แนวทางการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารสถานีขนส่งเพื่อลดการใช้แสงประดิษฐ์ : กรณีศึกษา สถานีขนส่งผู้โดยสารหมอชิต 2

นายอธินันท์ โสภาพงศ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสภาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543
ISBN 974-346-614-2
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

AN APPROACH TO THE UTILIZATION OF DAYLIGHTING IN BUS TERMINAL FOR DEDUCTION OF ARTIFICIAL LIGHT

: A CASE STUDY OF MHOR CHIT 2 BUS TERMINAL

Mr. Athinan Sopapong

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Sunmitted in Partial Fulfiiment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture in Building Technology

Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University

Academic Year 2000
ISBN 974–346-614-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารสถานีขนส่งเพื่อลดการใช้แสงประดิษฐ์ : กรณีศึกษา สถานีขนส่งผู้โดยสารหมอชิต 2
โดย	นายอธินันท์ โสภาพงศ์
ภาควิชา	สถาปัตยกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์พรรณชลัท สุริโยธิน

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ สัจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์พรรณชลัท สุริโยธิน)

.....กรรมการ
(อาจารย์ปิยนุช เตาลานนท์)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อธินันท์ โสภาพงศ์ : แนวทางการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารสถานีขนส่งเพื่อลดการใช้แสงประดิษฐ์: กรณีศึกษา สถานีขนส่งผู้โดยสารหมอชิต 2 (AN APPROACH TO THE UTILIZATION OF DAYLIGHTING IN BUS TERMINAL FOR REDUCTION OF ARTIFICIAL LIGHT : A CASE STUDY OF MHOR CHIT 2 BUS TERMINAL) อ. ที่ปรึกษา : ผศ. ธนิต จินดาวณิค , อ. ที่ปรึกษาร่วม : อ. พรรณชลัท สุริโยธิน ; 252 หน้า. ISBN 974-346-614-2

การศึกษาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในเชิงเทคนิคและเศรษฐ์ศาสตร์เบื้องต้นในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารสถานีขนส่งเพื่อลดการใช้แสงประดิษฐ์ การศึกษาครั้งนี้ได้เลือกอาคารสถานีขนส่งผู้โดยสารหมอชิต 2 เป็นอาคารกรณีศึกษา เนื่องจากเป็นอาคารที่มีการเปิดใช้งานตลอด 24 ชม. ขนาดพื้นที่ตลอดจนสภาพแวดล้อมของอาคารมีความเหมาะสมทำให้สะดวกต่อการทำวิจัย

ขั้นตอนการศึกษาเริ่มจากการสำรวจ ประเมินผลและวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษาเพื่อศึกษาปัญหาในเรื่องการใช้แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดแนวทางเลือกในการปรับปรุง จากการสำรวจพบว่า หลังคาและที่จอดรถรับ –ส่ง ขนาดใหญ่ที่บริเวณชั้น 2 ทางด้านทิศตะวันออก เป็นอุปสรรค์ต่อการส่องผ่านของแสงธรรมชาติสู่ภายในอาคาร การจัดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารไม่สอดคล้องกับตำแหน่งช่องเปิด และช่องแสงด้านบนของอาคารซึ่งเป็นกระจกสีชามีปริมาณแสงสว่างและความร้อนที่มากับแสงสว่างมากจนเกินไปทำให้ต้องมีการติดตั้งแผ่นกรองไว้ใต้ช่องเปิด ซึ่งทำให้ปริมาณความส่องสว่างที่วัดได้ภายในอาคารมีค่าต่ำกว่ามาตราฐานที่กำหนดจึงจำเป็นต้องใช้แสงประดิษฐ์เสริมตลอดเวลา ดังนั้นแนวทางในการปรับปรุงอาคารจึงมุ่งพิจารณาการนำแสงธรรมชาติมาทดแทนแสงประดิษฐ์ โดยการนำเสนอ 3 แนวทาง คือ การปรับปรุงช่องแสงด้านบน การเจาะช่องเปิดเพิ่มที่ผนังอาคารชั้นลอย และการใช้หิ้งสะท้อนแสงที่สำนักงานชั้น 3

ผลการวิจัยพบว่าแนวทางการปรับปรุงช่องแสงด้านบนจากช่องแสงกระจกสีชาเป็นหลังคาฟันเลื่อยทึบแสงที่มีช่องเปิดด้านบน 15% สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 220,880.98 กิโลวัตต์ต่อปี โดยที่ 81.37% ของพลังงานที่ลดได้มาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลงจากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคา สามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ 595,695.87บาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุน 1.24 ปี แนวทางการเจาะช่องเปิดเพิ่มที่ผนังอาคารชั้นลอย สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 41,929.84 กิโลวัตต์ต่อปี สามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ 123,472.26 บาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุน 4.32 ปี แนวทางการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 80% สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 19,014.55 กิโลวัตต์ต่อปี สามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ 68,578.92 บาทต่อปี โดยมีระยะเวลาคืนทุน 3.04 ปี และจากการนำแนวทางการปรับปรุงที่ดีที่สุดจากทั้ง 3 แนวทางมาใช้ร่วมกันคือ การปรับปรุงช่องแสงด้านบนเป็นหลังคาฟันเลื่อยที่มีช่องเปิด 15% การเจาะช่องเปิดเพิ่มที่ผนังอาคารชั้นลอย ร่วมกับการใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 80% สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 281,825.37 กิโลวัตต์ต่อปี สามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ 787,747.05 บาทต่อปี โดยมีระยะเวลาคืนทุน 1.83 ปี

ภาควิชา	สถาปัตยกรรมศาสตร์	ลายมือชื่อนิสิต……..
สาขาวิชา	เทคโนโลยีอาคาร	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา……..
ปีการศึกษา	2543	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม……

4174184225 : MAJOR ARCHITECTURE
KEY WORD: DAYLIGHTING / BUILDING RETROFIT / ENERGY CONSERVATION

ATHINAN SOPAPONG: AN APPROACH TO THE UTILIZATION OF DAYLIGHTING IN BUS TERMINAL FOR REDUCTION OF ARTIFICIAL LIGHT: A CASE STUDY OF MHOR CHIT 2 BUS TERMINAL. THESIS ADVISOR: ASSIST PROF. THANIT CHINDAVANIG .THESIS CO-ADVISOR : PHANCHALATH SURIYOTHIN. **252 pp**. ISBN 974-346-614-2

The objective of the thesis was to study the suitable approach, technically and economically, to the utilization of daylighting in a bus terminal for the reduction of artificial light. The study was taken at the Mhor Chit 2 Bus Terminal as a case study since the building had 24-hour operating as well as the building area and its environment were suitable for the study.

The utilization of natural light and artificial light in the building were surveyed, evaluated and analyzed to indicate problems and to seek alternatives in improvement. From the survey, the roof of large drop off area on second floor on the east side obstructed daylight entering into the building and the arrangement of the internal function was not suitable to the opening. The coolgray glazed skylight of the building caused excessive daylight and heat gain. As a result, the grating was installed however it decreased light intensity below the standard and the artificial light were utilized all the time. The three alternatives for improvement of this building were proposed, the improvement of the top opening, the addition of the opening on the wall of mezzanine floor, and the addition of light shelf at the third floor office.

The improvement of the top opening using a sawtooth roof with 15% opening decreased the electrical power consumption 220,880.98 KW / year. 81.37% of the reduction of this energy was from the reduction of a cooling load. This improvement reduced the electrical cost at 595,695.87 Baht / year, with 1.24 years pay back period. Second, the addition of the opening on the wall of mezzanine floor, reduced the electrical energy at 41,929.84 KW / year, reduced the electrical cost at 123,472.26 Baht / year with 4.32 years pay back period. Third, the implement of light shelf, with 80% reflection reduced electrical energy at 19,014.55 KW / year, reduced the electrical cost at 68,578.92 Baht / year with 3.04 years pay back period. By appling these 3 alternatives the electrical energy could be reduced at 281,825.37 KW / year, reduced the electrical cost at 787,747.05 Baht / year with 1.83 years pay back period.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department Architecture — Student's signature ……..
Field of study Building Technology — Advisor's signature ……..
Academic year 2000 — Co-advisor's signature ……

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สามารถสำเร็จลงได้ด้วยดี หากขาดความกรุณาช่วยเหลือสนับสนุนทั้งด้านความรู้ คำชี้แนะ น้ำใจและกำลังใจในการทำงาน จากบุคคลและสถาบันต่างๆ ดังนี้

ขอขอบพระคุณในความกรุณาและความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวณิค อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ สมสิทธ์ นิตยะ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำชี้แนะคำปรึกษาที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย

ขอขอบคุณสำหรับคำแนะนำที่มีประโยชน์และความช่วยเหลือของอาจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และอาจารย์ปิยนุช เตาลานนท์

ขอขอบคุณ คุณธนิต และเจ้าหน้าที่ของสถานีขนส่งหมอชิต 2 ทุกท่านที่ได้อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล และตรวจสอบอาคารเดิมอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณในความช่วยเหลือของ คุณวงศ์สิริ คุณอานิค คุณภควิน คุณสุทัศน์ คุณเกรียงไกร ที่ได้สละเวลามาช่วยในการเก็บข้อมูลและเต็มใจให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน คุณอาร์ต ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ขอขอบคุณสำหรับกำลังใจในการทำงานและข้อเสนอแนะจากเพื่อนๆ กลุ่ม B.Y. พี่พราว,เบ็ญ, โจ้ และพี่ๆ เพื่อนๆ เทคโนโลยีอาคารทุกท่าน

ท้ายสุดขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ พี่เบิ้ม น้องบัว พี่ปี๊ดและฝน ที่คอยให้กำลังใจ ห่วงใยและสนับสนุนทุกๆด้านในการทำงานและการศึกษามาโดยตลอด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตารางประกอบ..... ฌ
สารบัญรูปภาพประกอบ..... ฑ
สารบัญแผนภูมิประกอบ..... ต
บทที่ 1 บทนำ
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
วัตถุประสงค์ในการศึกษา.....1
ขอบเขตการศึกษา 2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2
วิธีดำเนินการวิจัย..... 2
การวิเคราะห์อาคาร..... 4
บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
2.1 แสงสว่างและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า..... 9
2.2 พฤติกรรมของแสง..... 11
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการส่องสว่าง..... 15
2.4 คุณสมบัติอื่นๆ ของแสง.....17
2.5 ทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์..... 23
2.6 สภาพท้องฟ้า..... 26
2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างแสงธรรมชาติกับปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์..... 29
2.8 แสงประดิษฐ์.....32
2.9 ทฤษฎีการให้แสงสว่างภายในอาคารโดยใช้แสงประดิษฐ์..... 36
2.10 มาตราฐานระดับการส่องสว่าง..... 42
บทที่ 3 รายละเอียดอาคาร
3.1 การพิจารณาเลือกอาคารกรณีศึกษา..... 46
3.2 รายละเอียดอาคาร..... 47
3.3 ลักษณะทางสถาปัตยกรรม..... 50
3.4 การพิจารณาประสิทธิภาพแผงกันแดดของอาคาร..... 62
3.5 การพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุภายในอาคารที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้งาน..... 65
3.6 การพิจารณาปริมาณการกระจายแสงธรรมชาติภายในอาคาร..... 66

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.7 การพิจารณาแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร..... 93
บทที่ 4 เครื่องมือและหุ่นจำลองที่ใช้ในการวิจัย
4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....104
4.2 หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลอง.....105
บทที่ 5 การพิจารณาทางเลือกในการปรับปรุง
5.1 เกณฑ์กำหนดแนวทางการปรับปรุง.....123
5.2 การปรับปรุงช่องแสงด้านบนของอาคาร.....124
5.3 แนวทางการปรับปรุงช่องแสงด้านบนแนวทางที่ 1.....133
5.4 แนวทางการปรับปรุงช่องแสงด้านบนแนวทางที่ 2.....149
5.5 แนวทางการปรับปรุงช่องแสงด้านบนแนวทางที่ 3.....164
5.6 แนวทางการเพิ่มช่องแสงด้านข้าง.....179
5.7 แนวทางการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง.....189
5.8 การวิเคราะห์ทางการเงิน.....202
บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ
รายการอ้างอิง.....218
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก ตารางแสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์ มุมโพรไฟล์ (Profile) และมุมอะซิมุธ (Azimuth) วันที่ 21 ของทุกเดือน ณ. เวลาต่างๆกัน สำหรับเส้นรุ้งที่ 14 องศาเหนือ
ภาคผนวก ข ตารางแสดง Monthly average of Diffuse illuminance
ภาคผนวก ค ตารางแสดงเปอร์เซนต์ค่าการสะท้อนแสงและการส่องผ่านของวัสดุที่ใช้ในอาคารกรณีศึกษา
ภาคผนวก ง ตารางแสดงราคาและค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงอาคารแต่ละแนวทาง
ประวัติผู้เขียน.....252

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
2.1	ตารางแสดงความเร็วของคลื่นในตัวกลางต่างๆ ที่มีความถี่คงที่และความยาวคลื่นคงที่เท่ากับ 589 นาโนเมตร	9
2.2	ตารางแสดงความยาวคลื่นของ Visible Spectrum ที่ตอบสนองต่อวัตถุสีต่างๆ	10
2.3	ตารางแสดงความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานต่างๆ ตามมาตราฐานของ CIE	42
3.1	ตารางแสดงลักษณะการใช้ระบบปรับอากาศ	50
3.2	ตารางแสดงคุณสมบัติการสะท้อนและการส่องผ่านของแสงของวัสดุที่ใช้ภายในอาคาร	65
3.3	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในและภายนอกโถงพักคอยชั้นล่าง (แนวการวัดที่ 1)	70
3.4	ตาราง แสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้นล่าง (แนวการวัดที่ 2)	73
3.5	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้นล่าง (แนวการวัดที่ 3)	75
3.6	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในพื้นที่ทานอาหาร (แนวการวัดที่ 4)	76
3.7	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในพื้นที่ทานอาหาร (แนวการวัดที่ 5)	77
3.8	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในพื้นที่ทำงานชั้นลอย	78
3.9	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1)	79
3.10	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2)	81
3.11	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 3)	83
3.12	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 4)	84
3.13	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในพื้นที่ทำงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 1)	85
3.14	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในพื้นที่ทำงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 4)	86
3.15	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในพื้นที่ทำงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 5)	87
3.16	ตารางแสดงจำนวนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร	94
3.17	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในโถงพักคอยชั้น 1(แนวการวัดที่ 1)	99
3.18	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในโถงพักคอยชั้น 1(แนวการวัดที่ 3)	99
3.19	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในพื้นที่ทานอาหาร (แนวการวัดที่ 4	100
3.20	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในพื้นที่สำนักงาน ชั้นลอย	100
3.21	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในโถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2)	101
3.22	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในโถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 3)	101
3.23	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 4)	102
3.24	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในพื้นที่สำนักงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 1)	102
3.25	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในพื้นที่สำนักงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 1)	103
3.26	ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในโถงพักคอยชั้น 3 (แนวการวัดที่ 3)	103
4.1	ตารางเปรียบเทียบ DF ของแสงใน model และ DF เฉลี่ยในโถงพักคอยชั้น 1.(แนวการวัดที่ 1)	111
4.2	ตารางเปรียบเทียบ DF ของแสงใน model และ DF เฉลี่ยในโถงพักคอยชั้น 1.(แนวการวัดที่ 2)	112

สารบัญตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.3 ตารางเปรียบเทียบ DF ของแสงใน model และ DF เฉลี่ยในโถงพักคอยชั้น 1.(แนวการวัดที่ 3).....113

4.4 ตารางเปรียบเทียบ DF ของแสงใน model และ DF เฉลี่ยในโถงพักคอยชั้น 1.(แนวการวัดที่ 4).....114

4.5 ตารางเปรียบเทียบ DF ของแสงใน model และ DF เฉลี่ยในโถงพักคอยชั้น 1.(แนวการวัดที่ 5).....115

4.6 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างใน model และภายในพื้นที่ทำงานชั้นลอย.....116

4.7 ตารางเปรียบเทียบ DF ของแสงใน model และ DF เฉลี่ยในโถงพักคอยชั้น 2.(แนวการวัดที่ 1).....117

4.8 ตารางเปรียบเทียบ DF ของแสงใน model และ DF เฉลี่ยในโถงพักคอยชั้น 2.(แนวการวัดที่ 2).....118

4.9 ตารางเปรียบเทียบ DF ของแสงใน model และ DF เฉลี่ยในโถงพักคอยชั้น 2.(แนวการวัดที่ 3).....119

4.10 ตารางเปรียบเทียบ DF ของแสงใน model และ DF เฉลี่ยในโถงพักคอยชั้น 2.(แนวการวัดที่ 4).....120

4.11 ตารางเปรียบเทียบ DF ของแสงใน model และ DF เฉลี่ยในพื้นที่ทำงานชั้น 3(แนวการวัดที่ 4).....121

4.12 ตารางเปรียบเทียบ DF ของแสงใน model และ DF เฉลี่ยในพื้นที่ทำงานชั้น 3(แนวการวัดที่ 5).....122

5.1 ตารางเปรียบเทียบค่า DF.ของแสงจากช่องแสงด้านบนในอาคารเดิม และช่องเปิดขนาดต่างๆ.....129

5.2 ตารางที่เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างของแสงจากช่องแสงด้านบนในอาคารเดิม
และช่องเปิดขนาดต่างๆ.....130

5.3 ตารางที่เปรียบเทียบค่า DFของแสงจากช่องแสงด้านบนในอาคารเดิม และช่องเปิดขนาดต่างๆ.....131

5.4 ตารางที่เปรียบเทียบค่า DFของแสงจากช่องแสงด้านบนในอาคารเดิม และช่องเปิดขนาดต่างๆ.....132

5.5 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคารพื้นที่ใต้ช่องแสงด้านบน (ช่องเปิด 10%)
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1).....134

5.6 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคารพื้นที่ใต้ช่องแสงด้านบน (ช่องเปิด 10%)
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2).....134

5.7 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคารพื้นที่ใต้ช่องแสงด้านบน (ช่องเปิด 10%
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในและพื้นที่รับรองแขกที่ชั้น 3 (แนวการวัดที่ 2).....135

5.8 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร (ช่องเปิด 10%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในพื้นที่ทำงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 4).....135

5.9 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1).....136

5.10 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1).....136

5.11 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2).....137

5.12 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2).....137

5.13 ตาราง แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 2.....138

5.14 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)

สารบัญตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 2.....138

5.15 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 3.....139

5.16 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 3.....139

5.17 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 4.....140

5.18 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 4.....140

5.19 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคารพื้นที่ใต้ช่องแสงด้านบน (ช่องเปิด 15 %)
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1).....150

5.20 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคารพื้นที่ใต้ช่องแสงด้านบน (ช่องเปิด 15%)
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2).....150

5.21 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคารพื้นที่ใต้ช่องแสงด้านบน (ช่องเปิด 15%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในและพื้นที่รับรองแขกที่ชั้น 3 (แนวการวัดที่ 2).....151

5.22 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร (ช่องเปิด 15%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในพื้นที่ทำงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 4).....151

5.23 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1).....152

5.24 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1).....152

5.25 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2).....153

5.26 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2).....153

5.27 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 2.....154

5.28 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 2.....154

5.29 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 3.....155

5.30 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 3.....155

5.31 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)

สารบัญตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 4.....156

5.32 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 4.....156

5.34 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคารพื้นที่ใต้ช่องแสงด้านบน (ช่องเปิด 20%))
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1).....165

5.35 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคารพื้นที่ใต้ช่องแสงด้านบน (ช่องเปิด 20%)
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2).....165

5.36 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคารพื้นที่ใต้ช่องแสงด้านบน (ช่องเปิด 20%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในและพื้นที่รับรองแขกที่ชั้น 3 (แนวการวัดที่ 2).....166

5.37 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร (ช่องเปิด 20%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในพื้นที่ทำงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 4).....166

5.38 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1).....167

5.39 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1).....167

5.40 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2).....168

5.41 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2).....168

5.42 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 2.....169

5.43 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 2.....169

5.44 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 3.....170

5.45 ตารางที่ แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 3.....170

5.46 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 4.....171

5.47 ตารางที่ แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)
พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 4.....171

5.48 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากการเจาะช่องแสงด้านข้างเพิ่มเติม
พิจารณาพื้นที่ทำงานชั้นลอย.....181

5.49 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์

สารบัญตารางประกอบ (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

พิจารณาพื้นที่ทำงานชั้นลอย.....182

5.50 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์
พิจารณาพื้นที่ทำงานชั้นลอย.....182

5.51 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างภายในพื้นที่สำนักงานชั้น 3
พิจารณาการใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 70 %.....190

5.52 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างภายในพื้นที่สำนักงานชั้น 3
พิจารณาการใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 80 %.....190

5.53 ตารางเปรียบเทียบค่า DF ของแสงภายในอาคารจากการใช้หิ้งสะท้อนแสง
ที่มีค่าการสะท้อน 70 % และ 80 %.....191

5.54 ตารางแสดงความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติโดยใช้หิ้งสะท้อนแสงมีค่าการสะท้อน 70%
พิจารณาพื้นที่อาคารสำนักงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 5).....192

5.55 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1).....192

5.56 ตารางแสดงความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติโดยใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 80%
พิจารณาพื้นที่อาคารสำนักงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 5).....193

5.57 ตารางแสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์
พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1).....193

5.58 ตารางแนวทางในการปรับปรุงส่วนช่องแสงด้านบนบริเวณพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2.....204

5.59 ตารางแนวทางในการปรับปรุงส่วนช่องแสงด้านข้างบริเวณพื้นที่สำนักงานชั้นลอย.....204

5.60 ตารางการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง (ค่าการสะท้อน 70 % และ 80 %)
ช่วยในการนำแสงธรรมชาติ (พื้นที่ทำงานชั้น 3).....204

5.61 ตารางแนวทางในการปรับปรุงส่วนช่องแสงด้านบนแนวทางที่ 4 ร่วมกับการเพิ่มช่องแสง
ด้านข้างที่ชั้นลอยและมีการใช้หิ้งสะท้อนแสงค่าการสะท้อน 80 % ที่สำนักงานชั้น 3.....204

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	รูปแสดงความถี่และความยาวคลื่นของพลังงานต่างๆ	10
2.2	รูปแสดงพฤติกรรมของแสงที่กระทำต่อวัตถุ	11
2.3	รูป แสดงการสะท้อนที่ผิววัตถุแบบ (Specular Reflection)	11
2.4	รูปแสดงการกระจายแบบ Diffuse reflection	12
2.5	รูปแสดงการกระจายแบบ Combined Specular and Diffuse reflection	12
2.6	รูปแสดงการดูดกลืนแสงโดยตัวกลาง)	13
2.7	รูปแสดงปรากฏการณ์ของแสงที่ทะลุผ่านวัตถุ	13
2.8	รูปแสดงการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลาง	14
2.9	รูปแสดงการหักเหหรือสะท้อนแสงผ่านตัวกลางสองชนิด	14
2.10	รูปแสดงการกำหนดปริมาณการส่องสว่าง 1 ฟุตแคนเดิล และ 1 ลักซ์	15
2.11	รูป แสดงปริมาณการส่องสว่าง 1 cd จากแหล่งกำเนิดแสง ณ. ตำแหน่งพื้นที่ใช้งานใดๆ	16
2.12	รูปแสดงมุมของแสงบาดตาที่วัดที่มุม $\theta \geq 45$ องศา เป็นต้นไป	18
2.13	รูปแสดงเคอร์ฟของสีของ CIE	20
2.14	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสีและลักซ์	21
2.15	รูปแสดงส่วนของความเป็นสี	22
2.16	รูปแสดงตัวอย่างการแบ่งเส้นศูนย์สูตร เส้นรุ้ง และเส้นแวงรอบโลก	23
2.17	รูปแสดงตัวอย่างตำแหน่งของดวงอาทิตย์ มุมแนวตั้งเหนือเส้นระดับขอบฟ้า (Altitude) และมุมในแนวราบของดวงอาทิตย์ (Azimuth) โดยวัดเทียบกับทิศใต้	24
2.18	แสดงวันเวลาที่สมดุลย์	25
2.19	รูป (ก) แสดงกลางวันยาวกว่ากลางคืน, (ข) แสดงกลางวันสั้นกว่ากลางคืน	25
2.20	รูปแสดงท้องฟ้าแบบ Overcast Sky	26
2.21	รูปแสดงท้องฟ้าแบบ Clear Sky	28
2.22	รูปแสดงการแบ่งประเภทของหลอดไฟ	32
2.23	รูปแสดงส่วนประกอบของหลอดอินแคนเดสเซนต์	33
2.24	รูปแสดงความเข้มแสงที่พื้นผิวแนวนอน	36
2.25	รูปแสดงความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตของความเข้มแสงบนพื้นผิวแนวนอน จากแหล่งกำเนิดแสงที่มีความสูง H	37
2.26	แสดงวิธีการหาความเข้มแสงที่พื้นผิวแนวตั้งบนเส้นแนวนอนซึ่งผ่านจุดเล็ง	38
2.27	รูปแสดงตัวอย่างรายละเอียดดวงโคม	39
2.28	รูปแสดงการแบ่งบริเวณโพรงภายในห้องออกเป็น 3 ส่วน	40
3.1	รูปแสดงแผนผังที่ตั้งอาคารกรณีศึกษา อาคารสถานีขนส่งสายเหนือ	49
3.2	รูปแสดงลักษณะอาคารและสภาพแวดล้อมโดยรอบ	49
3.3	รูปแสดงผังพื้นชั้นที่ 1 และแสดงการกั้นพื้นที่ภายใน	51

สารบัญรูปภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.4	รูปแสดงผังพื้นชั้นลอย และแสดงการกั้นพื้นที่ภายใน	52
3.5	รูปแสดงผังพื้นชั้นที่ 2 และแสดงการกั้นพื้นที่ภายใน	53
3.6	รูปแสดงผังพื้นชั้นที่ 3 และแสดงการกั้นพื้นที่ภายใน	54
3.7	รูปแสดงผังพื้นชั้นดาดฟ้าของอาคาร	55
3.8	รูปแสดงรูปตัดของอาคาร	56
3.9	รูปแสดงด้านทางทิศตะวันออก	57
3.10	รูปแสดงด้านทางทิศเหนือ	57
3.11	รูปแสดงด้านทิศตะวันตก	57
3.12	รูปแสดงด้านทิศใต้	57
3.13	รูปแสดงทางเชื่อมระหว่างอาคารและชานชลา	57
3.14	รูปแสดงทางเข้าด้านหน้าอาคาร	57
3.15	รูปแสดงชายคาด้านทิศตะวันออกที่ชั้นล่าง	58
3.16	รูปแสดงชายคาด้านทิศตะวันออกที่ชั้น 1	58
3.17	รูปแสดงโถงพักคอยที่ชั้นล่าง	58
3.18	รูปแสดงพื้นที่ทานอาหารที่ชั้นล่าง	58
3.19	รูปแสดงช่องแสงด้านบนบริเวณทางเดิน ภายนอกอาคารที่ชั้น 1	58
3.20	รูปแสดงพื้นที่ทำงานชั้นลอย	59
3.21	รูปแสดงโถงทางเดินที่ชั้นลอย	59
3.22	รูปแสดงโถงพักคอยที่ชั้น 1	59
3.23	รูปแสดงพื้นที่ขายตั๋วที่ชั้น 1.	59
3.24	รูปแสดงพื้นที่โล่งที่เป็น double space ภายใต้ช่องแสงด้านบน อยู่ที่ชั้น 1 ของอาคาร	59
3.25	รูปแสดงพื้นที่ทำงานชั้น 2	60
3.26	รูป แสดงพื้นที่ทำงานชั้น 2 และหน้าต่างใต้ช่องแสงด้านบน	60
3.27	รูปแสดงช่องแสงด้านบนบริเวณดาดฟ้าอาคาร	60
3.28	รูปแสดงช่องแสงด้านบนบริเวณหลังคาชั้น 1.	60
3.29	รูปแสดงโถงโล่งใต้ช่องเปิดด้านบนเมื่อมองจากพื้นที่ทำงานชั้น 2	60
3.30	รูปแสดงโคม Highbay คู่หลอด Metal Halide, High Pressure Sodium ใช้ในบริเวณโถงพักคอยชั้นล่าง	61
3.31	รูปแสดงหลอดไฟ ฟลูออเรสเซนต์ ทีใช้ในอาคาร	61
3.32	รูปแสดงหลอดไฟ ฟลูออเรสเซนต์ แบบฝังในฝ้าพร้อมตะแกรง และแผ่นสะท้อนแสง Aluminium	61
3.33	รูปแสดงโคม highbay คู่หลอด metal halide ใช้ในบริเวณโถง double space ที่ชั้น 1	61
3.34	รูปแสดงฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด ชนิด ที-บาร์	62
3.35	รูปแสดงฝ้าเพดาน square cell	62

สารบัญรูปภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.36 รูปแสดงมุมแดดที่กระทำต่อช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก วันที่ 21 เดือนมิถุนายน พฤษภาคม และกรกฎาคม……..63

3.37 รูปแสดงมุมแดดที่กระทำต่อช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก วันที่ 21 เดือนมิถุนายน พฤษภาคม และกรกฎาคม……..64

3.38 รูปแสดงความส่องสว่างเฉลี่ยที่ได้จากการวัดแสงภายในอาคารชั้น 1……..88

3.39 รูปแสดงความส่องสว่างเฉลี่ยที่ได้จากการวัดแสงภายในอาคารชั้นลอย……..89

3.40 รูปแสดงความส่องสว่างเฉลี่ยที่ได้จากการวัดแสงภายในอาคารชั้น 2……..90

3.41 รูปแสดงความส่องสว่างเฉลี่ยที่ได้จากการวัดแสงภายในอาคารชั้น 2……..91

3.42 รูปแสดงความส่องสว่างเฉลี่ยที่ได้จากการวัดแสงภายในอาคารชั้น 3……..92

3.43 รูปแสดงการจัดผังวงจรแสงประดิษฐ์ภายในอาคารชั้น 1……..95

3.44 รูปแสดงการจัดผังวงจรแสงประดิษฐ์ภายในอาคารชั้นลอย……..96

3.45 รูปแสดงการจัดผังวงจรแสงประดิษฐ์ภายในอาคารชั้น 2……..97

3.46 รูปแสดงการจัดผังวงจรแสงประดิษฐ์ภายในอาคารชั้น 3……..98

4.1 รูปแสดงเครื่องมือวัดแสงลักซ์มิเตอร์……..104

4.2 รูปแสดงเครื่องมือวัดแสงมินอลต้าลักซ์มิเตอร์……..104

4.3 รูปแสดงหุ่นจำลองด้านทิศตะวันออก……..106

4.4 รูปแสดงหุ่นจำลองด้านทิศเหนือ……..106

4.5 รูปแสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทำวิจัย……..107

4.6 รูปแสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทำวิจัย……..107

4.7 รูปแสดงหุ่นจำลองทางด้านทิศตะวันตก……..108

4.8 รูปแสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทำวิจัย……..108

4.9 รูปแสดงแนวเครื่องหมายบอกระยะที่จะทำการวัดแสงภายในโถงพักคอยชั้น 1……..109

4.10 รูปแสดงแนวเครื่องหมายบอกระยะที่จะทำการวัดแสงภายในโถงพักคอยชั้น 2……..110

5.1 รูป แสดงภายนอกและภายในช่องแสงด้านบนของอาคารสถานีขนส่ง……..124

5.2 รูปแสดงหลังคา Sawtooth 4 รูปแบบคือ รูปแบบเหลี่ยมตรง, รูปแบบโค้งขึ้น, รูปแบบโค้งลงและรูปแบบเหลี่ยมหักมุม……..125

5.3 รูป แสดงมุมแดดที่กระทำต่อช่องเปิดทางด้านทิศเหนือ วันที่ 21มิถุนายน……..126

5.4 รูป แสดงมุมแดดที่กระทำต่อช่องเปิดทางด้านทิศเหนือ วันที่ 21 กรกฎาคมและ 21 พฤษภาคม……126

5.5 รูป แสดงมุมแดดที่กระทำต่อช่องเปิดทางด้านทิศเหนือ วันที่ 21 เมษายนและ 21สิงหาคม……..127

5.6 รูป แสดงภาพตัดของช่องแสงด้านบนภายในอาคาร เดิมพื้นที่ชั้น 2 และชั้น 3……..127

5.7 รูปแสดงภาพตัดของหลังคาฟันเลื่อยที่มีช่องเปิด 10%……..133

5.8 รูปแสดงภาพตัดของหลังคาฟันเลื่อยที่มีช่องเปิด 15%……..149

5.9 รูปแสดงภาพตัดของหลังคาฟันเลื่อยที่มีช่องเปิด 20%……..164

สารบัญรูปภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

5.10 รูปแสดงตำแหน่งของช่องแสงด้านข้างที่นำมาเพื่อพิจารณาในการปรับปรุงอาคาร.....179

5.11 รูปแสดงการปรับปรุงช่องแสงด้านข้างบริเวณผนังอาคารชั้นลอยด้านทิศตะวันตก.....180

5.12 รูปแสดงการใช้หิ้งสะท้อนแสงบริเวณผนังอาคารชั้น 3 ด้านทิศตะวันออก.....189

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิประกอบ

แผนภูมิที่ หน้า

5.1 แผนภูมิเปรียบแนวทางการปรับปรุงช่องแสงด้านบนแนวทางที่ 1-3……205

5.2 แผนภูมิเปรียบเทียบแนวทางการเพิ่มช่องแสงด้านข้างพื้นที่สำนักงานชั้นลอย……..…206

5.3 แผนภูมิเปรียบเทียบแนวทางการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 70%-80%……....207

5.4 แผนภูมิเปรียบเทียบแนวทางการปรับปรุงช่องแสงด้านบนแนวทางที่ 2 ร่วมกับช่องแสงด้านข้างที่ชั้นลอยและมีการใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 80%……..208

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการนำแสงธรรมชาติมาใช้ร่วมกับการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารยังมีไม่มากเท่าที่ควร เนื่องจากสถาปนิกและผู้ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบ ยังขาดความเข้าใจในข้อมูลพื้นฐานเรื่องคุณสมบัติของแสงธรรมชาติ, ตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งสภาพความเปลี่ยนแปลงของท้องฟ้า ดังนั้นในการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารจึงมุ่งเน้นแต่การใช้แสงประดิษฐ์เป็นหลัก โดยที่มีการเปิดหน้าต่างและช่องแสงเพื่อรับแสงธรรมชาติบ้างเพียงเล็กน้อยแต่จุดมุ่งหมายหลักในการเจาะช่องหน้าต่างคือจะมุ่งเน้นในด้านความสวยงามของรูปด้านอาคารมากกว่าการเปิดรับแสงธรรมชาติ การใช้แสงสว่างภายในอาคารจากแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์แต่เพียงอย่างเดียวจะเป็นการใช้พลังงานอย่างไม่คุ้มค่า, สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในเรื่องของพลังงานและค่าอุปกรณ์ประกอบดวงโคมโดยไม่จำเป็น ซึ่งหากมีการนำแสงสว่างจากธรรมชาติมาใช้ในการให้ความสว่างแก่อาคารจะเป็นประโยชน์มากเพราะแสงสว่างจากธรรมชาติจัดได้ว่าเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเนื่องจากเป็นแสงสว่างที่ได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช่จ่ายแต่อย่างใด อีกทั้งเมื่อเปรียบเทียบกับแสงสว่างที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสงประเภทอื่น โดยการวัดประสิทธิภาพแสง พบว่าแสงธรรมชาติจะมีความร้อนปะปนเข้ามาน้อยกว่าแสงประดิษฐ์ในคุณภาพแสงที่ใกล้เคียงกัน แต่หากมีการนำแสงธรรมชาติมาใช้โดยที่ไม่มีการควบคุมปริมาณและคุณภาพของแสงให้พอเหมาะจะทำให้เกิดความร้อนที่มาพร้อมกับแสงธรรมชาติเก็บสะสมอยู่ภายในอาคาร ซึ่งจะเป็นการเพิ่มภาระให้แก่ระบบปรับอากาศและสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น

ถึงแม้ว่าแสงสว่างจากธรรมชาติเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่การนำแสงสว่างจากธรรมชาติมาใช้ให้ความสว่างแก่อาคารทั้งหมดนั้นเป็นไปได้ยาก เพราะในบางเวลาความเข้มแสงที่ได้จะอยู่ในระดับที่เหมาะสม แต่ในบางเวลาความเข้มแสงอาจจะมากเกินไปหรือน้อยเกินไป สาเหตุที่ทำให้แสงสว่างจากธรรมชาตินั้นเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลามีผลมาจากการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์, การเปลี่ยนแปลงของสภาพท้องฟ้า,ทิศทางของอาคาร,สภาพแวดล้อมและปัจจัยอื่นๆ

ดังนั้นในการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารจึงควรที่จะมีการออกแบบให้มีการใช้ประโยชน์จากทั้งแสงสว่างธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานและให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. สำรวจ ประเมินผลและวิเคราะห์อาคารสถานีขนส่งสายเหนือ ในเรื่องการใช้แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ในอาคาร เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดทางเลือกการปรับปรุง
2. ศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในเชิงเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น เพื่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

ทำการศึกษาเฉพาะตัวอาคารสถานีขนส่งผู้โดยสาร ไม่รวมถึงอาคารชานชลาที่จอดรถ โดยมุ่งเน้นพิจารณาในเรื่องของปริมาณแสงสว่างเป็นหลัก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้เกิดความรู้และความเข้าใจเรื่องการนำแสงธรรมชาติมาใช้ร่วมกับแสงประดิษฐ์ภายในอาคารสถานีขนส่ง
2. เป็นแนวทางในการปรับปรุงอาคารสถานีขนส่งเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าอันเนื่องมาจากแสงประดิษฐ์
3. เป็นแนวทางในการปรับปรุงอาคารอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

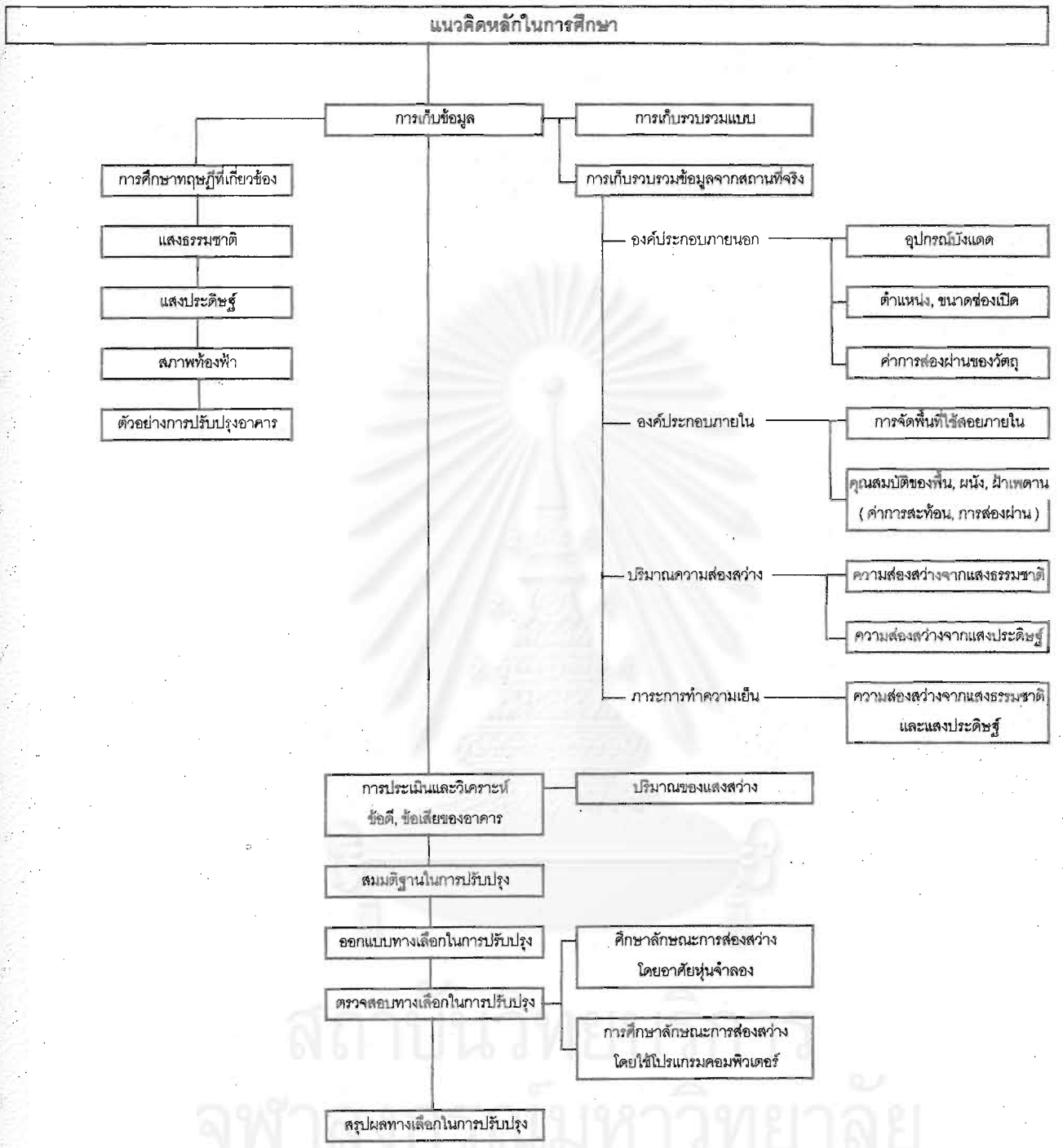
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

สำหรับขั้นตอนการวิจัยได้กำหนดออกเป็นหัวข้อมีรายละเอียดขั้นตอนการศึกษาดังนี้

1. การศึกษาทฤษฎีที่เกียวข้องกับแสงธรรมชาติ แสงประดิษฐ์ การศึกษาตัวอย่างการปรับปรุงอาคารที่มีลักษณะใกล้เคียงกับอาคารที่ทำการศึกษา รวมถึงข้อวิจัยและข้อบัญญัติต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับอาคารสถานีขนส่งสายเหนือ จากสถานที่จริงในเรื่องการนำแสงสว่างมาใช้งานในอาคาร โดยคำนึงถึงด้านปริมาณและคุณภาพ
3. การประเมินและวิเคราะห์ปัญหา เพื่อตั้งสมมุติฐานที่จะนำไปใช้หาแนวทางในการปรับปรุงอาคาร
4. ขั้นตอนการเสนอแนะทางเลือกในการปรับปรุงที่มีความเหมาะสมในเชิงเทคนิค เพื่อให้ได้ปริมาณและคุณภาพของแสงที่เหมาะสมแก่อาคาร
5. การประเมินผลทางเลือกต่างๆ ที่ใช้ในการปรับปรุงอาคารโดยการใช้หุ่นจำลอง
6. การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น ด้วยการวิเคราะห์วงจรต้นทุน (Life Cycle Cost)
7. สรุปผลเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมและคุ้มค่าในการปรับปรุงการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคาร

โดยมีรายละเอียดของแนวคิดในการศึกษาดังแผนภูมิที่ 1.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 1.1 ผังแสดงแนวคิดหลักในการศึกษา

วิธีดำเนินการวิจัย

เนื่องจากการศึกษานี้จะเป็นการศึกษาในเชิงพิจารณาและปรับปรุงอาคารที่ได้มีการใช้งานอยู่ก่อนหน้านี้แล้ว ซึ่งอาคารที่นำมาพิจารณาคือ อาคารสถานีขนส่งผู้โดยสารหมอชิต 2 ซึ่งเป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 3 ชั้น 1 ชั้นลอย ตั้งอยู่บริเวณ ถ. กำแพงเพชร 2 เขตจตุจักร กรุงเทพมหานครฯ โดยที่ภายในอาคารจะประกอบด้วย

ชั้นล่าง พื้นที่ใช้สอยเป็น ช่องจำหน่ายตั๋ว, ส่วนพักคอย, ร้านค้าและร้านอาหาร

ชั้นลอย พื้นที่ใช้สอยเป็น สำนักงานกองกฎหมาย,กองการเงิน,กองบัญชี,งานธุรการ, กองเดินรถภาคเหนือ, กองการพัสดุ, ห้องพยาบาล

ชั้นสอง พื้นที่ใช้สอยเป็น ช่องจำหน่ายตั๋ว, ส่วนพักคอย, ร้านค้าและร้านอาหาร

ชั้นสาม พื้นที่ใช้สอยเป็น ห้องทำงานผู้บริหาร, งานธุรการฝ่ายบริหาร, กองการเจ้าหน้าที่, ห้องประชุม

ชั้นดาดฟ้าพื้นที่ใช้สอยเป็นห้องพิมพ์, และห้องเก็บของ

การประเมินอาคารทำโดยการเข้าไปสำรวจและเก็นรวบรวมข้อมูลจากสถานที่จริง ประกอบกับแบบที่ใช้ในการก่อสร้าง โดยที่ได้ทำการกำหนดหัวข้อ และมีรายละเอียดขั้นตอนในการศึกษาวิจัยดังนี้

1. **การสำรวจสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร**

เป็นการเข้าไปสำรวจและเก็บรวบรวมสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร ซึ่งจะประกอบไปด้วยการสำรวจสภาพอาคารข้างเคียง, รูปทรงและทิศทางการวางอาคาร ที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร และมีการสำรวจต้นไม้ใหญ่รอบอาคาร ในเรื่องของประสิทธิภาพในการกันแดดให้แก่อาคาร มีรายละเอียดขั้นตอนในการศึกษาวิจัยดังนี้

1.1. การสำรวจและเก็บข้อมูลระยะห่างระหว่างชานชลาที่จอดรถและตัวอาคารสถานี เพื่อตรวจสอบดูว่าจะมีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่จะเข้ามาในอาคารมากน้อยเพียงไร โดยอาศัยตารางแสดงมุมโพรไฟด์ (Profile angle) มุมอซิมุธ (Azimuth angle) ซึ่งแสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์สำหรับเส้นรุ้งที่ 14 องศาเหนือ และทำการตรวจสอบด้วย แผนภูมิแสดงการเคลื่อนที่และแสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์(Sun chart Diagram) สำหรับเส้นรุ้งที่ 14 องศาเหนือ เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดให้แก่อาคาร

1.2. สำรวจและเก็บข้อมูลค่าการสะท้อนแสงของหลังคาชานชลาที่จอดรถ ว่าจะส่งผลต่อตัวอาคารสถานีหรือไม่ การตรวจสอบใช้การวัดจริง ณ.อาคารจริงในตำแหน่งที่ต้องการ และในหลายๆ ตำแหน่ง แล้วนำมาเฉลี่ยเพื่อหาค่าที่สามารถเป็นตัวแทนวัสดุชนิดเดียวกันได้ โดยใช้อุปกรณ์วัดแสง (lux meter) วัดปริมาณแสงที่ตกกระทบบนระนาบวัสดุ เทียบกับปริมาณแสงที่สะท้อนออกจากวัสดุนั้นๆ ในตำแหน่ง ระนาบ ระดับเดียวกัน และสรุปผลเป็นค่าเปอร์เซ็นการสะท้อนแสงของวัสดุ

1.3. การสำรวจและเก็บข้อมูลรูปแบบและรูปทรงของอาคารรวมทั้งทิศทางการวางอาคาร เพื่อตรวจสอบตำแหน่งของช่องเปิดและการวางแนวอาคารว่ามีประสิทธิภาพในการรับปริมาณความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและมีการป้องกันแสงแดดได้มากน้อยเพียงใด

2. การสำรวจองค์ประกอบภายนอกอาคาร

เป็นการเข้าไปสำรวจและตรวจสอบองค์ประกอบภายนอกอาคารหรือส่วนของอาคารที่อยู่ติดกับภายนอก เป็นการพิจารณาในด้านการป้องกันรังสีจากดวงอาทิตย์ไม่ให้ส่องเข้ามาภายในอาคารโดยตรงและพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบนั้นๆ ในด้านการสะท้อนแสง การส่องผ่านของแสง และการกระจายของแสง การพิจารณาตรวจสอบสามารถทำได้โดยดังนี้

2.1. การสำรวจระยะยื่นของชายคาและประสิทธิภาพของแผงกันแดด

ซึ่งเมื่อพิจารณาโดยการสังเกตุจะพบว่าทางด้านหน้าอาคาร ได้มีการออกแบบชายคาที่ยื่นยาวโดยที่ได้คำนึงถึงเรื่องการกันแดดไม่ให้ส่องผ่านโดยตรงเข้าสู่อาคาร สามารถที่จะตรวจสอบประสิทธิภาพในการกันแดดได้เช่นเดียวกับข้อ 1.1 โดยที่เกณฑ์ที่ใช้ในการตรวจสอบคือประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดในช่วงเวลาการใช้งานของอาคาร

2.2. การสำรวจและเก็บรวบรวมข้อมูลในเรื่อง ตำแหน่งและขนาดของช่องเปิดรวมทั้งคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้เป็นช่องเปิดหรือช่องแสงของอาคาร ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร วัสดุที่ใช้เป็นช่องแสงของอาคาร จะประกอบไปด้วย กระจกและ glass block โดยที่จะทำการตรวจวัดค่าการส่องผ่านของแสง (Transmission) การตรวจสอบโดยใช้ค่าการวัดจริง ณ.อาคารจริงในตำแหน่งที่ต้องการ ในแต่ละชนิดของวัสดุ ทำการตรวจวัดหลายตำแหน่งแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อที่สามารถเป็นตัวแทนวัสดุเดียวกันได้ทั้งอาคารโดยใช้อุปกรณ์วัดแสง (Lux meter) วัดปริมาณแสงที่ตกกระทบบนระนาบวัสดุเทียบกับปริมาณแสงที่ส่องผ่านระนาบวัสดุนั้นๆ ในตำแหน่งทิศทาง ระนาบและระดับเดียวกัน แล้วสรุปผลเป็นค่าเปอร์เซ็นการส่องผ่านของวัสดุ

3. การตรวจสอบองค์ประกอบภายในอาคาร

ภายในอาคารจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลายส่วนที่มีผลต่อการให้ความสว่างแก่พื้นที่ภายในสามารถพิจารณาแยกได้ดังนี้คือ

3.1. การการสำรวจการจัดพื้นที่ใช้สอยภายใน โดยพิจารณาตำแหน่งของห้อง หรือการใช้งานภายในอาคารจริง เปรียบเทียบกับขนาดและระยะห่างกับช่องเปิดเพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการนำประโยชน์จากแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร

3.2. การสำรวจคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ภายในอาคาร วัสดุที่ใช้ภายในอาคารจะมีผลในด้านการให้แสงสว่างแก่พื้นที่ภายใน โดยที่วัสดุที่ใช้ภายในอาคารจะประกอบไปด้วย วัสดุพื้น ผนังและฝ้าเพดานโดยที่จะทำการศึกษาถึงความค่าการส่องผ่านของแสง(Transmission)และค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ (Reflection) การตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือวัดแสง (Lux meter) ดำเนินการตรวจเช่นเดียวกับข้อ 1.1

3.3. การตรวจสอบคุณสมบัติของพื้นผิวเฟอร์นิเจอร์ที่ใช้ภายในอาคาร คุณสมบัติของผิววัสดุและสีของเฟอร์นิเจอร์โดยเฉพาะในส่วนของค่าการสะท้อนแสง(Reflection)จะมีผลต่อความส่องสว่างภายในอาคาสามารถตรวจสอบได้เช่นเดียวกับข้อ 1.1

4. การสำรวจและเก็บข้อมูลการกระจายตัวของแสงธรรมชาติภายในอาคาร

ซึ่งปริมาณแสงที่วัดได้จะมีผลอันเนื่องมาจากปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายในของอาคาร โดยที่เป็นการตรวจสอบดูว่าปริมาณของแสงธรรมชาติที่ส่องเข้ามาของแต่ละพื้นที่ๆมีการใช้งานว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ทำการเก็บข้อมูลโดยการวัดแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาสู่อาคารจากแต่ละด้านของช่องเปิดในแต่ละชั้นเพื่อเป็นตัวแทนในการศึกษา การวัดแสงด้วยวิธี Daylight Factor (DF) มีวิธีการดังนี้

4.1 การเก็บค่าความสว่างภายนอกของท้องฟ้าที่ตกกระทบในแนวระนาบ

4.2 การเก็บค่าความสว่างภายนอกในที่ร่ม โดยใช้เครื่องมือวัดแสง (Lux meter) ที่บริเวณกึ่งกลางของช่องเปิดที่จะทำการวัดที่ ในระดับความสูง 0.75 เมตร

4.3 วัดความสว่างภายในอันเนื่องมาจากแสงธรรมชาติ โดยการเก็บข้อมูลเป็นอัตราส่วนค่าประสิทธิภาพของแสงสว่าง (Daylight Factor) เพื่อเป็นเกณฑ์ในการหาค่าความส่องสว่างของแสงธรรมชาติที่จะเข้าสู่ภายในอาคาร ณ. เวลาใดๆที่ต้องการ ในการวัดค่าความสว่างภายในแต่ละจุดจะทำการวัดค่าความสว่างภายนอกตามข้อ 1และข้อ 2 ด้วยทุกครั้ง การวัดแสงทำได้โดยใช้เครื่องมือวัดแสง (Lux meter) ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของช่องเปิด ถัดเข้าไปยังพื้นที่ภายในที่ต้องการตรวจวัด ในระดับความสูง 0.75 เมตร ทำการวัดแสงทุกจุดในตำแหน่งที่ได้มีการกำหนดไว้ล่วงหน้าแล้ว (ตำแหน่งที่จะทำการวัดในแต่ละจุดจะมีระยะห่าง 2 เมตรตลอดทั้งพื้นที่อาคาร)

4.4.เนื่องจากระยะเวลาที่ทำการวิจัยมีจำกัด ดังนั้นในการตรวจสอบการกระจายแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาภายในอาคารจะทำการศึกษาใน 2 สภาพท้องฟ้าคือ

1. ทำการเก็บข้อมูลค่าความส่องสว่างของแสงธรรมชาติ ในวันที่มีสภาพท้องฟ้า Overcast Sky จะทำการทดสอบเพียงช่วงเวลาเดียวคือช่วงเที่ยง (12.00-13.00 น.) ทำการทดสอบอย่างน้อย 2 ครั้งในตำแหน่งที่กำหนดไว้ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการวัดแสง
2. ทำการเก็บข้อมูลค่าความส่องสว่างของแสงธรรมชาติ ในวันที่มีสภาพท้องฟ้า Clear Sky จะทำการเก็บค่าความส่องสว่าง ทุก 2 ชั่งโมง คือที่เวลา 8.00น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น.และ 16.00 น. ทำการวัดค่าความส่องสว่างอย่างน้อย 2 ครั้งในตำแหน่งที่กำหนดไว้ แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อป้องกันความผิดพลาดในการวัดแสง

5. ขั้นตอนการเก็บข้อมูลในเรื่องแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร

การเก็บข้อมูลแสงประดิษฐ์ในอาคาร เป็นการเก็บข้อมูลในเชิงปริมาณของแสงสว่างโดยที่เน้นเพื่อให้ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้ การวัดค่าความส่องสว่างสามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือวัดแสงทำการวัดเช่นเดียวกับข้อ 4.1.1 (หรือทำการคำนวณค่าความสว่างจากข้อมูลหลอดไฟที่มีอยู่) โดยที่แสงที่จะต้องทำการวัดจะต้องเป็นแสงประดิษฐ์แต่เพียงอย่างเดียว จะทำการวัดในช่วงเวลาที่เลิกงานแล้วและไม่มีอิทธิพลจากแสงสว่างจากธรรมชาติเข้ามาเกี่ยวข้อง คือเวลา 19.00 น. การพิจารณาสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

5.1 การเก็บข้อมูลดวงโคมแสงประดิษฐ์ ซึ่งจะเข้าไปเก็บข้อมูลประเภทของหลอดไฟที่มีการใช้อยู่ภายในอาคารสถานี ปริมาณแสงที่เปล่งออกมาจากหลอดไฟแต่ละชนิดรวมทั้งอุปกรณ์ประกอบดวงโคม โดยพิจารณาข้อประสิทธิภาพของดวงโคมจากบริษัทผู้ผลิต

5.2 การสำรวจตำแหน่งและความสูงของดวงโคม ในด้านความเหมาะสมและความสม่ำเสมอของปริมาณแสงที่เปล่งออกมา

5.3 การสำรวจการจัดวงจรการเปิด-ปิดของดวงโคมต่างๆ โดยพิจารณาความสัมพันธ์ของการให้แสงสว่างประดิษฐ์ภายในอาคารกับการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ประโยชน์ภายในอาคารในช่วงที่มีแสงธรรมชาติเพียงพอ

6. การเก็บข้อมูลปริมาณความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ในอาคาร

เพื่อสำรวจปริมาณความส่องสว่างของแต่ละพื้นที่ๆ มีการใช้งานมีค่าความสว่างนั้นๆ อยู่ในเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ การสำรวจสามารถทำได้เช่นเดียวกับข้อ 4.1 โดยแสงที่จะทำการวัดจะต้องเป็นแสงประดิษฐ์ผสมผสานกับแสงธรรมชาติ

7 ขั้นตอนการทดลองโดยใช้หุ่นจำลอง

7.1. **หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลอง**

1. ในงานวิจัยนี้จะสร้างหุ่นจำลองอาคารสถานีขนส่ง เพื่อทำการวัดลักษณะการกระจายแสงภายในหุ่นจำลองและทำการทดสอบในห้องทดสอบแสง (Sky dome) เพื่อทำการจำลองสภาพแวดล้อมภายนอก
2. ตำแหน่งการตั้งหุ่นจำลองต้องกำหนดให้ระดับความสูงของหุ่นจำลองได้รับอิทธิพลจากภายนอกใกล้เคียงกับสภาพของที่ตั้งอาคารจริง อันได้แก่ ตำแหน่งต้นไม้ใหญ่โดยรอบ และตำแหน่งของอาคารข้างเคียง
3. หุ่นจำลองที่สร้างขึ้นมาเพื่อต้องการศึกษา ต้องมีการจำลองวัสดุที่เป็น พื้น ผนัง และฝ้าเพดานให้มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับคุณสมบัติที่วัดได้จากอาคารจริงมากที่สุด
4. มาตราส่วนของหุ่นจำลองต้องมีขนาดที่พอเหมาะกับการทดลองมีความแข็งแรงและสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย (ใช้มาตราส่วน 1 : 50) หุ่นจำลองที่สร้างขึ้นต้องมีความสะดวกในการปรับเปลี่ยนรูปแบบทั้งภายนอกและภายอาคาร
5. การกำหนดตำแหน่งที่จะต้องใช้ในการวัดแสง ลงบนพื้นผิวของหุ่นจำลอง เพื่อความสะดวกในการวัดแสง

7.2 การศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะการส่องสว่างจากหุ่นจำลอง

1. ทำการวัดค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลองโดยอาศัยเครื่องมือวัดแสง มินอลต้า ลักซ์มิเตอร์วัดที่ระดับความสูงใช้งาน คือความสูงของโต๊ะทำงานมาตราฐาน 0.75 เมตร ทุกตำแหน่งตามที่ได้มีการกำหนดไว้
2. ทำการทดลองวัดลักษณะการส่องสว่างภายหุ่นจำลอง ในแบบต่างๆ ที่ได้มีการออกแบบไว้จนครบทุกแบบ การตรวจสอบสามารถทำได้เช่นเดียวกับข้อ 1
3. นำข้อมูลที่วัดได้จากหุ่นจำลองแต่ละรูปแบบตามวิธีการในข้อ 2 มาเปรียบเทียบว่ารูปแบบใดที่ให้แสงธรรมชาติส่องเข้าไปภายในอาคารได้ลึกที่สุดและมีการกระจายแสงที่สม่ำเสมอ
4. นำผลจากการทดลองที่ได้มาคำนวณหาค่า (Daylight Factor) ในแต่ละจุดเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้ในสภาพท้องฟ้าจริงต่อไป

5. นำข้อมูลปริมาณความส่องสว่างจากสภาพท้องฟ้าจริง มาใช้ประกอบกับค่า Daylight Factor ที่วัดได้ภายในหุ่นจำลองจากการวัดในข้อ 2 ทำให้เราได้ค่าความส่องสว่างทั้งปีของอาคารจริง ณ. วันเวลาที่ต้องการ
6. คำนวณหาอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมทั้งปีที่ลดลงอันเนื่องมาจากการนำแสงธรรมชาติมาทดแทนการใช้แสงประดิษฐ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

2.1 แสงสว่างและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

แสงสว่างเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ผ่านจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งโดยไม่ต้องอาศัยตัวนำ แสงมีความเร็วสูงถึง 3*10 8 เมตร/วินาที ใช้เวลาประมาณ 1.3 วินาทีจากดวงจันทร์มายังโลกและใช้เวลา 8.3 วินาทีจากดวงอาทิตย์มายังโลก ถึงอย่างไรก็ตามความยาวคลื่น และความเร็วก็ยังขึ้นกับตัวกลางที่แสงเคลื่อนผ่าน แต่ความถี่ของแสงคงที่ไม่ขึ้นกับตัวกลาง ซึ่งเราสามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$v = \lambda \nu / n$$

v = ความเร็วคลื่นในตัวกลาง

λ= ความยาวคลื่นในสุญญากาศ

ν = ความถี่

n = ค่าการหักเหของตัวกลาง

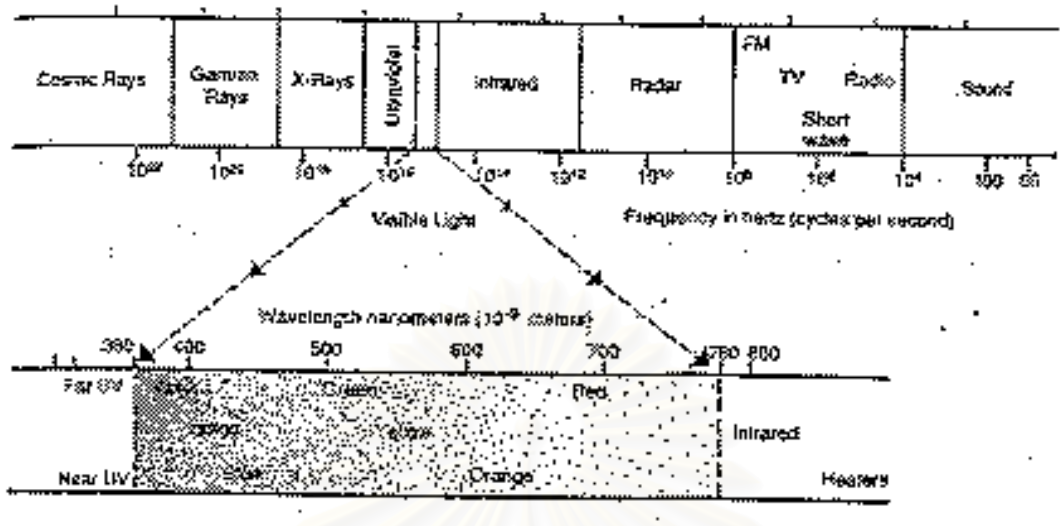
Speed of Light for a Wavelength of 589 Nanometer (Sodium D – Lines)

