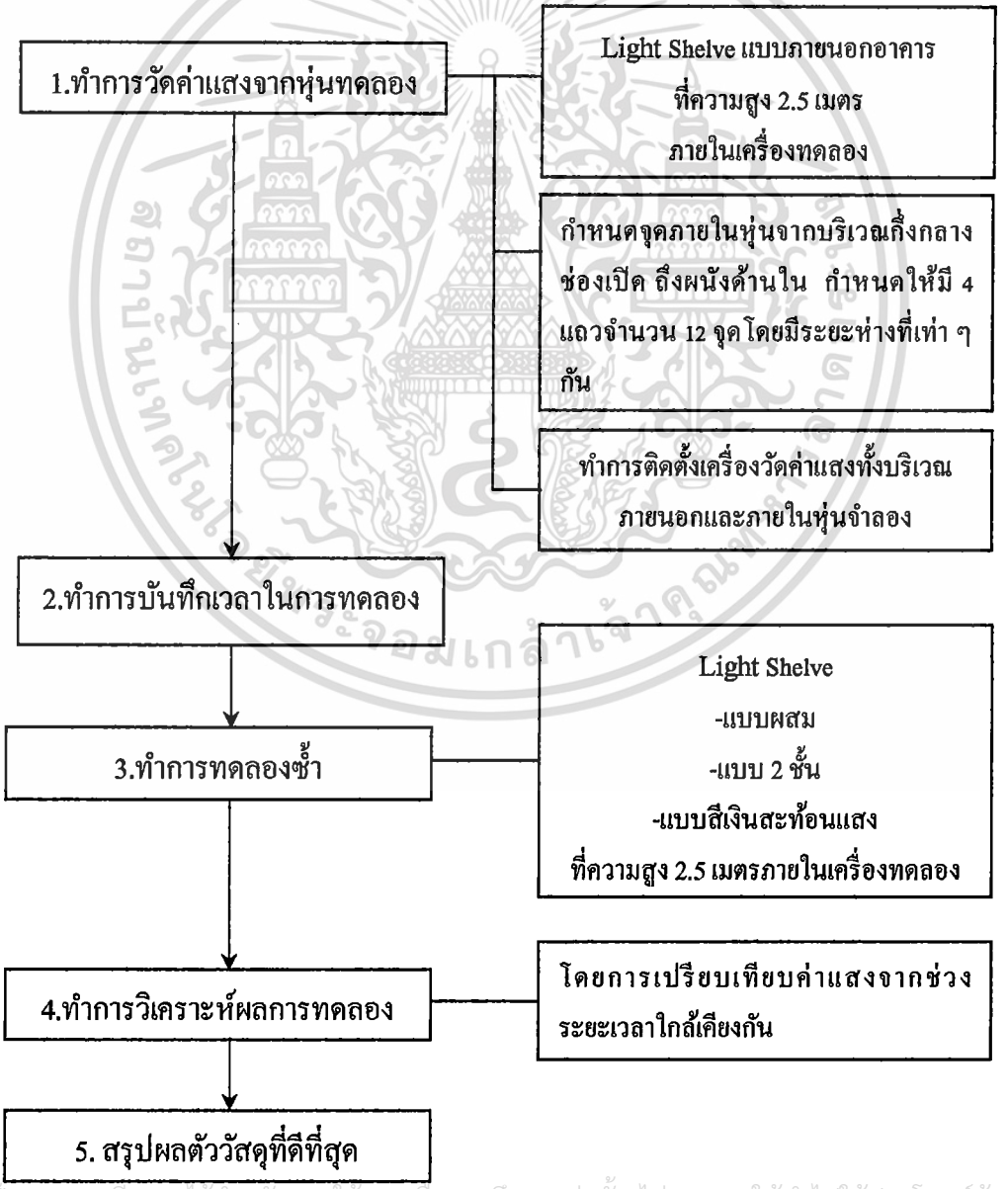
1. หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.00 เมตร

2. หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร

ตัวแปรคงที่ หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่มีความกว้าง 1.50 และ 1.20 เมตร

ตัวแปรตาม ค่าความสว่างของแสงธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงระยะเวลา

วิธีดำเนินการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การทดลองเพื่อหารูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ เพื่อทำการทราบถึงค่าการกระจายแสงของหิ้งสะท้อนแสงทั้งในรูปแบบเอียงว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าแสงสว่างการทดลองจะแตกต่างจากหิ้งสะท้อนแสงแบบตรง

สมมุติฐาน หิ้งสะท้อนแสงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะเป็นไปในรูปทรงแบบเอียงค่าน่าจะมีผลต่างค่าแสงภายในของแสงสว่างเมื่อเปรียบเทียบกับหิ้งสะท้อนแสงแบบตรง

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงที่ต่างกันดังนี้

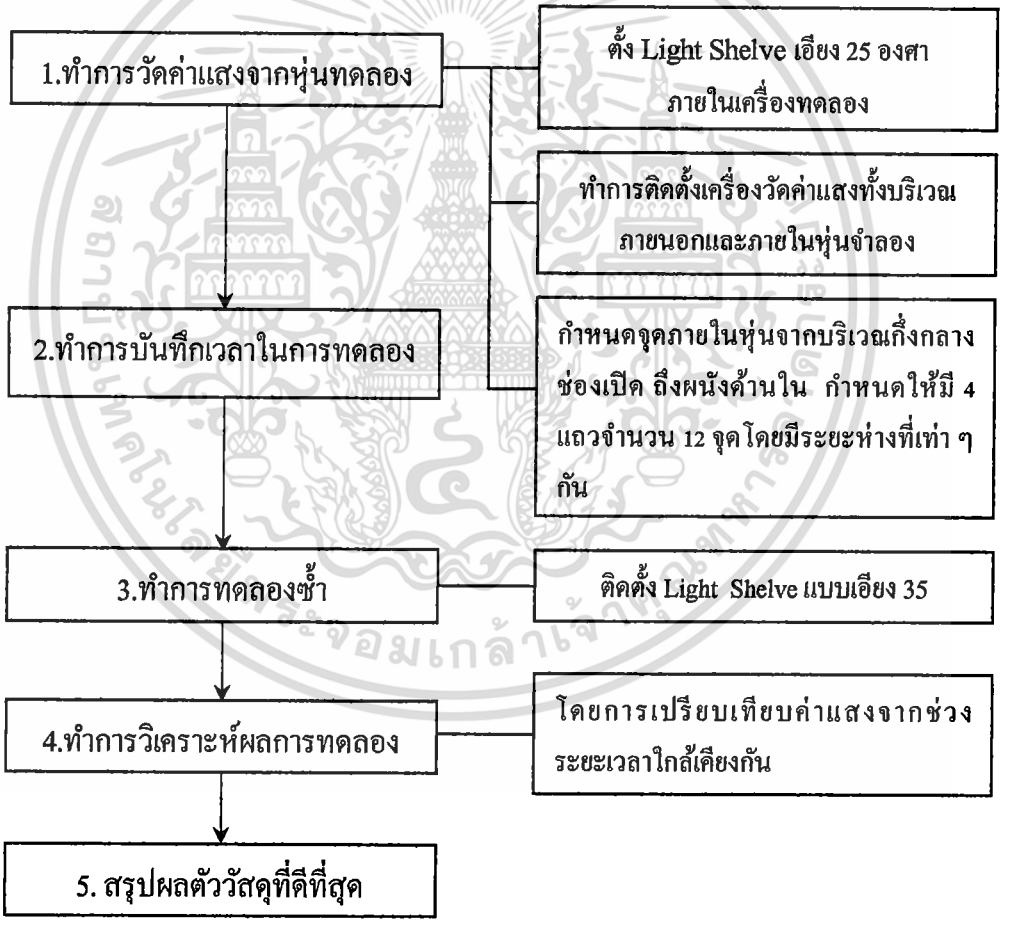
1. หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 25 องศา และแบบตรง 90 องศา

2. หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 35 องศา และแบบตรง 90 องศา

ตัวแปรคงที่ เช่นเดียวกับการทดลองเพื่อเลือกรูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง

ตัวแปรตาม ค่าความสว่างของแสงธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงระยะเวลา

วิธีดำเนินการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองการวิจัย

การทดลองหาลักษณะของหิ้งสะท้อนแสง ผลการทดลองสำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติของหิ้งสะท้อนแสง ซึ่งสามารถแบ่งการทดลองออกเป็น ชุดดังนี้

4.1 วัตถุประสงค์ในการทดลองเพื่อเลือกลักษณะของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม

1. การทดลองเพื่อเลือกรูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ในการทดลอง เพื่อทดสอบในการศึกษากรณีพื้นฐานซึ่งก็คือ กรณีที่ไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Non Light Shelve) และ กรณีที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ในรูปแบบและขนาดที่ต่างกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติเข้ามายังภายในห้องปั้น ให้ได้แสงสว่างมากที่สุดโดยการทดลองเปรียบเทียบดังต่อไปนี้

1.กรณีที่ไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Non Light Shelve)

2.กรณีที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ซึ่งจำแนกออกเป็น

- รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง
- สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง
- ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง
- รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง

นำผลของการทดลองมาคำนวณหาค่า Daylight Factor (D.F.) โดยการพิจารณาจากปริมาณของค่าความเปลี่ยนต่างของความสว่างระหว่างภายนอกกับภายใน ผลจากการคำนวณค่าที่ได้จะออกมาในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ (%) โดยใช้สูตรดังนี้

ค่า Daylight Factor DF. (%) = (ความสว่างภายใน x 100) / ค่าความสว่างภายนอก

1.กรณีที่ไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Non Light Shelve)

การทดลองเพื่อศึกษาถึงลักษณะของปริมาณแสงสว่างในรูปแบบของค่า Daylight Factor DF. ในกรณีที่ไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Non Light Shelve)

วัตถุประสงค์ เพื่อทำทราบถึงปริมาณที่แสงธรรมชาติสามารถผ่านเข้ามายังภายในห้องปั้นโดยไม่ต้องใช้หิ้งสะท้อนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.กรณีที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

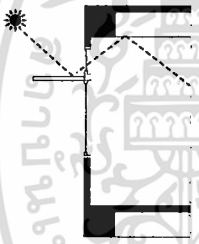
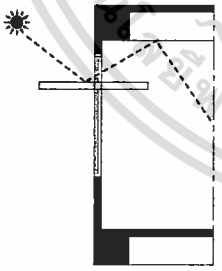
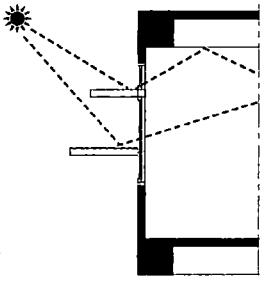
การทดลองเพื่อศึกษาถึงลักษณะของปริมาณแสงสว่างในรูปแบบของค่า Daylight Factor DF. ในกรณีต่าง ๆ ที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง

1. การทดลองเพื่อหารูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ เพื่อทำการทดลองรูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง เพื่อหาประสิทธิภาพของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในห้องปั้น

การทดลองรูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง ในการวิจัยใช้รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง ในการทดลองจำนวน 3 รูปแบบ ได้แก่

1. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
2. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)
3. หิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve)

รูปแบบ Light Shelve	รายละเอียด	
	ข้อดี	ข้อเสีย
1.แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) 	1.เพิ่มระยะความลึก 2.มีการกระจายแสงที่สม่ำเสมอ 3.ลดแสงบาดตา 4.ป้องกันแสงโดยตรง 5.มีมุมมองที่ดี	1.แสงกระจายได้น้อยกว่าแบบม่านสะท้อนแสง
2.แบบผสม (Combined Light Shelve) 	1.เพิ่มระยะความลึก 2.มีการกระจายแสงที่สม่ำเสมอ 3.ลดแสงบาดตา 4.ป้องกันแสงโดยตรง 5.มีมุมมองที่ดี 6.ป้องกันฝนสาด	1.แสงกระจายได้น้อยกว่าแบบม่านสะท้อนแสง 2.Light Shelve ที่อยู่ภายในไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้
3.แบบม่านสะท้อนแสง (Blind Light Shelve) 	1.เพิ่มระยะความลึก 2.มีการกระจายแสงที่สม่ำเสมอ 3.ลดแสงบาดตา 4.ป้องกันแสงโดยตรง 5.มีมุมมองที่ดี	

รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของข้อดี-ข้อเสียของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยขนาดของระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสง ในแบบต่าง ๆ จะมีขนาดที่เท่า ๆ กันคือ ระยะยื่นประมาณ 1.50 เมตร และ 1.20 เมตร ที่ระดับติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงที่ความสูง 2.00 เมตร

2. การทดลองเพื่อเลือกสีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ เพื่อทำการทดลองค่าการสะท้อนแสงของหิ้งสะท้อนแสง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในเรื่องของสีและวัสดุ

นอกจากรูปแบบจะเป็นตัวแปรหลักในการทดลอง ยังเป็นตัวแปรที่สำคัญอีกประการหนึ่ง ดังนั้นในเรื่องของการทดลองก็จะยังใช้รูปแบบทั้ง แบบเป็นตัวประกอบในการทดลอง สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.00 เมตร หุ่นที่ใช้ในการทดลองจะมีอยู่ 2 ตัวได้แก่

1. หิ้งสะท้อนแสงที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)
2. หิ้งสะท้อนแสงที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

3. การทดลองเพื่อหาระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ เพื่อทำการทดลองในเรื่องของความสูงของหิ้งสะท้อนแสง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของการสะท้อนแสง

เมื่อความสูงของหิ้งสะท้อนแสง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าของแสงสว่างก็จะเปลี่ยนตามไปด้วย ดังนั้นความสูงที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ

1. หิ้งสะท้อนแสงที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.00 เมตร
2. หิ้งสะท้อนแสงที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร

โดยวัสดุที่ใช้ในการทดลองคือที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) , ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

4. การทดลองเพื่อหารูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ เพื่อทำการทราบถึงค่าการกระจายแสงของหิ้งสะท้อนแสง ทั้งในรูปแบบเอียง ว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าแสงสว่างการทดลองจะแตกต่างจาก แบบตรง

นอกจากวัสดุที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ รูปทรงที่มีความลาดเอียงถือว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญสำหรับการทดลองในหัวข้อนี้เนื่องจากองศาที่ต่างกันอาจจะเป็นสิ่งที่ทำให้แสงสามารถเข้ามายังภายในได้มากขึ้น จึงได้ตั้งรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงที่ต่างกันเพื่อใช้ในการทดลองดังนี้

1. หิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25 องศา วัสดุที่ใช้ ผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) และผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

2. หิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35 องศา วัสดุที่ใช้ ผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) และผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การรวบรวมผลการทดลองเพื่อเลือกลักษณะของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม

สาเหตุหลักในการศึกษาเรื่องของการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคาร เพื่อการนำเข้ามาใช้ประโยชน์ในการปฏิบัติงานนั้นเนื่องจาก แสงธรรมชาติที่ผ่านเข้ามายังห้องประติมากรรมไม่เพียงพอต่อความต้องการสำหรับผู้ใช้งาน หรือ นักศึกษา ฉะนั้นจึงได้มีการศึกษาโดยการนำเรื่องของการสะท้อนแสงมาเป็นตัวช่วยในการนำแสงธรรมชาติเข้ามายังภายในอาคาร โดยการใช้หิ้งสะท้อนแสงเพื่อให้แสงที่สะท้องผ่านทางหิ้งสะท้อนแสงสามารถเข้ามายังส่วนที่ลึกที่สุดของภายในห้อง ซึ่งตัวแปรทางกายภาพของหิ้งสะท้อนแสง ที่จะมีอิทธิพลต่อการสะท้อนแสงมีอยู่หลากหลายประกอบไปด้วย การศึกษาเรื่องรูปแบบหิ้งสะท้อนแสง , ขนาดของหิ้งสะท้อนแสง , สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง , ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง , รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง ที่มีมุมองศาที่ต่างกัน ดังนั้นการวิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผลการทดลองมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

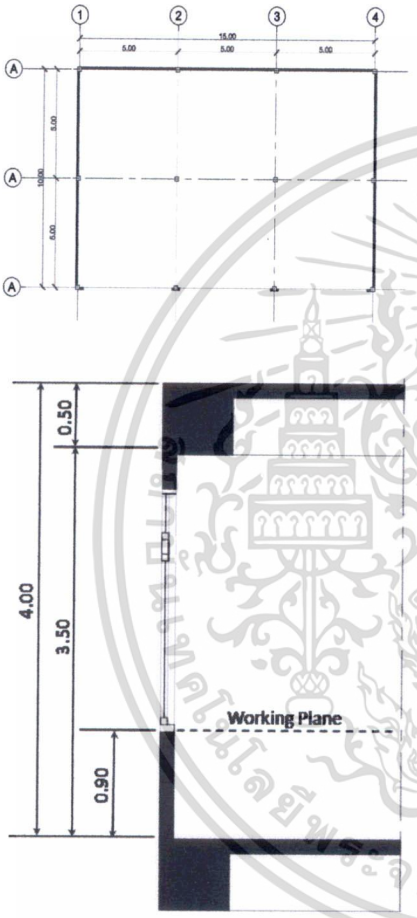
4.2.1 กรณีที่ไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Non Light Shelve)

ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นที่ไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง

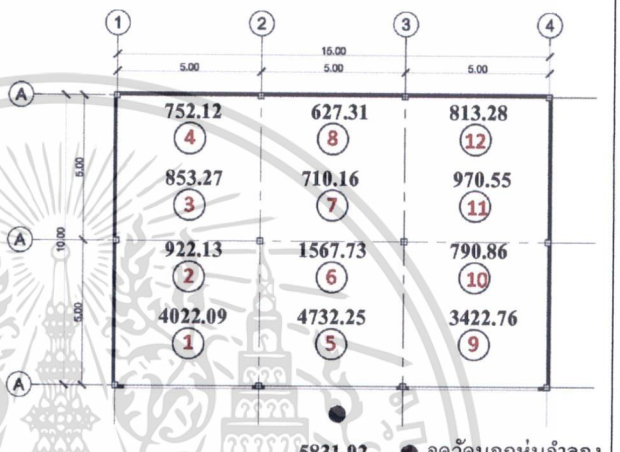
ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงค่าแสงของห้องชนิดไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Non Light Shelve)

ไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Non Light Shelve)

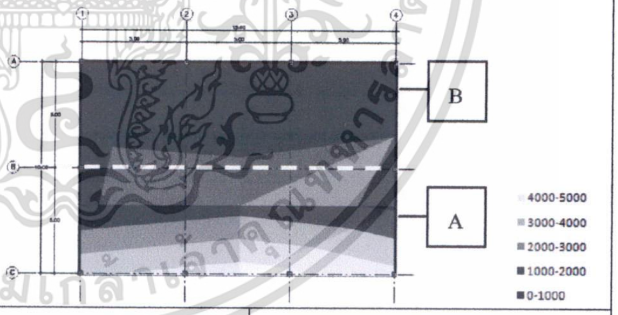
โดยมีขนาด 10.00 x 15.00 x 4.00



1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

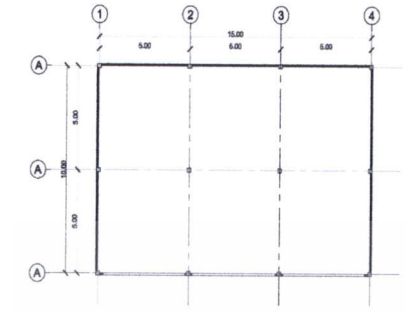
ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	4022.09
2	922.13
3	853.27
4	752.12
5	4732.25
6	1567.73
7	710.16
8	627.31

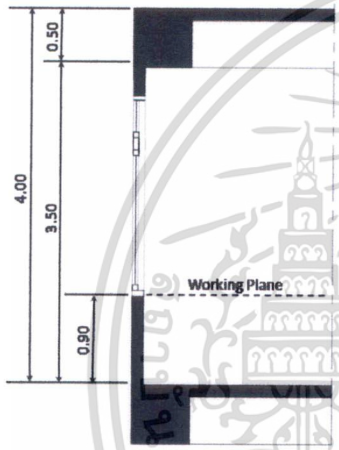
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นที่ไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (ต่อ)

ไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Non Light Shelve)

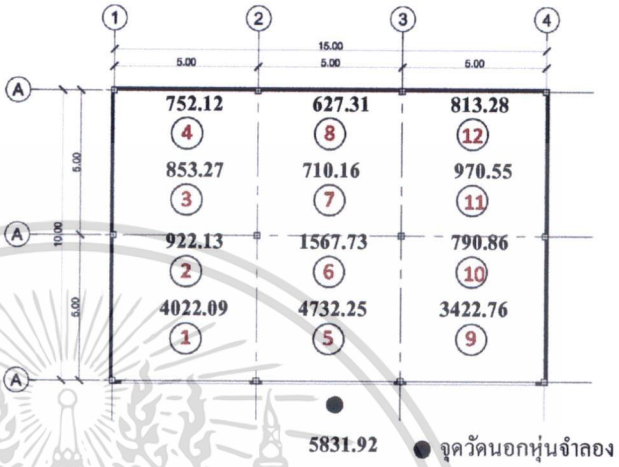
โดยมีขนาด 10.00 x 15.00 x 4.00



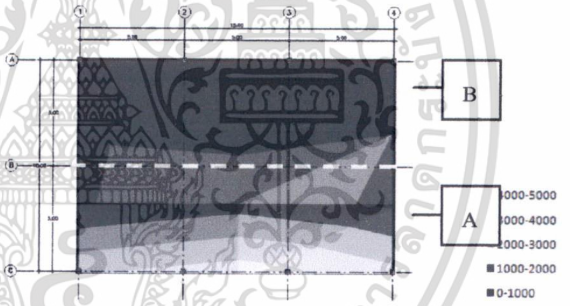


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



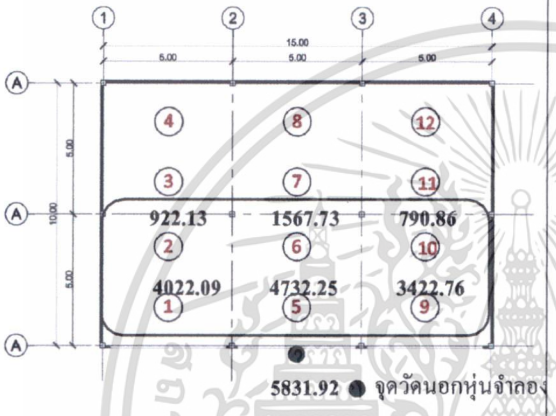
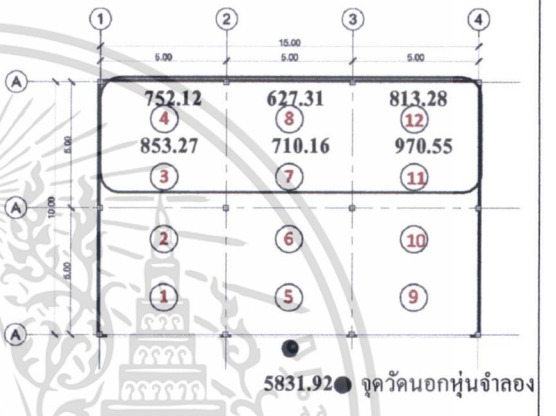
ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
9	3422.76
10	790.86
11	970.55
12	813.28

- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1682.04
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	28 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่ไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Non Light Shelve) เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็น2 โซน คือ โซนA และ โซนB

แบบไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Non Light Shelve)	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2576.30 DF.= 44.17	ค่าเฉลี่ยโซน B = 787.78 DF.= 4.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 กรณีที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง ที่เหมาะสม ดังต่อไปนี้

1.หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

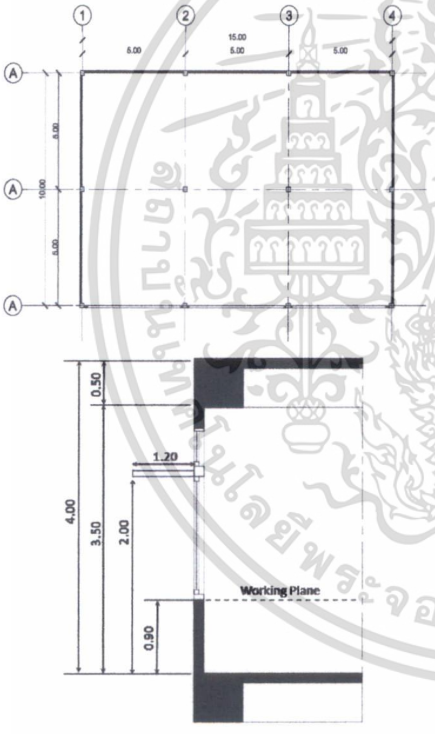
1.1 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

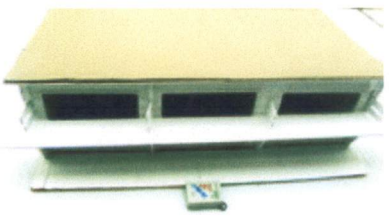
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

รูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสง

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

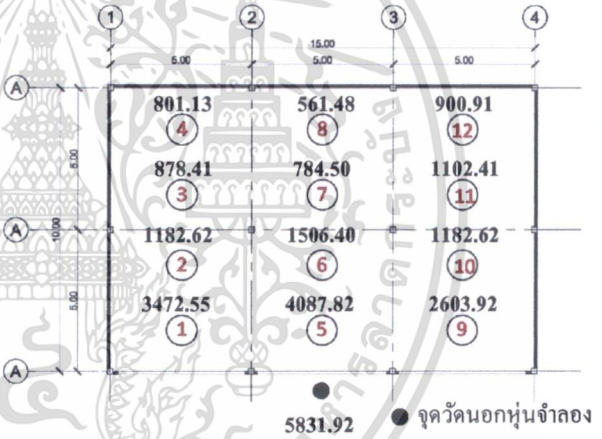
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



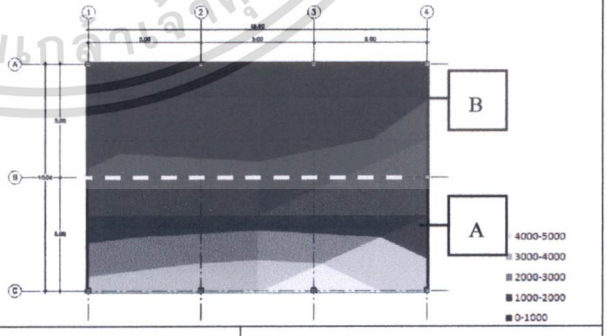


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	3472.55
2	1182.62
3	878.41

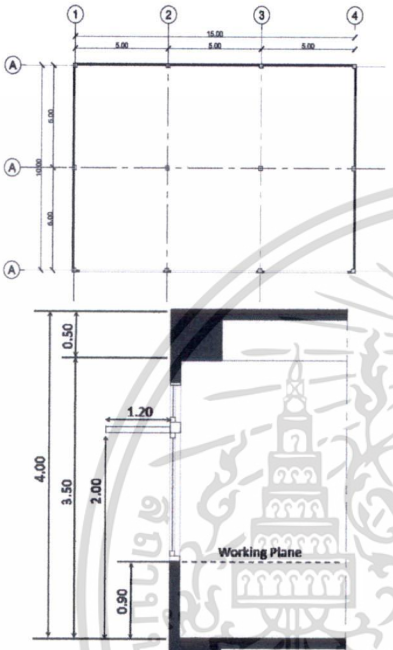
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

รูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสง

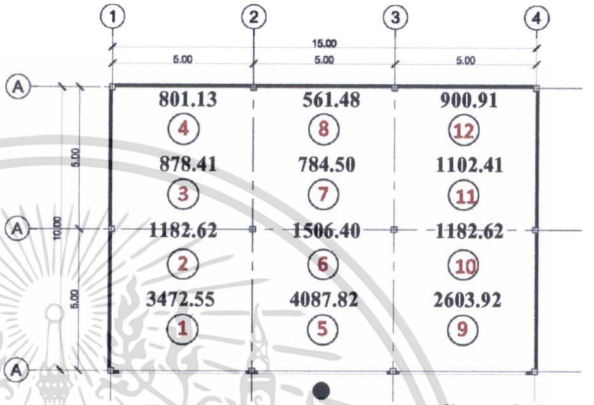
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

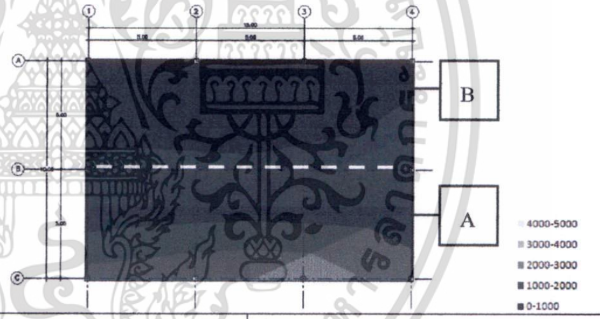


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

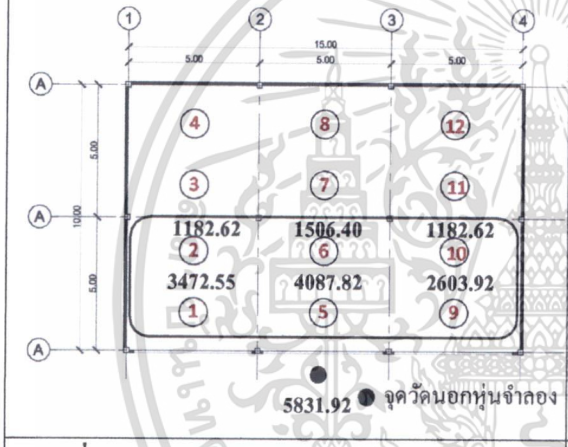
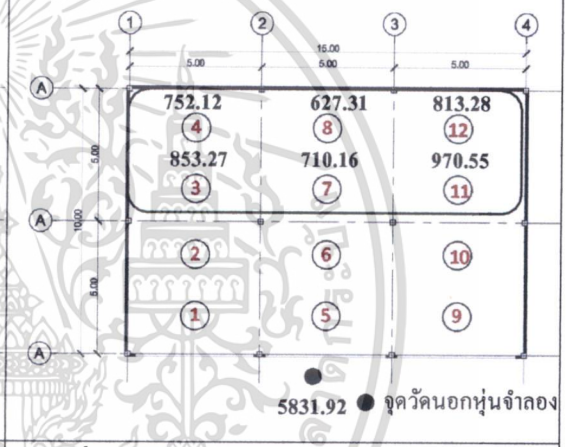


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
4	801.13
5	4087.82
6	1506.40
7	784.50
8	561.48
9	2603.92
10	1182.62
11	1102.41
12	900.91
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1588.73
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	27 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซนA และโซน B

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2339.32 DF.= 40.11	ค่าเฉลี่ยโซน B = 838.14 DF.= 14.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

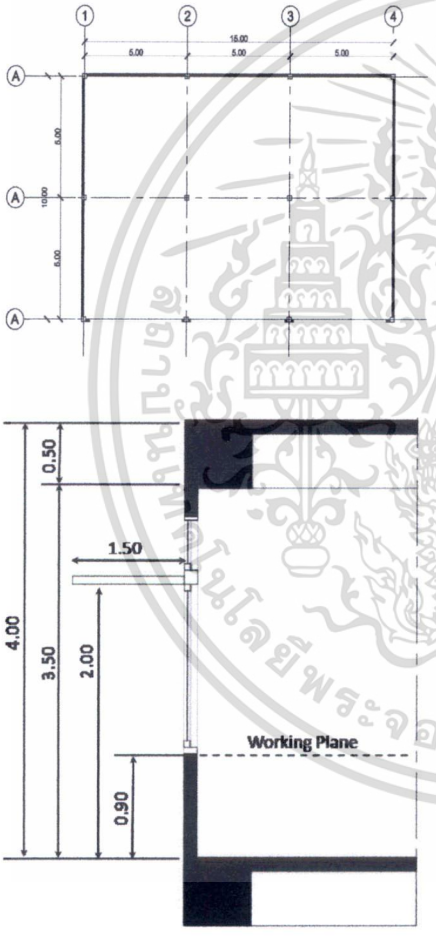
1.2 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

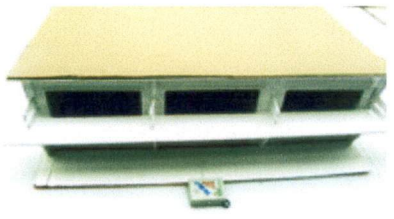
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

รูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสง

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

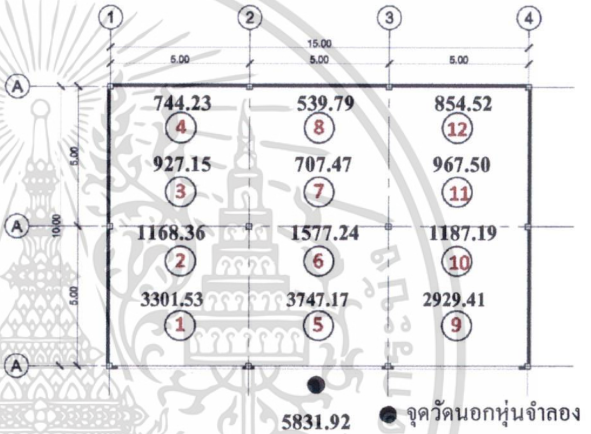
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



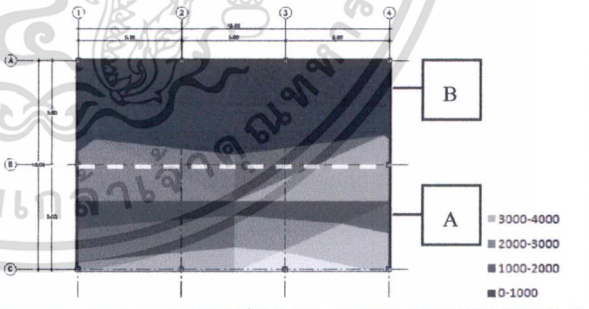


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	3301.53
2	1168.36
3	927.15
4	744.23
5	3747.17
6	1577.24
7	707.47

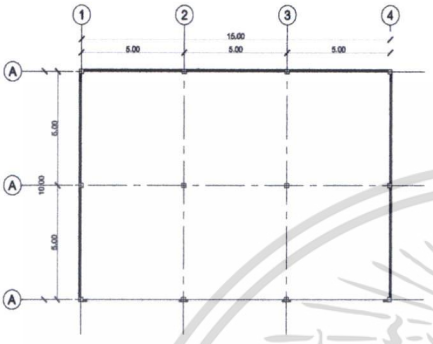
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

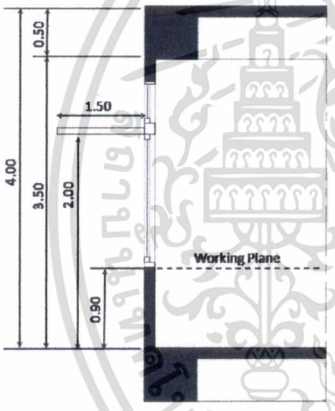
ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

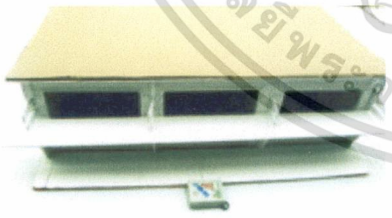
รูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสง

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

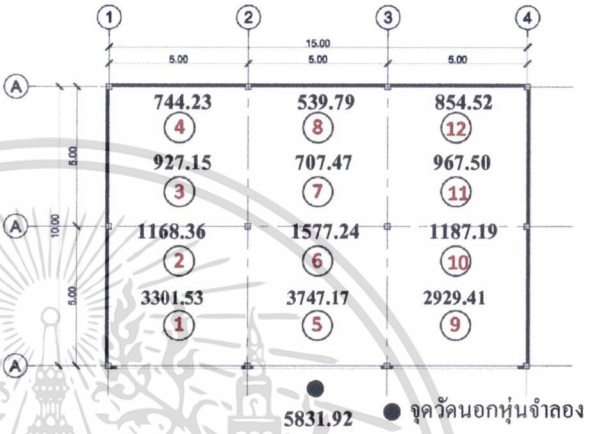




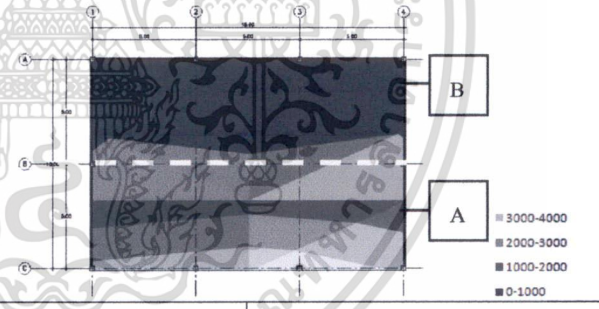


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

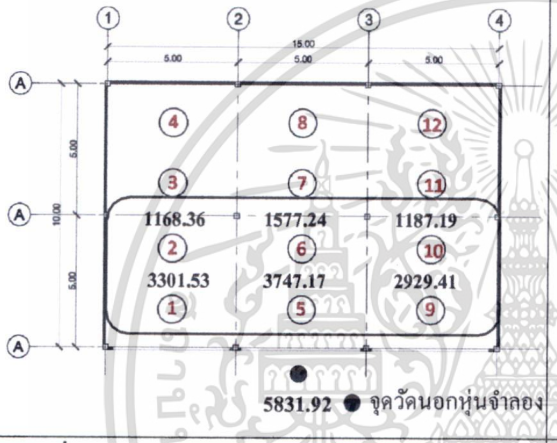
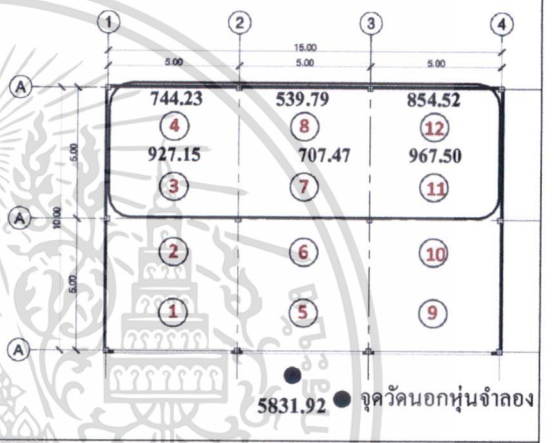


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
8	539.79
9	2929.41
10	1187.19
11	967.50
12	854.52
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1554.30
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	26 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2318.48 DF.= 39.75	ค่าเฉลี่ยโซน B = 790.11 DF.= 13.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)

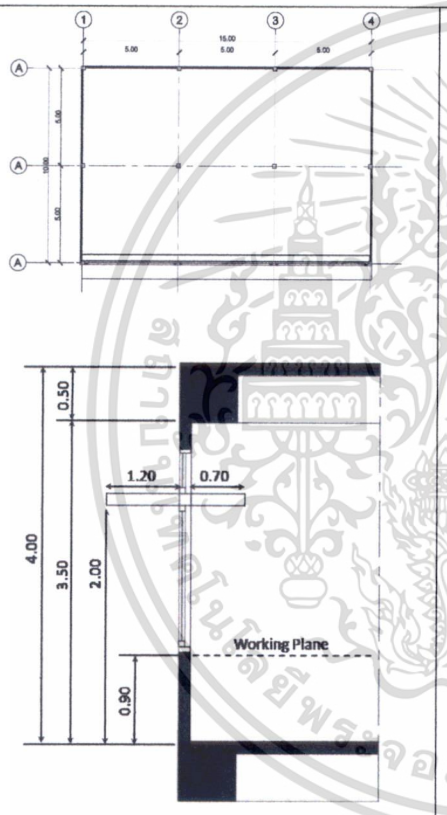
2.1 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

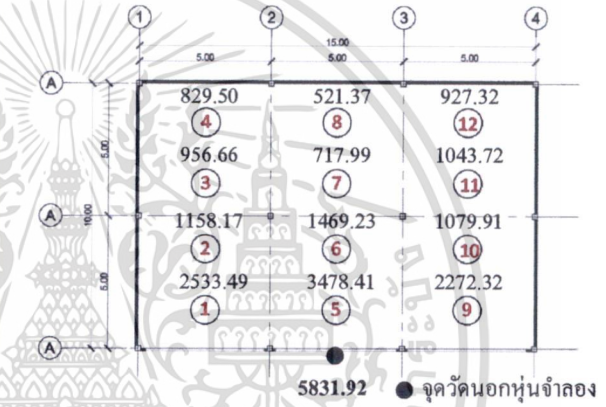
รูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสง

แบบผสม (Combined Light Shelve)

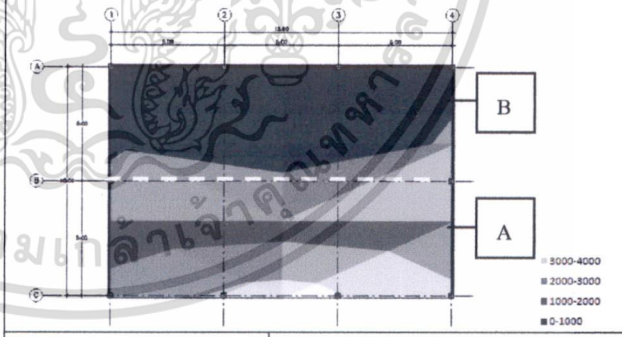
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2533.49
2	1158.17
3	956.66
4	829.50
5	3478.41
6	1469.23
7	717.99

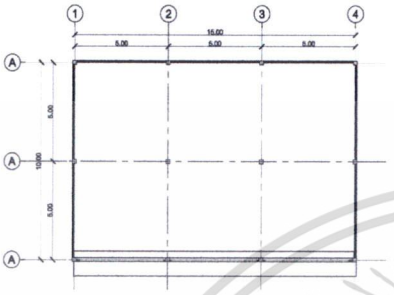
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

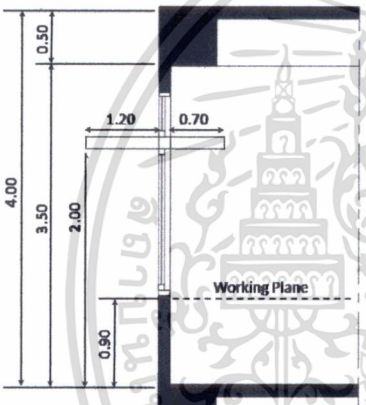
ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

รูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสง

แบบผสม (Combined Light Shelve)

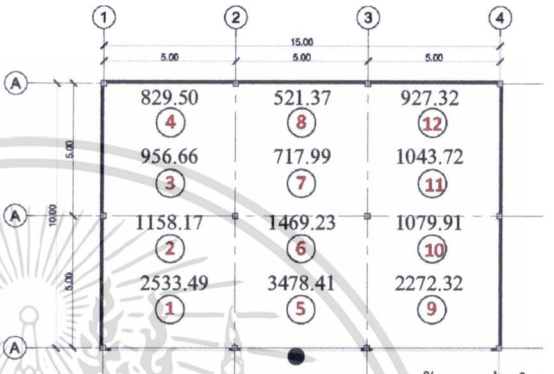
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



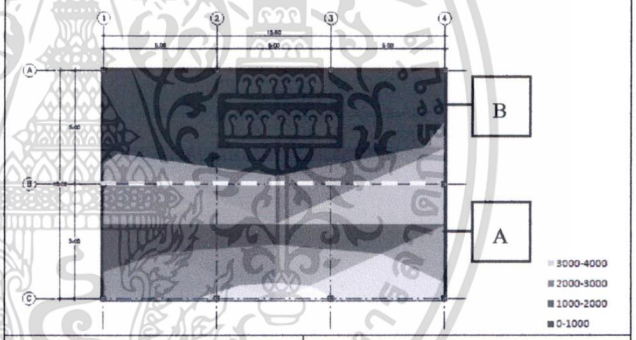


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



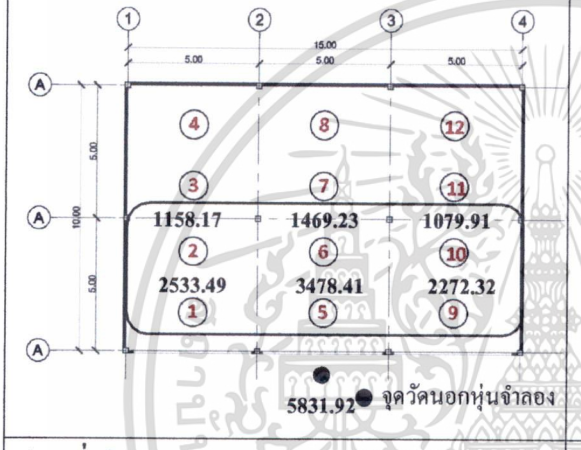
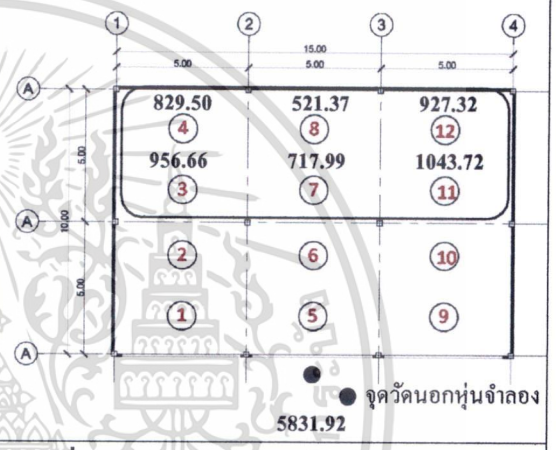
ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
8	521.37
9	2272.32
10	1079.91
11	1043.72
12	927.32

- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1415.67
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	27 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (DF.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง แบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 1998.58 DF.= 34.26	ค่าเฉลี่ยโซน B = 832.76 DF.= 14.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

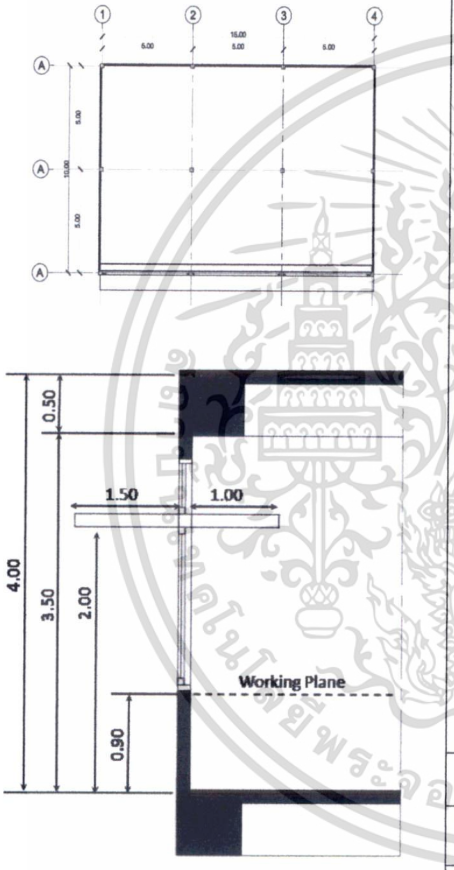
2.2 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

รูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสง

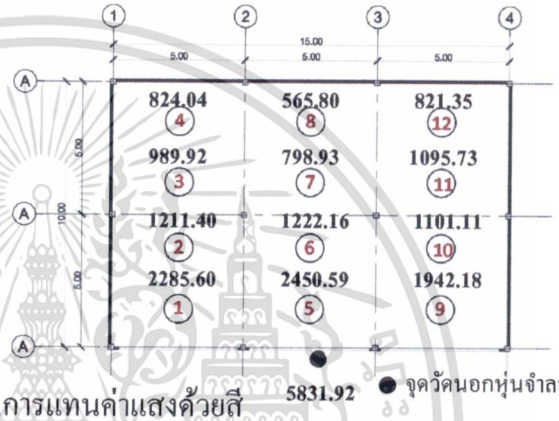
แบบผสม (Combined Light Shelve)

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

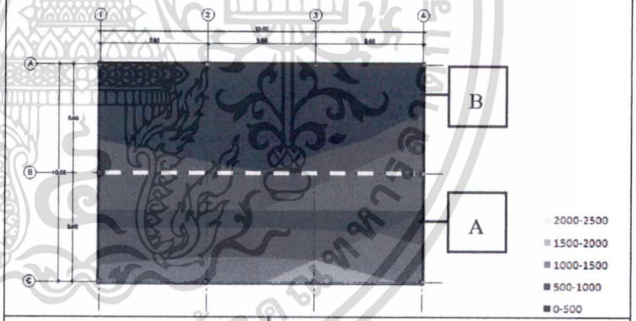


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2285.60
2	1211.40
3	989.92
4	824.04
5	2450.59
6	1222.16
7	798.93
8	565.80

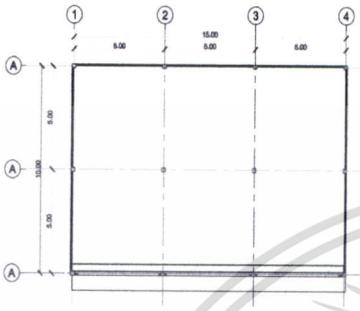
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

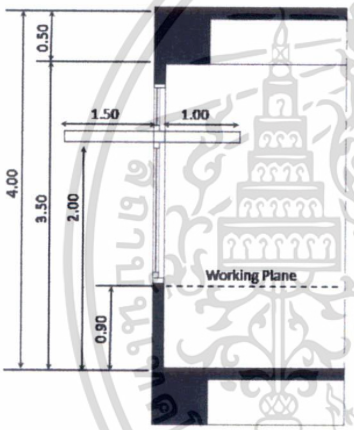
ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

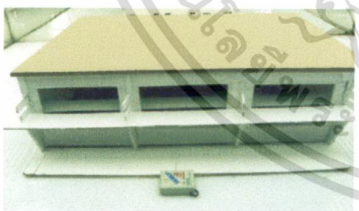
รูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสง

แบบผสม (Combined Light Shelve)

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

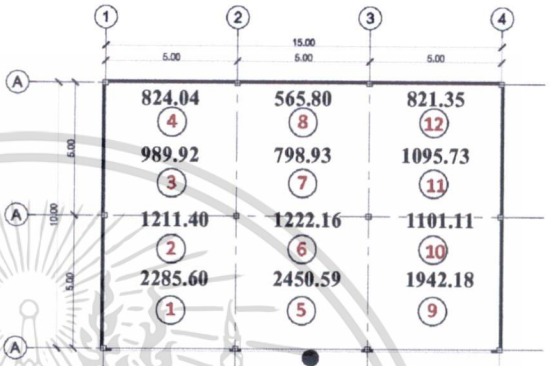




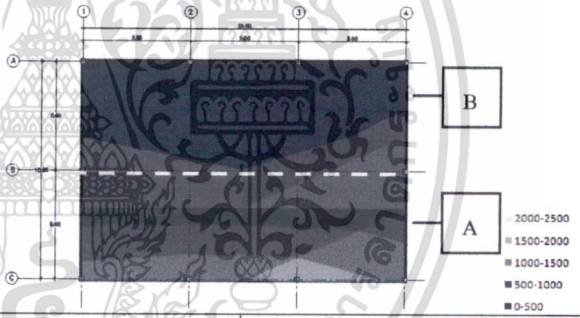


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

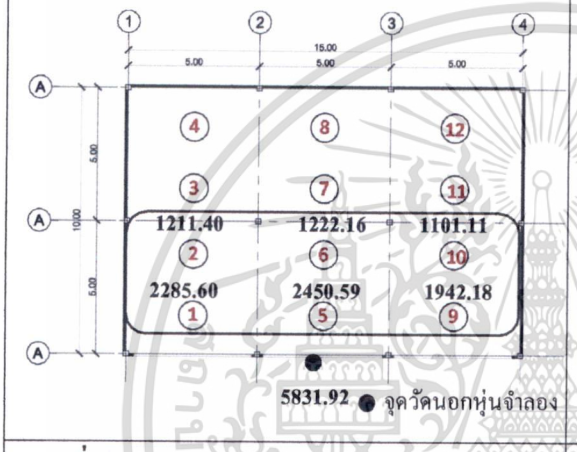
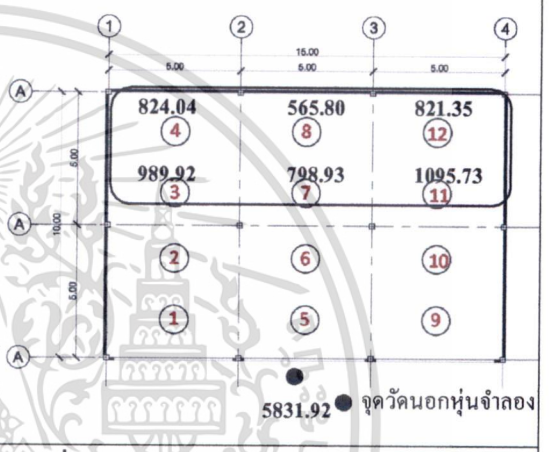


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
9	1942.18
10	1101.11
11	1095.73
12	821.35
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1275.73
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	22 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็น2 โซน คือ โซนA และ โซนB

แบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 1702.17 DF.= 29.18	ค่าเฉลี่ยโซน B = 849.30 DF.= 14.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. หิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve)

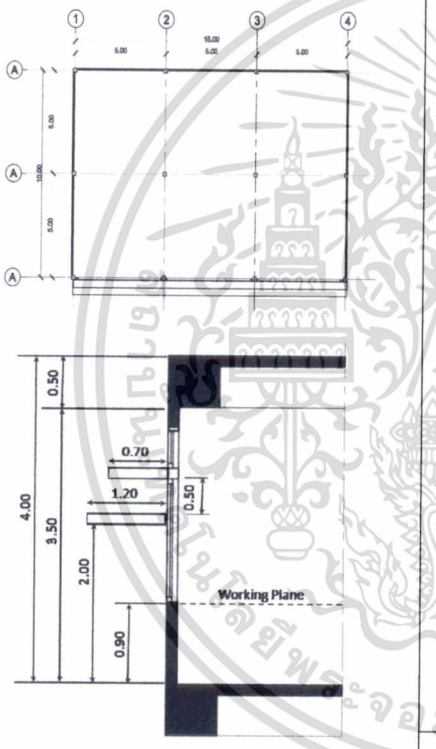
3.1 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

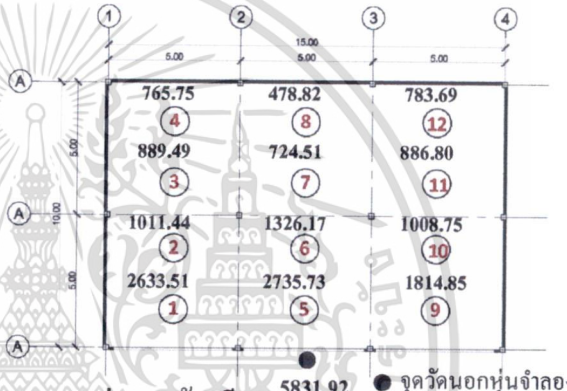
รูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสง

แบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve)

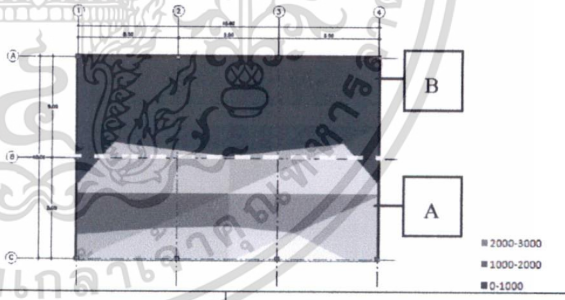
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2633.51
2	1011.44
3	889.49
4	765.75
5	2735.73
6	1326.17
7	724.51
8	478.82

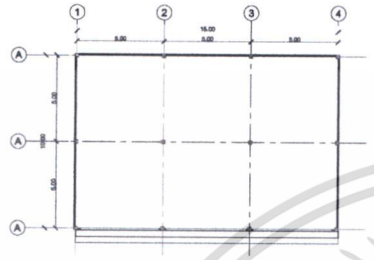
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

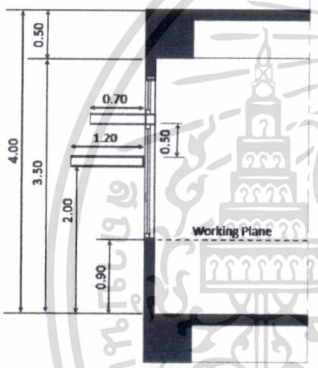
ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

รูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสง

แบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve)

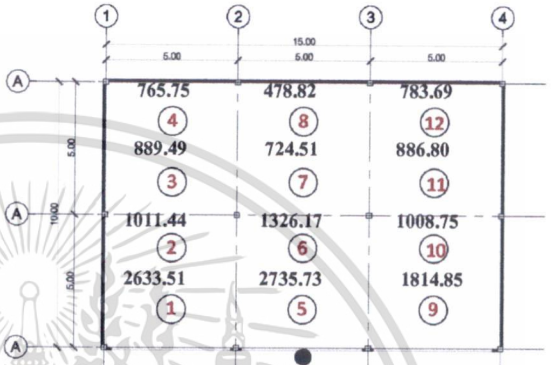
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



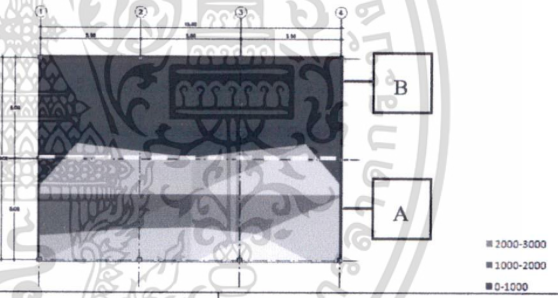


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
9	1814.85
10	1008.75
11	886.80
12	783.69
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1254.96
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	21 %

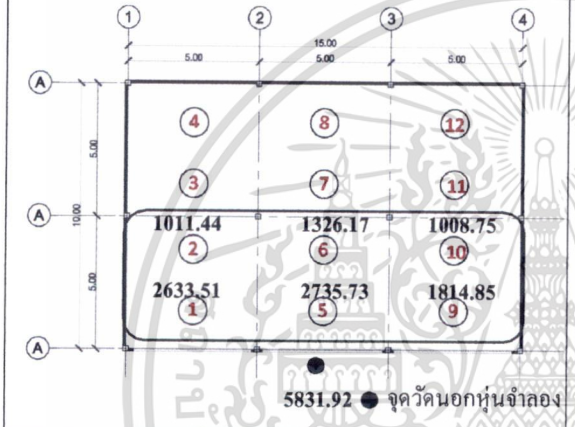
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

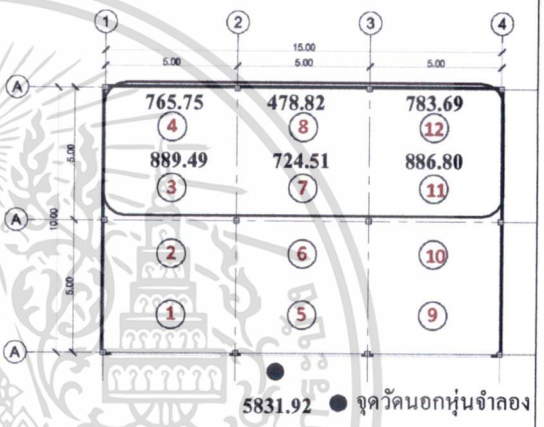
เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง แบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซนAและโซนB

แบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve)

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร





ค่าเฉลี่ยโซน A 1755.07	DF.= 30.09	ค่าเฉลี่ยโซน B = 754.84	DF.= 12.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

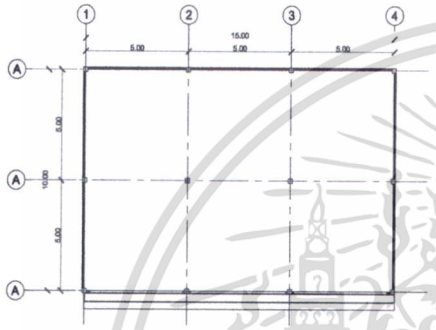
3.2 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

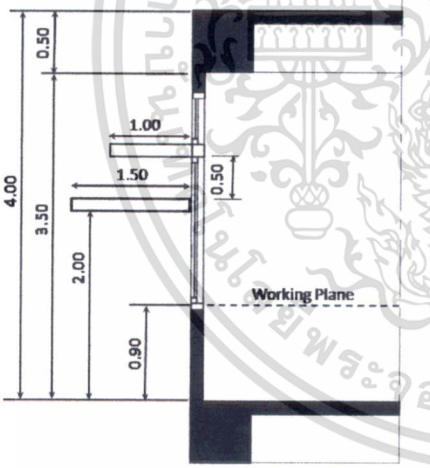
ตารางที่ 4.13 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง แบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

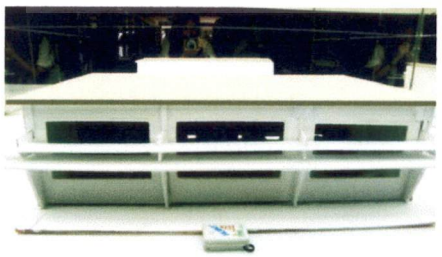
รูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสง

แบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve)

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

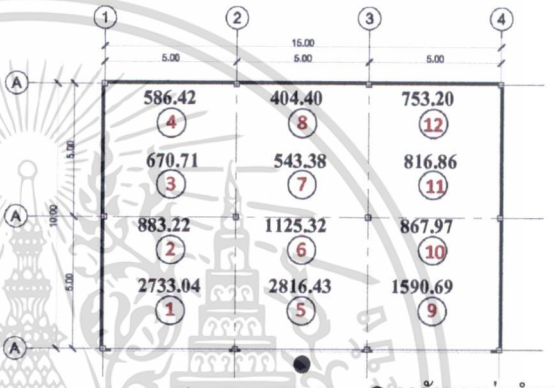




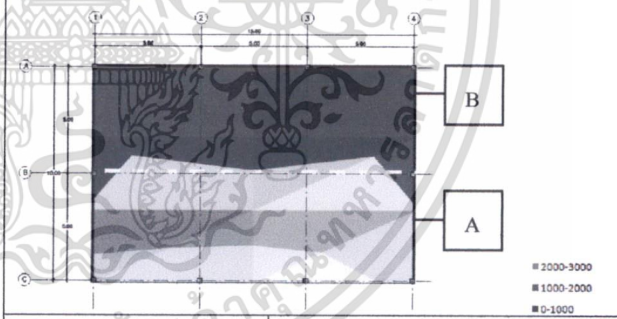


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2733.04
2	883.22
3	670.71
4	586.42
5	2816.43
6	1125.32
7	543.38
8	404.40
9	1590.69

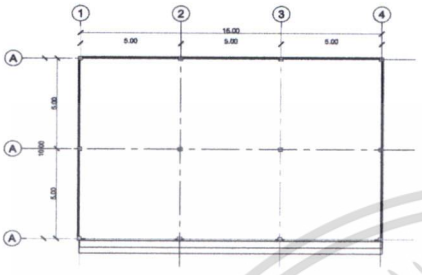
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

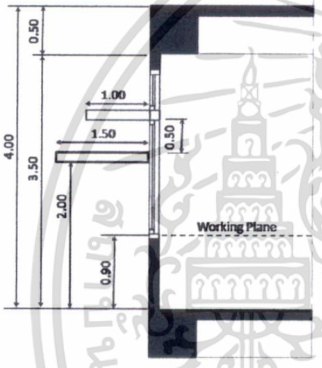
ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

รูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสง

แบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve)

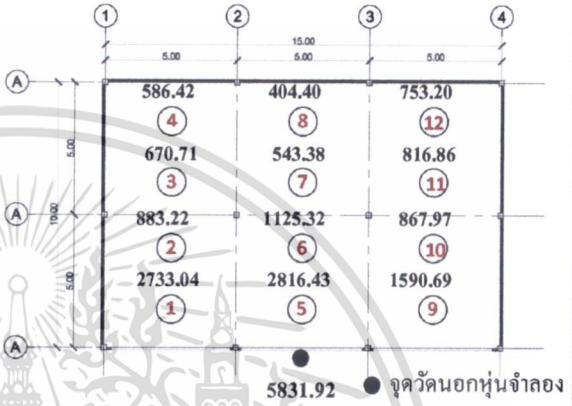
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร





ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



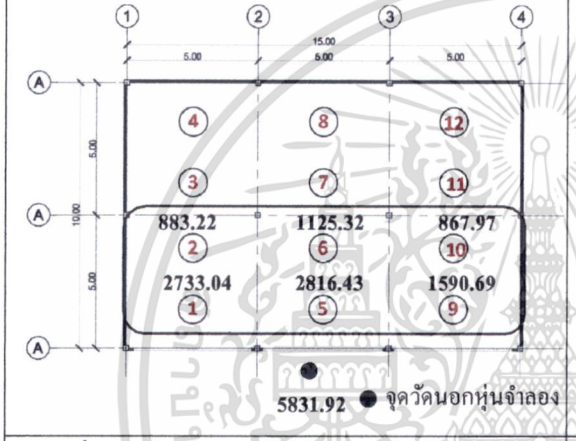
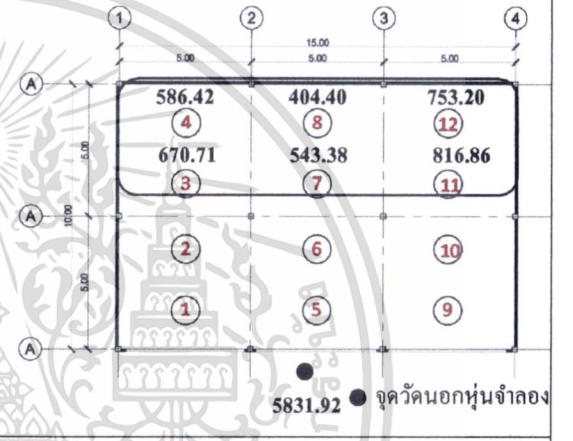
2.การแทนค่าแสงด้วยสี

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
10	867.97
11	816.86
12	753.20
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1149.30
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	19 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.14 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง แบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซนA และ โซนB

แบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 1669.44 DF.= 28.62	ค่าเฉลี่ยโซน B = 629.16 DF.= 10.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การทดลองเพื่อเลือกสีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม

1. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

1.1 ผลการทดลองในเรื่องสีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

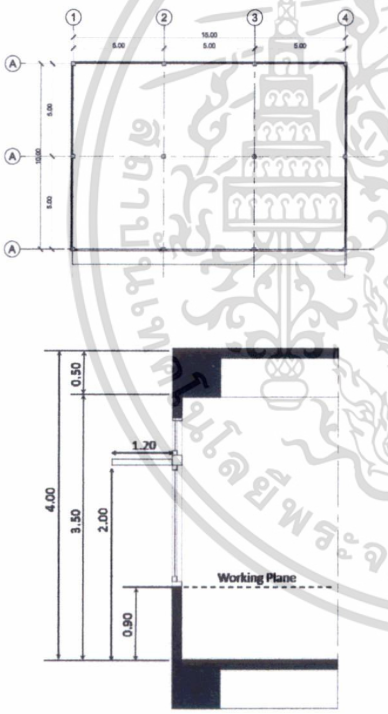
ตารางที่ 4.15 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

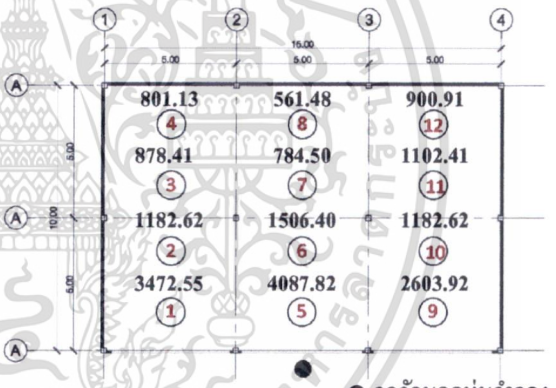
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

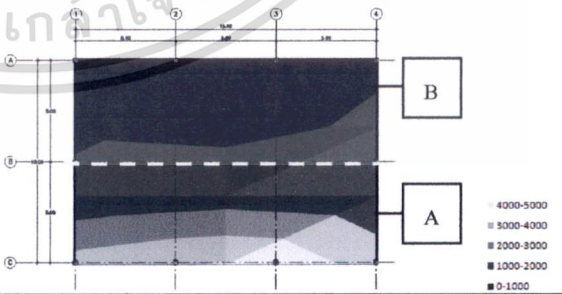


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	3472.55
2	1182.62
3	878.41
4	801.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

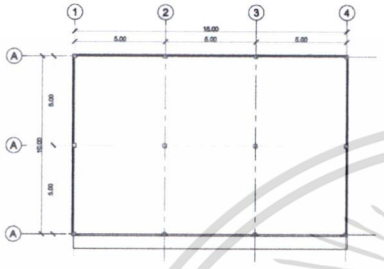
ผลการทดลองในเรื่องสีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

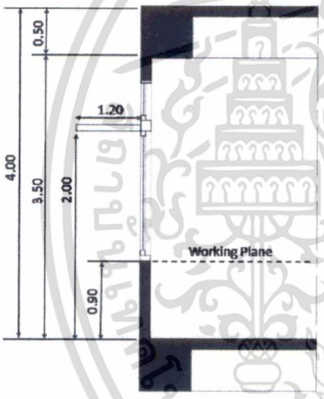
สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

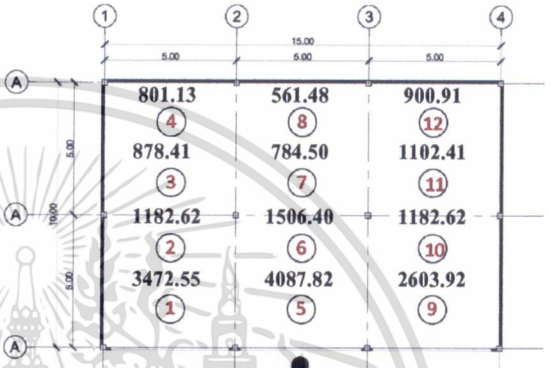
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

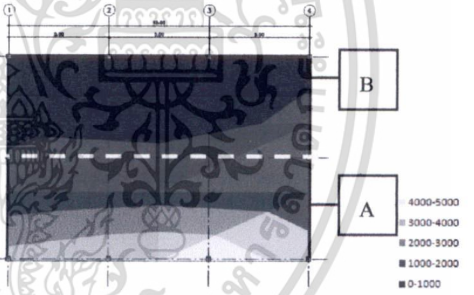


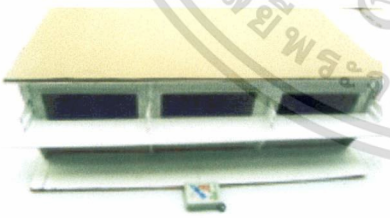


1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี





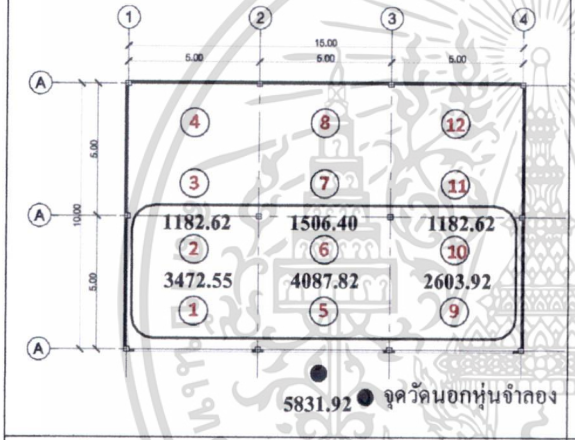
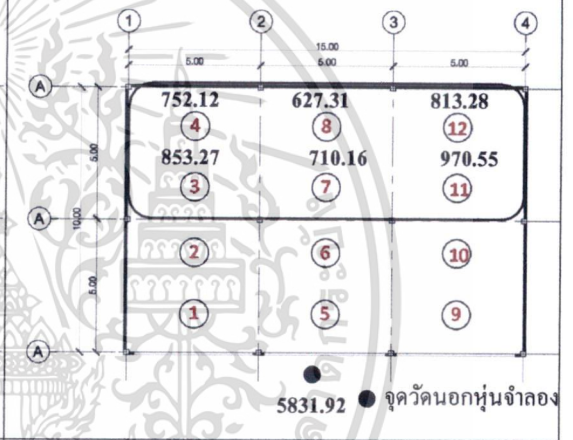
ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
5	4087.82
6	1506.40
7	784.50
9	2603.92
10	1182.62
11	1102.41
12	900.91
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1588.73
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	27 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2339.32 DF.= 40.11	ค่าเฉลี่ยโซน B = 838.14 DF.= 14.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ผลการทดลองในเรื่องสีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว(สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตรที่ความสูง 2.00 เมตร

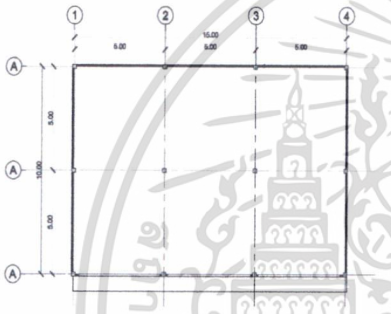
ตารางที่ 4.17 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

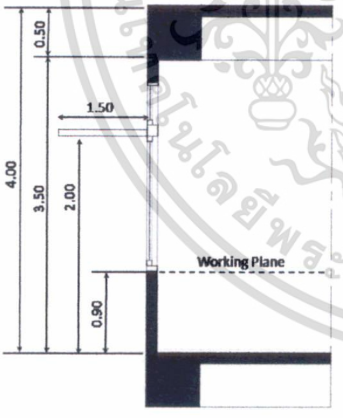
สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)

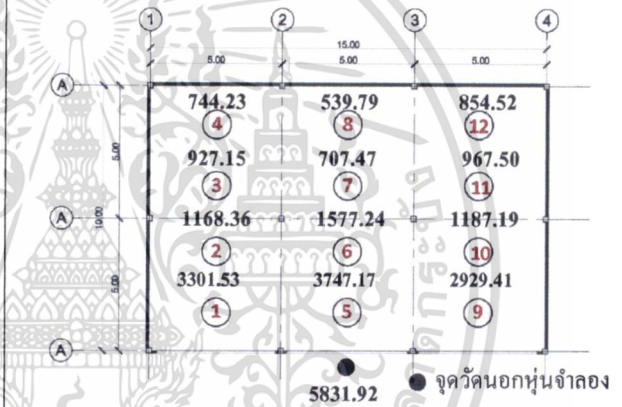
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



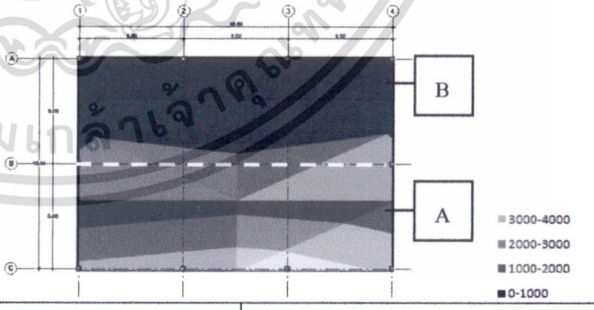


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	3301.53
2	1168.36
3	927.15
4	744.23
5	3747.17
6	1577.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

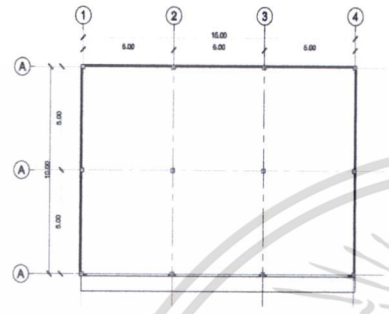
ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

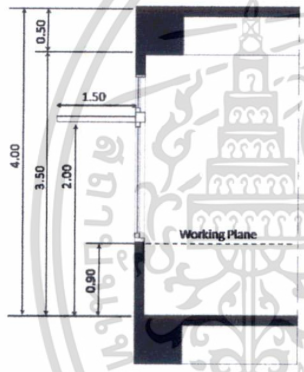
สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

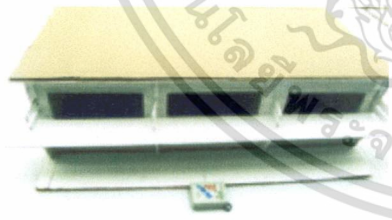
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

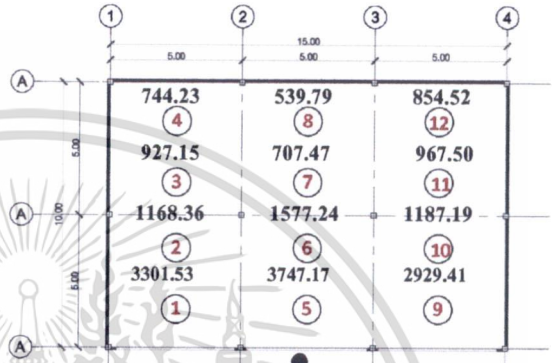




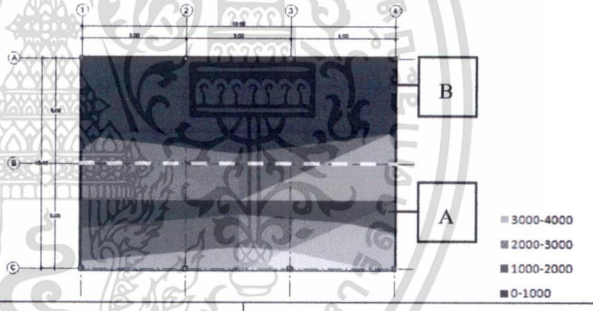


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

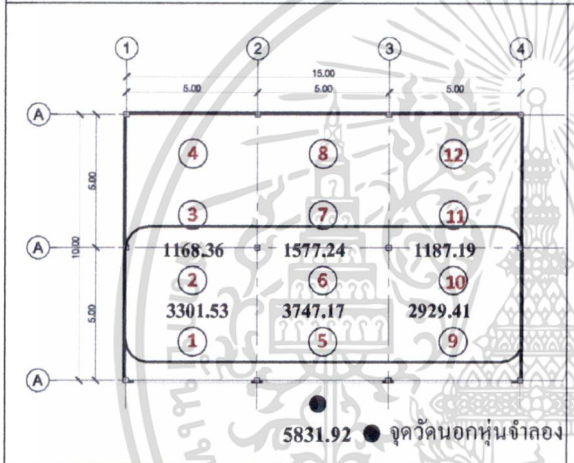
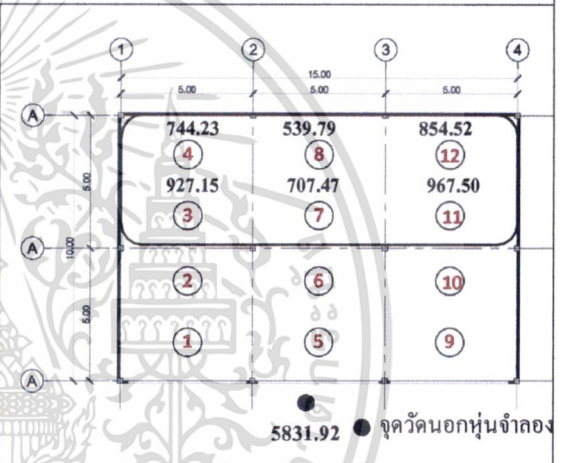


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
7	707.47
8	539.79
9	2929.41
10	1187.19
11	967.50
12	854.52
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1554.30
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	26 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.18 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2318.48 DF.= 39.75	ค่าเฉลี่ยโซน B = 790.11 DF.= 13.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ผลการทดลองในเรื่องสีและวัสดุแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

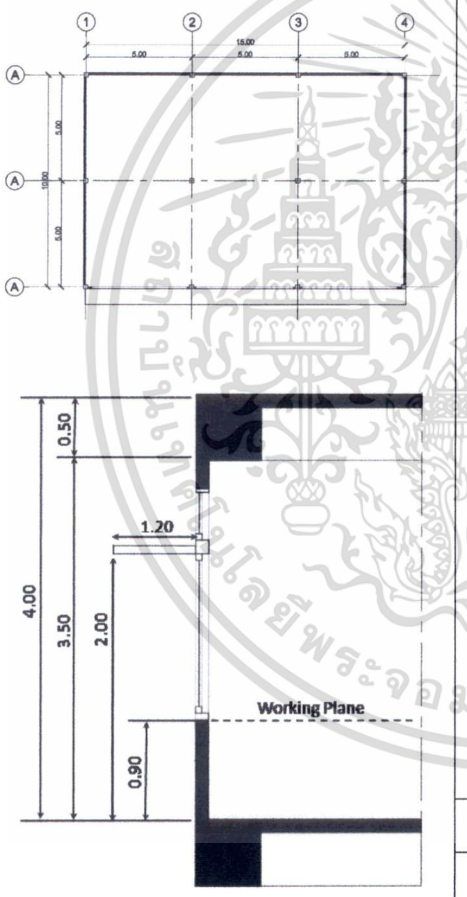
ตารางที่ 4.19 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงขนาด1.20 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

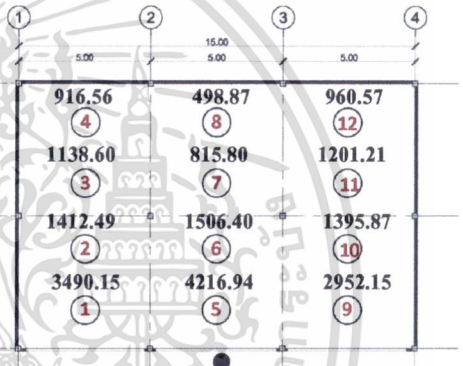
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง

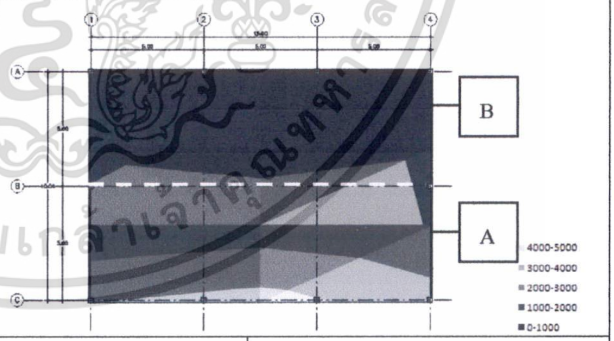
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	3490.15
2	1412.49
3	1138.60
4	916.56
5	4216.94
6	1506.40
7	815.80

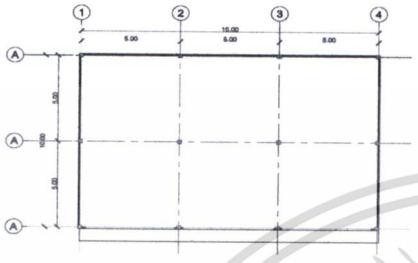
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

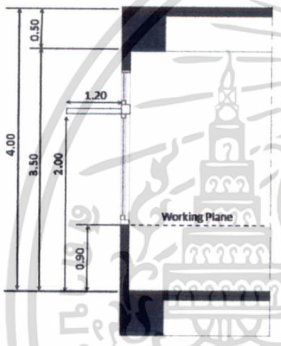
ผลการทดลองในเรื่องสีและวัสดุแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

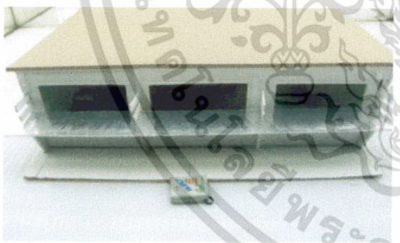
สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง : ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

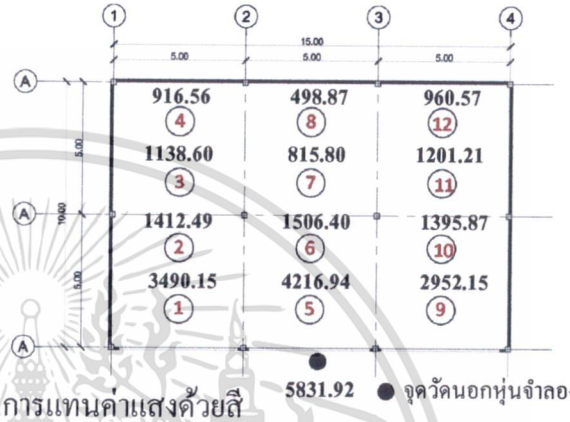




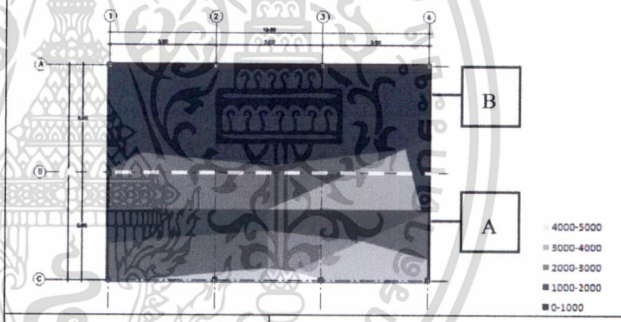


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

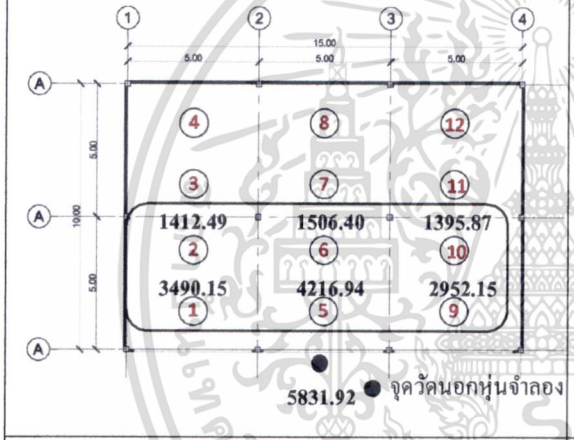
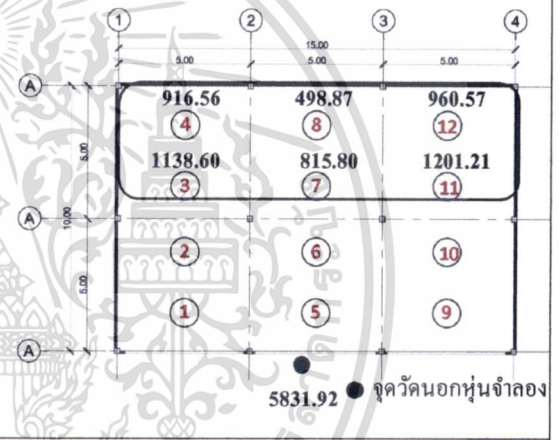


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
8	498.87
9	2952.15
10	1395.87
11	1201.21
12	960.57
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1708.80
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	29 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.20 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และ โซน B

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2495.66 DF.= 42.79	ค่าเฉลี่ยโซน B = 921.93 DF.= 15.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ผลการทดลองในเรื่องสีและวัสดุแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

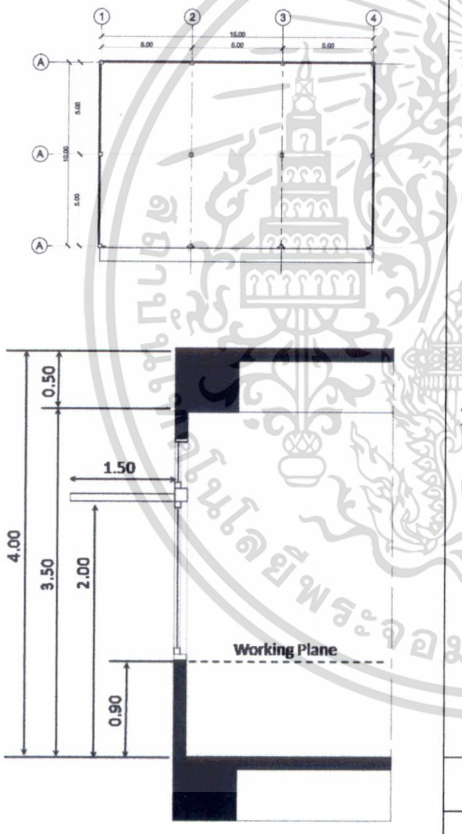
ตารางที่ 4.21 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

รูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

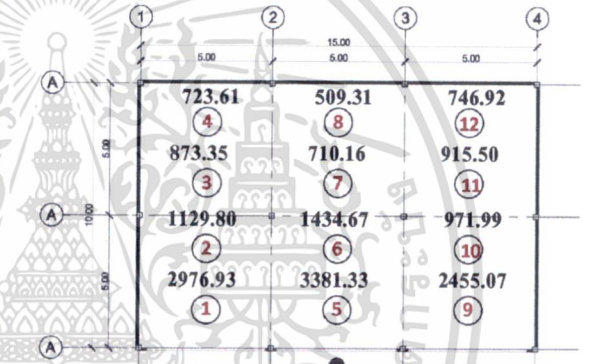
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