Medium	Speed (centimeters per second)
Vacuum	$2.997925 * 10^{10}$
Air (760 mm at 32F)	$2.99724 * 10^{10}$
Crown Glass	$1.98223 * 10^{10}$
Water	$2.24915 * 10^{10}$

ตารางที่ 2.1 แสดงความเร็วของคลื่นในตัวกลางต่างๆ ที่มีความถี่คงที่
และความยาวคลื่นคงที่เท่ากับ 589 นาโนเมตร

ช่วงของเสปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เริ่มต้นจาก รังสีคอสมิก (Cosmic Ray) ซึ่งมีความยาวคลื่นสั้นมาก(10–14 เมตร)จนถึงคลื่นกำลังไฟฟ้า(Electric Power Wave) ที่ความถี่ 60 Hz(3100 ไมล์) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มาจากดวงอาทิตย์สามารถแบ่งเป็น 3 ย่านได้ดังนี้

- รังสีแกมมา เอกซเรย์ อัลตราไวโอเลต แต่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านนี้จะไม่สามารถลงมาถึงพื้นโลกได้เพราะถูกดูดด้วยโอโซนในชั้นบรรยากาศ
- คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นย่าน 290 – 1400 นาโนเมตรลงมายังพื้นโลก แต่มีทั้งคลื่นชนิดที่มองเห็นและมองไม่เห็น ส่วนที่มองเห็นได้แก่ความยาวคลื่นย่าน 380 – 760 นาโนเมตร ย่านที่ไวต่อสายตามากที่สุดได้แก่ความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร(คลื่นที่ความยาวนี้มีแสงสีเหลือง
- คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 1400 นาโนเมตร จะไม่สามารถลงมาถึงพื้นโลกเพราะถูกดูดด้วยละอองน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ



รูปที่ 2.1 แสดงความถี่และความยาวคลื่นของพลังงานต่างๆ

ที่มา : Machanical and Electrical Equipment for Building, pp 912

จากรูป เมื่อเราพิจารณารายละเอียดของสเปกตรัมที่มองเห็นได้ จะพบว่าคลื่นแสง(ช่วงที่ดวงตามองเห็นได้) เป็นส่วนหนึ่งของสเปกตรัมที่แคบมาก คือ มีช่วงตั้งแต่ประมาณ 380 นาโนเมตร ถึง 780 นาโนเมตร ส่วนของเสปกตรัมที่มองเห็นได้ ยังให้สีต่างกันตามความยาวคลื่น ดังตาราง

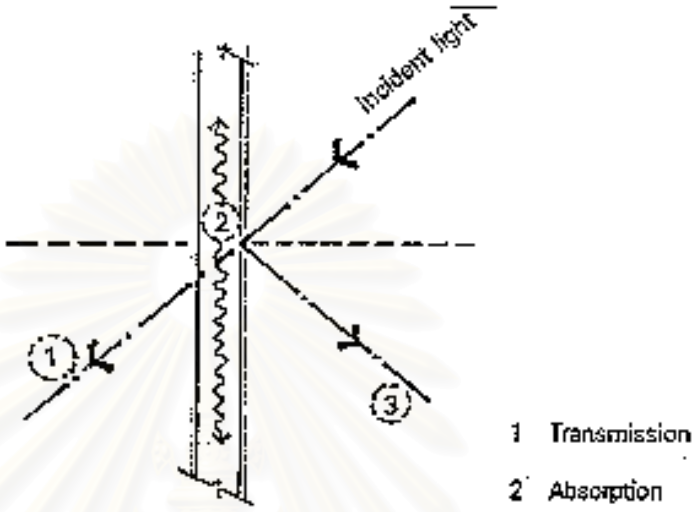
สี	ความยาวคลื่น (nm)
ม่วง	420 – 380
คราม	440 – 420
น้ำเงิน	490 – 440
เขียว	560 – 490
เหลือง	590 – 560
แสด	630 – 590
แดง	760 – 630

ตารางที่ 2.2 แสดงความยาวคลื่นของ Visible Spectrum ที่ตอบสนองต่อวัตถุสีต่างๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 พฤติกรรมของแสง

เมื่อแสงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดสู่ตัวกลางชนิดต่างๆ นับตั้งแต่ อากาศ ของเหลว วัตถุโปร่งแสง ฯลฯ จะมีพฤติกรรมแตกต่างกันออกไป นั่นคือทิศทางของแสงจะถูกเปลี่ยนไป เมื่อกระทบตัวกลางเหล่านั้น พฤติกรรมต่างๆของแสงสามารถอธิบายได้ดังนี้



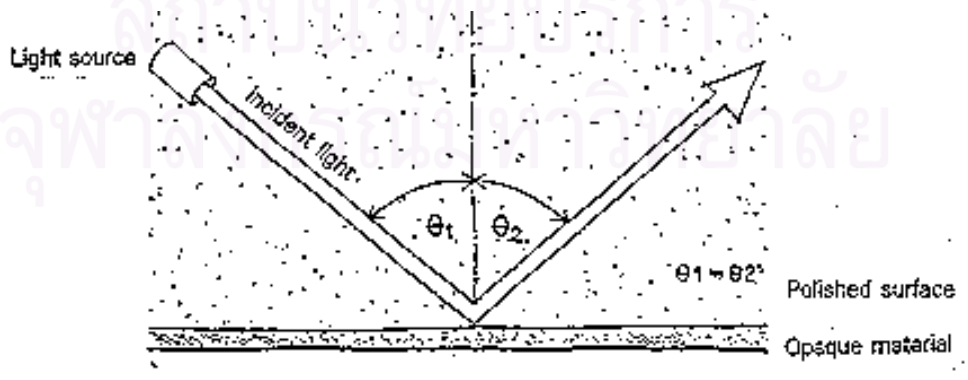
รูปที่ 2.2 แสดงพฤติกรรมของแสงที่กระทำต่อวัตถุ

ปรากฏการณ์ที่แสงกระทำต่อวัตถุ การทะลุผ่าน การสะท้อนและการดูดกลืน ในการที่แสงตกกระทบวัตถุใดๆ อาจจะเกิดเหตุการณ์ทั้งสาม หรือ เกิดเพียงเหตุการณ์เดียวก็ได้ ขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของวัสดุ ความทึบแสงหรือโปร่งแสงของวัตถุ ขนาดมุมตกกระทบ (Incident Angle) พฤติกรรมของแสงสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

การสะท้อน (Reflection)

เป็นพฤติกรรมที่แสงตกกระทบลงบนตัวกลางแล้วสะท้อนออกโดยที่ความถี่ของคลื่นแสงนั้นไม่เปลี่ยน ลักษณะของการสะท้อนแสงสามารถพิจารณาได้เป็น

การสะท้อนเหมือนกระจกเงา (Specular Reflection) เป็นปรากฏการณ์เมื่อแสงตกกระทบตัวกลางที่เป็นวัตถุทึบแสง (Opaque material) มีลักษณะเป็นผิวเรียบขัดมัน (Polish surface) มุมตกกระทบ (Incident Angle) จะเท่ากับมุมสะท้อน(Reflected Angle)

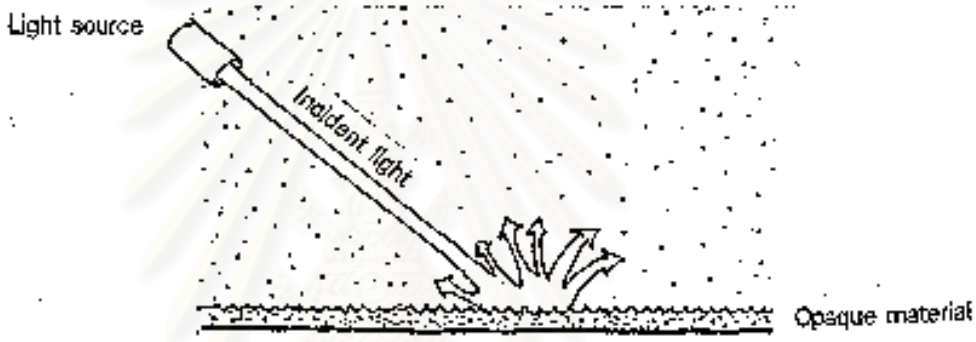


รูปที่ 2.3 แสดงการสะท้อนที่ผิววัตถุแบบ (Specular Reflection)

ที่มา : Machanical and Electrical Equipment for Building, 1992

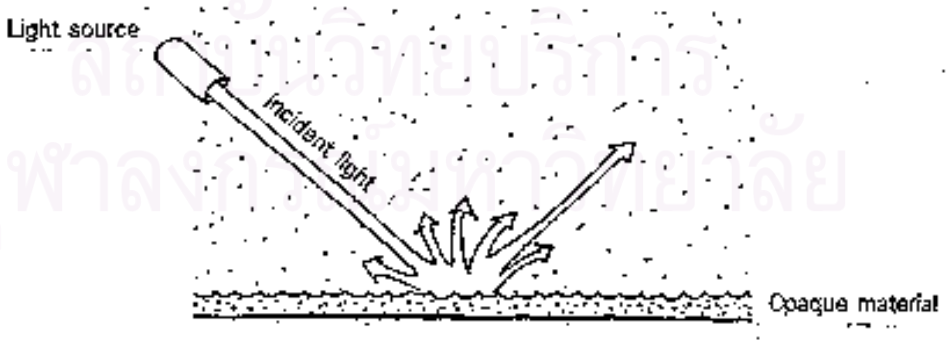
<u>การสะท้อนแบบกระจาย</u> (Diffuse Reflection)

เป็นรูปแบบการสะท้อนเมื่อแสงตกกระทบวัตถุทึบแสงที่มีผิวหยาบไม่สม่ำเสมอ แสงที่สะท้อนออกมาจะออกไปในหลายๆ ทิศทางซึ่งส่วนมากมุมของแสงสะท้อนที่กระจายออกไปจะไม่เท่ากับมุมของแสงที่ตกกระทบ หากผิววัตถุนั้นมีลักษณะไม่เรียบอย่างสม่ำเสมออย่างสมบูรณ์ (perfect diffusing surface) แสงสะท้อนที่ได้จะมีลักษณะการกระจายแสงแบบสมบูรณ์ (perfect diffusing reflection)เป็นการสะท้อนแสงที่ให้ความสว่างที่เท่าๆกันในทุกๆ มุมที่สะท้อน แต่หากผิววัตถุไม่เรียบ ไม่สม่ำเสมอ (semi diffusing surface) แสงสะท้อนที่ได้ก็จะมีลักษณะ (semi diffusing reflection) แต่โดยทั่วไปแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุจะเป็นลักษณะผสมกันระหว่าง การสะท้อนแบบเหมือนกระจกเงา(Specular Reflection)และการสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection)



รูปที่ 2.4 แสดงการกระจายแบบ Diffuse reflection

ที่มา : Machanical and Electrical Equipment for Building, 1992

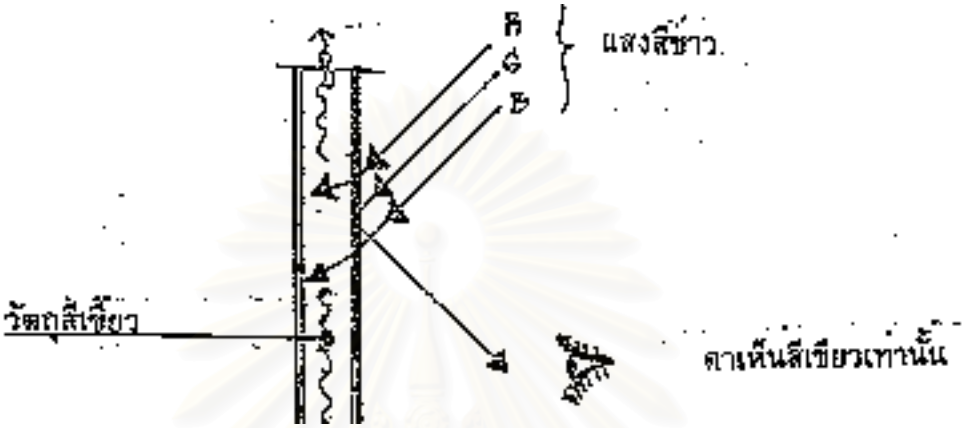


รูปที่ 2.5 แสดงการกระจายแบบ Combined Specular and Diffuse reflection

ที่มา : Machanical and Electrical Equipment for Building, 1992

การดูดกลืน (Absorption)

เป็นปรากฏการณ์ที่แสงถูกดูดกลืนเข้าไปในตัวกลาง เช่นการฉายแสงสีขาวลงบนวัตถุสีเขียว แสงสีอื่นจะถูกดูดกลืนยกเว้นแสงสีเขียวเท่านั้นที่สะท้นออกสู่สายตาของผู้สังเกตุ โดยทั่วไปเมื่อแสงถูกดูดกลืนจะเกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงานไปเป็นพลังงานความร้อน



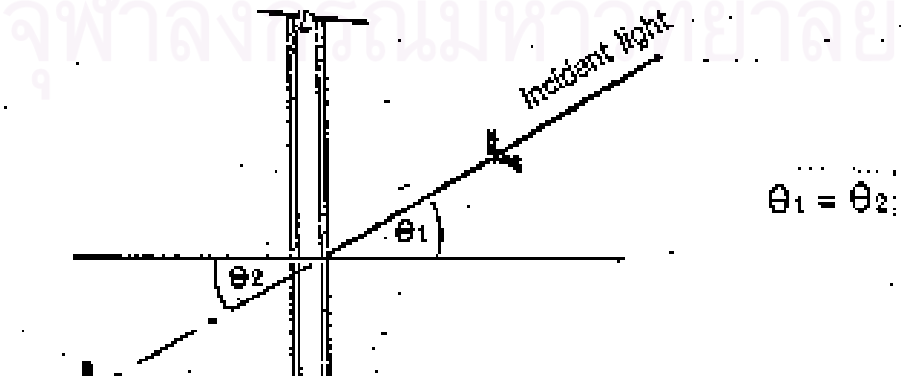
รูปที่ 2.6 แสดงการดูดกลืนแสงโดยตัวกลาง

การส่องผ่าน (Transmission)

เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบด้านหนึ่งของตัวกลางแล้วทะลุผ่านไปอีกด้าน โดยปกติเมื่อแสงตกกระทบตัวกลางที่แสงสามารถส่องผ่านได้แสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน ส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับและจะเหลืออีกส่วนหนึ่งทะลุผ่าน โดยที่ปริมาณแสงที่ตกกระทบจะเท่ากับ ปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนรวมกับปริมาณแสงที่สะท้อนกลับรวมกับปริมาณแสงที่ทะลุผ่าน สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

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

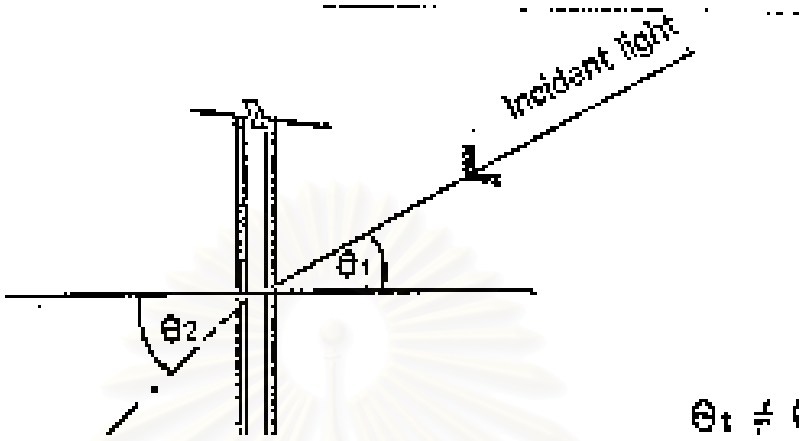
ลักษณะการส่องผ่านของแสงสามารถจำแนกได้ตามลักษณะของตัวกลางคือ ตัวกลางโปร่งใส (Transparant Medium)คือเมื่อแสงเกิดการส่องผ่านตัวกลางแล้วจะเกิดการหักเห และตัวกลางโปร่งแสง (Translusent Medium) คือเมื่อแสงเกิดการส่องผ่านตัวกลางจะมีลักษณะเป็นแสงแบบกระจาย



รูปที่ 2.7 แสดงปรากฏการณ์ของแสงที่ทะลุผ่านวัตถุ

การหักเห (Refraction)

เป็นปรากฏการณ์ที่แสงตกกระทบตัวกลางจะเกิดการทะลุผ่านและหักเหไปจากแนวเดิม



รูปที่ 2.8 แสดงการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลาง

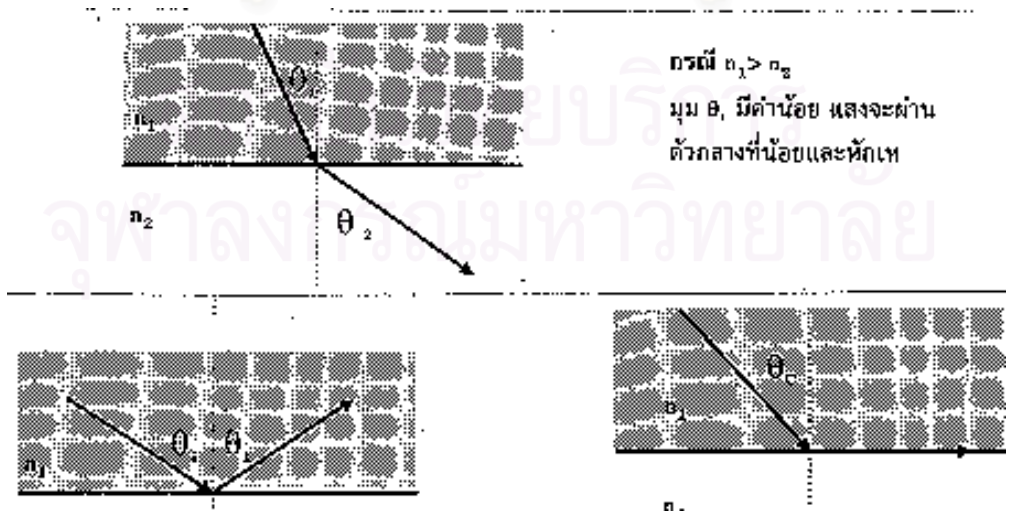
การหักเหของแสงผ่านตัวกลาง 2 ชนิด

แสงเมื่อผ่านตัวกลางผิวเรียบจะเกิดการหักเหหรือสะท้อนกลับ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบของแสง ถ้ามุมตกกระทบ θ_1 น้อย แสงก็จะผ่านจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง ถ้ามุมตกกระทบ θ_1 มีค่ามากขึ้นถึงค่าหนึ่งที่แสงไม่ผ่านตัวกลาง และไม่สะท้อนด้วยในกรณีนี้มุมตกกระทบนี้เรียกว่า มุมวิกฤติ θ_c และถ้ามุมตกกระทบ θ_1 มีค่ามากกว่ามุมวิกฤติก็ทำให้แสงที่ตกกระทบสะท้อนกลับออกมาแมบที่จะผ่านตัวกลางไป

ความสัมพันธ์ระหว่างมุาตกกระทบและมุมสะท้อานสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$n1 \sin\theta 1 = n2 \sin\theta 2$$

n_1, n_2 คือดัชนีหักเหของวัสดุ 1 และ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 2.9 แสดงการหักเหหรือสะท้อนแสงผ่านตัวกลางสองชนิด

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการส่องสว่าง

แคนเดลา (Candela)

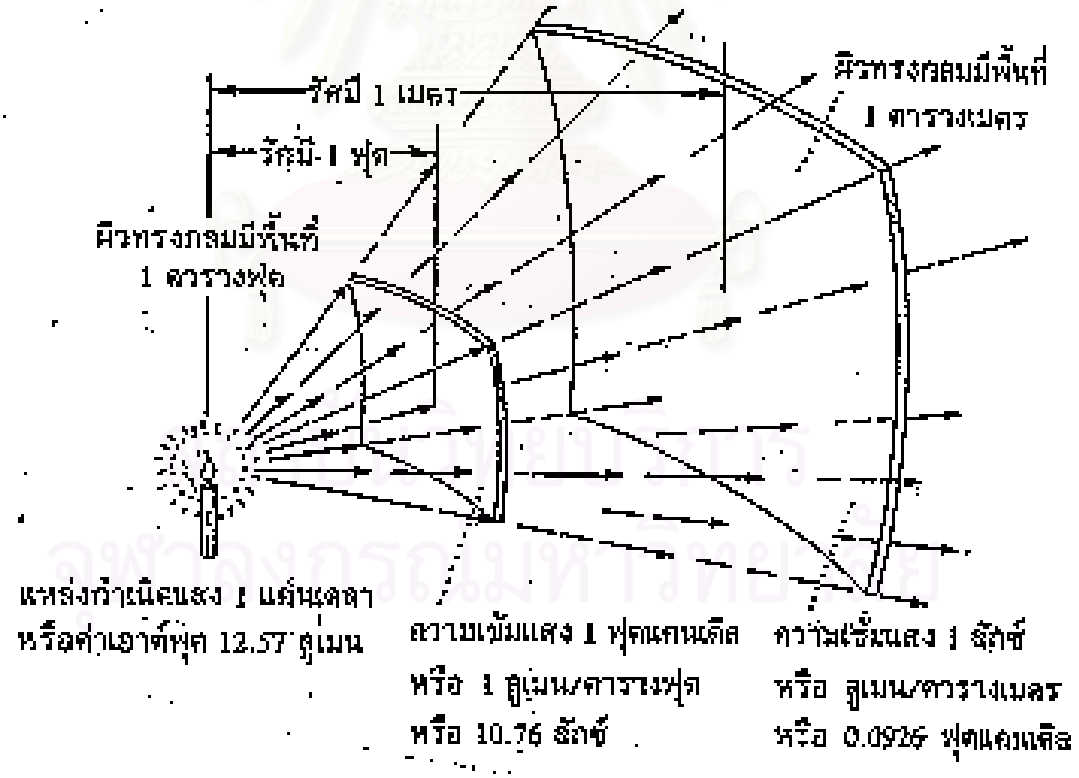
เป็นการบอกค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดแสงใดๆ ในรูปของความเข้มของการส่องสว่างหรือกำลังการส่องสว่าง ความเข้มของการส่องสว่าง 1 แคนเดลา มีค่าเท่ากับความเข้มของการส่องสว่างบน blackbody ที่อุณหภูมิเยือกแข็งของ Platinum และจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามมุมที่ทำกับแนวแกนของแหล่งกำเนิดแสง

Luminious (Intensity)

แหล่งกำเนิดแสงจะปล่อย Luminious Flux ออกมาโดยรอบทิศทาง Luminious Intensity คือ ปริมาณของ Luminious Flux ที่วัดได้ในหน่วยของ Lumen เป็นการบอกค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดแสง ในรูปของปริมาณ Luminious Flux ที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงนั้นๆ

ฟุตแคนเดิล (Footcandle)

ถ้าหากเรานำแหล่งกำเนิดแสงที่มีความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลา ไปวางที่จุดศูนย์กลางทรงกลมรัศมี 1 ฟุต ปริมาณแสง 1 ลูเมน จะตกลงทุก 1 ตารางฟุตของผิวทรงกลม ดังนั้นปริมาณการส่องสว่างจะมีค่าเท่ากับ 1 ฟุตแคนเดิล หรือ 1 ลูเมนต่อตารางฟุต และหากทรงกลมมีรัศมี 1 เมตร ปริมาณการส่องสว่างจะมีค่าเท่ากับ 1 ลักซ์ หรือ 1 ลูเมนต่อตารางฟุต



การส่องสว่าง (Illumination)

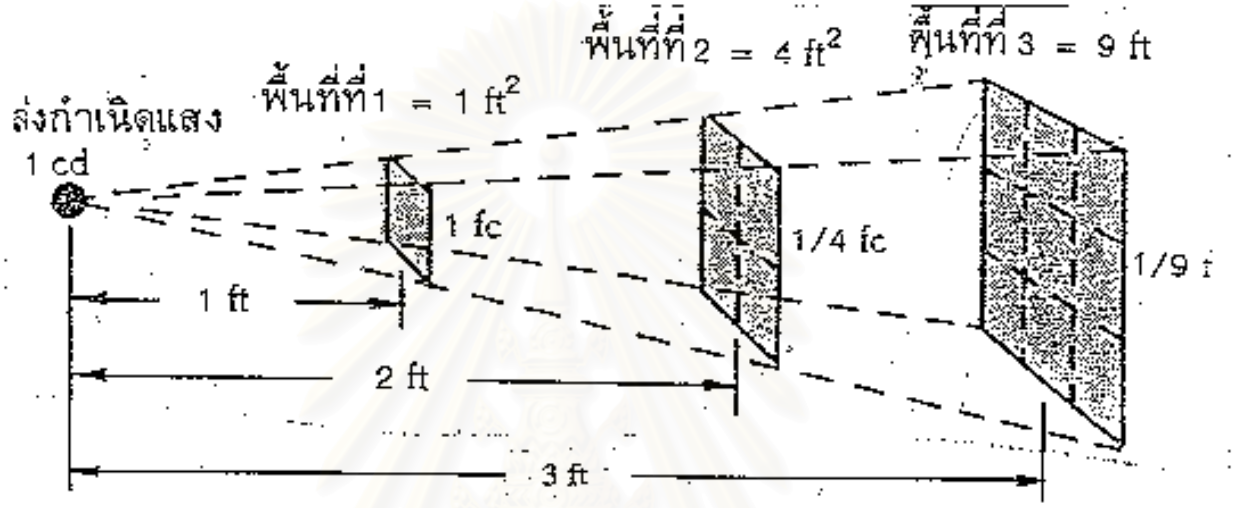
ปริมาณการส่องสว่างบนพื้นผิวใดๆ จะแปรผันโดยตรงกับความเข้มของการส่องสว่าง (Luminious Intensity) ของแหล่งกำเนิดแสง และแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสองจากพื้นผิวกับแหล่งกำเนิดแสง และเรียกความสัมพันธ์นี้ว่า กฎกำลังสองผกผัน (Inverse Square Law) มีหน่วยเป็นฟุตแคนเดิลหรือ ลักซ์

$$E = I / D2$$ หน่วย Fc หรือ Lx

E = ปริมาณการส่องสว่างบนพื้นผิวงาน

I = ความเข้มของการส่องสว่างจากแหล่งกำเนิดแสง

D = ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงถึงแหล่งที่ต้องการคำนวณ



รูปที่ 2.10 แสดงปริมาณการส่องสว่าง 1 cd จากแหล่งกำเนิดแสง ณ. ตำแหน่งพื้นที่ใช้งานใดๆ

ลูมิแนนซ์ หรือความสว่าง

ลูมิแนนซ์ หมายถึง ความส่องสว่างที่สะท้อนออกมาจากวัตถุหรือเรียกว่า ความสว่าง หน่วยเป็น แคนเดลา / ม^2 ด้วยแสงปริมาณเดียวกันที่กระทบลงมาบนวัตถุที่มีสีต่างกันจะมีปริมาณแสงสะท้อนกลับต่างกัน นั่นคือ ลูมิแนนซ์ต่างกัน ลูมิแนนซ์ สัมพันธ์กับอิลูมิแนนซ์ดังสมการ

$$L = \rho * E / \pi$$

L = ลูมิแนนซ์ แคนเดลา / ม^2

ρ = สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของสัสคุ

E = อิลูมิแนนซ์ ลักซ์

การมองเห็นวัตถุได้ดีหรือไม่ขึ้นกับ ลูมิแนนซ์หรือแสงที่เข้าตาซึ่งขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบ เช่น วัตถุที่มีผิวด้านเมื่อถูกแสงสว่างจะมองเห็นได้ดีกว่าวัตถุที่มีผิวมัน เพราะถ้ามีแสงตกกระทบวัตถุที่มีผิวมัน แสงสะท้อนไปในทิศทางเดียวกันและไม่เข้าตา ทำให้มองไม่เห็นวัตถุ หรือถ้าหากเข้าตาก็คงมองไม่เห็นเพราะเกิดแสงบาดตา

Solid Angle (ω)

เป็นการวัดส่วนหนึ่งของพื้นผิวทรงกลมที่ถูกครอบคลุมด้วยพื้นที่สมมุติรูปทรงกรวย ที่มีส่วนแหลมสุดของกรวยอยู่ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมนั้นๆ หรือ คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวส่วนที่พิจารณาของทรงกลมต่อรัศมีของทรงกลมนั้นๆ ยกกำลังสอง มีหน่วยเป็น สเตอร์เรเดียน (Steradian)

$$\text{Solid Angle } (\omega) = A / R2 \quad \text{steradian}$$

A = พื้นที่ผิวที่พิจารณาของทรงกลม

R = รัศมีของทรงกลม

2.4 คุณสมบัติอื่น ๆ ของแสง

ความเปรียบต่างของความส่องสว่าง (Luminance Contrast)

ความเปรียบต่างความส่องสว่าง คือ ความแตกต่างระหว่างความส่องสว่างของวัตถุที่มองเห็น กับความสว่างของศากที่รองรับ ถ้าการเปรียบต่างของความส่องสว่างเพิ่มขึ้น จะทำให้การมองเห็นชัดขึ้น

ปริมาณแสงที่ตกกระทบวัตถุ คือ ความเข้มแสงซึ่งมีหน่วยเป็นฟุตแคนเดิล ส่วน ความส่องสว่างของวัตถุที่มองเห็นและความส่องสว่างของฉากที่รองรับ มีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต (Fl)

การเปรียบต่างความส่องสว่าง มีสมการดังนี้

$$\text{การเปรียบต่างความส่องสว่าง} = \frac{|Lf - Lb|}{Lb}$$

เมื่อ Lf เป็นความส่องสว่างของวัตถุที่มองเห็น

Lb เป็นความส่องสว่างของฉากที่รองรับ

ค่าการเปรียบต่างความส่องสว่าง บอกให้ทราบว่า เราสามารถมองวัตถุได้ชัดเจนเพียงไร กล่าวคือ กรณีวัตถุที่มีสีขาวแต่ฉากที่รองรับเป็นสีดำ มีค่าการเปรียบต่างความส่องสว่างใกล้ 1.0 (100%) ทำให้มองเห็นวัตถุได้ชัดเจน, ถ้าฉากที่รองรับมีสีที่จางลง ค่าการเปรียบต่างความส่องสว่างจะต่ำลงทำให้ความชัดเจนต่ำลง และถ้าวัตถุมีสีดำและมีฉากที่รองรับเป็นสีดำ (เช่น การเผ็บผ้าดำด้วยด้ายสีดำ) จะทำให้มองเห็นวัตถุได้ไม่ชัด เพราะมีค่าการเปรียบต่างความส่องสว่างต่ำมาก

ความจ้า (Brightness)

ความจ้า เป็นผลจากแสงสะท้อนออกจากผิววัตถุเข้าสู่ตาเรา เมื่อแสงตกลงบนผิววัตถุ ส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน ส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนออกมา ความจ้าจะขึ้นอยู่กับ 2 องค์ประกอบหลัก คือ ความสามารถในการส่องผ่านหรือความสามารถในการสะท้อนแสงของวัตถุ และความสามารถในการปรับตัวของสายตา ความจ้ามีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต (footlambert) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$FL = Fc * \rho$ **หรือ** $FL = Fc * \tau$

โดยที่ FL คือ ปริมาณความจ้า มีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต

Fc คือ ปริมาณการส่องสว่าง มีหน่วยเป็น ฟุตแคนเดิล

ρ คือ ค่าการสะท้อนแสงของวัตถุ (%)

τ คือ ค่าการส่องผ่านของวัตถุ (%)

แสงบาดตา (Glare)

แสงบาดตา คือแสงที่เข้าตาทำให้มองเป็นวัตถุได้ยากหรือมองไม่เห็นเลย ซึ่งเกิดมาจากระดับความแตกต่างของความส่องสว่าง จนเป็นแสงที่ไม่ต้องการให้อยู่ในมุมมอง เนื่องจากความจ้าที่มากจนเกินไปของแหล่งกำเนิดแสง 1 จุด หรือมากกว่า จนทำให้เกิดความไม่สบายตาในการมอง แสงบาดตาสามารถแบ่งออกได้เป็น

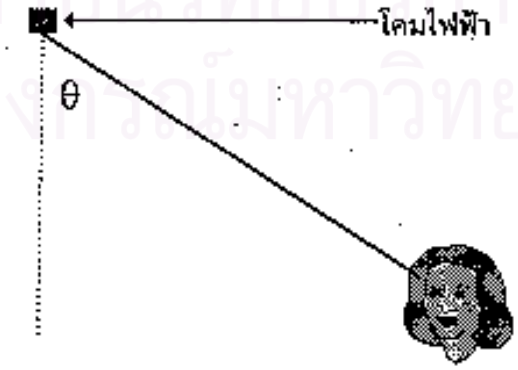
Disability Glare เป็นแสงจ้าที่จะทำลายความสามารถในการมองเห็นของคน ซึ่งทำให้เรารู้สึกตาพร่าและมองไม่เห็นชั่วขณะ

Discomfort Glare เป็นแสงจ้าที่ทำให้เรารู้สึกไม่สบายตาในการมอง โดยไม่ได้ทำลายความสามารถในการมองเห็นแต่อย่างใด แต่จะรบกวนการมองทำให้รู้สึกรำคาญสายตา เสียสมาธิ จนถึงขั้นวิงเวียนศีรษะถ้าหากมีการมองเป็นเวลานาน

Veiling Reflected เป็นแสงจ้าที่เกิดจากการสะท้อนแสงของแหล่งกำเนิดแสงที่ส่องลงไปบน Task ที่มีการส่องสว่างที่น้อยกว่า

Reflected Glare เป็นแสงจ้าที่เกิดจากการมอง Task ที่รับแสงจากแหล่งกำเนิดแสงแล้วสะท้อนเข้าสู่ตาเรา

แสงบาดตาจากโคมวัดกันด้วยมุมที่ทำกับแนวดิ่งจากโคมมายังตาในส่วนที่เกินกว่า 45 องศาขึ้นไป ถ้ามองโคมที่มุมมากกว่า 45 องศาแล้วยังมีแสงเข้าตามากก็แสดงว่าโคมมีแสงบาดตา แต่ถ้ามองแล้วแม้มีแสงมาเข้าตาแต่ไม่มากจนทำให้บาดสายตาและมองเห็นวัตถุได้ไม่ลำบากอย่างนี้ก็เรียกว่าแสงบาดตาไม่ได้สร้างปัญหาแต่อย่างใด



รูปที่ 2.11 มุมของแสงบาดตาที่วัดที่มุม $\theta \geq 45$ องศา เป็นต้นไป

ความเปรียบต่างความเข้มของแสง (Contrast)

Contrast คือ ความเปรียบต่างความเข้มของแสง ระหว่างวัตถุและสิ่งต่างๆ ที่อยู่โดยรอบ ซึ่งเมื่อความเปรียบต่างความเข้มของแสงยิ่งมาก การมองเห็นก็จะทำได้ง่ายขึ้น ความต้องการปริมาณแสงก็จะมีน้อยลง ตัวอย่างเช่น ตัวหนังสือดำบนกระดาษขาว ย่อมมองเห็นได้ง่ายกว่าอักษรสีดำบนพื้นสีเทา ถ้าความเปรียบต่างความเข้มแสงยิ่งน้อย ปริมาณแสงที่ต้องการจะมีมากขึ้น ตัวอย่างเช่น การเย็บผ้าสีดำด้วยด้ายสีดำ ย่อมต้องการปริมาณแสงเป็นเป็นจำนวนมาก เป็นต้น

สมการที่ใช้ในการคำนวณ

$$C = \left| \frac{Lo - Lb}{Lb} \right| \quad \textbf{หรือ} \quad C = \left| \frac{Lb - Lo}{Lb} \right|$$

โดยที่ C = Contrast

Lo = Object Luminance

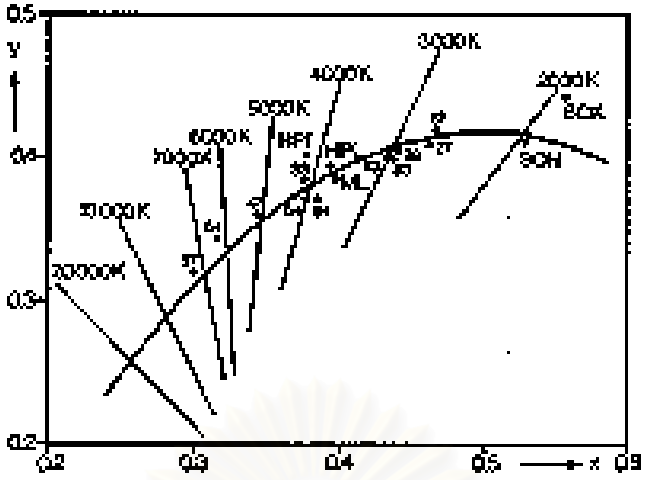
Lb = Background Luminance

อุณหภูมิสี (Color Temperature)

สีของแสงมักบอกกันด้วยอุณหภูมิสีทำให้สามารถเข้าใจได้ชัดเจนกว่าการบอกด้วยสีทั่วๆ ไปที่ทำกัน สีที่บอกด้วยอุณหภูมิสีเช่น 3500 เคลวิน หมายถึง สีที่เห็นเมื่อเผาวัตถุดำ (Black Body) ที่อุณหภูมิ 3500 เคลวิน (ทำไมต้องเป็นวัตถุสีดำ ความจริงไม่ได้หมายถึงวัตถุใดๆ ก็ได้ที่ทาด้วยสีดำ แต่วัตถุสีดำในที่นี้หมายถึงวัตถุที่มีการดูดซึมความร้อนไปได้ทั้งหมด วัตถุประเภทนี้ค่อนข้างอุดมคติ คือ หาได้ยากที่จะสามารถดูดซึมความร้อนไปได้ทั้งหมด)

วัตถุสีดำเมื่อถูกเผาด้วยอุณหภูมิต่างๆ จะมีสีต่างๆ กันดังตัวอย่างดังนี้

2200	องศาเคลวิน	มีสี	เหลืองจัด	เทียบกับสีของหลอดโซเดียมความดันต่ำ
2500	องศาเคลวิน	มีสี	เหลืองทอง	เทียบกับหลอดโซเดียมความดันสูง
2800	องศาเคลวิน	มีสี	เหลืองอ่อน	เทียบกับสีของหลอดอินแคนเดสเซนต์
3000	องศาเคลวิน	มีสี	เหลืองขาว	เทียบกับสีของหลอดฮาโลเจน
3500	องศาเคลวิน	มีสี	เหลืองแดง	เทียบกับสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิดวอร์มไวท์ (Warm White)
4000	องศาเคลวิน	มีสี	ขาวเย็น	เทียบกับสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิดคลูไวท์ (Cool White)
6500	องศาเคลวิน	มีสี	ขาวปนฟ้า	เทียบกับสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิดเดไลท์ (Daylight)



รูปที่ 2.12 แสดงเคอร์ฟของสีของ CIE

ที่มา : มงคล ทองสงคราม, วิศวกรรมการส่องสว่าง, หน้า16

เคอร์ฟของสีของ CIE ซึ่งเกิดจากการพล็อตสีของวัตถุดำที่อุณหภูมิต่างๆ เรียกว่า โลกัสพลางเคียน (Planckian Locus) ดังรูป เคอร์ฟดังกล่างแสดงให้เห็นว่า สีต่างๆ ของแหล่งกำเนิดแสงที่ปรากฏในโลกัสสามารถระบุได้ด้วยอุณหภูมิต่างกัน ส่วนสีของแหล่งกำเนิดแสงที่ไม่ได้ปรากฏในโลกัสนี้สามารถระบุอุณหภูมิสีได้โดยใช้วิธีสหสัมพันธ์อุณหภูมิสี (Correlation Colour Temperature; CCT) วิธีนี้จะกำหนดอุณหภูมิสีของแหล่งกำเนิดแสงกับสีของวัตถุดำที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด แต่ต้องไม่แตกต่างจากโลกัสพลางเคียนมากนัก

การให้แสงสว่างจากหลอดที่มีอุณหภูมิสีต่างกันก็มีความสำคัญเช่นกัน หลอดที่มีอุณหภูมิสีต่างกันมาก เช่น หลอดอินแคนเดสเซนต์ (ประมาณ 2800K) และ หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดเดไลท์ (Daylight) (ประมาณ 6000-6500K) มีอุณหภูมิสีต่างกันมาก เมื่อนำมาใช้ร่วมกันในบริเวณหรือพื้นที่เดียวกันจะให้แสงสีที่มองแล้วอาจรับไม่ได้ นั่นคือ หลอดอินแคนเดสเซนต์ไม่ควรใช้ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดเดไลท์ แต่อาจใช้ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด วอร์มไวท์หรืออาจใช้ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดคูลไวท์ก็ยังได้

ประสิทธิผล (Efficacy)

ประสิทธิผล หมายถึง ปริมาณแสงลูเมนต่อวัตต์ทางไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไปให้หลอด หลอดใดที่มีประสิทธิผลมากก็หมายถึง ให้ปริมาณแสง (ลูเมน) ออกมาต่อวัตต์มากกว่าหลอดประเภทอื่นเช่น หลอดอินแคนเดสเซนต์หรือหลอดมีไส้ทั่วไปมีประสิทธิผลประมาณ 10-15 ลูเมน/วัตต์ และ ฟลูออเรสเซนต์หรือภาษาชาวบ้านเรียกว่า หลอดนีออน มีประสิทธิผลประมาณ 50-80 ลูเมน/วัตต์ นี่เป็นเหตุผลว่าทำไมหลอดฟลูออเรสเซนต์จึงประหยัดว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ ถึง 5-8 เท่า แต่หลอดที่มีประสิทธิผลน้อยก็ยังเห็นมีใช้กันมากก็เพราะมีข้อดีอย่างอื่นที่มาลบล้างข้อเสียของมัน เช่น หลอดอินแคนเดสเซนต์ถึงแม้มีประสิทธิผลต่ำแต่มีราคาต่ำมากและสีสันที่ได้ออกมาสวยงามเมื่อกระทบวัตถุและให้แสงสีที่แท้จริงด้วย

การให้แสงสว่างที่ต้องการประหยัดค่าไฟฟ้าควรใช้หลอดที่มีประสิทธิผลมาก เช่น หลอดที่ต้องเปิดสว่างทั้งคืนเพื่อส่องบริเวณ ก็ควรใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดปรอทความดันสูง (หลอดแสงจันทร์ที่เห็นตามท้องถนนเป็นสีขาว) หรือ ถ้าไม่ต้องสนใจในเรื่องสีสันมากก็ใช้หลอดโซเดียมความดันต่ำหรือสูง (หลอดที่ให้สีเหลืองซึ่งเห็นตามถนนขนาดใหญ่) ก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพแสงที่ต้องการ

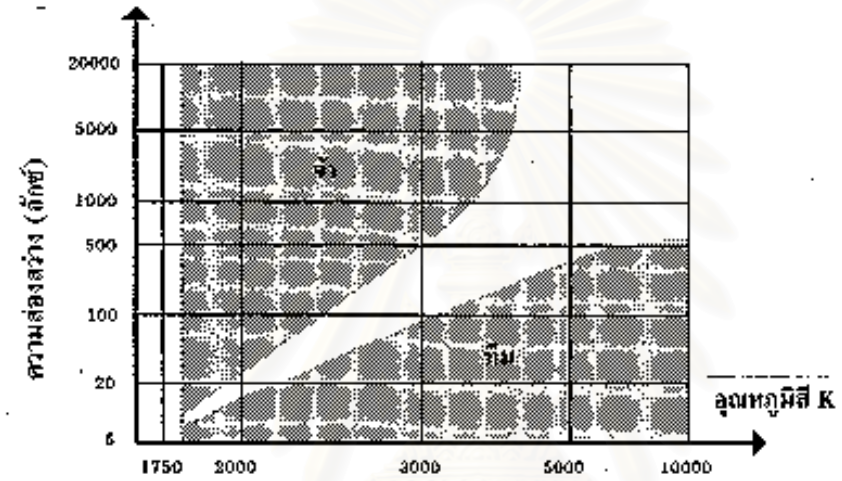
ความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างและอุณหภูมิสี

การใช้แสงสีของหลอดให้สัมพันธ์กับความส่องสว่างมีความสำคัญมากในเรื่องการให้แสงสว่างไม่ว่าภายในหรือภายนอกอาคาร การเลือกสีของหลอดให้สัมพันธ์กับความส่องสว่างของงานเป็นพื้นฐานเริ่มแรกในเรื่องเทคนิคการส่องสว่าง ความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างและอุณหภูมิสีแสดงไว้ในรูปที่ 2.16 ความหมายของกราฟสามารถทำความเข้าใจได้ดังนี้ คือ

ถ้าหากใช้หลอดที่มีอุณหภูมิสีต่ำแต่ให้ความส่องสว่างสูงก็ดูจ้าเกินไป

ถ้าใช้หลอดที่มีอุณหภูมิสีสูงที่ความส่องสว่างต่ำก็ดูทึมเกินไป

ความส่องสว่างที่เหมาะสมกับอุณหภูมิสีของหลอด คือ ย่านตรงกลางในรูปที่ไม่ดูจ้าหรือทึมเกินไป



รูปที่ 2.13 รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสีและลักซ์

พื้นที่ใดที่ต้องการความส่องสว่างต่ำก็ควรใช้หลอดที่มีองศาเคลวินต่ำ เช่นบ้านอยู่อาศัยหรือโรงแรมซึ่งต้องการความส่องสว่างในเกณฑ์ 100-150 ลักซ์ควรใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ หรือหลอดที่มีอุณหภูมิสีต่ำอย่างอื่น เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบวอร์มไวท์ หลอดทังสะเตนฮาโลเจน เป็นต้น

พื้นที่ที่ต้องการความส่องสว่างมาก เช่น ในสำนักงานซึ่งต้องการความส่องสว่าง 500 ลักซ์ก็ไม่ควรใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์หรือฮาโลเจน แต่ควรใช้หลอดที่มีอุณหภูมิสีสูง เช่น ฟลูออเรสเซนต์ชนิดเดไลท์ หรือคูลไวท์ เป็นต้น

ดัชนีความถูกต้องสี (Color Rendering Index – CRI)

ดัชนีความถูกต้องสีเป็นตัวชี้ให้เห็นว่าสีที่เห็นเมื่อส่องถูกวัตถุจะให้ความถูกต้องสีเป็นอย่างไร ดัชนีดังกล่าวเรียกย่อๆ ตาม CIE ว่า CRI แสงที่มี CRI 20% หมายถึง เมื่อส่องวัตถุจะให้ความถูกต้องสีเพียง 20% เท่านั้น หลอดอินแคนเดสเซนต์มี CRI 100% หลอดฟลูออเรสเซนต์โดยทั่วไปมี CRI เฉลี่ย 60% เป็นต้น ดัชนีความถูกต้องสีมีผลต่อการมองเห็นโดยเฉพาะงานที่จำเป็นต้องคัดเลือกสี เช่น งานเกี่ยวกับฟิล์มถ่ายรูป การคัดสีผ้า เป็นต้น หลอดโซเดียมความดันต่ำ เป็นหลอดสีเหลืองในถนนขนาดใหญ่มี CRI เท่ากับศูนย์ คือ เมื่อส่องถูกวัตถุใดก็ตามให้สีเพี้ยนหมดทุกสี ดังนั้นจึงไม่เหมาะสำหรับงานที่ต้องการมองเห็นแสงสี

หลอดไฟประเภทที่ให้ CRI สูงๆ ได้แก่ หลอดอินแคนเดสเซนต์ หลอดทังสเตนฮาโลเจน ถ้าเป็นหลอดประเภทที่มีอายุการใช้งานนานก็มี หลอดเมทัลฮาไลด์ หลอดปรอทความดันสูง เป็นต้น

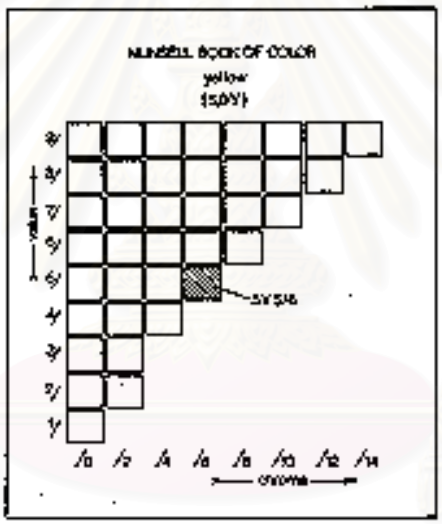
สี (Colour)

สีที่ดวงตามองเห็นขึ้นอยู่กับสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสงและวัตถุที่สะท้อนหรือส่งผ่านมายังดวงตา ดังนั้น ในการออกแบบระบบแสงสว่างให้มีคุณภาพจึงควรมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสีด้วย ในที่นี้จะกว่าวถึงระบบของสี, อุณหภูมิสีและความถูกต้องของสี ระบบของสีมีอยู่หลายระบบ ในที่นี้จะกล่าวถึง 2 ระบบ คือ ระบบมันเซลล์และระบบมาตราฐานสากลของการส่องสว่าง หรือระบบ CIE

ระบบมันเซลล์ (Munsell System)

ระบบมันเซลเป็นระบบที่มีการกำหนดรายละเอียดสีในสภาพที่มีแสงสว่างในตอนกลางวันลงในแผนผังของสี ระบบนี้มีแนวความคิดพื้นฐานว่า สีมี 3 มิติ คือ ความเป็นสี (Hue), ค่าของงสี(Value), และความจัดของสี (Chroma)

ในระบบมันเซลล์ แต่ละมิติจะมีสเกลแสดงค่าของสี สเกลเหล่านี้เกิดจากกลุ่มของชิปสี(Colour Chip) ปรากฏในแผนผังของสี โดยแผนผังแต่ละรูปมีตัวแปรตัวหนึ่งในสามตัวแปรที่กล่าวข้างต้นเป็นตัวแปรคงที่



รูปที่ 2.14 แสดงส่วนของความเป็นสี

ที่มา : มงคล ทองสงคราม, วิศวกรรมการส่องสว่าง, หน้า 14

สเกลของความเป็นสี ประกอบด้วยสีหลัก (Principle Hue) และสีระหว่างกลาง (Intermediate Hue)

สีหลัก ประกอบด้วย 5 สี คือ แดง (R), เหลือง (Y), เขียว (G), น้ำเงิน (B), และม่วง (P)

สีระหว่างกลาง คือ YR, GY, BG, PB, และ RP

ค่าของสีหรือความสว่างของสี แสดงบนเสกลสีเทา เริ่มตั้งแต่0 (ดำ) ถึง 10 (ขาว)

ความจัดของสี คือความเด่นชัดของสีใดๆ ขณะไม่มีสีขาวเจือปน แต่ถ้ามีสีขาวเจือปนความเด่นชัดของสีจะลดลง ความจัดของสีนี้แสดงได้ 14 ระดับ

ในระบบมันเซลล์ จะระบุสีใดๆ โดยใช้สัญลักษณ์ 3 หรือ 4 ตัว โดยเริ่มต้นจากความเป็นสี, ค่าของสีและความจัดของสี ตามลำดับ เช่น สี 5Y 5/6 หมายถึง สีเหลืองเข้ม (5Y) มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของสเกลสีเทา (5) และมีความจัดของสีห่างจากความเป็นกลาง (Neutral) ระดับที่ 6 ดังรูปที่ 2.17

2.5 **ทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์** : (Solar Geometry)

โลกหมุนรอบตัวเองพร้อมๆ ไปกับการโคจรเป็นวงรีรอบดวงอาทิตย์ ดังนั้นใน 1 วันหรือ 24 ชั่วโมงโลกจะหมุนรอบตัวเองครบรอบ จึงทำให้ดูเหมือนว่าดวงอาทิตย์โคจรรอบโลก

แต่ละจุดบนพื้นโลกจะมีตำแหน่งของดวงอาทิตย์เป็นวงรี พร้อมกับการหมุนรอบตัวเองในแกนเอียง 23.5 องศา ทำให้ตำแหน่งที่แท้จริงของดวงอาทิตย์ในจุดต่างๆ มีความซับซ้อนยากในการที่จะหาค่าที่เที่ยงตรงทั้งในเรื่องของมุมและเวลาที่เกิดขึ้น และเปลี่ยนแปลงตามการเคลื่อนที่ของโลกและดวงอาทิตย์ การหาค่านี้จึงมักจะทำโดยคร่าวๆ ให้ใกล้เคียงค่าที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุด มีการกำหนดเส้นสมมุติขึ้นมากมาย เพื่อการหาประโยชน์และหลีกเลี่ยงโทษจากการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ซึ่งเส้นเหล่านี้จะอ้างอิงกับเส้นละติจูด, ลองติจูด ซึ่งบ่งบอกตำแหน่งของจุดสังเกต และแกนเอียงของโลก

เส้นรุ้ง (Latitude)

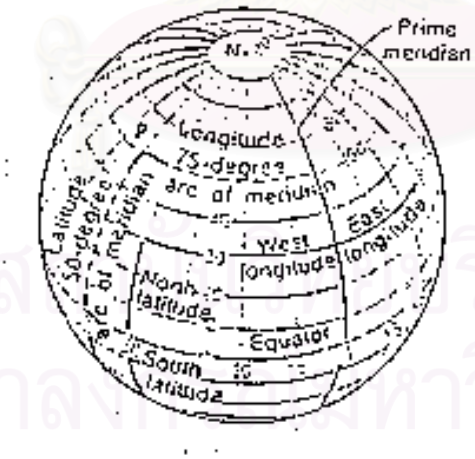
เส้นรุ้ง เป็นเส้นสมมุติที่ลากรอบโลกขนานกับเส้นศูนย์สูตร โดยแบ่งซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ออกเป็น 90 องศาเท่าๆ กัน

เส้นแวง (Longitude)

เส้นแวงเป็นเส้นสมมุติที่ลากจากขั้วโลกเหนือไปยังขั้วโลกใต้ และในการหาตำแหน่งบนพื้นโลกให้เทียบจากเส้นปฐมเมอร์ริเดียน (Prime Meridian)

เส้นศูนย์สูตร (Equator)

เส้นศูนย์สูตรเป็นเส้นสมมุติที่ลากรอบโลกผ่านระหว่าง กึ่งกลางขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้



รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างการแบ่งเส้นศูนย์สูตร เส้นรุ้ง และเส้นแวงรอบโลก

ที่มา : Stein / Reynolds / Mcguinness. 1988

ตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะอ้างอิงด้วยมุม 2 มุม คือ

มุมแอ็ลติจูด (Altitude)

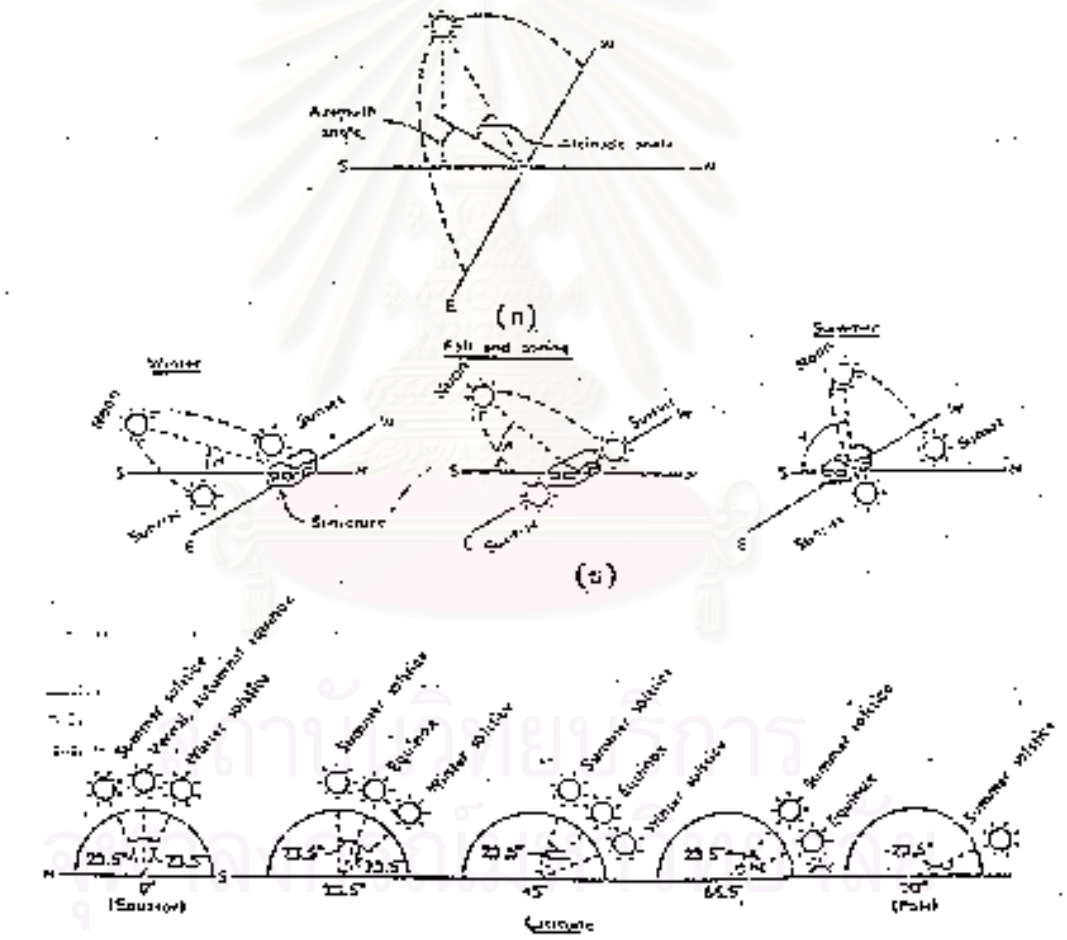
คือมุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อระนาบพื้นโลก ณ. จุดสังเกตุในแนวตั้ง วัดตามเข็มนาฬิกา ช่วงเวลาที่มีค่ามากที่สุดคือ เวลาที่ดวงอาทิตย์ผ่าน Meridian (เส้นโค้งวงกลมที่พาดผ่าน Zenith ในแนวเหนือใต้ เมื่อจุด

Zenith คือจุดที่อยู่เหนือขึ้นไปตรงกับจุดที่สังเกตุในแนวตั้ง) ได้แก่ช่วงเวลาเที่ยงวัน ช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์ขึ้นและตกจะมีค่าเป็น 0 องศา ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งของจุดที่สังเกตด้วย

มุมอะซิมุต (Azimuth)

คือมุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำกับเส้นแกนเหนือใต้ที่แท้จริงในแนวระดับ จะมีค่ามากที่สุด คือ 90 ^{0} เมื่อดวงอาทิตย์ขึ้นและตกและจะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ตรงกลางแกนเหนือหรือใต้หรือมีค่าเท่ากับ 0 ^{0}

ในแต่ละเส้นรุ้งแอลติจูดของดวงอาทิตย์จะสูงสุดในฤดูร้อนและต่ำสุดในฤดูหนาว ดังรูป (ข) และตำแหน่งที่ใกล้เส้นศูนย์สูตร (Equator) ค่าสูงสุดของมุมทางตั้งดวงอาทิตย์เหนือเส้นระดับขอบฟ้า (Altitude of sun) จะเปลี่ยนแปลงแต่ละเส้นรุ้ง ดังรูป (ค) สำหรับแต่ละเส้นรุ้งจะเปลี่ยนแปลง 23.5 องศาทุกๆ ปี



รูปที่ 2.16 แสดงตัวอย่างตำแหน่งของดวงอาทิตย์ มุมแนวตั้งเหนือเส้นระดับขอบฟ้า (Altitude) และมุมในแนวราบของดวงอาทิตย์ (Azimuth) โดยวัดเทียบกับทิศใต้

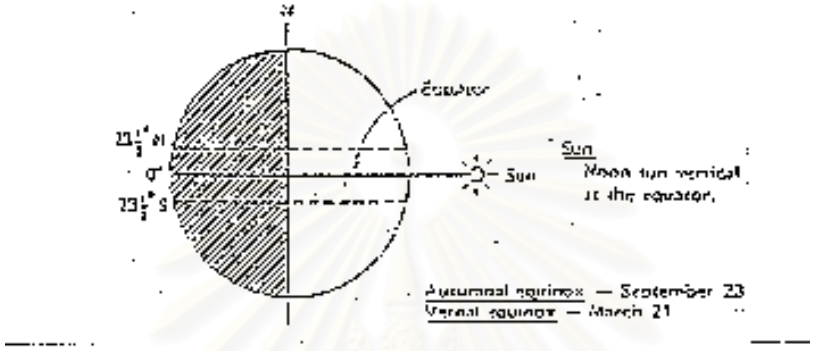
ที่มา : Stein / Reynolds / McGuinness, 1988

วันเวลาที่สมดุลย์ (Equinox)

เป็นวันที่ทุกๆ แห่งบนพื้นโลกมีระยะเวลากลางวันและกลางคืน 12 ชั่วโมงเท่าๆ กันและดวงอาทิตย์จะเดินทางตัวฉากกับเส้นศูนย์สูตรพอดี

สำหรับในวันที่ 21 มีนาคม เรียกว่าวันที่เวลาสมดุลย์ในฤดูใบไม้ผลิ (Vernal Equinox)

สำหรับในวันที่ 23 กันยายน เรียกว่าวันที่เวลาสมดุลย์ในฤดูใบไม้ร่วง (Autumnal Equinox)



รูปที่ 2.17 แสดงวันเวลาที่สมดุลย์

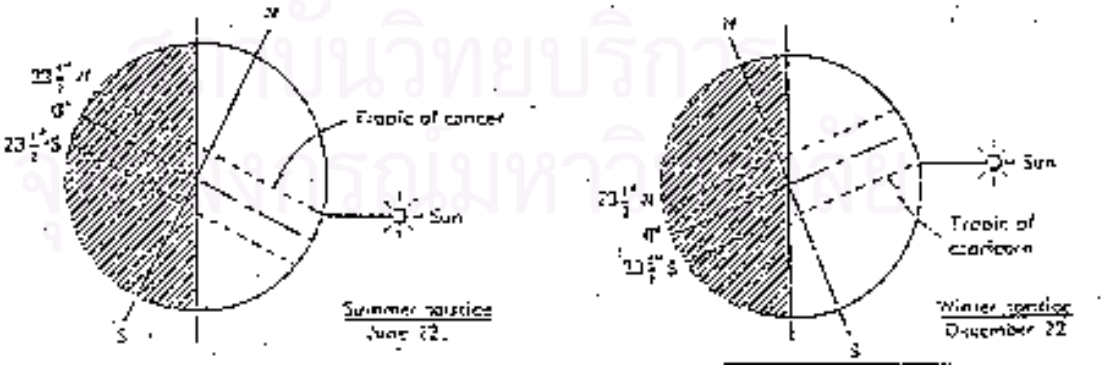
ที่มา : Stein / Reynolds / McGuinness, 1988

วันเริ่มฤดูร้อน (Summer Soltice)

วันเริ่มฤดูร้อน คือวันที่ 22 มิถุนายน เป็นวันที่ตำแหน่งขั้วโลกเหนือเบนเข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุด ส่วนขั้วโลกใต้จะเบนออกจากดวงอาทิตย์

วันเริ่มฤดูหนาว (Winter Soltice)

วันเริ่มฤดูหนาว คือวันที่ 22 ธันวาคม เป็นวันที่ตำแหน่งขั้วโลกเหนือเบนออกจากดวงอาทิตย์มากที่สุดและขั้วโลกใต้เบนเข้าหาดวงอาทิตย์มากที่สุด



รูปที่ 2.18 (ก) แสดงกลางวันยาวกว่ากลางคืน, (ข) แสดงกลางวันสั้นกว่ากลางคืน

ที่มา : Stein / Reynolds / McGuinness, 1988

2.6 **สภาพท้องฟ้า** (Sky Condition)

โดยทั่วไปสภาพของท้องฟ้าสมรถแยกพิจารณาออกเป็น 3 ลักษณะคือ

สภาพท้องฟ้าที่ปกคลุมด้วยเมฆจนไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสง (Overcast Sky หรือเรียกว่า cie sky) ความสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้มีความสว่างในปริมาณที่แตกต่างกัน (Non Uniform Brightness) ซึ่งความสว่างในระดับสูงสุด (Zenith – Brightness) ที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ มีค่ามากกว่าความสว่างในแนวระนาบ (Horizon – Brightness) ที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้งถึง 3 เท่ามีผลให้พื้นผิวในระนาบมีความสว่างมากกว่าพื้นผิวในแนวตั้ง ทั้งนี้เนื่องด้วยค่าความสว่างของท้องฟ้าที่จุดใดๆ จะพิจารณาจากมุม altitude ของดวงอาทิตย์เหนือระดับแนวระนาบซึ่งสามารถหาได้จากสมการ

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

โดย L_A คือ ความสว่างของท้องฟ้าที่ตำแหน่งมุม A องศา เหนือแนวระนาบในทุกทิศทาง

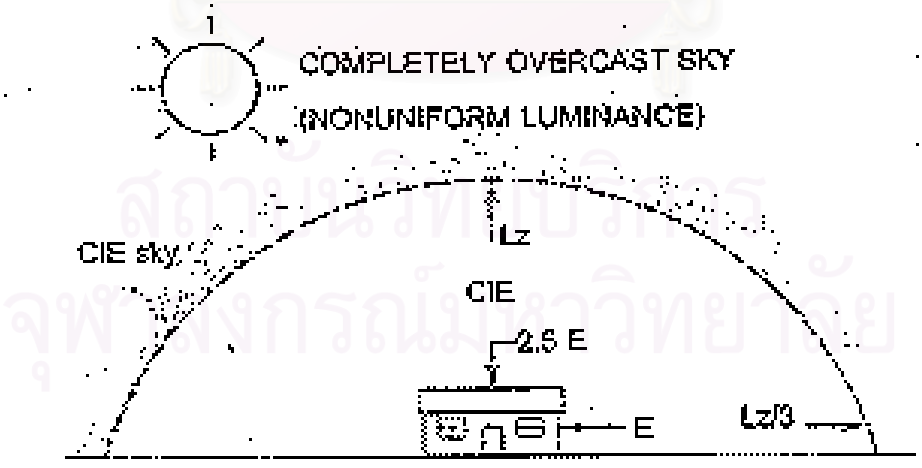
L_z คือ ความสว่างของท้องฟ้าที่จุดสูงสุด (Zenith)

ดังนั้นความสว่างที่ตำแหน่งแนวระนาบ หรือ ที่มุม A = 0 องศาจะมีค่า = $L_z/3$

ส่วนค่าความสว่างที่ระดับสูงสุด Zenith Luminance จากการศึกษา (Krochman and Side) พบว่า

$$L_z = 123+8600 \sin A \text{ (cd/sqm)}$$

โดย A คือ Solar altitude



รูปที่ 2.19 แสดงท้องฟ้าแบบ Overcast Sky

ที่มา : Machanical and Electrical Equipment for Building, pp 974

สภาพท้องฟ้าแบบนี้ในอีกกรณีคือ มีความสว่างในปริมาณที่สม่ำเสมอกัน (Uniform Brightness) ความสว่างในระดับสูงสุด (Zenith – Brightness) ที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ มีค่าเท่ากับความสว่างในแนวระนาบ (Horizon – Brightness) ที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง แต่ก็มีผลให้พื้นผิวในระนาบมีความสว่างมากกว่าพื้นผิวในแนวตั้ง แต่ก็มีผลให้พื้นผิวในระนาบมีความสว่างมากกว่าพื้นผิวในแนวตั้ง จากการวิจัย (Krochmen, 1963) พบว่า ค่าความสว่างภายนอกที่ระดับแนวระนาบภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบ Overcast Sky จะแปรผันตาม Solar altitude สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E_H = 300+21,000 \sin A \text{ (lux)}$$

โดย E_H = คือค่าความสว่างภายนอกที่ระดับแนวระนาบภายใต้ท้องฟ้า Overcast Sky มีหน่วยเป็นลักซ์

A คือ Solar altitde

สภาพท้องฟ้าโปร่งไม่มีเมฆปกคลุม (Clear Sky) ความสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้เกิดจาก 2 องค์ประกอบคือ แสงกระจายจากท้องฟ้า (Diffuse Illumination) และแสงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sun) ซึ่งปริมาณความสว่างของทั้ง 2 องค์ประกอบขึ้นอยู่กับ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ (Solar altitude) เป็นหลัก โดยมีความสว่างของท้องฟ้าในปริมาณที่แตกต่างกัน ความสว่างในระดับสูงสุดที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ มีค่าน้อยกว่าความสว่างในแนวระนาบที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง ประมาณ 3 เท่า หากไม่พิจารณาถึงมุมที่สามารถมองเห็นดวงอาทิตย์

ความส่องสว่างของพื้นผิวแนวระนาบจากเนื่องแสงกระจายของท้องฟ้า หากพิจารณาเพียงครึ่งส่วนท้องฟ้า (Half Sky) จะมีค่าความส่องสว่างอยู่ระหว่าง 300 ถึง 2,000 ฟุตแคนเดิล และมีค่าเฉลี่ย 1,000 ฟุตแคนเดิล

จากการวิจัย (Moon, R.C. Hopkinson, 1968) พบว่าค่าความสว่างของสภาพท้องฟ้าแบบโปร่งสามารถเขียนเป็นสมการแยกออกได้ 2 กรณีคือ
กรณีเกิดจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียวสมการได้แก่

$$E_H = 1345+14,795 \sin A \text{ (lux)}$$

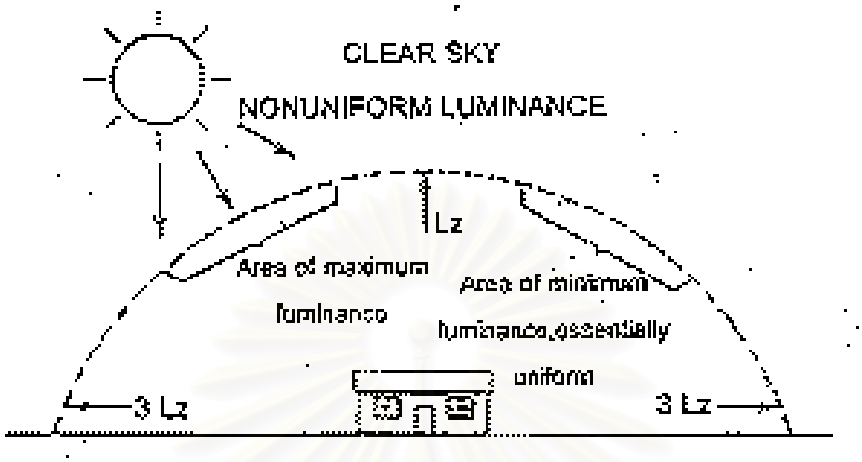
กรณีเกิดจากรังสีตรงเพียงอย่างเดียว สมการได้แก่

$$\log E_H = 4.466+0.31 \log A \text{ (lux)}$$

ความส่องสว่างของพื้นผิวในแนวตั้ง ขึ้นอยู่กับมุม azimuth และ altitude หรือมุม bearing ของดวงอาทิตย์ เนื่องจากปริมาณความสว่างที่ไม่สม่ำเสมอของท้องฟ้าลักษณะนี้จะมีความสว่างสูงในทิศทางที่อยู่ใกล้ดวงอาทิตย์ และลดต่ำลงเมื่ออยู่ห่าง หรือด้านตรงข้ามของดวงอาทิตย์ อย่างไรก็ตามหากมุม bearing มีค่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มากกว่า 90 องศา (ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งด้านหลังของช่องเปิด) จะต้องพิจารณาถึงวัตถุ หรือพื้นผิวใดๆ ที่อาจทำให้เกิดการสะท้อนของแสงสู่ช่องเปิดนั้นด้วย



รูปที่ 2.20 แสดงท้องฟ้าแบบ Clear Sky

ที่มา : Machanical and Electrical Equipment for Building, pp 912

สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) การหาค่าความสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้จะทำได้ยากเนื่องจากการแปรเปลี่ยนของเมฆตลอดเวลา โดยทั่วไปการพิจารณาค่าความส่องสว่างของท้องฟ้า แบบมีเมฆปกคลุมบางส่วนนี้ หากเมฆที่ปกคลุมมีลักษณะเบาบาง ไม่หนาทึบ (น้อย) ค่าความสว่างจากท้องฟ้านี้มีค่ามากกว่าค่าความสว่างที่ได้จากท้องฟ้าแบบโปร่ง 10-15 % เนื่องจากการสะท้อนแสงของเมฆ (Nadamura and Oki, 1983) ในขณะที่การวิจัย (Krochmen,1968) พบว่าค่าความสว่างของท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วนสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E_{hp} = 570\ A$$

E_{Hp} = คือค่าความสว่างภายนอกที่ระดับระนาบภายใต้ท้องฟ้า Partly Cloudy Sky มีหน่วยเป็น ลักซ์

A คือ Solar altitude

อย่างไรก็ตามหากเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้ามีลักษณะเป็นกลุ่มหนาทึบ หรือมีสีดำ เช่นเมฆฝน ก็อาจทำให้แสงกระจายที่สะท้อนจากท้องฟ้า และปริมาณแสงตรงจากดวงอาทิตย์ถูกกั้น นั้นคือ แสงจะถูกดูดกลืนมากกว่าสะท้องอันเป็นผลให้ค่าความสว่างจากท้องฟ้ามีค่าลดลง หากพิจารณาค่าความส่องสว่างในระดับระนาบแนวนอน และระนาบแนวตั้ง ซึ่งมีอิทธิพลในการพิจารณาการนำแสงธรรมชาติมาใช้ จากการศึกษา (The Gillete prediction model, 1985) อาศัยดรรชนีเมฆ หรือ Cloud Ratio หาความสัมพันธ์ของความส่องสว่างของท้อง

ฟ้าอันเกิดจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์ และแสงกระจายจากท้องฟ้า (Elvegard and Sjostedt, 1940) พบความสัมพันธ์เพื่อหาค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ยของระดับระนาบแนวนอนที่ปราศจากสิ่งกีดกขวางดังนี้

$$E_H = 0.35\ E_s + 0.89\ E_c$$

โดย E_s คือค่าความส่องสว่างที่ได้จากแสงตรงของดวงอาทิตย์

E_c คือค่าความส่องสว่างที่ได้จากแสงกระจายภายใต้ท้องฟ้าโปร่ง

การพิจารณาสภาพของท้องฟ้า สามารถพิจารณาโดยอาศัยข้อมูลที่เก็บเป็นรายชั่วโมง ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 –10 (กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา) โดยที่

ค่าระหว่าง 0-3 จัดเป็นสภาพท้องฟ้าโปร่งไม่มีเมฆ (Clear Sky)

ค่าระหว่าง 3-7 จัดเป็นสภาพท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (Partly cloudy Sky)

ค่าระหว่าง 7-10 จัดเป็นสภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก (Overcast Sky)

2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างแสงธรรมชาติกับปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์

จากการวิจัย (Hopkinson, 1966) พบความสัมพันธ์ว่า

1. ปริมาณแสงสว่างที่ได้รับจากดวงอาทิตย์จะเท่ากับ 117 Lumen / Watt ที่มุมของดวงอาทิตย์มากกว่าหรือเท่ากับ 25 0 และจะเท่ากับ 90 Lumen / Watt ที่มุมของดวงอาทิตย์อยู่ระหว่าง 7.5 0 ถึงง 25 0 ซึ่งในสภาพความเป็นจริงแล้วยังต้องคำนึงถึงตัวแปรอื่นๆ อีก เช่น ลักษณะของท้องฟ้าและสภาพบรรยากาศ เป็นต้น

2. ความสัมพันธ์ของปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมดบนระนาบ (BTU / SQ.FT.)กับปริมาณความส่องสว่างของดวงอาทิตย์ (Footcandle) โดยวิธี Regression Equator เป็นสมการดังนี้

$$E = 104.8 + 31.007 * I$$

โดยที่ E คือ ปริมาณความส่องสว่างของดวงอาทิตย์ หน่วยเป็น Footcandle

I คือ ปริมาณการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมดบนระนาบ หน่วยเป็น BTU / SQ.FT

ซึ่งความสัมพันธ์นี้ครอบคลุมในทุกๆ สภาพของลักษณะท้องฟ้าที่ท้องฟ้าเดียวกัน มีค่าควาถูกต้องในการกะประมาณ (R-Square) เท่ากับ 0.97 และค่าความผิดพลาดมาตราฐาน (Standard error) เท่ากับ 9.7 Footcandles

ทฤษฎีการให้ความสว่างแก่อาคารโดยใช้แสงธรรมชาติ

วิธีการวิเคราะห์การให้แสงสว่างแก่ภายในอาคารอันเกิดจากแสงธรรมชาติสามารถแยกออกเป็นได้ 3 วิธีคือ Lumen Method, Daylight Factor, และ Flux Transfer Method แต่ในที่นี้จะกล่าวเพียง วิธี Daylight Factor เท่านั้น

Daylight Factor Method

วิธีการนี้เป็นการพิจารณาปริมาณความสว่างภายในอาคารที่ได้จากแสงธรรมชาติที่เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ ระดับแสงภายในจะขึ้นสภาพท้องฟ้าเป็นหลักซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่มีผลสำคัญต่อแสงสว่างและปริมาณความเข้มของแสง นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับมุมที่ดวงอาทิตย์กระทำต่อพื้นที่แต่ละที่ (altitude, azimuth) ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามวันและเวลาที่แตกต่างกัน องค์ประกอบที่สำคัญที่มีผลต่อแสงสว่างธรรมชาติ โดยทั่วไปพิจารณาจาก 3 องค์ประกอบ คือ

1. องค์ประกอบจากท้องฟ้า (Sky componant)
2. องค์ประกอบภายนอก (Externally reflected componant)
3. องค์ประกอบภายใน (Internally reflected componant)

องค์ประกอบจากท้องฟ้า Sky componant (SC) โดยสภาพของท้องฟ้าจะเห็นได้ว่าเกิดขึ้นได้ในหลายสภาพ เช่น ท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆ (clear sky) หรือที่ปกคลุมด้วยเมฆจนบางครั้งไม่สามารถมองเห็นดวงอาทิตย์ได้ (completely overcast sky) เหล่านี้มีผลต่อปริมาณความสว่างที่เกิดขึ้น

องค์ประกอบภายนอก Externally reflected componant (ERC) เป็นการพิจารณาแสงที่เกิดจากการสะท้อนของวัตถุ (หรือ อาคาร) ที่ตั้งอยู่ภายนอกหรือบริเวณข้างเคียง แสงส่องผ่านเข้ามาสู่ตัวอาคารเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดแสงอีกตัวหนึ่ง ซึ่งปริมาณแสงก็ขึ้นอยู่กับทิศทางที่แสงสะท้อน หรือคุณสมบัติของพื้นผิวที่สะท้อนนั้นๆ

องค์ประกอบภายใน Internally reflected componant (IRC) เป็นการพิจารณาแสงที่เกิดจากการสะท้อนของวัตถุ (หรือ อาคาร) ที่ตั้งอยู่ภายในอาคารโดยได้รับแสงจาก SC & ERC และปริมาณแสงก็ขึ้นอยู่กับทิศทางที่แสงสะท้อนหรือคุณสมบัติของพื้นผิวที่สะท้อนนั้นๆ เช่นเดียวกันกับ ERC

การกำหนดค่า DAYLIGHT FACTYOR (D.F.) ก็คือค่าสัดส่วนของปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่ภายในอาคารแต่ละจุดใดๆ ต่อปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่แนวระนาบภายนอกอาคารภายใต้สภาพ clear sky ที่ไม่มีสิ่งกีดขวางไม่รวมแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (excluded direct sun) ค่าที่ได้เป็นค่าเปอร์เซนต์

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

เช่นหาก D.F. มีค่าเท่ากับ 10% หมายความว่า พื้นที่ภายในนั้นๆ ได้รับปริมาณแสงเท่ากับ 10% ของปริมารแสงภายนอกที่ได้รับ ภายใต้สภาพท้องฟ้าที่โปร่ง ไม่มีสิ่งกีดขวางใดๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

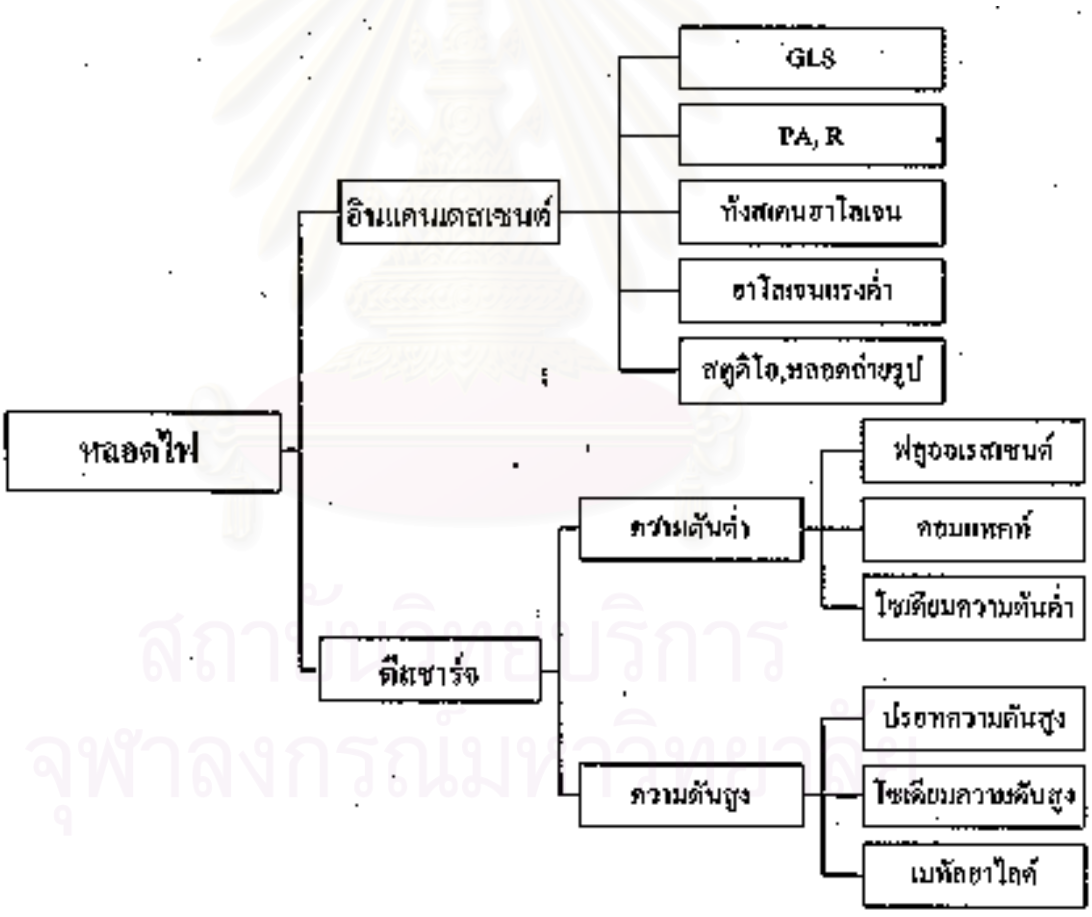
2.8 แสงประดิษฐ์

แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์

หลอดไฟฟ้า (Lamps) มีหลายประเภท ซึ่งแต่ละประเภทต่างมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป โดยที่การนำไปใช้งานจะเป็นตัวกำหนดชนิดของหลอดไฟ เพื่อให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ เช่น ถ้าต้องการความถูกต้องของสี ก็ควรเลือกใช้หลอดประเภทหนึ่ง ถ้าต้องการอายุการใช้งานที่ยาวนาน ก็อาจจะต้องเลือกใช้หลอดอีกประเภทหนึ่ง

หลอดไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. หลอดอินแคนเดสเซนต์ หรือ หลอดไส้ (Incandescent lamp)
2. หลอดดิสชาร์จ (Discharge lamp) เป็นหลอดที่ไม่ต้องใช้ไส้หลอด หลอดในตระกูลนี้มีหลอดฟลูออเรสเซนต์, หลอดคอมแพคท์, หลอดปรอทความดันสูง, หลอดโซเดียมความดันสูงและต่ำ หลอดเมทัลฮาไลด์

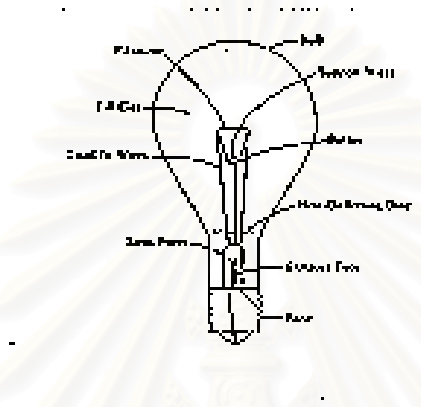


รูปที่ 2.21 แสดงการแบ่งประเภทของหลอดไฟ

ที่มา : ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ, เทคนิคการส่องสว่าง, หน้า 2 – 5

หลอดอินแคนเดสเซนต์

หลอดอินแคนเดสเซนต์เป็นหลอดมีไส้ซึ่งทำด้วยทังสเตนซึ่งมีความดันไอต่ำและมีจุดหลอมเหลวสูงถึง 3655 เคลวิน แต่การทำงานจริงต่ำกว่าที่อุณหภูมินี้มากเพื่อให้อายุการใช้งานนาน และเพื่อลดอัตราการระเหยของไส้จึงให้มีกาซเฉื่อยในกระเปาะแก้วทนอุณหภูมิสูง นอกจากนี้ก๊าซมีความสำคัญทำให้ขั้วหลอดไม่ดำ หลอดอินแคนเดสเซนต์มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้ คือ กระเปาะแก้ว, ก๊าซที่บรรจุ, ไส้หลอด, ตัวพยุงไส้หลอด, คอหลอดและขั้งหลอด



รูปที่ 2.22 แสดงส่วนประกอบของหลอดอินแคนเดสเซนต์

หลอดอินแคนเดสเซนต์เป็นหลอดมีไส้ทีมีประสิทธิผล (Efficacy) หรือ ลูเมน / วัตต์ ต่ำแต่ให้แสงที่ดูอบอุ่น มีอายุการใช้งานสั้นประมาณ 1000 – 3000 ชม. หลอดประเภทนี้มีอุณหภูมิสีประมาณ 2500 – 3000 องศาเคลวิน สีของแสงออกทนเหลือง จนถึงเหลืองออกขาว ให้แสงถูกต้อง หรือ CRI 100 %

หลอดอินแคนเดสเซนต์แบ่งออกเป็นหลายชนิดตามรูปร่างและโครงสร้าง ดังนี้

หลอด GLS (General Service Lamp)

หลอดประเภทนี้เป็นหลอดมีไส้ที่ชาวบ้านใช้กันทั่วไปมาตั้งแต่เดิมและยังใช้อยู่จนถึงปัจจุบัน หลอดมีไส้ที่ใช้กันทั่วไป มี 2 แบบคือหลอดใสและหลอดเคลือบและมีการใช้งานที่ต่างกันออกไป อายุการใช้งานประมาณ 1000 ชม.ซึ่งนับว่าสั้นมากเมื่อเทียบกับหลอดชนิดอื่นๆ

หลอด PAR

เป็นแก้ว 2 ชิ้นมาประกบกัน ที่ใช้กันมากได้แก่ PAR 38 , PAR 56 หลอดประเภทนี้มักใช้ในการส่องสว่างแบบเน้น และเป็นหลอดที่ใช้กันมากที่ชาวบ้านเรียกว่าหลอดสปอตเพราะหาซื้อได้ง่ายในท้องตลาด แต่ให้ความร้อนสูง ไม่ควรส่องใกล้วัตถุมากจนเกินไป อย่างน้อยควรห่างจากวัตถุไม่น้อยกว่า 1 เมตร

หลอดเปลวเทียนและหลอดปิงปอง

เป็นหลอดที่ใช้กันมากเช่นกัน แต่มักใช้เป็นหลอดไฟตกแต่ง เช่นหลอดหลอดที่ใช้ในโคมระย้าที่ห้อยจากเพดานมีแก้วติดเป็นพวงๆ ก็มักจะใช้หลอดเปลวเทียนซึ่งมีทั้งแบบใสและแบบฝ้า

หลอดฮาโลเจนแรงดันต่ำ

เป็นหลอดที่ใช้ในการส่องเน้น ให้สีออกขาวกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ แรงดันที่มีใช้กันมาก คือ 12 โวลท์ ถ้าเป็นหลอดที่ใช้ภายในอาคารจะเป็นหลอดขนาด 20 หรือ 50 วัตต์ และมีมุมแสงให้เลือกขนาดที่ 12, 24 และ 36 วัตต์ หลอดประเภทนี้ต้องใช้หม้อแปลงที่ต้องซ่อนในฝ้าใกล้หลอด หลอดแบบนี้ให้ความร้อนออกมามาก ควรติดตั้งเพื่อส่องสัตถุโดยให้ห่างไม่น้อยกว่า 1 เมตร

หลอดทังสเตนฮาโลเจน

เป็นหลอดที่มีใช้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร เป็นหลอดในตระกูลอินแคนเดสเซนต์ มีอุณหภูมิสีประมาณ 300 อวศาเคลวิน หลอดขนาดนี้มีขนาดเล็กจึงเหมาะสำหรับทำเป็นหลอดส่องเน้นและสามารถทำให้ลำแสงแคบลงได้ที่มีใช้กันมากได้แก่ ใช้ในโคมไฟส่องลงซึ่งมีขนาด 150 และ 250 วัตต์ หลอดประเภทนี้เมื่อใช้กับงานภายนอกมีข้อดีเมื่อเทียบกับหลอดดีสชาร์จ คือ เปิดติดได้ทันทีแต่อายุการใช้งานสั้นเมื่อเทียบกับหลอดดีสชาร์จ

หลอดฟลูออเรสเซนต์

หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดดีสชาร์จความดันต่ำซึ่งแสงที่ออกมากำเนิดมาจากผงฟลูออเรสเซนต์ที่ถูกพลังงานอัลตราไวโอเลตซึ่งกำเนิดออกมาจากอาร์กของปรอท โครงสร้างของหลอดประกอบด้วยหลอดแก้วยาวซึ่งมีขั้วไฟฟ้าอยู่ที่ปลายและบรรจุไอปรอทที่มีความดันต่ำและมีกาซเฉื่อยเล็กน้อยเพื่อการเริ่มต้นจุดไส้หลอด ภายในแก้วเคลือบด้วยผงฟลูออเรสเซนต์เรียกว่าฟอสฟอร์ เมื่อป้อนศักดาไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้าทำให้เกิดดิสชาร์จไหลผ่านไอปรอทกำเนิดแสงที่มองเห็นและรังสีที่มองไม่เห็นส่วนใหญ่ที่เรียกว่า อัลตราไวโอเลต และรังสีอัลตราไวโอเลตนี้ทำให้สารฟอสฟอร์เรืองแสงออกมา หลอดพลูออเรสเซนต์มีประสิทธิผลประมาณ 50 – 80 ลูเมนต่อวัตต์

หลอดฟลูออเรสเซนต์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. <u>หลอดแบบอุ่นไส้หลอด</u> (Preheat Start Lamp) หลอดแบบนี้เป็นขั้วร้อน (Hot Cathode) โดยใช้สตาร์ทเตอร์เป็นตัวจุดไส้หลอดให้ร้อน วงจรของหลอดประเภทนี้ประกอบด้วยบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ และเพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำประมาณ 0.45 – 0.5 หลอดแบบนี้จะสังเกตง่ายเพราะจะกระพริบก่อนติด

2. <u>หลอดแบบจุดติดทันที</u> (Instant Start Lamp) หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดสว่างทันที เป็นหลอดที่สว่างทันทีโดยไม่ต้องอุ่นไส้หลอดก่อน แต่จะต้องใช้บัลลาสต์สร้างแรงดันไฟฟ้าสูงเพื่อผลักดันให้อิเลคตรอนจากขั้วอิเล็กโทรดด้านหนึ่งไปยังขั้วอิเล็กโทรดอีกด้านหนึ่ง

3. <u>หลอดแบบจุดติดเร็ว</u> (Rapid Start Lamp) ถึงแม้หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดสว่างทันทีมีข้อดีมากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดอุ่นไส้หลอด แต่ก็มีข้อเสียที่บัลลาสต์ซึ่งมีประสิทธิภาพไม่สูงนัก เพราะต้องใช้กับแรงดันไฟฟ้าสูง ทำให้อายุการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดสว่างสว่างทันทีไม่ยาววนานมากนัก

หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์

หลอดคอมแพคหรือบางครั้งเรียกว่าหลอดตะเกียบ เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดเล็กซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ทดแทนหลอดอินแคนเดสมีสีสามอย่างคือ แบบเดไลท์ (Daylight) ,คูลไวท์ (Coolwhite) และวอร์มไวท์

(Warm White) มีอายุการใช้งานมากกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์คือมีอายุประมาณ 5000 – 8000 ชม.และมีประสิทธิผลสูงกว่า คือประมาณ 50 – 80 ลูเมนต์ ต่อ วัตต์ ขณะที่อินแคนเดสเซนต์มีเพียงประมาณ 10 –15 ลูเมนต์ต่อ วัตต์

หลอดปรอทความดันสูง หรือ หลอดแสงจันทร์

หลอดแสงจันทร์เป็ฯหลอดที่ให้แสงสว่างได้โดยการอาณ์กของกาซที่บรรจุอย่ภายใน หลซอดอาร์ก (Arc Tube) หรือหลอดคายประจุ (Discharge Tube) หลอดแสงจันทร์ประกอบด้วยหลอด 2 ชั้น หลอดชั้นในเรียกว่าหลอดอาร์ก ซึ่งทำด้วยแก้วควอร์ตซ์ และหลอดชั้นนอกทำด้วยแก้วธรรมดา สาเหตุที่หลอดอาร์กต้องทำด้วยแก้วควอร์ตซ์เพราะหลอดอาร์กต้องทนอุณหภูมิการอาร์กที่ 1300 K ในขณะที่หลอดแก้วนอกทำงานที่อุณหภูมิสูงสุด 700 K ระหว่างหลอดทั้ง 2 ชั้น บรรจุกาซไนโตรเจน เพื่อเป็นฉนวนความร้อนให้แก่หลอดอาร์กและป้องกันไม่ให้ส่วนที่เป็นโลหะภายในหลอดกลายเป็นออกไซด์

หลอดแสงจันทร์จัดเป็นหลอด HID ชนิดหนึ่ง และจะมีอายุการใช้งานเฉลี่ย 24,000 ชั่วโมง และมีประสิทธิภาพการส่องสว่าง หรือลูเมนต์ ต่อ วัตต์ ระหว่าง 38 – 57 ลูเมนต์ ต่อ วัตต์ เนื่องจากหลอดแสงจันทร์มีขนาดกำลังไฟฟ้าสูงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ จึงนิยมใช้กับโรงงานที่มีเพดานสูง นอกจากนี้ ยังใช้กับโคมไฟริมถนนในย่านธุรกิจ เพราะหลอดประเภทนี้มีความถูกต้องของสีสูง และไม่ส่งผลกระทบต่อสีของวัตถุในบริเวณรอบๆ

หลอดโซเดียมความดันสูง (High Pressure Sodium Lamp)

หลอดโซเดียมความดันสูง เป็นหลอดไฟที่ประกอบด้วยหลอด 2 ชั้น เช่นเดียวกับหลอดแสงจันทร์และหลอดเมทัลฮาไลด์ แต่หลอดอาร์กจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก และมีเฉพาะอิเล็กโทรดหลัก(ไม่มีอิเล็กโทรดสตาร์ต) ภายในหลอดอาร์กของหลอดประเภทนี้บรรจุด้วยก๊าซซีนอน, ปรอท, และโซเดียม ปัญหาที่เกิดขึ้นในหลอดชนิดนี้คือ ไอโซเดียมมีคุณสมบัติในการกัดกร่อนแก้วและควอร์ต ดังนั้นจึงนิยมใช้เซรามิกทำหลอดอาร์กเพื่อป้องกันการเกิดการกัดกร่อน

หลอดโซเดียมความดันสูงมีประสิทธิภาพความส่องสว่างสูงสุดในหลอดประเภท HID มีอายุการใช้งาน 24,000 ชั่วโมง และเมื่อใช้งานร่วมกับบัลลาสต์ซึ่งได้รับการออกแบบเป็นพิเศษ หลอดประเภทนี้จะคงค่าลูเมนต์ต่อ วัตต์ได้อย่างดีเยี่ยม เนื่องจากหลอดโซเดียมความดันสูงมีสีเหลือง ซึ่งจะช่วยในการมองเห็นได้ดี จึงนิยมใช้หลอดชนิดนี้ในบริเวณ ถนนสายหลัก, บริเวณทางด่วน และบริเวณทางแยก

หลอดโซเดียมความดันต่ำ (Low Pressure Sodium Lamp)

เป็นก๊าซดิสชาร์จในไอโซเดียม ตัวหลอดแก้วดิสชาร์จจะมีหลอดแก้วครอบอีกชั้นหนึ่ง ที่ผิวในของหลอดชั้นนอกเคลือบด้วยสารสะท้อนแสงอินฟาเรด เนื่องจากเป็นหลอดความดันไดต่ำ หลอดจึงยาวมากต้องทำให้หลอดโค้งเป็นรูปตัวยู หรือขดไปมา เพื่อให้หลอดมีขนาดสั้นลง

ขณะที่เริ่มจุดหลอดจะมีสีแดง ซึ่งเป็นสีดิสชาร์จในก๊าซนีออนที่ใส่เข้าไปเพื่อช่วยในการจุดหลอด เวลาที่ใช้ในการจุดหลอดจนได้แสงเต็มที่ประมาณ 10 – 12 นาที แสงที่ได้จากหลอดชนิดนี้เกือบทั้งหมดมีความยาวคลื่นช่วงเดียวคือช่วงสีเหลือง ซึ่งเป็นช่วงที่ตามีความไวต่อแสงสูงสุด จึงได้ประสิทธิภาพการส่องสว่างสูงเมื่อเทียบกับหลอดชนิดอื่นแสงที่ได้มีคุณสมบัติในการเห็นสีไม่ดี นิยมติดเป็นไฟแสงสว่างสำหรับถนนและภายนอกอาคารที่ความถูกต้องของสีไม่ใช่เรื่องจำเป็น

2.9 ทฤษฎีการให้แสงสว่างภายในอาคารโดยใช้แสงประดิษฐ์

การคำนวณความเข้มแสง (Illuminance Calculation)

มีวิธีการคำนวณความเข้มแสงพื้นฐาน 2 วิธี คือ วิธีแบบ จุดต่อจุด และวิธีแบบโพรงเขต

2.9.1 **<u>วิธีแบบจุดต่อจุด</u>** (Point by Point Method)

วิธีแบบจุดต่อจุด เป็นการหาระดับความเข้มแสงเฉพาะองค์ประกอบทางตรง (Direct Component) หรือระดับความเข้มแสงเฉพาะจุดใดจุดหนึ่ง โดยที่ไม่พิจารณาองค์ประกอบที่สะท้อน (Reflected Component) หรือการสะท้อนจากพื้นผิวของห้อง

ความเข้มแสงเฉพาะองค์ประกอบทางตรง ประกอบด้วยความเข้มแสง 3 รูปแบบคือ

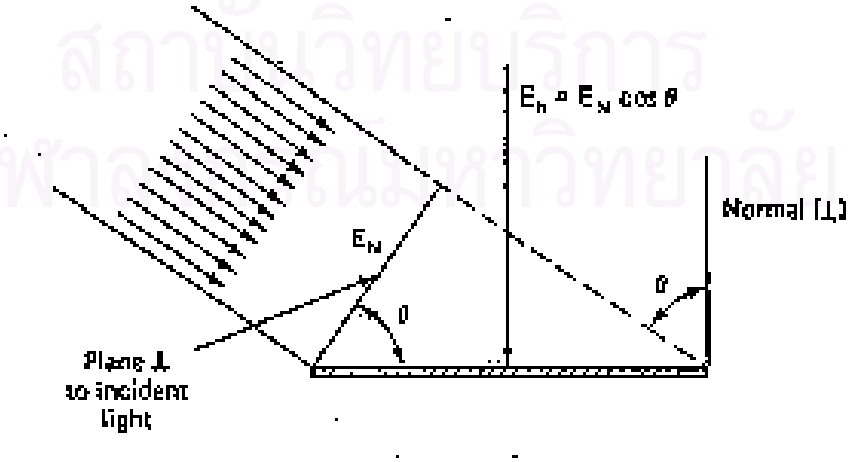
1. ความเข้มแสงที่พื้นผิวแนวนอน
2. ความเข้มแสงที่พื้นผิวแนวตั้งบนเส้นแนวตั้งซึ่งผ่านจุดเล็ง
3. ความเข้มแสงที่พื้นผิวแนวตั้งบนเส้นแนวนอนซึ่งผ่านจุดเล็ง

การหาระดับความเข้มด้วยวิธีจุดต่อจุด จะอาศัยกฎกำลังสองผกผัน (Inverse Square Law) ซึ่งกล่าวว่า “**ความเข้มแสงที่จุดหนึ่งบนพื้นผิวที่ตั้งฉากกับลำแสง** (E_n)**มีค่าเท่ากับความเข้มส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง** (I_0)**หารด้วยระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดแสงไปยังจุดที่ต้องการหาค่าความเข้มแสง**(D) **ยกกำลังสอง** “ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E_n = \frac{I_0}{D^2} \qquad \ldots(A)$$

<u>ความเข้มแสงที่พื้นผิวแนวนอน</u> (Horizontal Surface Illuminance)

จากสมการของกฎกำลังสองผกผัน ทำให้ทราบว่าความเข้มแสงบนระนาบย่อมตั้งฉากกับทิศทางของลำแสงที่ตกกระทบ (Plane ⊥ to Incident Light : รูปที่ 2.26)



รูปที่ 2.23 แสดงความเข้มแสงที่พื้นผิวแนวนอน

ถ้าระนาบที่ต้องการพิจารณาอยู่ที่มุมใดมุมหนึ่งของลำแสงที่ตกกระทบ ดังรูป เมื่อนำกฎโคไซน์ของความเข้มแสงมาร่วมพิจารณา จะได้สมการ

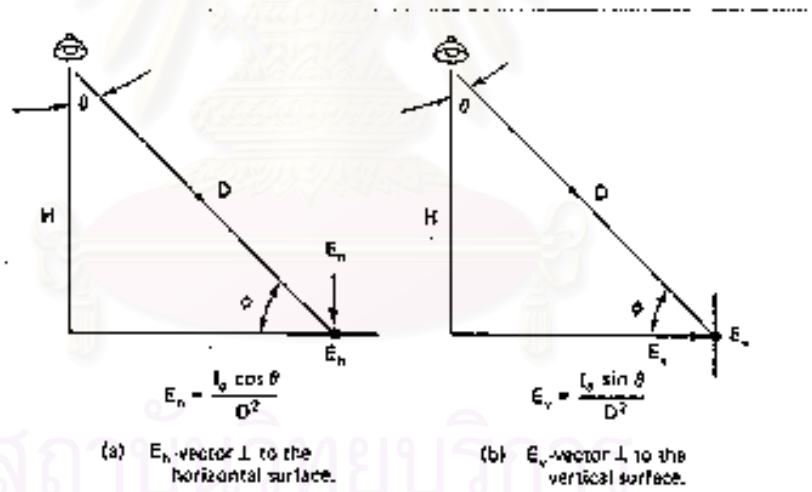
$$E_h = E_n \cos\theta \qquad \text{....(B)}$$

เมื่อ E_h เป็นความเข้มแสงบนระนาบแนวนอนซึ่งเกิดจากความเข้มการส่องสว่างตกกระทบระนาบและทำมุม θ กับเส้นแนวฉาก

แทนสมการ (B) ลงในสมการ (A) จะได้

$$E_h = \frac{I_\theta}{D^2} \cos\theta \qquad \text{...(C)}$$

ถ้าคำนวณความเข้มแสงบนพื้นผิวแนวนอนจากแหล่งกำเนิดแสงที่มีความสูงเท่ากับ H จะได้ความสัมพันธ์ทางเรขาคณิตดังรูป



รูปที่ 2.24 รูปแสดงความสัมพันธ์ขางเรขาคณิตของความเข้มแสงบนพื้นผิวแนวนอน
จากแหล่งกำเนิดแสงที่มีความสูง H

เมื่อนำหลักการทางเรขาคณิตมาพิจารณาจะได้

$$D = \frac{H}{\cos\theta} \qquad \text{...(D)}$$

แทนสมการ (C)ลงในสมการ (D) จะได้

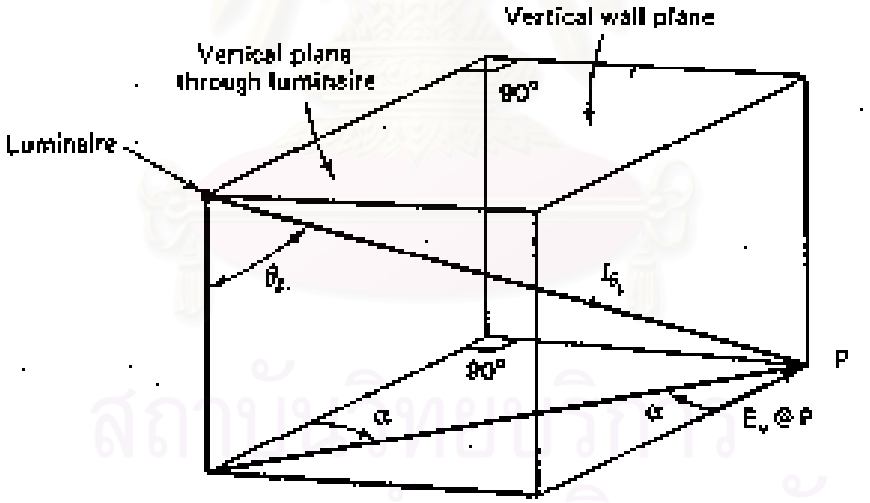
$$E_h = \frac{I_\theta \cos^3 \theta}{H^2} \qquad \ldots (E)$$

จากสมการ (E) สังเกตุได้ว่า เราต้องการทราบเฉพาะทิศทางของ I_θ โดยไม่ต้องหาระยะ D

ความเข้มแสงที่พื้นผิวแนวตั้งบนเส้นแนวตั้งซึ่งผ่านจุดเล็ง : การหาความเข้มแสงบนระมาบแนวตั้ง (E_v) จะใช้มุมไซน์ดังรูป (รูปบน) ทำให้ได้

$$E_v = \frac{I_\theta \sin \theta}{D^2} = \frac{I_\theta \cos \theta}{D^2} \qquad \ldots (F)$$

ความเข้มแสงที่พื้นผิวแนวตั้งบนเส้นแนวนอนซึ่งผ่านจุดเล็ง : สมการ (E) ใช้กับการคำนวณความเข้มแสงที่พื้นผิวแนวตั้งตามเส้นแนวตั้งผ่านจุดเล็งเท่านั้น เส้นแนวตั้งนี้เกิดจากการตัดกันของระนาบผนังแนวตั้งและระนาบแนวตั้งที่ผ่านดวงโคมซึ่งตั้งฉากกับระนาบผนังแนวตั้ง ดังรูป



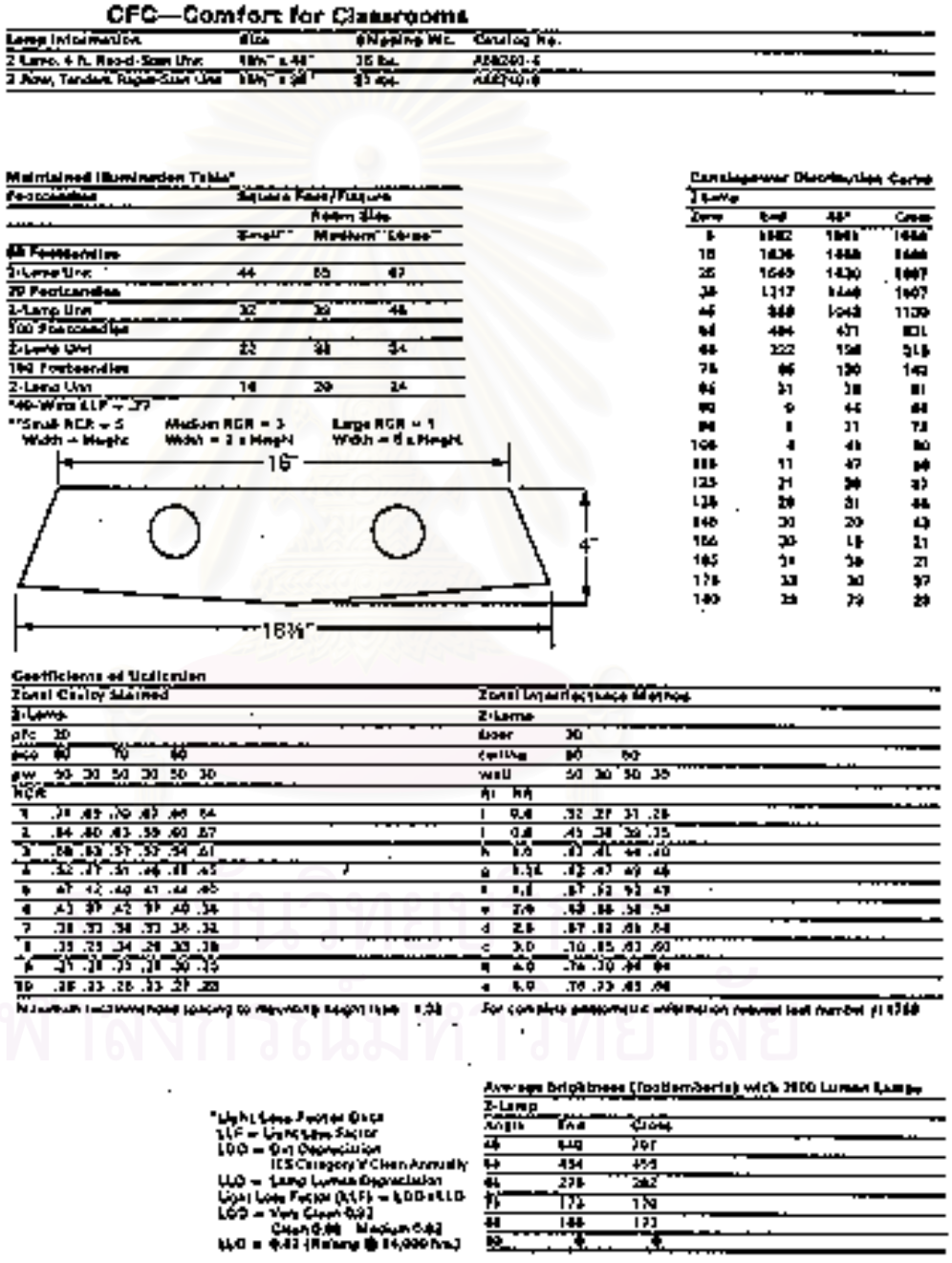
รูปที่ 2.25 แสดงวิธีการหาความเข้มแสงที่พื้นผิวแนวตั้งบนเส้นแนวนอนซึ่งผ่านจุดเล็ง

เมื่อนำหลักการทางตรีโกณมิติมาพิจารณา จะได้ความเข้มแสงบนระนาบผนังแนวตั้งที่จุดใดๆ ดังนี้

$$E_v = \frac{I_\theta \sin \theta_s \cos \alpha}{D^2} \qquad \ldots (G)$$

2.9.2 **<u>วิธีแบบโพรงเขต</u>** (Zonal Cavity Method)

วิธีแบบโพรงเขต เป็น วิธีการหาความเข้มแสงเฉลี่ย โดยพิจารณาฟลักซ์ความส่องสว่างทั้งหมดที่ตกกระทบระนาบงาน ฟลักซ์ความส่องสว่างเหล่านี้มีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ ฟลักซ์ความส่องสว่างของดวงโคมที่ส่งมายังระนาบงานโดยตรง (องค์ประกอบทางตรง) และฟลักซ์ความส่องสว่างที่สะท้อนจากพื้นผิวห้องมายังระนาบทำงาน (องค์ประกอบที่สะท้อน)



ตารางที่ 2.3 แสดงตัวอย่างรายละเอียดดวงโคม

ในการหาความเข้มแสงเฉลี่ย มีแฟกเตอร์ที่สำคัญที่จะต้องนำมาร่วมพิจารณา 2 แฟกเตอร์ คือ สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ (Coefficient of Utilization ; CU) และแฟกเตอร์การสูญเสียของแสง (Light Loss Factor ; LLF)

CU เป็นค่าที่บอกให้ทราบว่า ดวงโคมสามารถให้แสงแก่วัตถุได้มากน้อยเพียงไร ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

มีวิธีหาค่า CU 2 วิธี คือ

1. พิจารณาค่า CU จากตารางข้อมูลที่ผู้ผลิตดวงโคมกำหนดมาให้ ดังรูปที่ 4.20
2. หาค่าค่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอัตราส่วนโพรง และความสะท้อนของโพรง แล้วนำค่าเหล่านั้นมาเปิดตารางหาค่า CU

ได้กล่าวแล้วข้างต้นว่า ลูเมนต์เอาต์พุต (Lumen Output) จะลดลงตามอายุการใช้งานของหลอดไฟ นอกจากนี้ ความสะอาดของดวงโดมรวมทั้งพื้นผิวห้องจะลดลงตามเวลาการใช้งาน และการที่ไม่เปลี่ยนหลอดไฟที่เสียหรือไหม้ในทันที ก็มีผลต่อลูเมนเอาต์พุต ผลกระทบของแฟกเตอร์เหล่านี้เรียกว่า แฟกเตอร์การสูญเสียของแสง (LLF)

ถ้าทราบค่า CU และ LLF จะสามารถหาความเข้มของแสงเฉลี่ยได้จากสมการดังต่อไปนี้

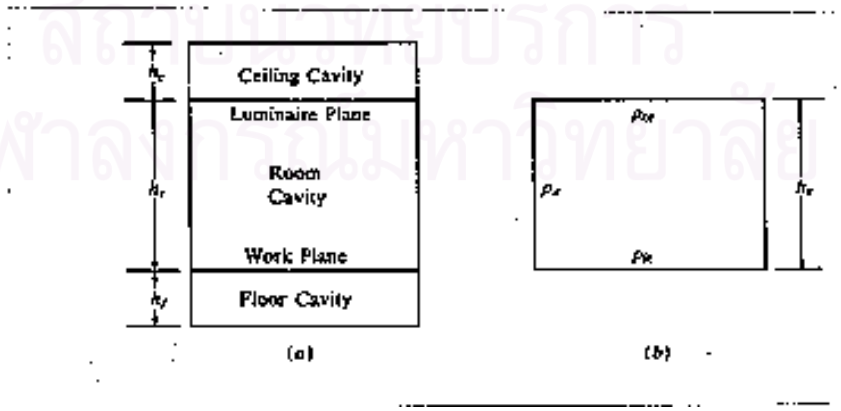
$$E = \frac{\phi_l (CU)(LLF)}{A}$$

เมื่อ ϕ_l เป็นลูเมนต์เริ่มต้นของหลอดไฟ

A เป็นพื้นที่ของระนาบงาน

อัตราส่วนโพรง (Cavity Ratio ; CR)

วิธีโพรงเขตแบ่งพื้นที่ภายมนออกเป็น 3 ส่วน ดังรูป



รูปที่ 2.26 แสดงการแบ่งบริเวณโพรงภายในห้องออกเป็น 3 ส่วน

จากรูปสังเกตได้ว่า บริเวณโพรงภายในห้องประกอบด้วย

1. โพรงเหนือพื้น (Floor Cavity) เป็นโพรงตั้งแต่ระนาบงาน (Work Plane) ไปยังพื้นห้องอ เราเรียกความสูงของโพรงนี้ว่า **ความสูงของโพรงเหนือพื้น** (Floor Cavity Height ; h_f)
2. โพรงห้อง (Room Cavity) เป็นโพรงตั้งแต่ระนาบดวงโคม (Lumimaire Plane) ไปยังระนาบงาน เราเรียกความสูงของโพรงนี้ว่า **ความสูงของโพรงห้อง** (Room Cavity Height ; h_r)
3. โพรงใต้เพดาน (Ceiling Cavity) เป็นโพรงตั้งแต่ระนาบดวงโคมไปยังเพดาน เราเรียกความสูงของโพรงนี้ว่า **ความสูงของโพรงใต้เพดาน** (Ceiling Cavity Height ; h_c) ซึ่งโพรงใต้เพดานนี้มีเฉพาะกรณีดวงโคมแขวนหรือดวงโคมที่ไม่ได้ยึดติดหรือฝังเรียบกับฝ้าเพดานเท่านั้น

โพรงแต่ละส่วนกำหนดด้วยอัตราส่วน ดังนี้

$$CR = \frac{5h\,(l + w)}{l\,(w)}$$

เมื่อ l เป็นความยาวของห้องที่ออกแบบ

w เป็นความกว้างของห้องที่ออกแบบ

h เป็นความสูงของโพรงที่ออกแบบ

กรณีโพรงใต้เพดาน h = h_c : อัตราส่วนของโพรงใต้เพดาน (Ceiling Cavity Ratio : CCR) คือ

$$CCR = \frac{5h_c\,(l + w)}{l\,(w)}$$

กรณีโพรงห้อง h = h_r อัตราส่วนโพรงห้อง (Room Cavity Ratio ; RCR)

$$RCR = \frac{5h_r(l + w)}{l\,(w)}$$

กรณีโพรงเหนือพื้น h = h_f อัตราส่วนโพรงเหนือพื้นห้อง (Floor Cavity Ratio ; RCR)

$$FCR = \frac{5h_f(l + w)}{l\,(w)}$$

2.10 มาตราฐานระดับการส่องสว่าง

ความส่องสว่างของพื้นที่ใช้งานต่างๆ ตามมาตราฐาน CIE เพื่อให้เป็นแนวทางเพื่อให้ทราบว่าแต่ละพื้นที่ควรมีความส่องสว่างเท่าใด และความส่องสว่างในตารางจะมี 3 ค่า คือ ค่าต่ำ- ค่าเฉลีย- ค่าสูง ทั้งนี้เนื่องจากค่าความส่องสว่างอาจใช้ค่าหนึ่งค่าใดก็ได้เนื่องจากสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปก็ใช้ค่าเฉลี่ยหรือค่ากลางในตาราง

ชนิดพื้นที่ หรือ งาน	อ่านความส่องสว่าง(ลักซ์)
พื้นที่อาคารทั่วไป	
ทางเดิน	50 - 100 - 150
บันได บันไดเลื่อน	100 - 150 - 200
ที่เก็บของ ห้องเก็บของ	100 - 150 - 200
สำนักงาน	
สำนักงานทั่วไป พิมพ์ดีด ห้องคอมพิวเตอร์	300 - 500 - 750
สำนักงานเขียนแบบ	500 - 750 - 1000
ห้องประชุม	300 - 500 - 750
ร้านค้า	
แสงสว่างทั่วไปในร้านค้า	
- ในอาคารพาณิชย์	500 - 750
- ในที่อื่นๆ	300 - 500
- ในซุปเปอร์มาร์เกต	500 - 750
โรงเรียน	
ห้องบรรยาย	300 - 500 - 750
หน้ากระดาน	300 - 500 - 750
ห้องเขียนแบบ	300 - 750 - 1000
ห้องทดลอง	300 - 500 - 750
ห้องศิลปะ	300 - 500 - 750
โรงปฏิบัติการ	300 - 500 - 750
ห้องสมุด	
ที่ห้องสือ	150 - 200 - 300
โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 500 - 750
เคาน์เตอร์	200 - 300 - 500
อุตสาหกรรม	
งานหยาบ เครื่องเย็บหนัง	200 - 300 - 500
งานขนาดกลาง เครื่องจักร	300 - 500 - 750
งานละเอียด อิเล็กทรอนิกส์	500 - 750 - 1000
งานละเอียดมาก เครื่องมือวัด	1000 - 1500 - 2000
ห้องประชุม	
โรงภาพยนตร์ คอนเสิร์ต	50 - 100 - 150
เอนกประสงค์	150 - 200 - 300

ตารางที่ 2.28 แสดงความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทำงานต่างๆ ตามมาตราฐานของ CIE (Publication CIE NO 29.2 (1986) – Gride on Interior Lightin)

ที่มา : ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ, เทคนิคการส่องสว่าง หน้า 4-4

ตารางแสดง Monthly average of Diffuse illuminance, Evd; (klux)

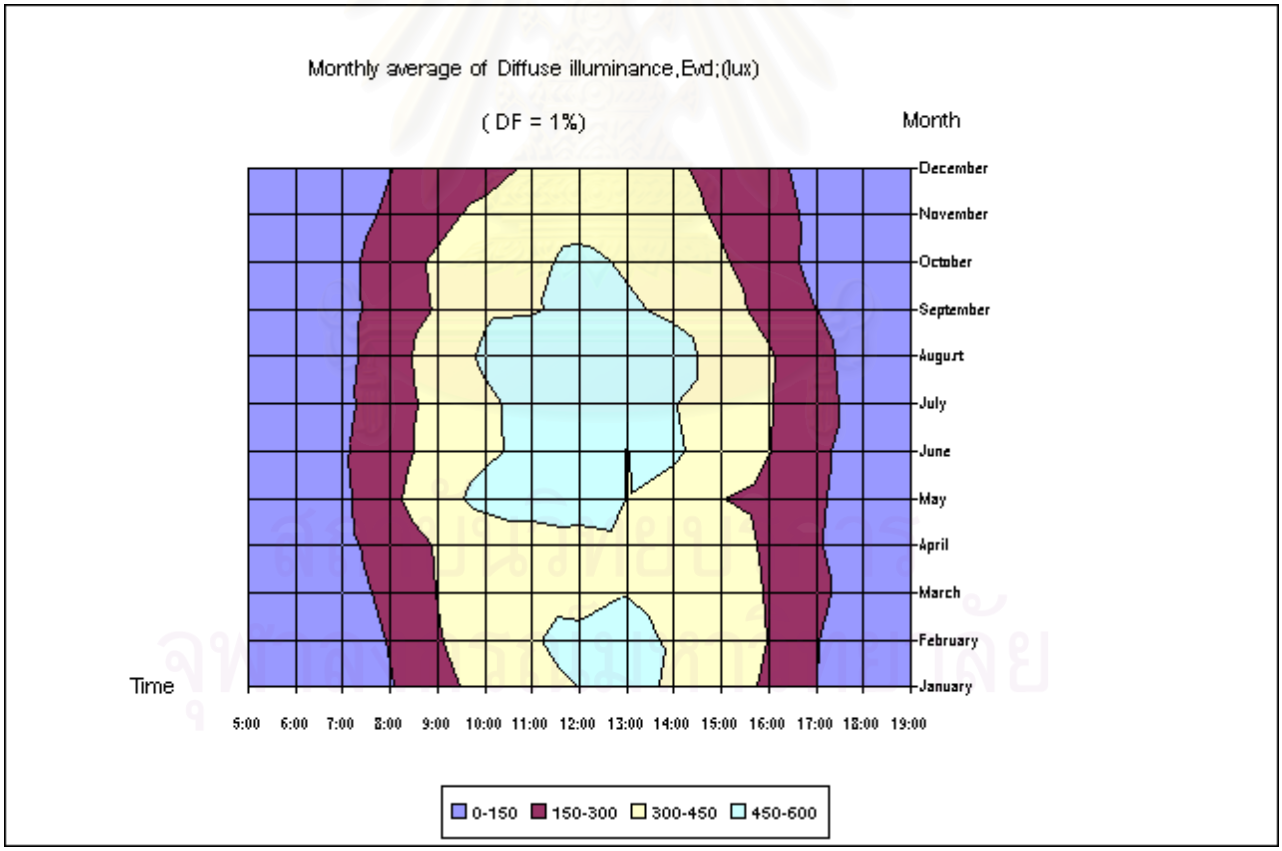
Monthly average of Diffuse illuminance, Evd; (klux)												
Time\Month	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0	3.014286	6.817857	11.42667	12.46111	13.468	12.01429	9.916667	10.41852	10.30909	7.3625	4.753333
8:00	13.75417	16.18095	19.7375	20.96471	26.97778	24.10385	23.32143	24.78333	22.23214	23.53182	17.5125	14.34706
9:00	25.708	28.96818	30.39667	31.01765	39.375	36.1	34.36429	36.61333	31.06429	32.02083	26.10625	20.3
10:00	35.06667	37.23333	39.67	35.52353	49.30556	42.77037	43.16786	46.87	43.76786	37.7	33.4375	24.76
11:00	35.17692	44.41111	42.49655	35.475	54.225	48.26667	48.07143	50.76333	43.975	41.56087	37.93529	32.52759
12:00	45.41765	47.27692	41.97667	38.92	52.3	46.57037	47.24643	52.72414	48.48276	48.9	38.28125	33.32414
13:00	51.46111	48.71154	44.74138	41.8	44.84118	44.912	47.65769	55.57143	47.04286	43.12174	35.75	33.025
14:00	41.77059	43.42593	40.92414	41.16429	41.93529	46.39259	45.33462	51.21786	42.25185	35	34.18	31.64815
15:00	39.07222	37.53704	39.85517	37.98	30.47059	40.24231	38.48846	38.4931	35.19286	31.31739	28.34375	26.488
16:00	27.05	29.77407	28.73448	27.12143	25.47059	30.45556	30.80435	31.44483	25.91482	23.51818	21.22	19.46522
17:00	15.05652	15.87083	19.232	16.53125	17.54286	18.79546	21.78182	20.656	14.82	10.22143	11.3	9.2375
18:00	0	3.4	5.2375	5.855556	6.985714	7.1375	7.622222	6.583333	3.95	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ที่มา: ดร. สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์, Daylighting for Buildings in the Troicl : Daylight Availability and Heat Gain into Building, 1998.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Monthly average of Diffuse illuminance, Evd; (lux)												
Time\Month	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0	30.14286	68.17857	114.2667	124.6111	134.68	120.1429	99.16667	104.1852	103.0909	73.625	47.53333
8:00	137.5417	161.8095	197.375	209.6471	269.7778	241.0385	233.2143	247.8333	222.3214	235.3182	175.125	143.4706
9:00	257.08	289.6818	303.9667	310.1765	393.75	361	343.6429	366.1333	310.6429	320.2083	261.0625	203
10:00	350.6667	372.3333	396.7	355.2353	493.0556	427.7037	431.6786	468.7	437.6786	377	334.375	247.6
11:00	351.7692	444.1111	424.9655	354.75	542.25	482.6667	480.7143	507.6333	439.75	415.6087	379.3529	325.2759
12:00	454.1765	472.7692	419.7667	389.2	523	465.7037	472.4643	527.2414	484.8276	489	382.8125	333.2414
13:00	514.6111	487.1154	447.4138	418	448.4118	449.12	476.5769	555.7143	470.4286	431.2174	357.5	330.25
14:00	417.7059	434.2593	409.2414	411.6429	419.3529	463.9259	453.3462	512.1786	422.5185	350	341.8	316.4815
15:00	390.7222	375.3704	398.5517	379.8	304.7059	402.4231	384.8846	384.931	351.9286	313.1739	283.4375	264.88
16:00	270.5	297.7407	287.3448	271.2143	254.7059	304.5556	308.0435	314.4483	259.1482	235.1818	212.2	194.6522
17:00	150.5652	158.7083	192.32	165.3125	175.4286	187.9546	217.8182	206.56	148.2	102.2143	113	92.375
18:00	0	34	52.375	58.55556	69.85714	71.375	76.22222	65.83333	39.5	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ DF = 1%

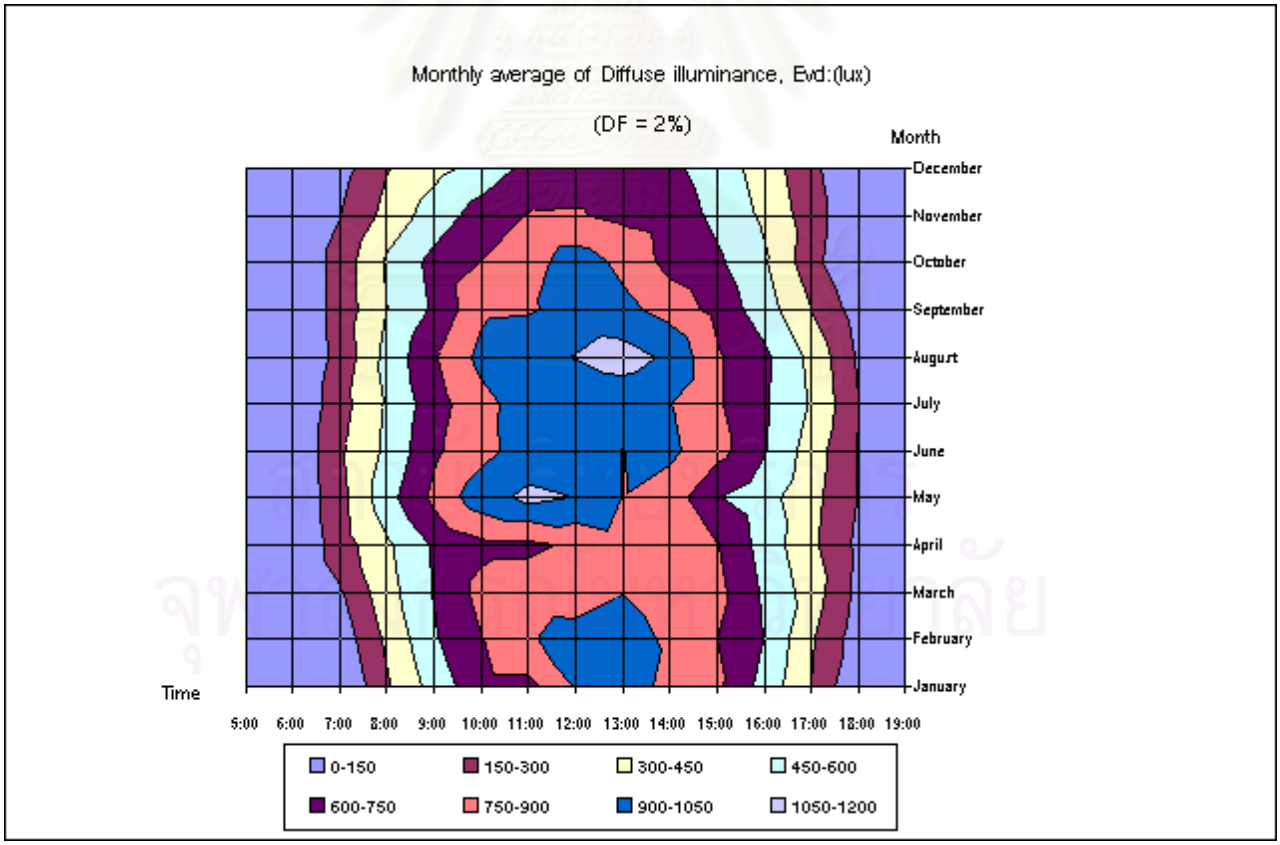


จากกราฟ สามารถสรุปได้ว่าค่าความส่องสว่างของพื้นที่โถงทางเดิน 150 ลักซ์ จะมีค่า DAYLIGHT FACTOR = 1 โดยที่พิจารณาช่วงเวลาการทำงาน 8.00น.-17.00 น.