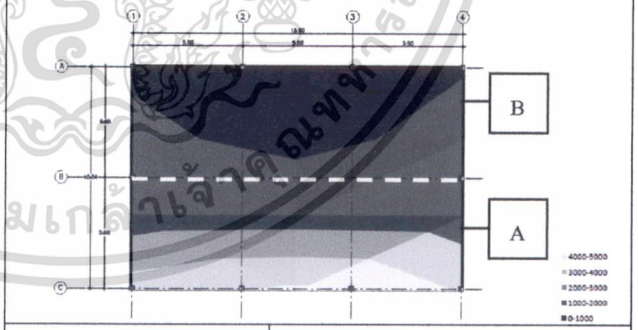


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2976.93
2	1129.80
3	873.35
4	723.61
5	3381.33
6	1434.67
7	710.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

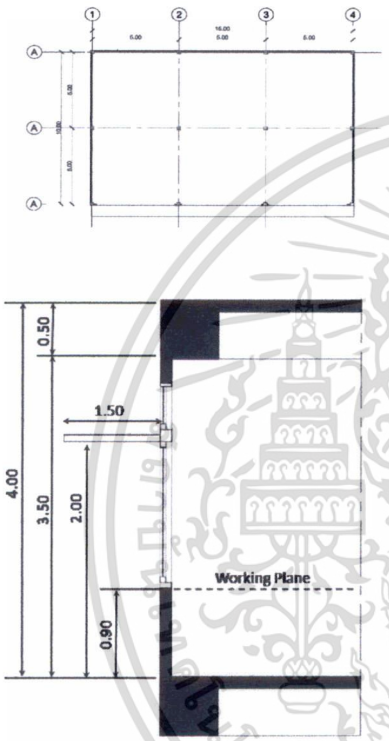
ผลการทดลองในเรื่องสีและวัสดุแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

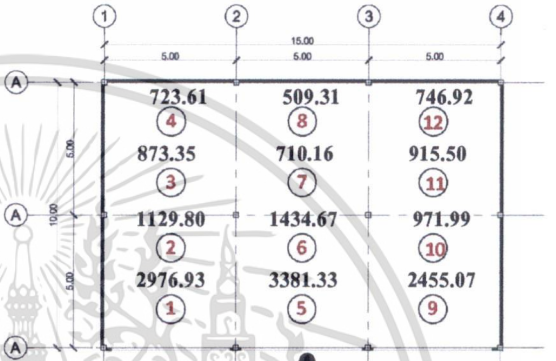
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

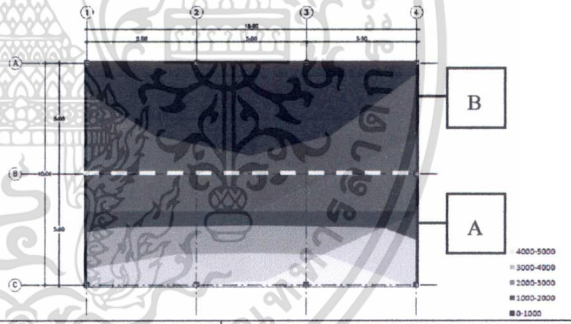
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



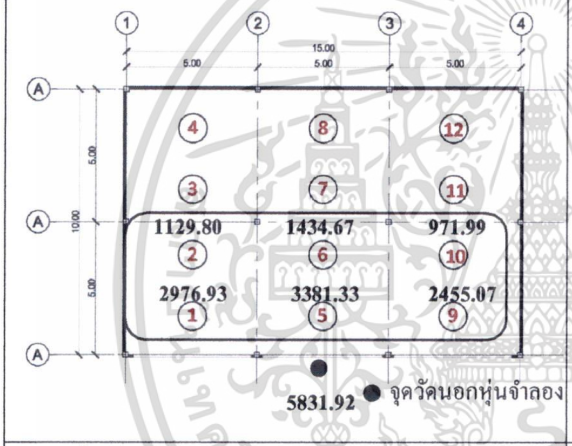
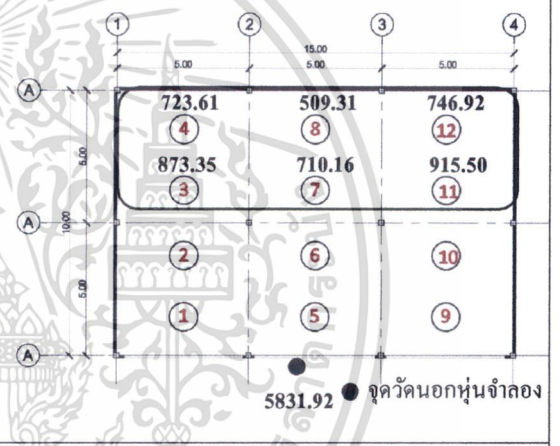
ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
8	509.31
9	2455.07
10	971.99
11	915.50
12	746.92
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1402.39
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	24 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซนA และโซน B

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2058.29 DF.= 35.29	ค่าเฉลี่ยโซน B = 746.47 DF.= 12.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)

2.1 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ความสูง 2.00 เมตร

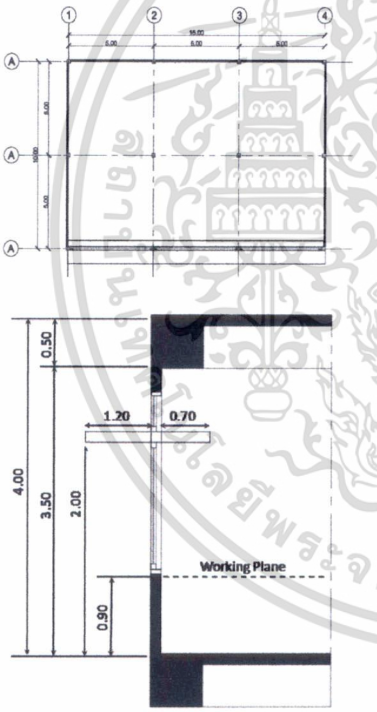
ตารางที่ 4.23 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบผสม (Combined Light Shelve)

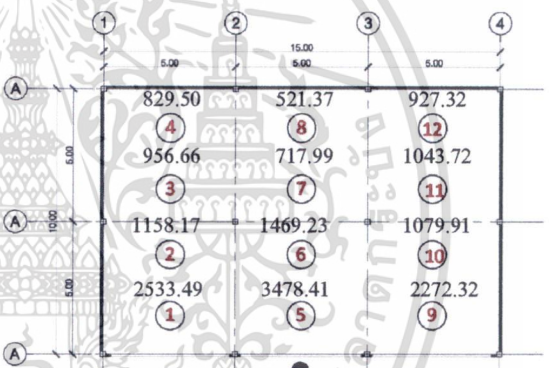
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

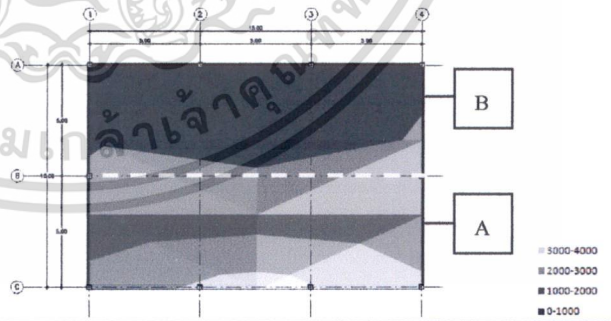


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2533.49
2	1158.17
3	956.66
4	829.50
5	3478.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

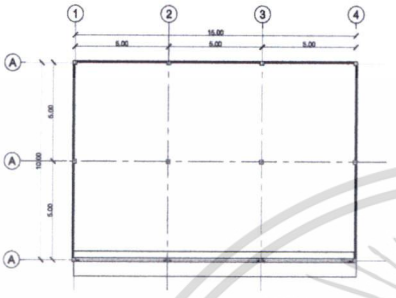
ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

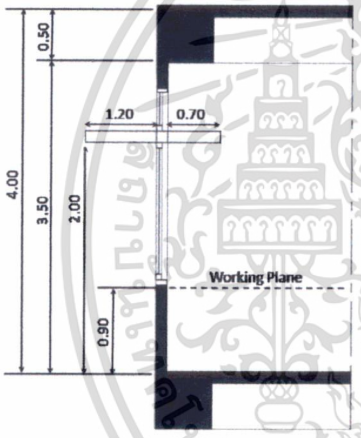
สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

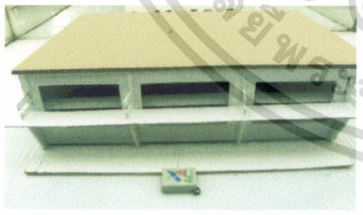
แบบผสม (Combined Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

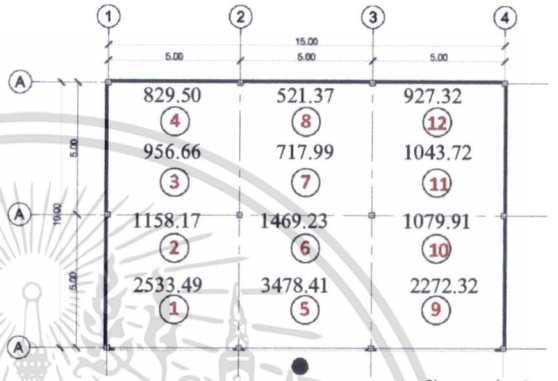




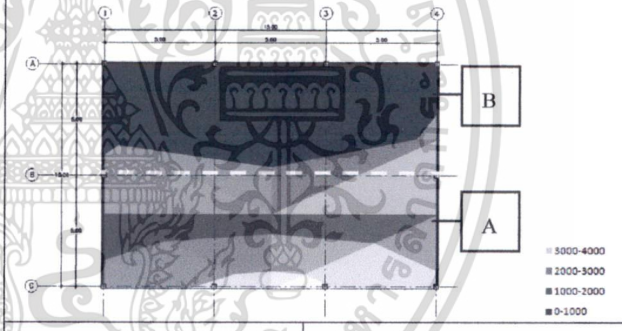


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี 5831.92 จุดวัดนอกหุ่นจำลอง

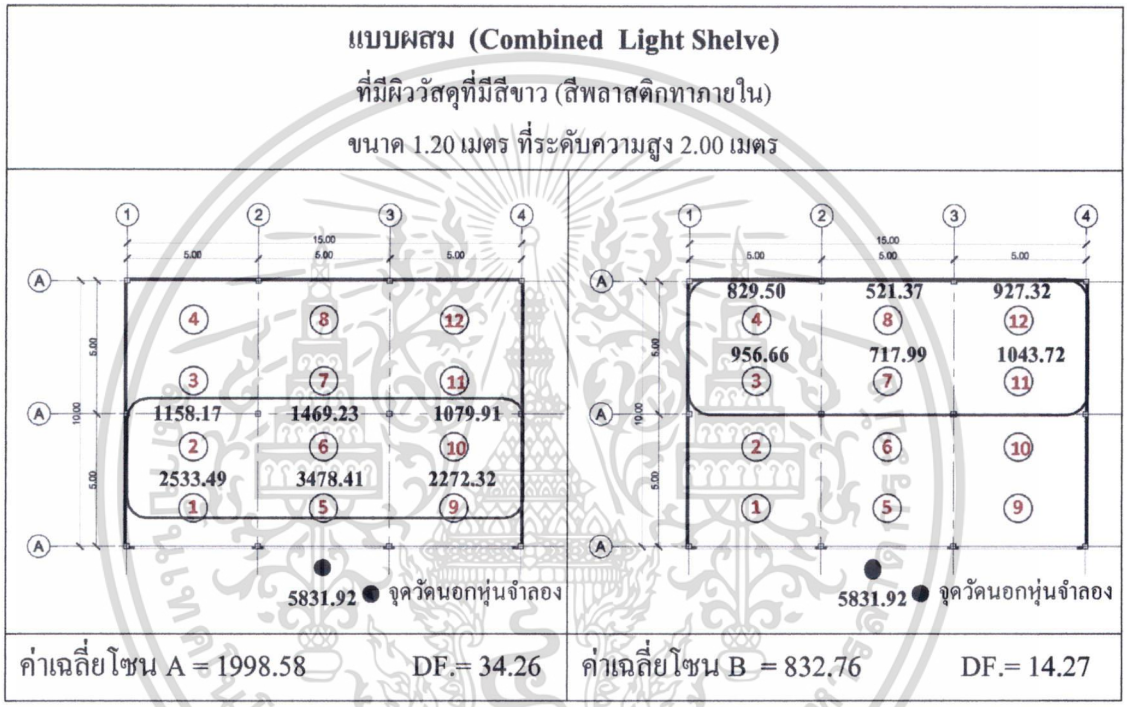


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
6	1469.23
7	717.99
8	521.37
9	2272.32
10	1079.91
11	1043.72
12	927.32
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1415.67
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	27 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.24 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

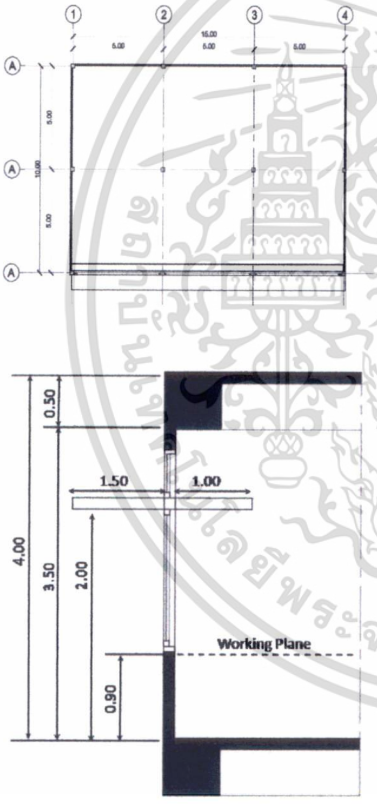


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

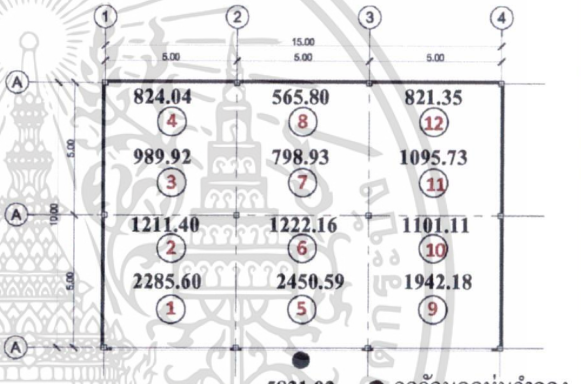
ตารางที่ 4.25 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)
แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

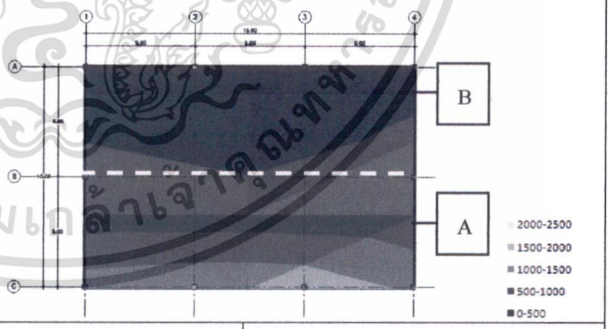


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2285.60
2	1211.40
3	989.92
4	824.04
5	2450.59
6	1222.16
7	798.93

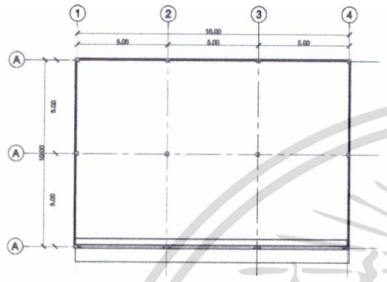
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

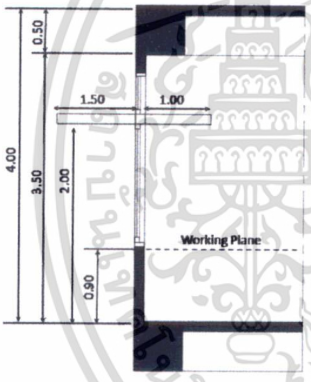
ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นของหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

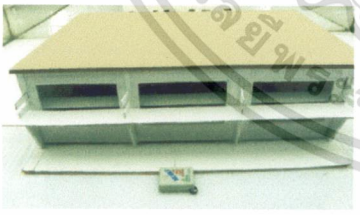
สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบผสม (Combined Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

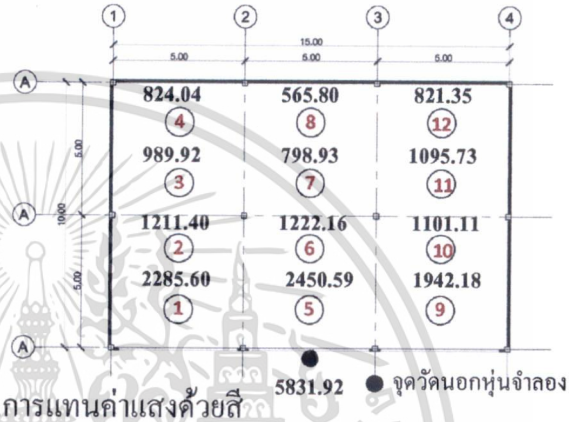




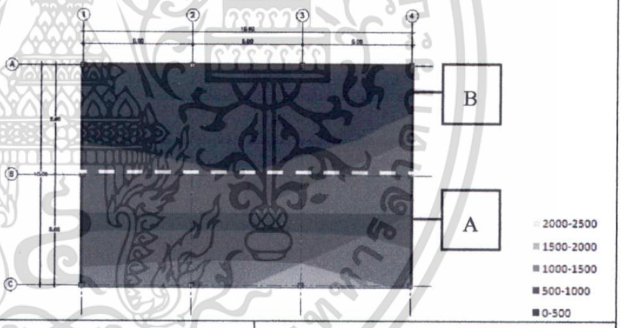


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

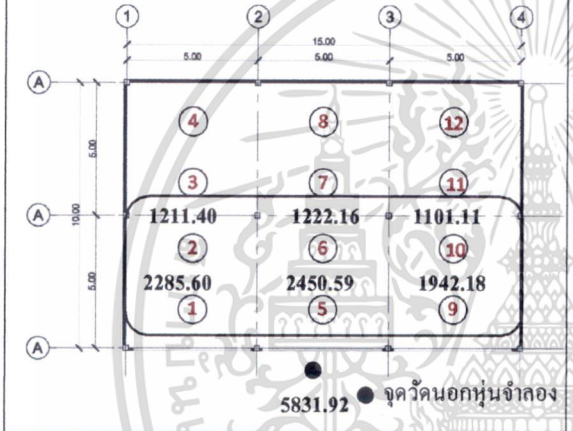
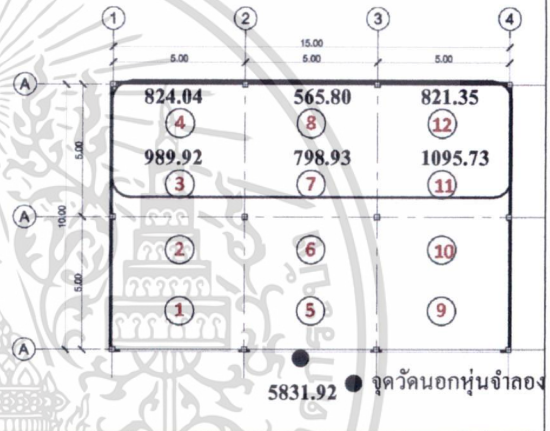


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
8	565.80
9	1942.18
10	1101.11
11	1095.73
12	821.35
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1275.73
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	22 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.26 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) ห้องชนิดที่มีการติดตั้งแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับ ความสูง 2.00 เมตร เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็น2 โซนคือ โซนA และ โซนB

แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 1702.17 DF.= 29.18	ค่าเฉลี่ยโซน B = 849.30 DF.= 14.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

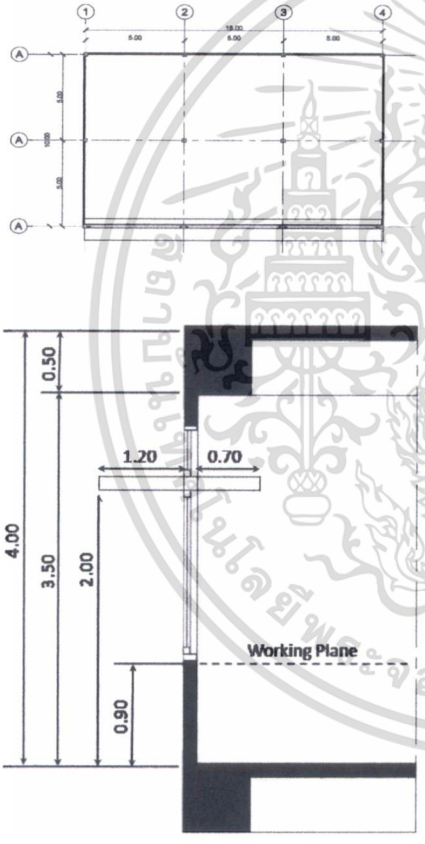
ตารางที่ 4.27 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

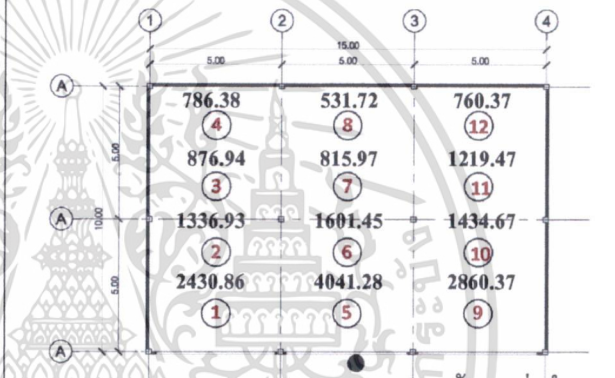
แบบผสม (Combined Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

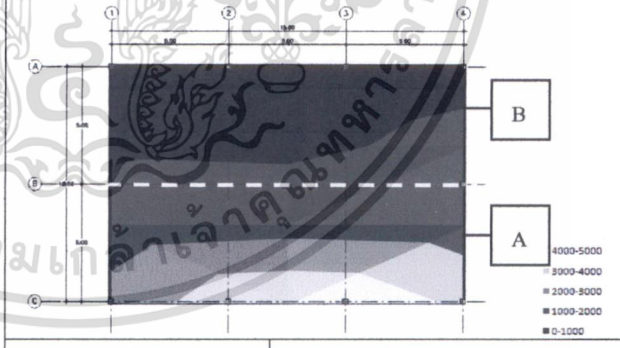
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2430.86
2	1336.93
3	876.94
4	786.38
5	4041.28
6	1601.45
7	815.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

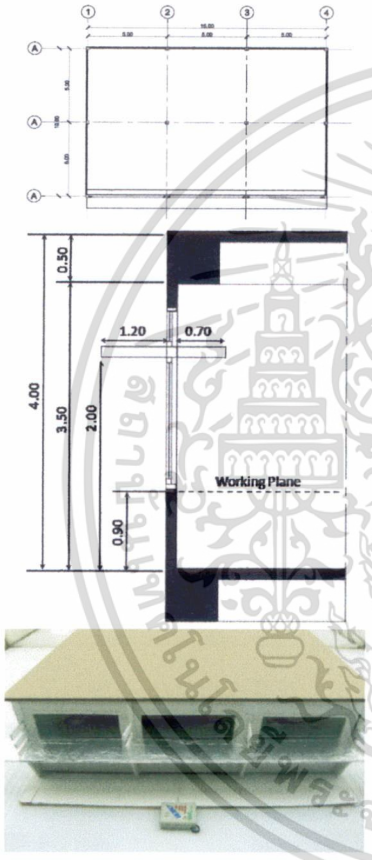
ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบผสม (Combined Light Shelve)

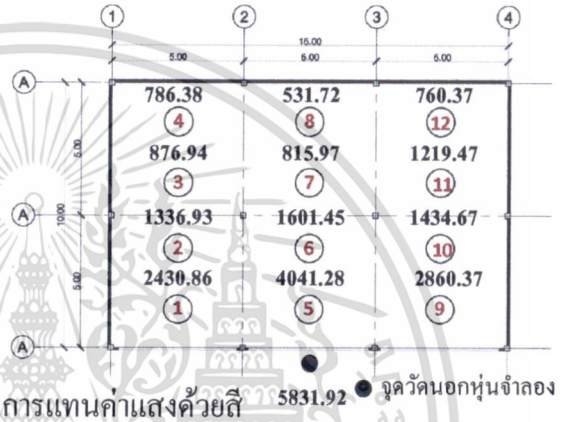
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

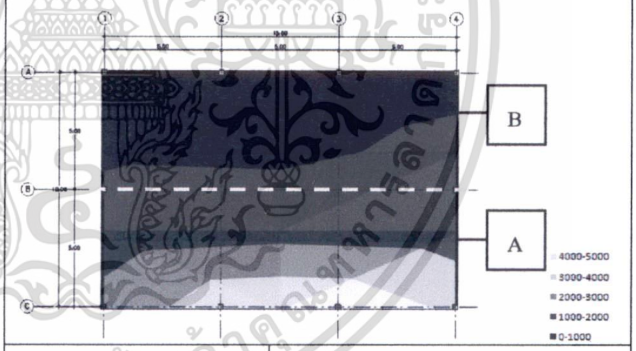


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

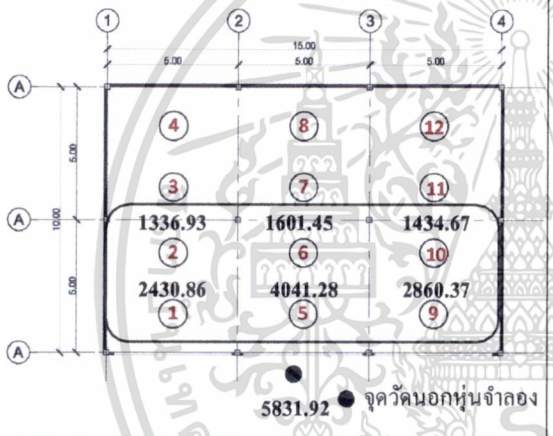
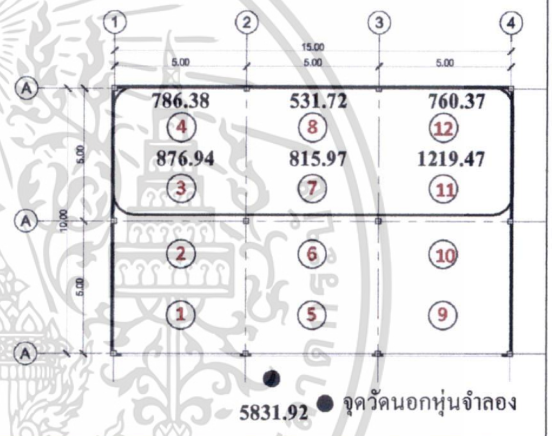


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
8	531.72
9	2860.37
10	1434.67
11	1219.47
12	760.37
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1558.03
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	26 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.28 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2284.26 DF.= 39.16	ค่าเฉลี่ยโซน B = 831.80 DF.= 14.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ผลการทดลองในเรื่องรูปแบบและระยะยื่นแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

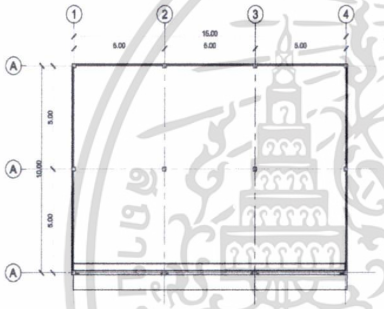
ตารางที่ 4.29 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

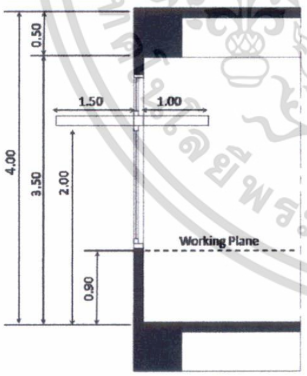
สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบผสม (Combined Light Shelve)

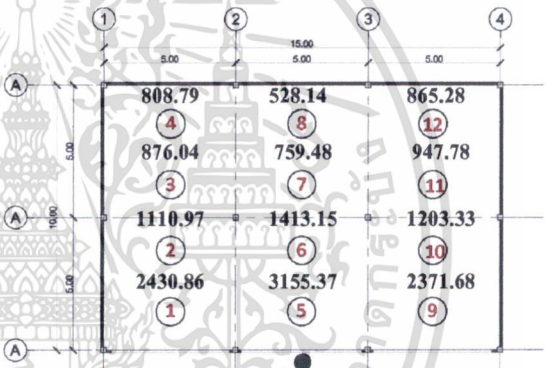
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

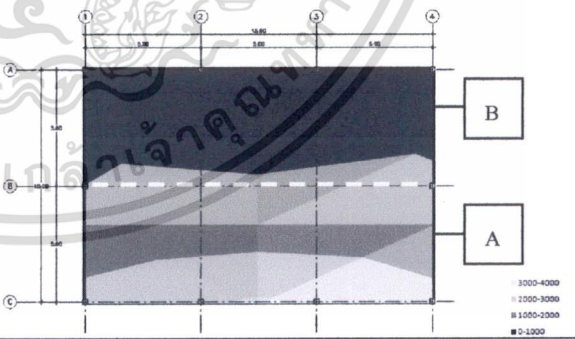




1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2430.86
2	1110.97
3	876.04
4	808.79
5	3155.37
6	1413.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

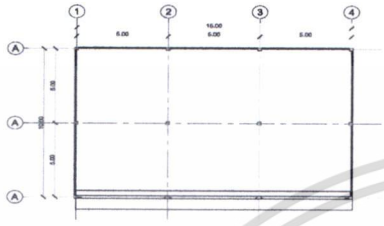
ผลการทดลองในเรื่องสีและวัสดุแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

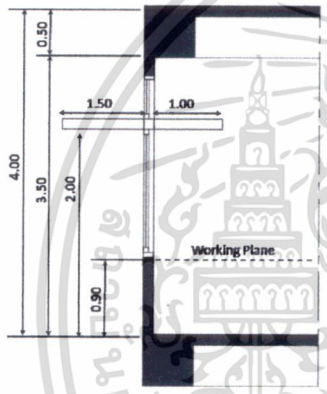
สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบผสม (Combined Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

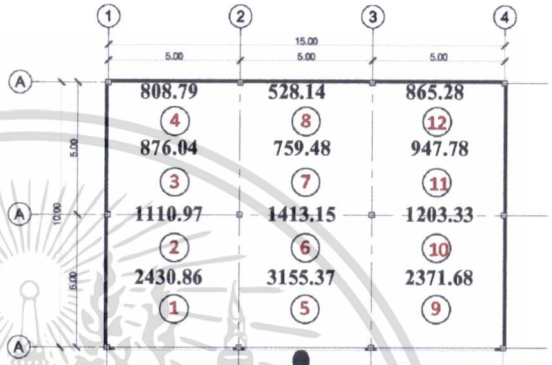
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



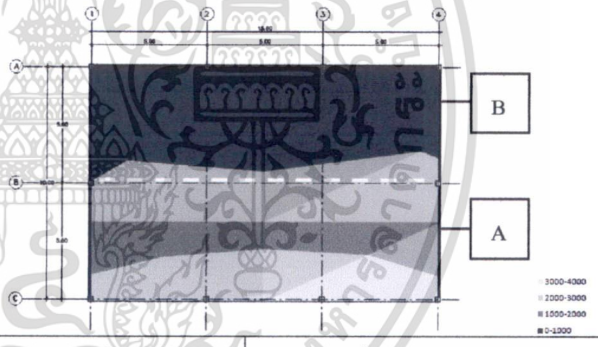


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

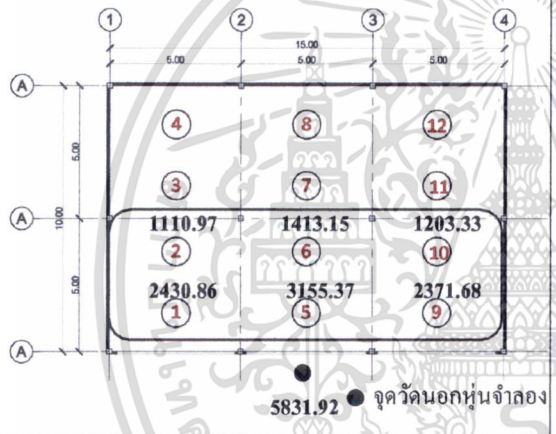
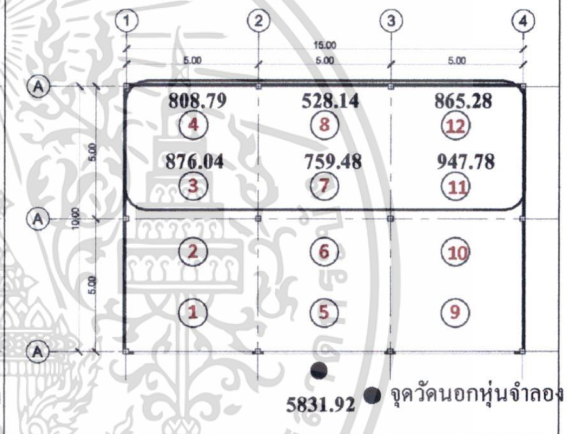


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
7	759.48
8	528.14
9	2371.68
10	1203.33
11	947.78
12	865.28
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1372.57
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	23 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.30 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 1947.56 DF.= 33.39	ค่าเฉลี่ยโซน B = 797.58 DF.= 13.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การทดลองเพื่อหาระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.00 เมตร ดังต่อไปนี้

1.หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

1.1 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

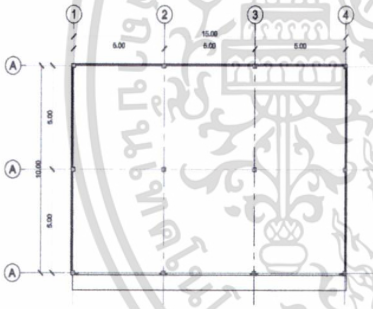
ตารางที่ 4.31 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

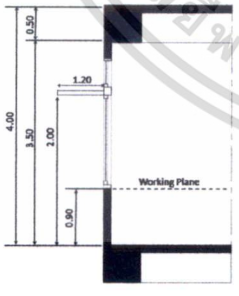
ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

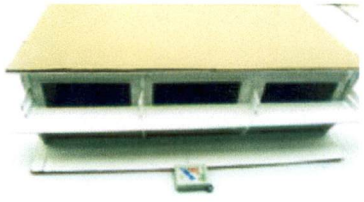
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

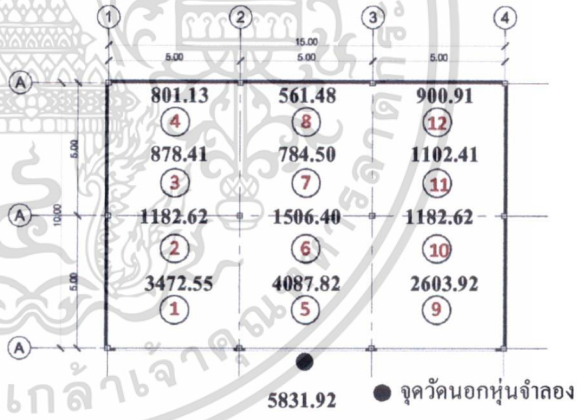




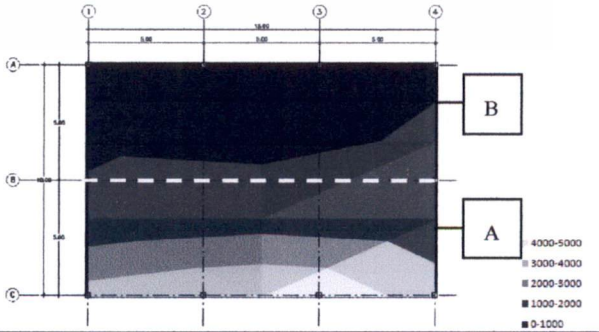


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	3472.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

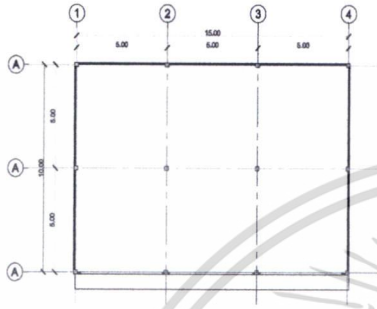
ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

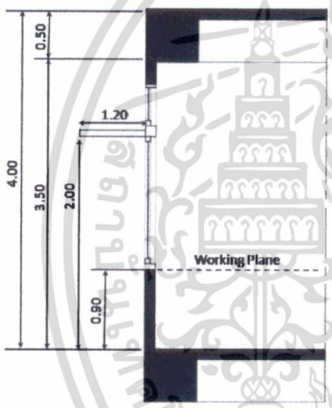
ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

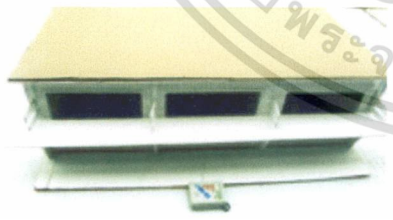
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

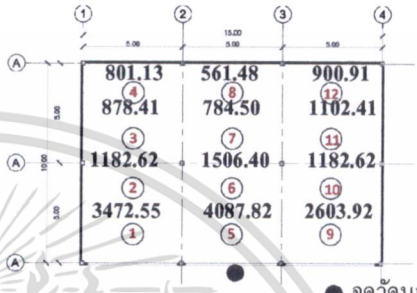






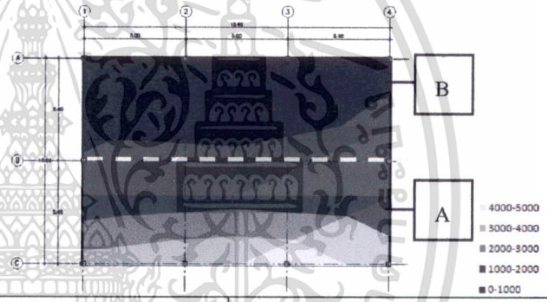
ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



● จุดวัดนอกหุ่นจำลอง

2.การแทนค่าแสงด้วยสี 5831.92

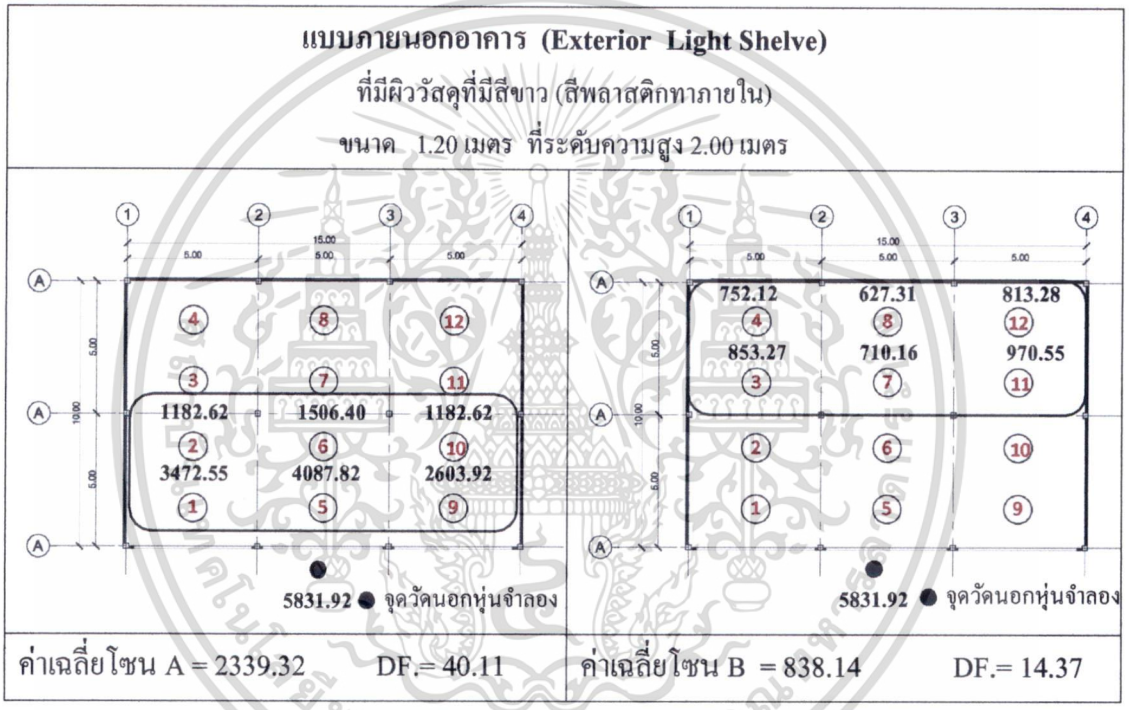


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
2	1182.62
3	878.41
4	801.13
5	4087.82
6	1506.40
7	784.50
9	2603.92
10	1182.62
11	1102.41
12	900.91
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1588.73
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	27 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านในโดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.32 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B



ค่าเฉลี่ยโซน A = 2339.32	DF.= 40.11	ค่าเฉลี่ยโซน B = 838.14	DF.= 14.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

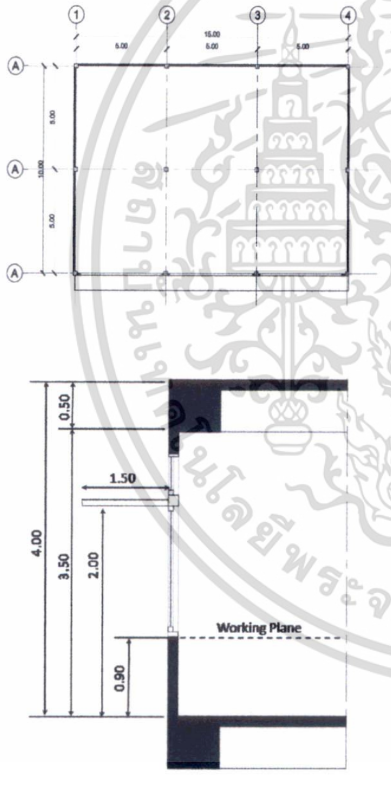
ตารางที่ 4.33 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

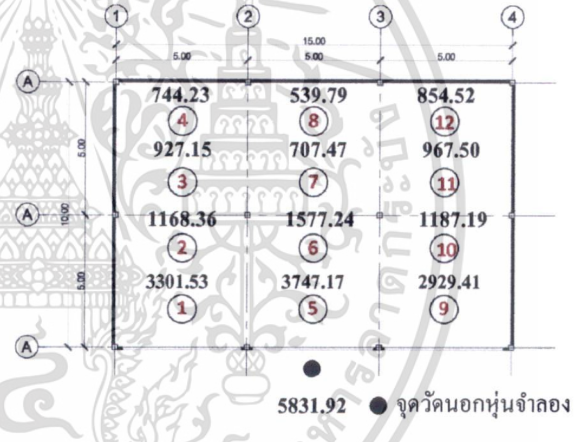
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)

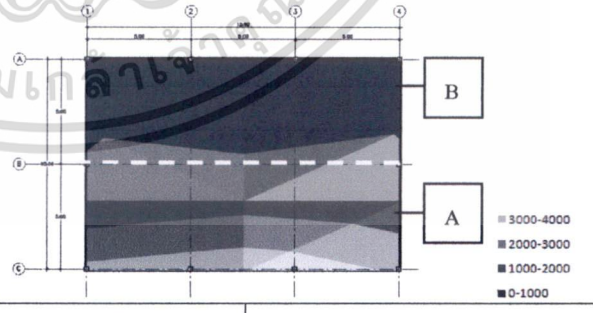
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	3301.53
2	1168.36
3	927.15
4	744.23
5	3747.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

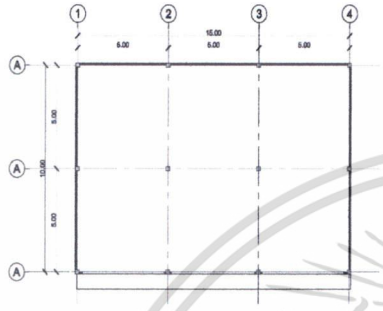
ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

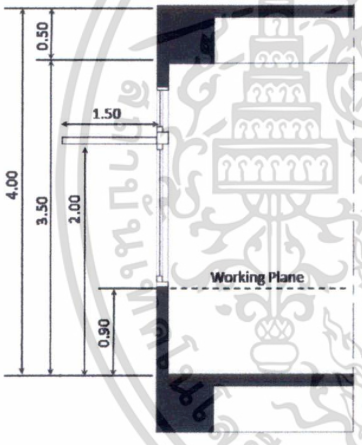
ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

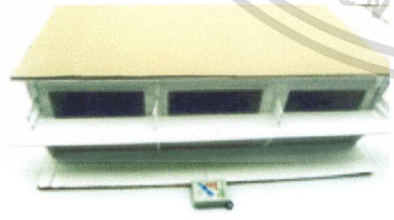
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

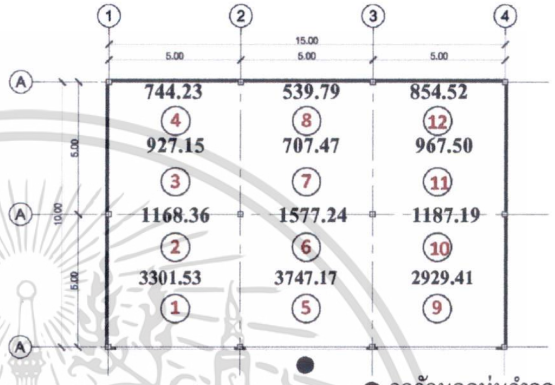




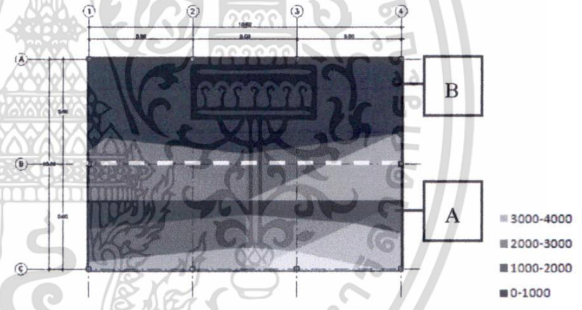


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



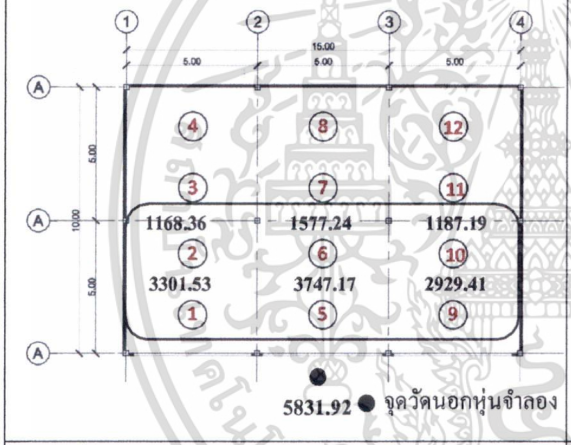
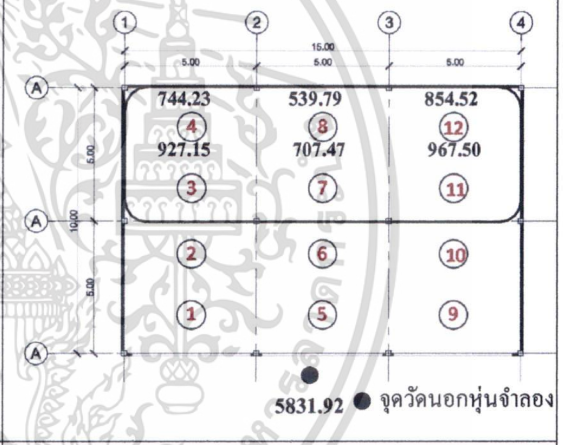
ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
6	1577.24
7	707.47
8	539.79
9	2929.41
10	1187.19
11	967.50
12	854.52

- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1554.30
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	26 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.34 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2318.48 DF.= 39.75	ค่าเฉลี่ยโซน B = 790.11 DF.= 13.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

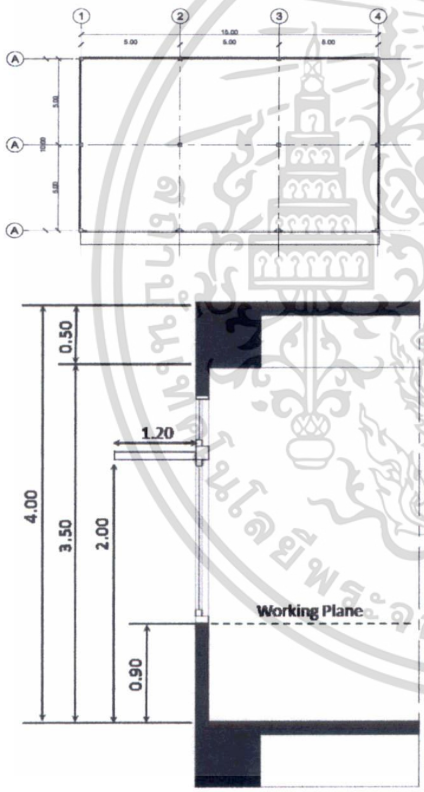
ตารางที่ 4.35 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

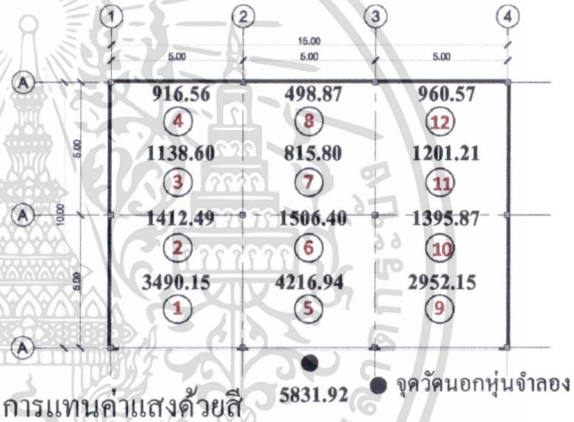
ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

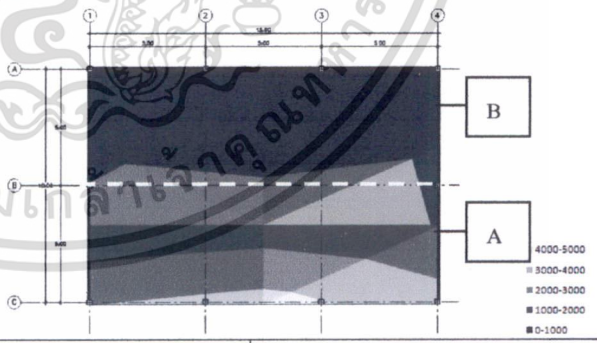


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	3490.15
2	1412.49
3	1138.60
4	916.56
5	4216.94
6	1506.40

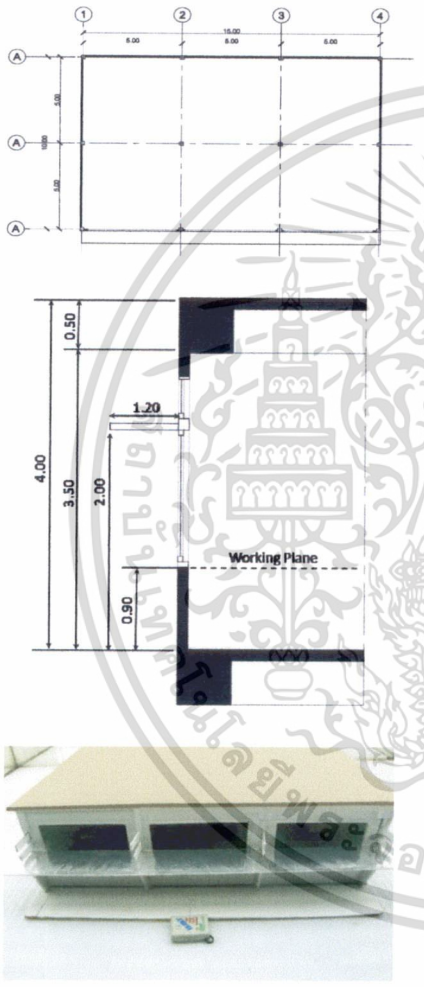
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

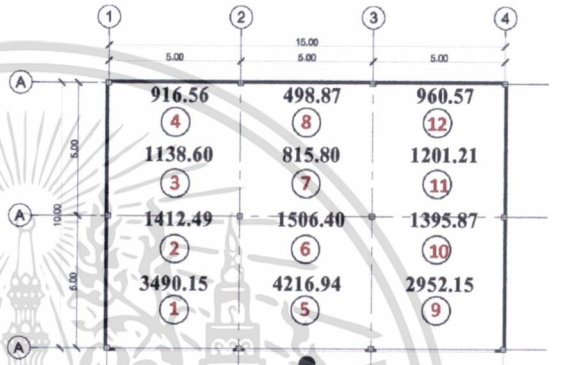
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง : ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

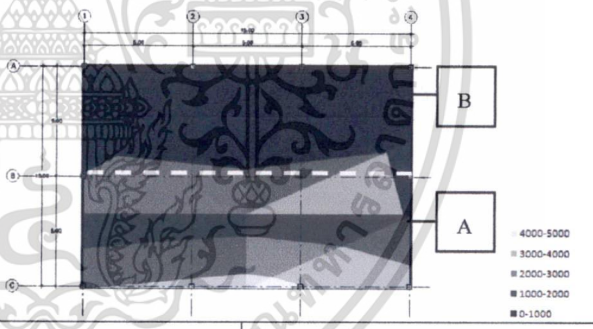


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

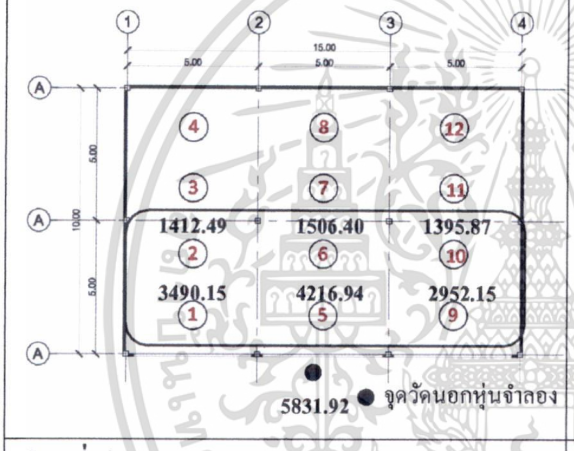
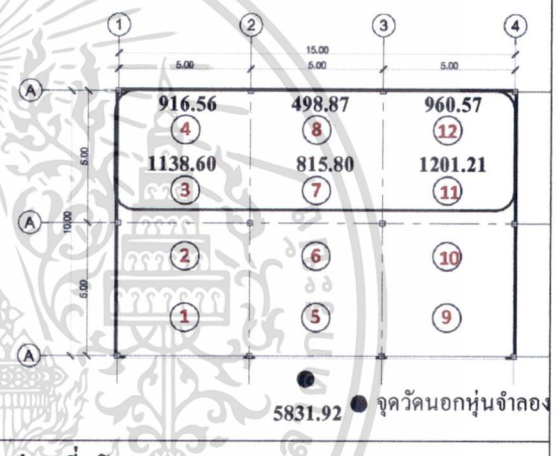


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
7	815.80
8	498.87
9	2952.15
10	1395.87
11	1201.21
12	960.57
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1708.80
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	29 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านในโดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.36 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2495.66 DF.= 42.79	ค่าเฉลี่ยโซน B = 921.93 DF.= 15.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

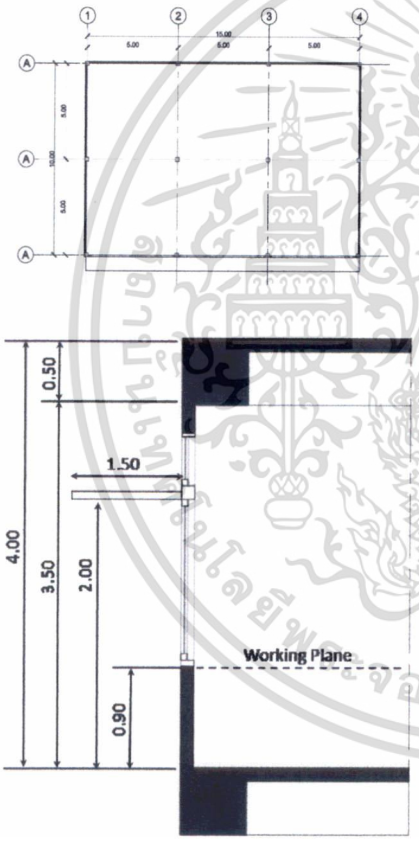
ตารางที่ 4.37 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

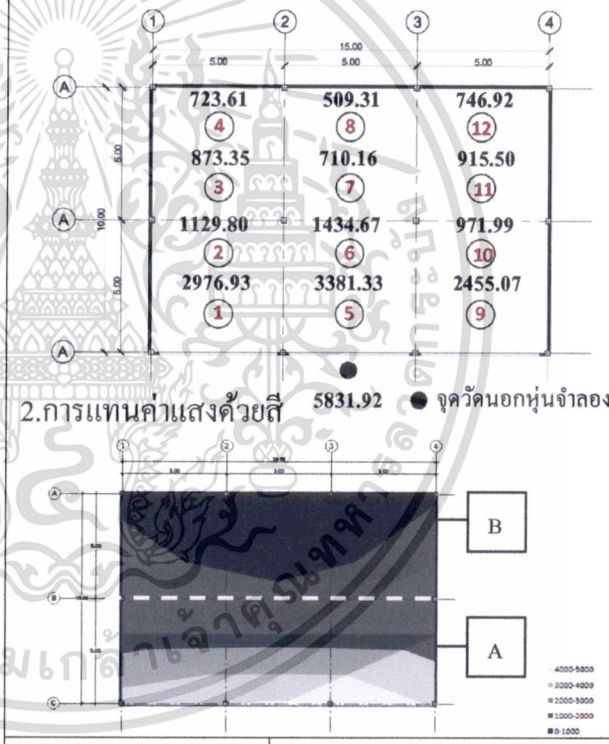
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

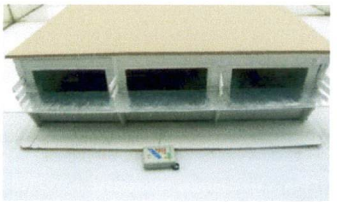
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2976.93
2	1129.80
3	873.35
4	723.61
5	3381.33
6	1434.67
7	710.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

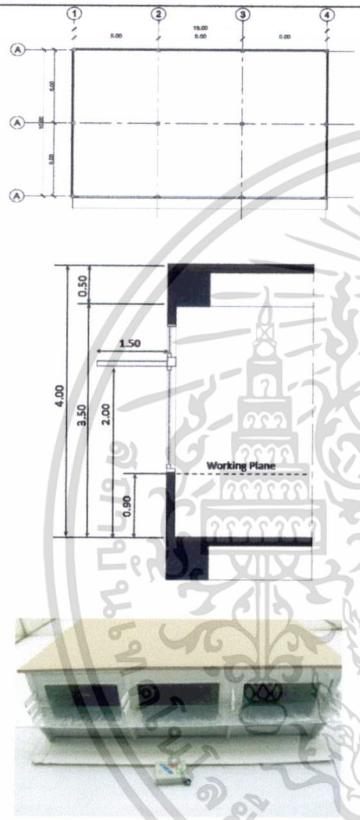
ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

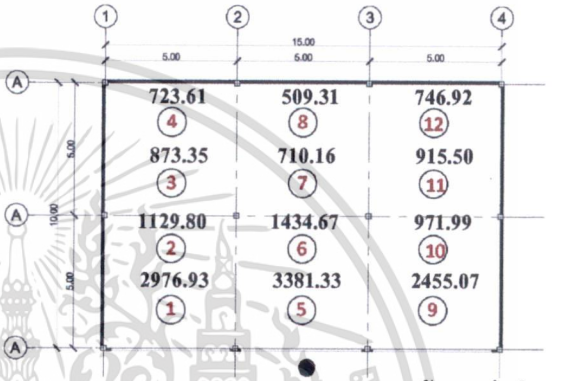
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

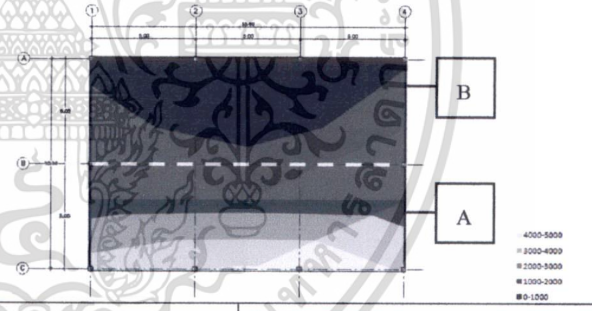


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี 5831.92 จุดวัดนอกหุ่นจำลอง



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
8	509.31
9	2455.07
10	971.99
11	915.50
12	746.92
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1402.39
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	24 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

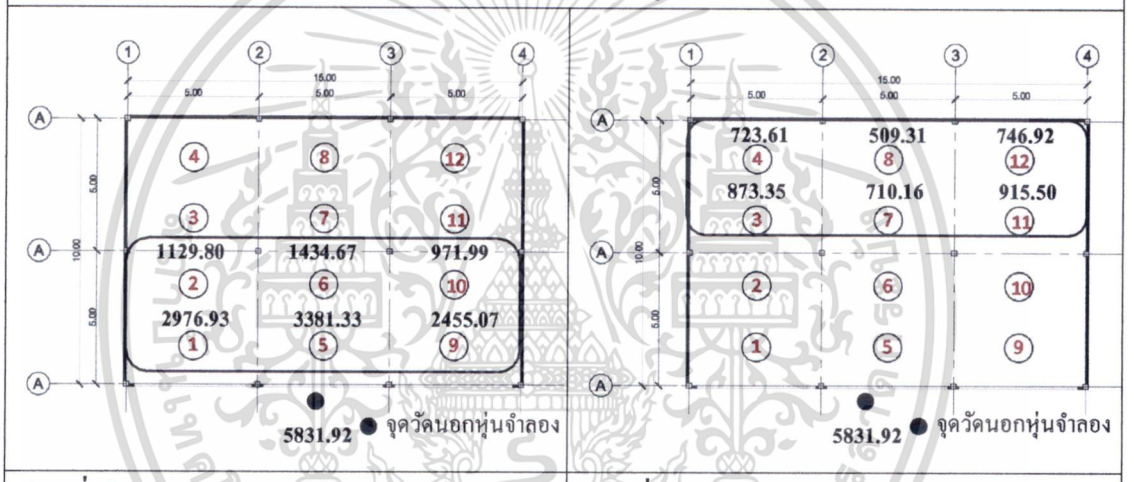
เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.38 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



ค่าเฉลี่ยโซน A = 2058.29 DF.= 35.29	ค่าเฉลี่ยโซน B = 746.47 DF.= 12.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

ตารางที่ 4.39 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

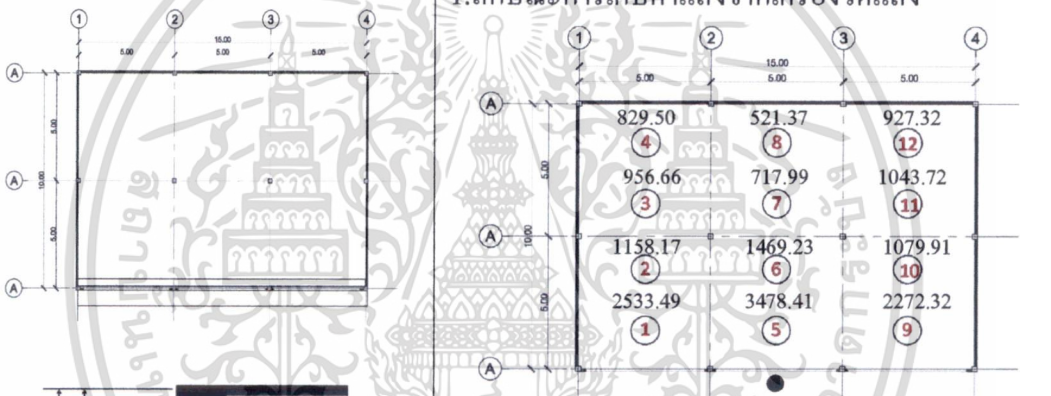
ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบผสม (Combined Light Shelve)

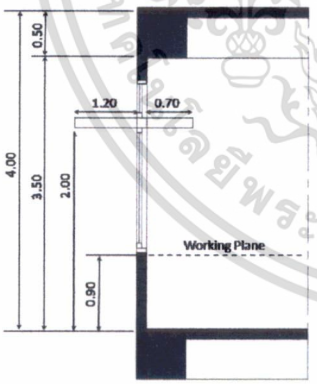
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)

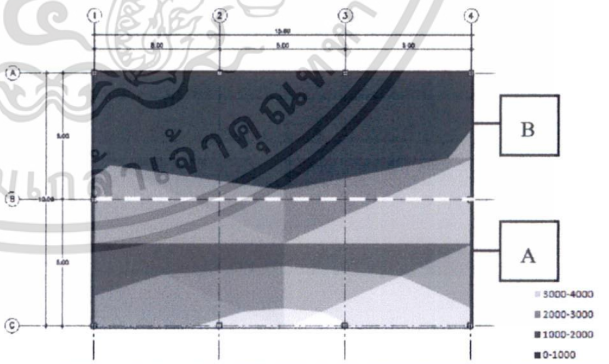
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

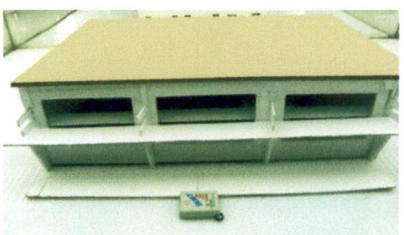
1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี







ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2533.49
2	1158.17
3	956.66
4	829.50
5	3478.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

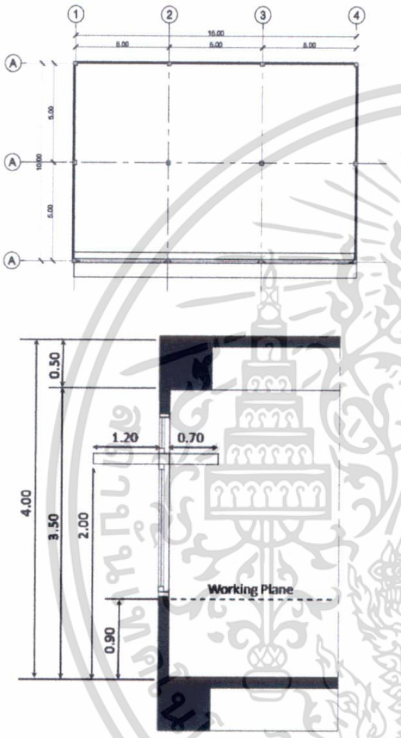
ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบผสม (Combined Light Shelve)

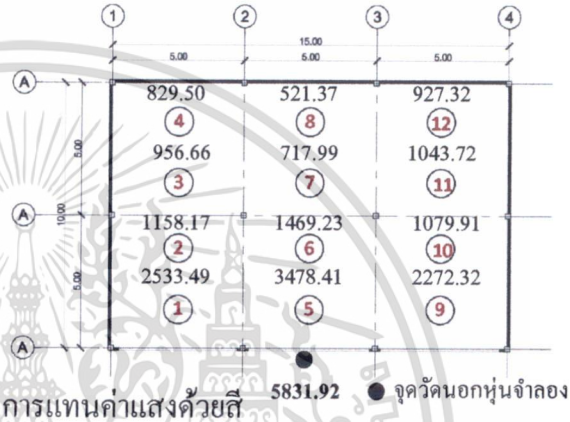
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

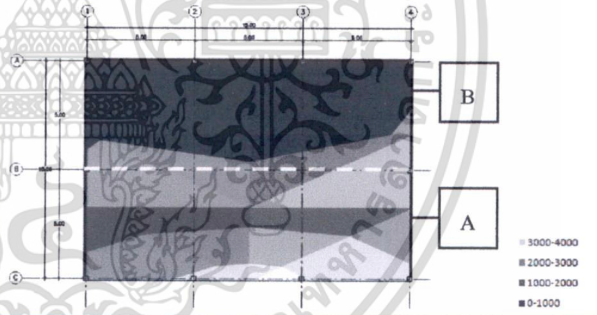


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

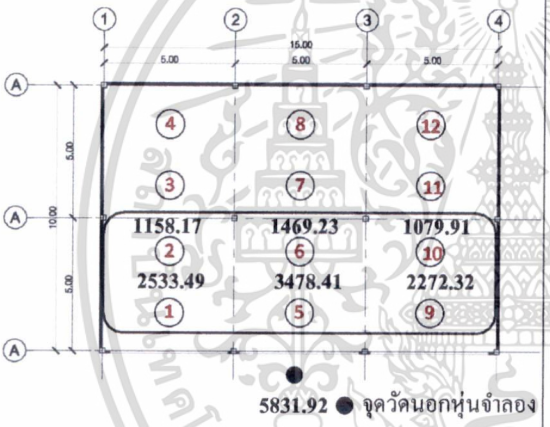
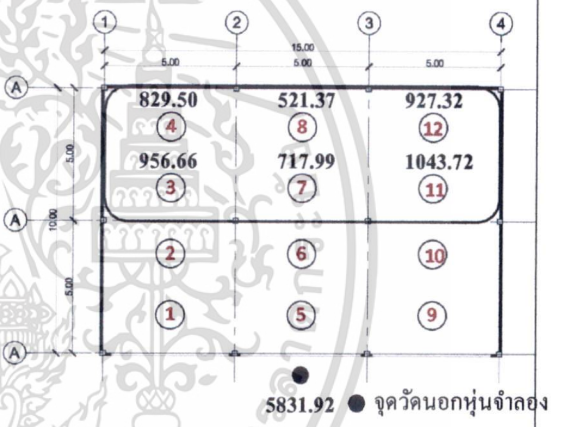


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
6	1469.23
7	717.99
8	521.37
9	2272.32
10	1079.91
11	1043.72
12	927.32
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1415.67
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	27 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านในโดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.40 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.)เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 1998.58 DF.= 34.26	ค่าเฉลี่ยโซน B = 832.76 DF.= 14.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

ตารางที่ 4.41 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

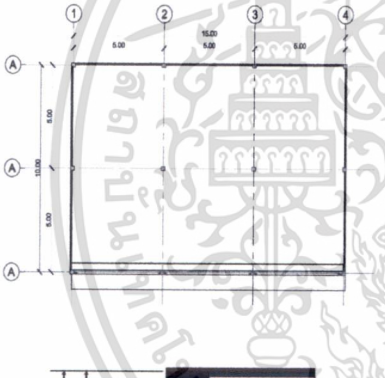
ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

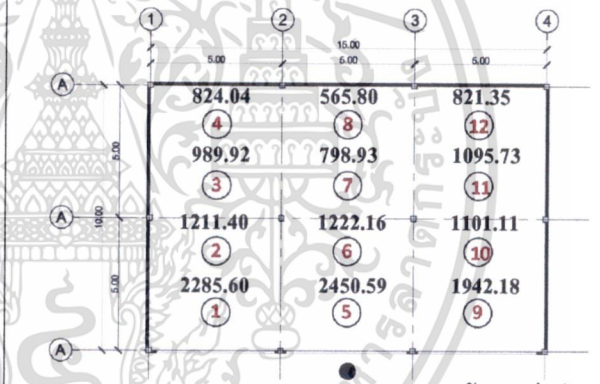
แบบผสม (Combined Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)

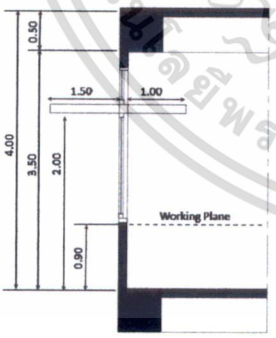
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

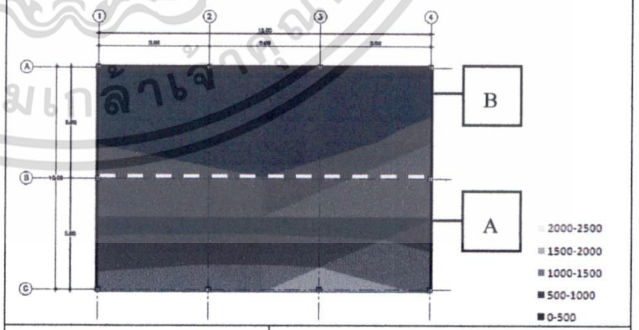
1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง

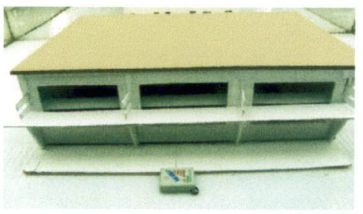




2.การแทนค่าแสงด้วยสี







ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2285.60
2	1211.40
3	989.92
4	824.04
5	2450.59

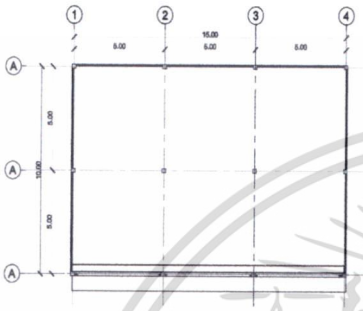
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

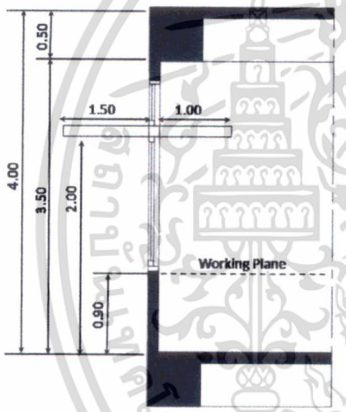
ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบผสม (Combined Light Shelve)

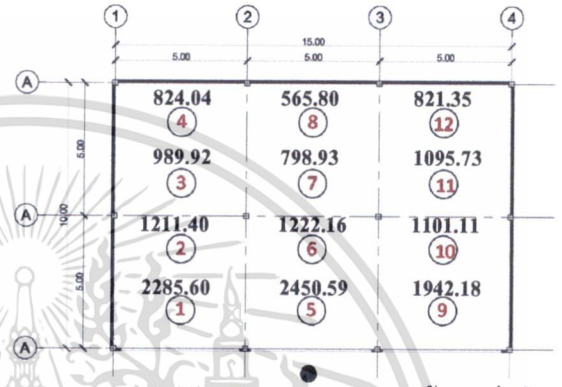
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



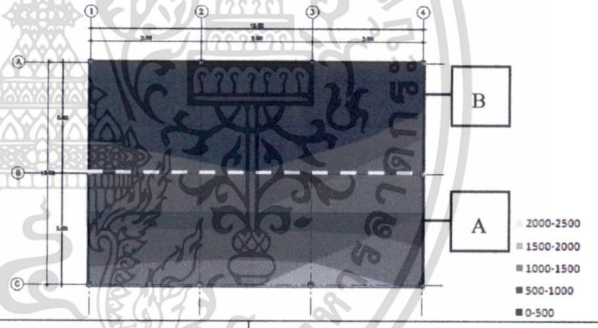


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี 5831.92 ● จุดวัดนอกหุ่นจำลอง

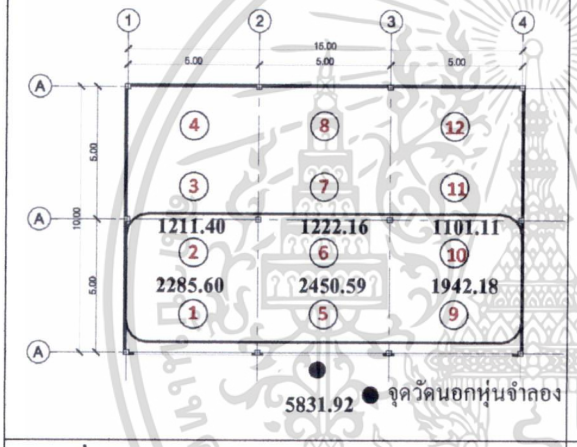
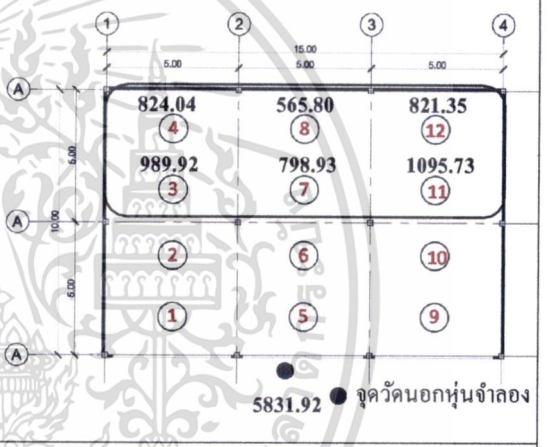


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
6	1222.16
7	798.93
8	565.80
9	1942.18
10	1101.11
11	1095.73
12	821.35
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1275.73
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	22 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านในโดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.42 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนแบบผสม (Combined Light Shelve)ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็น2 โซนคือ โซนA และ โซนB

แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 1702.17 DF.= 29.18	ค่าเฉลี่ยโซน B = 849.30 DF.= 14.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

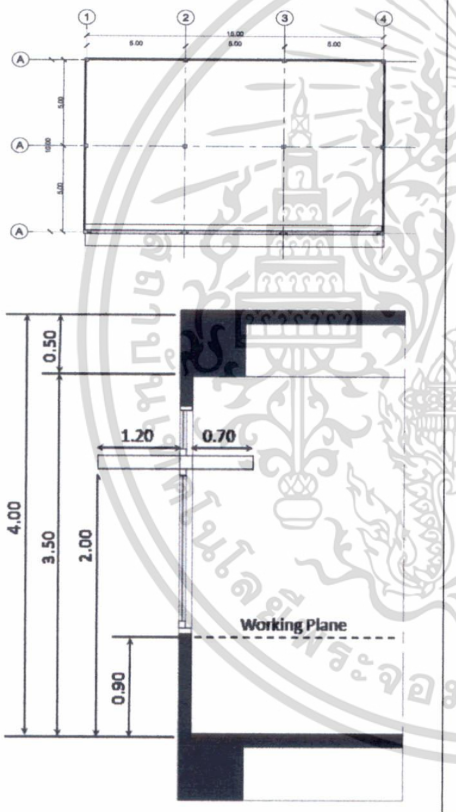
ตารางที่ 4.39 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

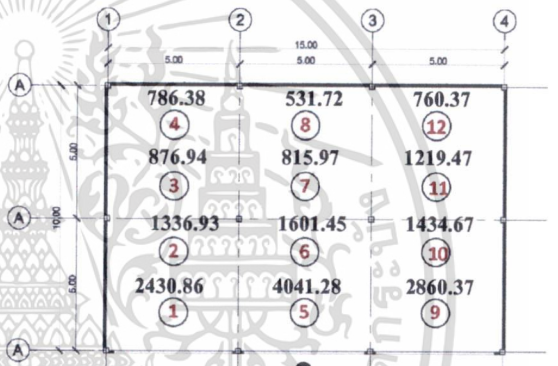
แบบผสม (Combined Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

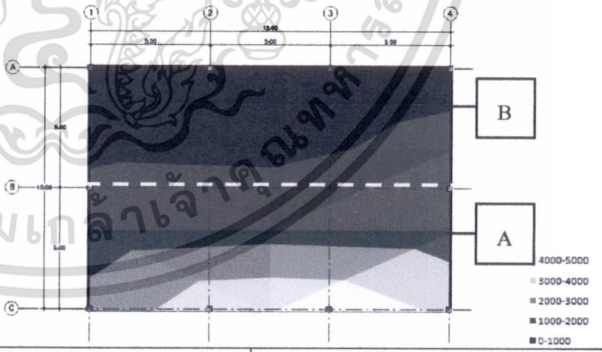
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2430.86
2	1336.93
3	876.94
4	786.38
5	4041.28
6	1601.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

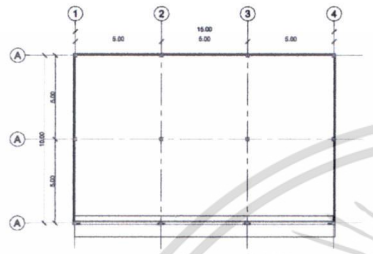
ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

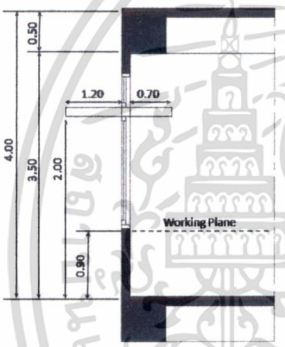
ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบผสม (Combined Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

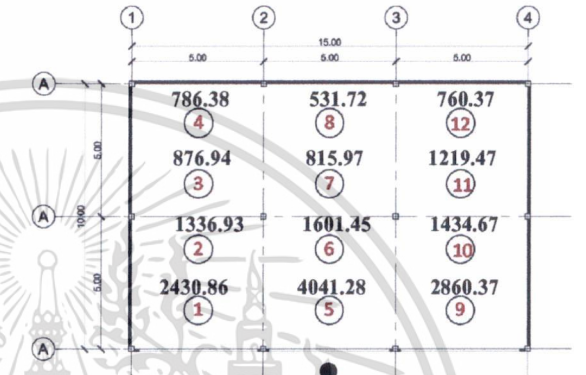
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



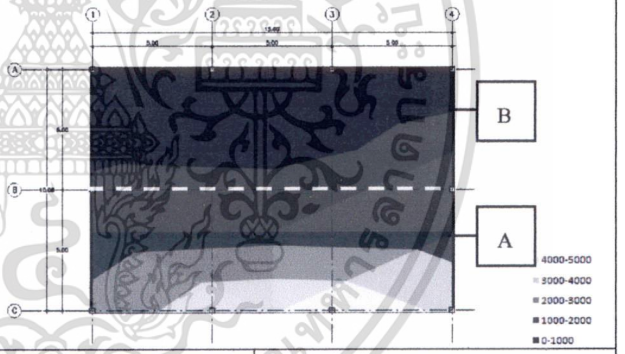


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

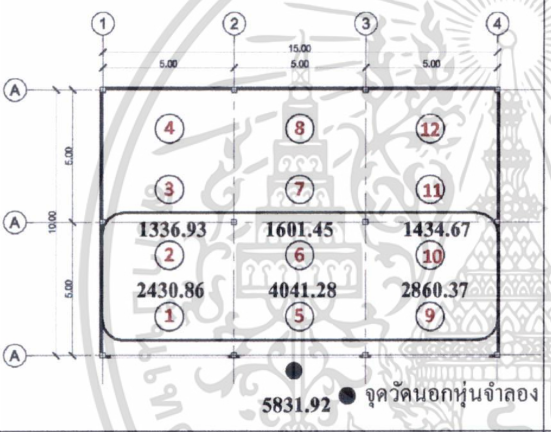
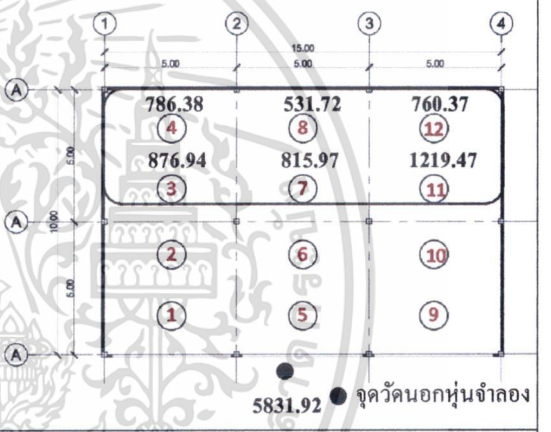


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
7	815.97
8	531.72
9	2860.37
10	1434.67
11	1219.47
12	760.37
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1558.03
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	26 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.40 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2284.26 DF.= 39.16	ค่าเฉลี่ยโซน B = 831.80 DF.= 14.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ผลการทดลองในเรื่องสีและวัสดุแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

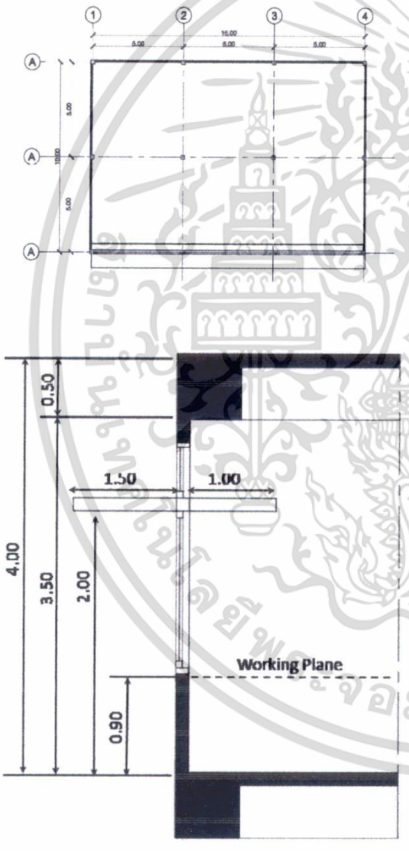
ตารางที่ 4.41 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบผสม (Combined Light Shelve)

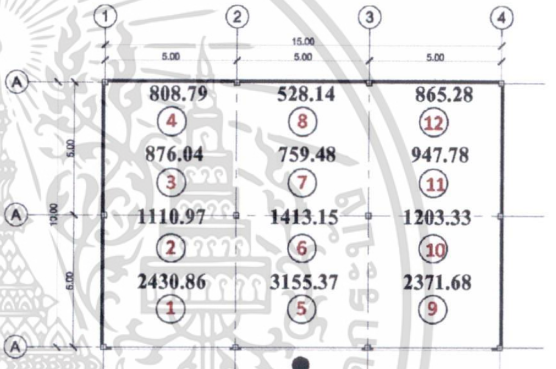
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

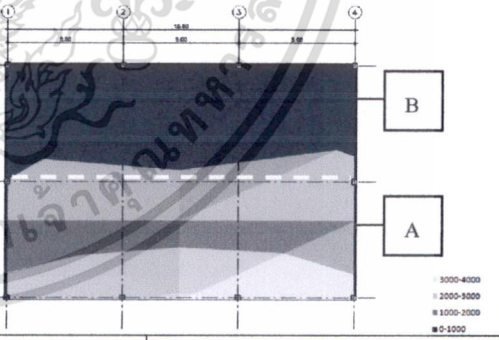


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2430.86
2	1110.97
3	876.04
4	808.79
5	3155.37
6	1413.15
7	759.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

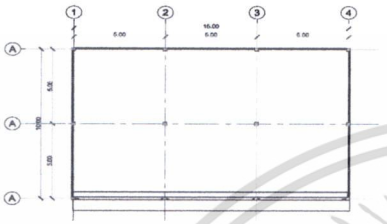
ผลการทดลองในเรื่องสีและวัสดุแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

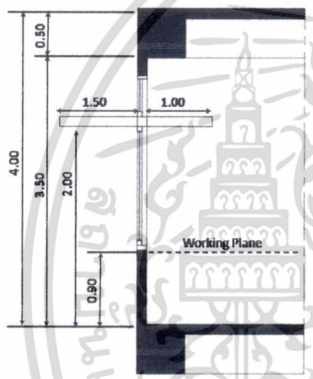
ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

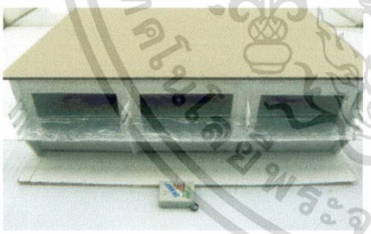
แบบผสม (Combined Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

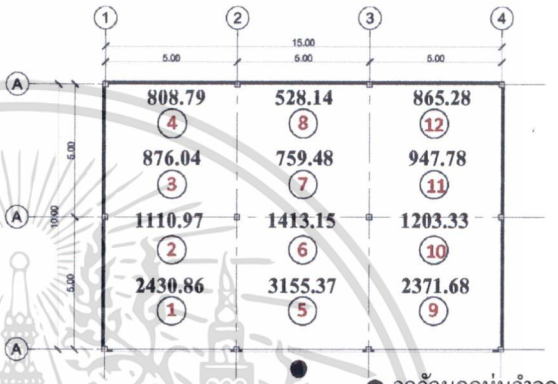




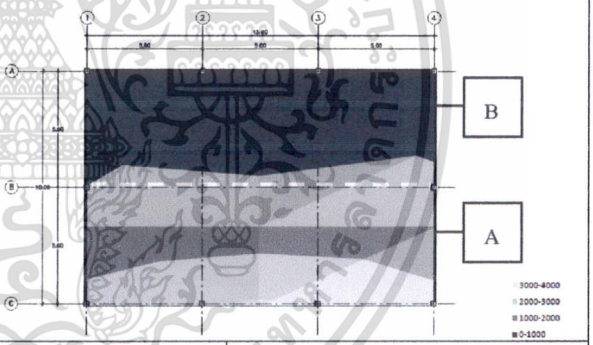


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

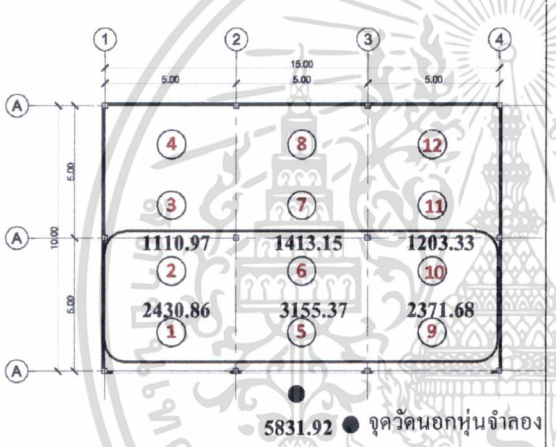
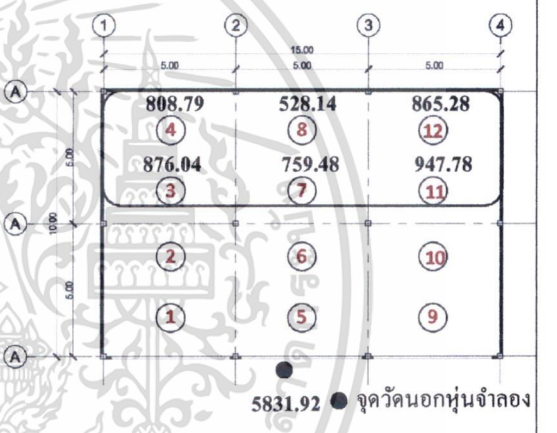