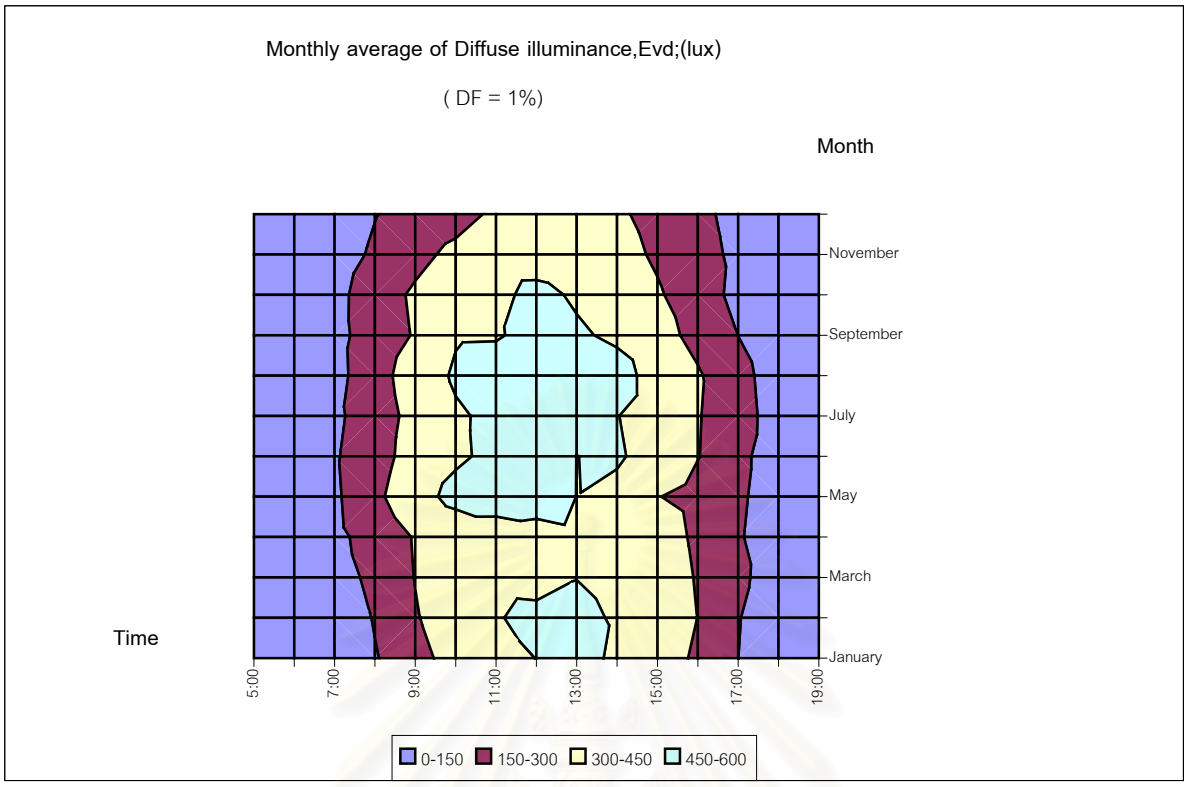
ตารางแสดงค่าความส่องสว่างภายใน จากการใช้ DAYLIGHT FACTOR = 2

Monthly average of Diffuse illuminance, Evd; (lux)												
Time\Month	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0	60.28572	136.3571	228.5333	249.2222	269.36	240.2857	198.3333	208.3704	206.1818	147.25	95.06666
8:00	275.0833	323.619	394.75	419.2941	539.5556	482.0769	466.4286	495.6667	444.6429	470.6364	350.25	286.9412
9:00	514.16	579.3636	607.9333	620.3529	787.5	722	687.2857	732.2667	621.2857	640.4167	522.125	406
10:00	701.3333	744.6667	793.4	710.4706	986.1111	855.4074	863.3571	937.4	875.3571	754	668.75	495.2
11:00	703.5385	888.2222	849.931	709.5	1084.5	965.3333	961.4286	1015.267	879.5	831.2174	758.7059	650.5517
12:00	908.3529	945.5385	839.5333	778.4	1046	931.4074	944.9286	1054.483	969.6552	978	765.625	666.4828
13:00	1029.222	974.2308	894.8276	836	896.8235	898.24	953.1538	1111.429	940.8571	862.4348	715	660.5
14:00	835.4118	868.5185	818.4828	823.2857	838.7059	927.8519	906.6923	1024.357	845.037	700	683.6	632.963
15:00	781.4444	750.7407	797.1034	759.6	609.4118	804.8462	769.7692	769.8621	703.8571	626.3478	566.875	529.76
16:00	541	595.4815	574.6897	542.4286	509.4118	609.1111	616.087	628.8966	518.2963	470.3636	424.4	389.3043
17:00	301.1304	317.4167	384.64	330.625	350.8571	375.9091	435.6364	413.12	296.4	204.4286	226	184.75
18:00	0	68	104.75	117.1111	139.7143	142.75	152.4444	131.6667	79	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

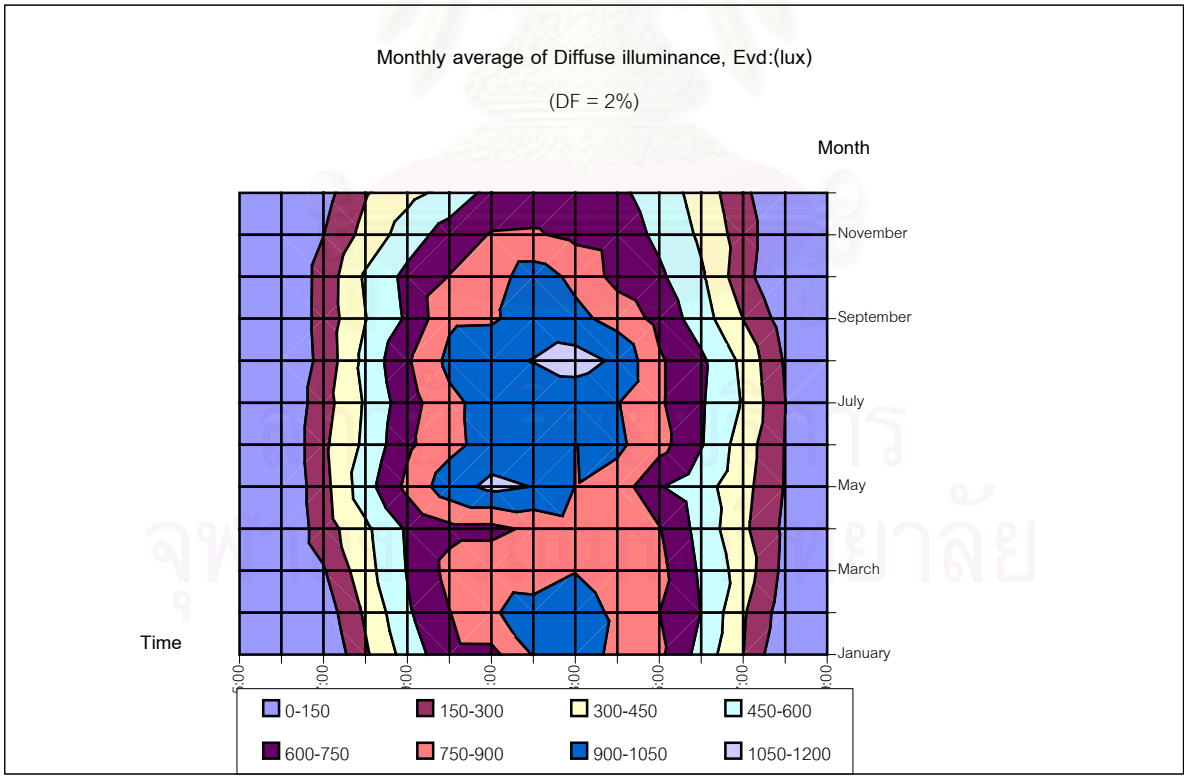
หมายเหตุ DF = 2%



จากกราฟ สามารถสรุปได้ว่าค่าความส่องสว่างของพื้นที่สำนักงาน 300 ลักซ์ จะมีค่า DAYLIGHT FACTOR = 2 โดยที่พิจารณาช่วงเวลาการทำงาน 8.00น.-17.00 น.



พื้นที่โถงทางเดิน ค่าความส่องสว่าง 150 ลักซ์ (DF = 1)



พื้นที่สำนักงาน ค่าความส่องสว่าง 300 ลักซ์ (DF = 2)

บทที่ 3

รายละเอียดอาคารกรณีศึกษา

3.1 การพิจารณาเลือกอาคารกรณีศึกษา

เนื่องจากการศึกษานี้จะเป็นการศึกษาวิจัยเพื่อนำเสนอแนวทางการปรับปรุงอาคารโดยการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารเพื่อลดการใช้แสงประดิษฐ์ ในการวิจัยครั้งนี้ได้พิจารณาเลือกอาคารสถานีขนส่งสายเหนือ สำหรับเหตุผลที่เลือกพิจารณาอาคารหลังนี้คือ

1. ทิศทางการวางตัวของอาคาร ตัวอาคารมีลักษณะโค้งเกือบจะเป็นครึ่งวงกลมโดยมีการวางอาคารให้ด้านหน้าอาคารหันไปทางด้านทิศตะวันออก และด้านหลังของอาคารหันไปทางด้านตะวันตก ด้านยาวของอาคารหันไปทางด้านทิศเหนือ-ใต้ แต่จะไม่มีช่องเปิด ดังนั้นด้านที่รับแสงสว่างจากธรรมชาติจะมีเฉพาะทางด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก
2. <u>แผงกันแดดของอาคาร</u> เมื่อพิจารณาจากภายนอกพบว่า ทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ไม่มีการเจาะช่องเปิด ส่วนทางด้านทิศตะวันตกไม่มีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดเนื่องจากมีอาคารชานชลาที่อยู่ติดกันช่วยในการป้องกันแสงแดด ดังนั้นจึงมีแผงกันแดดที่คำนึงถึงการใช้สอยเพียงด้านเดียวคือทางด้านทิศตะวันออกเพื่อป้องกันไม่ให้แสงแดดส่องเข้าสู่ภายในอาคารในอาคารได้โดยตรง ตัวอาคารมีการเปิดช่องแสงด้านบริเวณกลางอาคาร ซึ่งเป็นกระจกแต่เพียงอย่างเดียวโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดดช่วย ทำให้แสงแดดสามารถส่องเข้ามาอยู่ภายในอาคารได้โดยตรงอันเป็นสาเหตุของปัญหาความร้อนสะสมที่จะเกิดขึ้นกับตัวอาคาร จากการสังเกตภายในอาคารจะเห็นแผ่นกรองแสงสีดำ (รูปที่ 3.24) ติดตั้งอยู่ใต้ช่องแสง จากการสอบถามจึงทำให้ทราบว่ามีการนำมาติดตั้งภายหลัง เนื่องจากมีปริมาณแสงสว่างจากธรรมชาติส่องผ่านแสงเข้ามาภายในอาคารมากจนเกินความจำเป็น ซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนสะสมภายในอาคาร
3. พื้นที่อาคารและขนาดอาคาร มีขนาดใหญ่พอแก่การศึกษา คือมีพื้นที่รวมประมาณ 29,178 ตรม.
4. ลักษณะการใช้สอยภายในอาคาร มีการแบ่งพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือส่วนสำนักงานซึ่งเป็นที่ทำงานของเจ้าหน้าที่และพื้นที่ส่วนสาธารณะที่คนภายนอกเข้ามาใช้ซึ่งจะประกอบไปด้วย พื้นที่ขายตั๋วและพื้นที่โถงพักคอย
5. ที่ตั้ง อาคารที่ทำการศึกษาเป็นอาคารสำหรับผู้โดยสารขาออกซึ่งอยู่ภายในสถานีขนส่งสายเหนือ ถ. กำแพงเพชร 2 แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ ทำให้สะดวกและสามารถเก็บข้อมูลได้ตามช่วงเวลาที่ต้องการ เนื่องจากการการเก็บข้อมูลค่าความส่งสว่างภายในอาคารต้องขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสภาพท้องฟ้า ดังนั้นอาคารหลังนี้จึงมีความเหมาะสม อีกทั้งยังเป็นการประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายในการเดินทาง

3.2 รายละเอียดอาคาร

เนื่องจากการศึกษานี้จะเป็นการศึกษาในเชิงพิจารณาและปรับปรุงอาคารที่ได้มีการใช้งานอยู่ก่อนหน้านี้แล้ว ซึ่งอาคารที่นำมาพิจารณาคือ อาคารสถานีขนส่งสายเหนือ ซึ่งเป็นอาคารสำหรับผู้โดยสารขาออกที่จะเดินทางไปต่างจังหวัด ตั้งอยู่ที่ ถ. กำแพงเพชร 2 แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ เป็นสถานีขนส่งที่สามารถรองรับผู้โดยสารขาเข้าได้ชั่วโมงละกว่า 5500 คน พร้อมๆกับผู้โดยสารขาออก อีกชั่วโมงละกว่า 6000 คน โดยมีชานชลาสำหรับจอดรถขาเข้าได้ถึง 20คัน ซึ่งเมื่อมีการหมุนเวียนการใช้งานแล้วจะสามารถรับรถโดยสานขาเข้าได้ถึงชั่วโมงละ 240 คัน และมีชานชลาสำหรับจอดรถโดยสารขาออกได้ถึง 80 คัน นอกจากนี้ยังมีพื้นที่สำหรับพาหนะอื่นๆที่เข้ามาจอดรับส่งผู้โดยสาร ได้อีกพร้อมๆ กันถึง 72 สภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร(ดูรูปที่ 3.2)จะเป็นพื้นที่โล่ง บางส่วนจะเป็นถนน และที่จอดรถยนต์ และจะมีต้นไม้ขนาดเล็กอยู่บ้าง แต่ไม่มากนัก มีรายละเอียดดังนี้

ด้านทิศเหนือ เป็นถนนออกจากสถานีขนส่ง กว้าง 8 เมตร ห่างออกไปจากถนนจะเป็นพื้นที่ว่างภายนอกโครงการ

ทิศใต้ จะเป็นถนนกว้าง 8 เมตรและถัดออกไปจะติดกับอู่ ขสมก. ซึ่งเป็นลานจอดรถยนต์ขนาดใหญ่ โดยมีทางเชื่อมระหว่างอู่รถ ขสมก. และตัวอาคารสถานีขนส่ง

ทิศตะวันออก เป็นถนนคอนกรีตเข้าอาคารสถานี กว้าง 8 เมตร และมีลานจอดรถยนต์สำหรับผู้ที่เข้ามาใช้บริการภายในสถานี

ทิศตะวันตก เป็นอาคารชานชลาสำหรับจอดรถโดยสารขาออก โดยมีระยะห่างกับตัวอาคารสถานีขนส่งประมาณ 35 เมตร และบริเวณชั้น 2 จะมีทางเดินเชื่อมระหว่างตัวอาคารสถานีและอาคารชานชลา

ลักษณะอาคารกรณีศึกษา เป็นอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 3 ชั้น 1 ชั้นลอย พื้นที่อาคารรวมทั้งสิ้น 29,178 ตารางเมตร ประกอบไปด้วย

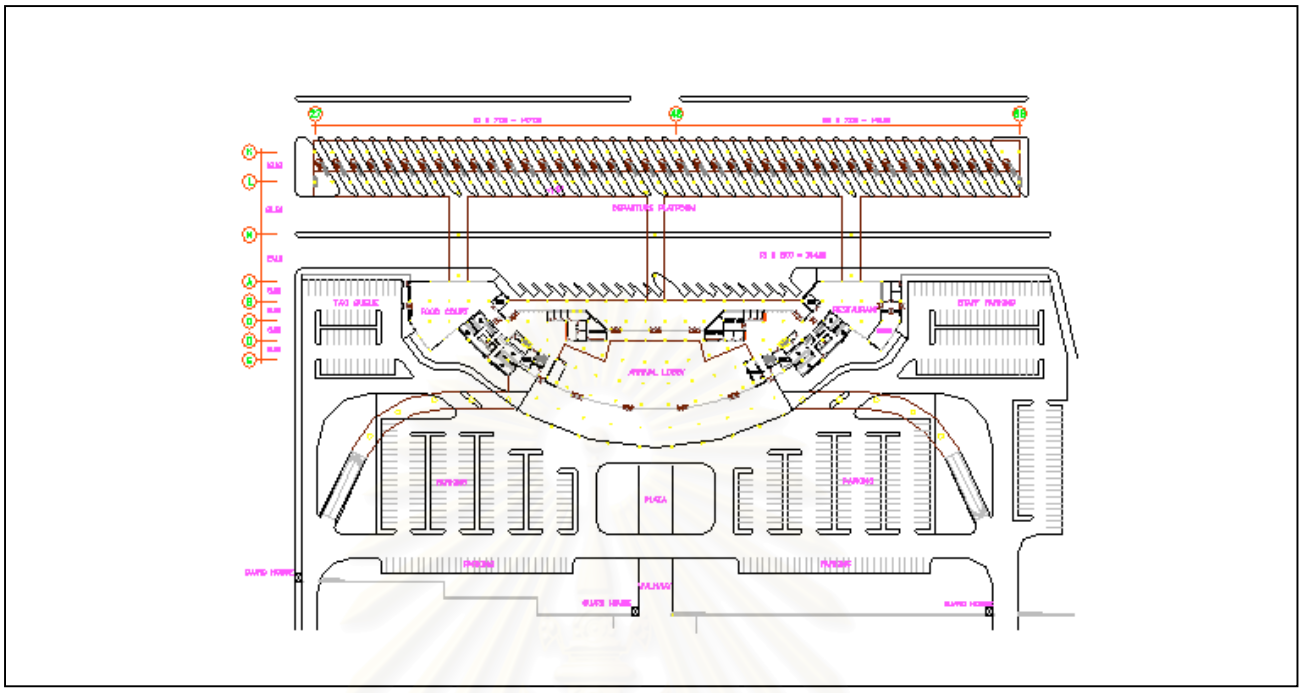
- ชั้นล่าง	พื้นที่ใช้สอย (ตารางเมตร)	
โถงทางเข้า	281	
โถงผู้โดยสารขาเข้า	2,334	
ส่วนบริการ	1,533	
ชานชลาขาเข้า	2,834	
ชานชลาขาออก	5,568	
รวมพื้นที่		12,550
- ชั้นลอย		
โถงทางเดิน	779	
พื้นที่สำนักงาน	3,531	
รวมพื้นที่		4,310
- ชั้นสอง		
โถงทางเข้า	586	

โถงผู้โดยสารขาออก		5,069	
- ส่วนโถง	1,024		
- ส่วนขายตั๋ว	960		
- ส่วนพักคอย	3,085		
ส่วนบริการ		1,059	
ส่วนสะพานเชื่อม		1,792	
รวมพื้นที่			8,506

- **ชั้นสาม**

ส่วนสำนักงาน		3,526	
ส่วนบริการ		286	
รวมพื้นที่			3,812
พื้นที่ใช้สอยทั้งหมด			29,178

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1 แสดงผังบริเวณของอาคารสถานีขนส่งหมอชิต 2

รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะอาคารและสภาพแวดล้อมโดยรอบ

3.3 ลักษณะทางสถาปัตยกรรม

อาคารสถานีขน ส่งจัดเป็นเป็นอาคารขนาดใหญ่ตั้งอยู่ในบริเวณที่ยังไม่มีอาคารขนาดใหญ่อยู่ใกล้เคียง ตัวอาคารได้รับการออกแบบให้มีลักษณะยาว วางอยู่ในแนวเหนือ – ใต้ ลักษณะภายนอกเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบ ทาสี ส่วนติดต่อในแนวตั้ง (circulation core) ได้รับการออกแบบให้อยู่ 2 ข้างของอาคารเพื่อลดระยะทางในการทำงาน ช่องเปิดของอาคารจะเป็นบานอลูมิเนียมกระจกใส หนา 8 มม. มีความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน และมีการเจาะช่องแสงจากด้านบนดาดฟ้าลงมาในส่วนของสำนักงานและโถงผู้โดยสารขาออกซึ่งจะเป็นการนำแสงธรรมชาติจากภายนอกมาใช้ประโยชน์

การจัดพื้นที่ใช้สอยภายใน เนื่องจากจำนวนผู้ใช้อาคารสถานีมีเป็นจำนวนมาก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารออกเป็นส่วนๆ เพื่อสะดวกในการดูแล โดยแบ่งออกเป็น

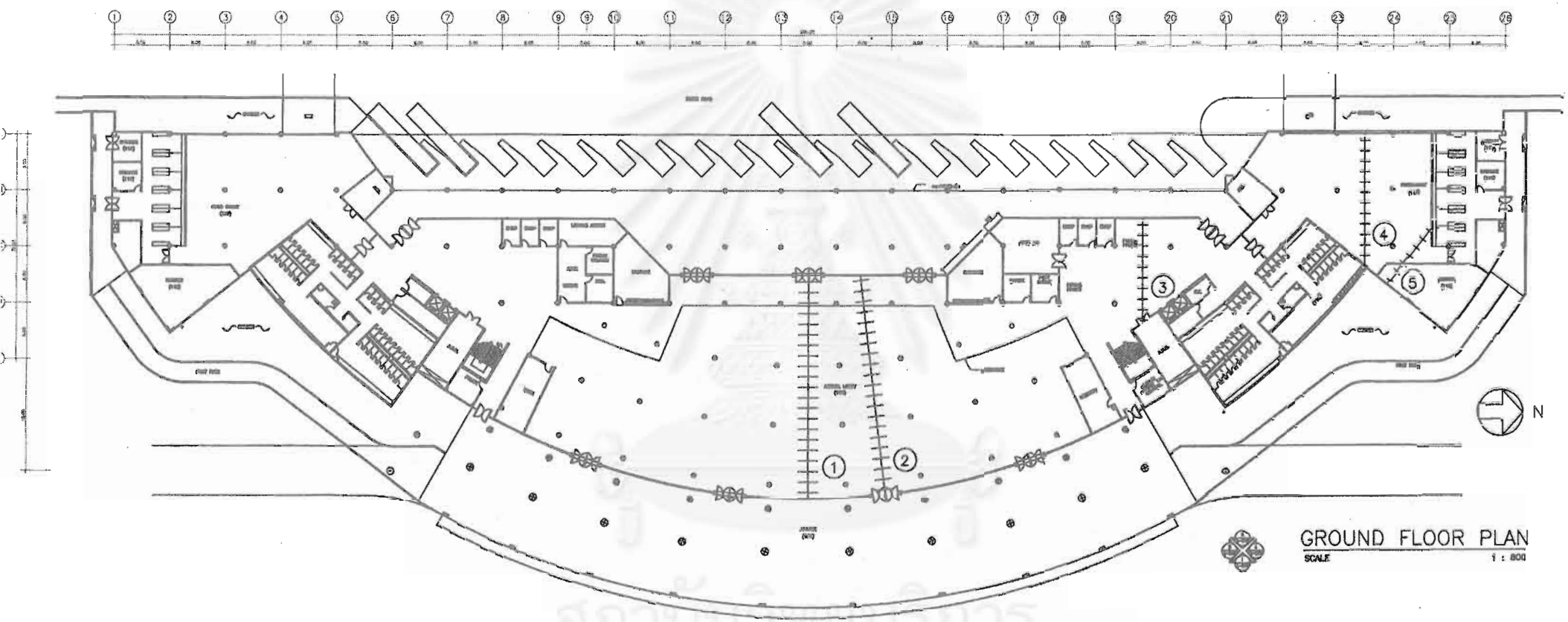
- ส่วนที่เป็นพื้นที่สาธารณะ เช่น โถงพักคอย และช่องขายตั๋วจะเป็นพื้นที่เปิดโล่ง
- ส่วนที่เป็นพื้นที่สำนักงาน โดยทั่วไปจะเป็ฯพื้นที่โล่งและมีการกั้นพื้นที่ตามการใช้งานในแต่ละแผนกโดยใช้ Partition ที่มีความสูงประมาณ 1.20 เมตร ยกเว้นห้องผู้บริหารจะมีการกั้นห้องแยกออกไปเป็นห้องๆ

ระบบแสงสว่างประดิษฐ์ พื้นที่โดยทั่วไปที่เป็นสำนักงานจะใช้หลอดไฟ ฟลูออเรสเซนต์ และพื้นที่ๆ เป็นโถงทางเข้า หรือบริเวณที่เป็นที่สูง จะใช้หลอดไฟ high intensity gas discharge

ระบบปรับอากาศ จากลักษณะการใช้งานของอาคาร คือเป็นอาคารขนาดใหญ่ที่เปิดใช้ตลอด 24 ชั่วโมง จึงเลือกใช้ระบบปรับอากาศแบบ Central chilled water system ใช้chiller แบบ centrifugal water cooled chiller เพราะสามารถปรับเปลี่ยน ปริมาณความเย็นได้ดี ในภาวะที่ระบบต้องการปริมาณความเย็นแตกต่างกันตลอด 24 ชั่วโมง และประหยัดพลังงานได้มากกว่าระบบอื่น ซึ่งคุ้มค่าในระยะยาว โดยใช้ chiller ขนาด 340 ตัน จำนวน 6 เครื่อง

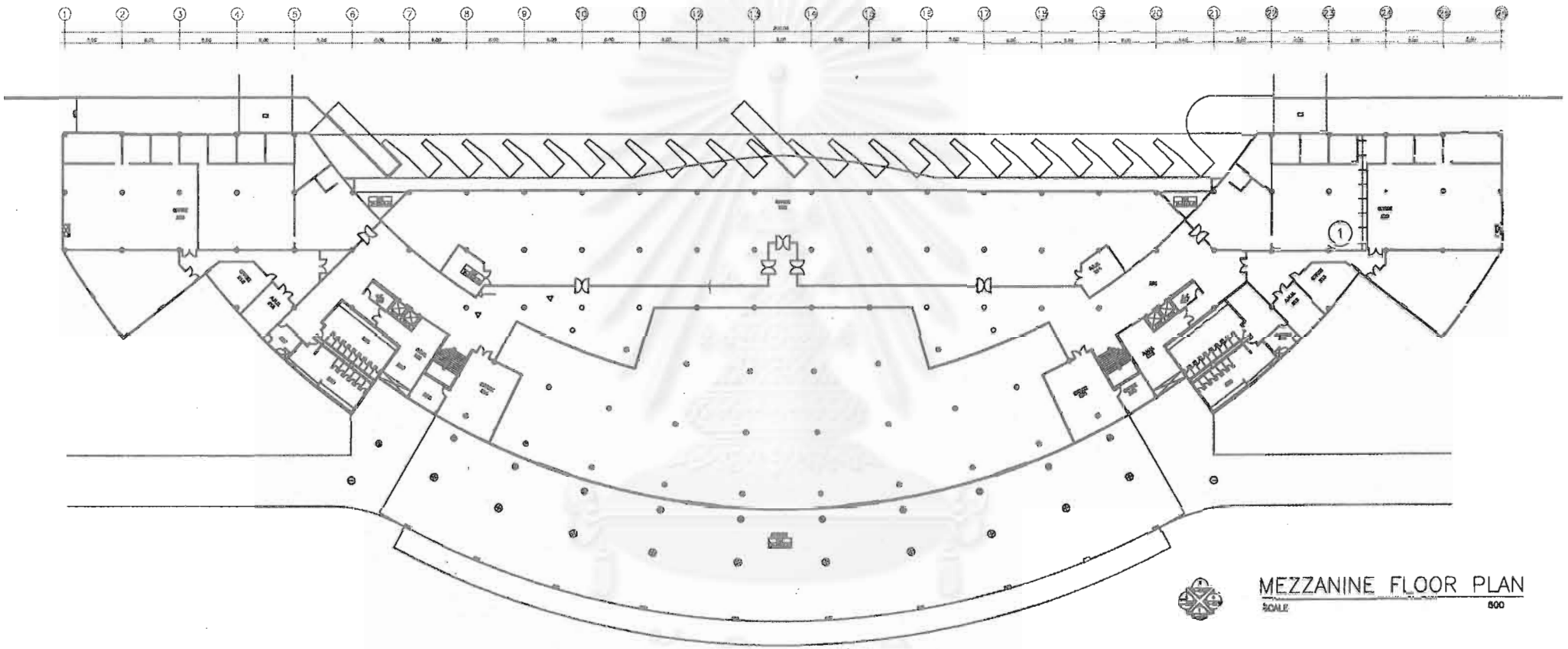
ตารางที่ 3.1 แสดงลักษณะการใช้ระบบปรับอากาศ

พื้นที่ปรับอากาศ	พื้นที่ ตารางเมตร	ประเมินการใช้ระบบปรับอากาศ (ตารางเมตร ต่อ ตัน)	ตัน
พื้นที่ชั้นล่าง	2,334	6.6	350
พื้นที่ชั้นลอย			
โถงทางเดิน	779	15	50
พื้นที่สำนักงาน 1	693	13.8	50
พื้นที่สำนักงาน 2	727	8	90
พื้นที่สำนักงาน 3	904	8	115
พื้นที่ชั้นสอง	5,069	6.6	770
พื้นที่ชั้นสาม	3,526	13.8	255
รวมการใช้ระบบปรับอากาศ			1,680



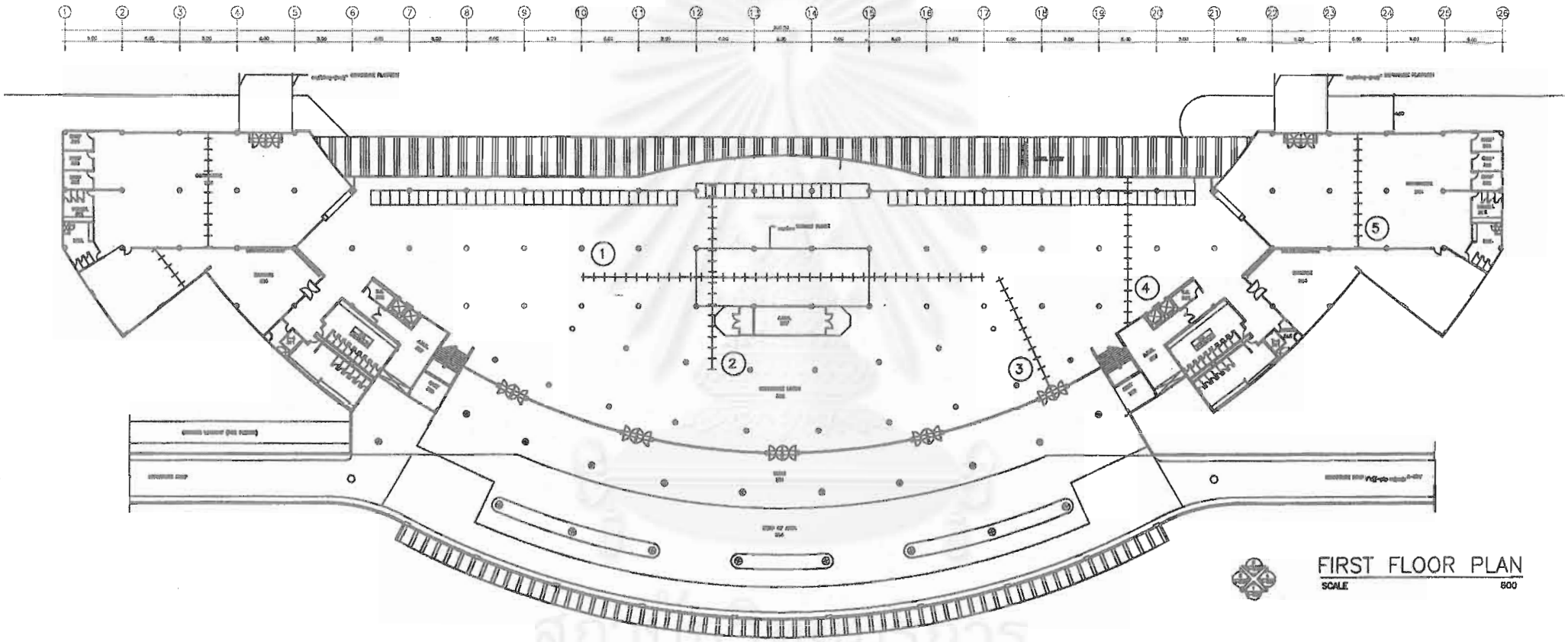
รูปที่ 3.3 แสดงผังพื้นชั้น 1 และแสดงการกั้นพื้นที่ภายใน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

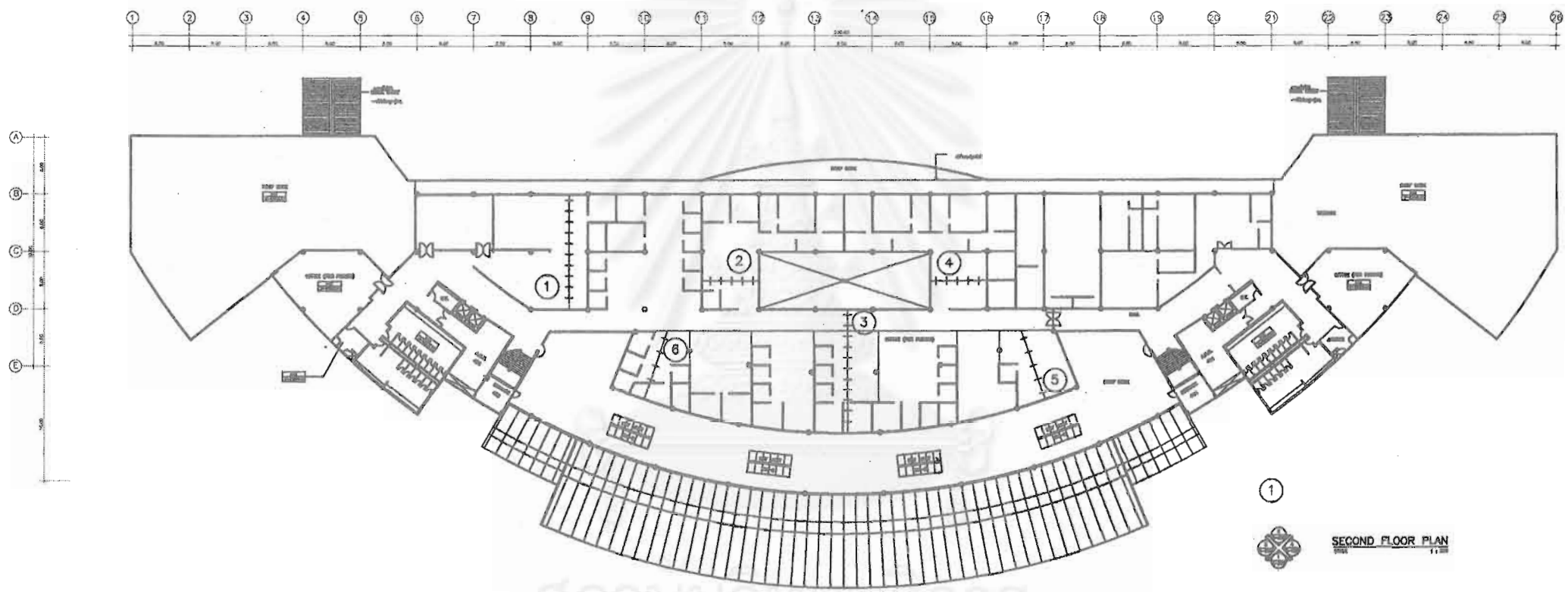


รูปที่ 3.4 แสดงผังพื้นชั้นลอย และแสดงการกั้นพื้นที่ภายใน

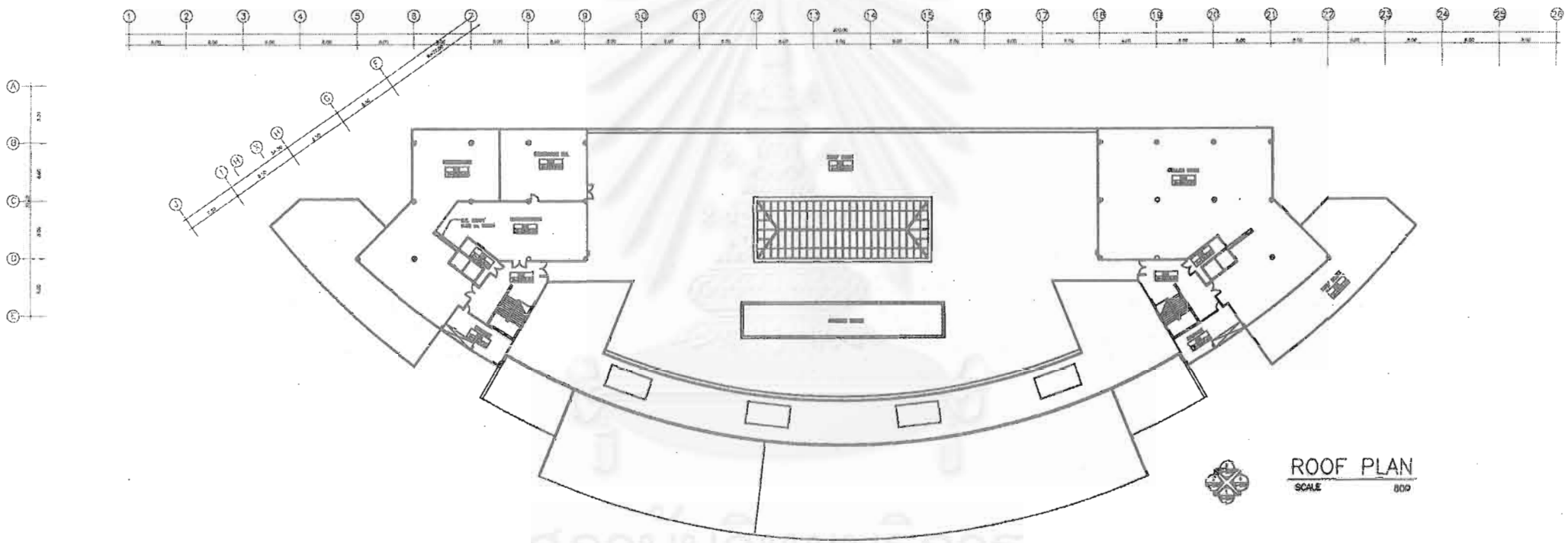
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.5 แสดงผังพื้นชั้น 2 และแสดงการกั้นพื้นที่ภายใน

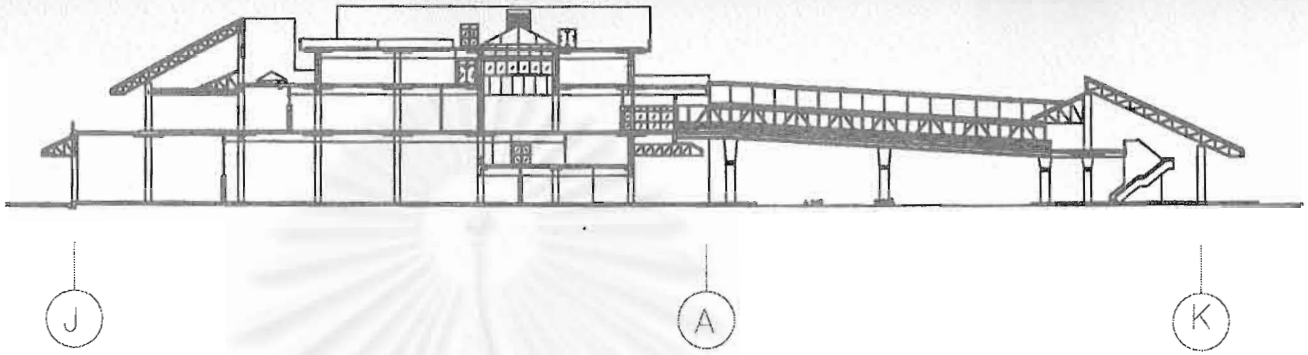


รูปที่ 3.6 แสดงผังพื้นชั้น 3 และแสดงการกั้นพื้นที่ภายใน

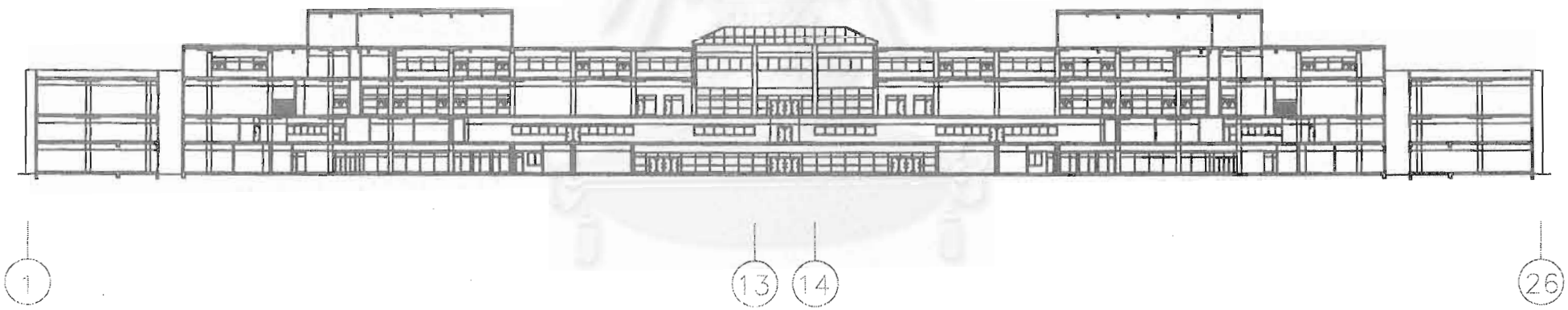


รูปที่ 3.7 แสดงผังพื้นชั้นดาดฟ้าของอาคาร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



CROSS SECTION
SCALE 1:800



LOUNGITUDINAL SECTION
SCALE 1:800

รูปที่ 3.8 แสดงรูปตัดของอาคาร

รูปที่ 3.9 แสดงด้านทางทิศตะวันออก

รูปที่ 3.10 แสดงรูปด้านทางทิศเหนือ

รูปที่ 3.11 แสดงด้านทิศตะวันตก

รูปที่ 3.12 แสดงด้านทิศใต้

รูปที่ 3.13 แสดงทางเชื่อมระหว่างอาคารและชานชลา

รูปที่ 3.14 แสดงทางเข้าด้านหน้าอาคาร

รูปที่ 3.15 แสดงชายคาด้านทิศตะวันออกที่ชั้น ล่าง

รูปที่ 3.16 แสดงชายคาด้านทิศตะวันออกที่ชั้นหนึ่ง

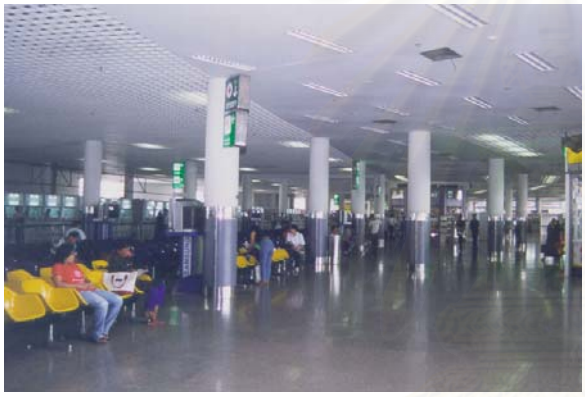
รูปที่ 3.17 แสดงโถงพักคอยที่ชั้นล่าง

รูปที่ 3.19 แสดงช่องแสงด้านบนบริเวณทางเดิน
ภายนอกอาคารที่ชั้น 1.

รูปที่ 3.18 แสดงพื้นที่ทานอาหารที่ชั้นล่าง

รูปที่ 3.20 แสดงพื้นที่ทำงานชั้นลอย

รูปที่ 3.21 โถงทางเดินที่ชั้นลอย



รูปที่ 3.22 แสดงโถงพักคอยที่ชั้น 1

รูปที่ 3.24 แสดงพื้นที่โล่งที่เป็น double space
ภายใต้ช่องแสงด้านบน อยู่ที่ชั้น 1 ของอาคาร

รูปที่ 3.23 แสดงพื้นที่ขายตั๋วที่ชั้น 1.

รูปที่ 3.25 แสดงพื้นที่ทำงานชั้น 2

รูปที่ 3.26 แสดงพื้นที่ทำงานชั้น 2
และหน้าต่างใต้ช่องแสงด้านบน

รูปที่ 3.27 แสดงช่องแสงด้านบนบริเวณดาดฟ้าอาคาร

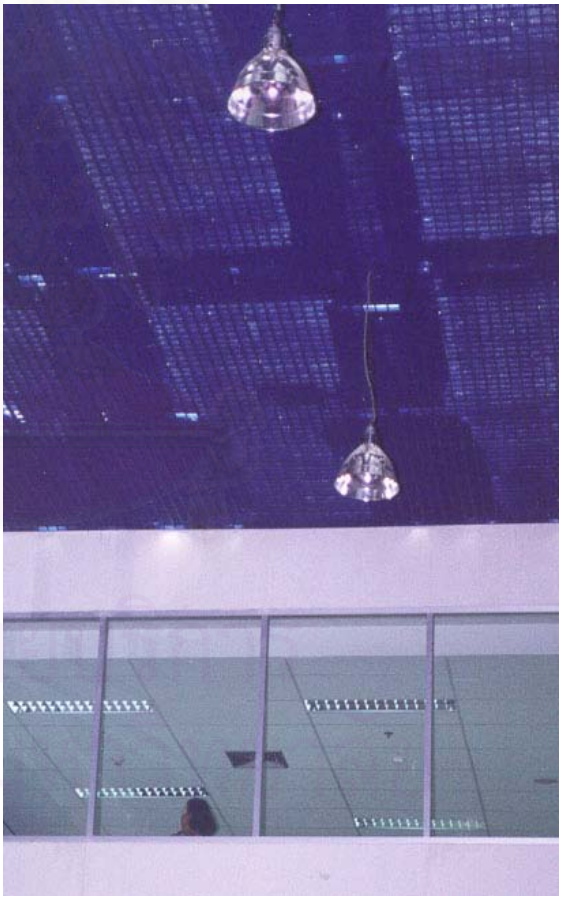
รูปที่ 3.29 แสดงโถงโล่งใต้ช่องเปิดด้านบนเมื่อมอง
จากพื้นที่ทำงานชั้น 2

รูปที่ 3.28 แสดงช่องแสงด้านบนบริเวณหลังคาชั้น 1.

รูปที่ 3.30 แสดงโคม Highbay คู่หลอด Metal Halide, High Pressure Sodium ใช้ในบริเวณโถงพักคอยชั้นล่าง

รูปที่ 3.31 แสดงหลอดไฟ ฟลูออเรสเซนต์ ทีใช้ในอาคาร

รูปที่ 3.32 แสดงหลอดไฟ ฟลูออเรสเซนต์ แบบฝังในฝ้า พร้อมตะแกรง และแผ่นสะท้อนแสง Aluminium.



รูปที่ 3.33 แสดงโคม highbay คู่หลอด metal halide ใช้ในบริเวณโถง double space ที่ชั้น 1.

รูปที่ 3.34 แสดงฝ้าเพดานยิบซั่มบอร์ด ชนิด ที-บาร์

รูปที่ 3.35 แสดงฝ้าเพดาน square cell

3.4 การพิจารณาประสิทธิภาพของแผงกันแดดของอาคาร

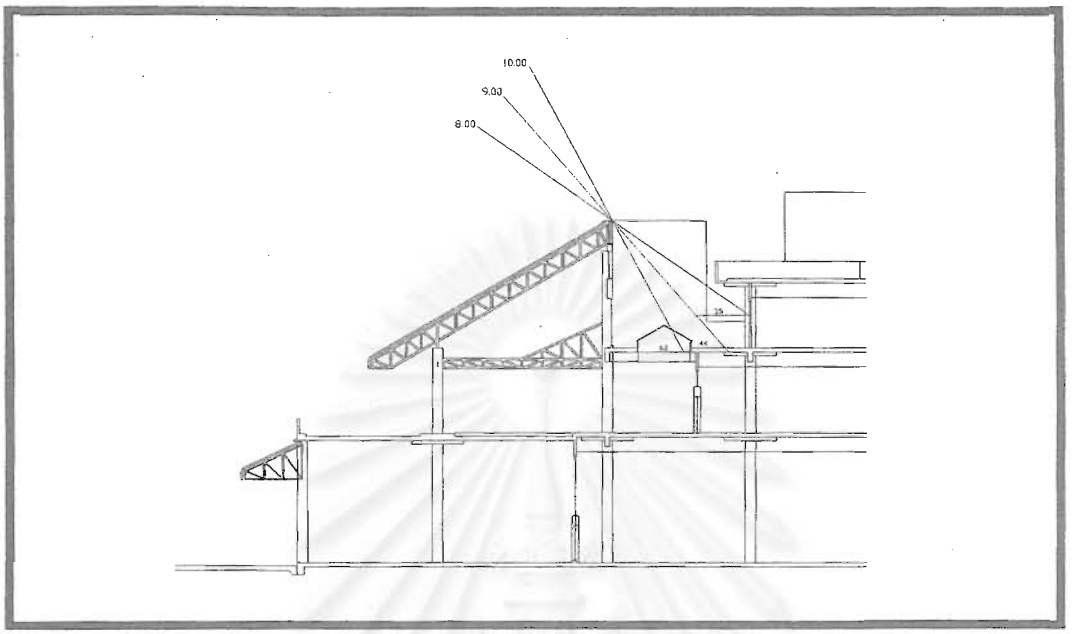
ในการพิจารณาประสิทธิภาพของแผงกันแดดของอาคารจะพิจารณาเฉพาะพื้นที่ๆ ทำการศึกษาซึ่งสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้

- ชั้นล่าง จะมีการออกแบบแผงกันแดดแนวนอนทางด้านทิศตะวันออก เป็นลักษณะชายคาที่ยื่นยาวออกมาและเป็นพื้นที่ได้ Drop off ที่ชั้น FIRST FLOOR (ดูรูปที่ 3.15) สำหรับการกันแดดทางด้านทิศตะวันตกได้มีการออกแบบให้ผนังถอยร่นเข้ามาภายใน
- ชั้นลอย ไม่มีการป้องกันแดด เพราะด้านทิศตะวันออก จะอยู่ภายในตัวอาคาร และด้านทิศตะวันตกไม่มีช่องเปิด ทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ไม่มีการป้องกันแดด
- ชั้นสอง จะมีการออกแบบแผงดันแดดแนวนอนทางด้านทิศตะวันออก เป็นลักษณะชายคาที่ยื่นยาวออกมา (ดูรูปที่ 3.16) ส่วนทางด้านทิศตะวันตกไม่มีการออกแบบแผงกัน ทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ไม่มีการป้องกันแดด
- ชั้นสาม จะมีการออกแบบแผงกันแดดแนวนอนทางด้านทิศตะวันออก และมีผนังอาคารบางส่วนมาช่วยป้องกันแสงแดด ส่วนทางด้านทิศตะวันตกมีแผงกันแดดแนวนอนช่วยกันแดด ทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ไม่มีการป้องกันแดด

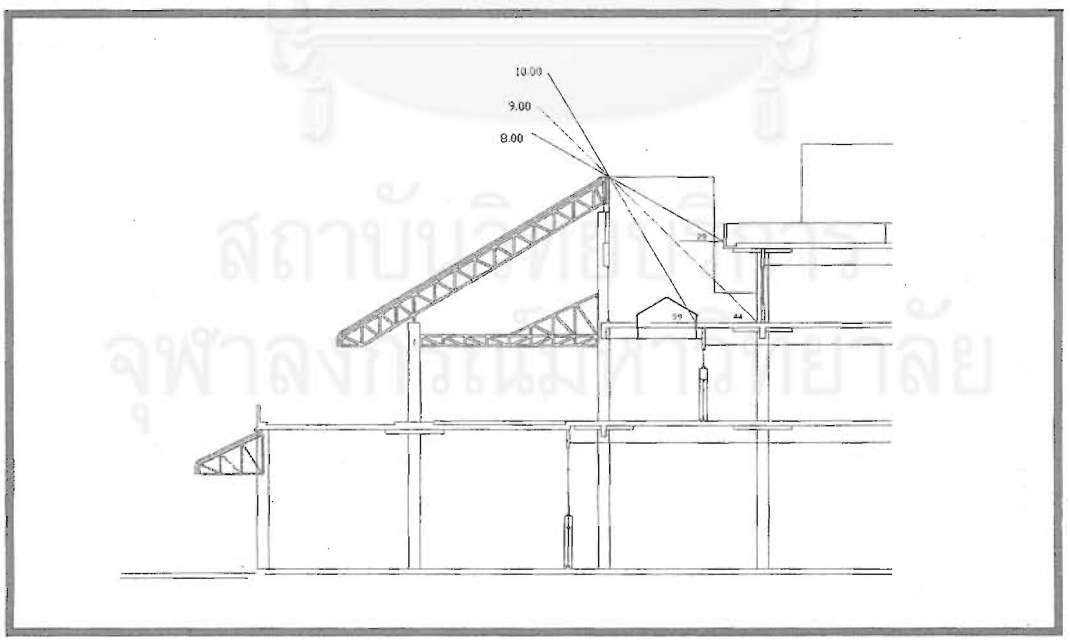
เนื่องจากสถานีขนส่งจะเป็นอาคารที่มีการใช้งานตลอดทั้งปี และทั้ง 24 ชม. ดังนั้นในการพิจารณาประสิทธิภาพของแผงกันแดด จะพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาการใช้งานของอาคารในช่วงเวลาปกติทีมีเจ้าหน้าที่ทำงานประจำ คือ 8.00 ถึง 17.00 น. สำหรับแผงกันแดดด้านทิศตะวันออก พิจารณาตั้งแต่ช่วง 8.00 – 12.00 น. ของวันที่ 21 ของทุกเดือน และพิจารณาเฉพาะกลุ่มเดือนที่ดวงอาทิตย์ที่มีการที่อ้อมไปทางด้านทิศเหนือได้แก่เดือนมิถุนายน พฤษภาคม – กรกฎาคม และเมษายน – สิงหาคม สำหรับการหามุมแดดที่กระทำต่อช่องเปิดและแผงกันแดดของอาคาร อาศัยการหมุน Sun Chart ที่เส้นรุ้ง 14 องศาเหนือ ดูรูปมุมแดดที่กระทำต่ออาคาร

รูปที่ 3.36 แสดงมุมแดดที่กระทำต่อช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก วันที่ 21 เดือนมิถุนายน พฤษภาคม และกรกฎาคม

รูปตัดแสดงมุมโพรไฟล์ ของวันที่ 21 มิถุนายน (ช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก)

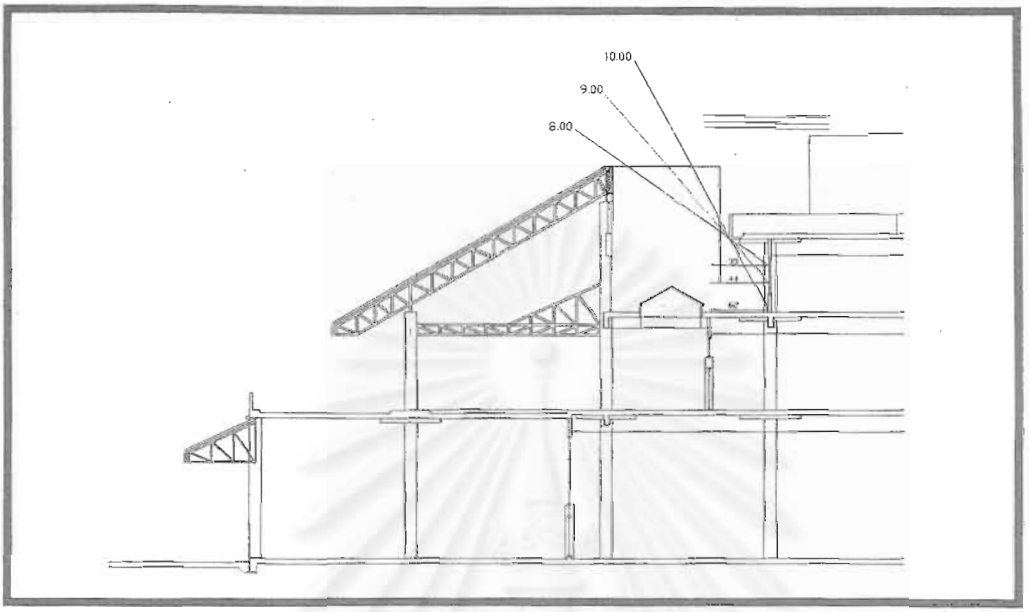


รูปตัดแสดงมุมโพรไฟล์ 21 มีนาคม, 21 กันยายน (ช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก)

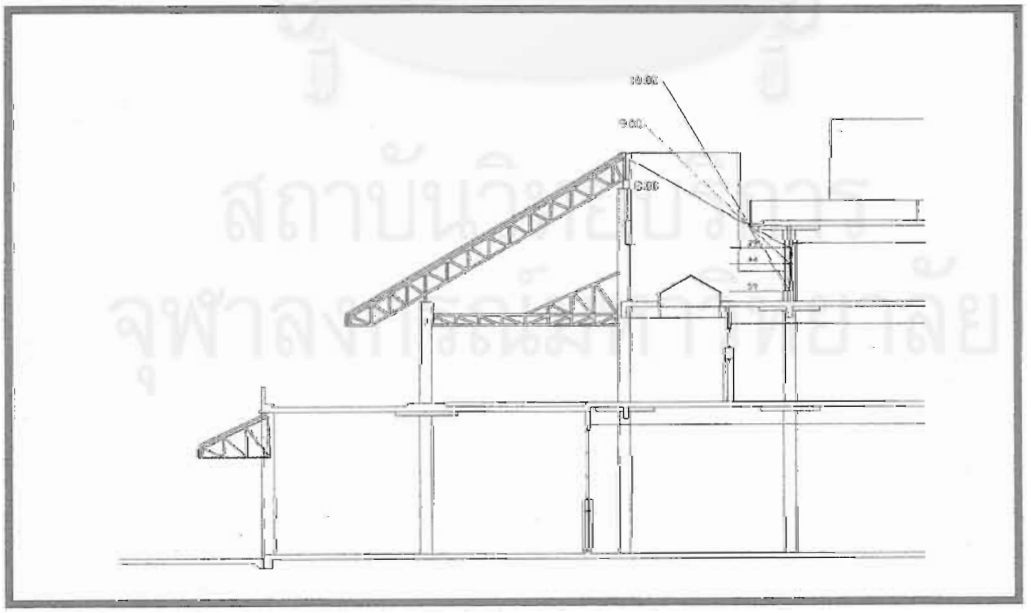


รูปที่ 3.37 แสดงมุมแดดที่กระทำต่อช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก วันที่ 21 เดือนมิถุนายน พฤษภาคม และกรกฎาคม

รูปตัดแสดงมุมโพรไฟล์ ของวันที่ 21 มิถุนายน (ช่องเปิดทางด้านทิศตะวันตก)



รูปตัดแสดงมุมโพรไฟล์ ของวันที่ 21 มีนาคม, 21 กันยายน (ช่องเปิดทางด้านทิศตะวันตก)



3.5 การพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุภายในอาคารที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้งาน

ในการพิจารณาคุณสมบัติของวัสดุภายในอาคารอันมีผลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้งาน จะมีการพิจารณาเฉพาะคุณสมบัติในการสะท้อนแสง และคุณสมบัติในการส่องผ่านของแสงเท่านั้น โดยใช้เครื่องมือวัดแสง (lux meter) โดยที่ได้มีการแยกพิจารณาออกเป็นชั้นๆ ตามการใช้งานดังนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติการสะท้อนและการส่องผ่านของแสงของวัสดุที่ใช้ภายในอาคาร

การใช้สอย	วัสดุ	ค่าการสะท้อน(%)	ค่าการส่องผ่าน (%)
ชั้นล่าง			
พื้นภายนอก	ทรายล้าง	23 %	
พื้นถนนภายนอก	คอนกรีต	14 %	
พื้นภายใน	หินแกรนิต	55 %	
ผนังภายนอก	กระจกใส		80 %
ผนังภายใน	ฉาบปูนเรียบทาสีขาว	60 %	
ฝ้าเพดาน	ยิบซั่มสีขาว	85 %	
ชั้นลอย			
พื้น	กระเบื้องยางสีขาว	52 %	
	หินแกรนิต	55 %	
ผนัง	ฉาบปูนเรียบทาสีขาว	59 %	
	ฉากกั้นห้องสีขาว	63 %	
	ฉากกั้นห้องสีม่วง	37 %	
	กระจกใส		80 %
ฝ้าเพดาน	ยิบซั่มสีขาว	85 %	
	square cell สีขาว	32 %	
ชั้นสอง			
พื้นภายนอก	ทรายล้าง	23 %	
	กระเบื้องดินเผา	35%	
พื้นถนนภายนอก	คอนกรีต	14 %	
พื้นภายใน	หินแกรนิต	55 %	
ผนังภายนอก	ฉาบปูนเรียบทาสีส้ม	25 %	
	กระจกใส		80 %
ผนังภายใน	ฉาบปูนเรียบทาสีขาว	60 %	
	ผนังสำเร็จรูปสีขาว	36 %	
ฝ้าเพดาน	ยิบซั่มสีขาว	85 %	
	square cell สีขาว	32 %	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชั้นสาม

พื้นภายนอก	คอนกรีต	14 %		
พื้นภายใน	หินขัดสีขาว	53 %		
ผนังภายนอก	ฉาบปูนเรียบทาสีส้ม	25 %		
	กระจกใส			80 %
ผนังภายใน	ฉาบปูนเรียบทาสีขาว		60 %	
	ผนังสำเร็จรูปสีขาว	36 %		
ฝ้าเพดาน	ยิบซั่มสีขาว	85 %		

หมายเหตุ คุณสมบัติการสะท้อนแสงและค่าการส่องผ่านของแสง ที่แสดงในตารางเป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากการตรวจสอบหลายๆ จุดที่มีวัสดุเหมือนกันจากตารางภาคผนวก ค.

3.6 การพิจารณาปริมาณการกระจายแสงธรรมชาติ

เนื่องจากอาคารสถานีขนส่งเป็นอาคารสาธารณะที่มีการใช้งานตลอด 24 ชม. ดังนั้นในการพิจารณาปริมาณการกระจายแสงธรรมชาติในอาคารจะพิจารณาเฉพาะช่วงเวลาการใช้งานของอาคารในช่วงเวลาปกติที่มีเจ้าหน้าที่ประจำทำงานคือ ช่วงเวลา 8.00 – 17.00 น. และในการตรวจสอบปริมาณการกระจายของแสงธรรมชาติจะเป็นการตรวจสอบโดยวิธี Daylight Factor เท่านั้น เนื่องจากอาคารสถานีขนส่งเป็นอาคารสาธารณะที่มีขนาดใหญ่จะไม่สามารถตรวจสอบปริมาณการกระจายแสงได้ทุกพื้นที่ ดังนั้นจึงได้มีการเลือกตรวจสอบในพื้นที่ๆ มีการจัดกิจกรรมแต่ละประเภท และแต่ละประเภทจะมีการเลือกพื้นที่ๆ มีขนาดกว้างและลึกมากที่สุด ใน 2 ทิศทางได้แก่ ทิศตะวันออกและทิศตะวันตก เนื่องจาก ทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ไม่มีการเจาะช่องเปิดที่มีผลต่อปริมาณการกระจายแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคารและจะพิจารณาปริมาณความส่องสว่างโดยอาศัยเกณฑ์มาตราฐานระดับความส่องสว่าง ตามตารางที่ 3.5 ในอาคารนี้พื้นที่ๆ ได้รับการตรวจสอบได้แก่

<u>ชั้นล่าง</u> (ดูรูปที่ 4.3)

- โถงพักคอยชั้นล่าง ตรวจสอบตามแนวการวัดที่ 1 และ 2
- พื้นที่ซื้อ-ขายตั๋วรถ ตรวจสอบตามแนวการวัดที่ 3
- พื้นที่ห้องอาหาร ตรวจสอบตามแนวการวัดที่ 4 และ 5

<u>ชั้นลอย</u> (ดูรูปที่ 4.4)

- พื้นที่สำนักงาน ตรวจสอบแนวการวัดที่ 1

<u>ชั้นสอง</u> (ดูรูปที่ 4.5)

- พื้นที่โถงพักคอยใต้ช่องแสงด้านบน ตรวจสอบตามแนวการวัดที่ 1 และ 2
- พื้นที่โถงพักคอย ตรวจสอบตามแนวการวัดที่ 3
- พื้นที่ซื้อ-ขายตั๋ว ตรวจสอบตามแนวการวัดที่ 4

<u>ชั้นสาม</u> (ดูรูปที่ 4.6)

- พื้นที่ห้องประชุม ตรวจสอบตามแนวการวัดที่ 1

- พื้นที่สำนักงาน ตรวจสอบตามแนวการวัดที่ 2,3,4 และ5

จากการสำรวจ และนำมาหาค่า DF โดยแบ่งระยะที่พิจารณาออกเป็น 1.00 เมตร 3.00 เมตร 5.00 เมตร และ ทุกๆ ระยะห่าง 2.00 เมตร ตามที่กำหนดไว้ (ภาพที่ 4.3 – 4.7) พบว่าการกระจายแสงเป็นดังนี้

<u>พื้นที่ชั้นล่าง</u> (ดูรูปที่ที่ 4.3)

- โถงพักคอยชั้นล่าง แนวการวัดที่ 1 (ภายนอกอาคาร)
  - ที่ระยะ 1.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 9006.67 ลักซ์ DF= 33.34 %
  - ที่ระยะ 3.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 5053.33 ลักซ์ DF= 18.34 %
  - ที่ระยะ 5.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 3120.00 ลักซ์ DF= 11.59 %
  - ที่ระยะ 7.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 2123.67 ลักซ์ DF= 7.83 %
  - ที่ระยะ 9.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 1500.00 ลักซ์ DF= 35.60 %
  - ที่ระยะ 11.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 1025.33 ลักซ์ DF= 3.83 %
  - ที่ระยะ 13.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 791.33 ลักซ์ DF= 2.71 %
- โถงพักคอยชั้นล่าง แนวการวัดที่ 1 (ภายในอาคาร)
  - ที่ระยะ 1.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 509.00 ลักซ์ DF= 1.97 %
  - ที่ระยะ 3.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 204.60 ลักซ์ DF= 0.74 %
  - ที่ระยะ 5.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 144.83 ลักซ์ DF= 0.53 %
  - ที่ระยะ 7.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 114.77 ลักซ์ DF= 0.42 %
  - ที่ระยะ 9.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 97.13 ลักซ์ DF= 0.37 %
  - ที่ระยะ 11.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 64.03 ลักซ์ DF= 0.23 %
  - ที่ระยะ 13.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 57.77 ลักซ์ DF= 0.21 %
  - ที่ระยะ 15.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 54.70ลักซ์ DF= 0.20 %
  - ที่ระยะ 17.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 47.97 ลักซ์ DF= 0.18 %
  - ที่ระยะ 19.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 45.93 ลักซ์ DF= 0.18 %
  - ที่ระยะ 21.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 43.20 ลักซ์ DF= 0.17 %
  - ที่ระยะ 23.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 41.57 ลักซ์ DF= 0.16 %
  - ที่ระยะ 25.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 38.93 ลักซ์ DF= 0.16 %
  - ที่ระยะ 27.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 37.87 ลักซ์ DF= 0.16 %
- โถงพักคอยชั้นล่าง แนวการวัดที่ 3
  - ที่ระยะ 1.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 159.00ลักซ์ DF= 0.57 %
  - ที่ระยะ 3.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 124.00 ลักซ์ DF= 0.44 %
  - ที่ระยะ 5.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 84.57 ลักซ์ DF= 0.26 %
  - ที่ระยะ 7.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 49.90 ลักซ์ DF= 0.18 %
  - ที่ระยะ 9.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 36.53 ลักซ์ DF= 0.13 %
  - ที่ระยะ 11.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 38.20ลักซ์ DF= 0.14 %

ที่ระยะ 13.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 62.1 ลักซ์ DF= 0.24 %

ที่ระยะ 15.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 58.83ลักซ์ DF= 0.22 %

- พื้นที่ทานอาหาร แนวการวัดที่ 4

ที่ระยะ 1.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 687.00ลักซ์ DF= 2.53 %

ที่ระยะ 3.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 295.67 ลักซ์ DF= 1.16 %

ที่ระยะ 5.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 241.67ลักซ์ DF= 0.89 %

ที่ระยะ 7.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 193.00 ลักซ์ DF= 0.69 %

ที่ระยะ 9.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 168.00ลักซ์ DF= 0.60 %

- พื้นที่ทานอาหาร แนวการวัดที่ 5

ที่ระยะ 1.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 3174.00 ลักซ์ DF= 11.11 %

ที่ระยะ 3.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 783.33 ลักซ์ DF= 2.63 %

ที่ระยะ 5.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 319.00 ลักซ์ DF= 1.16 %

ที่ระยะ 7.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 200.33ลักซ์ DF= 0.76 %

ที่ระยะ 9.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 203.00ลักซ์ DF= 0.99 %

<u>พื้นที่ชั้นลอย</u> (ดูรูปที่ที่ 4.4)

ที่ระยะ 1.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 746.00 ลักซ์ DF= 2.49 %

ที่ระยะ 3.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 304.50 ลักซ์ DF= 1.01 %

ที่ระยะ 5.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 96.00 ลักซ์ DF= 0.32 %

ที่ระยะ 7.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 54.45ลักซ์ DF= 0.18 %

ที่ระยะ 9.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 52.45 ลักซ์ DF= 0.18 %

ที่ระยะ 11.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 82.05ลักซ์ DF= 0.31 %

ที่ระยะ 13.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 75.50ลักซ์ DF= 0.20 %

<u>พื้นที่โถงพักคอยชั้น 2</u> (ดูรูปที่ที่ 4.5)

- โถงพักคอยชั้น 2 แนวการวัดที่ 1

ที่ระยะ 1.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 76.67 ลักซ์ DF= 0.29 %

ที่ระยะ 3.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 75.77 ลักซ์ DF= 0.28 %

ที่ระยะ 5.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 75.93 ลักซ์ DF= 0.28 %

ที่ระยะ 7.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 73.83 ลักซ์ DF= 0.27 %

ที่ระยะ 9.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 71.40 ลักซ์ DF= 0.26 %

ที่ระยะ 11.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 64.33 ลักซ์ DF= 0.23 %

ที่ระยะ 13.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 37.53 ลักซ์ DF= 0.13 %

ที่ระยะ 15.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 43.03 ลักซ์ DF= 0.14 %

ที่ระยะ 17.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 41.08 ลักซ์ DF= 0.14 %

ที่ระยะ 19.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 34.50 ลักซ์ DF= 0.11 %

ที่ระยะ 21.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 41.07ลักซ์ DF= 0.13 %

ที่ระยะ 23.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 36.03 ลักซ์ DF= 0.12 %
ที่ระยะ 25.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 37.33 ลักซ์ DF= 0.12 %
ที่ระยะ 27.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 42.67 ลักซ์ DF= 0.14 %

- โถงพักคอยชั้น 2 แนวการวัดที่ 2

ที่ระยะ 1.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 80.10 ลักซ์ DF= 0.27 %
ที่ระยะ 3.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 81.50 ลักซ์ DF= 0.30 %
ที่ระยะ 5.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 74.30 ลักซ์ DF= 0.29 %
ที่ระยะ 7.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 91.90 ลักซ์ DF= 0.35 %
ที่ระยะ 9.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 99.20 ลักซ์ DF= 0.37 %
ที่ระยะ 11.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 91.05 ลักซ์ DF= 0.34 %
ที่ระยะ 13.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 87.50 ลักซ์ DF= 0.30 %
ที่ระยะ 15.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 96.30 ลักซ์ DF= 0.36 %
ที่ระยะ 17.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 83.50 ลักซ์ DF= 0.31 %
ที่ระยะ 19.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 86.65 ลักซ์ DF= 0.31 %
ที่ระยะ 21.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 75.00 ลักซ์ DF= 0.27 %
ที่ระยะ 23.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 110.00 ลักซ์ DF= 0.37 %

- โถงพักคอยชั้น 2 แนวการวัดที่ 3

ที่ระยะ 1.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 193.33 ลักซ์ DF= 0.62 %
ที่ระยะ 3.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 144.00 ลักซ์ DF= 0.46 %
ที่ระยะ 5.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 106.87 ลักซ์ DF= 0.34 %
ที่ระยะ 7.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 96.10 ลักซ์ DF= 0.30 %
ที่ระยะ 9.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 78.77 ลักซ์ DF= 0.25 %
ที่ระยะ 11.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 70.75 ลักซ์ DF= 0.19 %

- โถงพักคอยชั้น 2 แนวการวัดที่ 4

ที่ระยะ 1.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 4502.17 ลักซ์ DF= 12.74 %
ที่ระยะ 3.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 1370.33 ลักซ์ DF= 3.89 %
ที่ระยะ 5.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 588.00 ลักซ์ DF= 1.54 %
ที่ระยะ 7.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 298.67 ลักซ์ DF= 0.67 %
ที่ระยะ 9.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 146.33 ลักซ์ DF= 0.30 %
ที่ระยะ 11.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 145.00 ลักซ์ DF= 0.37 %

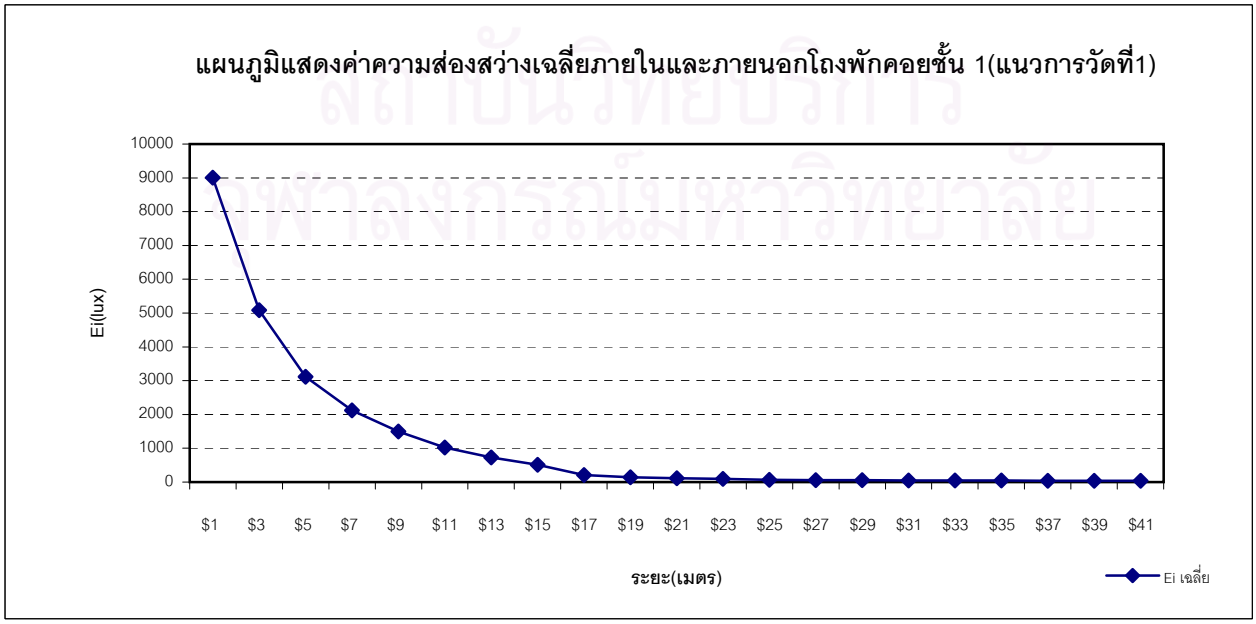
<u>พื้นที่ทำงานชั้น 3</u> (ดูรูปที่ที่ 4.6)

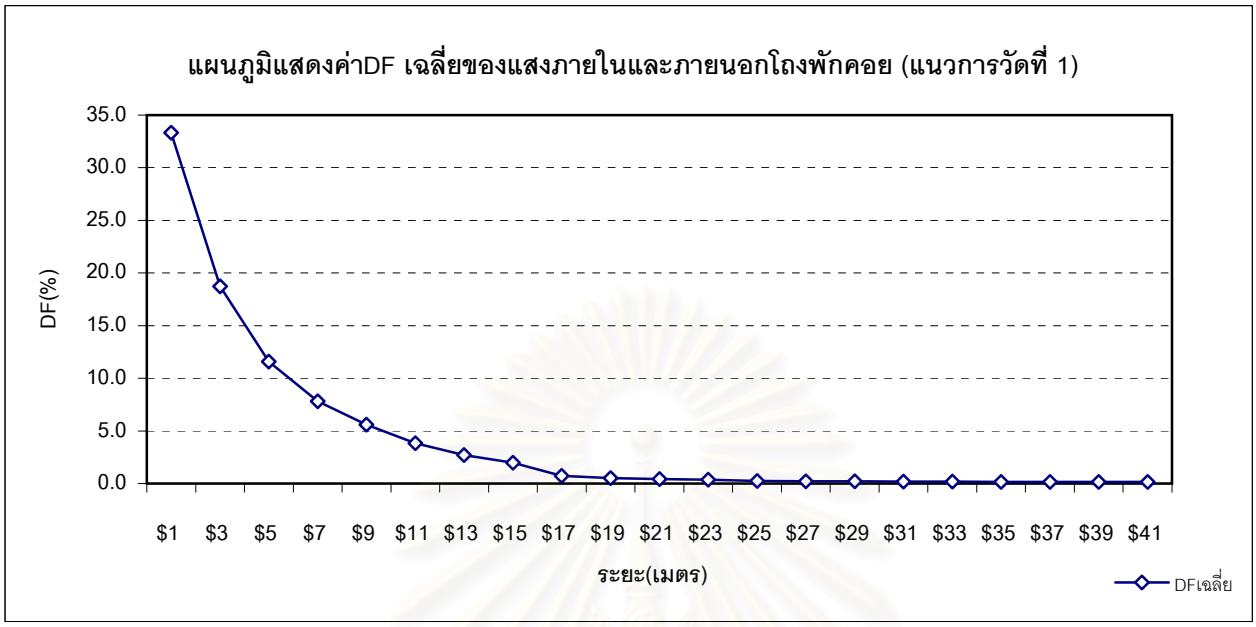
- พื้นที่ห้องประชุมชั้น 3 แนวการวัดที่ 1

ที่ระยะ 1.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 1055.00 ลักซ์ DF= 3.25 %
ที่ระยะ 3.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 385.50 ลักซ์ DF= 1.23 %
ที่ระยะ 5.00 เมตร มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ย 206.50 ลักซ์ DF= 0.67 %

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในและภายนอกโถงพักคอยชั้นล่าง (แนวการวัดที่ 1)

ระยะ(เมตร)	Ei 1 (lux)	DF1 (%)	Ei 2 (lux)	DF2 (%)	Ei 3 (lux)	DF3 (%)	Ei เฉลี่ย (lux)	DFเฉลี่ย (%)	หมายเหตุ
1	6000.00	16.81	16060.00	59.70	4960.00	23.51	9006.67	33.34	นอกอาคาร
3	3440.00	9.58	9460.00	35.30	2350.00	11.35	5083.33	18.74	นอกอาคาร
5	2180.00	6.07	5490.00	20.49	1690.00	8.20	3120.00	11.59	นอกอาคาร
7	1501.00	4.13	3830.00	14.29	1040.00	5.07	2123.67	7.83	นอกอาคาร
9	1080.00	2.94	2600.00	9.77	820.00	4.08	1500.00	5.60	นอกอาคาร
11	741.00	2.01	1780.00	6.67	555.00	2.80	1025.33	3.83	นอกอาคาร
13	545.00	1.48	1250.00	4.63	399.00	2.03	731.33	2.71	นอกอาคาร
15	238.00	0.65	958.00	3.55	331.00	1.71	509.00	1.97	ในอาคาร
17	162.00	0.44	359.00	1.31	92.80	0.48	204.60	0.74	ในอาคาร
19	120.00	0.33	241.00	0.86	73.50	0.39	144.83	0.53	ในอาคาร
21	90.00	0.25	179.00	0.62	75.30	0.40	114.77	0.42	ในอาคาร
23	74.00	0.20	155.00	0.53	62.40	0.37	97.13	0.37	ในอาคาร
25	61.00	0.17	89.80	0.31	41.30	0.22	64.03	0.23	ในอาคาร
27	52.20	0.15	85.30	0.28	35.80	0.20	57.77	0.21	ในอาคาร
29	47.70	0.13	75.30	0.25	41.10	0.22	54.70	0.20	ในอาคาร
31	42.70	0.12	57.60	0.19	43.60	0.22	47.97	0.18	ในอาคาร
33	42.00	0.12	52.50	0.17	43.30	0.24	45.93	0.18	ในอาคาร
35	39.20	0.11	45.80	0.15	44.60	0.24	43.20	0.17	ในอาคาร
37	37.90	0.11	45.10	0.15	41.70	0.23	41.57	0.16	ในอาคาร
39	30.40	0.09	43.10	0.14	43.30	0.24	38.93	0.16	ในอาคาร
41	26.20	0.08	39.70	0.13	47.70	0.26	37.87	0.16	ในอาคาร





Ei 1 = ค่าความส่องสว่างจากการวัดแสงจากสภาพท้องฟ้า overcast sky วันที่ 4 -11 -42

DF 1 =ค่า DF ของการวัดแสงจากสภาพท้องฟ้า overcast sky วันที่ 4-11-42

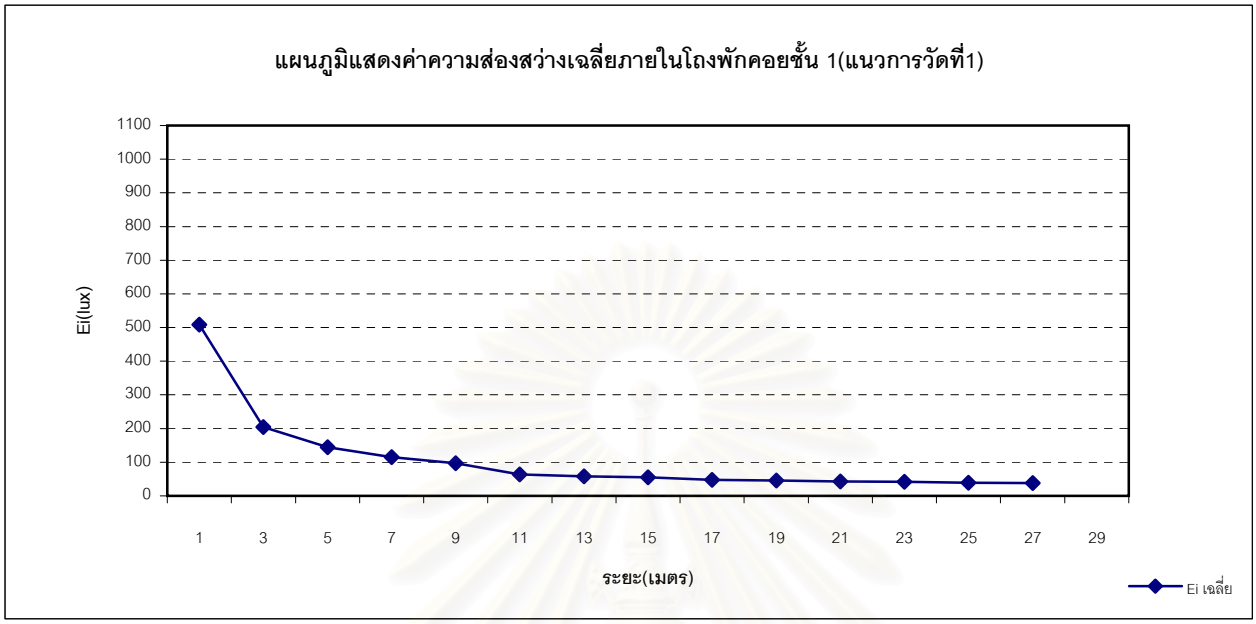
Ei 2 = ค่าความส่องสว่างจากการวัดแสงจากสภาพท้องฟ้า overcast sky ช่วงเช้า วันที่ 3-12 -42

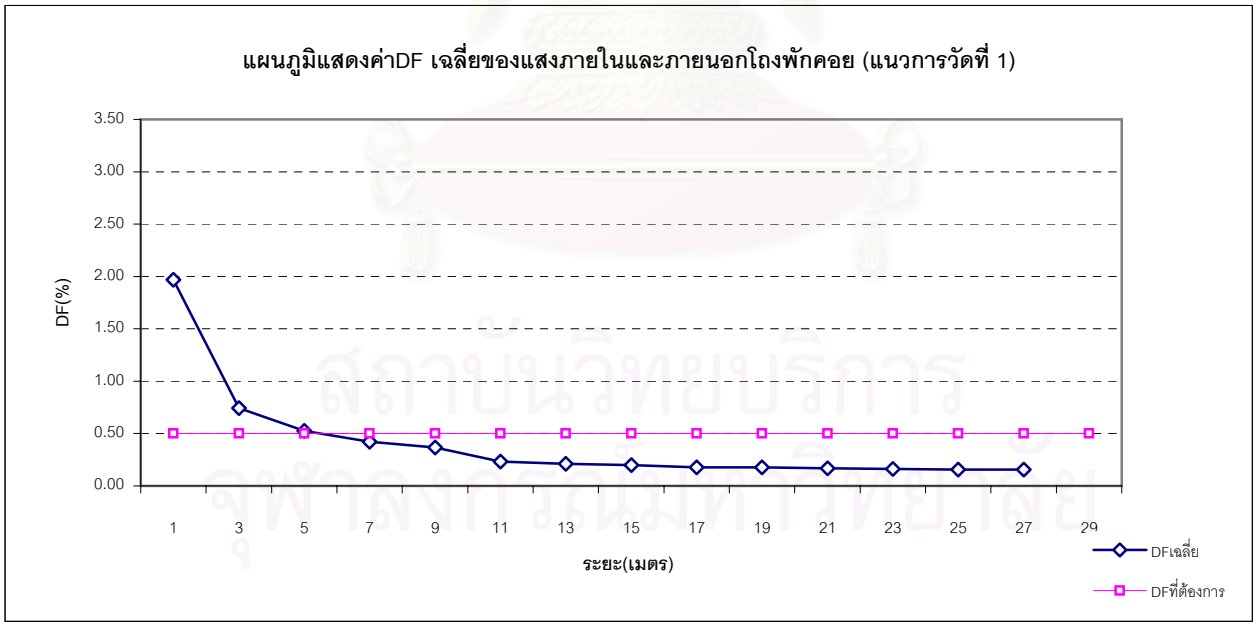
DF 2 = ค่า DF ของการวัดแสงจากสภาพท้องฟ้า overcast sky ช่วงเช้า วันที่ 3-12-42

Ei 3 = ค่าความส่องสว่างจากการวัดแสงจากสภาพท้องฟ้า overcast sky ช่วงเที่ยง วันที่ 3-12 -42

DF 3 = ค่า DF ของการวัดแสงจากสภาพท้องฟ้า overcast sky ช่วงเที่ยง วันที่ 3-12-42

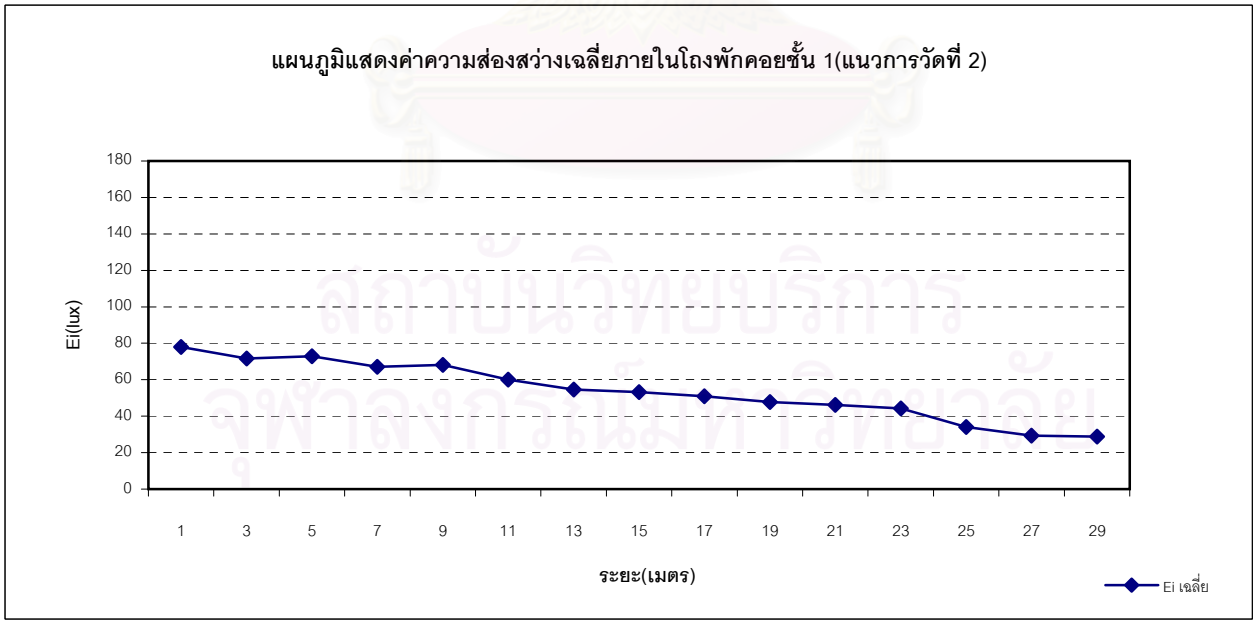
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

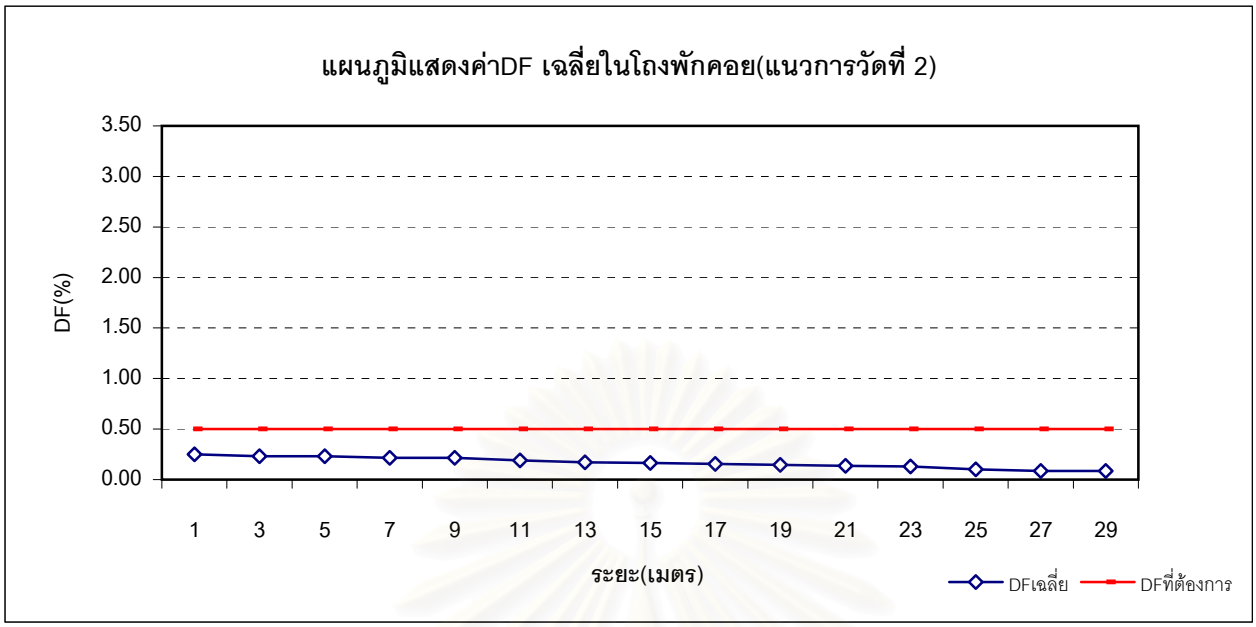

แผนภูมิแสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 1(แนวการวัดที่1)
Ei(lux)
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29
ระยะ(เมตร)
Ei เฉลี่ย


แผนภูมิแสดงค่าDF เฉลี่ยของแสงภายในและภายนอกโถงพักคอย (แนวการวัดที่ 1)
DF(%)
3.50
3.00
2.50
2.00
1.50
1.00
0.50
0.00
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21 23 25 27 29
ระยะ(เมตร)
DFเฉลี่ย
DFที่ต้องการ

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้นล่าง (แนวการวัดที่ 2)

ระยะ(เมตร)	Ei 1 (lux)	DF1 (%)	Ei 2 (lux)	DF2 (%)	Ei 3 (lux)	DF3 (%)	Ei เฉลี่ย (lux)	DFเฉลี่ย (%)	DFที่ต้องการ
1	65.10	0.21	91.00	0.29	-	-	78.05	0.25	1
3	58.60	0.19	84.80	0.27	-	-	71.70	0.23	1
5	58.30	0.19	87.40	0.27	-	-	72.85	0.23	1
7	58.00	0.19	76.20	0.24	-	-	67.10	0.22	1
9	56.00	0.18	80.10	0.25	-	-	68.05	0.22	1
11	52.00	0.17	68.00	0.21	-	-	60.00	0.19	1
13	51.80	0.16	57.60	0.18	-	-	54.70	0.17	1
15	52.30	0.16	54.00	0.17	-	-	53.15	0.17	1
17	48	0.15	53.7	0.16	-	-	50.85	0.16	1
19	42	0.13	53.5	0.16	-	-	47.75	0.15	1
21	40.3	0.12	52.1	0.15	-	-	46.20	0.14	1
23	38.2	0.11	50.4	0.15	-	-	44.30	0.13	1
25	34	0.1	34.1	0.1	-	-	34.05	0.10	1
27	32.5	0.09	26.3	0.08	-	-	29.40	0.09	1
29	30.5	0.09	27.2	0.08	-	-	28.85	0.09	1

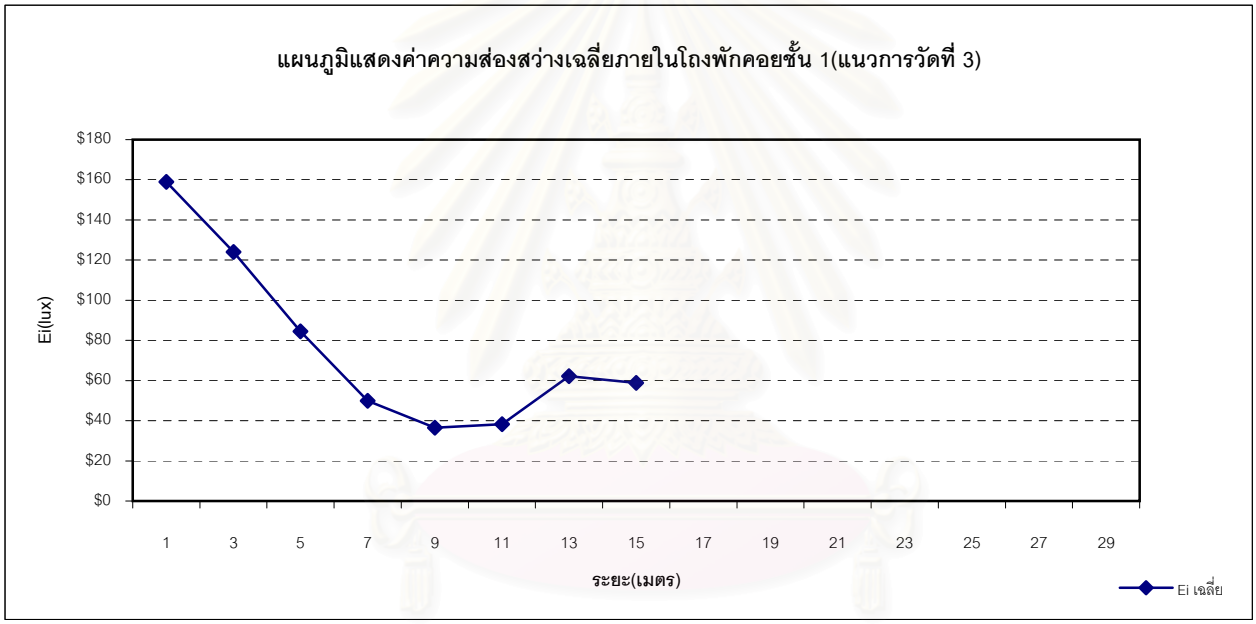


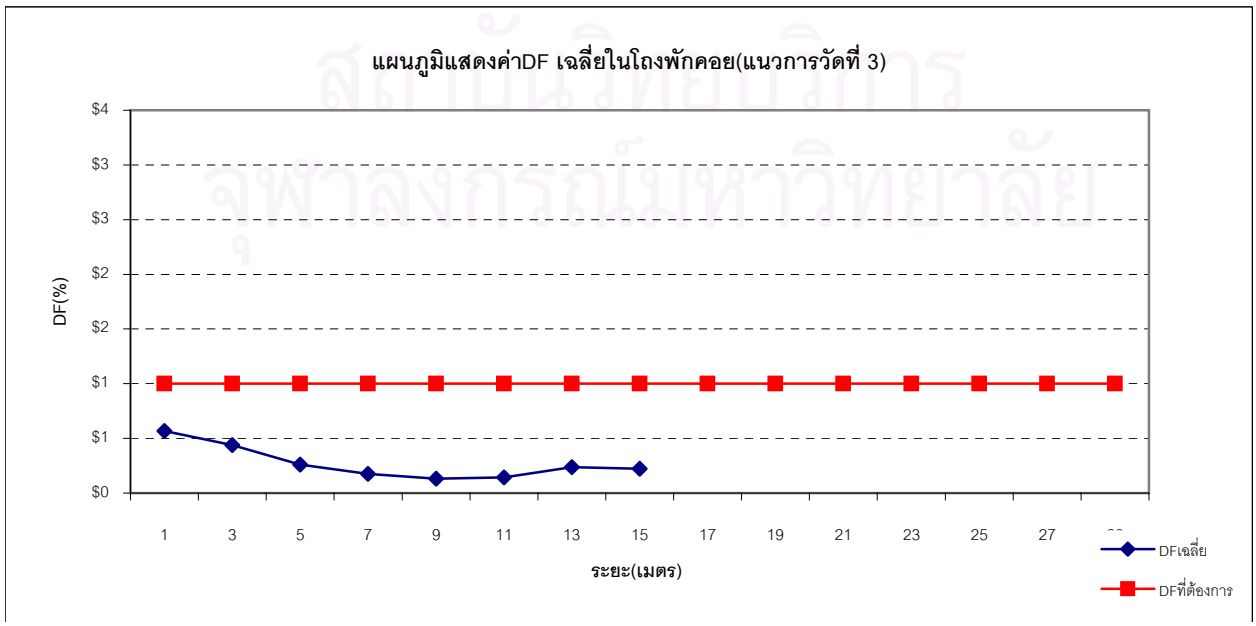


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้นล่าง (แนวการวัดที่ 3)

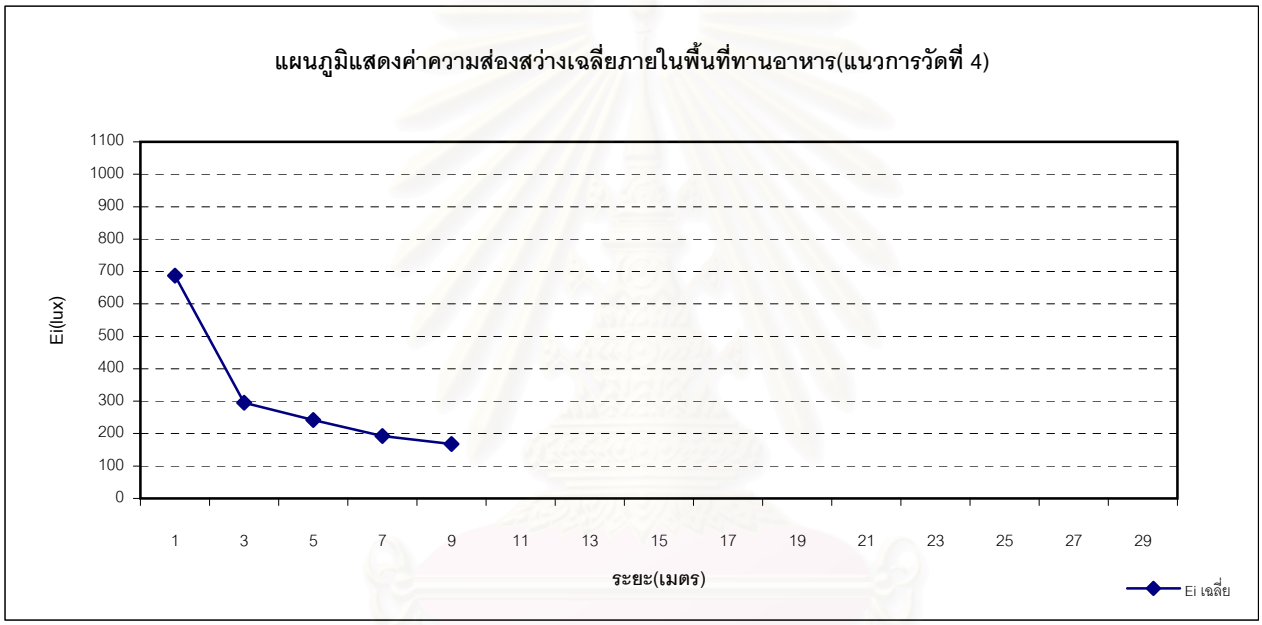
ระยะ(เมตร)	Ei 1 (lux)	DF1 (%)	Ei 2 (lux)	DF2 (%)	Ei 3 (lux)	DF3 (%)	Ei เฉลี่ย (lux)	DFเฉลี่ย (%)	DFที่ต้องการ
1	148.00	0.51	172.00	0.45	157.00	0.74	159.00	0.57	1
3	98.00	0.34	159.00	0.42	115.00	0.56	124.00	0.44	1
5	74.30	0.26	133.70	0.30	45.70	0.22	84.57	0.26	1
7	65.20	0.23	51.90	0.14	32.70	0.16	49.93	0.18	1
9	43.80	0.15	37.10	0.10	28.70	0.14	36.53	0.13	1
11	45.20	0.16	34.60	0.10	34.80	0.18	38.20	0.14	1
13	66.00	0.24	57.50	0.16	62.80	0.32	62.10	0.24	1
15	39.20	0.14	79.20	0.22	58.10	0.30	58.83	0.22	1

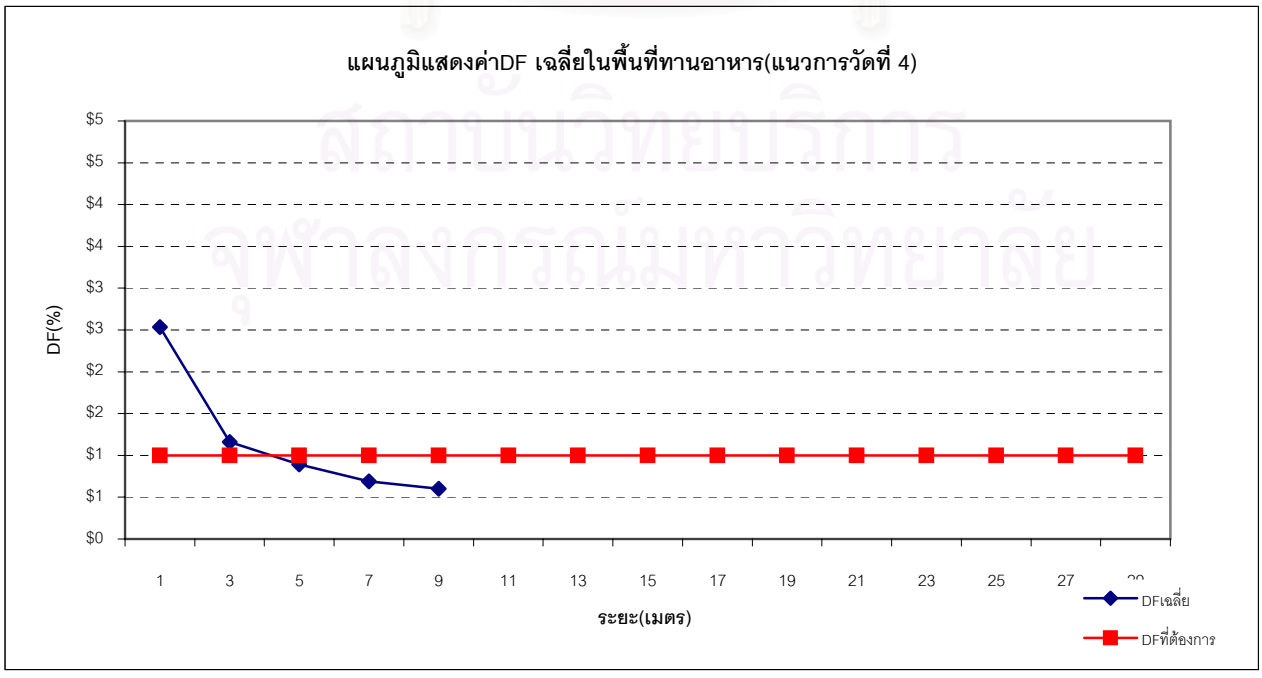




ตารางที่ 3.6 แสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในพื้นที่ทานอาหาร (แนวการวัดที่ 4)

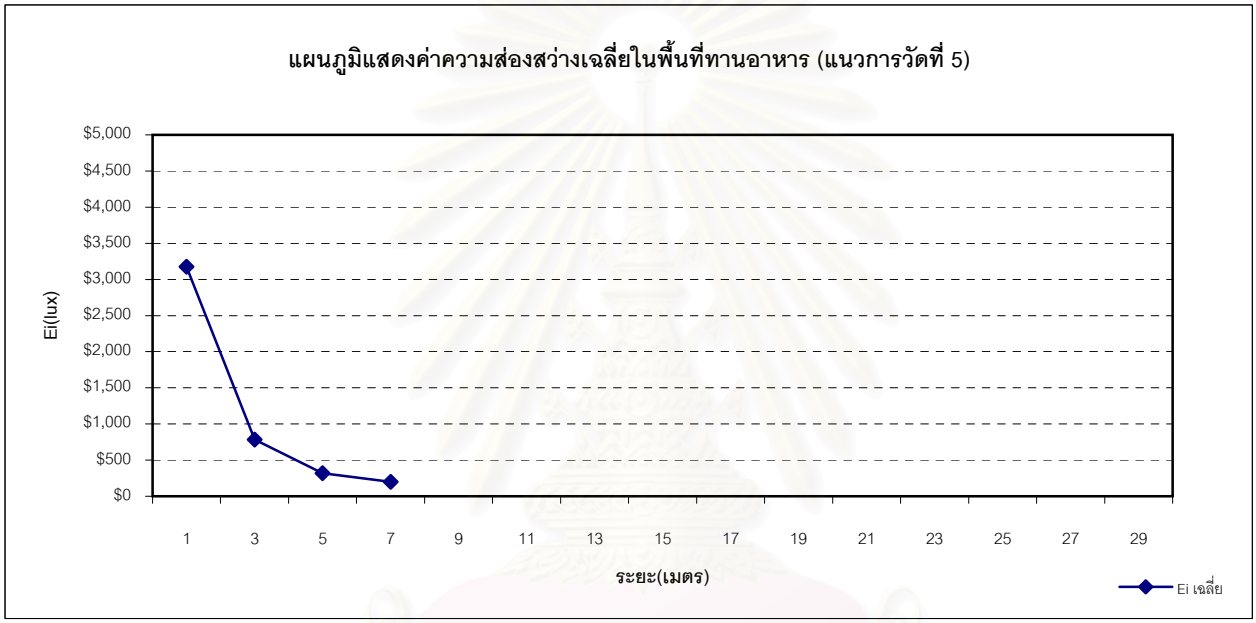
ระยะ(เมตร)	Ei 1 (lux)	DF1 (%)	Ei 2 (lux)	DF2 (%)	Ei 3 (lux)	DF3 (%)	Ei เฉลี่ย (lux)	DFเฉลี่ย (%)	DFที่ต้องการ
1	614.00	3.00	1010.00	2.54	437.00	2.07	687.00	2.53	1
3	380.00	1.84	351.00	0.89	156.00	0.75	295.67	1.16	1
5	250.00	1.19	355.00	0.90	120.00	0.58	241.67	0.89	1
7	231.00	1.07	301.00	0.77	47.00	0.23	193.00	0.69	1
9	217.00	0.96	247.00	0.64	40.00	0.20	168.00	0.60	1

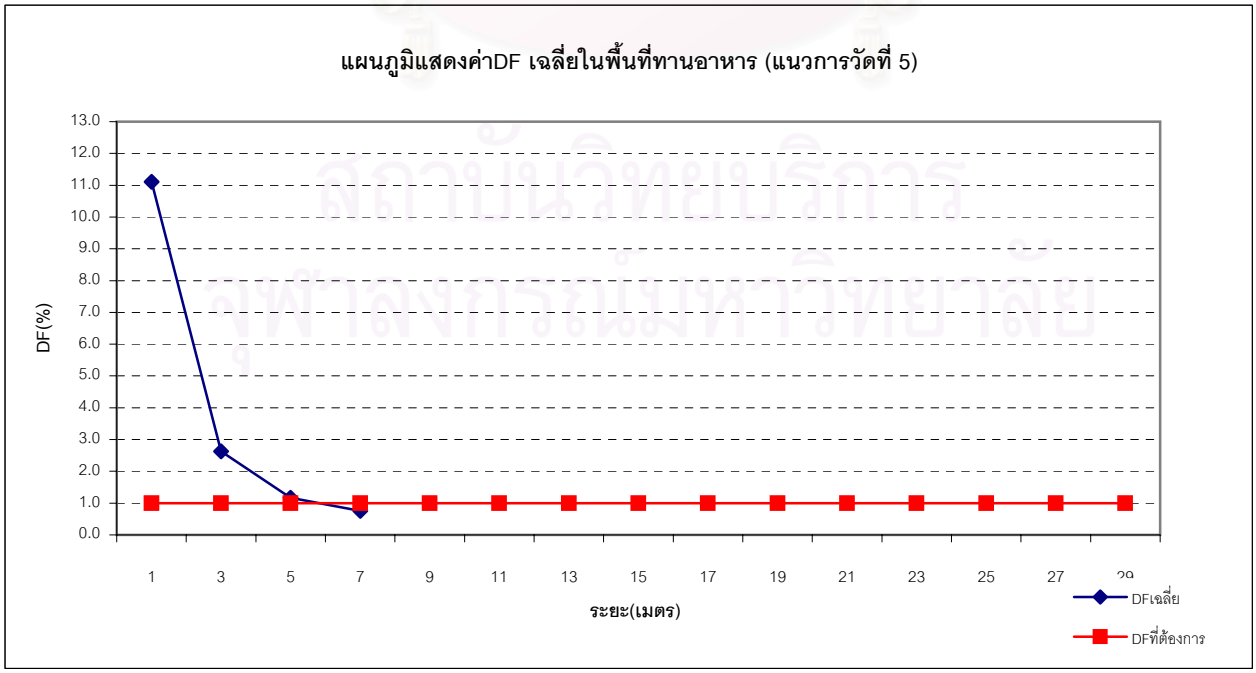




ตารางที่ 3.7 แสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในพื้นที่ทานอาหาร (แนวการวัดที่ 5)

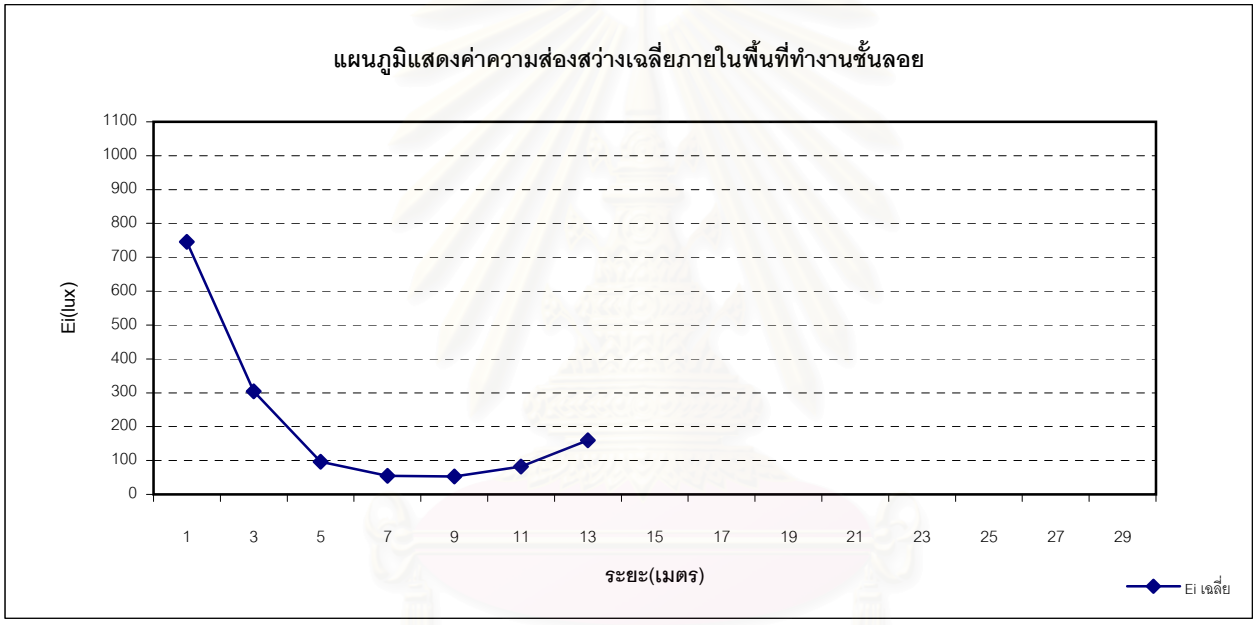
ระยะ(เมตร)	Ei 1 (lux)	DF1 (%)	Ei 2 (lux)	DF2 (%)	Ei 3 (lux)	DF3 (%)	Ei เฉลี่ย (lux)	DFเฉลี่ย (%)	DFที่ต้องการ
1	2850.00	13.07	5420.00	13.45	1253.00	6.80	3174.33	11.11	1
3	519.00	2.44	1520.00	3.76	311.00	1.70	783.33	2.63	1
5	281.00	1.34	518.00	1.29	158.00	0.86	319.00	1.16	1
7	225.00	1.09	279.00	0.70	97.00	0.49	200.33	0.76	1

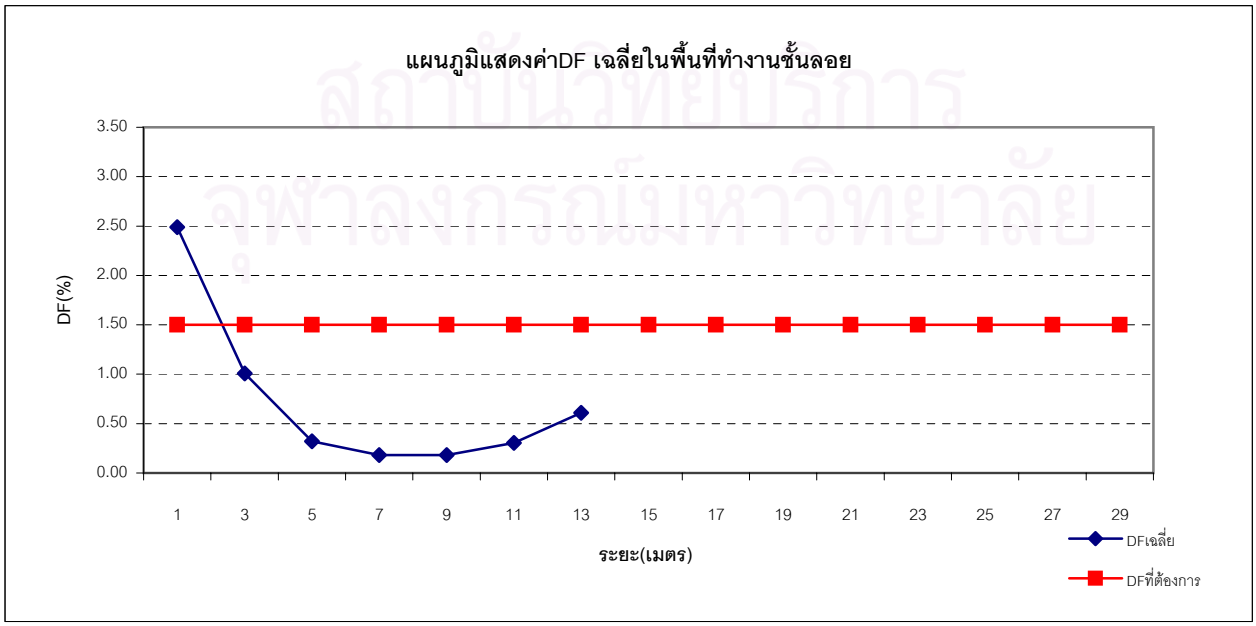




ตารางที่ 3.8 แสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในพื้นที่ทำงานชั้นลอย

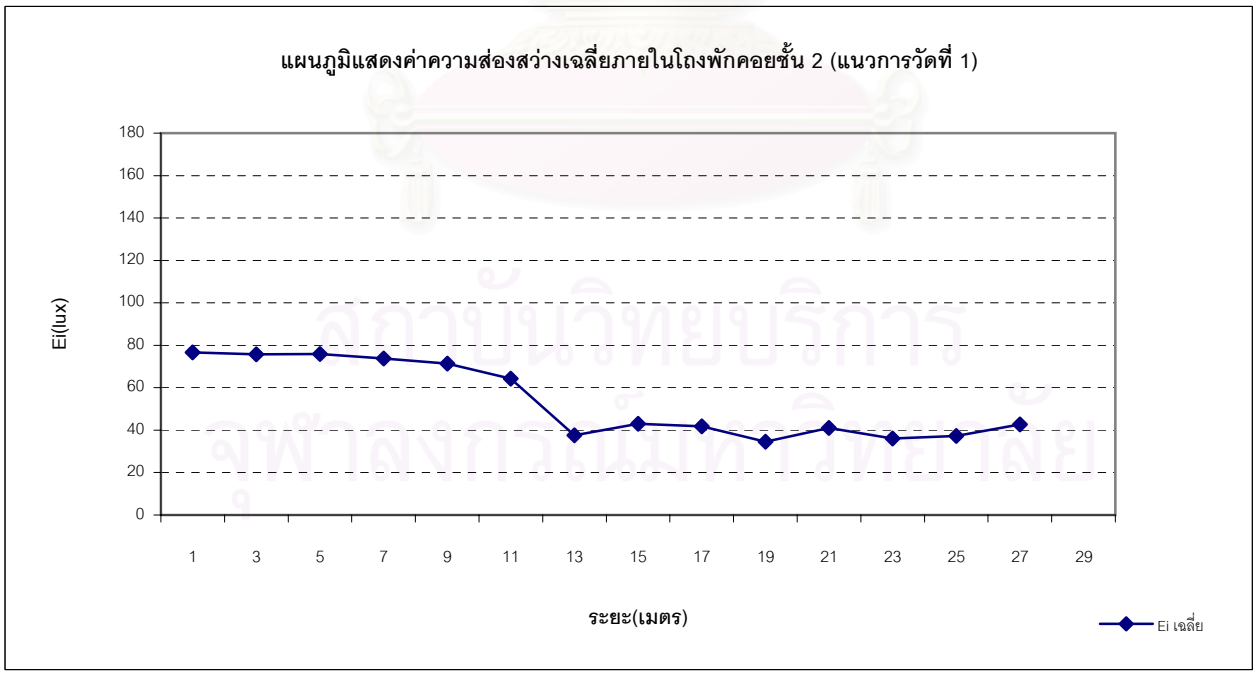
ระยะ(เมตร)	Ei 1 (lux)	DF1 (%)	Ei 2 (lux)	DF2 (%)	Ei 3 (lux)	DF3 (%)	Ei เฉลี่ย (lux)	DFเฉลี่ย (%)	DFที่ต้องการ
1	955.00	2.69	537.00	2.29	-	-	746.00	2.49	2
3	397.00	1.11	212.00	0.90	-	-	304.50	1.01	2
5	119.00	0.33	73.00	0.31	-	-	96.00	0.32	2
7	64.00	0.18	44.90	0.19	-	-	54.45	0.18	2
9	49.20	0.13	55.70	0.23	-	-	52.45	0.18	2
11	52.10	0.14	112.00	0.47	-	-	82.05	0.31	2
13	75.50	0.20	244.00	1.01	-	-	159.75	0.61	2