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
8	528.14
9	2371.68
10	1203.33
11	947.78
12	865.28
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1372.57
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	23 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.42 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 1947.56 DF.= 33.39	ค่าเฉลี่ยโซน B = 797.58 DF.= 13.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร ดังต่อไปนี้

1.หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

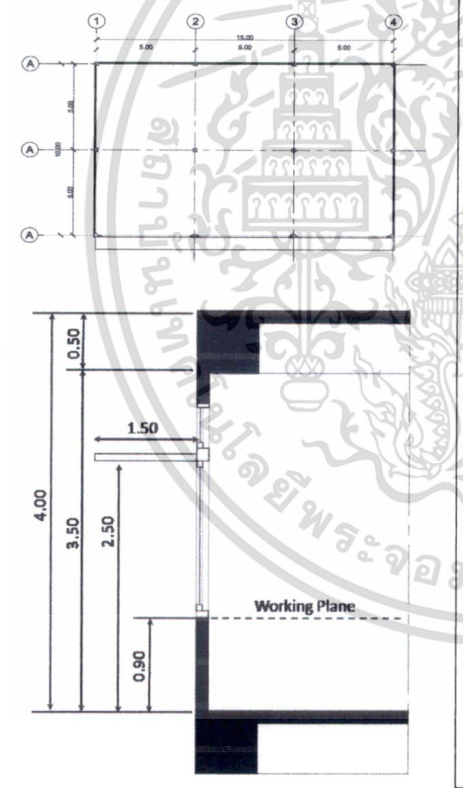
1.1 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

ตารางที่ 4.43 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

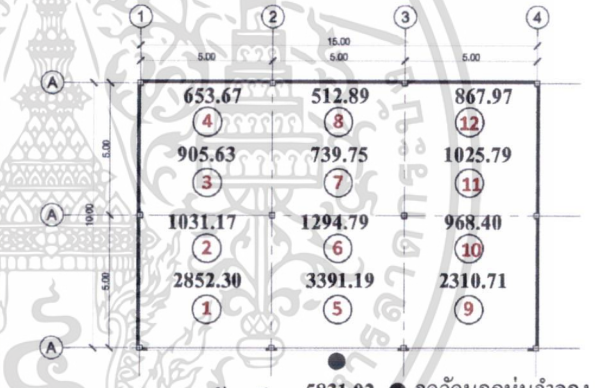
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

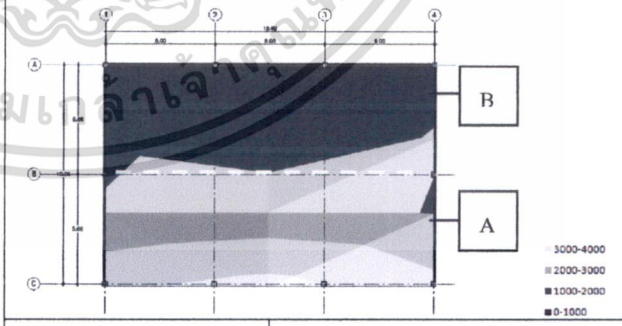


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2852.30
2	1031.17
3	905.63
4	653.67
5	3391.19

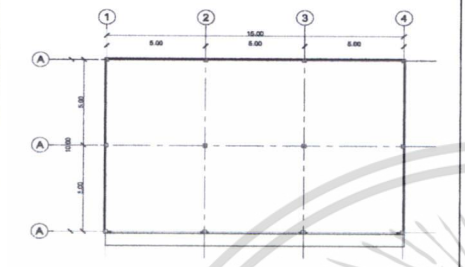
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

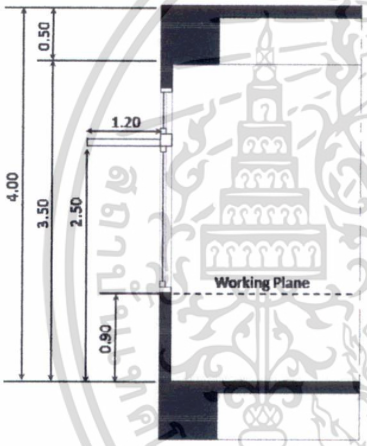
ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร (ต่อ)

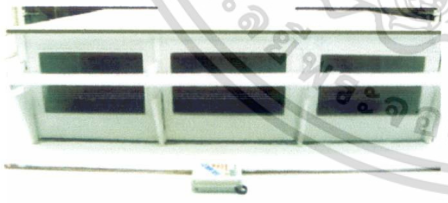
ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) : ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

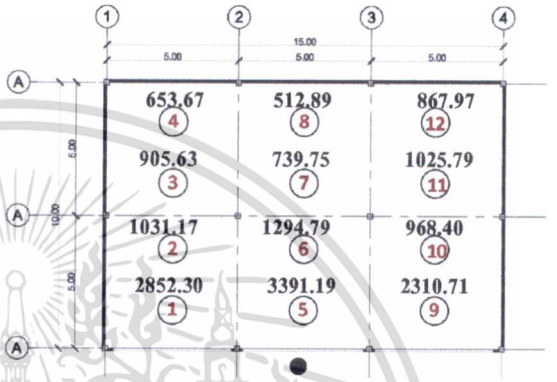






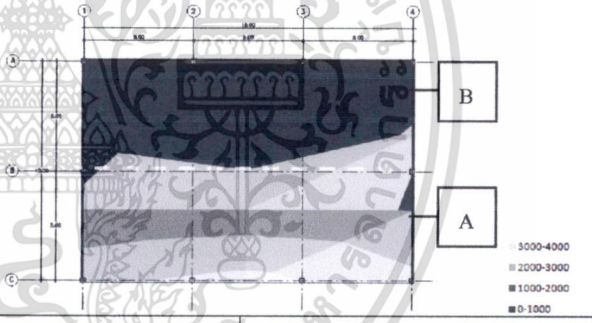
ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



5831.92 ● จุดวัดนอกหุ่นจำลอง

2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
6	1294.79
7	739.75
8	512.89
9	2310.71
10	968.40
11	1025.79
12	867.97
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1379.52
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	23 %

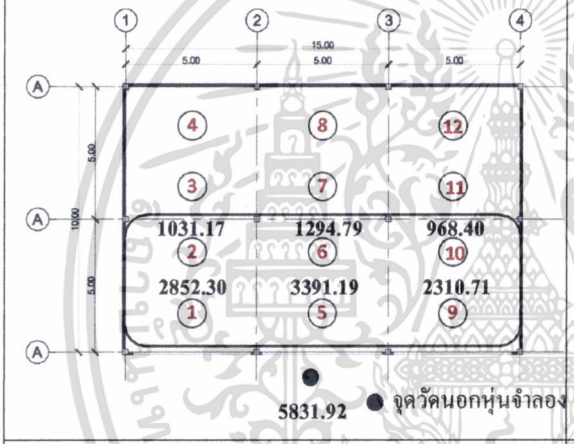
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

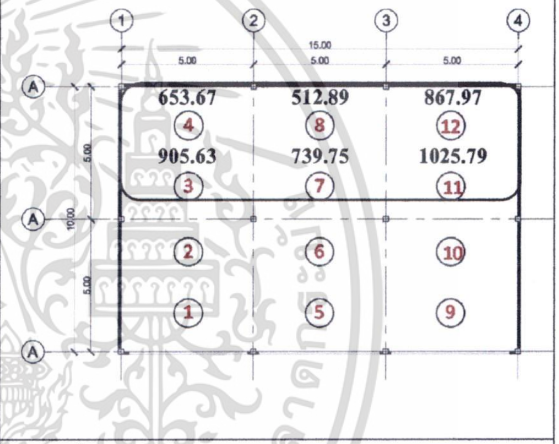
เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านในโดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.44 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร





ค่าเฉลี่ยโซน A = 1974.76	DF.= 33.86	ค่าเฉลี่ยโซน B = 784.28	DF.= 13.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

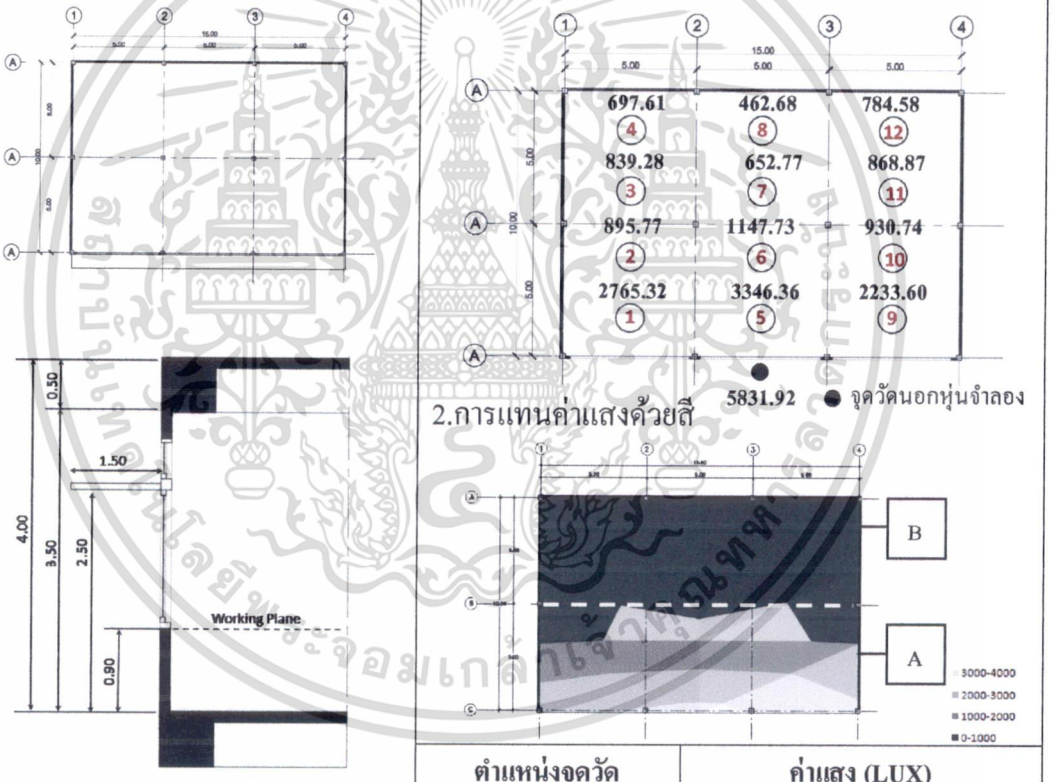
ตารางที่ 4.45 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2765.32
2	895.77
3	839.28
4	697.61
5	3346.36
6	1147.73
7	652.77

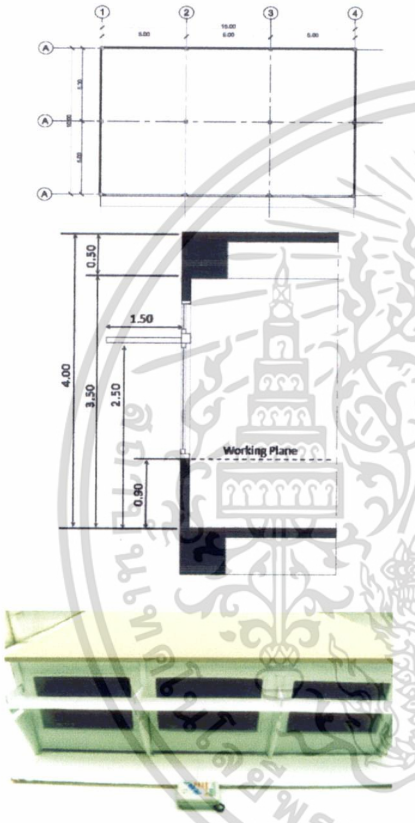
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร (ต่อ)

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

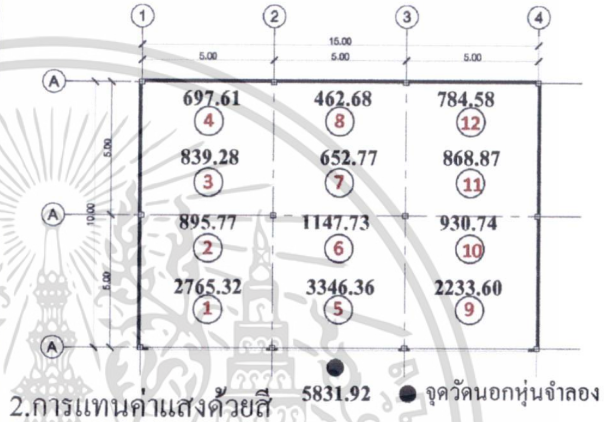
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

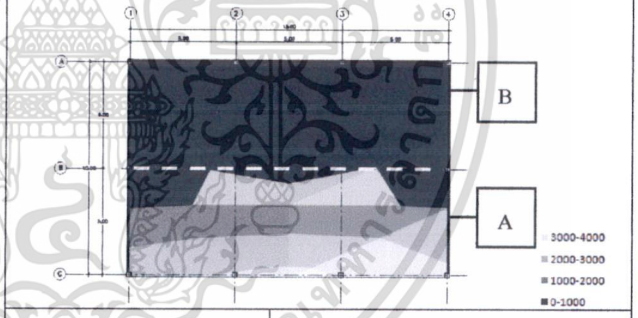


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

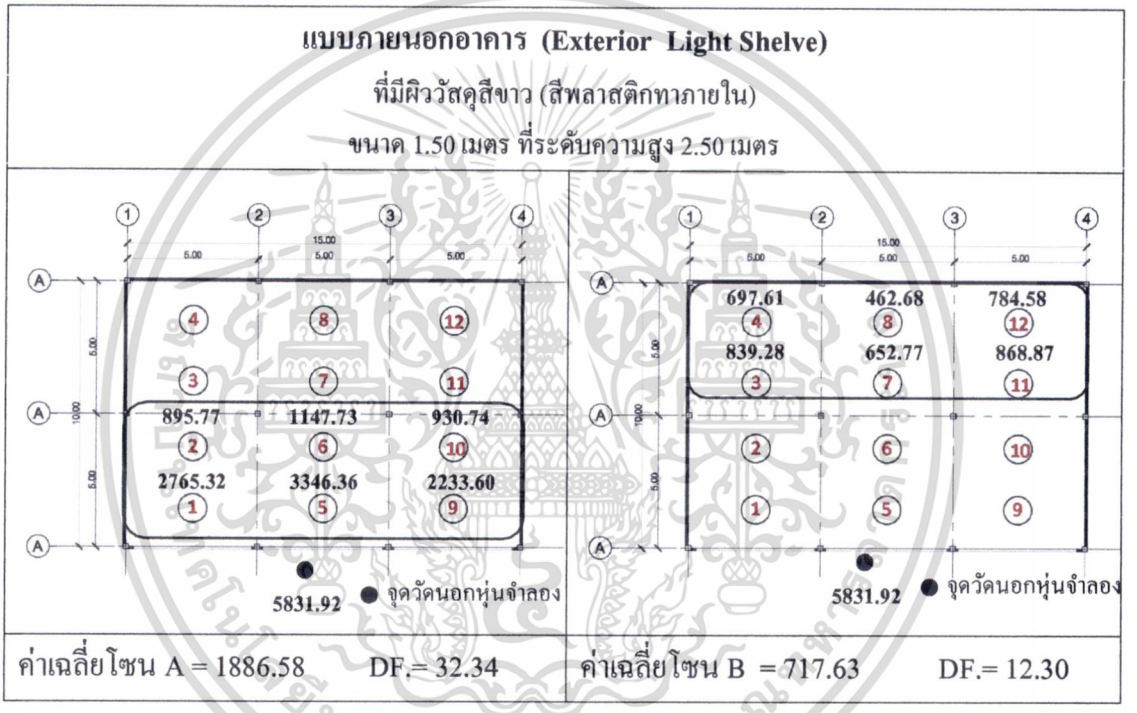


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
8	462.68
9	2233.60
10	930.74
11	868.87
12	784.58
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1302.11
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	21 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านในโดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.46 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

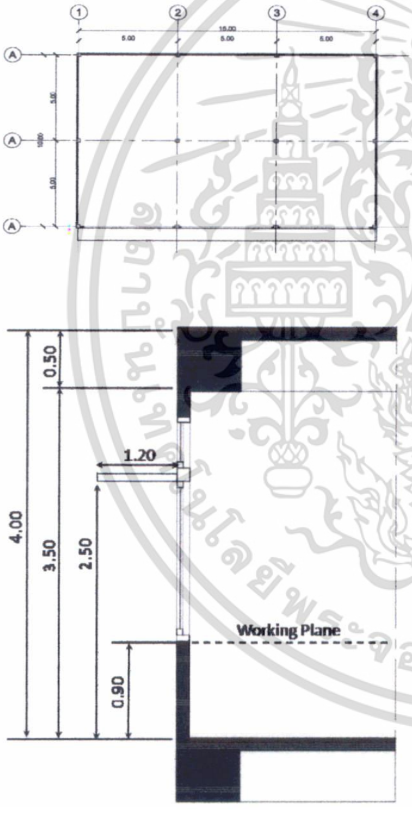
ตารางที่ 4.47 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

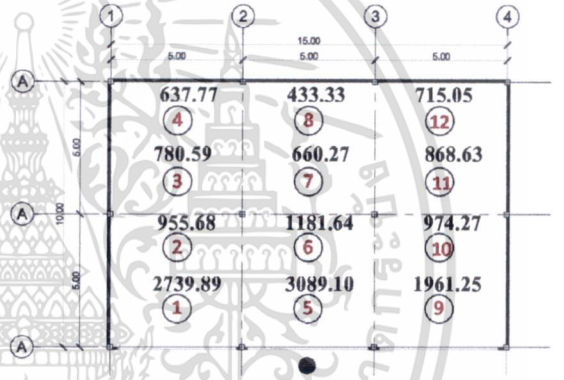
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง

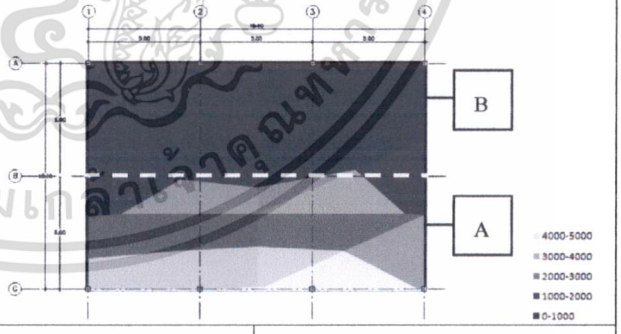
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร



1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2739.89
2	955.68
3	780.59
4	637.77
5	3089.10
6	1181.64

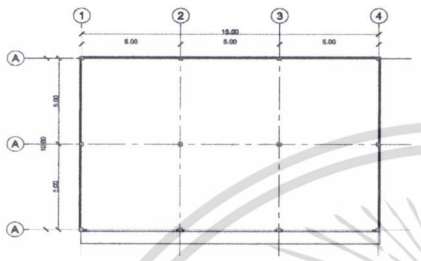
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

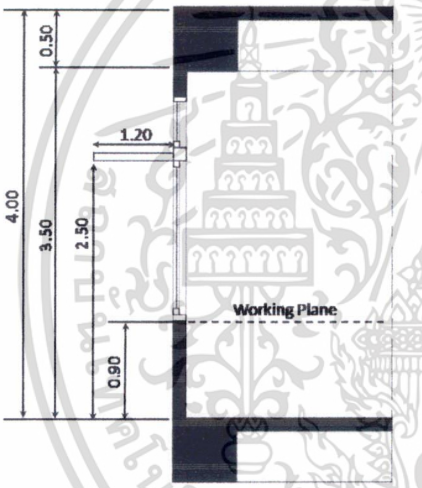
ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร (ต่อ)

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

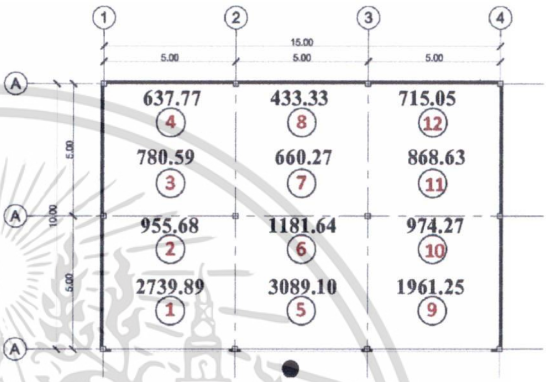
แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง : ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

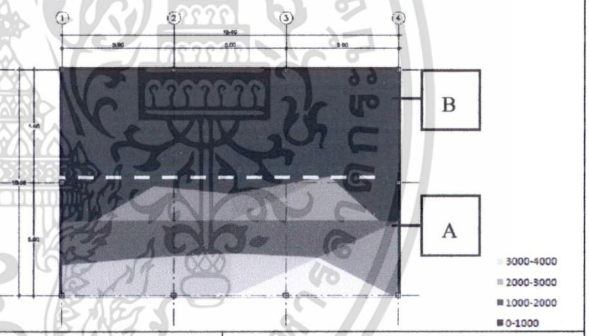


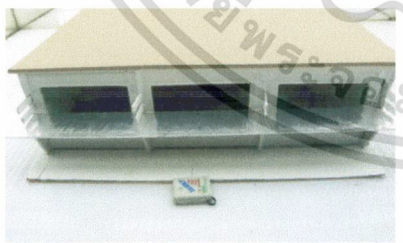


1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี 5831.92





ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

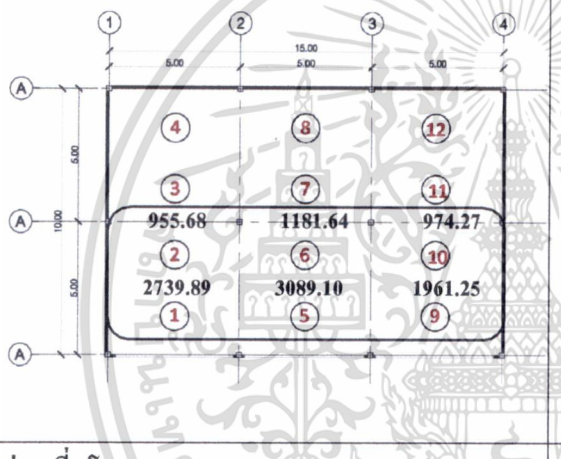
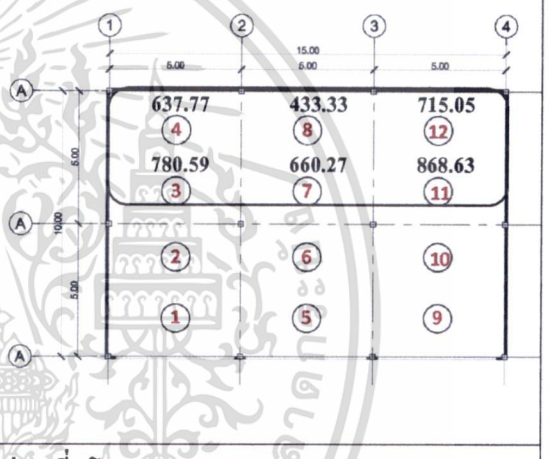
ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
7	660.27
8	433.33
9	1961.25
10	974.27
11	868.63
12	715.05

- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1249.79
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	21 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านในโดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.48 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 1816.97 DF.= 31.25	ค่าเฉลี่ยโซน B = 682.60 DF.= 10.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

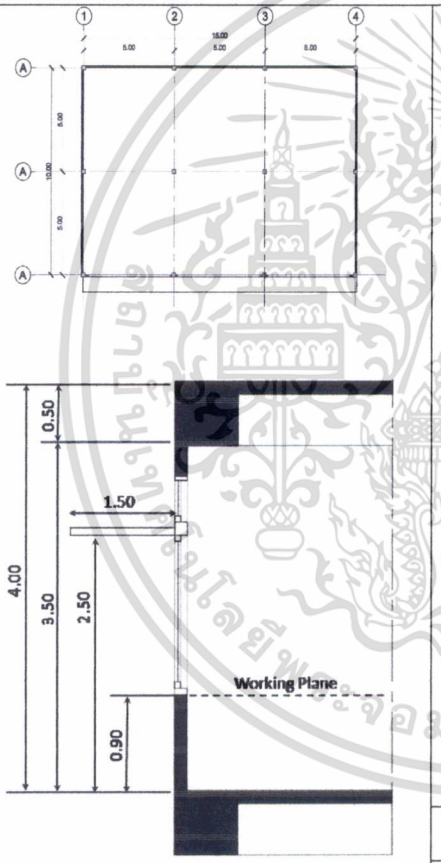
ตารางที่ 4.49 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

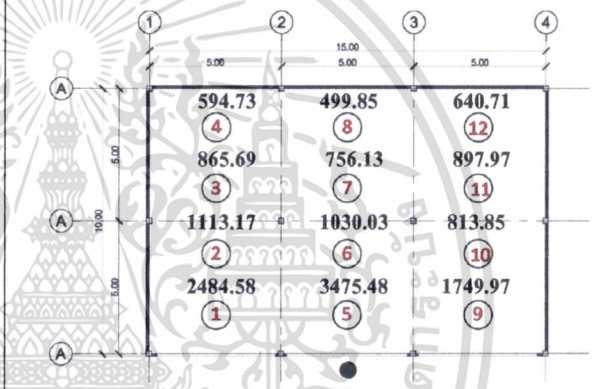
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

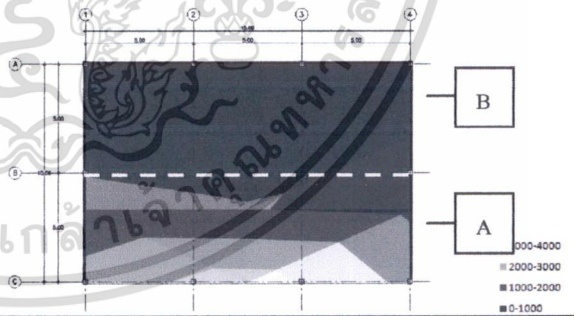


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2484.58
2	1113.17
3	865.69
4	594.73
5	3475.48
6	1030.03
7	756.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

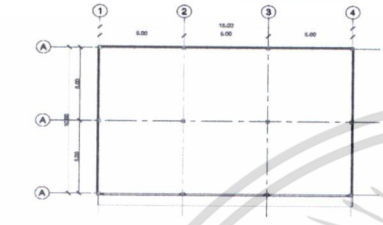
ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร (ต่อ)

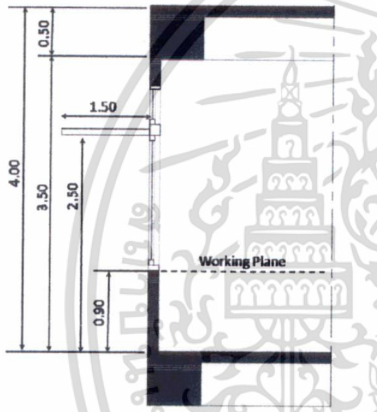
ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

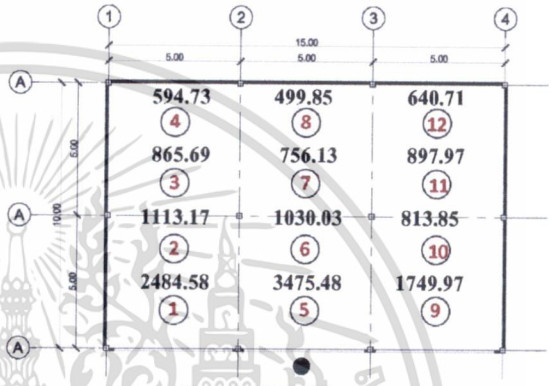
ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร



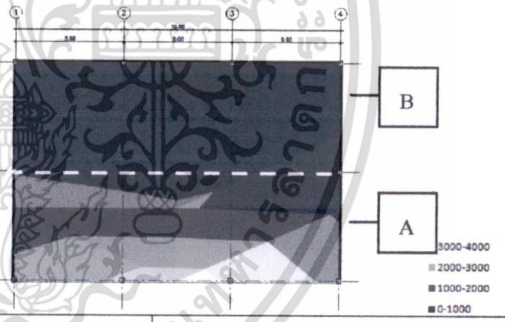


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี 5831.92

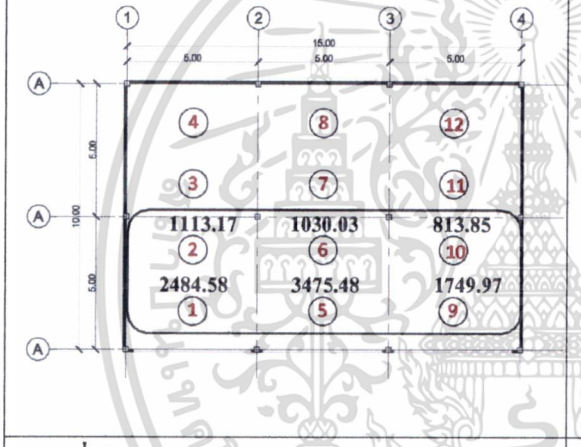
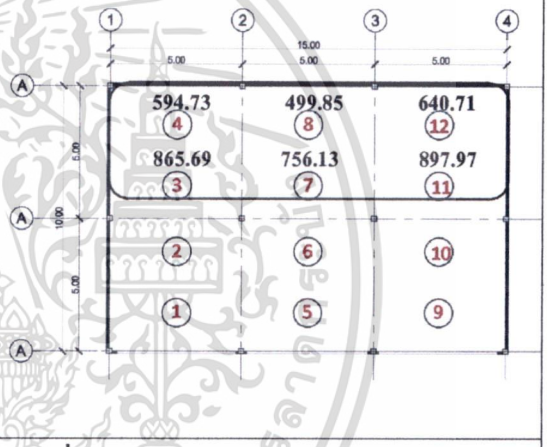


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
8	499.85
9	1749.97
10	813.85
11	897.97
12	640.71
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1243.51
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	21 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านในโดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.50 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

<table>
<tr><td colspan="2">แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)
ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร</td></tr>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>ค่าเฉลี่ยโซน A = 1777.84 DF.= 30.48</td><td>ค่าเฉลี่ยโซน B = 709.18 DF.= 12.16</td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

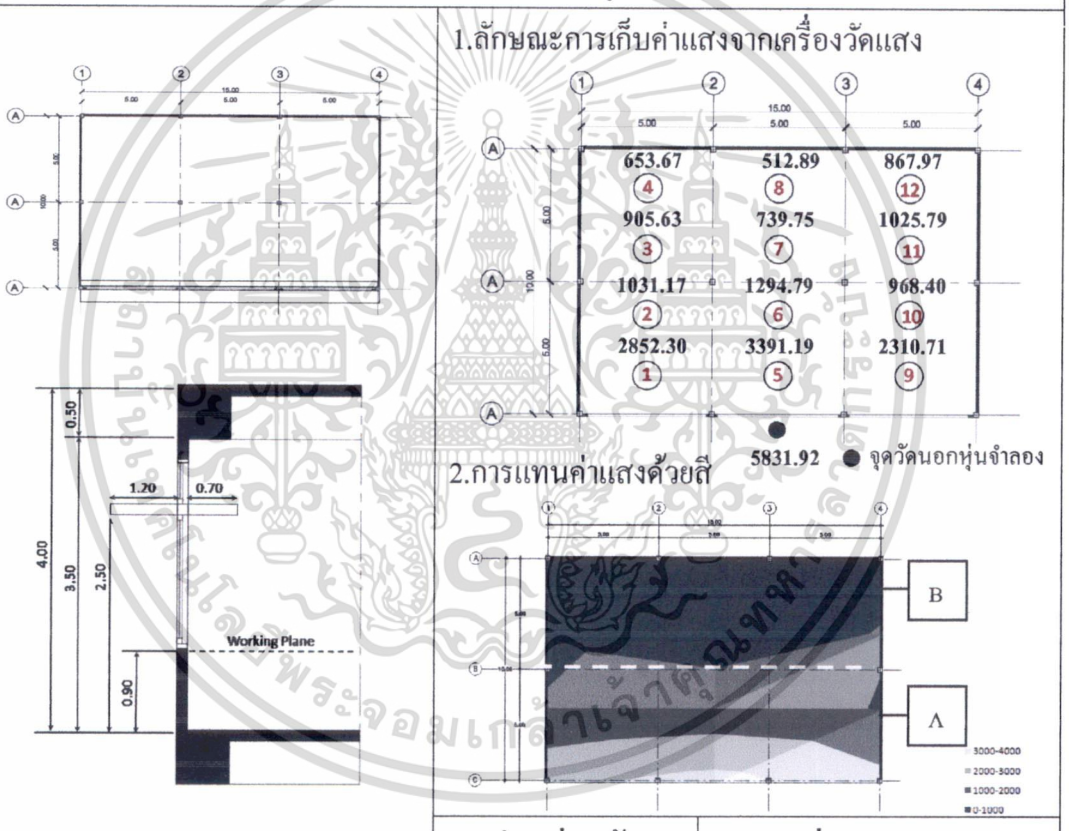
ตารางที่ 4.51 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

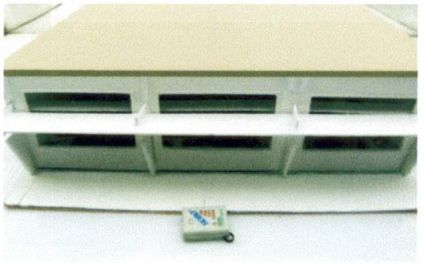
ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบผสม (Combined Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร





ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2852.30
2	1031.17
3	905.63
4	653.67
5	3391.19
6	1294.79
7	739.75

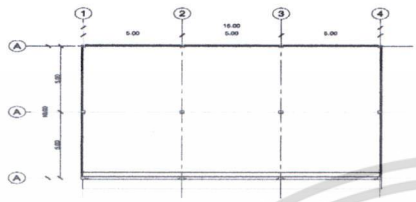
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

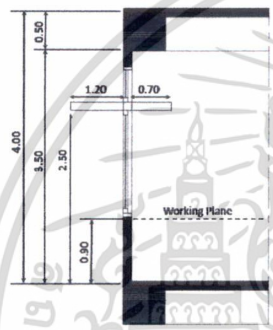
ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร (ต่อ)

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบผสม (Combined Light Shelve)

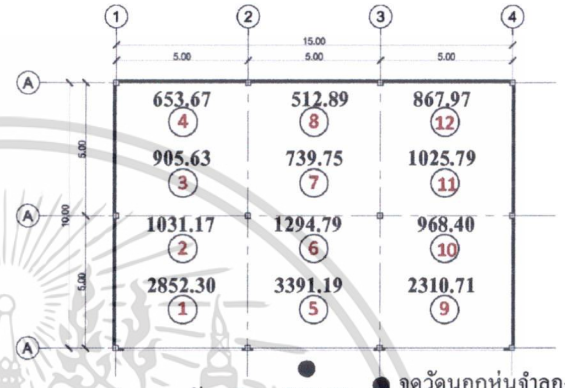
ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร



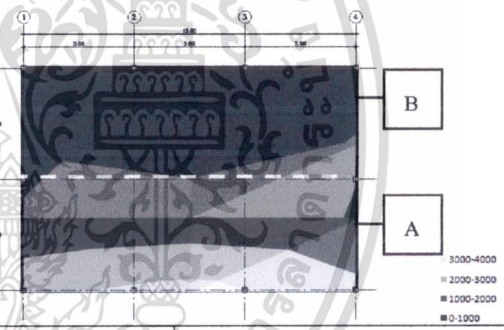


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

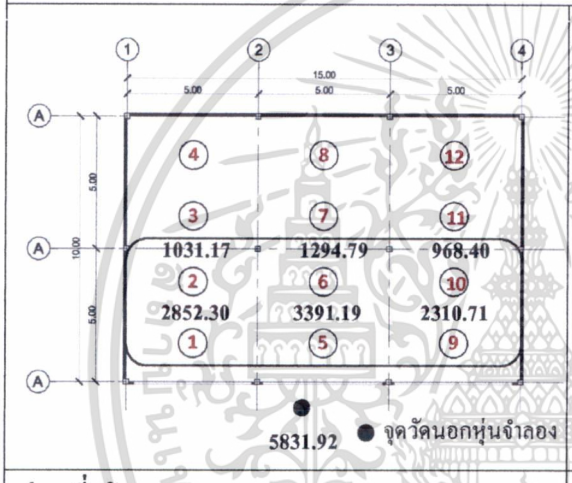
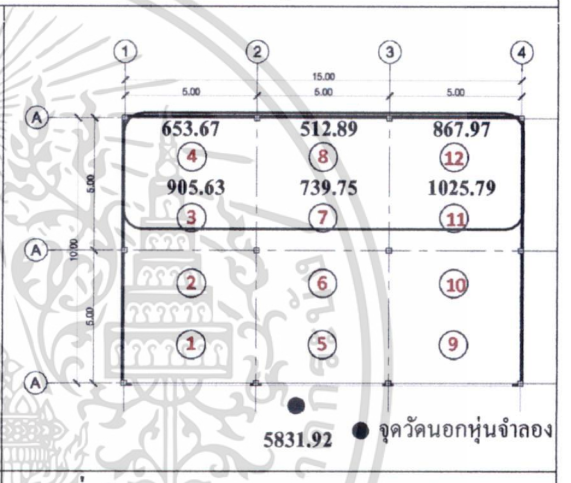


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
8	512.89
9	2310.71
10	968.40
11	1025.79
12	867.97
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1379.52
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	22 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านในโดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.52 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

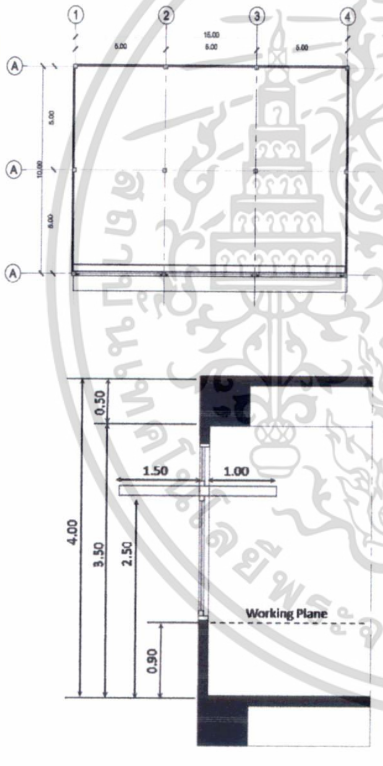
แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 1974.76 DF.= 33.86	ค่าเฉลี่ยโซน B = 784.28 DF.= 13.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

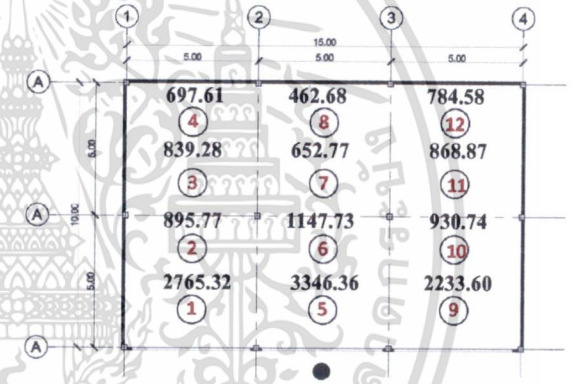
2.2 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

ตารางที่ 4.53 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

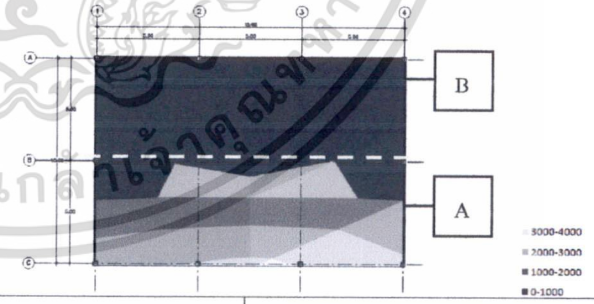
ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)
แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

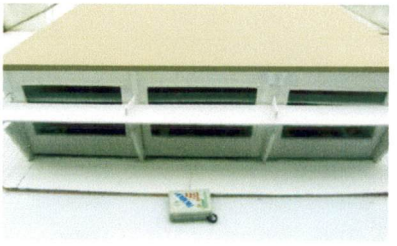


1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี





ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2765.32
2	895.77
3	839.28
4	697.61
5	3346.36
6	1147.73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

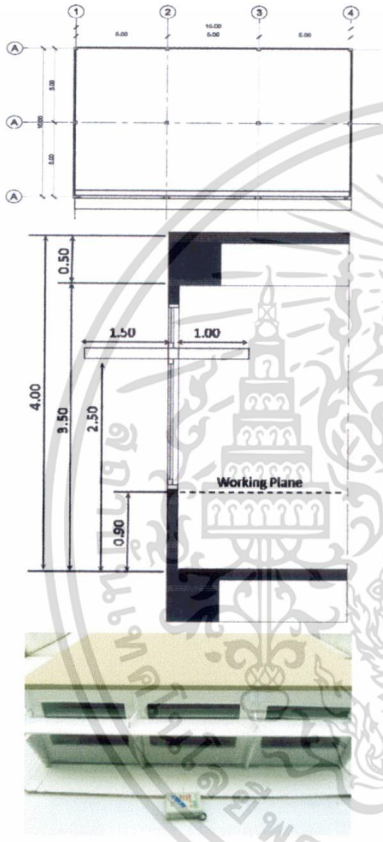
ผลการทดลองในเรื่องสีและวัสดุแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร (ต่อ)

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบผสม (Combined Light Shelve)

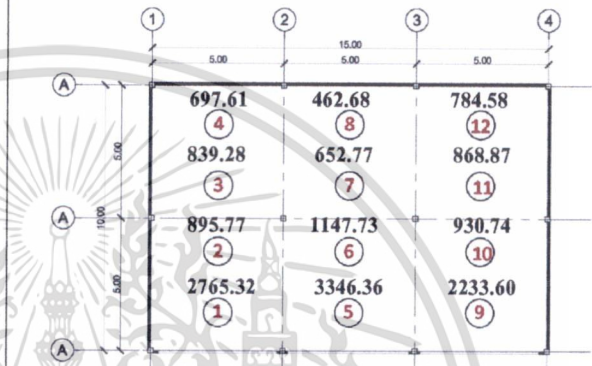
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)

ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

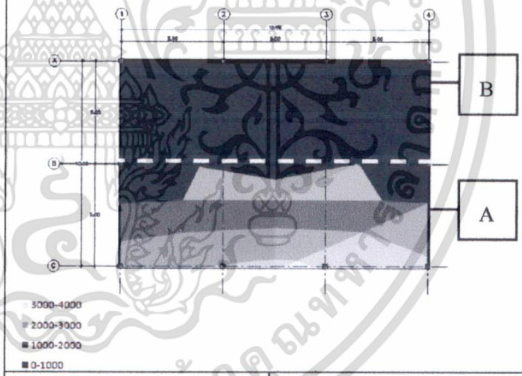


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี 5831.92

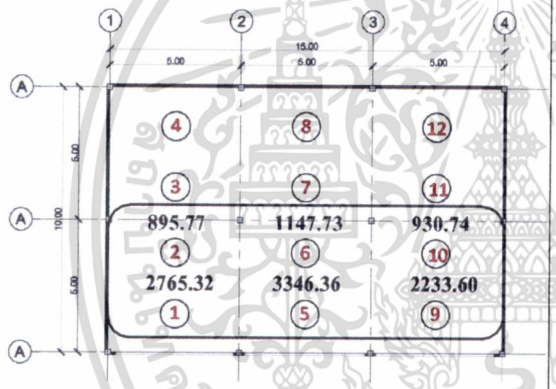
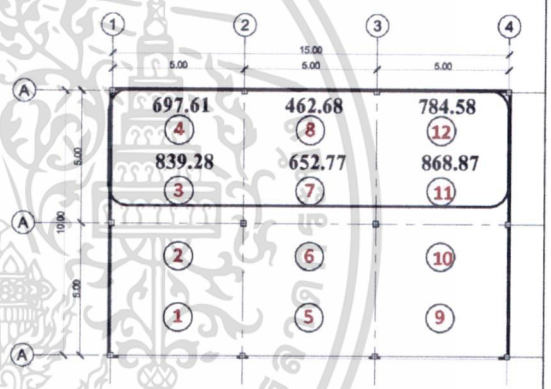


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
7	652.77
8	462.68
9	2233.60
10	930.74
11	868.87
12	784.58
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1302.11
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	22 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านในโดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.54 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2258.85 DF.= 38.73	ค่าเฉลี่ยโซน B = 717.63 DF.= 12.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

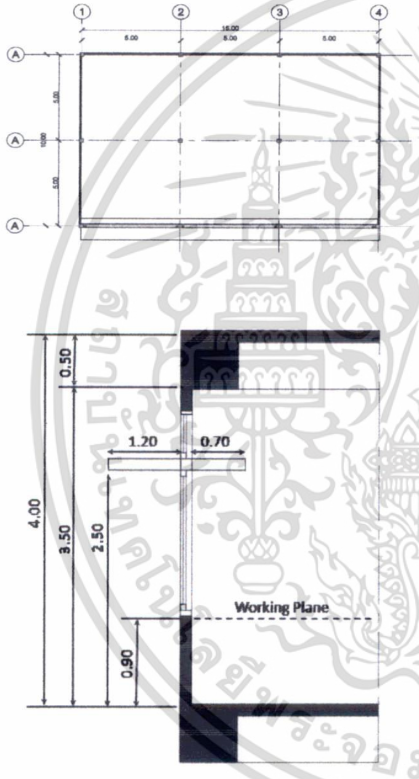
ตารางที่ 4.55 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

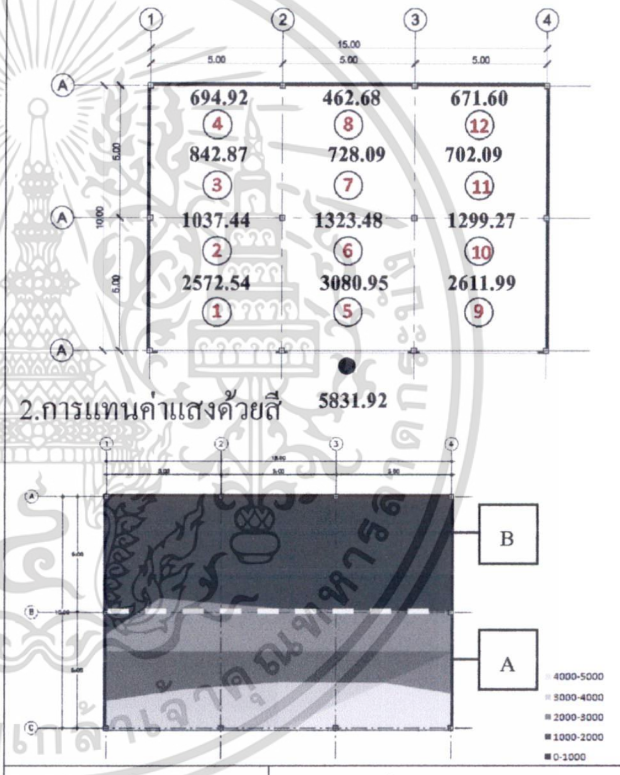
แบบผสม (Combined Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร



1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2572.54
2	1037.44
3	842.87
4	694.92
5	3080.95
6	1323.48
7	728.09
8	462.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

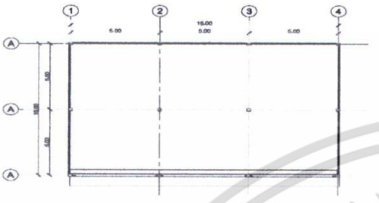
ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร (ต่อ)

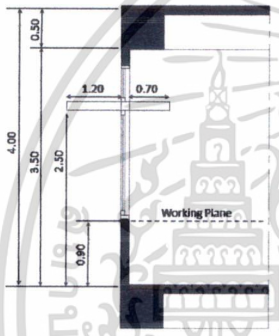
ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

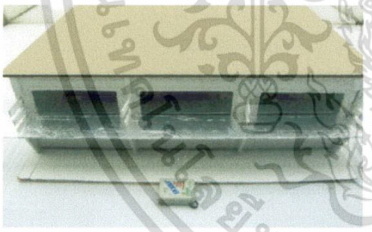
แบบผสม (Combined Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

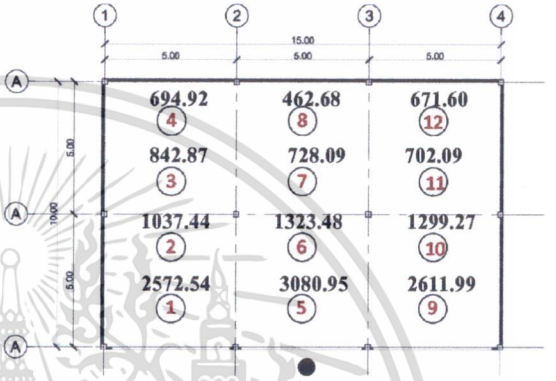




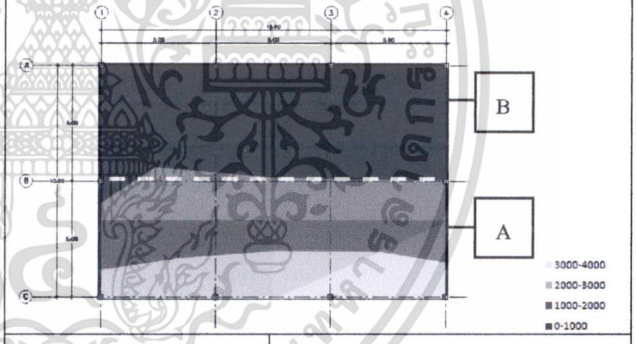


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี 5831.92

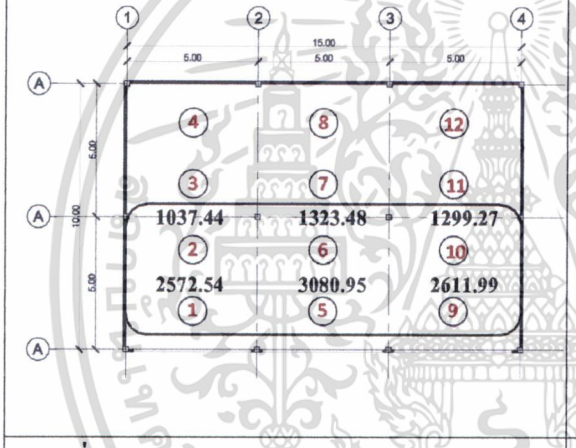
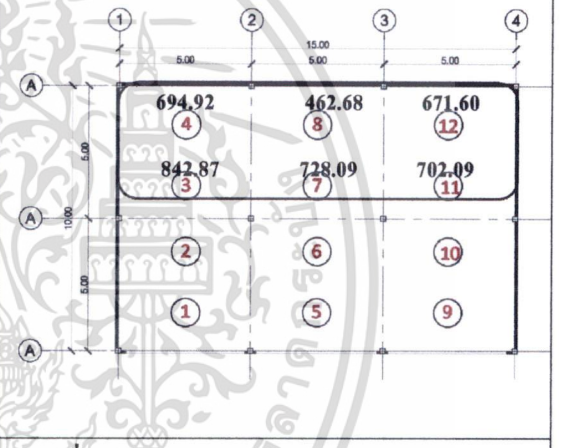


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
9	2611.99
10	1299.27
11	702.09
12	671.60
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1335.66
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	22 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.56 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

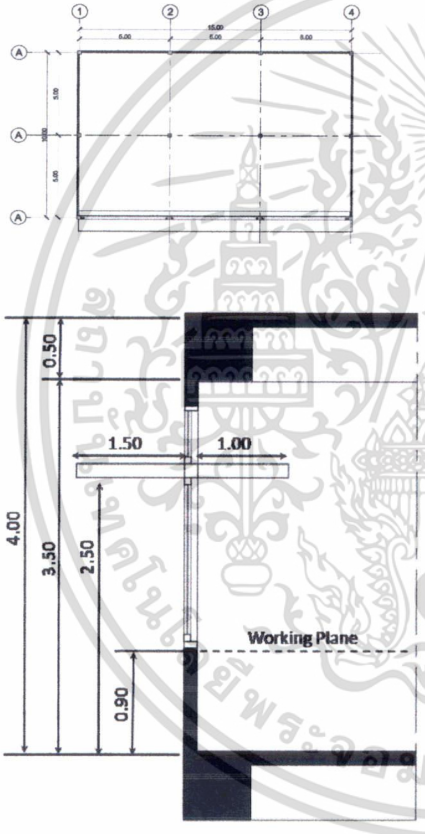
แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 1987.61 DF.= 34.08	ค่าเฉลี่ยโซน B = 683.70 DF.= 11.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

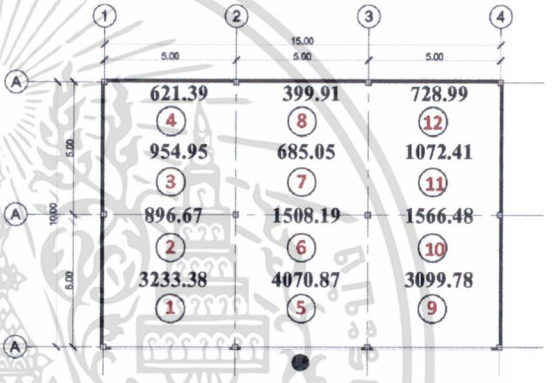
ตารางที่ 4.57 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)
แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

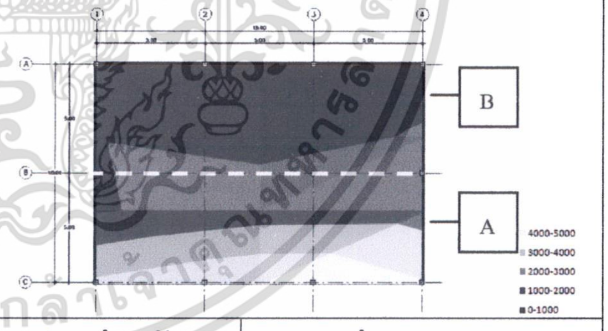


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	3233.38
2	896.67
3	954.95
4	621.39
5	4070.87
6	1508.19
7	685.05
8	399.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

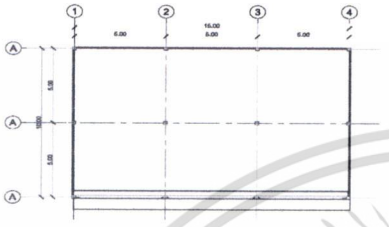
ผลการทดลองในเรื่องระดับความสูงแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร (ต่อ)

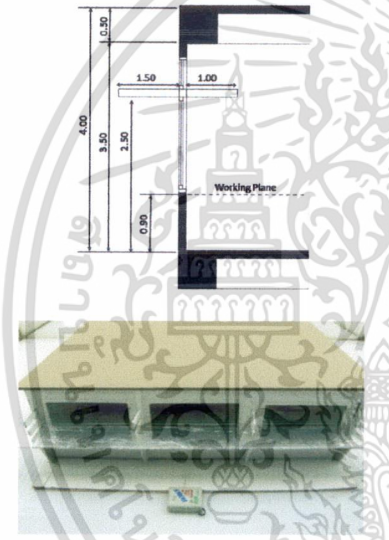
ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบผสม (Combined Light Shelve)

ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง

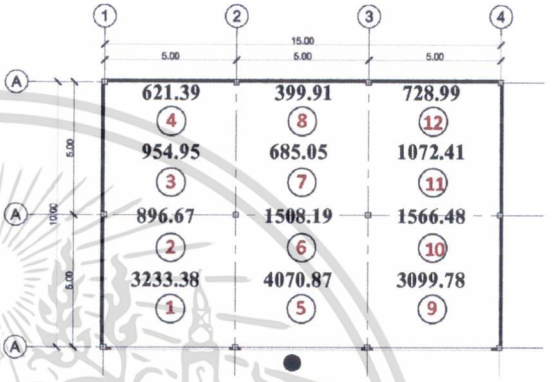
ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร



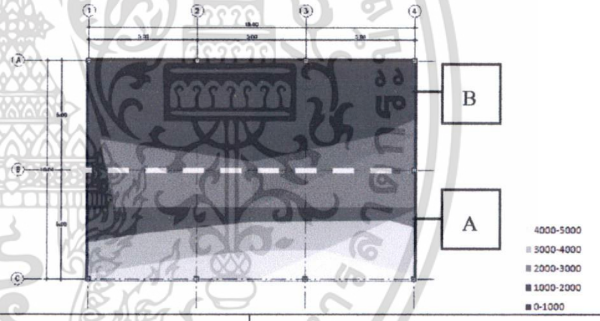


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



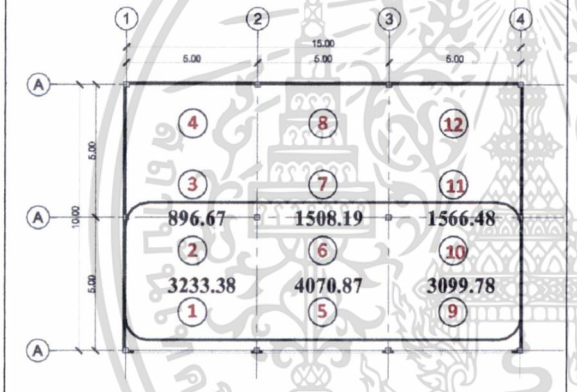
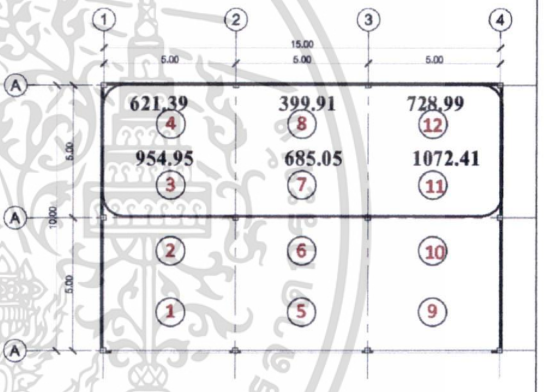
ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
9	3099.78
10	1566.48
11	1072.41
12	728.99

- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1569.84
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	26 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.58 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2395.89 DF.= 41.08	ค่าเฉลี่ยโซน B = 743.78 DF.= 12.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 การทดลองเพื่อเลือกหารูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม

1.หิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25°

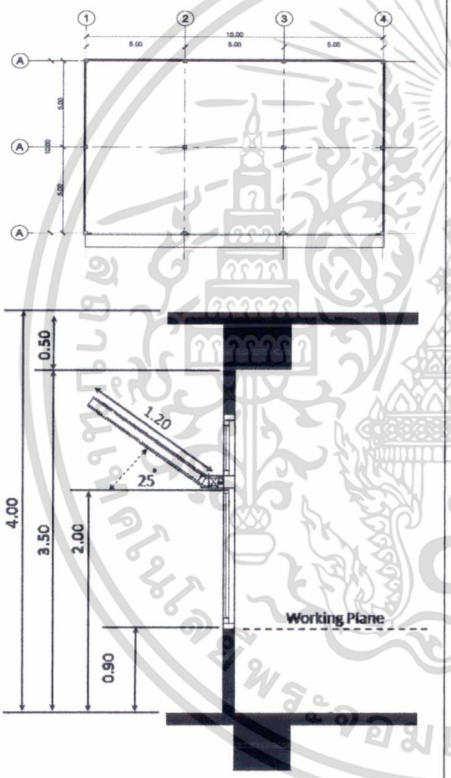
1.1 ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25° ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

ตารางที่ 4.59 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25° ขนาด 1.20 เมตรที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

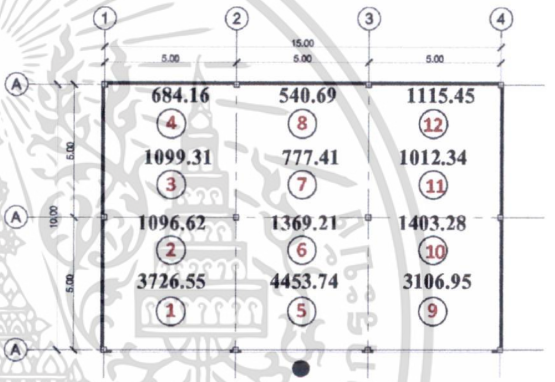
รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบเอียง 25 องศา : ขนาด 1.20 เมตร

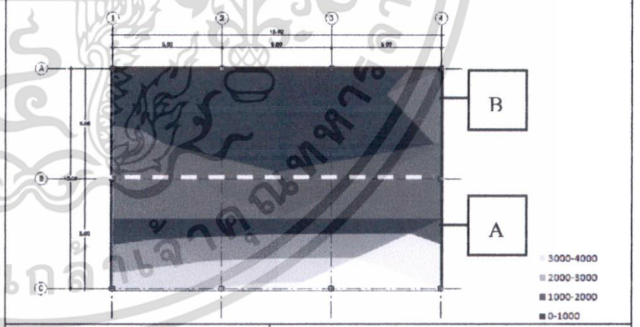
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	3726.55
2	1096.62
3	1099.31
4	684.16
5	4453.74
6	1369.21
7	777.41

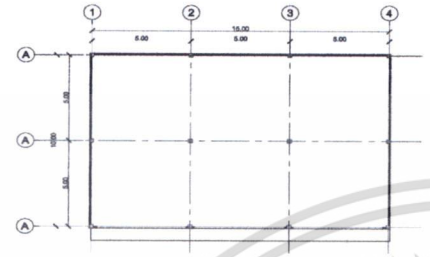
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

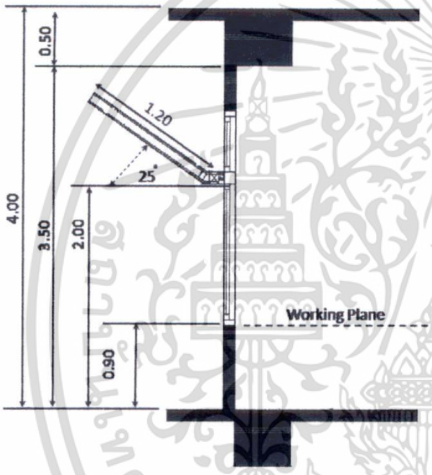
ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25° ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

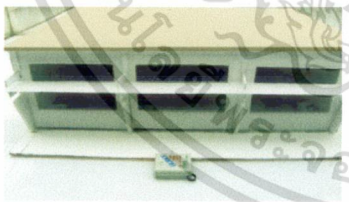
รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบเอียง 25° : ขนาด 1.20 เมตร

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

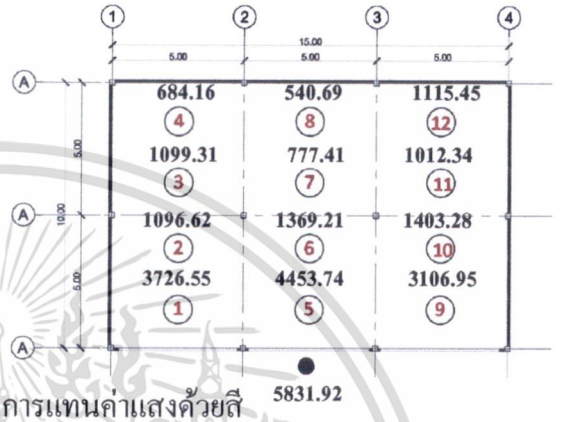




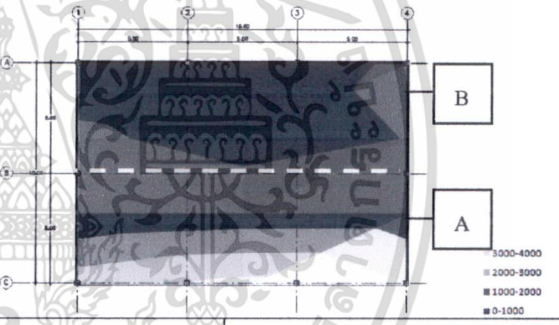


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

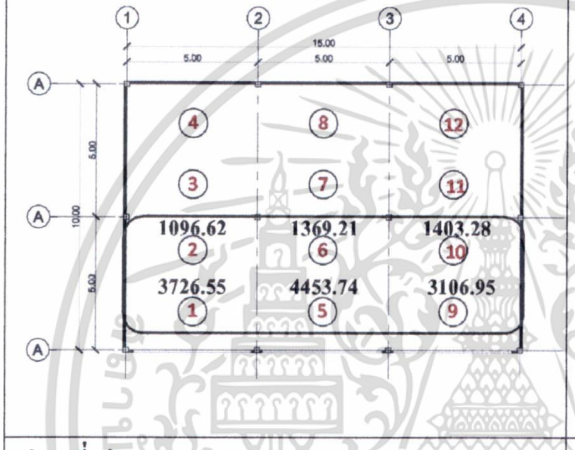
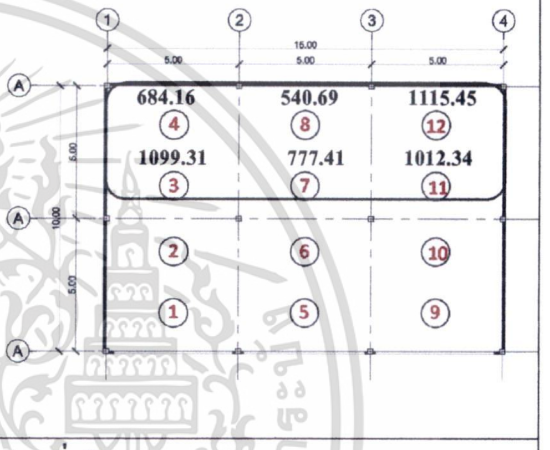


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
8	540.69
9	3106.95
10	1403.28
11	1012.34
12	1115.45
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1698.81
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	29 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านในโดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.60 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25° ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซนA และโซนB

แบบเอียง 25° : ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2526.05 DF.= 43.31	ค่าเฉลี่ยโซน B = 871.56 DF.= 14.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

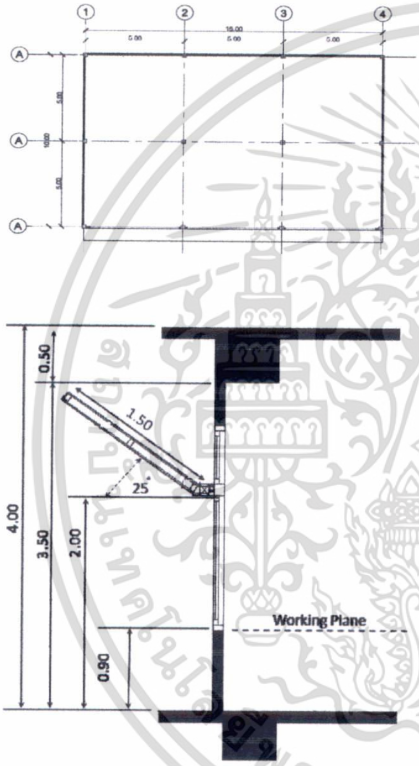
1.2 ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25° ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

ตารางที่ 4.61 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25° ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

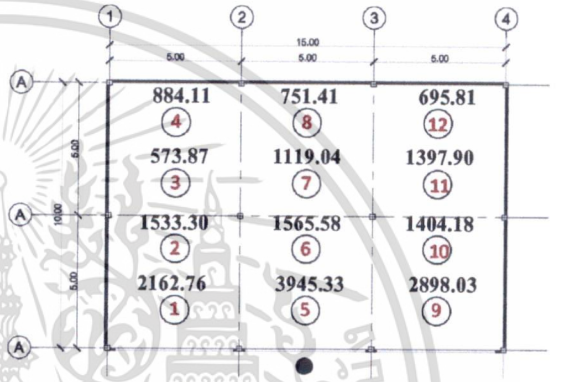
แบบเอียง 25° : ขนาด 1.50 เมตร

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

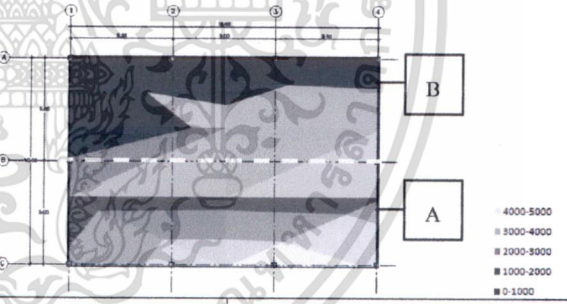


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2162.76
2	1533.30
3	573.87
4	884.11
5	3945.33
6	1565.58
7	1119.04
8	751.41

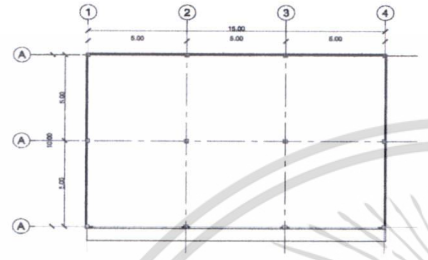
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

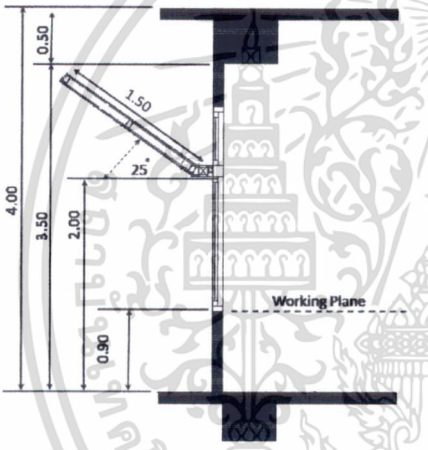
ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25° ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบเอียง 25° : ขนาด 1.50 เมตร

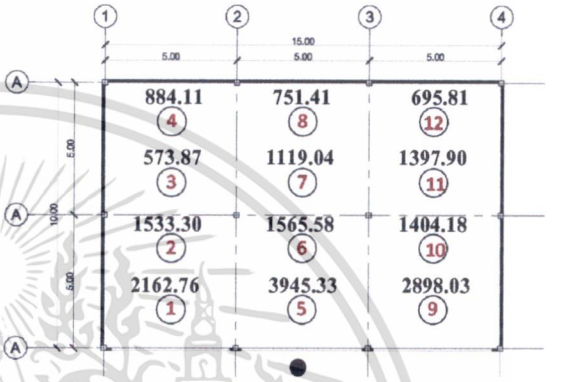
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



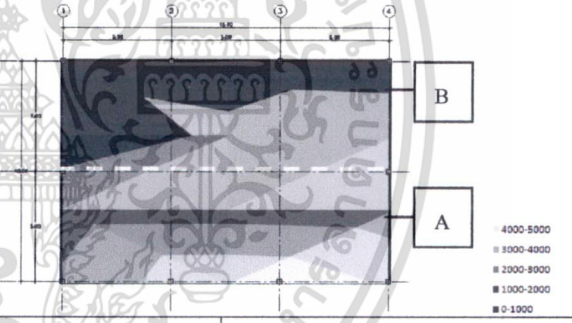


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

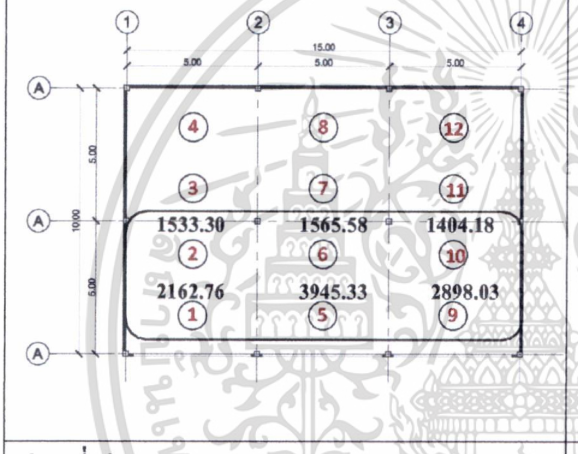
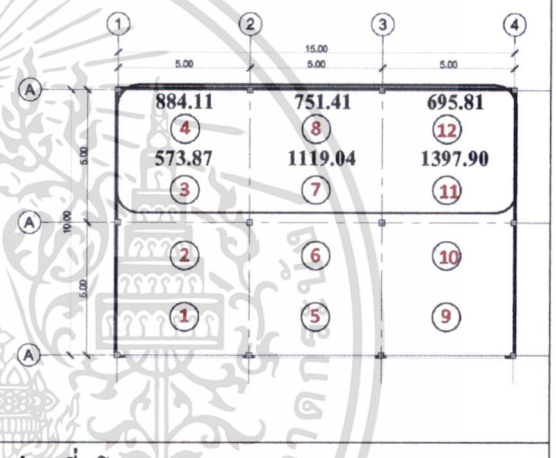


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
9	2898.03
10	1404.18
11	1397.90
12	695.81
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1577.61
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	27 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านในโดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.62 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25° ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบเอียง 25° : ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2245.53 DF.= 38.54	ค่าเฉลี่ยโซน B = 903.69 DF.= 15.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

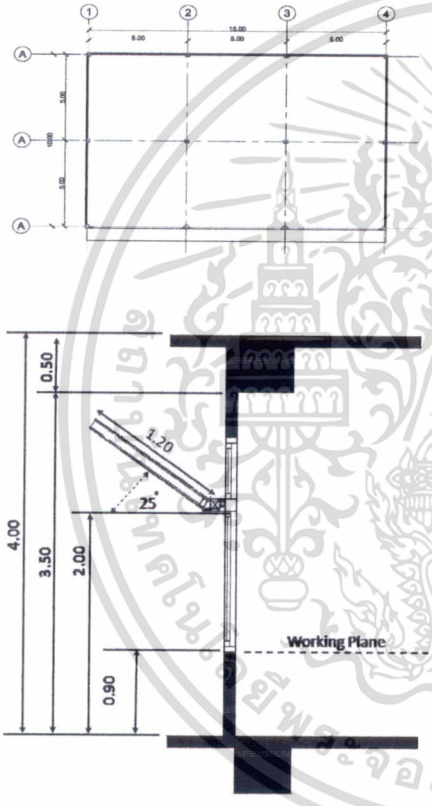
1.3 ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25° ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

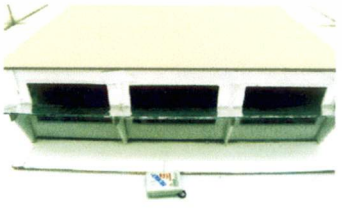
ตารางที่ 4.63 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25° ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบเอียง 25° : ขนาด 1.20 เมตร

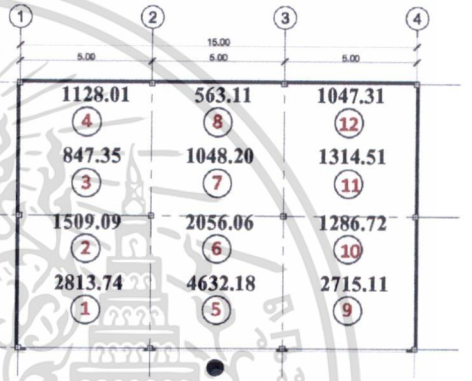
ผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



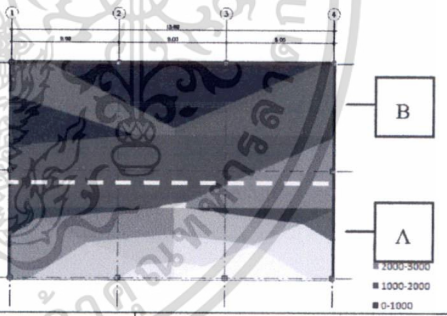


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี 5831.92



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	2813.74
2	1509.09
3	847.35
4	1128.01
5	4632.18
6	2056.06
7	1048.20
8	563.11

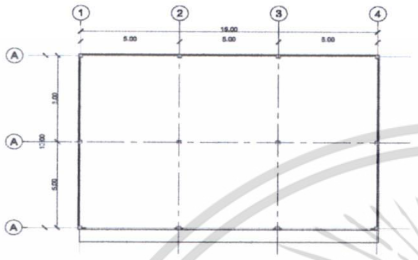
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

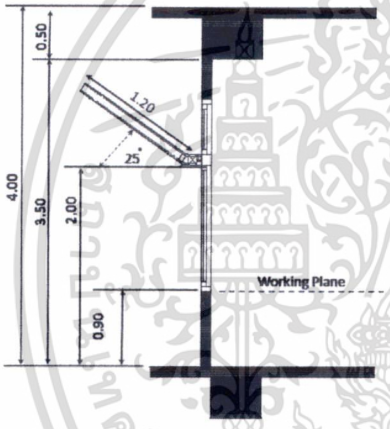
ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25° ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

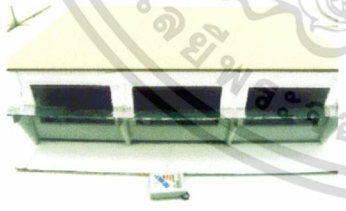
รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบเอียง 25° : ขนาด 1.20 เมตร

ผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

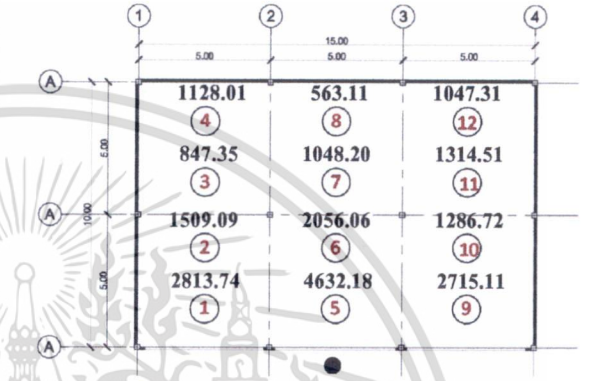




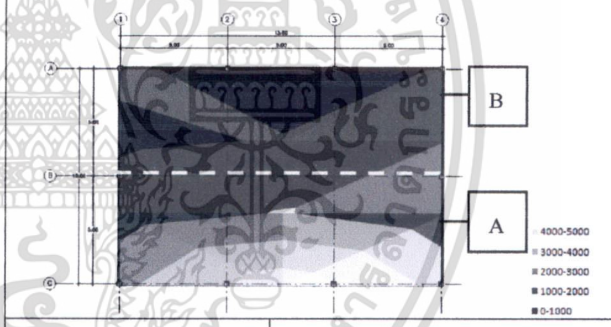


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

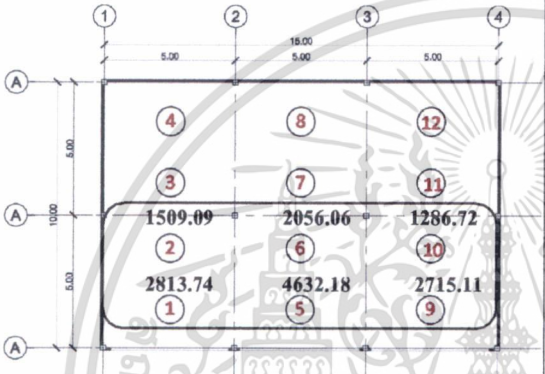
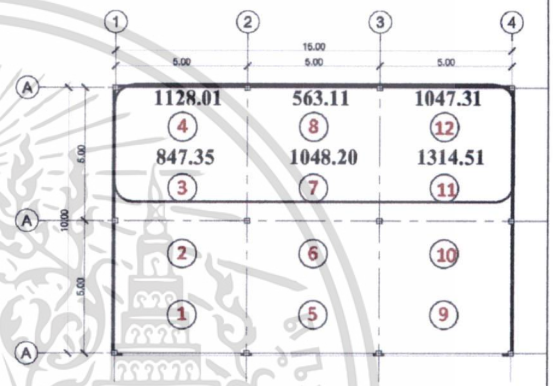


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
9	2715.11
10	1286.72
11	1314.51
12	1047.31
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1746.78
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	29 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.64 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25° ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตร เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซนA และโซน B

แบบเอียง 25° : ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2502.15 DF.= 42.90	ค่าเฉลี่ยโซน B = 991.41 DF.= 16.99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

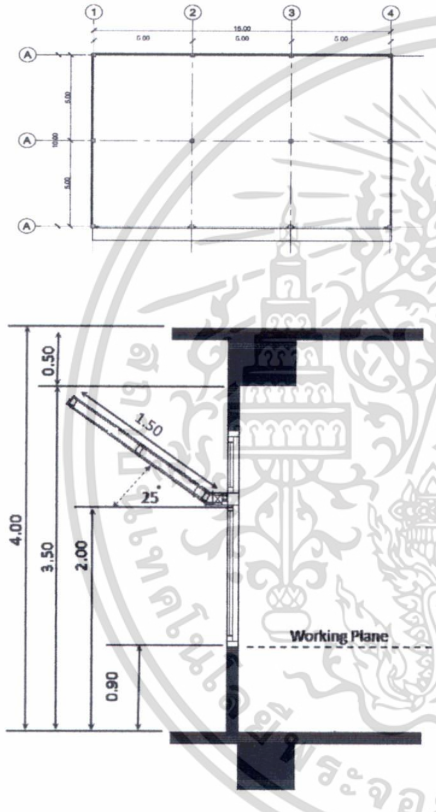
1.4 ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25° ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

ตารางที่ 4.65 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25° ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

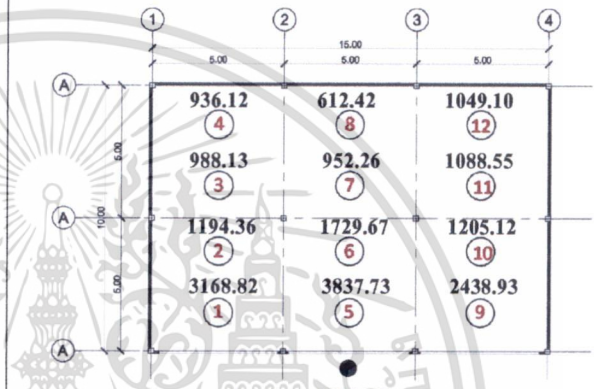
แบบเอียง 25° : ขนาด 1.50 เมตร

ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

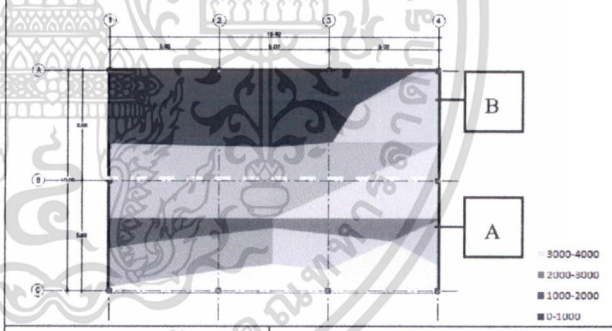


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	3168.82
2	1194.36
3	988.13
4	936.12
5	3837.73
6	1729.67
7	952.26
8	612.42

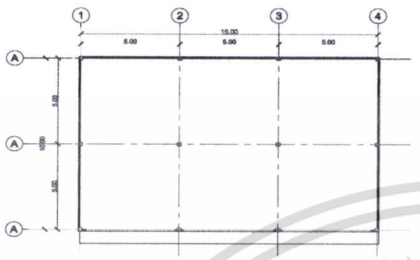
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

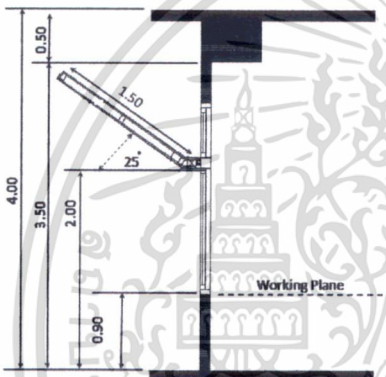
ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 25° ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

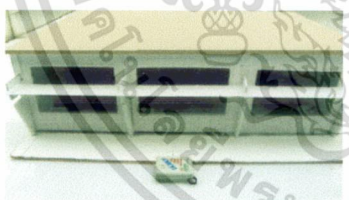
รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบเอียง 25 องศา : ขนาด 1.50 เมตร

ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

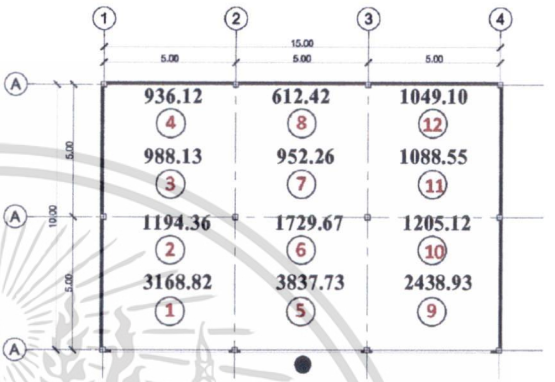




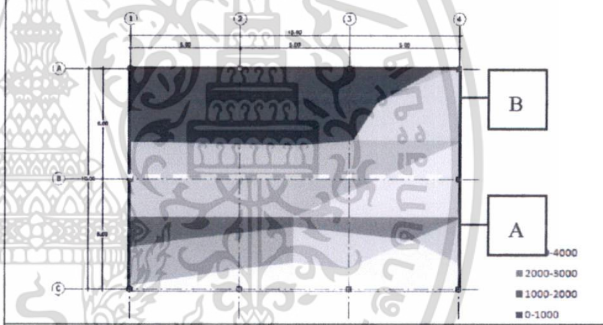


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

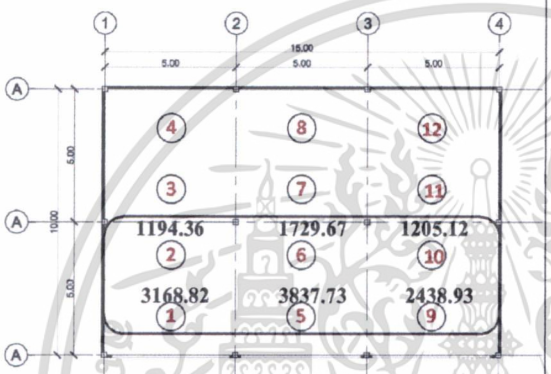
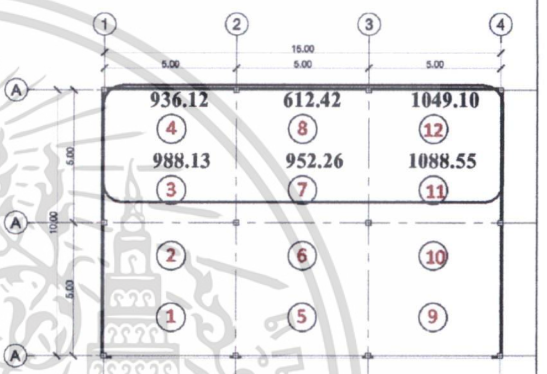


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
9	2438.93
10	1205.12
11	1088.55
12	1049.10
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1600.10
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	27 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านในโดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.66 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25° ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบเอียง 25° : ขนาด 1.50 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2262.43 DF.= 38.79	ค่าเฉลี่ยโซน B = 937.76 DF.= 16.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 35°

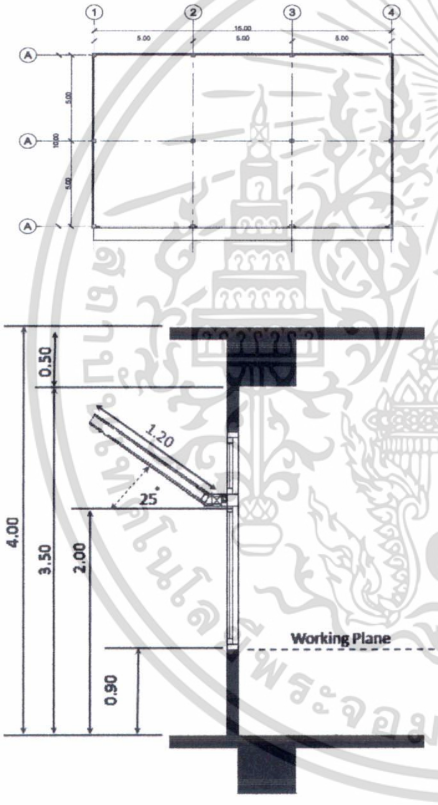
2.1 ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 35° ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

ตารางที่ 4.67 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35° ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