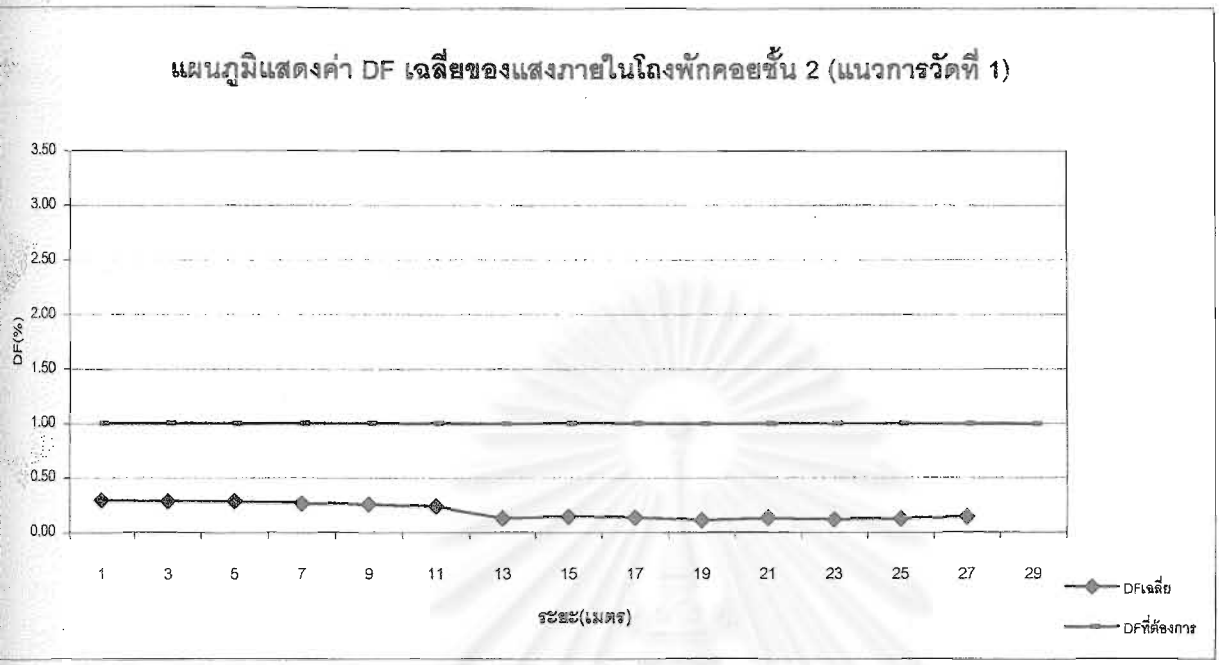




ตารางที่ 3.9 แสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1)

ระยะ(เมตร)	Ei 1 (lux)	DF1 (%)	Ei 2 (lux)	DF2 (%)	Ei 3 (lux)	DF3 (%)	Ei เฉลี่ย (lux)	DFเฉลี่ย (%)	DFที่ต้องการ
1	66.60	0.35	96.00	0.24	67.40	0.28	76.67	0.29	1
3	63.70	0.33	94.10	0.24	69.50	0.28	75.77	0.28	1
5	60.40	0.31	94.80	0.24	72.60	0.30	75.93	0.28	1
7	52.30	0.26	97.40	0.25	71.80	0.29	73.83	0.27	1
9	47.40	0.23	95.80	0.25	71.00	0.29	71.40	0.26	1
11	39.30	0.19	87.20	0.23	66.50	0.28	64.33	0.23	1
13	25.60	0.12	59.10	0.16	27.90	0.12	37.53	0.13	1
15	26.70	0.12	80.80	0.22	21.60	0.09	43.03	0.14	1
17	20.20	0.09	86.00	0.24	19.20	0.08	41.80	0.14	1
19	17.20	0.08	70.40	0.19	15.90	0.07	34.50	0.11	1
21	18.70	0.08	91.70	0.25	12.80	0.06	41.07	0.13	1
23	18.20	0.08	74.40	0.21	15.50	0.07	36.03	0.12	1
25	16.90	0.07	77.70	0.23	17.40	0.08	37.33	0.12	1
27	17.80	0.07	93.00	0.27	17.20	0.08	42.67	0.14	1

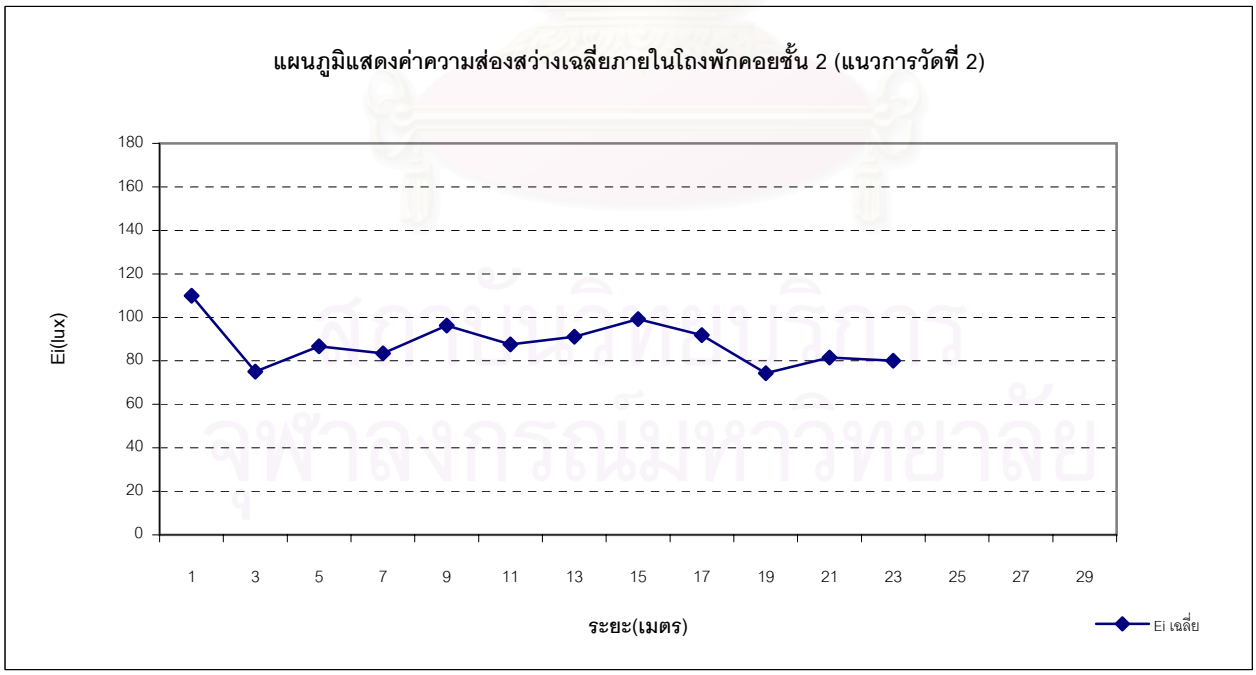


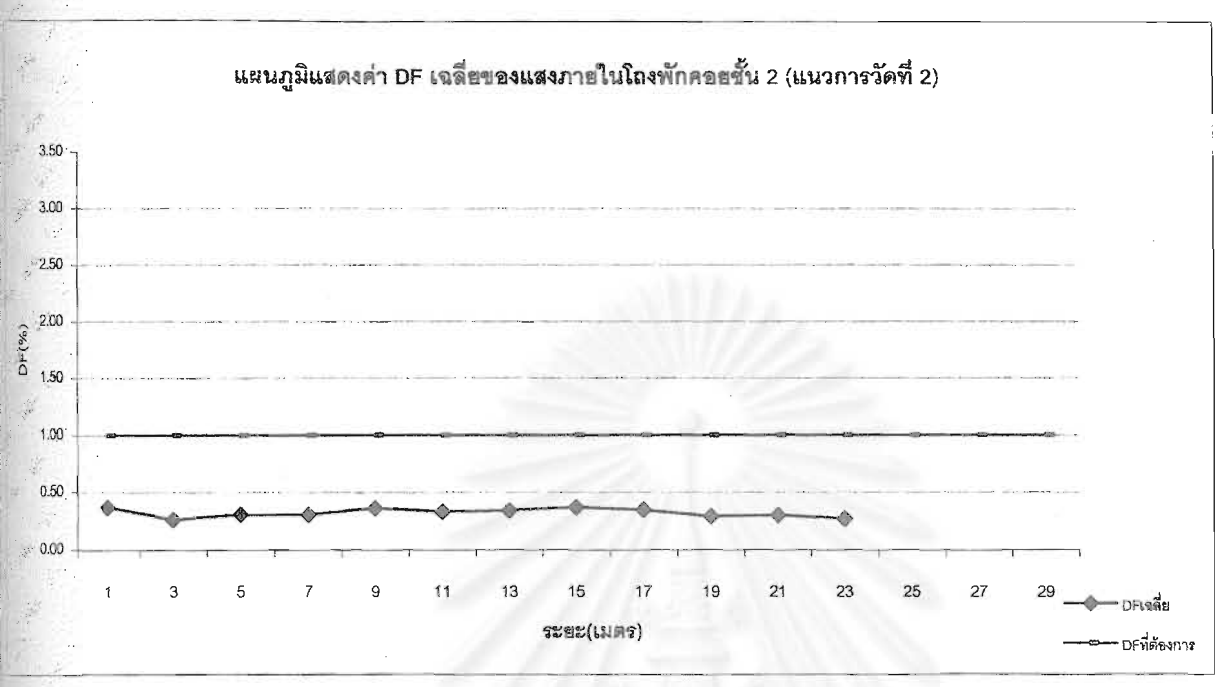


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.10 แสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2)

ระยะ(เมตร)	Ei 1 (lux)	DF1 (%)	Ei 2 (lux)	DF2 (%)	Ei 3 (lux)	DF3 (%)	Ei เฉลี่ย (lux)	DFเฉลี่ย (%)	DFที่ต้องการ
1	74.00	0.30	146.00	0.44	-	-	110.00	0.37	1
3	77.40	0.31	72.60	0.22	-	-	75.00	0.27	1
5	85.20	0.34	88.10	0.27	-	-	86.65	0.31	1
7	92.50	0.38	74.50	0.23	-	-	83.50	0.31	1
9	114.00	0.49	78.60	0.24	-	-	96.30	0.36	1
11	87.60	0.39	87.40	0.27	-	-	87.50	0.33	1
13	84.10	0.38	98.00	0.31	-	-	91.05	0.34	1
15	86.40	0.40	112.00	0.35	-	-	99.20	0.37	1
17	78.80	0.37	105.00	0.33	-	-	91.90	0.35	1
19	75.80	0.36	72.80	0.23	-	-	74.30	0.29	1
21	60.00	0.29	103.00	0.32	-	-	81.50	0.30	1
23	26.20	0.13	134.00	0.42	-	-	80.10	0.27	1

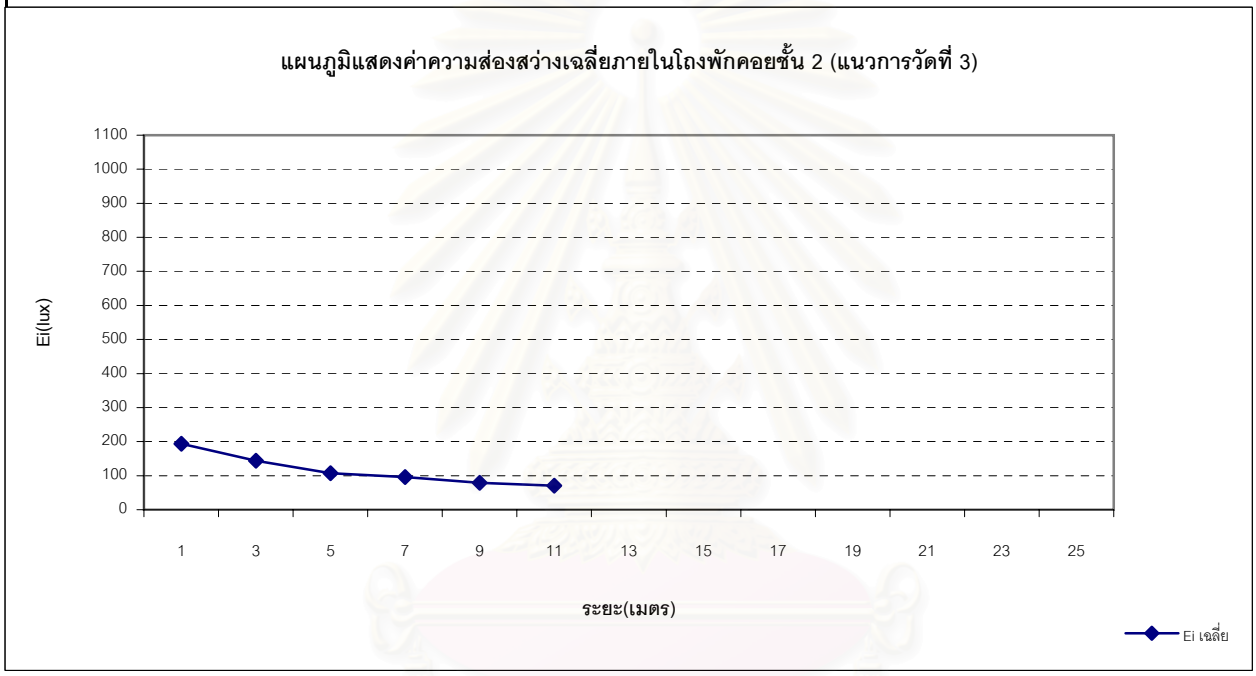


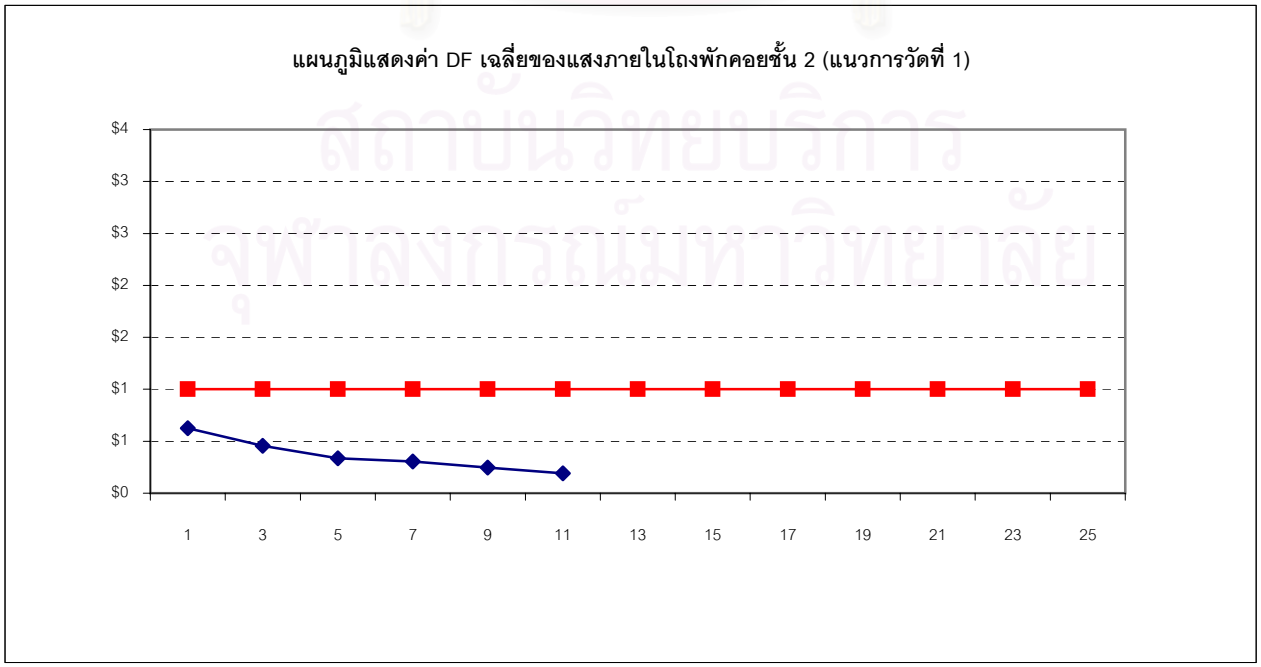


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.11 แสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 3)

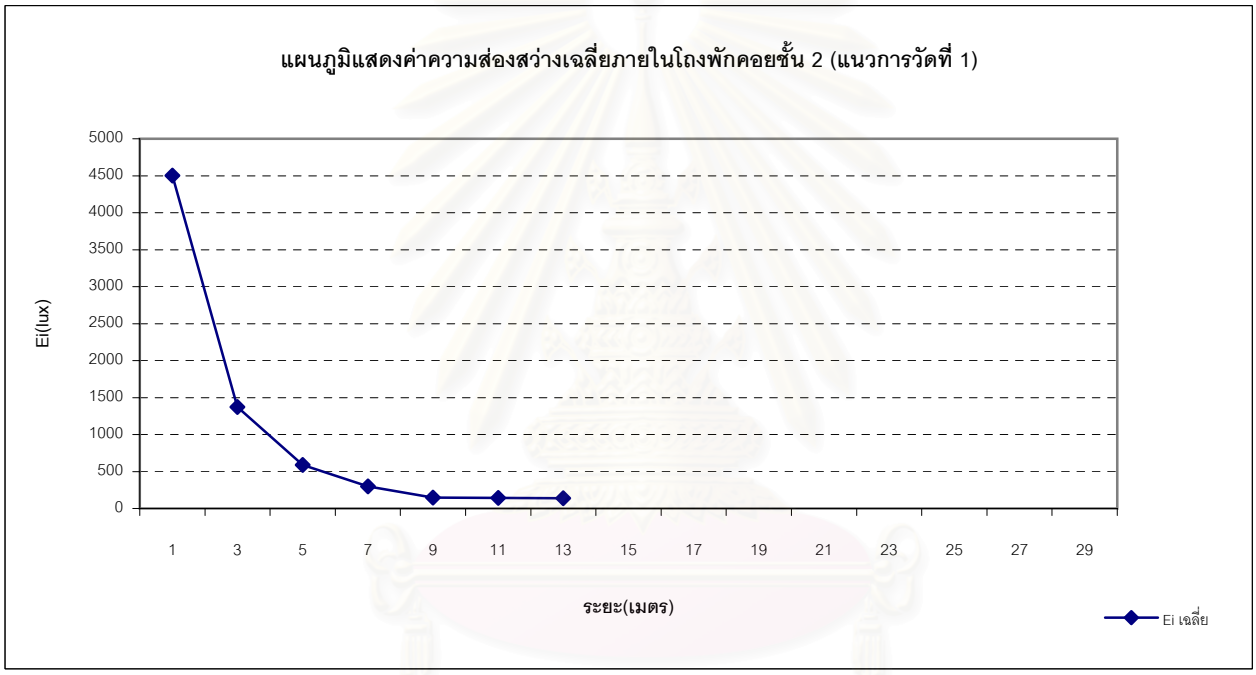
ระยะ(เมตร)	Ei 1 (lux)	DF1 (%)	Ei 2 (lux)	DF2 (%)	Ei 3 (lux)	DF3 (%)	Ei เฉลี่ย (lux)	DFเฉลี่ย (%)	DFที่ต้องการ
1	152.00	0.64	240.00	0.64	188.00	0.60	193.33	0.62	1
3	107.00	0.45	184.00	0.48	141.00	0.44	144.00	0.46	1
5	82.60	0.34	131.00	0.34	107.00	0.33	106.87	0.34	1
7	80	0.332	118.00	0.30	90.30	0.28	96.10	0.30	1
9	65.8	0.272	91.10	0.23	79.40	0.24	78.77	0.25	1
11			81.10	0.20	60.40	0.18	70.75	0.19	1

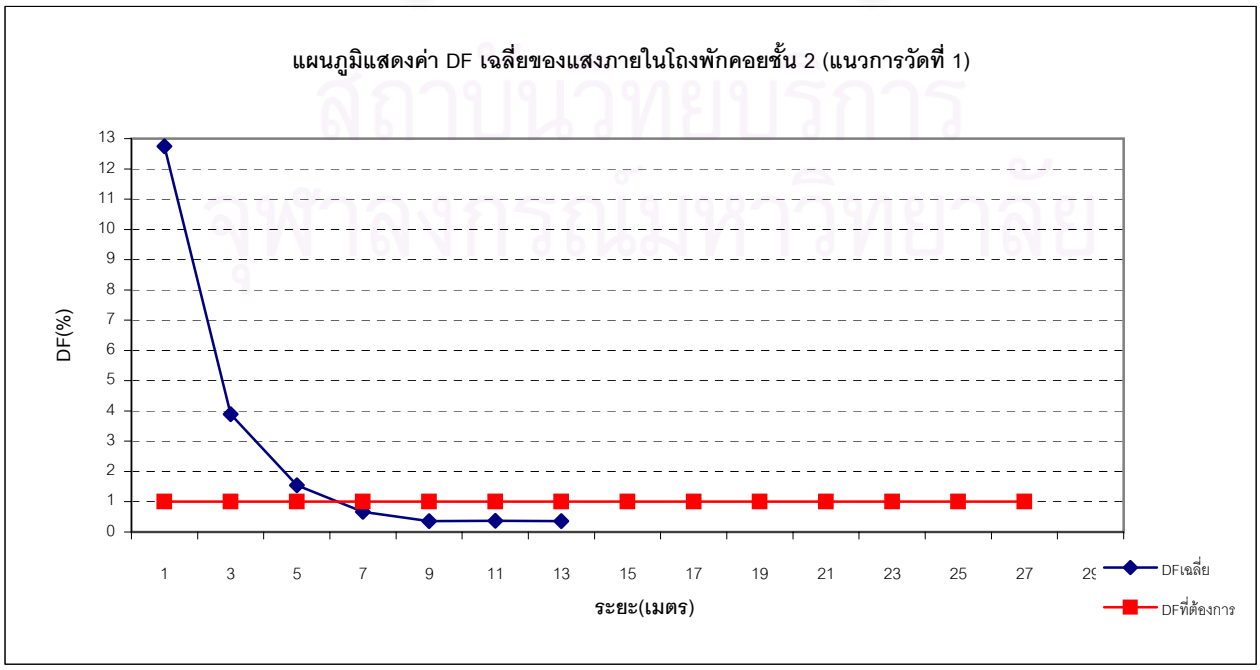




ตารางที่ 3.12 แสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 4)

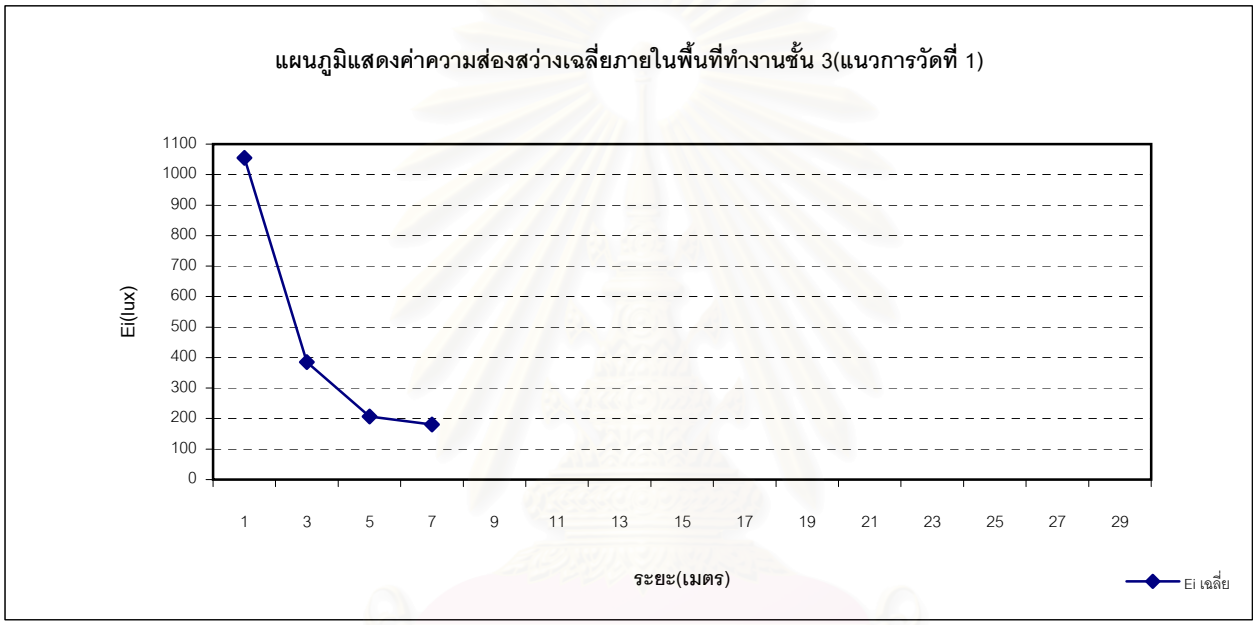
ระยะ(เมตร)	Ei 1 (lux)	DF1 (%)	Ei 2 (lux)	DF2 (%)	Ei 3 (lux)	DF3 (%)	Ei เฉลี่ย (lux)	DFเฉลี่ย (%)	DFที่ต้องการ
1	406.00	0.86	6180.00	14.37	6920.50	22.99	4502.17	12.74	1
3	150.00	0.32	1740.00	3.96	2221.00	7.40	1370.33	3.89	1
5	116.00	0.24	1000.00	2.22	648.00	2.16	588.00	1.54	1
7	91.00	0.19	651.00	1.30	154.00	0.52	298.67	0.67	1
9	80.00	0.17	313.00	0.75	46.00	0.15	146.33	0.36	1
11			255.00	0.62	35.00	0.12	145.00	0.37	1
13			242.00	0.59	34.00	0.12	138.00	0.36	1

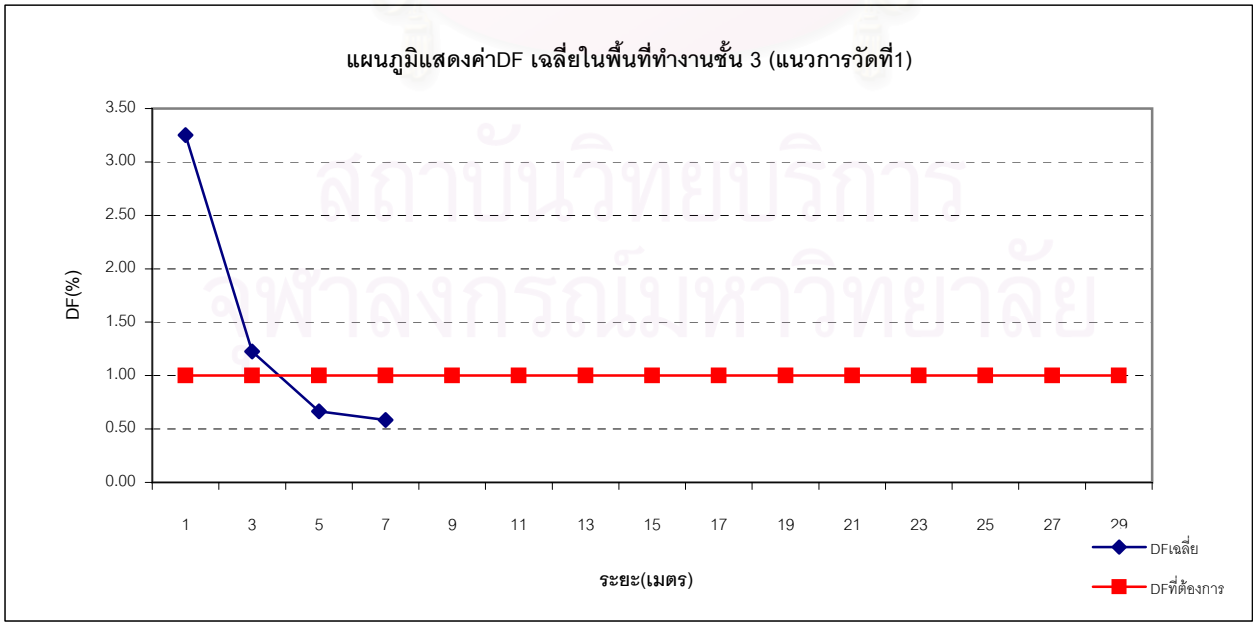




ตารางที่ 3.13 แสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในพื้นที่ทำงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 1)

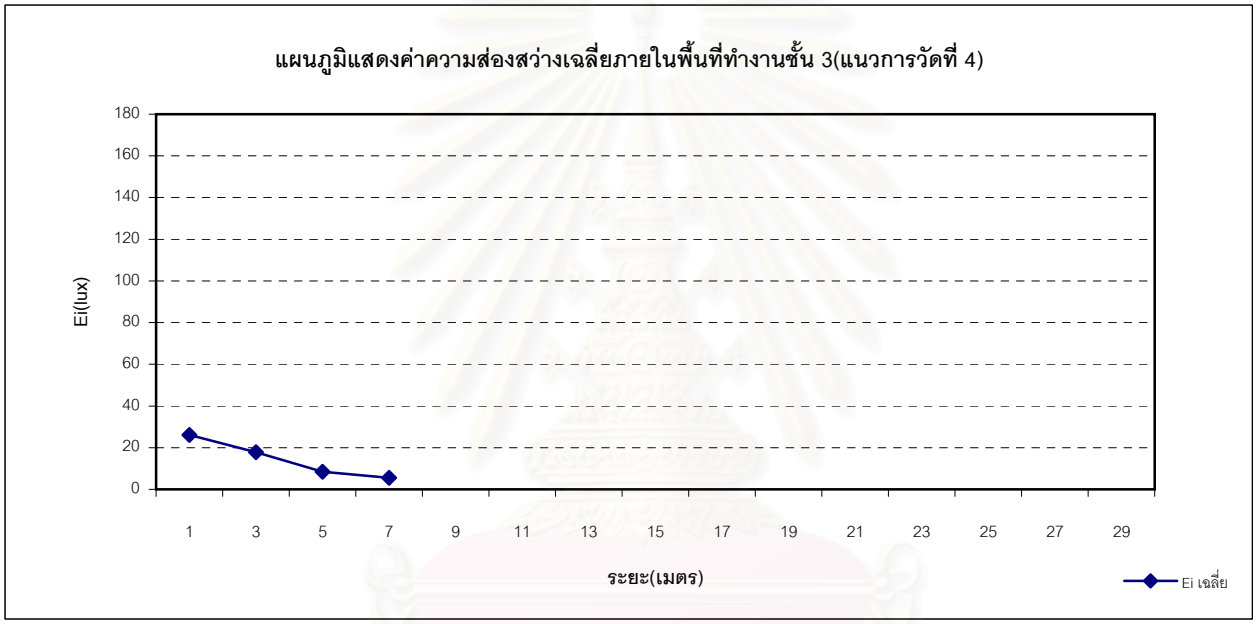
ระยะ(เมตร)	Ei 1 (lux)	DF1 (%)	Ei 2 (lux)	DF2 (%)	Ei 3 (lux)	DF3 (%)	Ei เฉลี่ย (lux)	DFเฉลี่ย (%)	DFที่ต้องการ
1			670.00	2.76	1440.00	3.74	1055.00	3.25	1
3			289.00	1.19	482.00	1.26	385.50	1.23	1
5			164.00	0.68	249.00	0.65	206.50	0.67	1
7			140.00	0.59	222.00	0.58	181.00	0.59	1

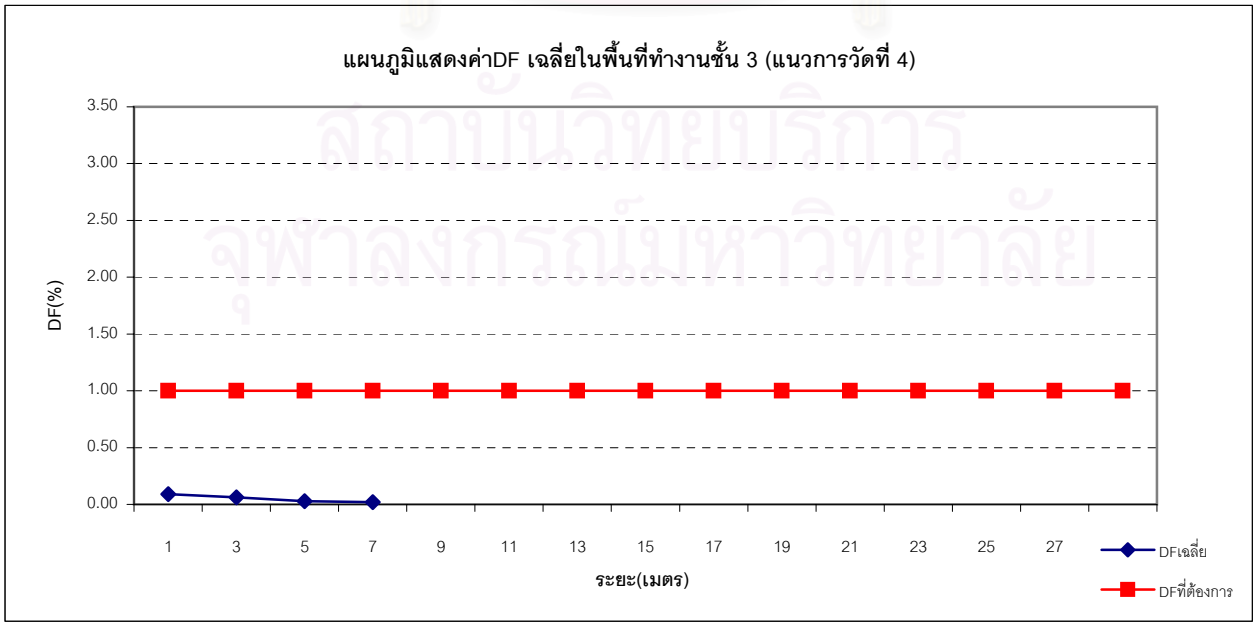




ตารางที่ 3.14 แสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในพื้นที่ทำงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 4)

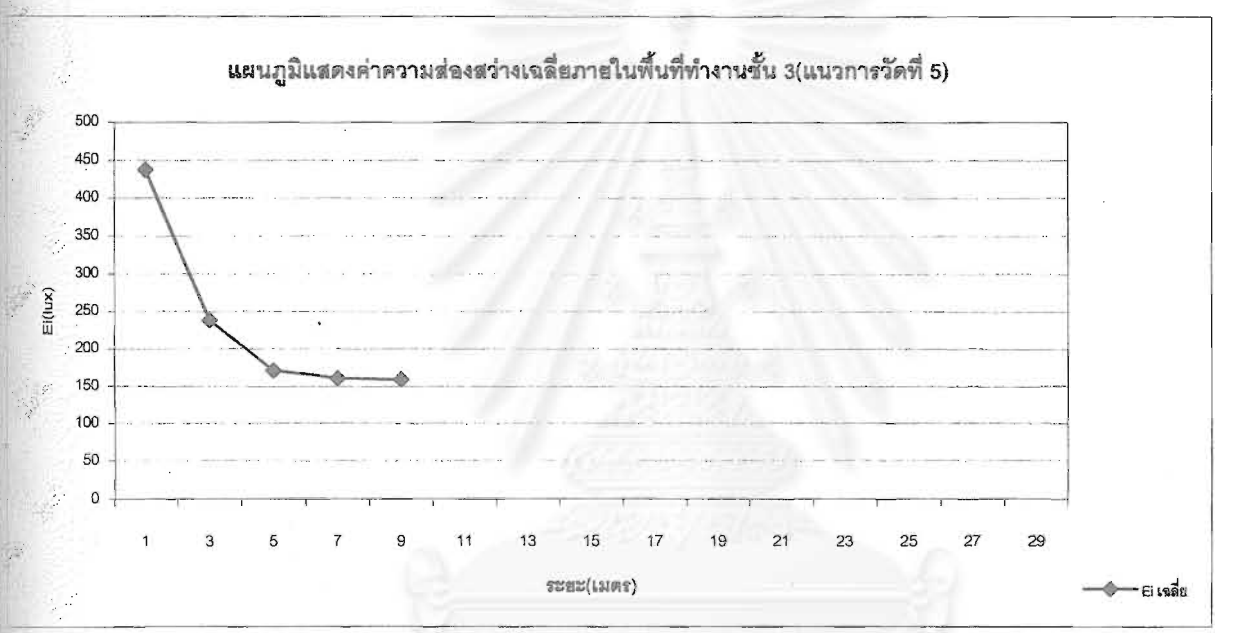
ระยะ(เมตร)	Ei 1 (lux)	DF1 (%)	Ei 2 (lux)	DF2 (%)	Ei 3 (lux)	DF3 (%)	Ei เฉลี่ย (lux)	DFเฉลี่ย (%)	DFที่ต้องการ
1	20.57	0.09	26.30	0.11	31.30	0.07	26.06	0.09	1
3	16.00	0.07	16.90	0.07	20.50	0.05	17.80	0.06	1
5	7.84	0.03	8.00	0.03	9.63	0.02	8.49	0.03	1
7	4.32	0.02	5.17	0.02	7.20	0.02	5.56	0.02	1

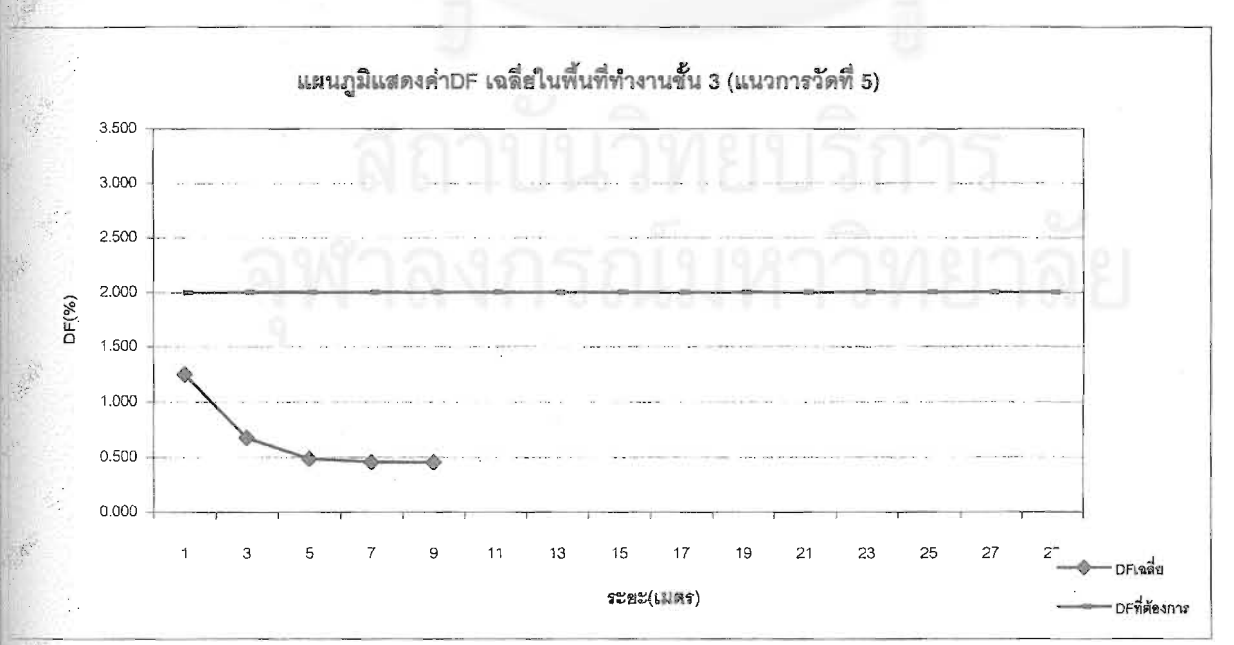


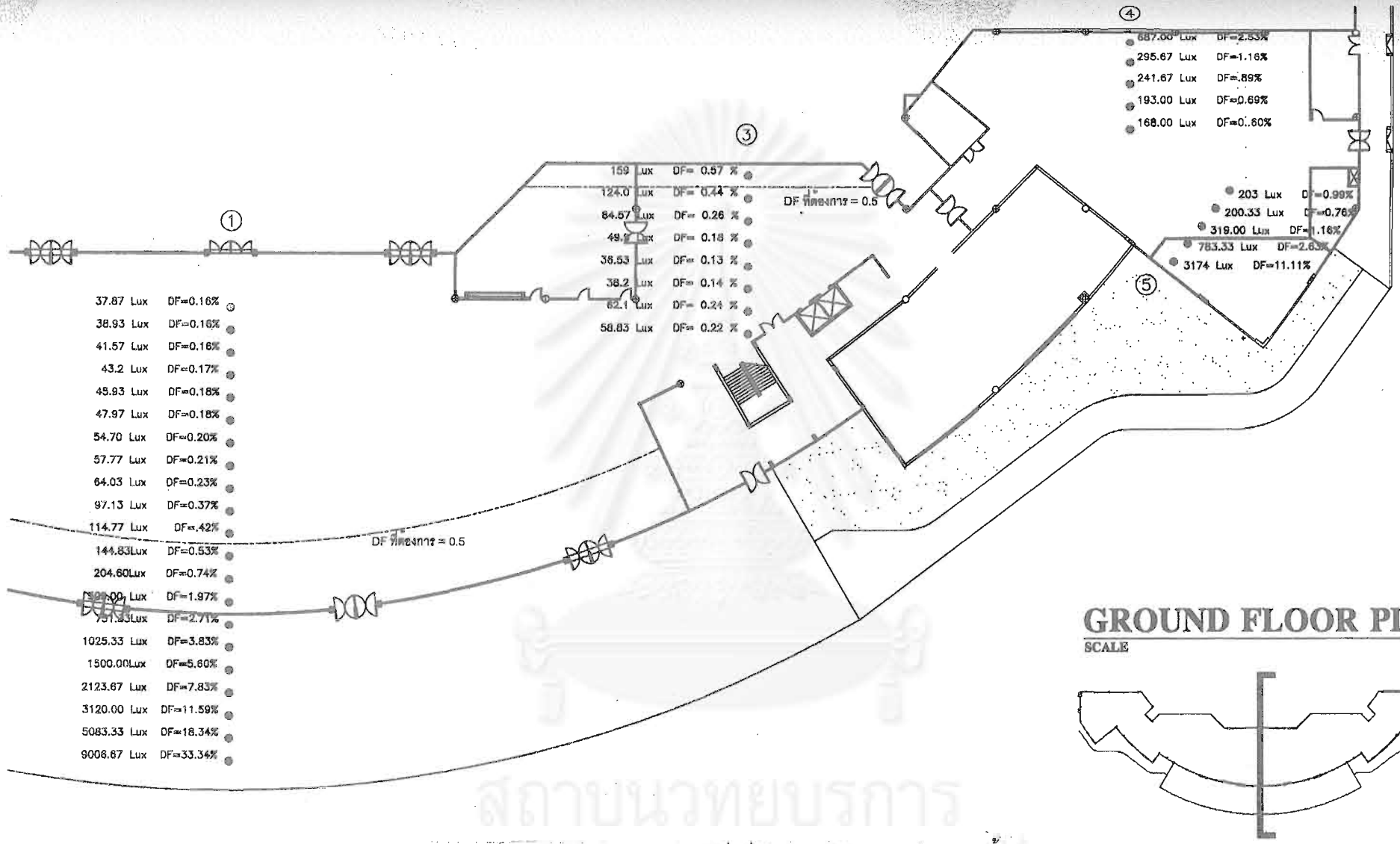


ตารางที่ 4.15 แสดงค่าความส่องสว่างเฉลี่ยภายในพื้นที่ทำงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 5)

ระยะ(เมตร)	Ei 1 (lux)	DF1 (%)	Ei 2 (lux)	DF2 (%)	Ei 3 (lux)	DF3 (%)	Ei เฉลี่ย (lux)	DFเฉลี่ย (%)	DFที่ต้องการ
1	402.50	1.15	472.50	1.35	437.50	1.25	437.50	1.250	2.00
3	241.50	0.69	227.50	0.65	245.00	0.70	238.00	0.675	2.00
5	175.00	0.50	157.50	0.45	182.00	0.52	171.50	0.485	2.00
7	147.00	0.42	161.00	0.46	175.00	0.50	161.00	0.458	2.00
9	145.25	0.42	157.50	0.45	175.00	0.50	159.25	0.455	2.00

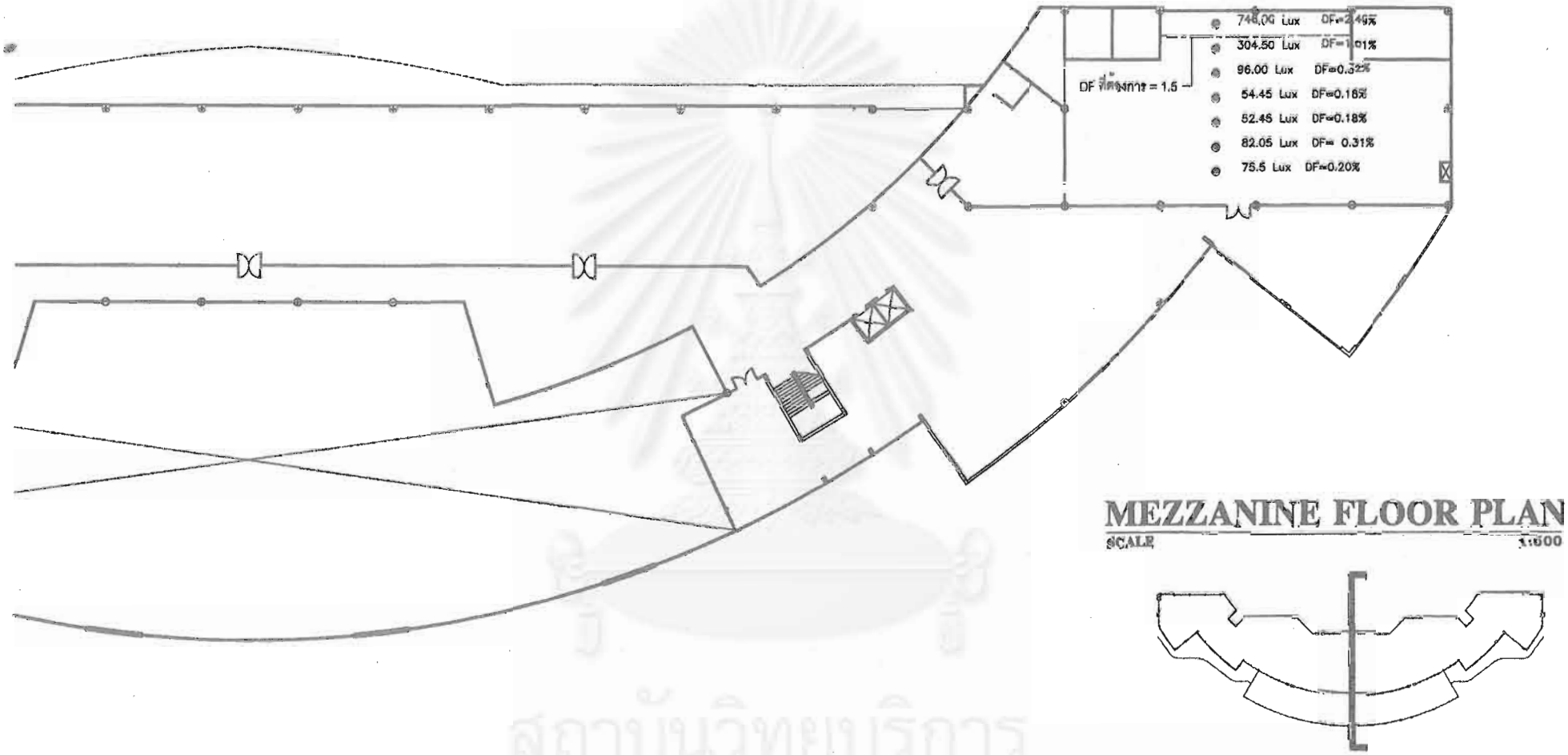




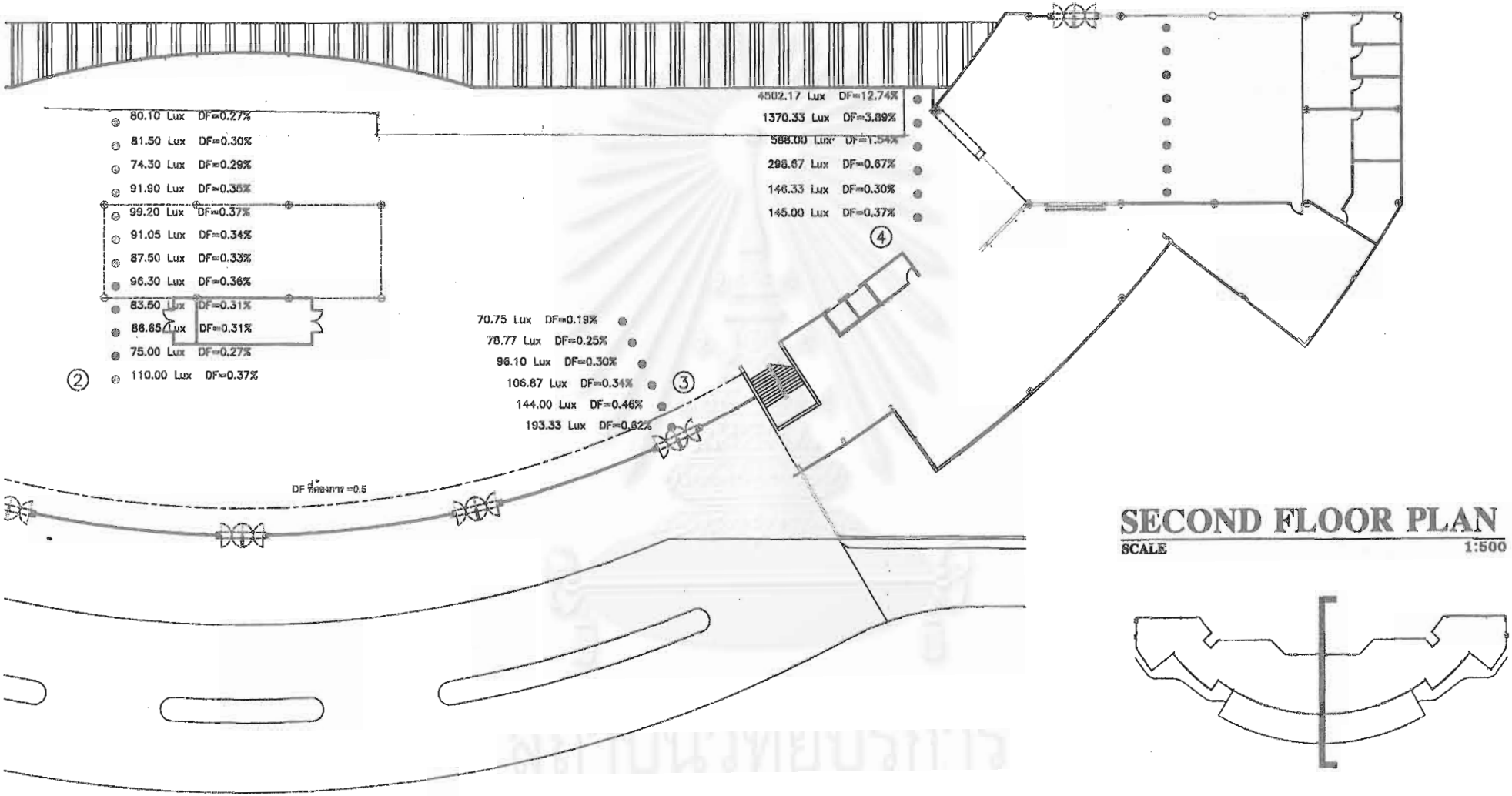


ภาพที่ 3.38 แสดงความส่องสว่างเฉลี่ยที่ได้จากการวัดแสงภายในอาคารชั้น 1

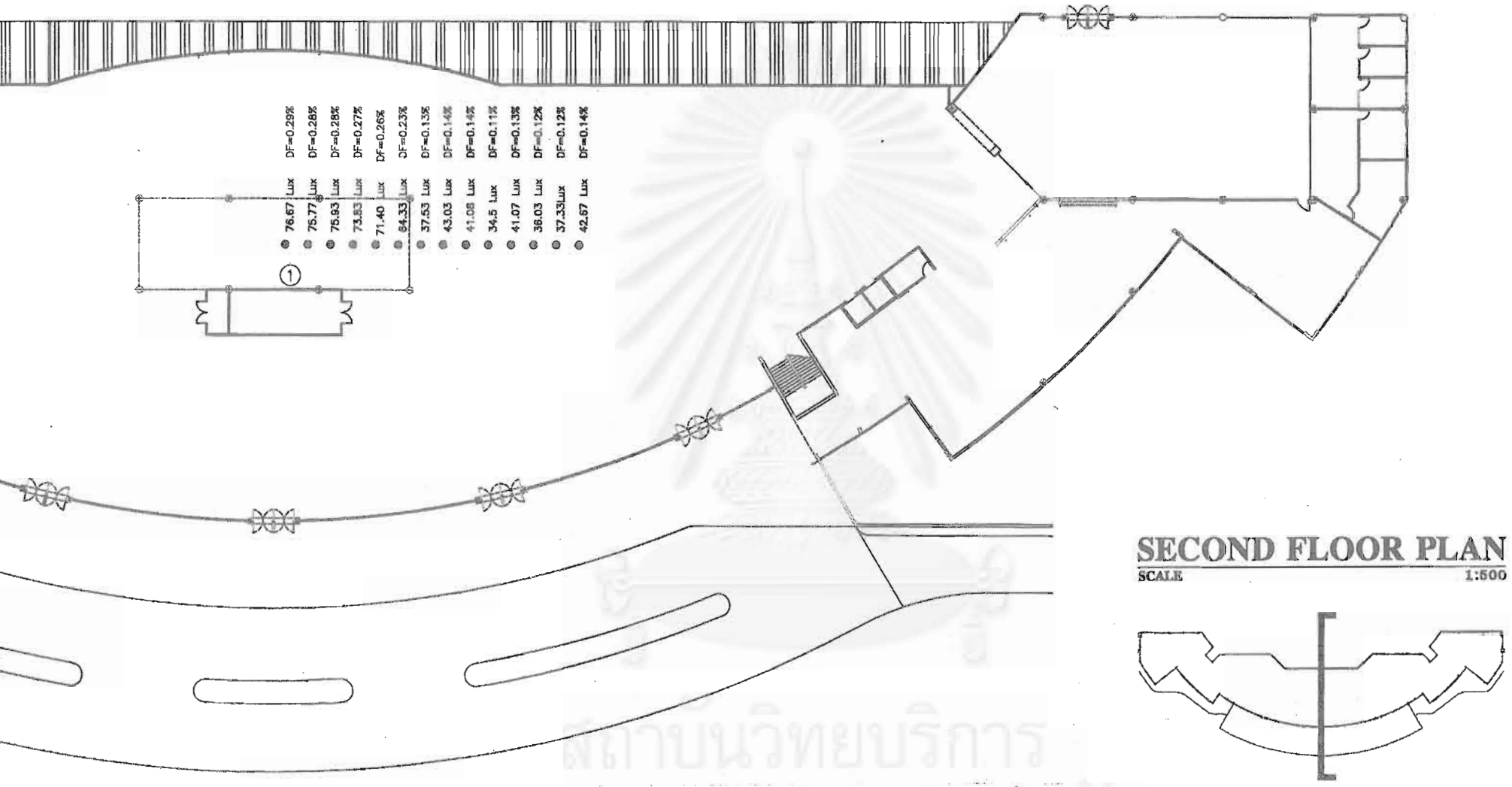
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.39 แสดงความส่องสว่างเฉลี่ยที่ได้จากการวัดแสงภายในอาคารชั้นลอย

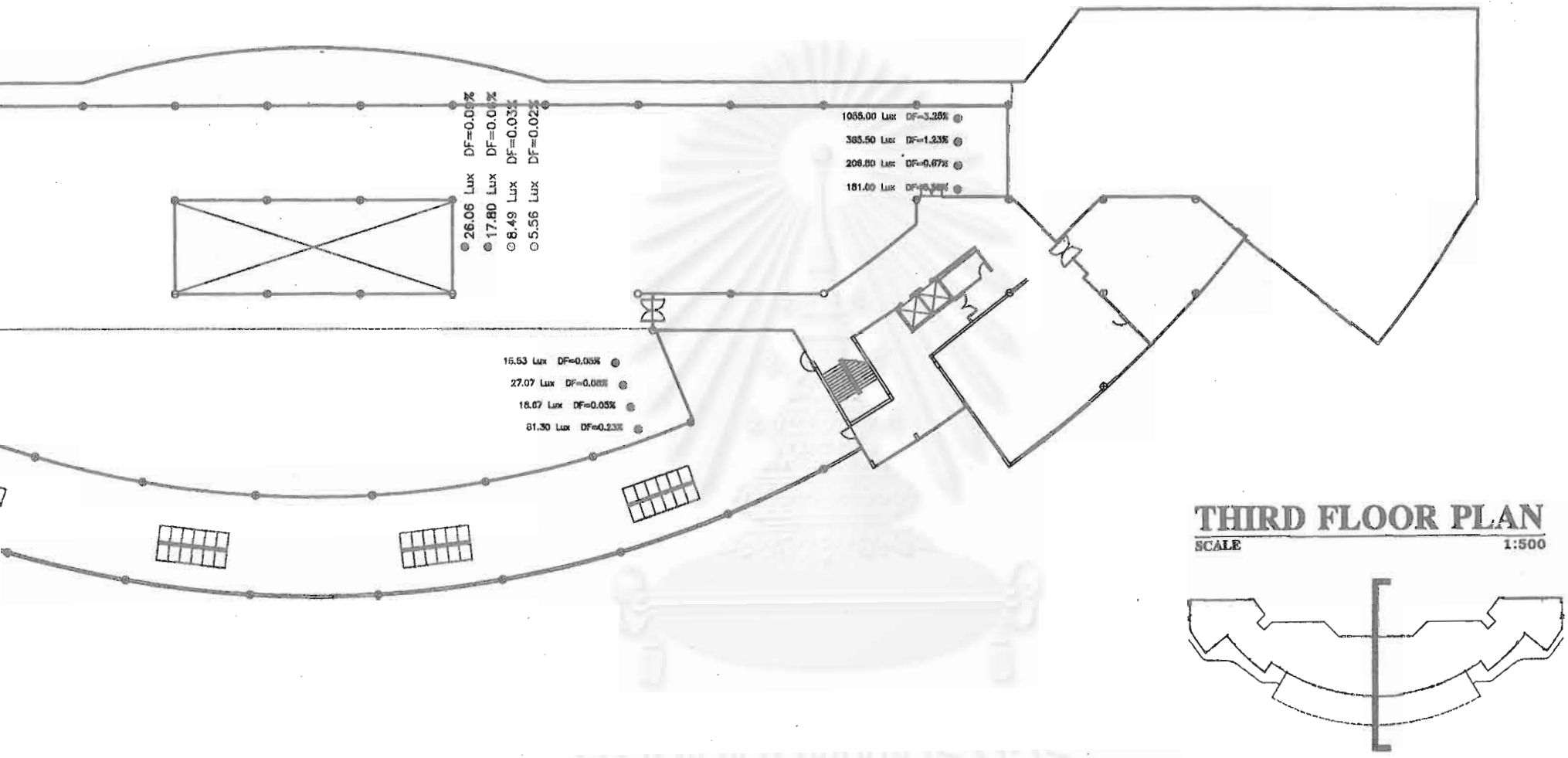


ภาพที่ 3.40 แสดงความส่องสว่างเฉลี่ยที่ได้จากการวัดแสงภายในอาคารชั้น 2



ภาพที่ 3.41 แสดงความส่องสว่างเฉลี่ยที่ได้จากการวัดแสงภายในอาคารชั้น 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3.42 แสดงความส่องสว่างเฉลี่ยที่ได้จากการวัดแสงภายในอาคารชั้น 3

3.7 การพิจารณาแสงประดิษฐ์ภายในอาคารสถานีขนส่ง

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร เนื่องจากอาคารสถานีขนส่งเป็นอาคารขนาดใหญ่และมีหลายชั้น แต่ละชั้นมีการใช้สอยที่แตกต่างกัน จะแยกประเภทออกเป็นได้ดังนี้

- พื้นที่ส่วยสำนักงานโดยทั่วไป ใช้หลอดไฟ FLUORESCENT แบบฝังในฝ้าเพดาน พร้อมตะแกรงและแผ่นสะท้อนแสง ALUMINIUM
- พื้นที่บริเวณโถงทางเข้า หรือโถงพักคอย หรือบริเวณที่เป็นโถงสูง ใช้หลอดไฟ HIGHINTENSITY GAS DISCHARGE (HID) ที่มีประสิทธิภาพและค่าความสว่างสูง เช่นหลอด METAL HALIDE, MECURY หรือ HIGH PRESSURE SODIUM ส่วนโคมไฟจะเป็นแบบ ฝังในฝ้าเพดาน
- พื้นที่บริเวณที่เป็นชานชลาสูง จะใช้หลอดไฟประเภท ไฟ HIGHINTENSITY GAS DISCHARGE (HID) ที่มีประสิทธิภาพและค่าความสว่างสูง โคมไฟจะเป็นประเภทโคม HIGH BAY แขวนจากเพดานหรือหลังคา
- พื้นที่ลานจอดรถ ใช้โคมไฟแบบ FLOOD LIGHT ติดตั้งบนเสาสูง (HIGH MAST) เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่ในบ ริเวณกว้าง โดยใช้หลอดไฟประเภทไฟ HIGHINTENSITY GAS DISCHARGE (HID) ที่มีประสิทธิภาพและค่าความสว่างสูง เช่นกัน

การควบคุมการเปิด-ปิดโคมไฟ สำหรับห้องทำงาน หรือห้องขนาดเล็ก จะมีสวิทซ์ภายในห้อง ส่วนในบริเวณพื้นที่ส่วนรวม เช่น ห้องโถง จะควบคุมด้วยสวิทซ์ระบบ 2-WIRE REMOTE เพื่อความสะดวกในการเปิดปิด ได้จากหลายๆ ตำแหน่ง และสามารถควบคุมได้จากแผงสวิทซ์ควบคุมรวมที่ห้องควบคุม นอกจากนี้ในบริเวณพื้นที่ส่วนรวมโดยทั่วไป จัดให้มีโคมไฟอัตโนมัติฉุกเฉิน จ่ายไฟจากแบตเตอรี่ในตัว เพื่อให้แสงสว่างได้ไม่น้อยกว่า 2 ชม. (EMERGENCY BATTERY LIGHT UNIT) โคมไฟเป็นหลอด HALOGEN

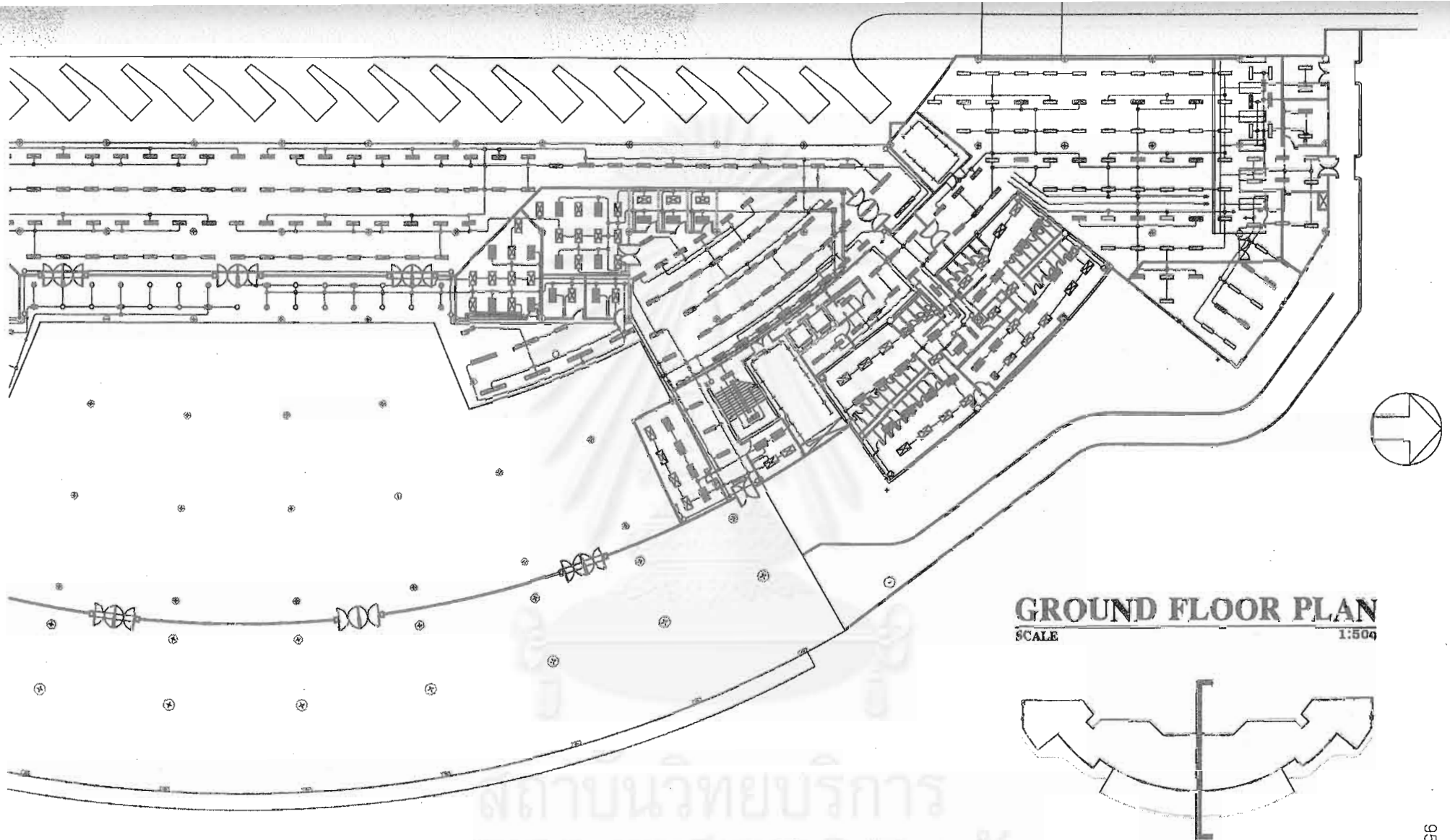
การวัดปริมาณความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ (ดูตารางที่ 3.16 - 3.25)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

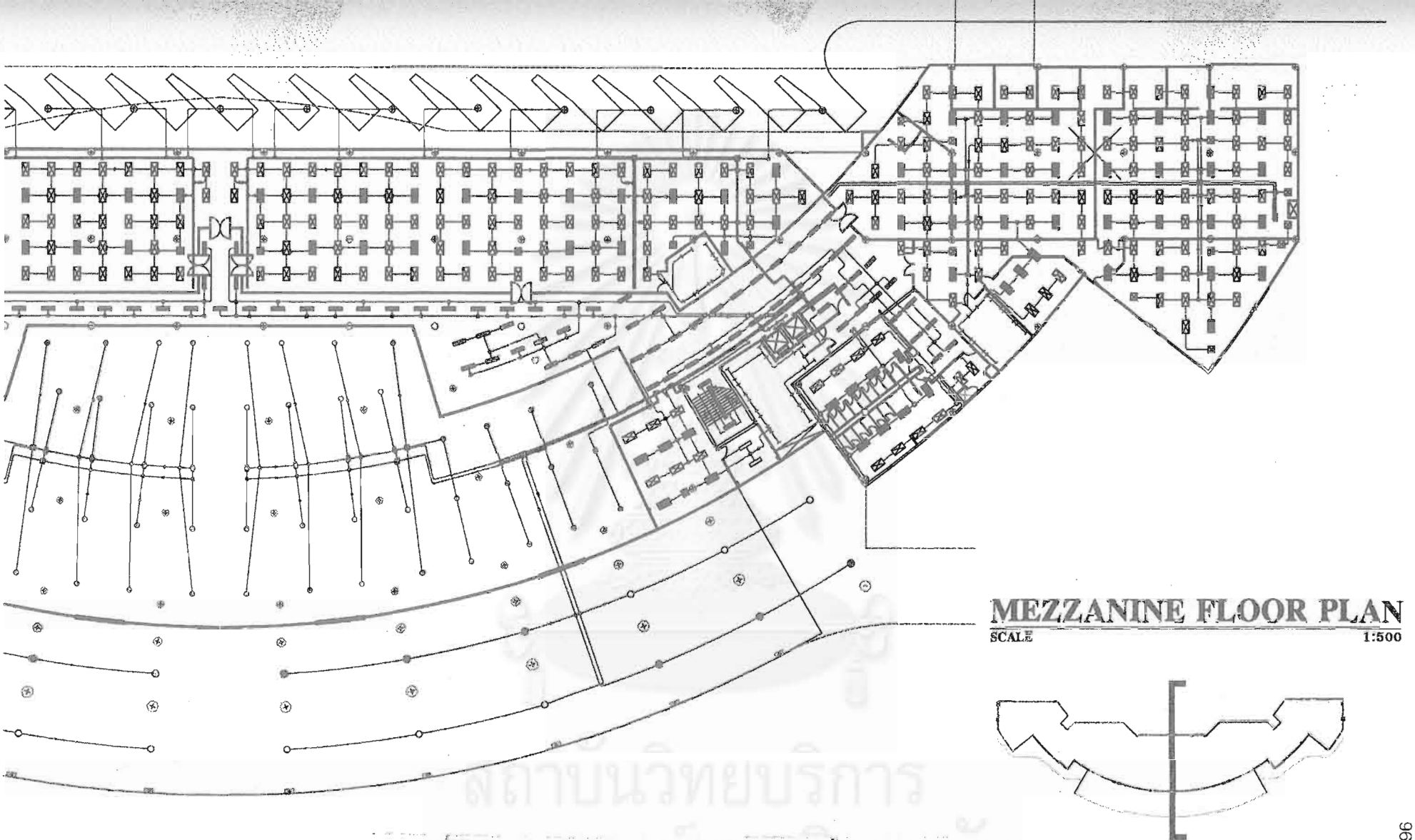
ตารางที่ 3.16 แสดงจำนวนหลอดไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคารสถานีขนส่งสายเหนือ

พื้นที่	ชนิดหลอด	ฟลูออเรสเซนต์	ฟลูออเรสเซนต์	ฟลูออเรสเซนต์	ฟลูออเรสเซนต์	ฟลูออเรสเซนต์	Metal halide	High pressure	PLC	อัตราพลังงานรวม
		36 w	36 w	36 w	18 w	36 w	400 w	sodium 250 w	18 w	(watt)
	กำลังสูญเสียวัตต์(รวมบัลลาสต์)	45	45	45	27	45	434	275	25	
	กำลังส่องสว่าง(ลูเมน)	2850	2850	2850	1150	2850	32000	25000	1200	
	Efficacy (lumen / watt)	79	79	79	63	79	80	1000	66	
	ชนิดโคม	แผ่นสะท้อนแสงอลูมิเนียม	แผ่นกรองแสงอลูมิเนียม	เปลือย	แผ่นกรองแสงอลูมิเนียม	เปลือย	Highbay	Highbay	downlight	
ชั้นล่าง										
- พื้นที่โถงพักคอย		104	348	222	-	-		-	64	31,930
- พื้นที่ทานอาหาร		-	-	362	4	20		-	-	17,298
ชั้นลอย										
- พื้นที่สำนักงาน		280	980	-	52	60	32	32	-	83,492
ชั้นสอง										
- พื้นที่โถงพักคอย		-	-	1116	-	60	-	-	30	53,670
- พื้นที่ทานอาหาร		284	240		32	-	-	-	-	24,444
ชั้นสาม										
- พื้นที่สำนักงาน		-	724	208	-	40	-	-	-	43,740
วัตต์รวม		30,060	103,140	85,860	2,376	8,100	13,888	8,800	2,350	254,574

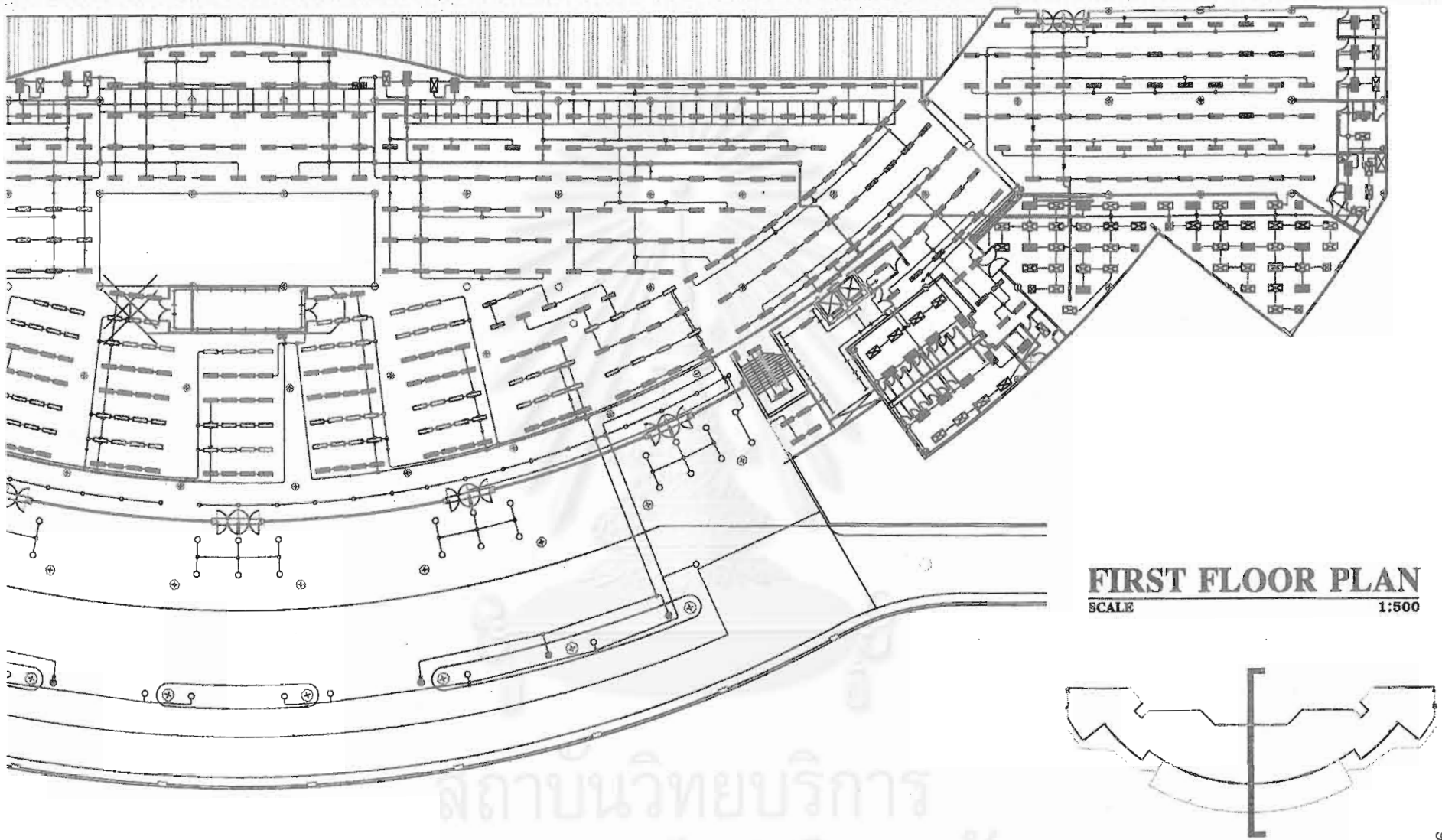
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



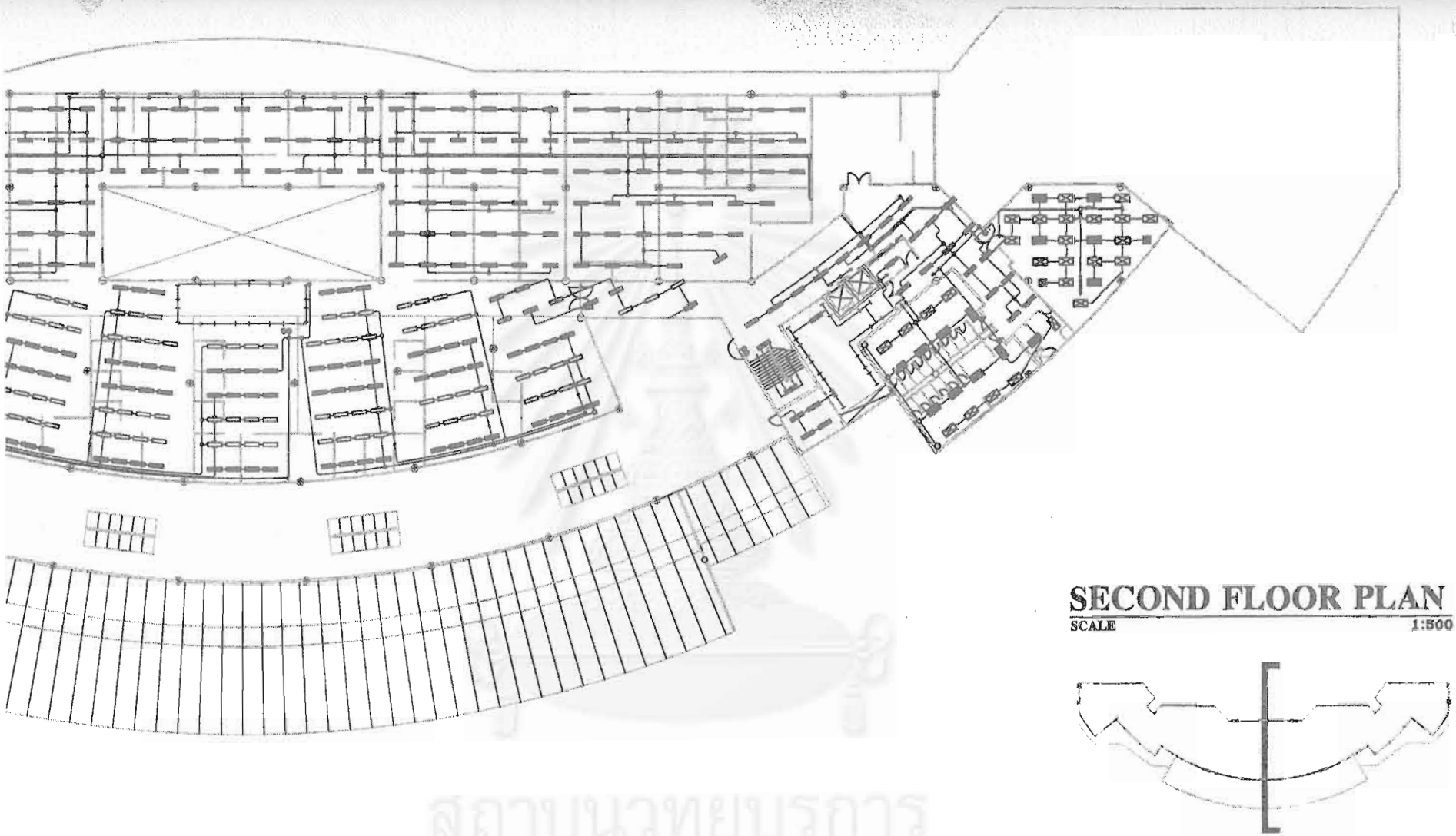
ภาพที่ 3.43 แสดงการจัดผังวงจรแสงประดิษฐ์ภายในอาคารชั้น 1



ภาพที่ 3.44 แสดงการจัดผังวงจรแสงประดิษฐ์ภายในอาคารชั้นลอย



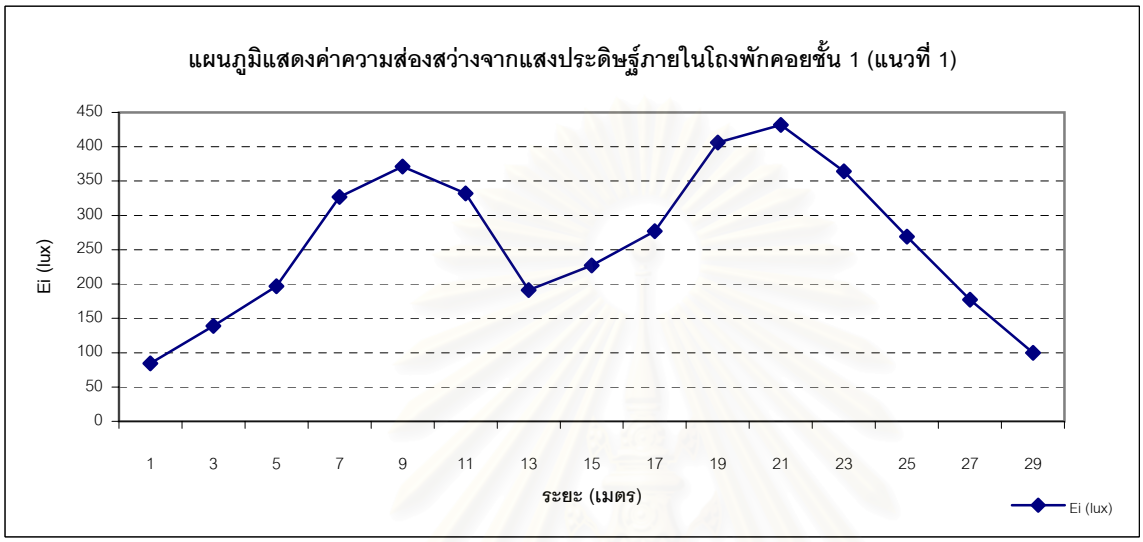
ภาพที่ 3.45 แสดงการจัดผังวงจรแสงประดิษฐ์ภายในอาคารชั้น 2



ภาพที่ 3.46 แสดงการจัดผังวงจรแสงประดิษฐ์ภายในอาคารชั้น 3

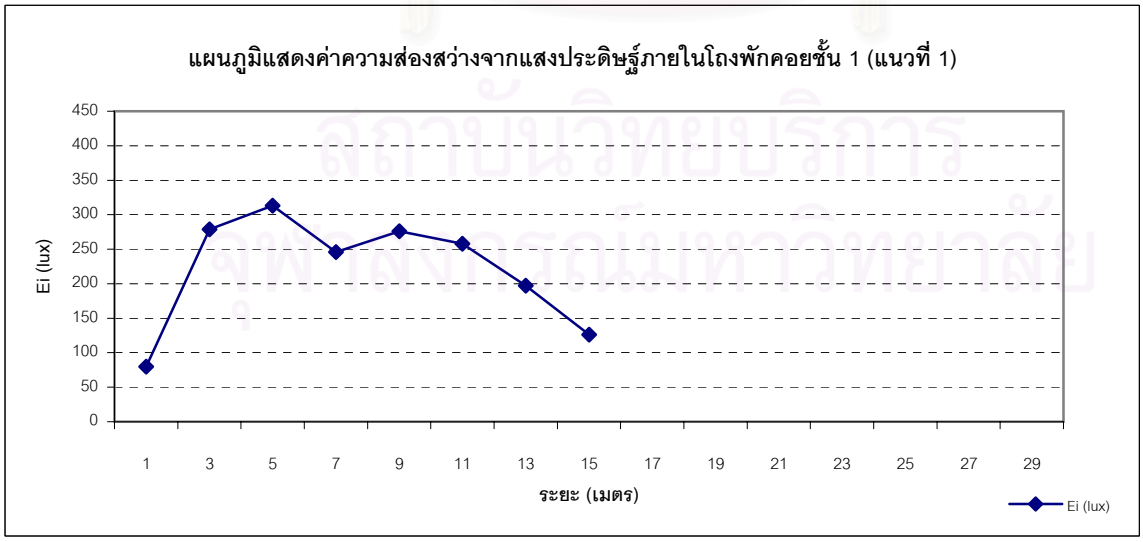
ตารางที่ 3.17 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในโถงพักคอยชั้น 1(แนวการวัดที่ 1)

ระยะ (เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
Ei (lux)	84.6	139	197	327	371	332	191	227	277	406	432	364	269	177	100



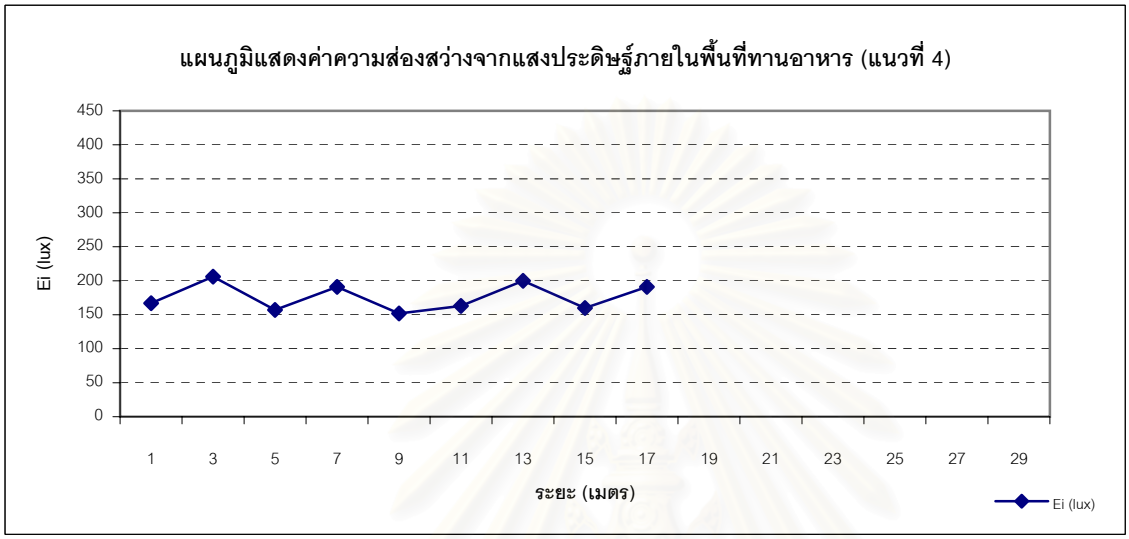
ตารางที่ 3.18 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในโถงพักคอยชั้น 1(แนวการวัดที่ 3)

ระยะ (เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
Ei (lux)	80	279	313	246	276	258	197	126							



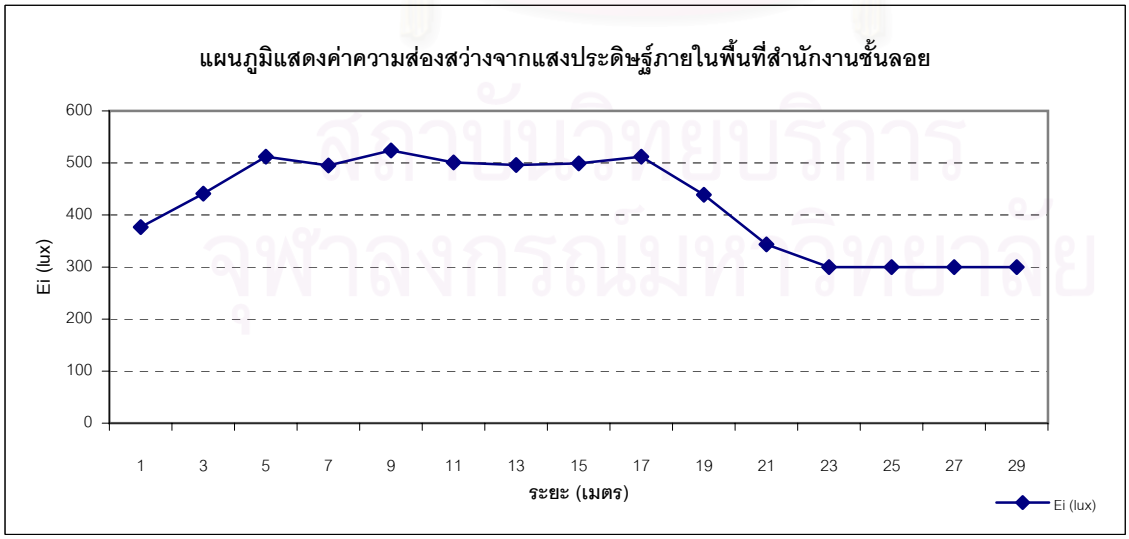
ตารางที่ 3.19 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในพื้นที่ทานอาหาร (แนวการวัดที่ 4)

ระยะ (เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
Ei (lux)	167	206	157	191	152	163	200	160	191						



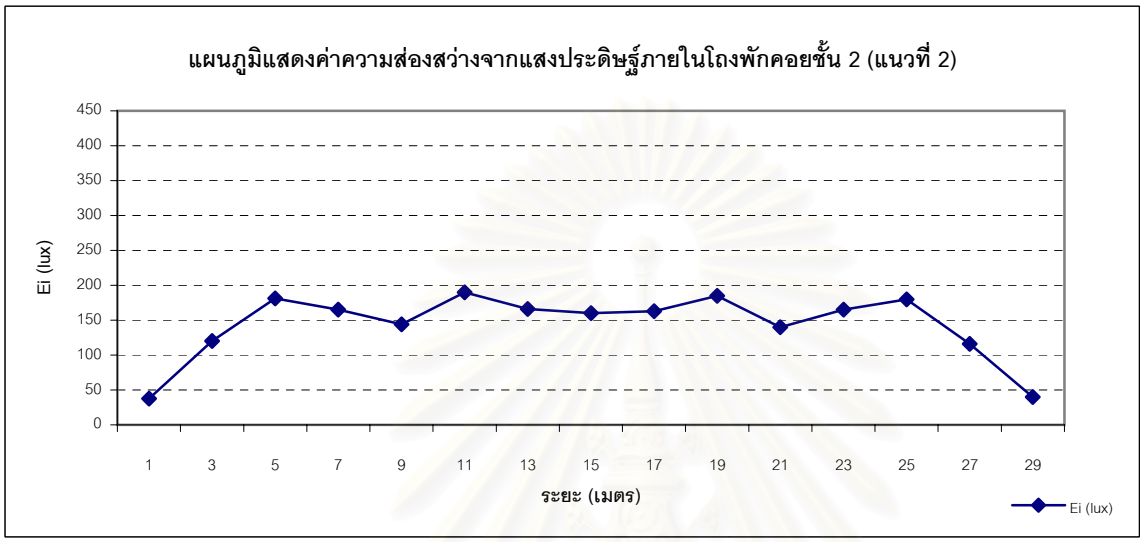
ตารางที่ 3.20 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในพื้นที่สำนักงาน ชั้นลอย

ระยะ (เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
Ei (lux)	376.6	441	512	495	524	501	496	499	512	439	343.5	300	300	300	300



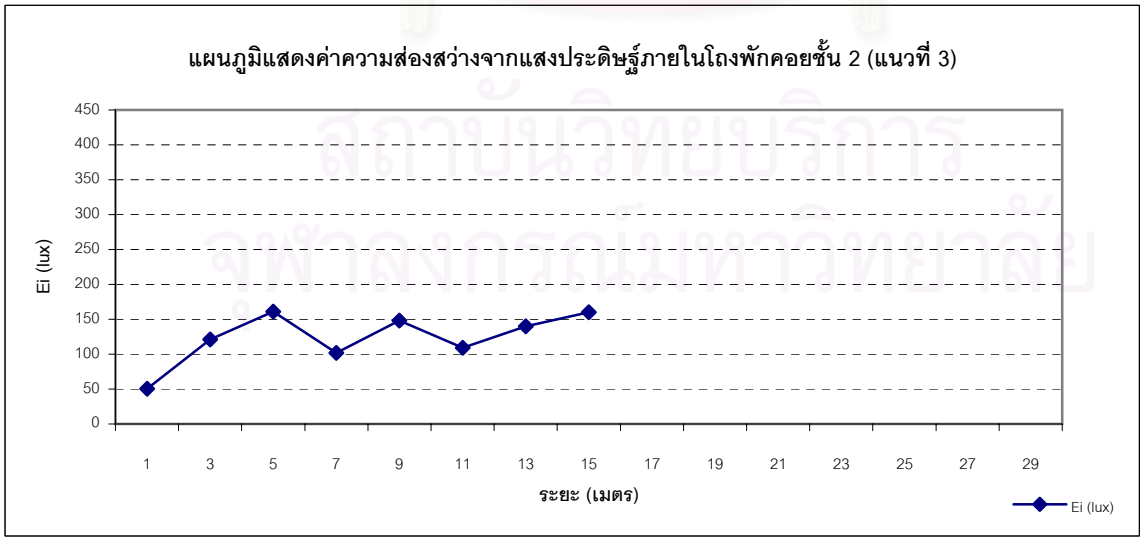
ตารางที่ 3.21 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในโถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2)

ระยะ (เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
Ei (lux)	37.5	120	181	165	144	190	166	160	163	185	140	165	180	116	40



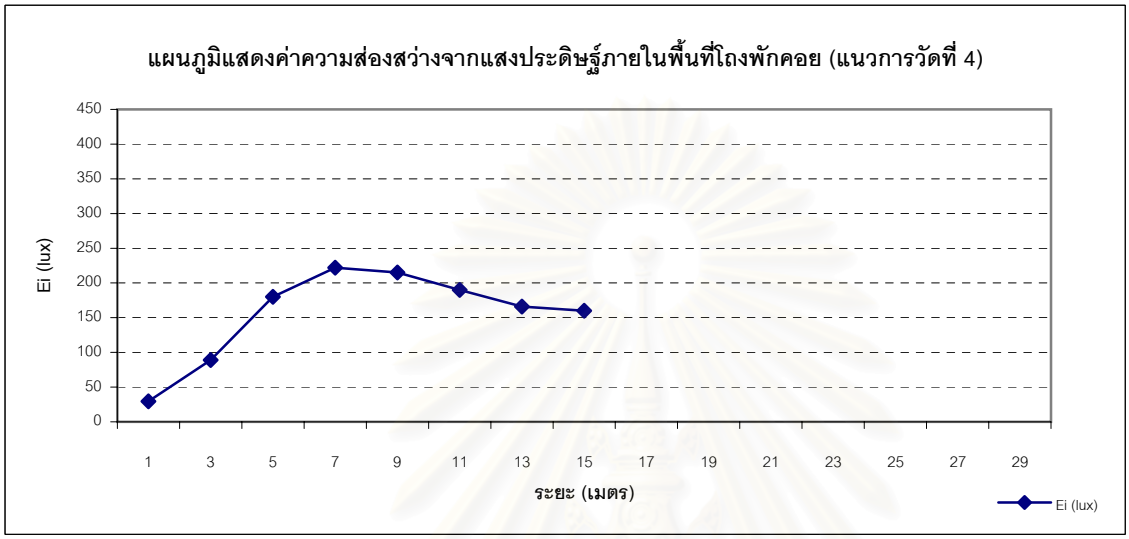
ตารางที่ 3.22 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในโถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 3)

ระยะ (เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
Ei (lux)	50.5	121	161	102	148	109	140	160							



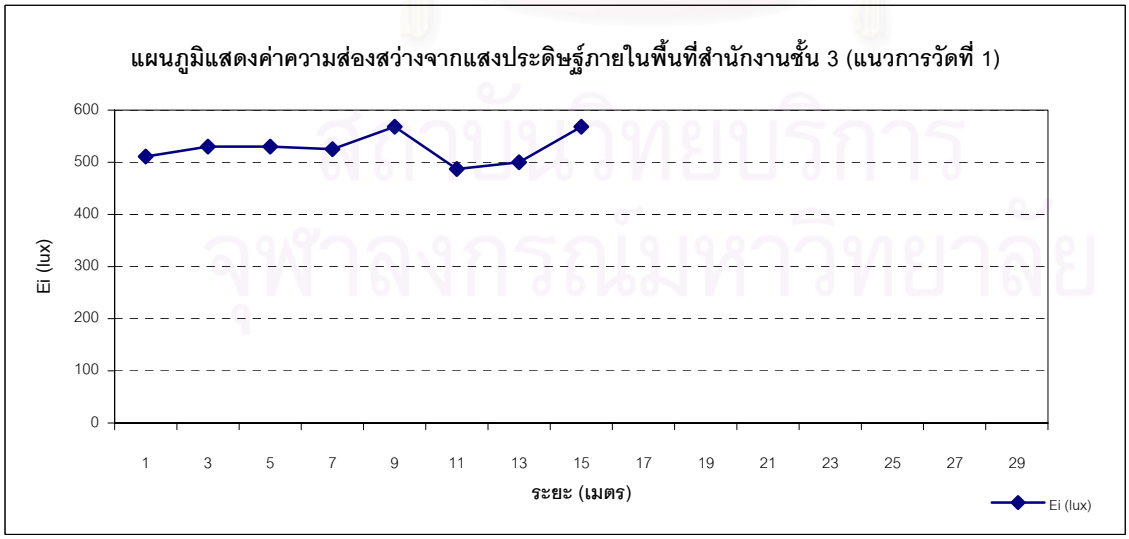
ตารางที่ 3.23 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 4)

ระยะ (เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
Ei (lux)	29.5	89	180	222	215	190	166	160							



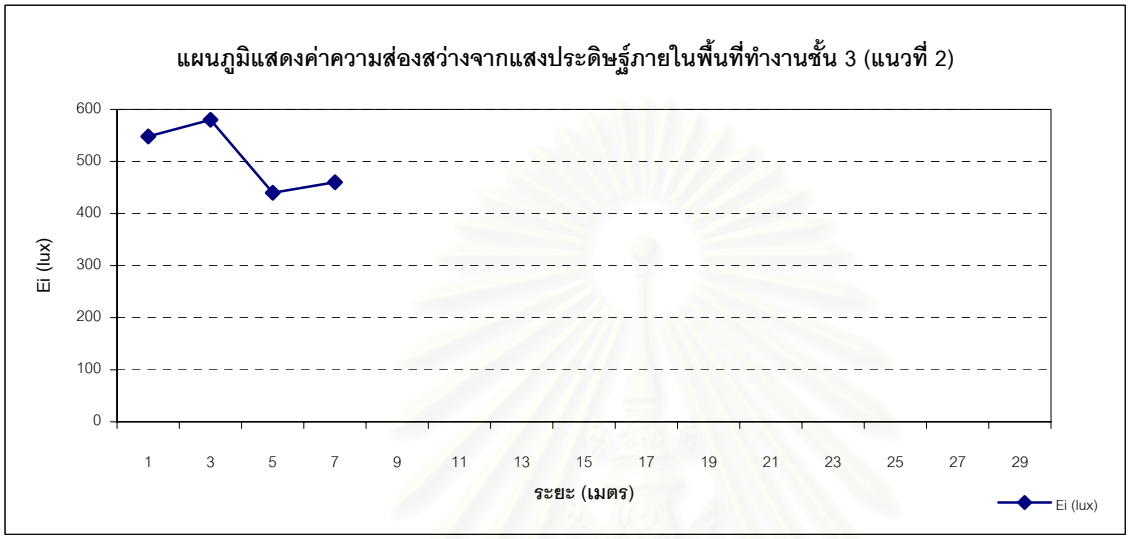
ตารางที่ 3.24 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในพื้นที่สำนักงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 1)

ระยะ (เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
Ei (lux)	511	530	530	525	568	487	500	568							



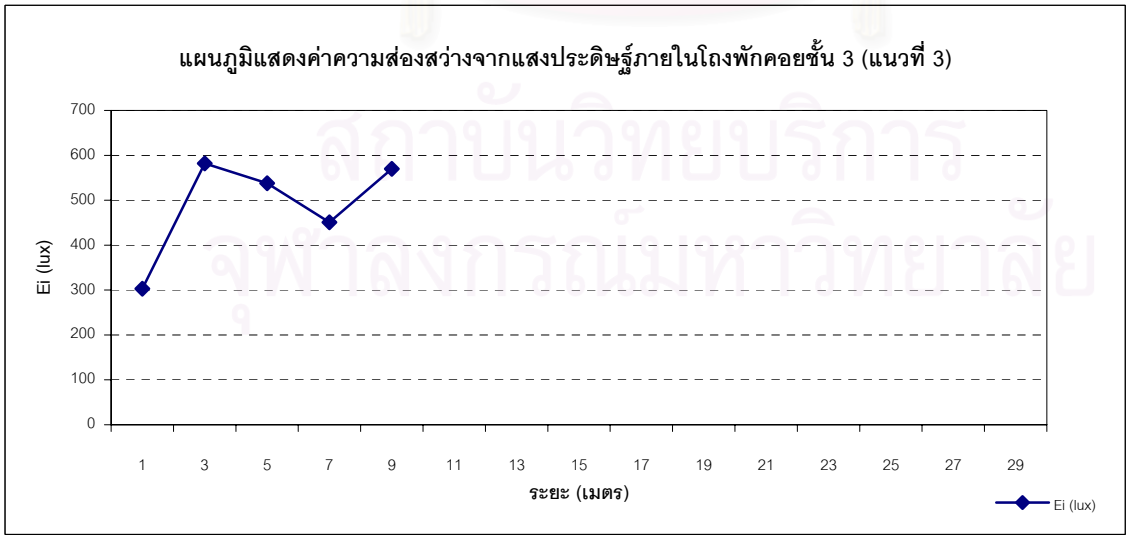
ตารางที่ 3.25 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในพื้นที่ทำงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 2)

ระยะ (เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
Ei (lux)	548	580	440	460											



ตารางที่ 3.26 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ภายในโถงพักคอยชั้น 3 (แนวการวัดที่ 3)

ระยะ (เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29
Ei (lux)	303	582	538	451	570										



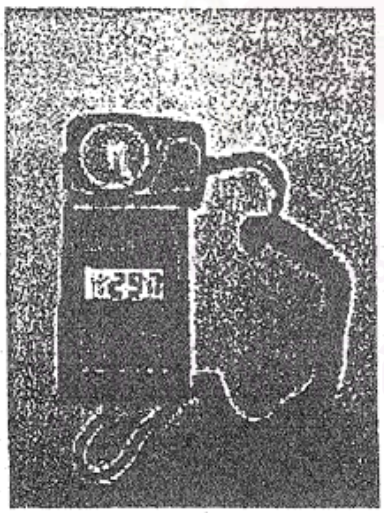
บทที่ 4

เครื่องมือและหุ่นจำลองที่ใช้ในการวิจัย

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

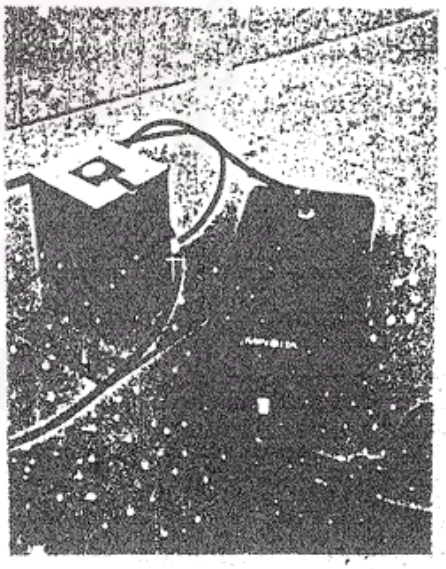
ค่าความส่องสว่างภายนอกอาคารจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องจากเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เช่น การเคลื่อนตัวของเมฆ การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ และอื่นๆ ดังนั้นค่าความส่องสว่างที่จะนำมาพิจารณาในการวิจัยในครั้งนี้ จำเป็นที่จะต้องเก็บข้อมูลค่าความส่องสว่างเป็นค่า DF ซึ่งจะประกอบไปด้วยค่าความส่องสว่างทั้งภายในและภายนอกอาคาร ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องเลือกใช้เครื่องมือที่มีช่วงการวัดแสงที่เหมาะสมมาใช้ คือ

- ลักซ์มิเตอร์ ที่มีช่วงการวัด 5-50,000 ลักซ์ ใช้วัดแสงภายนอกอาคาร โดยที่จะใช้ เครื่องมือลักซ์มิเตอร์ 2 เครื่อง วางไว้ในบริเวณที่ใกล้ๆ กัน คือเครื่องแรกจะใช้วัดค่าความส่องสว่างกลางแจ้ง และเครื่องที่สอง จะใช้วัดค่าความส่องสว่างในที่ ร่ม โดยจะมีอุปกรณ์บังแดดคอยบังให้ตัวรับแสง (เซนเซอร์) ของเครื่องมือวัดแสงอยู่ในที่ร่มตลอดเวลา
- มินอลต้า ลักซ์มิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดแสงภายในอาคาร และใช้วัดแสงภายในหุ่นจำลอง สำหรับการวัดแสงในหุ่นจำลอง จะติดตั้งตัวรับแสง(เซนเซอร์)ไว้ในกล่องสี่เหลี่ยมที่ระดับความสูง 0.75 เมตร ในมาตราส่วน 1: 20 ซึ่งจะอยู่ภายในหุ่นจำลอง ส่วนจอแสดงผลจะอยู่ภายนอกหุ่นจำลองในตำแหน่งที่สะดวกในการอ่านข้อมูล และไม่มีผลกระทบกับค่าความส่องสว่างและการกระจายแสงภายในหุ่นจำลอง



(ก)

รูปที่ 4.1 แสดงเครื่องมือวัดแสงลักซ์มิเตอร์



รูปที่ 4.2 แสดงเครื่องมือวัดแสงมินอลต้า ลักซ์มิเตอร์

4.2 หุ่นจำลองที่ใช้ในการวิจัย

เนื่องจากอาคารสถานีขนส่งที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้เป็นอาคารที่มีการใช้งานอยู่จริงในปัจจุบัน จึงไม่สามารถเข้าไปทำการปรับปรุงแก้ไขได้ ดังนั้นจึงต้องมีการสร้างหุ่นจำลองขึ้นมาเพื่อทำการทดสอบปริมาณความส่องสว่างของแสงภายในที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในสภาพความเป็นจริง โดยที่

- ในงานวิจัยนี้จะสร้างหุ่นจำลองอาคารสถานีขนส่งขึ้นมา โดยที่จะจำลองให้มีสภาพใกล้เคียงของจริงมากที่สุด เพื่อทำการวัดลักษณะการกระจายแสงภายในหุ่นจำลอง สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ได้กำหนดมาตราส่วนที่ใช้คือ 1:20 ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของเครื่องมือที่ใช้ในการวัด และมีขนาดที่เหมาะสมที่จะทำการเคลื่อนย้ายหรือทำการปรับปรุงอาคาร
- ทำการทดสอบหุ่นจำลองในห้องทดสอบแสง (Sky dome) เนื่องจากจะสามารถควบคุมตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้ เช่นสภาพแวดล้อมภายนอก สภาพท้องฟ้า

4.2.1วัสดุที่ใช้

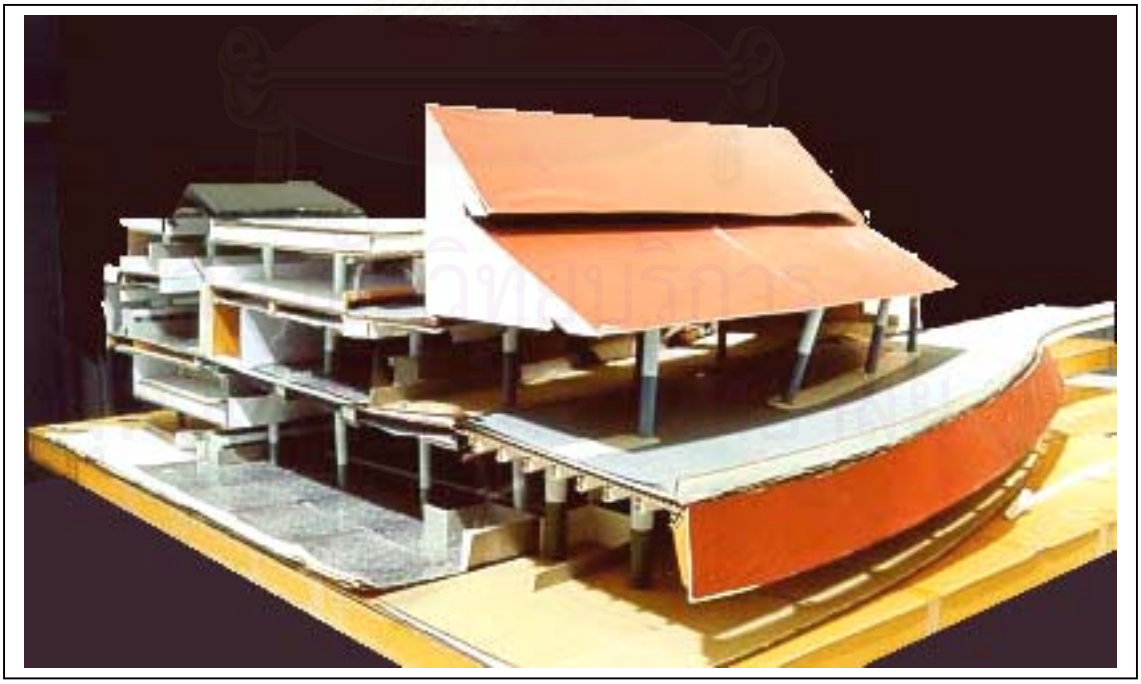
วัสดุที่ใช้ทำโครงของหุ่นจำลอง คือกระดาษลัง ความหนา 4 มม. ซึ่งเป็นกระดาษที่มีความแข็งแรงทนทานและทึบแสง แต่ขณะเดียวกันก็มีน้ำหนักไม่มากนักทำให้มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ส่วนพื้นผิวของอาคารที่เป็นพื้น ผนัง และฝ้าเพดาน จะใช้เป็นกระดาษอาร์ตมาปิดทับอีกครั้ง โดยเลือกกระดาษที่มีค่าการสะท้อนแสงที่ใกล้เคียวอาคารจริงมากที่สุดมาใช้ โดยมีค่าการสะท้อนแสงดังนี้

พื้นที่ใช้สอย	ค่าการสะท้อนแสง อาคารจริง	ค่าการสะท้อนแสง หุ่นจำลอง
พื้นภายนอกอาคาร		
ทรายล้าง	55 %	50.0%
พื้นคอนกรีต	14 %	11.5%
พื้นภายในอาคาร		
พื้นหินแกรนิต	55 %	59.0%
กระเบื้องดินเผา	35 %	32.0%.
พื้นหินขัดสีขาว	53 %	55.0%
พื้นกระเบื้องยางสีขาว	52 %	55.0%
ผนังภายนอกอาคาร		
ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบทาสีส้ม	25%	24.0%
ผนังภายในอาคาร		
ผนังก่ออิฐฉาบปูนเรียบทาสีขาว	59%	58.0%
ผนัง MDF. สีขาวควันบุหรี่	36%	39.0%
ผนังเบาสีม่วง	37%	41.0%
ฝ้าเพดาน		
ฝ้าเพดาน T-BAR	85%	82.5%
วัสดุที่เป็นช่องเปิด(กระจกใส)	80%	82%

รูปที่ 4.3 รูปแสดงหุ่นจำลองด้านทิศตะวันออก

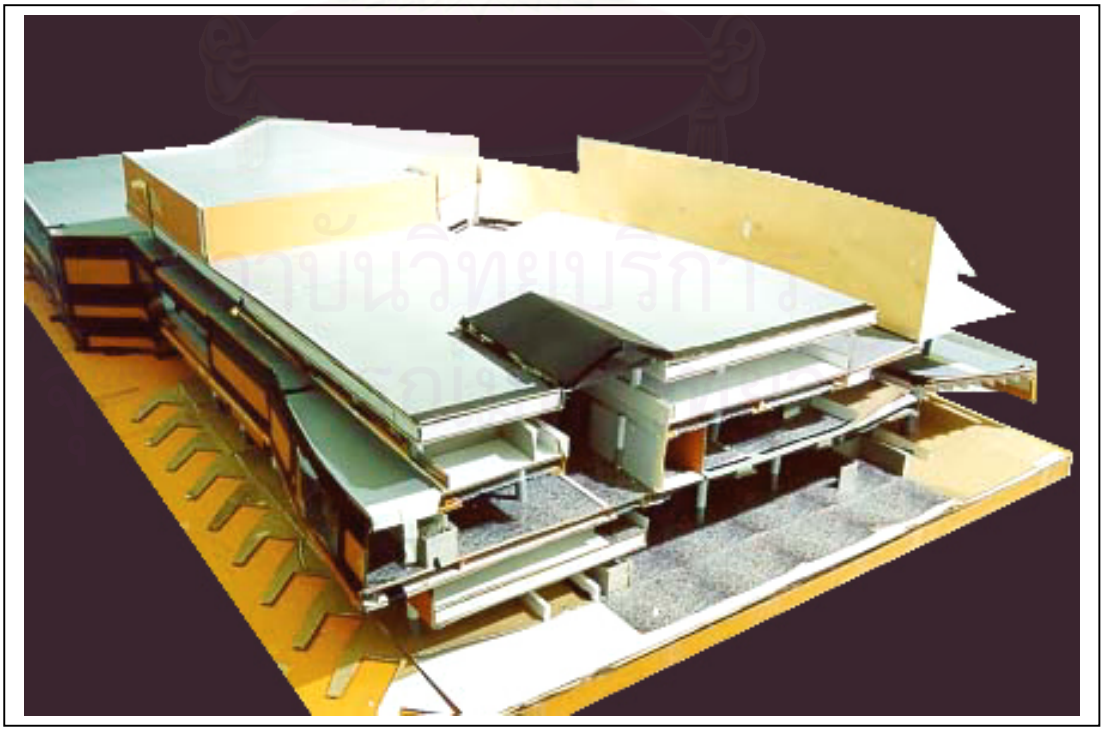
รูปที่ 4.4 รูปแสดงหุ่นจำลองด้านทิศเหนือ

รูปที่ 4.5 รูปแสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทำวิจัย



รูปที่ 4.6 รูปแสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทำวิจัย

รูปที่ 4.7 รูปแสดงหุ่นจำลองทางด้านทิศตะวันตก



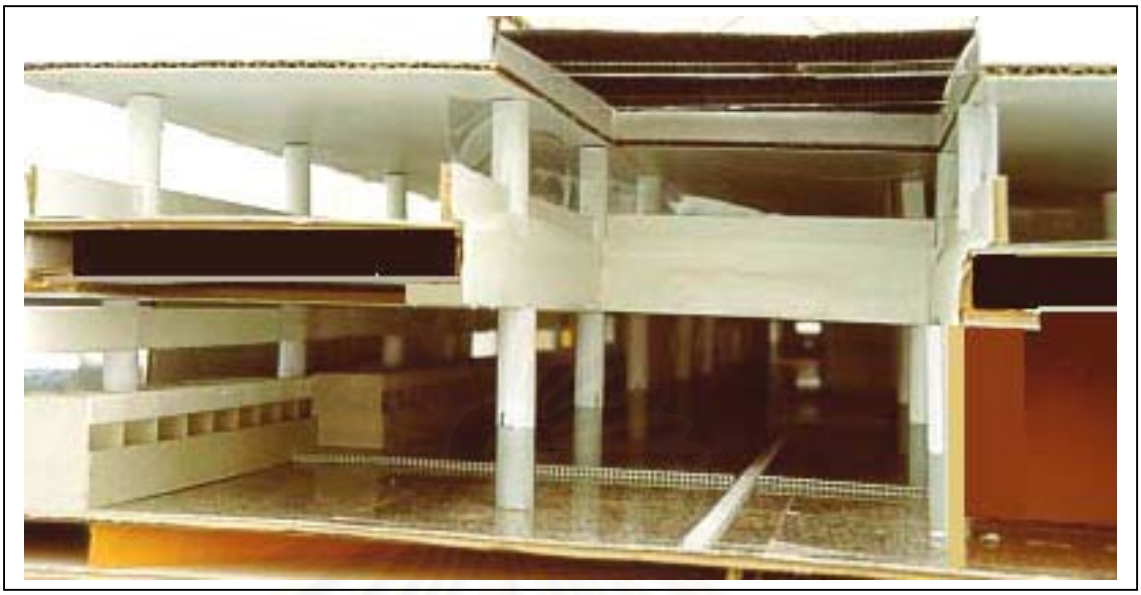
รูปที่ 4.8 รูปแสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทำวิจัย

4.2.2 ตำแหน่งที่ทำการศึกษาลักษณะการส่องสว่างจากหุ่นจำลอง

การวัดแสงภายในหุ่นจำลอง มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานในอาคาร ตำแหน่งที่จะทำการวัดจะอยู่ในแนวตั้งฉากกับช่องเปิด เพื่อศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความส่องสว่างที่ระยะต่างๆจากช่องเปิด การวัดค่าความส่องสว่างจะทำการวัดในระนาบ (Horizontal Illuminance) ที่ระยะ 1.00, 3.00, 5.00, 7.00, และทุกๆ ระยะห่าง 2 เมตรตามที่กำหนด จากหัวข้อ 4.6 และจากภาพประกอบที่ 4.3 - 4.7 ในการวัดค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลองจะอาศัยเครื่องมือวัดแสง มินอลต้า ลักซ์มิเตอร์วัดที่ระดับความสูงใช้งาน คือความสูงของโต๊ะทำงานมาตราฐาน 0.75 เมตร จากพื้น เพื่อให้ข้อมูลที่จะทำการวัดมีความแม่นยำในทุกๆ ตำแหน่งที่ต้องการจึงได้มีการทำแนวที่จะทำการวัดแสงติดอยู่กับ หุ่นจำลอง พร้อมทั้งทำเครื่องหมายบอกตำแหน่งที่ต้องการที่ ระยะต่างๆ เพื่อความสะดวกในการวัด

รูปที่ 4.9 รูปแสดงแนวทีทำเครื่องหมายบอกระยะที่จะทำการวัดแสง
ภายในโถงพักคอยชั้น 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



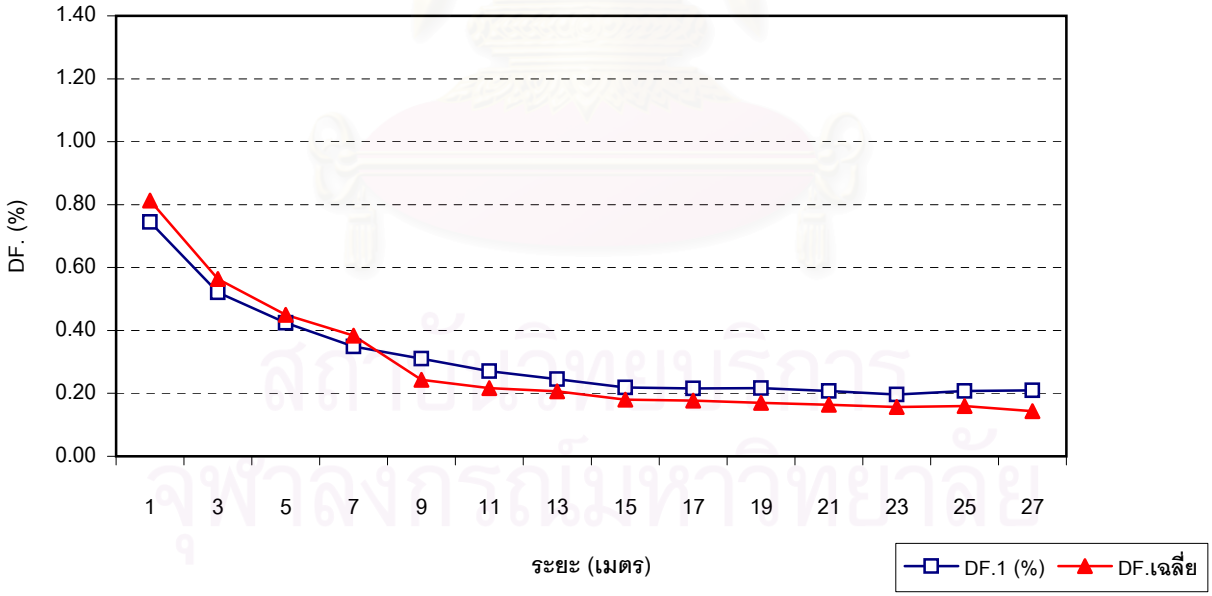
รูปที่ 4.10 รูปแสดงแนวทีทำเครื่องหมายบอกระยะที่จะทำการวัดแสง
ภายในโถงพักคอยชั้น 2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบ DF. ของแสงใน model และ DF. เฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 1. (แนวการวัดที่ 1)

ระยะ (เมตร)	DF.1 (%)	DF.2 (%)	DF.3 (%)	DF.4 (%)	DF.เฉลี่ย	หมายเหตุ
1	0.74	0.65	1.31	0.48	0.81	
3	0.52	0.44	0.86	0.39	0.56	
5	0.42	0.33	0.62	0.40	0.45	
7	0.35	0.25	0.53	0.37	0.38	
9	0.31	0.2	0.31	0.22	0.24	
11	0.27	0.17	0.28	0.20	0.22	
13	0.25	0.15	0.25	0.22	0.21	
15	0.22	0.13	0.19	0.22	0.18	
17	0.22	0.12	0.17	0.24	0.18	
19	0.22	0.12	0.15	0.24	0.17	
21	0.21	0.11	0.15	0.23	0.16	
23	0.20	0.09	0.14	0.24	0.16	
25	0.21	0.09	0.13	0.26	0.16	
27	0.21	0.08	0.13	0.22	0.14	

แผนภูมิเปรียบเทียบ DF.ของแสงใน model และ DF เฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 1(แนวที่ 1)



Ei = ค่าความสว่างภายใน model

DF. 1 = ค่า DF. ของการวัดแสงจากทดสอบแสงใน model ครั้งที่ 8

DF. 2 = ค่า DF. ของการวัดแสงจากสภาพท้องฟ้า overcast วันที่ 4-11-42

DF. 3 = ค่า DF. ของการวัดแสงจากสภาพท้องฟ้า overcast ช่วงเช้า วันที่ 3-12-42

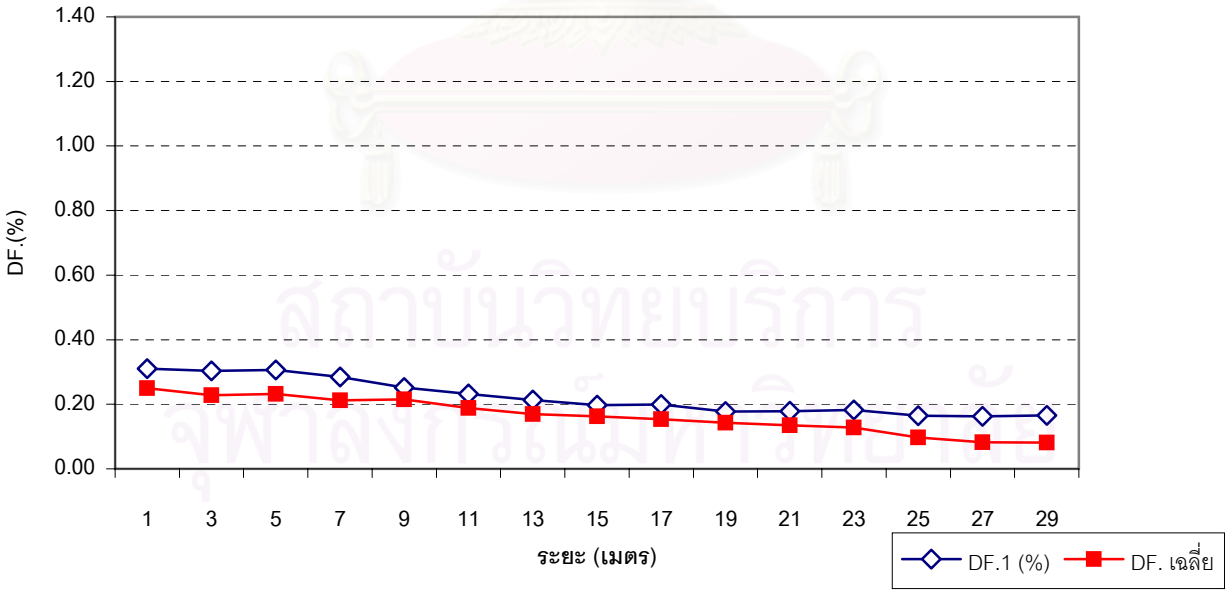
DF. 4 = ค่า DF. ของการวัดแสงจากสภาพท้องฟ้า overcast ช่วงเที่ยง วันที่ 3-12-42

DF. เฉลี่ย = ค่าเฉลี่ยจากการวัดแสง DF.2 , DF.3 และ DF.4

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบ DF. ของแสงใน model และ DF. เฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 1. (แนวการวัดที่ 2)

ระยะ(เมตร)	DF.1 (%)	DF.2 (%)	DF.3 (%)	DF. เฉลี่ย	หมายเหตุ
1	0.31	0.212	0.29	0.25	
3	0.30	0.192	0.27	0.23	
5	0.31	0.191	0.27	0.23	
7	0.28	0.188	0.24	0.21	
9	0.25	0.18	0.25	0.22	
11	0.23	0.165	0.21	0.19	
13	0.21	0.162	0.18	0.17	
15	0.20	0.16	0.17	0.16	
17	0.20	0.145	0.16	0.15	
19	0.18	0.125	0.16	0.14	
21	0.18	0.117	0.15	0.13	
23	0.18	0.109	0.15	0.13	
25	0.16	0.096	0.10	0.10	
27	0.16	0.09	0.08	0.08	
29	0.17	0.085	0.08	0.08	

แผนภูมิเปรียบเทียบ DF. ของแสงใน model และ DF.เฉลี่ยในโถงพักคอยชั้น 1 (แนวที่ 2)