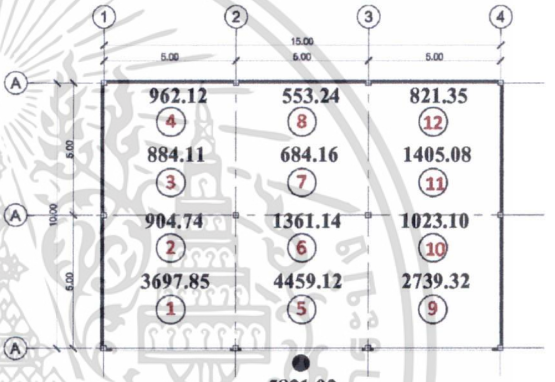
แบบเอียง 35° : ขนาด 1.20 เมตร

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

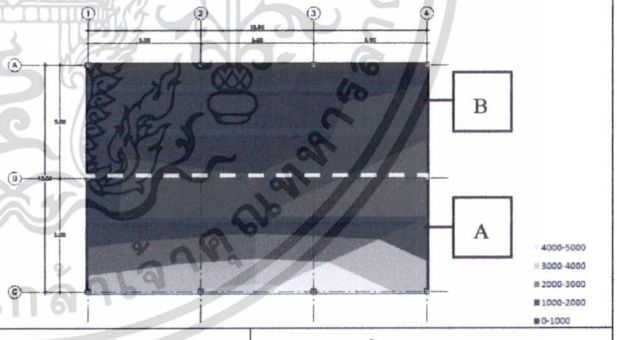


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	3697.85
2	904.74
3	884.11
4	962.12
5	4459.12
6	1361.14
7	684.16
8	553.24

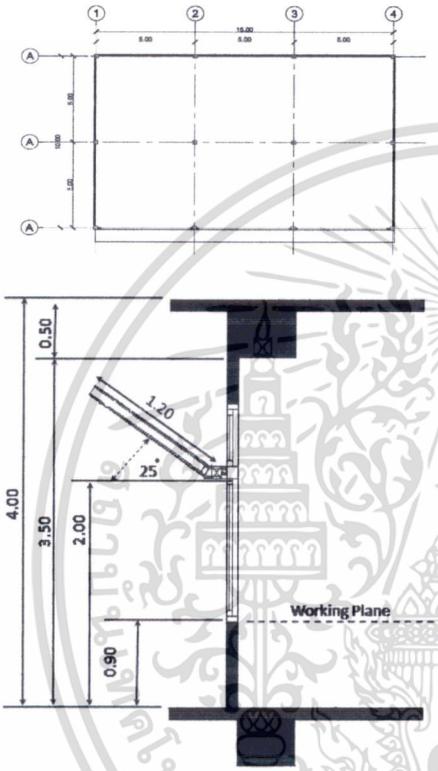
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 35° ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

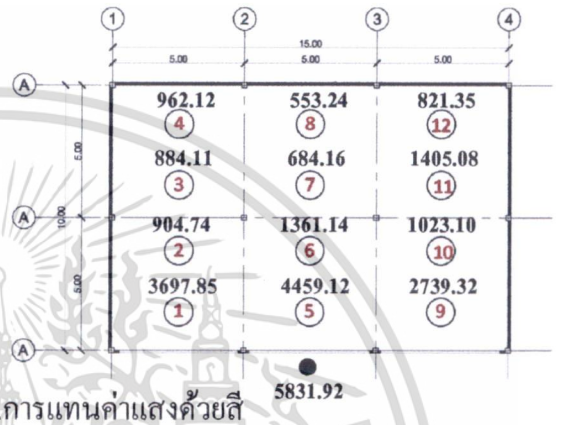
รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบเอียง 35° : ขนาด 1.20 เมตร

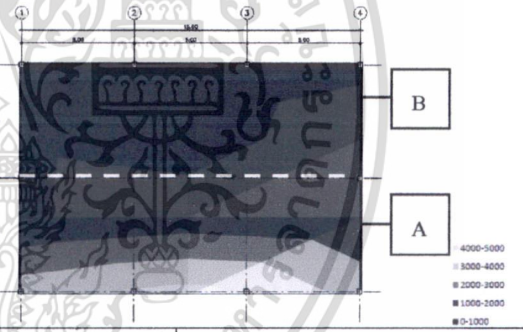
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

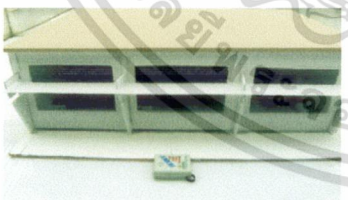


1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี





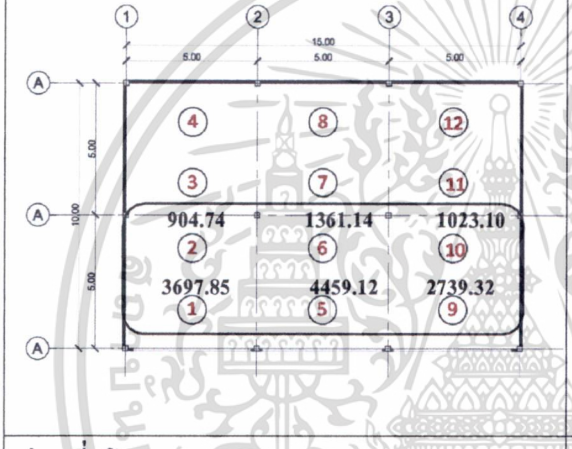
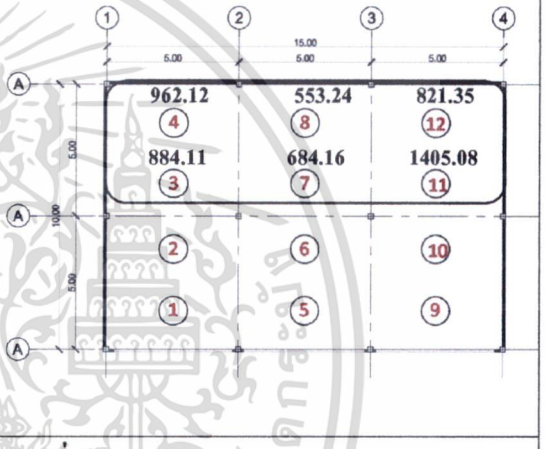
ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
9	2739.32
10	1023.10
11	1405.08
12	821.35
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1624.61
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	27 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านในโดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.68 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35° ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบเอียง 35° : ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2364.21 DF.= 40.53	ค่าเฉลี่ยโซน B = 885.01 DF.= 15.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

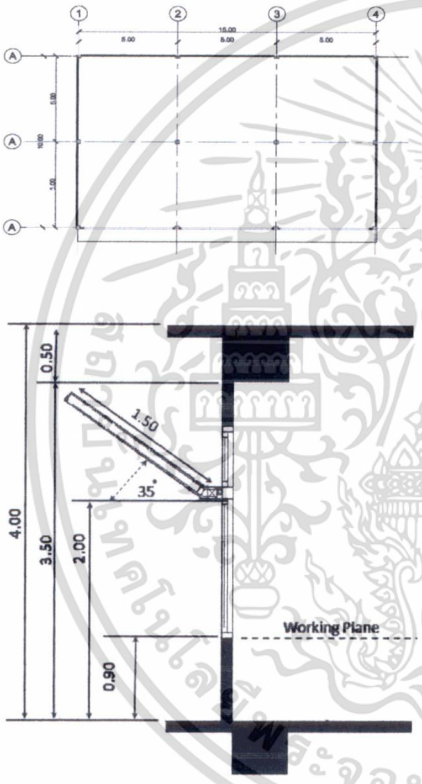
2.2 ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 35° ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

ตารางที่ 4.69 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35° ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

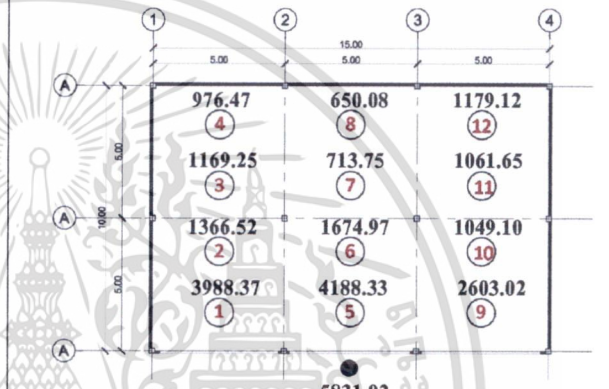
รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบเอียง 35° : ขนาด 1.50 เมตร

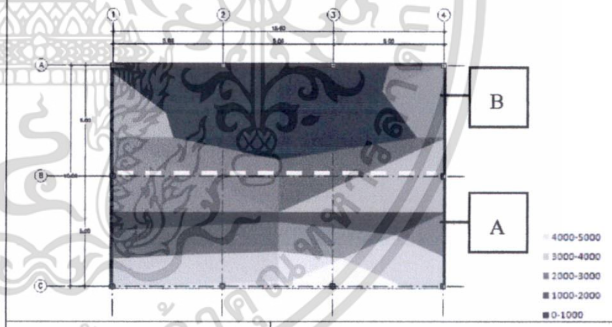
ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร



1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	3988.37
2	1366.52
3	1169.25
4	976.47
5	4188.33
6	1674.97
7	713.75
8	650.08

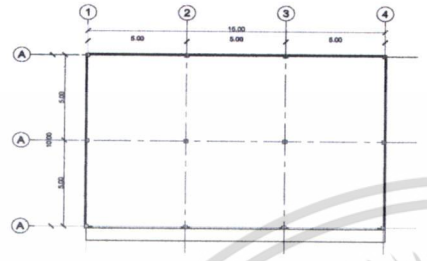
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

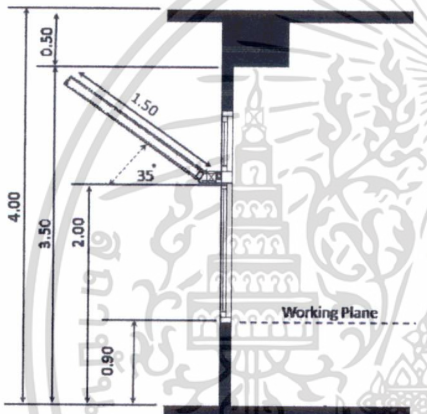
ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 35° ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

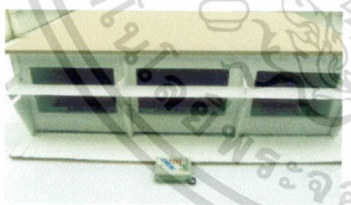
รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบเอียง 35° : ขนาด 1.50 เมตร

ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

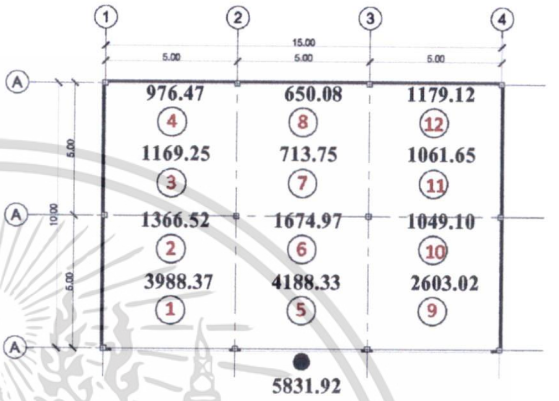




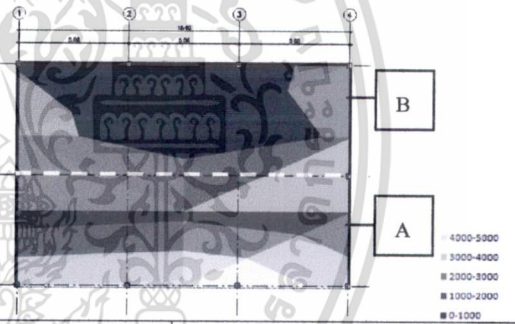


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

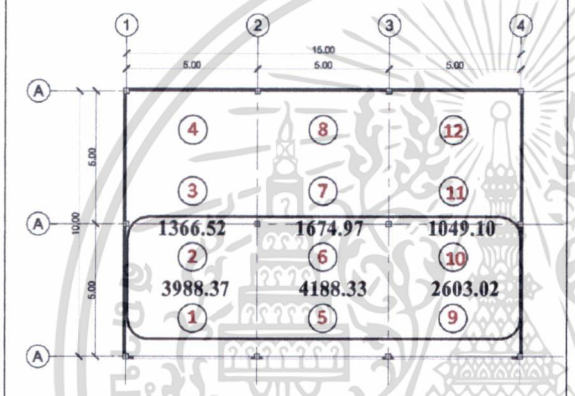
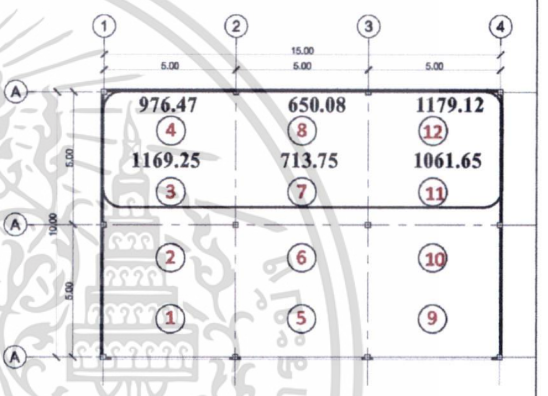


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
9	2603.02
10	1049.10
11	1061.65
12	1179.12
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1718.39
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	29 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านในโดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.70 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35° ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร เมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบเอียง 35° : ขนาด 1.50 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2478.38 DF.= 42.49	ค่าเฉลี่ยโซน B = 958.38 DF.= 16.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

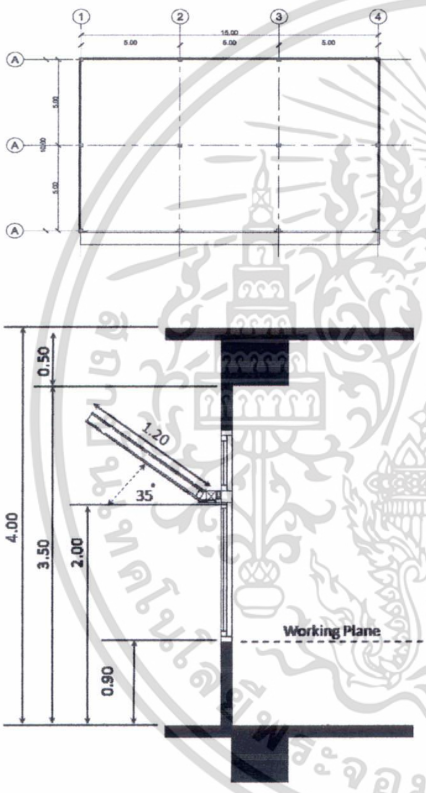
2.3 ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 35° ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

ตารางที่ 4.71 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35° ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

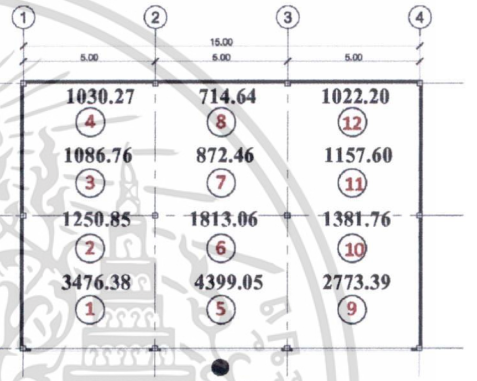
แบบเอียง 35° : ขนาด 1.20 เมตร

ผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

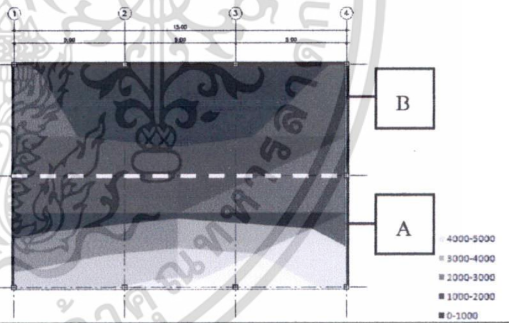


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	3476.38
2	1250.85
3	1086.76
4	1030.27
5	4399.05
6	1813.06
7	872.46
8	714.64

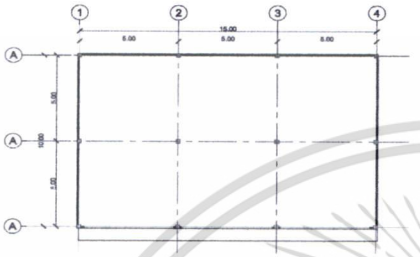
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

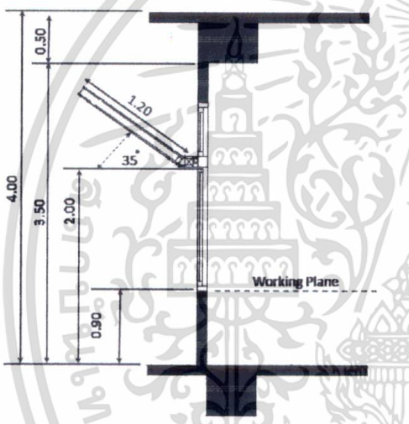
ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 35° ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

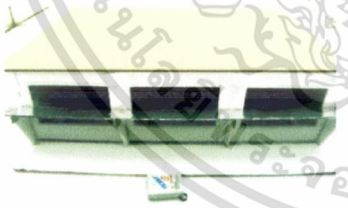
รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบเอียง 35° : ขนาด 1.20 เมตร

ผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

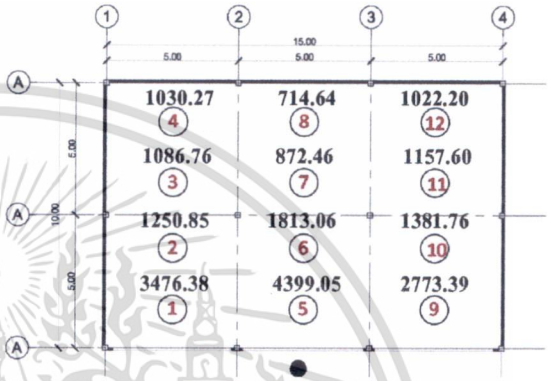




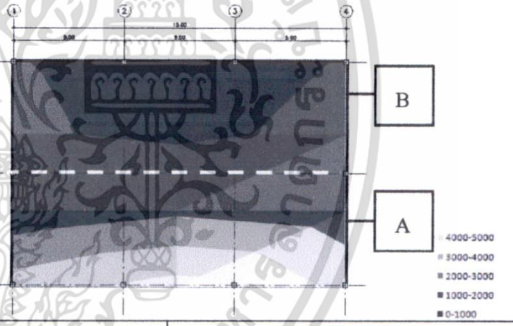


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

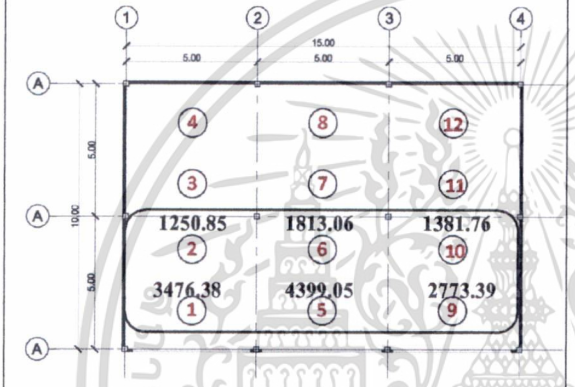
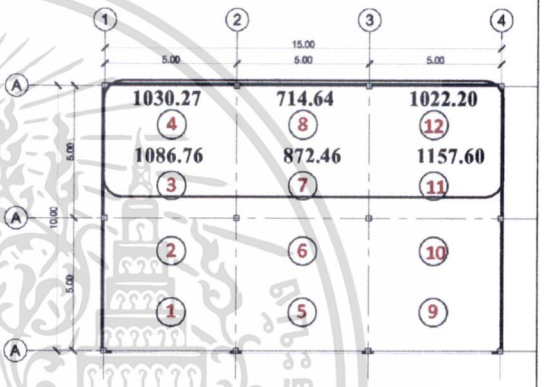


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
9	2773.39
10	1381.76
11	1157.60
12	1022.20
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1748.20
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	29 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

ตารางที่ 4.72 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35° ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซนA และโซนB

แบบเอียง 35° : ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2515.74 DF.= 43.13	ค่าเฉลี่ยโซน B = 980.65 DF.= 16.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

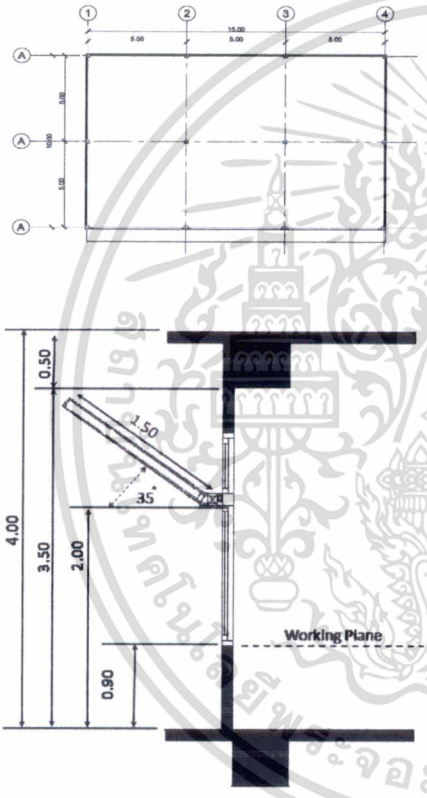
2.4 ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 35° ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

ตารางที่ 4.73 แสดงค่าแสงของห้องชนิดที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35° ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

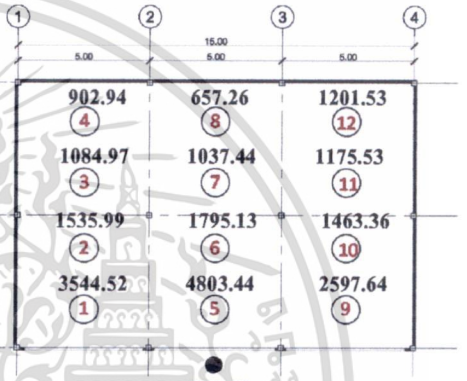
แบบเอียง 35° : ขนาด 1.50 เมตร

ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

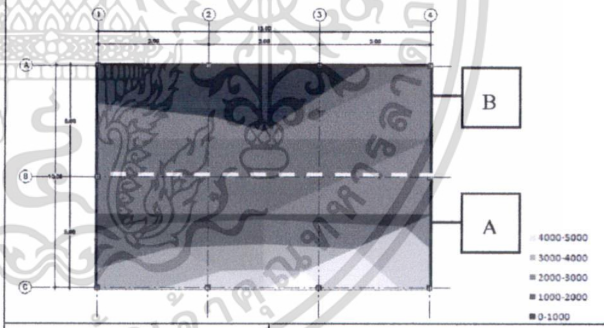


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี



ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
1	3544.52
2	1535.99
3	1084.97
4	902.94
5	4803.44
6	1795.13
7	1037.44
8	657.26

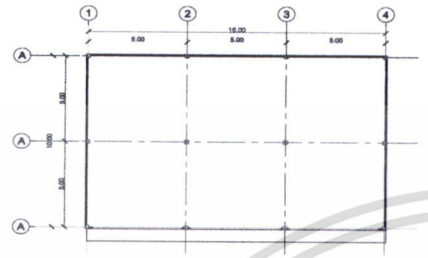
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

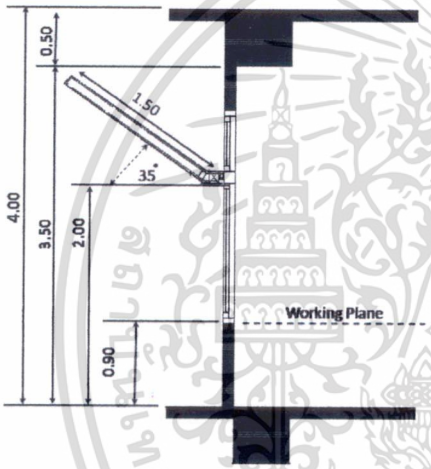
ผลการทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 35° ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร (ต่อ)

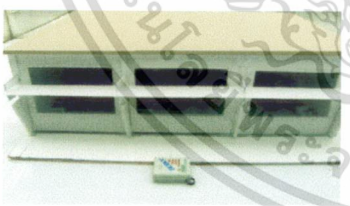
รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

แบบเอียง 35 องศา : ขนาด 1.50 เมตร

ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

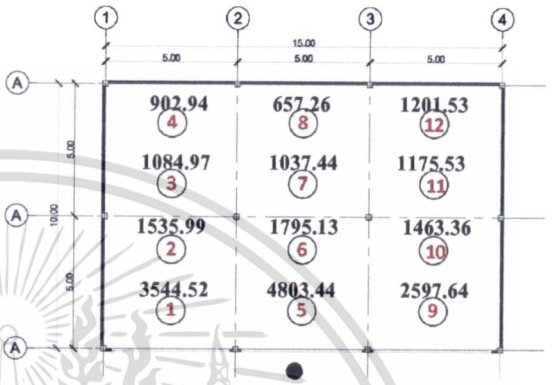




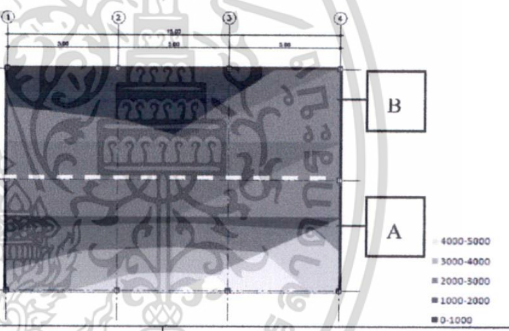


ลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลอง

1.ลักษณะการเก็บค่าแสงจากเครื่องวัดแสง



2.การแทนค่าแสงด้วยสี

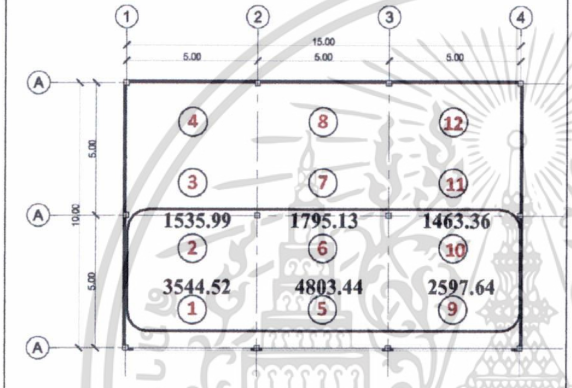
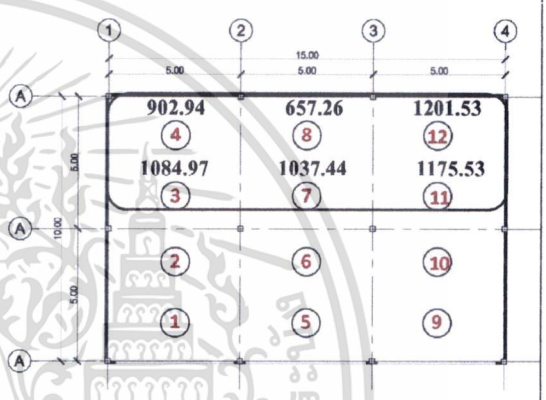


ตำแหน่งจุดวัด	ค่าแสง (LUX)
9	2597.64
10	1463.36
11	1175.53
12	1201.53
- ค่าเฉลี่ยความสว่างภายใน	1816.65
- ความสว่างภายนอก	5831.92
- ค่า Daylight Factor (D.F.) (%)	31 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อแบ่งพื้นที่ห้องออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่ติดกับช่องหน้าต่างและส่วนที่อยู่ด้านใน โดยแบ่งที่แนวกึ่งกลางห้อง แยกออกเป็น 2 โซน คือ โซน A และโซน B แล้วนำค่าแสงของแต่ละโซนมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาค่า Daylight Factor (D.F.) เฉพาะโซน

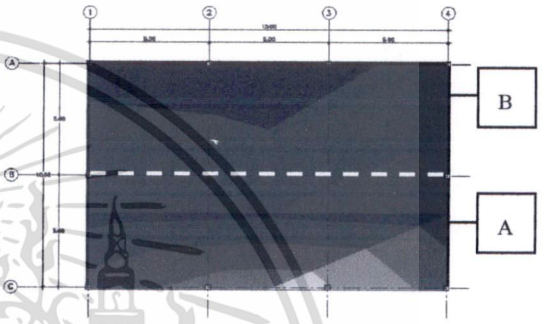
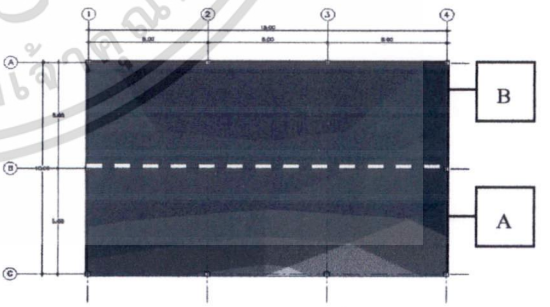
ตารางที่ 4.74 แสดงค่าเฉลี่ยแสงและค่า Daylight Factor (DF.) เฉพาะโซนของห้องชนิดที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35° ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตรเมื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นโซน A และโซน B

แบบเอียง 35° : ขนาด 1.50 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	
	
ค่าเฉลี่ยโซน A = 2623.34 DF.= 44.98	ค่าเฉลี่ยโซน B = 1009.94 DF.= 17.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 สรุปผลตามค่า Daylight Factor (DF.)โดยรวมภายในห้องที่มีค่าแสงมากที่สุดไปยังค่าแสงน้อยที่สุดดังต่อไปนี้คือ

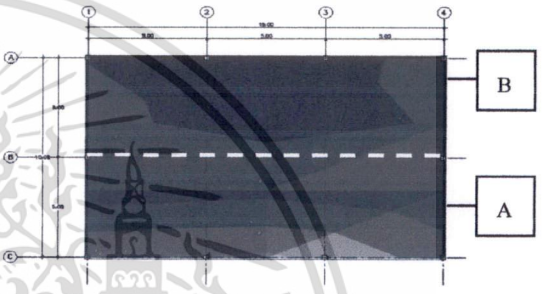
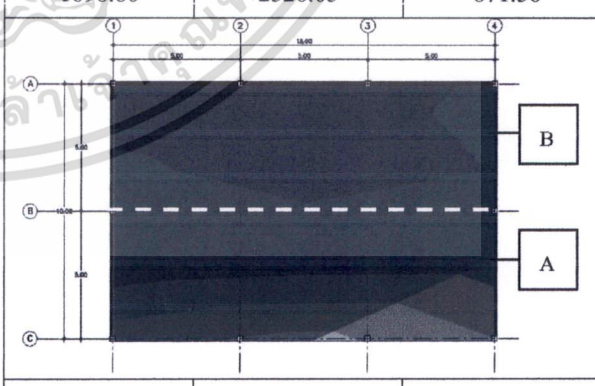
ตารางที่ 4.75 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 1 และ อันดับที่ 2

ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง** ทั้งห้อง	**ค่าเฉลี่ยแสง** โซน A	**ค่าเฉลี่ยแสง** โซน B
1.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง35° ขนาด 1.50 เมตร : ผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง	1816.64	2623.34	1009.94
			
	ค่า Daylight Factor **(DF.)** ทั้งห้อง	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน A	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน B
	31 %	44.98	17.31
ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง** ทั้งห้อง	**ค่าเฉลี่ยแสง** โซน A	**ค่าเฉลี่ยแสง** โซน B
2.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 35° ขนาด 1.20 เมตร: ผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง	1748.19	2515.74	980.65
			
	ค่า Daylight Factor **(DF.)** ทั้งห้อง	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน A	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน B
	29 %	43.13	16.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลตามค่า Daylight Factor (D.F.) โดยรวมภายในห้องที่มีค่าแสงมากที่สุดไปยังค่าแสงน้อยที่สุดดังต่อไปนี้คือ (ต่อ)

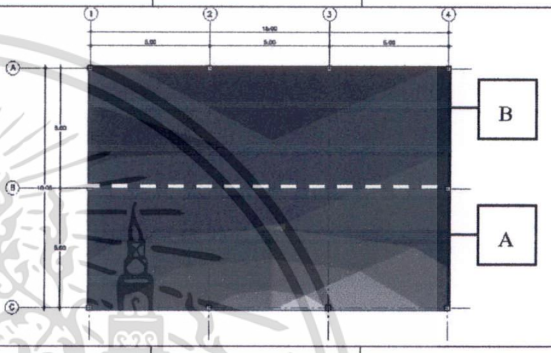
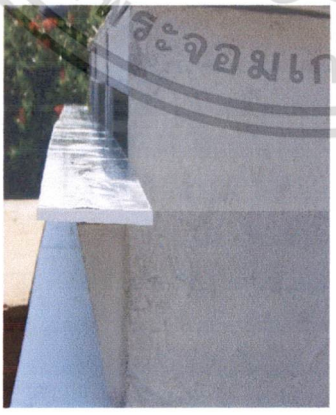
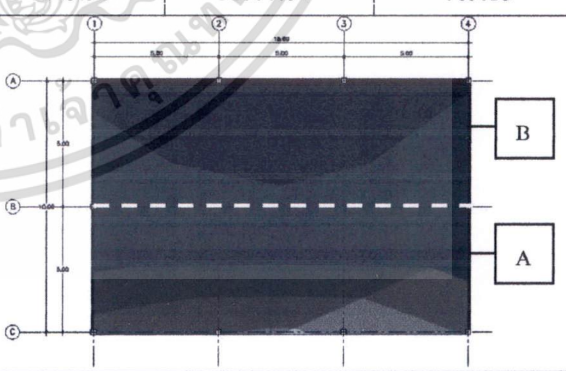
ตารางที่ 4.76 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 3 และ อันดับที่ 4

ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง** ทั้งห้อง	**ค่าเฉลี่ยแสง** โซน A	**ค่าเฉลี่ยแสง** โซน B
	1718.38	2478.38	958.38
3.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 35° ขนาด 1.50 เมตร : ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) 			
	ค่า Daylight Factor **(DF.)** ทั้งห้อง	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน A	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน B
	29 %	42.49	16.43
ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง** ทั้งห้อง	**ค่าเฉลี่ยแสง** โซน A	**ค่าเฉลี่ยแสง** โซน B
	1698.80	2526.05	871.56
4.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 25° ขนาด 1.20 เมตร : ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) 			
	ค่า Daylight Factor **(DF.)** ทั้งห้อง	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน A	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน B
	29 %	43.31	14.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลตามค่า Daylight Factor (D.F.) โดยรวมภายในห้องที่มีค่าแสงมากที่สุดไปยังค่าแสงน้อยที่สุดดังต่อไปนี้คือ (ต่อ)

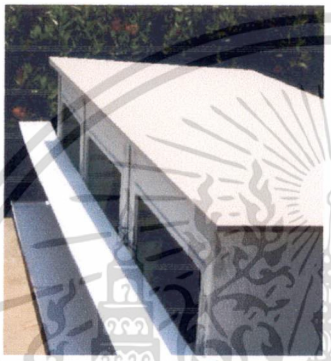
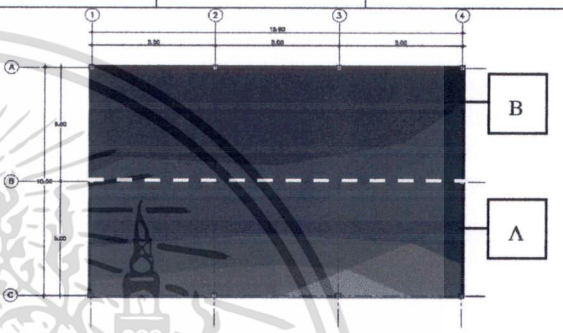
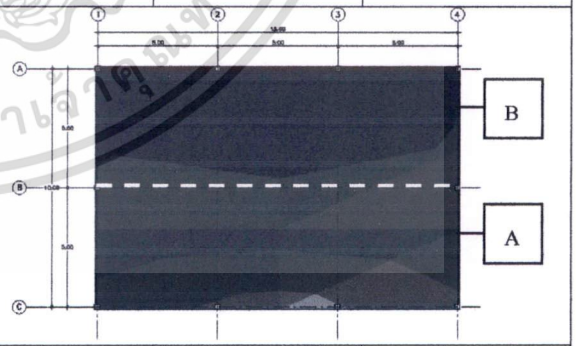
ตารางที่ 4.77 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 5 และ อันดับที่ 6

ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง ทั้งห้อง**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน A**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน B**
5.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 25° ขนาด 1.20 เมตร : ผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง	1746.78	2502.15	991.41
			
	ค่า Daylight Factor **(DF.) ทั้งห้อง**	**ค่า** Daylight Factor **(DF.) โซน A**	**ค่า** Daylight Factor **(DF.) โซน B**
	29 %	42.90	16.99
ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง ทั้งห้อง**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน A**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน B**
6.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร 	1243.51	1777.84	709.18
			
	ค่า Daylight Factor **(DF.) ทั้งห้อง**	**ค่า** Daylight Factor **(DF.) โซน A**	**ค่า** Daylight Factor **(DF.) โซน B**
	29 %	30.48	12.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลตามค่า Daylight Factor (D.F.) โดยรวมภายในห้องที่มีค่าแสงมากที่สุดไปยังค่าแสงน้อยที่สุดดังต่อไปนี้คือ (ต่อ)

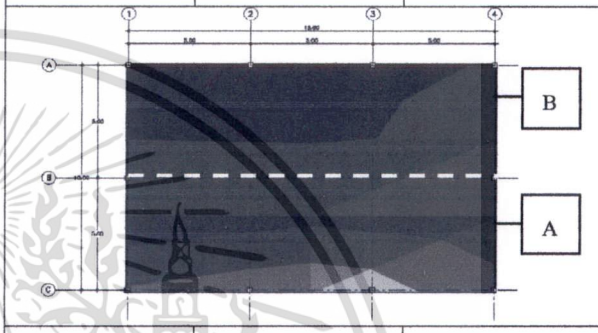
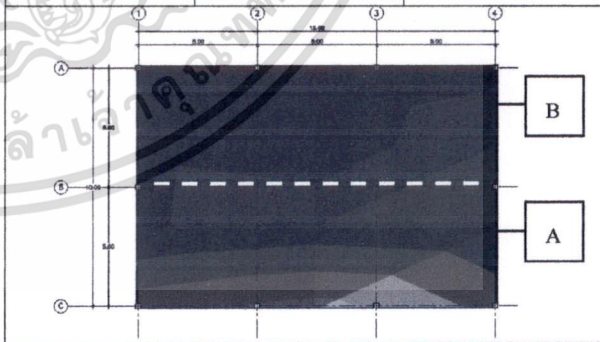
ตารางที่ 4.78 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 7 และ อันดับที่ 8

ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง ทั้งห้อง**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน A**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน B**
7.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร 	1588.73	2339.32	838.14
			
	ค่า Daylight Factor **(DF.) ทั้งห้อง**	**ค่า** Daylight Factor **(DF.) โซน A**	**ค่า** Daylight Factor **(DF.) โซน B**
	27 %	40.11	14.37
ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง ทั้งห้อง**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน A**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน B**
8. หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	1415.67	1998.58	832.76
			
	ค่า Daylight Factor **(DF.) ทั้งห้อง**	**ค่า** Daylight Factor **(DF.) โซน A**	**ค่า** Daylight Factor **(DF.) โซน B**
	27 %	34.26	14.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลตามค่า Daylight Factor (D.F.) โดยรวมภายในห้องที่มีค่าแสงมากที่สุดไปยังค่าแสงน้อยที่สุดดังต่อไปนี้คือ (ต่อ)

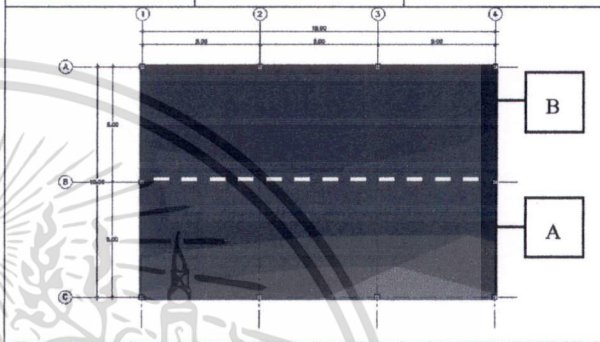
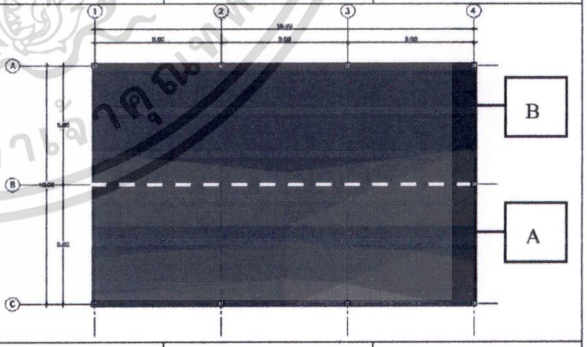
ตารางที่ 4.79 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 9 และ อันดับที่ 10

ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	ค่าเฉลี่ยแสงทั้งห้อง	ค่าเฉลี่ยแสงโซน A	ค่าเฉลี่ยแสงโซน B
9.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 25 องศา ขนาด 1.50 เมตร: ผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง	1600.09	2262.43	937.76
			
	ค่า Daylight Factor (DF.) ทั้งห้อง	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน A	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน B
	27 %	38.79	16.07
ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสงทั้งห้อง**	**ค่าเฉลี่ยแสงโซน A**	**ค่าเฉลี่ยแสงโซน B**
10.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 35 องศา ขนาด 1.20 เมตร : ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)	1624.61	2364.21	885.01
			
	ค่า Daylight Factor (DF.) ทั้งห้อง	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน A	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน B
	27 %	40.53	15.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลตามค่า Daylight Factor (D.F.) โดยรวมภายในห้องที่มีค่าแสงมากที่สุดไปยังค่าแสงน้อยที่สุดดังต่อไปนี้คือ (ต่อ)

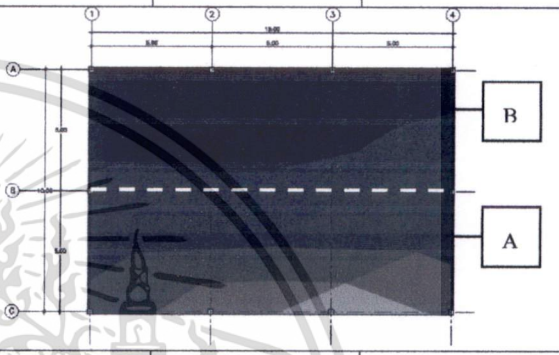
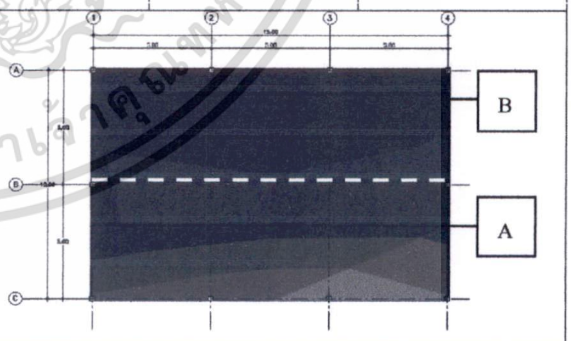
ตารางที่ 4.80 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 11 และ อันดับที่ 12

ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง ทั้งห้อง**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน A**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน B**
11. หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 25 องศา ขนาด 1.50 เมตร : ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)	1600.09	2262.43	937.76
			
	ค่า Daylight Factor **(DF.) ทั้งห้อง**	**ค่า** Daylight Factor **(DF.) โซน A**	**ค่า** Daylight Factor **(DF.) โซน B**
	27 %	38.79	16.07
ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง ทั้งห้อง**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน A**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน B**
12. หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตรที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	1554.29	2318.48	790.11
			
	ค่า Daylight Factor **(DF.) ทั้งห้อง**	**ค่า** Daylight Factor **(DF.) โซน A**	**ค่า** Daylight Factor **(DF.) โซน B**
	26 %	39.75	13.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลตามค่า Daylight Factor (D.F.) โดยรวมภายในห้องที่มีค่าแสงมากที่สุดไปยังค่าแสงน้อยที่สุดดังต่อไปนี้คือ (ต่อ)

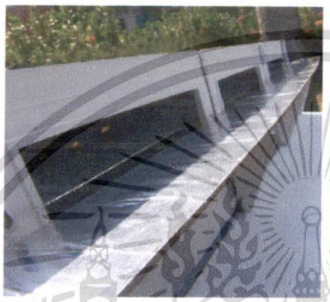
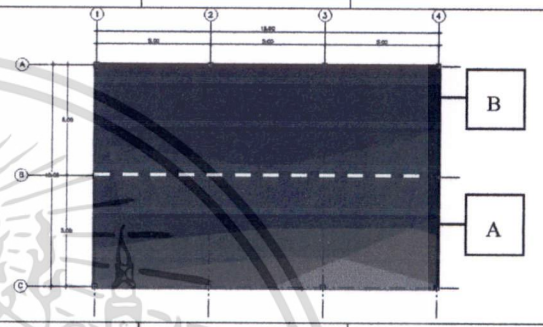
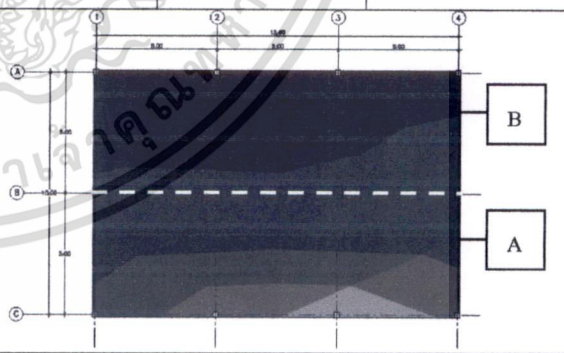
ตารางที่ 4.81 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 13 และ อันดับที่ 14

ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	ค่าเฉลี่ยแสง ทั้งห้อง	ค่าเฉลี่ยแสง โซน A	ค่าเฉลี่ยแสง โซน B
13.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	1558.03	2284.26	831.80
			
	ค่า Daylight Factor (DF.) ทั้งห้อง	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน A	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน B
	26%	39.16	14.26
ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง ทั้งห้อง**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน A**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน B**
14. หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบผสม (Combined Light Shelve) มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร	1569.83	2395.89	743.78
			
	ค่า Daylight Factor (DF.) ทั้งห้อง	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน A	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน B
	26 %	41.08	12.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลตามค่า Daylight Factor (D.F.) โดยรวมภายในห้องที่มีค่าแสงมากที่สุดไปยังค่าแสงน้อยที่สุดดังต่อไปนี้คือ (ต่อ)

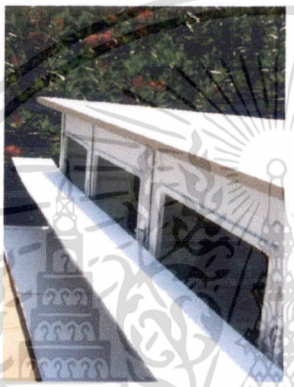
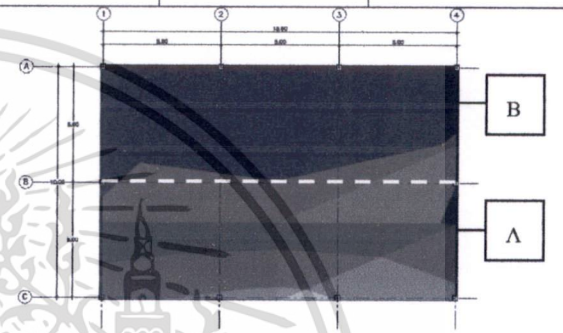
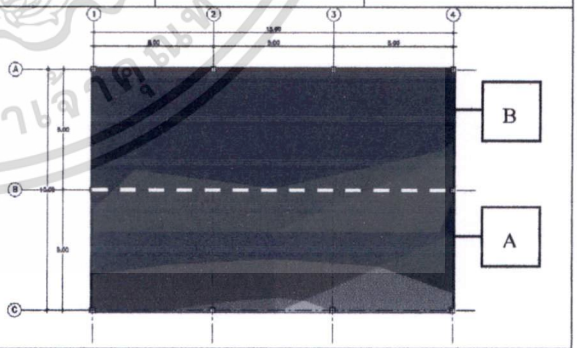
ตารางที่ 4.82 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 15 และ อันดับที่ 16

ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง** ทั้งห้อง	**ค่าเฉลี่ยแสง** โซน A	**ค่าเฉลี่ยแสง** โซน B
15. หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร 	1569.83	2395.89	743.78
			
	ค่า Daylight Factor **(DF.)** ทั้งห้อง	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน A	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน B
	26 %	41.08	12.75
ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง** ทั้งห้อง	**ค่าเฉลี่ยแสง** โซน A	**ค่าเฉลี่ยแสง** โซน B
16. หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตรระดับความสูง 2.00 เมตร	1402.38	2058.29	746.47
			
	ค่า Daylight Factor **(DF.)** ทั้งห้อง	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน A	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน B
	24%	35.29	12.79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลตามค่า Daylight Factor (D.F.) โดยรวมภายในห้องที่มีค่าแสงมากที่สุดไปยังค่าแสงน้อยที่สุดดังต่อไปนี้คือ (ต่อ)

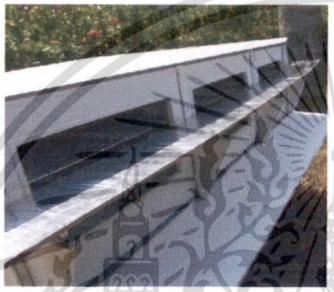
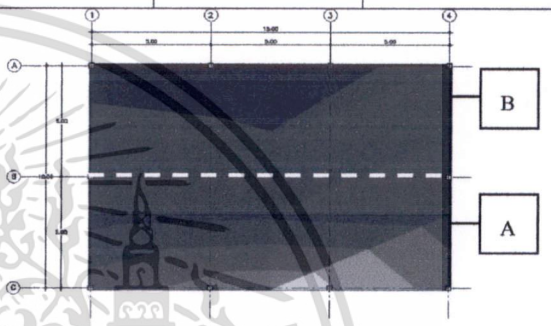
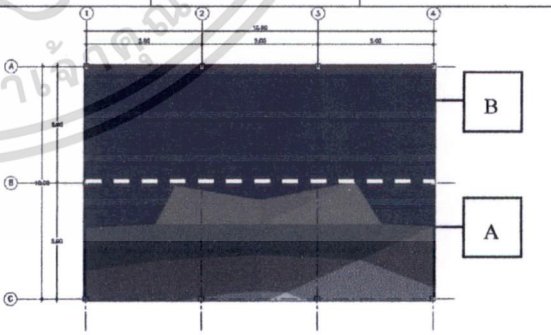
ตารางที่ 4.83 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 17 และ อันดับที่ 18

ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	ค่าเฉลี่ยแสง ทั้งห้อง	ค่าเฉลี่ยแสง โซน A	ค่าเฉลี่ยแสง โซน B
17.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร 	1379.52	1974.76	784.28
			
	ค่า Daylight Factor (DF.) ทั้งห้อง	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน A	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน B
	23 %	33.86	13.44
ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง ทั้งห้อง**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน A**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน B**
18.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร	1379.52	1974.76	784.28
			
	ค่า Daylight Factor (DF.) ทั้งห้อง	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน A	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน B
	23 %	33.86	13.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลตามค่า Daylight Factor (D.F.)โดยรวมภายในห้องที่มีค่าแสงมากที่สุดไปยังค่าแสงน้อยที่สุดดังต่อไปนี้คือ (ต่อ)

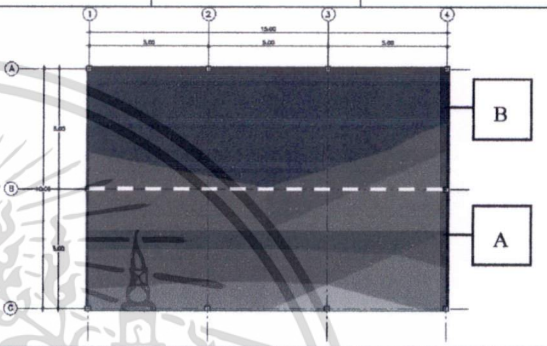
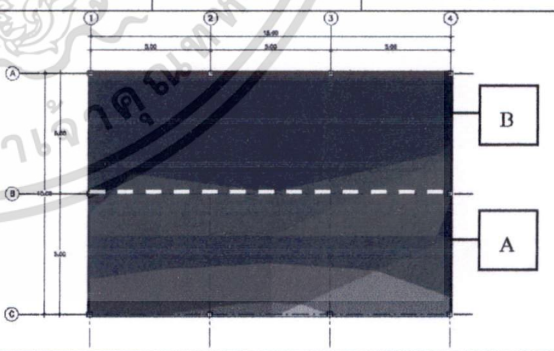
ตารางที่ 4.84 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 19 และ อันดับที่ 20

ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง** ทั้งห้อง	**ค่าเฉลี่ยแสง** โซน A	**ค่าเฉลี่ยแสง** โซน B
19.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร 	1275.73	1702.17	849.30
			
	ค่า Daylight Factor **(DF.)** ทั้งห้อง	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน A	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน B
	22 %	29.18	14.56
ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง** ทั้งห้อง	**ค่าเฉลี่ยแสง** โซน A	**ค่าเฉลี่ยแสง** โซน B
20.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตรที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร	1488.24	2258.85	717.63
			
	ค่า Daylight Factor **(DF.)** ทั้งห้อง	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน A	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน B
	22 %	38.73	12.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลตามค่า Daylight Factor (D.F.) โดยรวมภายในห้องที่มีค่าแสงมากที่สุดไปยังค่าแสงน้อยที่สุดดังต่อไปนี้คือ (ต่อ)

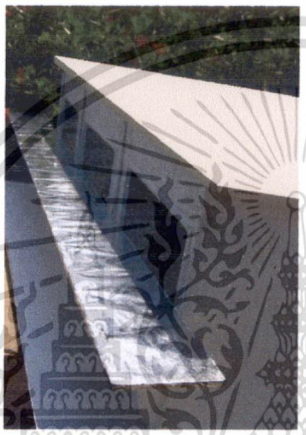
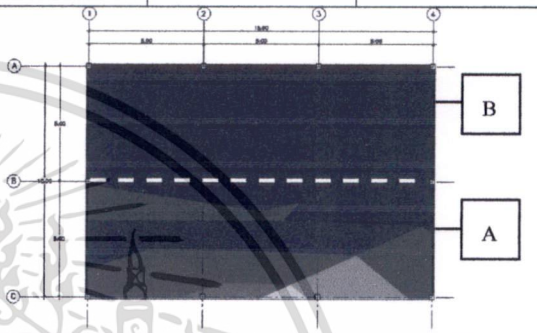
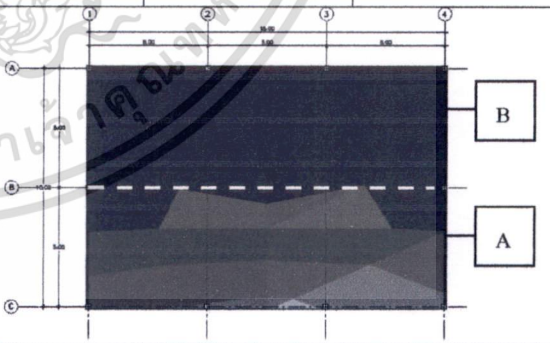
ตารางที่ 4.85 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 21 และ อันดับที่ 22

ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง ทั้งห้อง**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน A**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน B**
21.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	1275.73	1702.17	849.30
			
	ค่า Daylight Factor **(DF.)** ทั้งห้อง 22 %	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน A 29.18	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน B 14.56
ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง ทั้งห้อง**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน A**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน B**
22.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร	1379.52	1974.76	784.28
			
	ค่า Daylight Factor **(DF.)** ทั้งห้อง 22 %	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน A 33.86	**ค่า** Daylight Factor **(DF.)** โซน B 13.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลตามค่า Daylight Factor (D.F.) โดยรวมภายในห้องที่มีค่าแสงมากที่สุดไปยังค่าแสงน้อยที่สุดดังต่อไปนี้คือ (ต่อ)

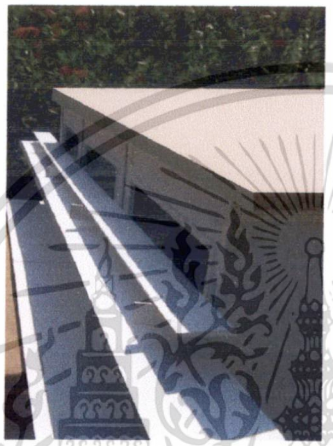
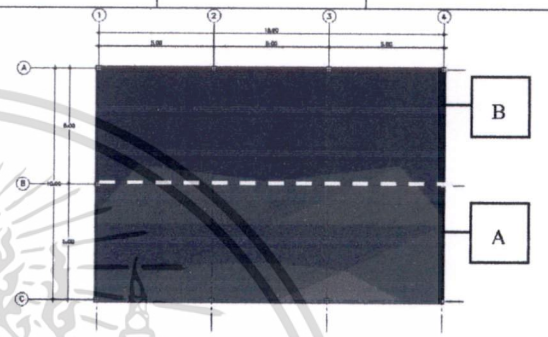
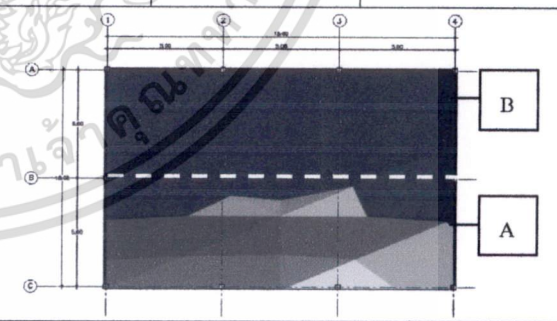
ตารางที่ 4.86 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 23 และ อันดับที่ 24

ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	ค่าเฉลี่ยแสง ทั้งห้อง	ค่าเฉลี่ยแสง โซน A	ค่าเฉลี่ยแสง โซน B
23.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร 	1379.52	1974.76	784.28
			
	ค่า Daylight Factor (DF.) ทั้งห้อง	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน A	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน B
	21%	33.86	13.44
ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	**ค่าเฉลี่ยแสง ทั้งห้อง**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน A**	**ค่าเฉลี่ยแสง โซน B**
24.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร	1302.10	1886.58	717.63
			
	ค่า Daylight Factor (DF.) ทั้งห้อง	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน A	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน B
	21%	32.34	12.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลตามค่า Daylight Factor (D.F.) โดยรวมภายในห้องที่มีค่าแสงมากที่สุดไปยังค่าแสงน้อยที่สุดดังต่อไปนี้คือ (ต่อ)

ตารางที่ 4.87 แสดงการสรุปผลการทดลองประเภทของเรื่องหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่อยู่ในอันดับที่ 25 และ อันดับที่ 26

ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	ค่าเฉลี่ยแสง ทั้งห้อง	ค่าเฉลี่ยแสง โซน A	ค่าเฉลี่ยแสง โซน B
25.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร 	1254.95	1755.07	754.84
			
	ค่า Daylight Factor (DF.) ทั้งห้อง	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน A	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน B
	21%	30.09	12.94
ประเภทของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	ค่าเฉลี่ยแสง ทั้งห้อง	ค่าเฉลี่ยแสง โซน A	ค่าเฉลี่ยแสง โซน B
26.หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	1149.30	1669.44	629.16
			
	ค่า Daylight Factor (DF.) ทั้งห้อง	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน A	ค่า Daylight Factor (DF.) โซน B
	19 %	28.62	10.78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

เป้าหมายหลักในการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคาร นั่นคือค่าความสว่างของแสงธรรมชาติที่เหมาะสมและได้มาตราฐานต่อการใช้งานภายในอาคารเพื่อให้ได้พื้นที่มากที่สุด รวมไปถึงช่วยลดปริมาณในการใช้แสงประดิษฐ์ ซึ่งช่วยในการประหยัดพลังงานโดยรวมของอาคาร แต่ในการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร จะต้องคำนึงถึงความร้อนที่แฝงตัวเข้ามาโดยตรงจากดวงอาทิตย์ เนื่องจากแสงตรงจากดวงอาทิตยเมื่อผ่านช่องเปิดเข้าสู่ภายในตัวอาคาร ก่อให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคารทำให้สิ้นเปลืองการใช้พลังงานของอาคาร และอีกปัจจัยหนึ่งก็เพื่อต้องการควบคุมปริมาณและคุณภาพของแสงธรรมชาติภายในอาคารให้เหมาะสมต่อผู้ใช้อาคาร ดังนั้นการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารจึงเป็นสิ่งที่ต้องศึกษาและวิเคราะห์ถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติ เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมต่อการออกแบบอาคารที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานภายในอาคารได้อย่างเหมาะสม

งานวิจัยฉบับนี้เป็นงานวิจัยโดยอาศัยการทดลอง (Experimental Research)ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการที่จะมุ่งเน้นในเรื่องของการหาปริมาณของค่าแสงธรรมชาติที่นำเข้ามาใช้ประโยชน์ภายในห้องประติมากรรม (ห้องปั้น) ซึ่งจะเป็นแนวทางในเรื่องของการแก้ไขปัญหาในเรื่องของงานออกแบบ หรือ ปรับปรุงเพื่อทำการเสนอแนะในเรื่องของวิธีการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในห้องปั้น เนื่องจากสิ่งสำคัญของการปฏิบัติงานประติมากรรมคือแสงสว่าง แสงเป็นตัวกำหนดในเรื่องของเงาที่ตกกระทบทำให้รูปภาพที่ดูจากหุ่นนั้นดูไม่แข็งกระด้างมีชีวิตชีวา และอีกทั้งช่วยในเรื่องของการมองเห็นขนาดและสัดส่วนที่ถูกต้องมากที่สุด

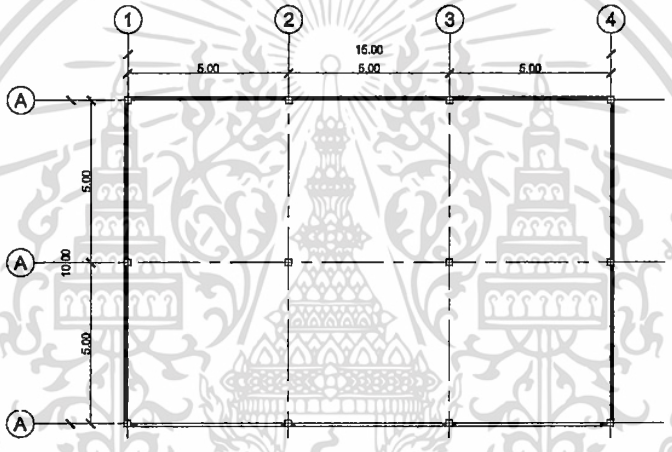
จึงได้มีการศึกษาในเรื่องของช่องเปิดแบบด้านข้างอาคาร (Side Lighting) เพื่อเมื่อทำการศึกษากลุ่มอาคารของสถาบันที่มีการเรียนการสอนวิชาประติมากรรมในระดับอุดมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานครและเขตปริมณฑลใน 4 สถาบัน ได้แก่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , มหาวิทยาลัยศิลปกร , วิทยาเขตเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ และ สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ อาคารส่วนใหญ่จะเป็นอาคารเรียนเดิมซึ่งไม่ได้มีการออกแบบเพื่อการเรียนวิชาประติมากรรมโดยเฉพาะ และเมื่อลงมือทำการวิจัยสิ่งที่ได้นั่นก็คือผลที่จะทำให้ทราบถึงปริมาณของแสงธรรมชาติที่นำเข้ามาใช้ภายในอาคาร จึงมีการประยุกต์ในเรื่องของการทำหุ่นจำลองที่เลียนแบบอาคารที่ใช้ในการศึกษาโดยมีช่องเปิดด้านข้าง(Side Lighting) แล้วเพิ่มระดับความสว่างด้วยวิธีการสะท้อนแสงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) เป็นหลัก ซึ่งจะทำการเก็บข้อมูลโดยพิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐานค่าการส่องสว่างจาก IES หรือ CIE เป็นหลัก ซึ่งผลจากการทดลองสามารถนำใช้เป็นแนวทางได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

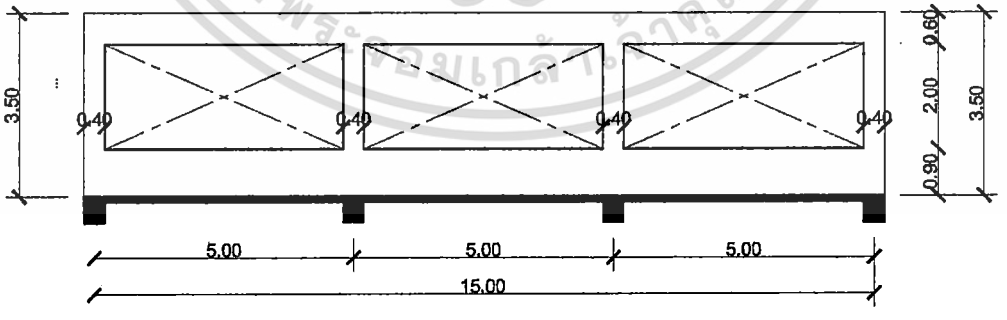
5.1 สรุปผลจากการทดลอง

การนำแสงธรรมชาติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพภายในห้องปั้นโดยการใช้หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

จากผลการทดลองทั้งหมดในเรื่องของการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในห้องประติมากรรม (ห้องปั้น) ที่ใช้การทดลองโดยการใช้หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) เป็นสื่อกลางในการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในตัวอาคาร โดยการกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลองรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งมีการศึกษามาตราฐานสัดส่วนขนาดจากกลุ่มอาคารตัวอย่าง เพื่อใช้ในกำหนดขนาดของหุ่นทดลอง โดยการกำหนดขนาดและสัดส่วนตามตามลักษณะของห้องเรียนประติมากรรมตามที่ได้ศึกษา จากการทดลองจึงทำให้ทราบถึงการทดลองดังต่อไปนี้

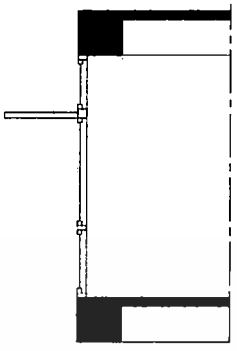
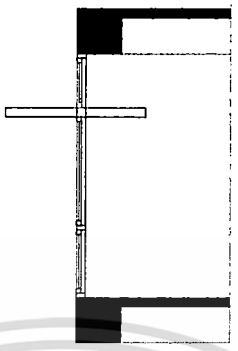
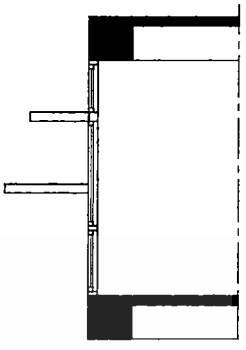


รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะ Plan ของหุ่นทดลองซึ่งมีขนาด 10.00 x 15.00 x 4.00 เมตร



รูปที่ 5.2 แสดงลักษณะ Elevation ของหุ่นทดลองกรณีที่ไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Non Light Shelve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะรูปตัดของของหุ่นทดลอง		
หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve)	หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve)	หิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง (Blind Light Shelve)
		

รูปที่ 5.3 แสดงลักษณะรูปตัดของของหุ่นทดลองในกรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบต่าง ๆ

1. รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม

เมื่อทำการทดลองโดยการวัดค่าแสงจากหุ่นทดลองจำนวน 3 รูปแบบ แล้วพบว่ารูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร และ หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร มีการกระจายแสงเข้าสู่ภายในห้องปั้นได้มากที่สุด

ตารางที่ 5.1 แสดงผลค่า Daylight Factor (DF.) ของรูปแบบหิ้งสะท้อนแสง

รูปทรงหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	ค่า Daylight Factor (D.F.) ทั้งห้องปั้น
1. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร	27 %
2. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร	26 %
3. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร	27 %
4. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร	22 %
5. หิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร	21%
6. หิ้งสะท้อนแสงแบบม่านสะท้อนแสง 2 ชั้น (Blind Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร	19%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม

เมื่อทำการทดลองโดยการวัดค่าสะท้อนแสงของสีและวัสดุในรูปแบบที่ต่างกัน จึงสรุปได้ว่าหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงสามารถสะท้อนแสงเข้าสู่ภายในได้ดีที่สุด

ตารางที่ 5.2 แสดงผลค่า Daylight Factor (DF.) ของและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสงหิ้งสะท้อนแสง

สีและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	ค่า Daylight Factor (D.F.) ทั้งห้องปั้น
1. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง	29%
2.หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง	24%
3.หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง	26%
4.หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง	23%
5.หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)	22 %
6.หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)	27 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม

ระดับความสูงของหิ้งสะท้อนแสงหิ้งสะท้อนแสงที่ใช้ในการทดลองมีอยู่ 2 ระดับคือ 1. ขนาด 2.00 เมตร 2.ขนาด 2.50 เมตร ซึ่งทั้ง 2 ระดับจะวัดจากระดับพื้น เมื่อทำการทดลองจึงพบว่า หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง สามารถนำแสงเข้าสู่ภายในได้ดีที่สุด

ตารางที่ 5.3 แสดงผลค่า Daylight Factor (DF.)ของระดับความสูงสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

ระดับความสูงหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	**ค่า Daylight Factor (D.F.) % ทั้งห้องปั้น**
1. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	27 %
2. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตรที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	26%
3. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.20 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	27 %
4. หิ้งสะท้อนแสง แบบผสม (Combined Light Shelve) ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ขนาด 1.50 เมตร ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร	22 %
5. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง	29%
6. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง	24%
7. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง	26%
8. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง	23%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงผลสรุปค่าเฉลี่ยค่า Daylight Factor (D.F.) ของระดับความสูงหิ้งสะท้อนแสง หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

ตารางที่ 5.4 แสดงผลค่า Daylight Factor (DF.) ของระดับความสูงสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร

ระดับความสูงหิ้งสะท้อนแสงหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่ระดับความสูง 2.50 เมตร	**ค่า Daylight Factor (D.F.) % ทั้งห้องปั้น**
1.หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร	23%
2. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร	22%
3. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร	23 %
4. หิ้งสะท้อนแสงผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่มีผิววัสดุที่มีสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน) ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร	22 %
5. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร	21%
6. หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกอาคาร (Exterior Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร	21%
7. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร	22 %
8. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Light Shelve) ขนาด 1.50 เมตร ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ที่มีความสูงอยู่ที่ระดับ 2.50 เมตร	26 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่เหมาะสม

การทดลองในเรื่องรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงถือว่าเป็นการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในเรื่องของการเพิ่มการกระจายแสงที่เข้าสู่ภายในห้อง ซึ่งพบว่าหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) แบบเอียง 35 องศา ขนาด 1.50 เมตร : ผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสงมีการกระจายแสงได้ดีที่สุด

ตารางที่ 5.5 แสดงผลค่า Daylight Factor (DF.) ของรูปทรงหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่ระดับความสูง 2.00 เมตร

รูปทรงหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)	ค่า Daylight Factor (DF.) % ทั้งห้องปั้น
1.หิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25 องศา ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)	29 %
2. หิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25 องศา ขนาด 1.50 เมตร ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)	27 %
3. หิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25 องศา ขนาด 1.20 เมตร ที่ผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง	29 %
4. หิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 25 องศา ขนาด 1.50 เมตร ที่ผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง	27 %
5. หิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35 องศา ขนาด 1.20 เมตร ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)	27 %
6. หิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35 องศา ขนาด 1.50 เมตร ที่มีผิววัสดุสีขาว (สีพลาสติกทาภายใน)	29 %
7. หิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35 องศา ขนาด 1.20 เมตร ที่ผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง	29 %
8. หิ้งสะท้อนแสงแบบเอียง 35 องศา ขนาด 1.50 เมตร ที่ผิววัสดุที่มีสีเงินสะท้อนแสง	31 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

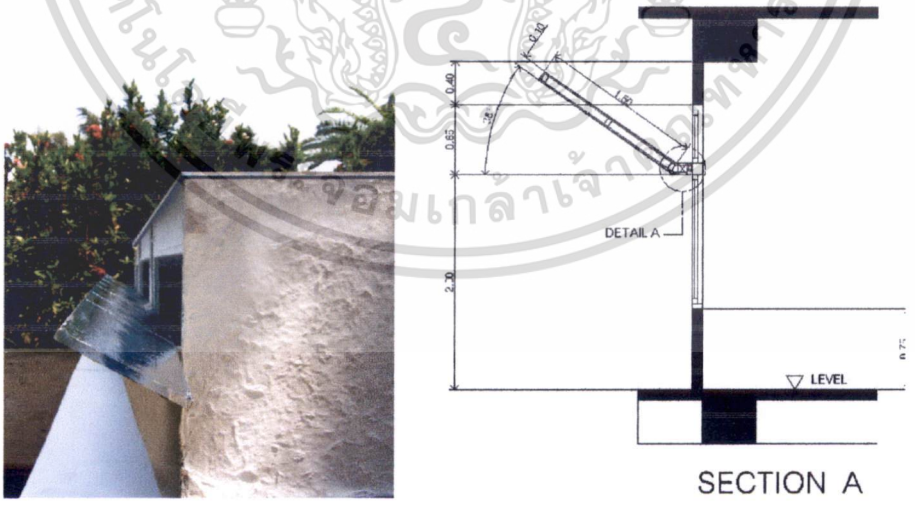
จากการทดลองทำให้ทราบว่า แสงธรรมชาติสามารถเข้ามายังภายในตัวอาคารได้นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยโดยรวมหลายประเภทได้แก่ เรื่องของช่วงเวลา ทิศทางของการตั้งอาคาร ฯลฯ แต่ถ้าต้องการนำแสงธรรมชาติที่มีอยู่แล้วนั้นดึงมาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุดก็จะทราบถึงจุดประสงค์หลักในเรื่องของการนำมาใช้งาน ดังเช่นงานวิจัยฉบับนี้จุดประสงค์หลักก็เพื่อที่จะนำแสงธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประสิทธิภาพที่สุดสำหรับนักศึกษา

ผลการทดลองทั้งหมดพบว่าหิ้งสะท้อนแสงที่สามารถกระจายแสงธรรมชาติเข้าสู่ตัวอาคารภายในได้ดีที่สุดคือ หิ้งสะท้อนแสงที่มีรูปทรงแบบเอียง 35°ขนาด 1.50 เมตร ซึ่งมีผิววัสดุสีเงินสะท้อน

5.2 ลักษณะของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่ได้จากการศึกษา

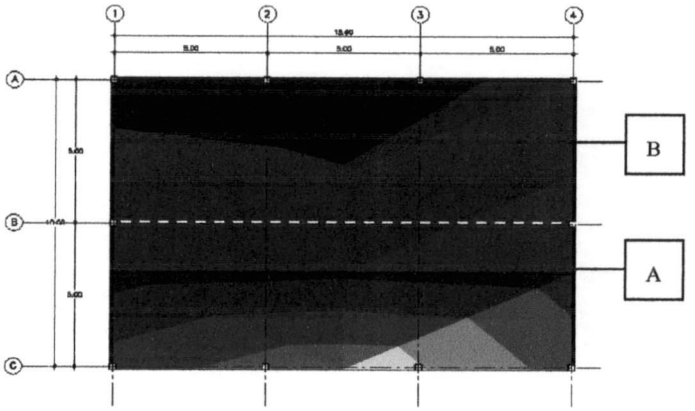
ลักษณะทางกายภาพของหิ้งสะท้อนแสงที่มีรูปทรงแบบเอียง 35° ขนาด 1.50 เมตร ที่มีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง ซึ่งจะเป็นรูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงที่ทำการวิเคราะห์และผ่านการทดลองแล้วพบว่ามีประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงธรรมชาติจากส่วนของช่องเปิดมายังส่วนที่ลึกได้มากที่สุดแสง และมีผลของค่าการสะท้อนแสง หรือ ค่าDaylight Factor (DF.)อยู่ในอันดับที่มากที่สุด ค่าเปรียบต่างของแสงภายนอกกับภายใน(Daylight Factor , DF.)โดยรวมทั้งห้องอยู่ที่ประมาณ31 % ซึ่งเป็นค่าที่สูงที่สุด (จากผลการทดลอง) แต่สามารถเพิ่มความสว่างภายในห้องได้อีก 8 % โดยจำแนกรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

1.ลักษณะของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)



รูปที่ 5.4 แสดงลักษณะทางกายภาพของหุ่นทดลองประเภทหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่มีรูปทรงแบบเอียง 35 องศา ขนาด 1.50 เมตร ซึ่งมีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 แสดงปริมาณของแสงที่เข้ามาภายในหุ่นทดลอง

ตารางที่ 5.6 แสดงรายละเอียดผลการทดลองของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ที่มีรูปทรงแบบเอียง 35 องศาขนาด 1.50 เมตร ซึ่งมีผิววัสดุสีเงินสะท้อนแสง

ค่า (DF.)	ค่า (DF.) โซน A	ค่า (DF.) โซน B	ค่าเฉลี่ยแสง ทั้งห้อง	ค่าเฉลี่ยแสง โซน A	ค่าเฉลี่ยแสง โซน B
31 %	44.98	17.31	1816.64	2623.34	1009.94

ตารางที่ 5.7 แสดงค่าความเปลี่ยนแปลงของความสว่างภายในทั้งห้อง

ค่า (DF.) เดิม / ใหม่	ความแตกต่าง เพิ่มขึ้น (%)	ค่าเฉลี่ยแสง เดิม / ใหม่	ความสว่าง เพิ่มขึ้น (%)
28 / 31	3	1682.04 / 1816.64	8%

2. วัสดุที่นำมาผลิตหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

การเลือกวัสดุนั้นจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายประเภท เนื่องจากการใช้งานของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve) ในงานวิจัยฉบับนี้เป็นการใช้งานในลักษณะของส่วนร่วม เพราะฉะนั้นจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติที่โดดเด่นดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.8 แสดงลักษณะของคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

คุณสมบัติของวัสดุ
1.วัสดุที่นำมาใช้จะต้องสะท้อนแสงได้นาน
2.วัสดุที่นำมาใช้จะต้องมีความแข็งแรงทนทาน
3.วัสดุที่นำมาใช้จะต้องมีอายุในการใช้งานที่ยาวนาน
4.วัสดุที่นำมาใช้จะต้องสามารถทำความสะอาดได้ง่าย

3. การดูแลรักษาหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelve)

การดูแลรักษาหิ้งสะท้อนแสงนั้นจะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพในการใช้งาน เนื่องจากจุดประสงค์ในการติดตั้งก็เพื่อที่จะให้หิ้งสะท้อนแสงเป็นตัวสะท้อนแสงธรรมชาติเข้ามายังภายในตัวอาคาร ดังนั้นจะต้องมีการเอาใจใส่ในเรื่องของการดูแลรักษาจะต้องคงในเรื่องของประสิทธิภาพของตัวหิ้งสะท้อนแสง ให้ได้มากที่สุดเพื่อการปฏิบัติงาน โดยการดูแลรักษาทำความสะอาดบริเวณที่เป็นตัวหิ้งสะท้อนแสงอาจจะมีการตรวจสอบทุก 1-2 เดือน ในกรณีที่มีการติดตั้งแบบติดตายก็จะต้องทำความสะอาดแบบระมัดระวัง หากเกิดการผิดพลาดก็จะส่งผลให้เกิดความเสียหายแก่หิ้งสะท้อนแสง ถ้ากรณีที่มีการติดตั้งในลักษณะที่สามารถปรับได้ก็จะต้องปรับตัวหิ้งสะท้อนแสง ให้อยู่ในแนวราบ 90 องศา แล้วจึงทำความสะอาดหิ้งสะท้อนแสง

5.3 ข้อเสนอแนะหลังสรุปผลจากการศึกษาและการทดลอง

จากการวิเคราะห์ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติ สามารถนำมาสรุปเพื่อหาถึงแนวทางการออกแบบห้องปั้น ที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสรุปแนวทางการออกแบบได้ดังนี้

1. การพิจารณาสภาพแวดล้อมของอาคาร

ลักษณะของสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการออกแบบอาคาร เพื่อนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร ควรมีลักษณะของสภาพแวดล้อมรอบอาคารเป็นพื้นที่โล่งไม่มีอาคารใด ๆ หรือวัตถุอยู่ใกล้กับตำแหน่งของช่องเปิดอาคาร เนื่องจากการบังของอาคารข้างเคียงมีผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้าสู่ตัวอาคาร ทำให้ความสว่างนั้นไม่เพียงพอต่อการใช้งานภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การพิจารณารูแปบบทางสถาปัตยกรรม

ลักษณะรูปทรงของอาคารที่เหมาะสมต่อการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคาร รูปทรงด้านทิศเหนือและทิศใต้ของอาคารควรมีระยะกว้างเพื่อสามารถเปิดรับแสงธรรมชาติได้อย่างเต็มที่ และจะต้องมีการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์เพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร

3. การพิจารณาพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

ในการจัดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร จะต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบพื้นที่จากลักษณะกิจกรรมของการใช้งานภายในอาคารกับพื้นที่การใช้งานตามลักษณะความสว่างของแสงซึ่งในส่วนของพื้นที่ เพื่อลดพื้นที่การใช้งานของแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร

4. แนวทางการออกแบบช่องเปิด

ช่องเปิดของอาคารถือว่าเป็นอีกองค์ประกอบที่สำคัญต่อแสงธรรมชาติที่จะผ่านเข้าสู่ตัวอาคาร ลักษณะของช่องเปิดที่มีขนาดใหญ่แสงธรรมชาติสามารถผ่านเข้ามาได้มาก แต่ทั้งนี้ยิ่งช่องเปิดขนาดสูงมาก การป้องกันแสงตรงที่เกิดจากดวงอาทิตย์ยิ่งทำได้ยาก ช่องเปิดที่เหมาะสมต่อคุณภาพของแสงภายในอาคารควรมีตำแหน่งกรอบล่างของช่องเปิดอยู่เหนือระดับพื้นที่ใช้งานก่อให้เกิดความจ้าจากพื้นที่ของอาคารที่เกิดจากปริมาณแสงที่เข้ามาในระดับต่ำตกกระทบพื้นโดยตรงและก่อให้กิดความจ้ามากสะท้อนเข้าสู่ผู้ใช้อาคาร

5. การเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร

การพิจาณาถึงปัญหาที่เกิดขึ้นต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคาร พบว่าควรออกแบบหิ้งสะท้อนแสงเพื่อช่วยในเรื่องการเพิ่มและกระจายระดับของปริมาณแสงสว่างภายในอาคาร และเพิ่มในส่วนของอุปกรณ์ช่วยสะท้อนแสง เพื่อช่วยในเรื่องของการสะท้อนแสงเข้าสู่อาคาร

5.4 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย

1.ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการทดลอง ทำให้เราสามารถทราบถึงส่วนที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้ และทราบถึงจุดที่จะต้องเพิ่มเติมในเรื่องของแสงประดิษฐ์ ซึ่งจะทำให้แสงธรรมชาติและ แสงประดิษฐ์ ปฏิบัติงานร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

2. เมื่อทำการทดลองและสามารถทราบถึงหิ้งสะท้อนแสงที่เหมาะสมกับลักษณะของการใช้งานสำหรับห้องปั้น สามารถควบคุมถึงลักษณะของการใช้แสงประดิษฐ์ รวมไปถึงในเรื่องของการประหยัดค่าใช้จ่าย

3. จากแนวทางการออกแบบหิ้งสะท้อนสำหรับห้องปั้น ผู้ออกแบบสามารถนำไปใช้เป็นมาตราฐานในการออกแบบอาคารเรียน โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบรูปลักษณ์หรือหน้าตาของอาคารให้มีความสวยงามและยังสามารถนำแสงธรรมชาติเข้าไปใช้ภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Claude, RL. 1986. Daylighting design and analysis. New York : Van Nostrand Reinhold.

Chirarattananon, S. and Chaiwiwatwatworakul, P. 2001, Daylight availability models for global and diffuse horizontal lIluminance and lrradiance and models for sky luminance for Bangkok. The national energy conservation promotion fund. Bangkok : Asian institute of technology.

Egan, D.M. 1983. Concepts in architecture. New York : McGraw-Hill

Evans, B.H. 1981. Daylighting in architecture. New York : AIA

Joseph R.Browns : Brain and Nervous System (สารานุกรมชุดร่างกายของเรา : สมองและระบบประสาท): กรุงเทพฯ; อักษรเจริญทัศน์,2549

Phillips Derek. Lighting in architectural design. New York : Mcgraw – Hill book company ,1964

Stein and Raynolds, J.S. 1992. Mechanical and electrical equipment for building. 7 end. New York : John Wiley & Son.

http://www.promma.ac.th/chemistry/jutamas/online_chemistry/lesson/spectrum2.htm

http://graphics.sci.ubu.ac.th/wiki/index.php

http://www.neutron.rmutphysics.com/physics-glossary/index.php?option=com_content&task=view&id=4820&Itemid=86

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงานร่วมกับภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร . 2547. **แผนที่และฐานข้อมูลศักยภาพแสงสว่างธรรมชาติจากภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย.** กรุงเทพมหานคร

กรมอุตุนิยมวิทยา ณ สถานีตรวจอากาศ กรุงเทพมหานคร

ชิต ภิบาลแทน. 2535. **โลกของเราวิทยาศาสตร์น่ารู้.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์อักษราพิพัฒน์

ชำนาญ ห่อเกียรติ. 2540. **เทคนิคการส่องสว่าง.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์. 2543. **เทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่าง.** สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

ทิพย์สุดนธ์ อิทธิประทีป. 2542. **โครงงานการออกแบบสร้างสรรค์เรื่องความรู้สึกแห่งบรรยากาศภายในเงา.** รายงานการวิจัยวิชา360 301 ระเบียบวิธีการวิจัยสำหรับนักออกแบบ ภาควิชาประยุกต์ศิลปศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร .

ทวีเดช จิ๋วบาง. 2536. **เรียนรู้ทฤษฎีสี.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดร.ธวัชชัย จำรัสแสง และ ธำรงรัตน์ สิทธิชัย. 2546. **วิทยาศาสตร์ประยุกต์** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด.

รศ.ดร.นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และ ผศ.คณิตา ตังตังคณานุรักษ์. **โลกแห่งแสงสี.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด

เบญจพร ศักดิ์เรืองแมน. **การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารพิพิธภัณฑ์.** รายงาน

พิบูลย์ ดิษฐอุดม. 2544. **การออกแบบระบบแสงสว่าง.** กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น

พิรัส เหล่าไพศาลศักดิ์. 2537. **การนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร.** สาระศาสตร์สถาปัตย์ วาระสาร วิชาการภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

พิรัส เหล่าไพศาลศักดิ์ . 2541. **แสงในงานสถาปัตยกรรม.** สาระศาสตร์สถาปัตย์ฉบับที่ 1

พรรณชลัท สุริโยธิน และ พิรัส เหล่าไพศาลศักดิ์. 14-15 กรกฎาคม พ.ศ.2541. **Towards the Daylight the introduction to daylighting design.** ใน **Workshop for architects : the use of computer software in the design of energy conscious building.** ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

ผศ.ไพศาล จันเตยูร. 2539. **Climatic design in tropical housing & building.** เชียงใหม่ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ราตรี สุดทรวง และ วีระชัย สิงหนิยม. 2550. **ประสาทสรีรวิทยา.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เรณู ด่านกุล. 2545. **" การออกแบบหิ้งสะท้อนแสงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในสถานศึกษา"** วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์เขตร้อน บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

วิรัตน์ พิชญไพบูลย์. 2528. **ความเข้าใจศิลปะ.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช

วิรุณ ตั้งเจริญ. 2527. **ศิลปะร่วมสมัย.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์วิฒวลอาร์ต

วีร์ กังวานกิตติ. 2547. **" การให้ความสว่างโดยแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพสำหรับอาคารหอสมุด "** วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เศรษฐวัฒก์ ศรีวิโรจน์. 2547. **ผลกระทบของความร้อนที่เกิดจากการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารโดยผ่านช่องแสงกระจกทางด้านข้าง.** วารสารวิจัยพลังงาน.

สุชาติ เถาทอง. 2539. **หลักการทัศนศิลป์.** กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์นำอักษรการพิมพ์

รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ. 2541. **การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร.** กรุงเทพฯ:วารสารอาษา กรกรฎาคม 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์. 2547. **ลักษณะท้องฟ้าและปริมาณแสงของพื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร.**

อานนท์ วัชรพาหะ. 2545. **" การออกแบบอาคารสำนักงานโดยการนำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ กรณีศึกษาอาคารสำนักงานกรมการผังเมือง จังหวัดกรุงเทพมหานคร "** วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล นางสาวปรางทอง ชั่งธรรม

ที่อยู่ 5001/77 เขต/แขวงดินแดง ถนนดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400

ประวัติการศึกษา

บัณฑิตวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตรสาหกรรม (ภาควิชาก่อสร้างและงานไม้)
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
สาขาสถาปัตยกรรมภายใน แขนงวิชาวิจัยสภาพแวดล้อมภายใน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาลาดกระบัง

ประสบการณ์การทำงาน

Interior Designer บริษัทมั่งมีไพศาล
Sale Interior บริษัท PD House
อาจารย์สอนพิเศษ โรงเรียนไทยวิจิตรศิลป อาชีวะ
อาจารย์สอนศิลปะโครงการ 2 Be Number 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้