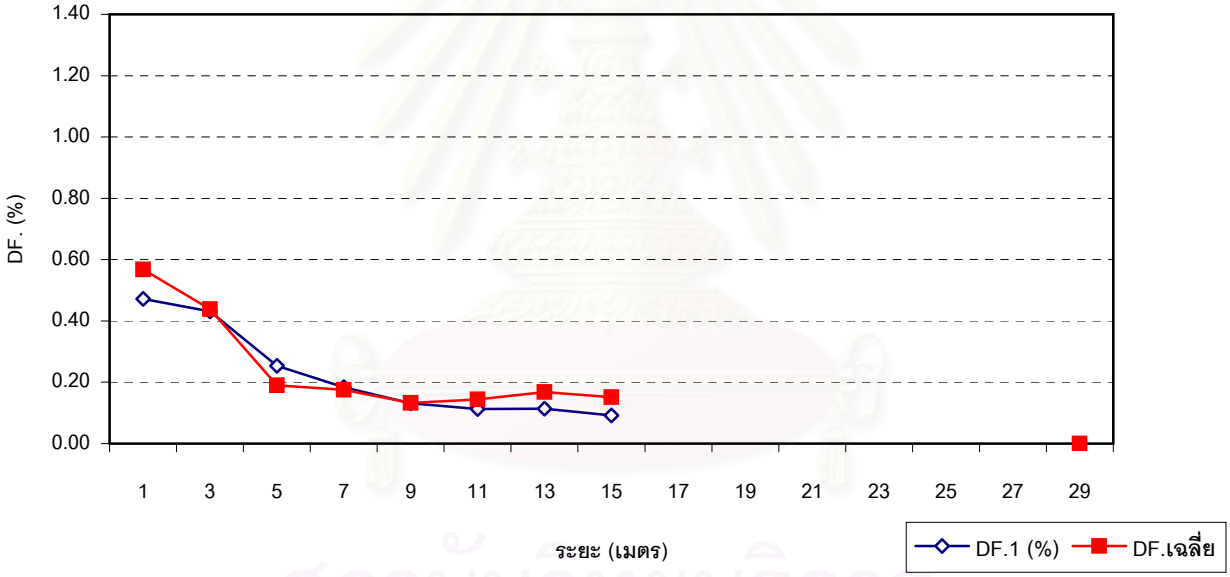


หมายเหตุ

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบ DF. ของแสงใน model และ DF. เฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 1. (แนวการวัดที่ 3)

ระยะ (เมตร)	DF.1 (%)	DF.2 (%)	DF.3 (%)	DF.4 (%)	DF.เฉลี่ย	หมายเหตุ
1	0.47	0.514	0.45	0.74	0.57	
3	0.43	0.341	0.42	0.56	0.44	
5	0.25	0.259	0.09	0.22	0.19	
7	0.18	0.227	0.14	0.16	0.18	
9	0.13	0.154	0.10	0.14	0.13	
11	0.11	0.161	0.10	0.18	0.14	
13	0.11	0.237	0.16	0.32	0.17	
15	0.09	0.142	0.22	0.30	0.15	

แผนภูมิเปรียบเทียบ DF.ของแสงใน model และ DF.เฉลี่ยในโถงพักคอยชั้น 1(แนวที่ 3)

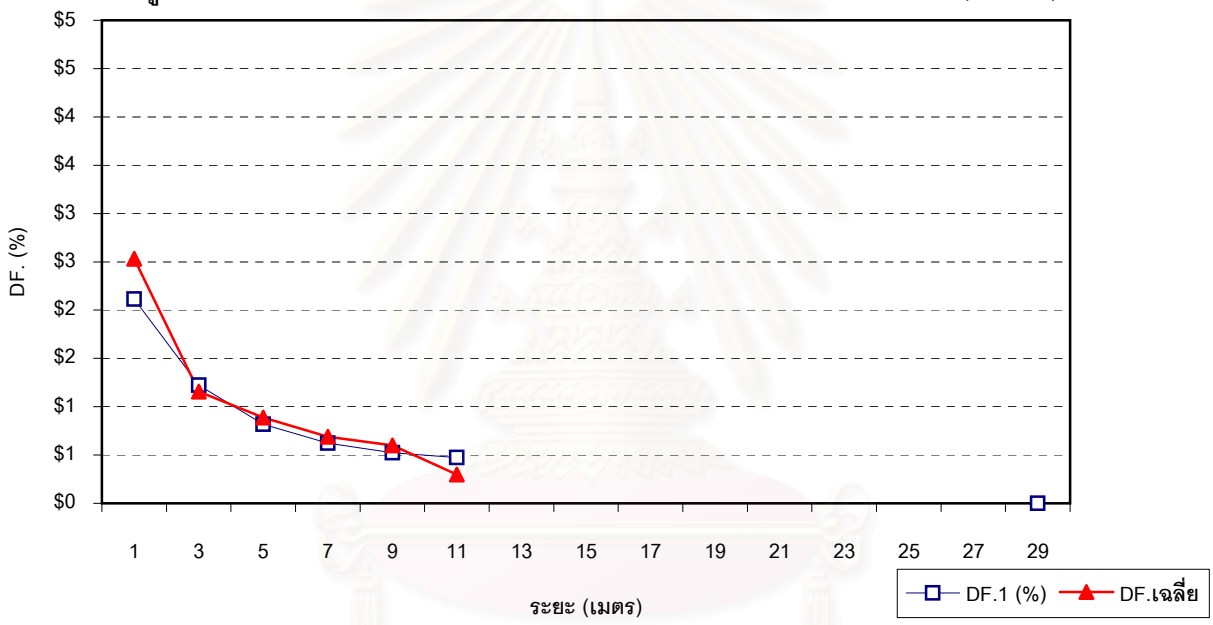


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบ DF. ของแสงใน model และ DF. เฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 1. (แนวการวัดที่ 4)

ระยะ (เมตร)	DF.1	DF.2	DF.3	DF.4	DF. เฉลี่ย
1	2.11	2.99	2.54	2.07	2.53
3	1.22	1.83	0.89	0.75	1.16
5	0.82	1.18	0.90	0.58	0.89
7	0.62	1.06	0.77	0.23	0.69
9	0.53	0.96	0.64	0.20	0.60
11	0.47	0.89			0.30

แผนภูมิเปรียบเทียบ DF.ของแสงใน model และ DF เฉลี่ยภายในส่วนทานอาหารชั้น 1(แนวที่ 1)

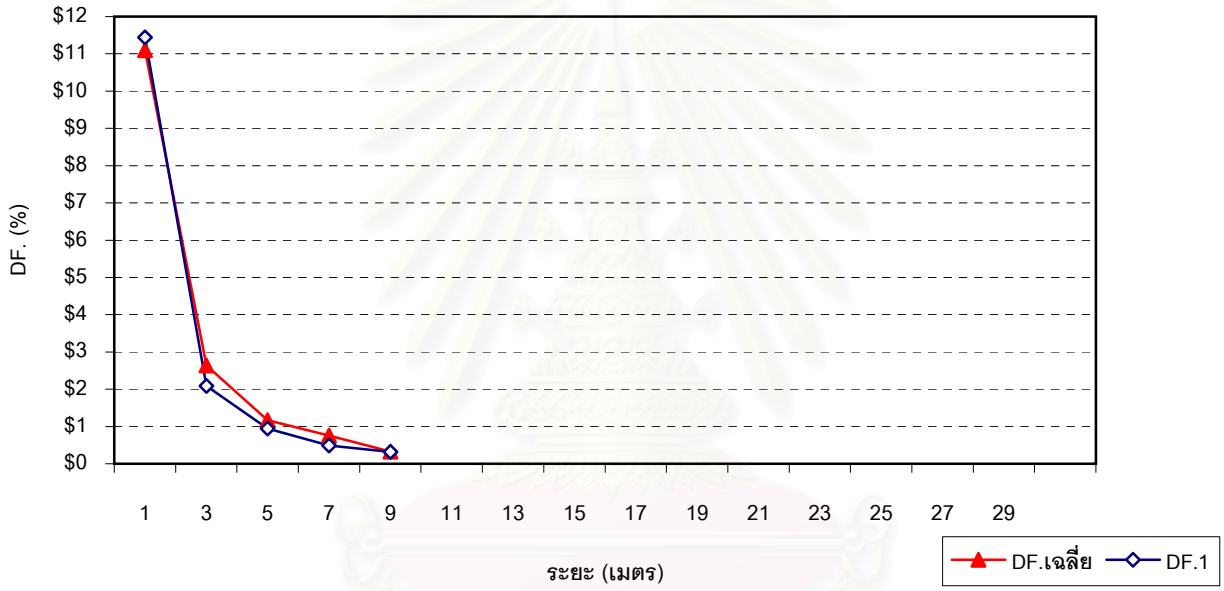


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบ DF. ของแสงใน model และ DF. เฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 1. (แนวการวัดที่ 5)

ระยะ(เมตร)	DF.1	DF.2	DF.3	DF.4	DF. เฉลี่ย	หมายเหตุ
1	11.44	13.07	13.449	6.78	11.10	
3	2.09	2.44	3.762	1.70	2.63	
5	0.95	1.34	1.289	0.86	1.16	
7	0.49	1.09	0.698	0.49	0.76	
9	0.31	0.99			0.33	

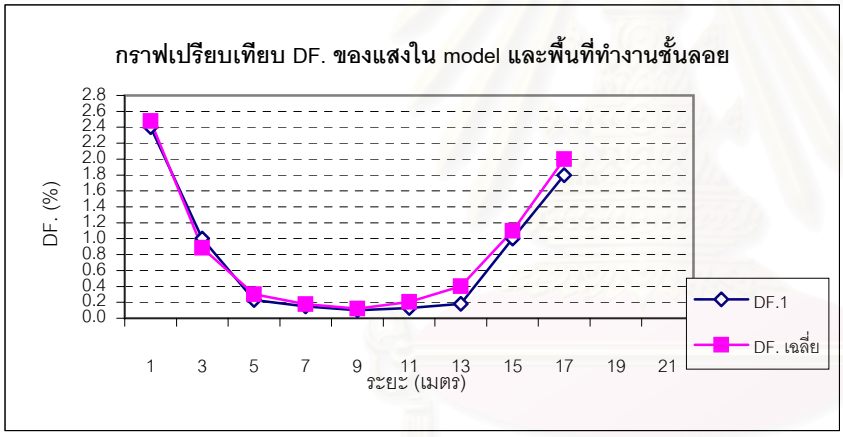
แผนภูมิเปรียบเทียบ DF.ของแสงใน model และ DF เฉลี่ยภายในส่วนทานอาหารชั้น 1(แนวที่ 5)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที 4.6 แสดงค่าความส่องสว่างใน model และภายในพืนทีทำงานชันลอย
ทดสอบโมเดล ครังที 7 (วันที 4 มีนาคม 2543)

เวลา	ระยะห่าง (เมตร)	Ei	DF.1	DF. เฉลีย	DF.2	DF.3	DF.4
	1	574	2.40	2.48	2.69	2.29	2.46
	3	254	1.00	0.89	1.11	0.9	0.65
	5	132	0.23	0.30	0.33	0.31	0.27
	7	87.6	0.15	0.18	0.17	0.19	0.17
	9	65.8	0.10	0.12	0.13	0.23	
	11	61.6	0.13	0.20	0.14	0.47	
	13	69.6	0.18	0.40	0.2	1.01	
	15	101	1.00	1.10	0.31	2.98	
	17	163	1.80	2.00	0.420	11.14	
	19	426					
	21	703					



Ei = ค่าความสว่างภายใน model

DF. 1 = ค่า DF. ของการวัดแสงจากทดสอบแสงใน model

DF. 2 = ค่า DF. ของการวัดแสงจากสภาพท้องฟ้า overcast วันที 4-11-42

DF. 3 = ค่า DF. ของการวัดแสงจากสภาพท้องฟ้า overcast ช่วงเช้า วันที 3-12-42

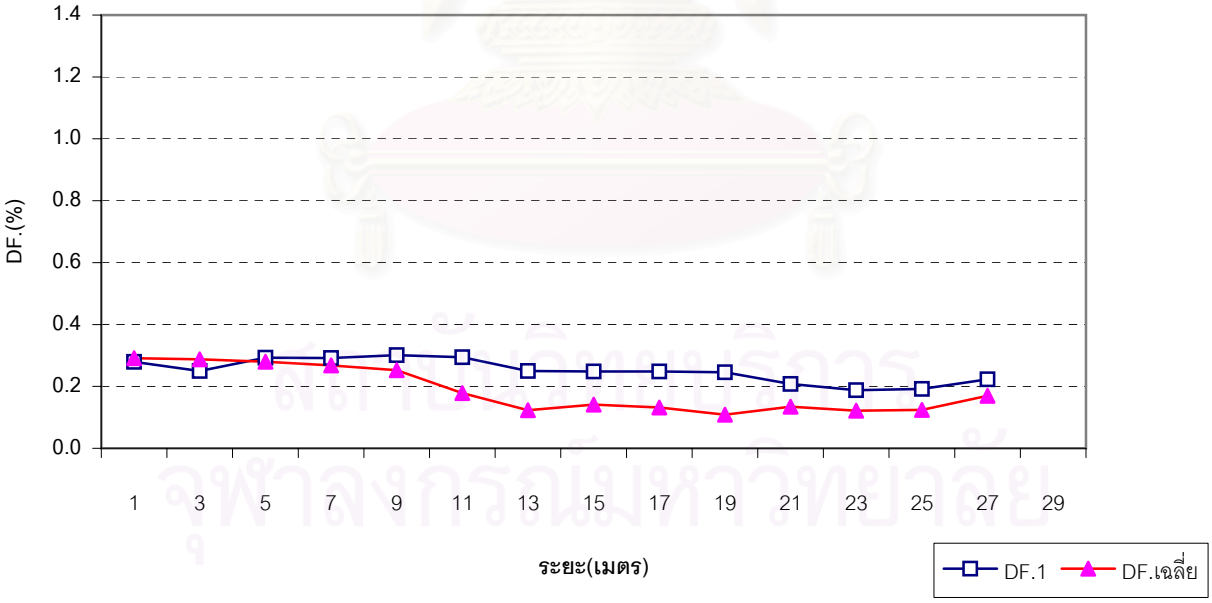
DF. 4 = ค่า DF. ของการวัดแสงจากสภาพท้องฟ้า overcast ช่วงเทียง วันที 3-12-42

DF.เฉลีย = ค่าเฉลียจากการวัดแสง DF.2 , DF.3 , DF.4

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบ DF. ของแสงใน model และ DF. เฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 2. (แนวการวัดที่ 1)

ระยะ(เมตร)	DF.1 (%)	DF.2 (%)	DF.3 (%)	DF.4 (%)	DF.เฉลี่ย	หมายเหตุ
1	0.28	0.35	0.24	0.28	0.29	
3	0.25	0.33	0.24	0.30	0.29	
5	0.29	0.31	0.24	0.29	0.28	
7	0.29	0.26	0.25	0.29	0.27	
9	0.30	0.23	0.25	0.28	0.25	
11	0.29	0.19	0.23	0.12	0.18	
13	0.25	0.12	0.16	0.09	0.12	
15	0.25	0.12	0.22	0.08	0.14	
17	0.25	0.09	0.24	0.07	0.13	
19	0.25	0.08	0.19	0.06	0.11	
21	0.21	0.08	0.25	0.07	0.13	
23	0.19	0.08	0.21	0.08	0.12	
25	0.19	0.07	0.23	0.08	0.12	
27	0.22	0.07	0.27		0.17	

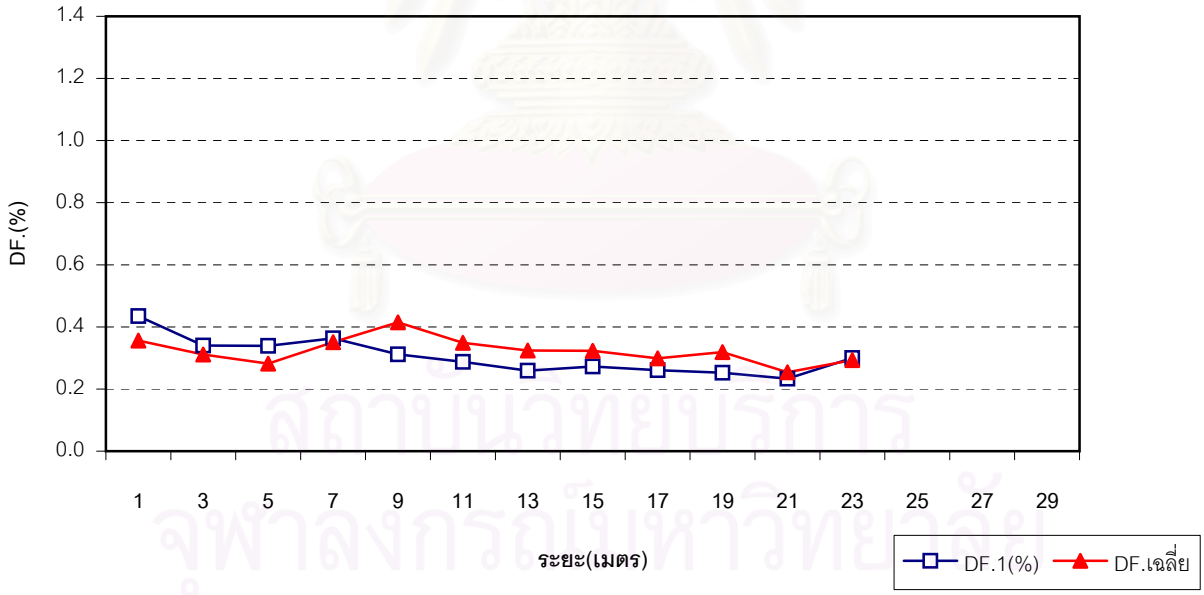
แผนภูมิเปรียบเทียบ DF.ของแสงใน model และDF.เฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 2(แนวที่ 1)



ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบ DF. ของแสงใน model และ DF. เฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 2. (แนวการวัดที่ 2)

ระยะ(เมตร)	DF.1 (%)	DF.2 (%)	DF.3 (%)	DF.เฉลี่ย	หมายเหตุ
1	0.43	0.30	0.41	0.36	
3	0.34	0.31	0.31	0.31	
5	0.34	0.34	0.22	0.28	
7	0.36	0.38	0.32	0.35	
9	0.31	0.49	0.34	0.42	
11	0.29	0.39	0.31	0.35	
13	0.26	0.38	0.27	0.32	
15	0.27	0.40	0.25	0.32	
17	0.26	0.37	0.23	0.30	
19	0.25	0.36	0.28	0.32	
21	0.23	0.29	0.22	0.25	
23	0.30	0.13	0.46	0.29	

แผนภูมิเปรียบเทียบ DF.ของแสงใน model และ DF.เฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 2(แนวที่ 2)

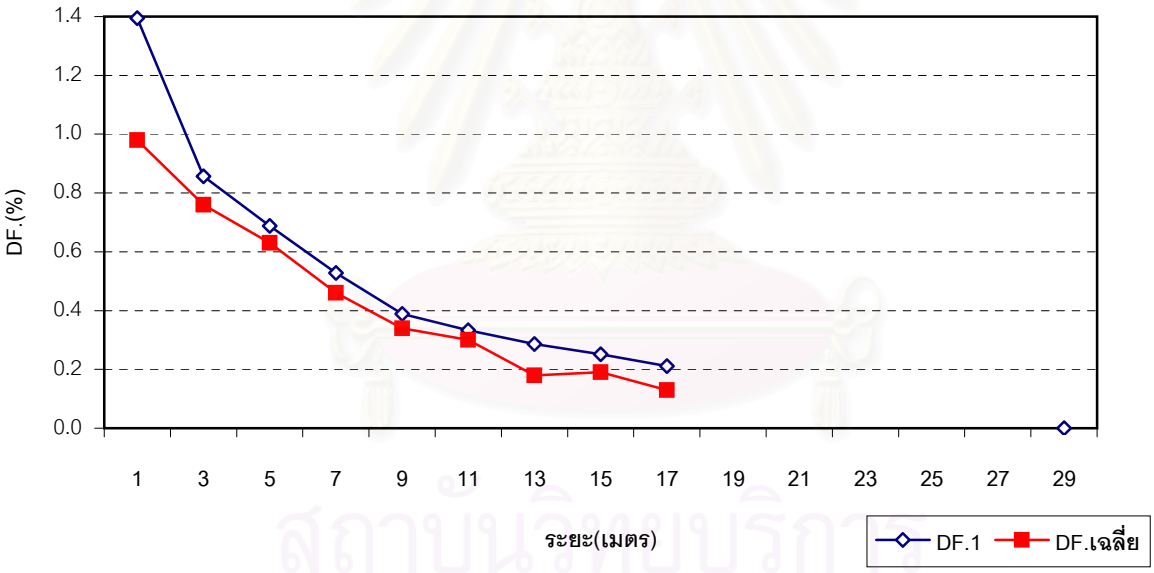


หมายเหตุ

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบ DF. ของแสงใน model และ DF. เฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 2. (แนวการวัดที่ 3)

ระยะ(เมตร)	DF.1 (%)	DF.2 (%)	DF.3 (%)	DF.4 (%)	DF.เฉลี่ย	หมายเหตุ
1	1.39	0.75	1.47	0.73	0.98	
3	0.86	0.73	0.82	0.72	0.76	
5	0.69	0.64	0.64	0.6	0.63	
7	0.53	0.45	0.48	0.44	0.46	
9	0.39	0.34	0.34	0.33	0.34	
11	0.33	0.33	0.30	0.28	0.30	
13	0.29	0.07	0.23	0.24	0.18	
15	0.25		0.20	0.18	0.19	
17	0.21		0.13		0.13	

แผนภูมิเปรียบเทียบ DF.ของแสงใน model และ DF.เฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 2(แนวที่ 3)

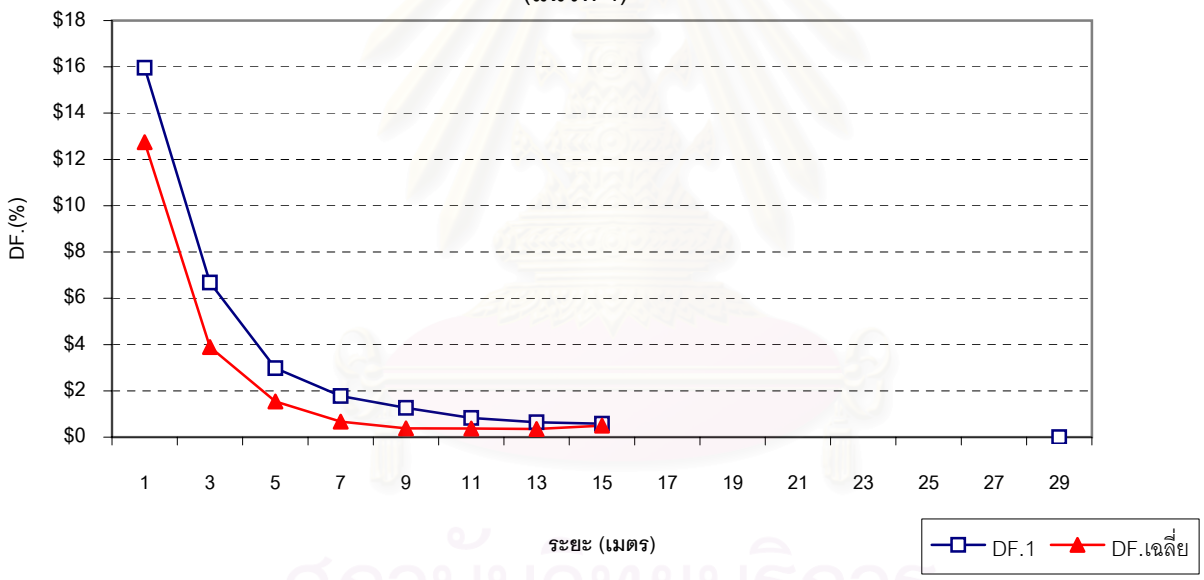


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบ DF. ของแสงใน model และ DF. เฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 2. (แนวการวัดที่ 4)

ระยะ(เมตร)	DF.1(%)	DF.2 (%)	DF.3 (%)	DF.4 (%)	DF.เฉลี่ย	หมายเหตุ
1	15.96	0.86	14.37	22.99	12.74	
3	6.68	0.32	3.96	7.40	3.89	
5	2.98	0.24	2.22	2.16	1.54	
7	1.78	0.19	1.30	0.52	0.67	
9	1.27	0.23	0.75	0.15	0.38	
11	0.83	0.19	0.62	0.12	0.37	
13	0.65	0.16	0.59	0.12	0.36	
15	0.58	0.14	0.50	0.1	0.50	

แผนภูมิเปรียบเทียบ DF.ของแสงใน model และ DF.เฉลี่ยภายในโถงพักคอยชั้น 2 (แนวที่ 4)

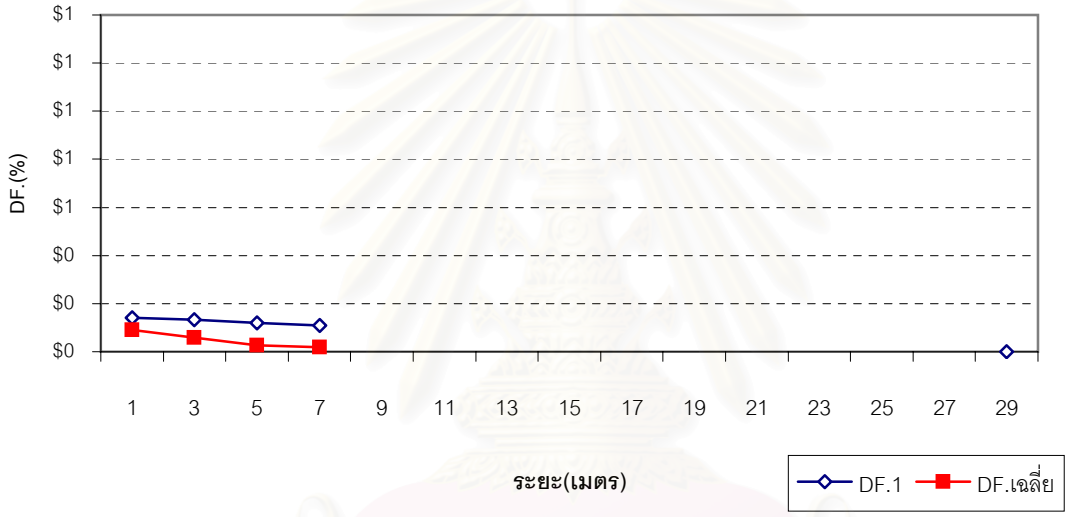


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบ DF. ของแสงใน model และ DF. เฉลี่ยภายในพื้นที่ทำงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 4)

ระยะ(เมตร)	DF.1	DF.2	DF.3	DF.4	DF.เฉลี่ย	หมายเหตุ
1	0.14	0.09	0.11	0.07	0.09	
3	0.13	0.06	0.07	0.05	0.06	
5	0.12	0.03	0.03	0.02	0.03	
7	0.11	0.02	0.02	0.02	0.02	

แผนภูมิเปรียบเทียบ DF.ของแสงใน model และDF.เฉลี่ยในพื้นที่ทำงานชั้น 3(แนวที่ 4)

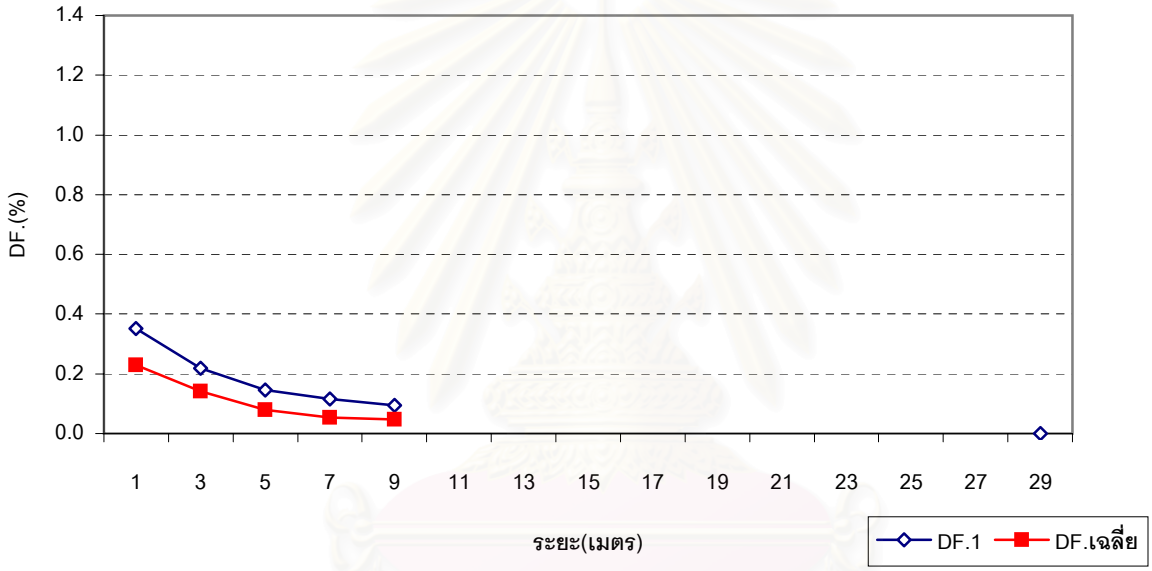


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบ DF. ของแสงใน model และ DF. เฉลี่ยภายในพื้นที่ทำงานชั้น 3(แนวการวัดที่ 5)

ระยะ(เมตร)	DF.1	DF.2	DF.3	DF.4	DF.เฉลี่ย	หมายเหตุ
1	0.35	0.38	0.12	0.19	0.23	
3	0.22	0.27	0.06	0.1	0.14	
5	0.15	0.14	0.05	0.06	0.08	
7	0.12	0.08	0.04	0.04	0.05	
9	0.09	0.08	0.03	0.03	0.05	

แผนภูมิเปรียบเทียบ DF.ของแสงใน model และ DF.เฉลี่ยในพื้นที่ทำงานชั้น 3(แนวที่ 5)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การพิจารณาทางเลือกในการปรับปรุงอาคาร

วิธีการศึกษาและทดลองในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้วิธีการปรับปรุงอาคารที่เหมาะสมในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารเพื่อลดการใช้แสงประดิษฐ์ ในการศึกษาการปรับปรุงอาคารสามารถที่จะกำหนดแนวทางเลือกในการปรับปรุงได้หลายแนวทางดังนั้นจึงจำเป็ฯที่จะต้องมีเกณฑ์มากำหนดเพื่อให้แต่ละแนวทางมีความเหมาะสมทั้งทางด้านระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการและความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

5.1 เกณฑ์กำหนดแนวทางเลือกในการปรับปรุง

5.1 กำหนดให้การใช้งานภายในอาคารมีการใช้งานคงเดิม โดยไม่ได้ปรับเปลี่ยนวัสดุภายในอาคาร จะมีการปรับปรุงเพียงลักษณะชองช่องเปิดและรูปแบบอุปการณ์บังแดดเพิ่มเติมเท่านั้น

5.2 กำหนดให้การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์อันเกียวเนื่องกับแสงประดิษฐ์มีเกณฑ์ดังนี้

1. ใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 32 วัตต์ ที่มีปริมาณความสว่าง 2600 ลูเมนซึ่งเป็นหลอดที่มีการใช้งานอยู่ภายในอาคารเดิมมากที่สุด
2. บัลลาสที่ใช้ในการปรับปรุงเป็นบัลลาสขดลวดมีค่าการสูญเสียพลังงาน เท่ากับ 9 วัตต์ เนื่องจากเป็นบัลลาสที่มีการใช้งานภายในอาคารมากที่สุด

5.3 การปรับปรุงภายนอกอาคารเช่นแผงกันแดด กำหนดให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดตรงอย่างน้อยเทียบเท่ากับแผงกันแดดเดิมของอาคาร และมีลักษณะการกีดขวางทัศนวิสัยในการมองออกไปสู่ภายนอก โดยในในรูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง (Light Shelf) ในอันที่จะสามารถนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในได้มากขึ้น โดยพิจารณาดังนี้

1. ออกแบบแผงกันแดดโดยอาศัยค่ามุมโพร์ไฟล์ที่ต่ำที่สุด ได้แก่ค่ามุม ของวันที่ 21 มีนาคมและ 21 กันยายน เวลา 8.00 น. ของช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก
2. วัสดุแผงกันแดดใหม่ ใช้โครงเหล็กมีผิวภายนอกเป็นแผ่นอลูมินั่มเคลือบผิว สีอ่อน มีน้ำหนักเบาคือ 5.5 กก./ ตรม. โดยค่าการสะท้อนแสงที่เลือกใช้เป็น 70% และ 80%
3. การเจาะช่องเปิดเพิ่มเติม ในการวิจัยนี้เลือกพิจารณาเพียงรูปแบบเดียวโดยให้มีลักษณะการเจาะช่องเปิดเหมือนเดิม และกำหนดให้การปรับเปลี่ยนที่เกี่ยวข้องกับวัสดุช่องเปิดคือกระจกใช้กระจกใส 8 มม. ซึ่งเป็นกระจกที่มีใช้งานอยู่เดิม

5.4 การปรับปรุงปริมาณความส่องสว่างภายในอาคารต้องผ่านเกณฑ์มาตราฐานระดับความส่องสว่างโดยใช้มาตราฐานระดับความส่องสว่างที่กำหนดเป็นมาตราฐานสากลไม่ขึ้นกับประเทศใดประเทศหนึ่ง ซึ่งได้แก่ CIE (ตารางที่ 2.5 - 2.6)

พื้นที่โถงพักคอยและพื้นที่ทางเดินใช้ ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย 150 ลักซ์ (DF = 1)

พื้นที่อาคารสำนักงานใช้ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย 300 ลักซ์ (DF = 2)

แนวทางในการปรับปรุงอาคารสถานีขนส่งเพื่อเพิ่มประสิทธภาพในการนำแสงธรรมชาติจากภายนอกเข้ามาภายในอาคาร ได้เสนอแนวทางในการปรับปรุง 2 แนวทางคือ

1. การปรับปรุงช่องแสงด้านบน
2. การปรับปรุงช่องแสงด้านข้าง

5.2 การปรับปรุงช่องแสงด้านบนของอาคาร

ช่องแสงด้านบนที่นำมาพิจารณาเป็นทางเลือกในการปรับปรุงจะอยู่ที่ชั้นดาดฟ้า มีลักษณะเป็นรูปจั่ว วัสดุที่ใช้เป็นกระจกเทมเปอร์หนา 10 มม. ภายในมีลักษณะเป็น Double Space ที่บริเวณชั้น 2 และ 3 ช่องแสงมีขนาดกว้าง 8 เมตร ยาว 24 เมตร (ภาพที่ 5.1) และบริเวณใต้ช่องแสงประมาณ 1 เมตร จะมีการติดแผ่นกรองแสง(slant)สีดำ จากการสอบถามจึงทราบว่าแผ่นกรองแสงเพิ่งจะมีการนำมาติดตั้งในภายหลัง เนื่องจากบริเวณใต้ช่องแสงจะมีปริมาณแสงธรรมชาติตลอดทั้งวันแต่ก็เป็นปริมาณที่มากจนเกินไปและจะมีปริมาณความร้อนที่มากับแสงมากตามไปด้วย ซึ่งจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในระบบปรับอากาศที่มากเกินความจำเป็น

จากการตรวจสอบปริมาณความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติเฉลี่ยที่บริเวณใต้ช่องเปิดที่โถงพักคอยชั้น 2 และพื้นที่ทำงานชั้น 3 (ตารางที่ 3.7 – 3.8)พบว่าปริมาณความส่องสว่างภายในอาคารมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (150 ลักซ์ หรือ DF = 1) ดังนั้นการวิจัยนี้จึงเลือกช่องแสงด้านบนเป็นส่วนหนึ่งในการปรับปรุงระบบแสงสว่างภายในอาคาร

ภาพที่ 5.1 แสดงภายนอกและภายในช่องแสงด้านบนของอาคารสถานีขนส่ง

แนวทางพิจารณาในการออกแบบปรับปรุงช่องแสงด้านบน

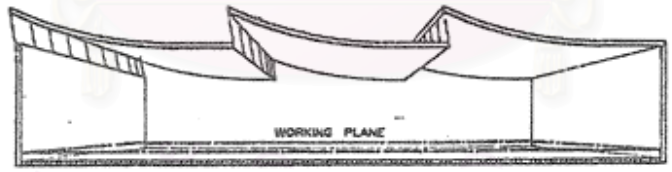
1. การศึกษาหารูปแบบหลังคาที่เหมาะสม จากการศึกษาหลังคาที่มีช่องแสงด้านบนโดยทั่วๆไปที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบันจะมี แบบSkylight, แบบ Sawtooth และแบบ Monitor จะพบว่ารูปแบบหลังคา Sawtooth มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการปรับปรุงอาคาร เนื่องจากเป็นช่องแสงที่สามารถหลีกเลี่ยงแสงแดดโดยตรงและสามารถกำหนดทิศทางของช่องเปิดได้ สำหรับการวิจัยชิ้น

นี้ได้กำหนดที่ตั้งของช่องเปิดให้หันไปทางด้านทิศเหนือเพื่อหลีกเลี่ยงแสงแดดตรงทั้งยังเป็นทิศที่ได้รับแสงสว่างจากธรรมชาติที่มีความสม่ำเสมอและมีความร้อนปะปนเข้ามาน้อนที่สุด

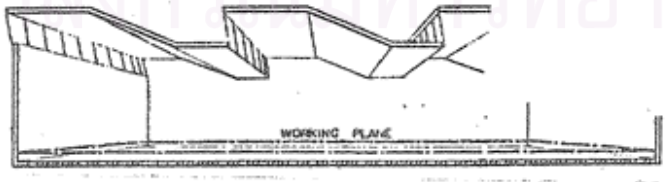
2. รูปแบบที่เหมาะสมของหลังคา Sawtooth จากการศึกษา (มานะ หุตินทะ, 2538) พบว่าได้มีการทดสอบหลังคา Sawtooth 4 รูปแบบคือรูปแบบเหลี่ยมตรง, รูปแบบโค้งขึ้น, รูปแบบโค้งลง และรูปแบบเหลี่ยมหักมุม จากการศึกษาค่า Daylight Factor ในช่วงเวลาเช้าและเย็นมีค่าสูงสุดในรูปแบบหลังคาเหลี่ยมหักมุม และจากการศึกษาพบว่า รูปแบบของหลังคาที่แตกต่างกันไปจะไม่มีผลต่อปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นเพราะหลังคาทุกรูปแบบมีความร้อนเท่ากัน แต่ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อปริมาณความร้อนคือขนาดของช่องเปิด

หลังคารูปแบบเหลี่ยมตรง (Linear)

หลังคารูปแบบโค้งขึ้น (Convex)



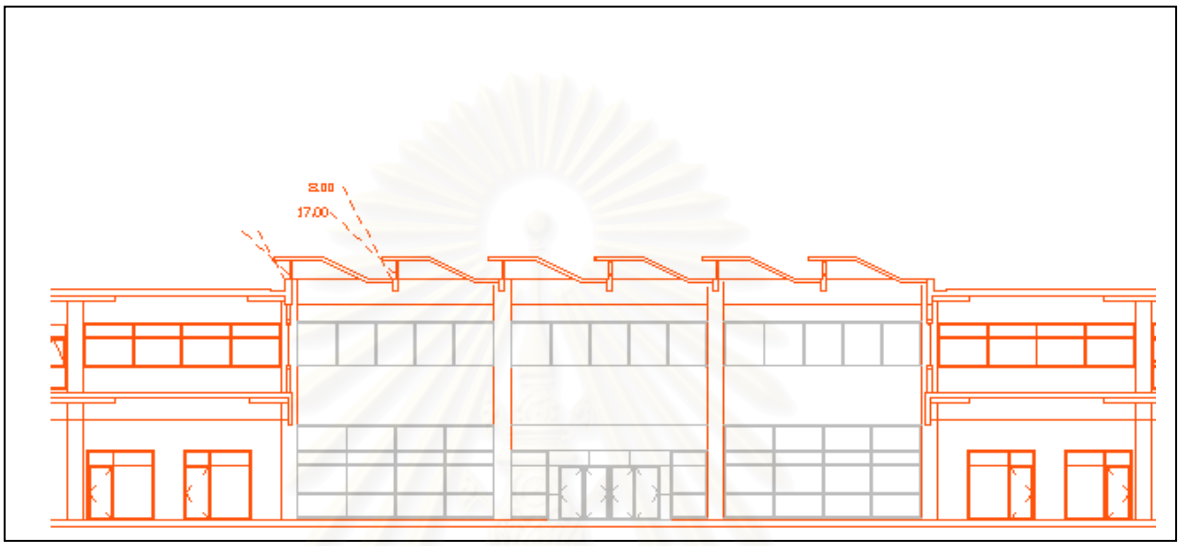
หลังคารูปแบบโค้งลง (Concave)



หลังคารูปแบบเหลี่ยมหักมุม (Inclination)

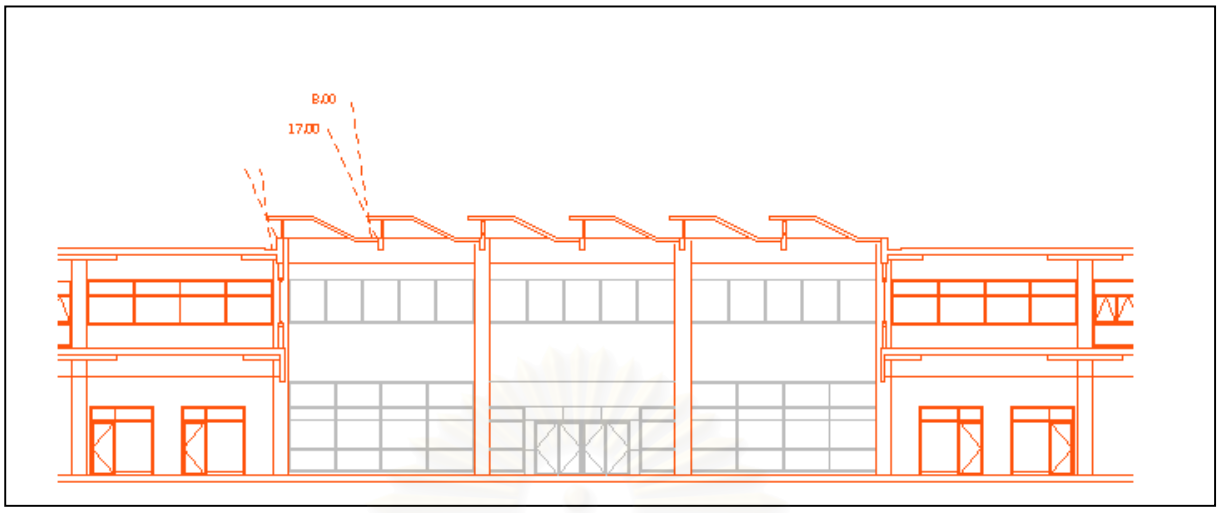
รูปที่ 5.2 แสดงรูปแบบหลังคา Sawtooth 4 รูปแบบคือ รูปแบบเหลี่ยมตรง, รูปแบบโค้งขึ้น, รูปแบบโค้งลง และรูปแบบเหลี่ยมหักมุม

3. การพิจารณาแผงกันแดดของช่องเปิดทางด้านทิศเหนือที่ไม่ได้รับแสงแดดโดยตรงตั้งแต่เวลา 8.00–17.00 น.ซึ่งเป็นช่วงเวลาการทำงานของเจ้าหน้าที่ภายในอาคาร ทุกวันตลอดทั้งปี ซึ่งพิจารณาช่วงเดือน มิถุนายน พฤษภาคม-กรกฎาคม และเมษายน-สิงหาคม ของวันที่ 21 ของทุกเดือน จากการตรวจสอบ แผงกันแดดจะมีระยะยื่น 1.00 เมตรจึงจะสามารถป้องกันแสงแดดโดยตรงได้ตลอดทั้งปี (รูปที่ 5.3 – 5.5)



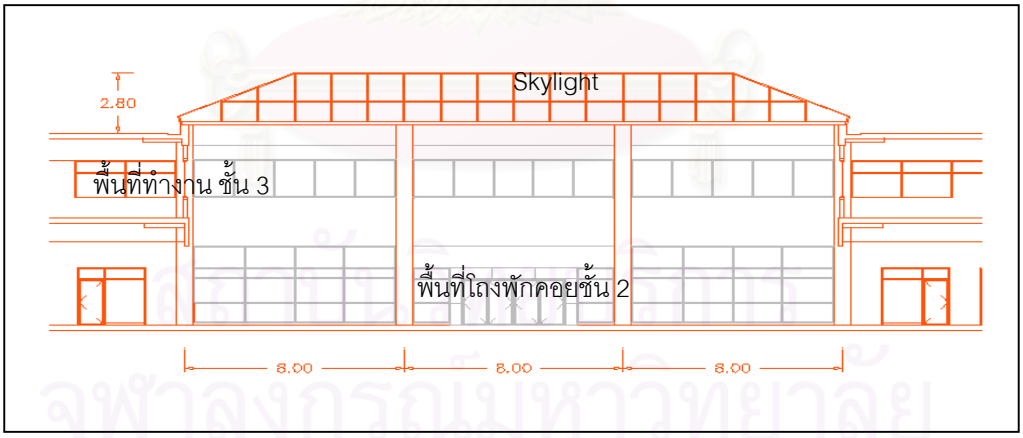
รูปที่ 5.3 แสดงมุมแดดที่กระทำต่อช่องเปิดทางด้านทิศเหนือ วันที่ 21 มิถุนายน

รูปที่ 5.4 แสดงมุมแดดที่กระทำต่อช่องเปิดทางด้านทิศเหนือ วันที่ 21 กรกฎาคมและ 21 พฤษภาคม



รูปที่ 5.5 แสดงมุมแดดที่กระทำต่อช่องเปิดทางด้านทิศเหนือ วันที่ 21 เมษายนและ 21 สิงหาคม

4. ขนาดของช่องเปิดที่เหมาะสม ขนาดของช่องเปิดจะมีผลกระทบต่อปริมาณความส่องสว่างและปริมาณความร้อนที่มากับแสงสว่าง นั่นก็คือ ถ้าช่องเปิดมีขนาดใหญ่ก็จะมีปริมาณความส่องสว่างมากและปริมาณความร้อนที่มากับแสงสว่างมากตามไปด้วย แต่หากช่องเปิดมีขนาดเล็กปริมาณความส่องสว่างก็จะน้อยและปริมาณความร้อนที่มากับแสงสว่างก็จะน้อยตามไปด้วย ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงทาการศึกษาหาขนาดที่เหมาะสมของช่องเปิดสำหรับหลังคาฟันเลื่อย ที่จะทำให้ภายในอาคารมีปริมาณความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด (150 ลักซ์) ช่องเปิดที่จะทำการศึกษาจะประกอบไปด้วย ช่องเปิด 10%, 15% และช่องเปิด 20% (ภาพที่ 5.3 – 5.5)



รูปที่ 5.6 แสดงภาพตัดของช่องแสงด้านบนภายในอาคาร เดิมพื้นที่ชั้น 2 และชั้น 3

แนวทางการปรับปรุงช่องแสงด้านบนประกอบด้วย 3 แนวทางคือ

1. เป็นแนวทางปรับปรุงช่องแสงด้านบนเป็นหลังคาฟันเลื่อยรูปแบบเหลี่ยมหักมุมมีช่องเปิด 10 %
2. เป็นแนวทางปรับปรุงช่องแสงด้านบนเป็นหลังคาฟันเลื่อยรูปแบบเหลี่ยมหักมุมมีช่องเปิด 15 %
3. เป็นแนวทางปรับปรุงช่องแสงด้านบนเป็นหลังคาฟันเลื่อยรูปแบบเหลี่ยมหักมุมมีช่องเปิด 20 %

มีรายละเอียดการทดลองดังนี้

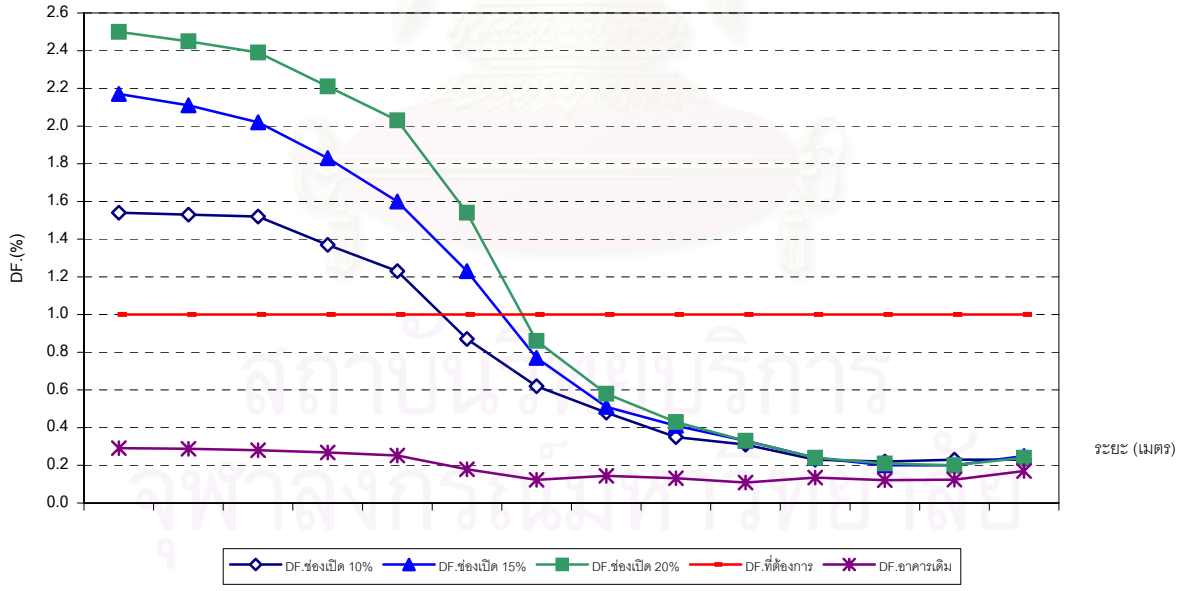
ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบค่า DF.ของแสงจากช่องแสงด้านบนในอาคารเดิม และช่องเปิดขนาดต่าง ๆ

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1)

ช่องเปิดที่นำมาศึกษามี 3 ขนาดคือ 10 %, 15% และ20%

ระยะ(เมตร)	DF.1 (%)	DF.2 (%)	DF.3 (%)	DF.4 (%)	DF.5 (%)	หมายเหตุ
1	1.54	2.17	2.50	1.00	0.29	
3	1.53	2.11	2.45	1.00	0.29	
5	1.52	2.02	2.39	1.00	0.28	
7	1.37	1.83	2.21	1.00	0.27	
9	1.23	1.6	2.03	1.00	0.25	
11	0.87	1.23	1.54	1.00	0.18	
13	0.62	0.77	0.86	1.00	0.12	
15	0.48	0.51	0.58	1.00	0.14	
17	0.35	0.41	0.43	1.00	0.13	
19	0.31	0.33	0.33	1.00	0.11	
21	0.23	0.24	0.24	1.00	0.14	
23	0.22	0.2	0.21	1.00	0.12	
25	0.23	0.2	0.20	1.00	0.12	
27	0.23	0.25	0.24	1.00	0.17	

แผนภูมิเปรียบเทียบ DF. ของแสงใน model และ DF.ของช่องเปิดขนาดต่าง ๆ



DF.1 = ค่า DF. ของแสงภายใน model ที่มีช่องเปิด 10%

DF.1 = ค่า DF. ของแสงภายใน model ที่มีช่องเปิด 15%

DF.1 = ค่า DF. ของแสงภายใน model ที่มีช่องเปิด 20%

DF.4 = ค่า DF. ของแสงภายในอาคารที่ต้องการ

DF.5 = ค่า DF.เฉลี่ยของแสงในอาคารจริง

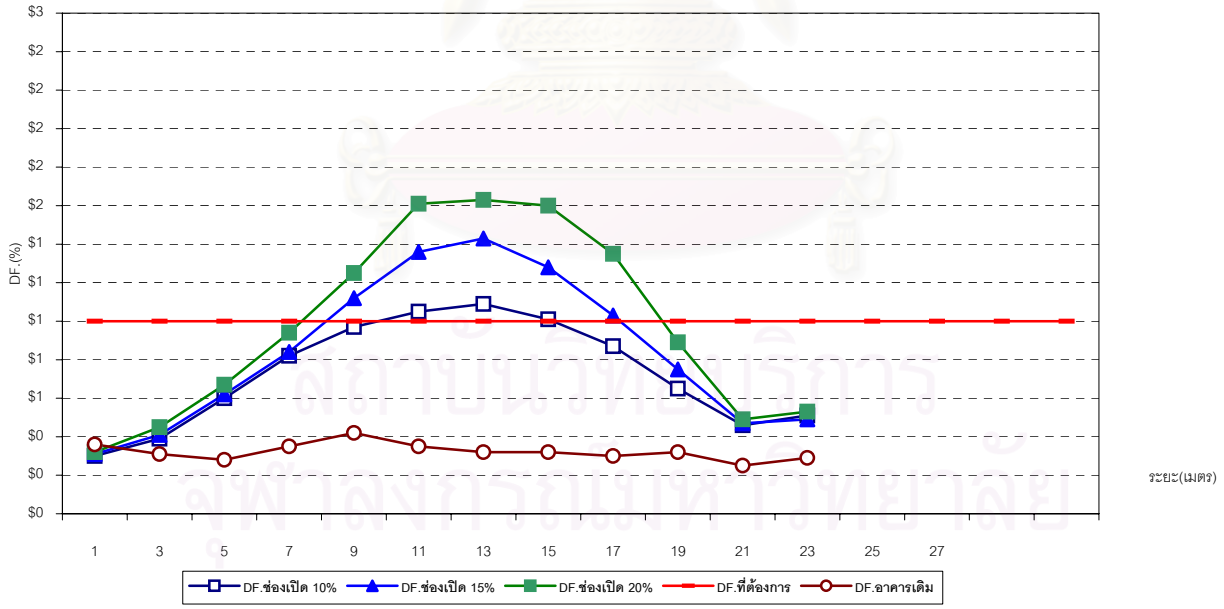
ตารางที่ 5.2 เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างของแสงจากช่องแสงด้านบนในอาคารเดิม และช่องเปิดขนาดต่างๆ

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2)

ช่องเปิดที่นำมาศึกษามี 3 ขนาดคือ 10 %, 15% และ20%

ระยะ(เมตร)	DF.1	DF.2	DF.3	DF.4	DF.5
1	0.30	0.31	0.32	1.00	0.36
3	0.39	0.41	0.45	1.00	0.31
5	0.60	0.62	0.67	1.00	0.28
7	0.82	0.84	0.94	1.00	0.35
9	0.97	1.12	1.25	1.00	0.42
11	1.05	1.36	1.61	1.00	0.35
13	1.09	1.43	1.63	1.00	0.32
15	1.01	1.28	1.60	1.00	0.32
17	0.87	1.03	1.35	1.00	0.30
19	0.65	0.75	0.89	1.00	0.32
21	0.46	0.47	0.49	1.00	0.25
23	0.51	0.49	0.53	1.00	0.29

แผนภูมิเปรียบเทียบ DF.ของแสงใน model และ DF.ของช่องเปิดขนาดต่างๆ



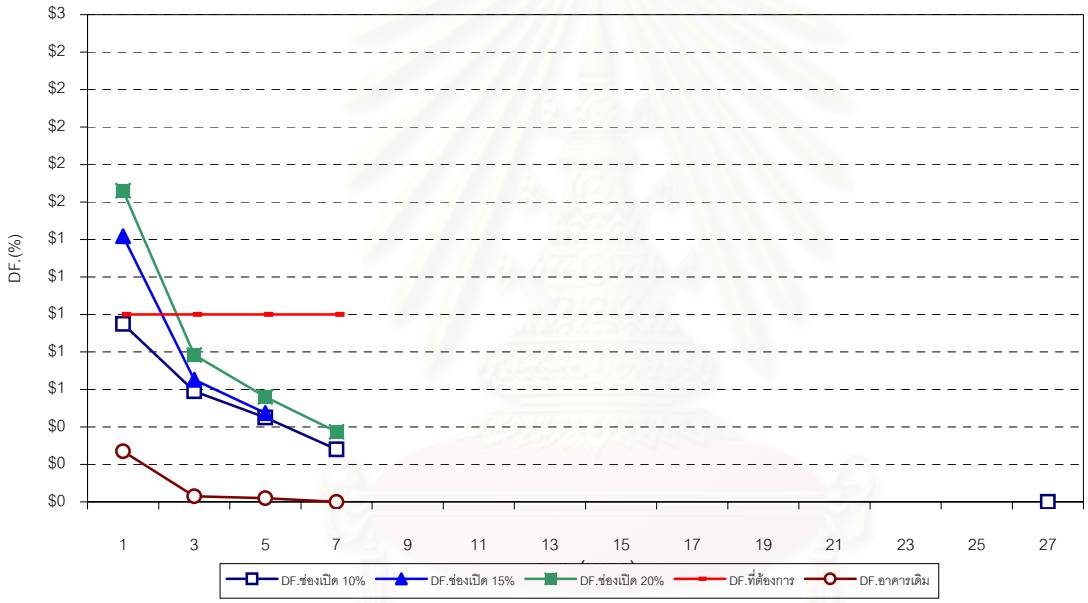
ตารางที่ 5.3 เปรียบเทียบค่า DF.ของแสงจากช่องแสงด้านบนในอาคารเดิม และช่องเปิดขนาดต่างๆ

พิจารณาพื้นที่ทางเดินในส่วนทำงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 2)

ช่องเปิดที่นำมาศึกษามี 3 ขนาดคือ 10 %, 15% และ20%

ระยะ(เมตร)	DF.1	DF.2	DF.3	DF.4	DF.5
1	0.95	1.42	1.66	1.00	0.27
3	0.59	0.65	0.78	1.00	0.03
5	0.45	0.47	0.56	1.00	0.02
7	0.28	0.34	0.37	1.00	0.00

แผนภูมิเปรียบเทียบ DF.ของแสงใน model และ DF.ของช่องเปิดขนาดต่างๆ



DF.1 = ค่า DF. ของแสงภายใน model ที่มีช่องเปิด 10%

DF.1 = ค่า DF. ของแสงภายใน model ที่มีช่องเปิด 15%

DF.1 = ค่า DF. ของแสงภายใน model ที่มีช่องเปิด 20%

DF.4 = ค่า DF. ของแสงภายในอาคารที่ต้องการ

DF.5 = ค่า DF.เฉลี่ยของแสงในอาคารจริง

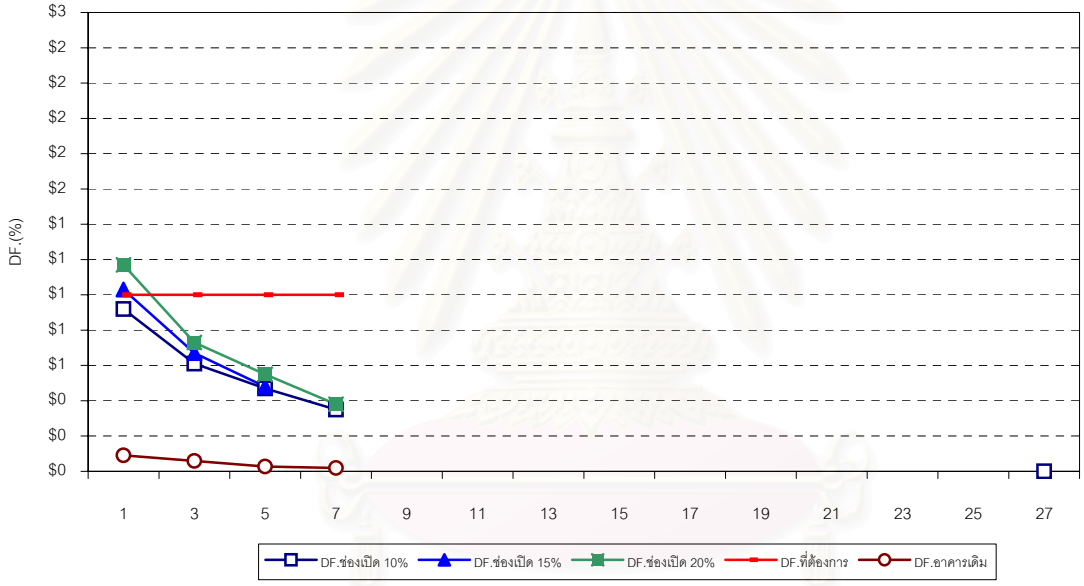
ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบค่า DF.ของแสงจากช่องแสงด้านบนในอาคารเดิม และช่องเปิดขนาดต่างๆ

พิจารณาพื้นที่ทางเดินในส่วนทำงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 4)

ช่องเปิดที่นำมาศึกษามี 3 ขนาดคือ 10 %, 15% และ20%

ระยะ(เมตร)	DF.1	DF.2	DF.3	DF.4	DF.5
1	0.92	1.03	1.17	1.00	0.09
3	0.61	0.67	0.73	1.00	0.06
5	0.47	0.48	0.55	1.00	0.03
7	0.35	0.36	0.38	1.00	0.02

แผนภูมิเปรียบเทียบ DF.ของแสงใน model และ DF.ของช่องเปิดขนาดต่างๆ

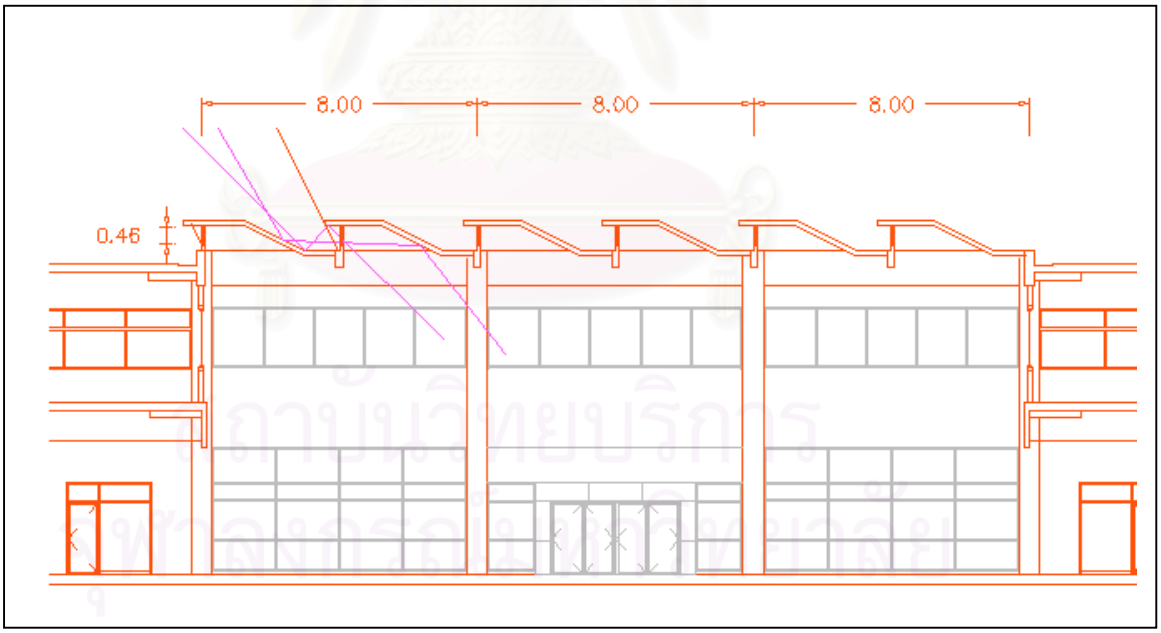


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.1 **แนวทางการปรับปรุงช่องแสงด้านบนแนวทางที่** 1

เป็นแนวทางในการปรับปรุงช่องแสงด้านบนที่มีรูปแบบหลังคาฟันเลื่อยรูปแบบเหลี่ยมหักมุม โดยที่หันช่องแสงไปทางด้านทิศเหนือ มีช่องเปิดรับแสง 10 % มีรายละเอียดการปรับปรุงดังนี้

1. พื้นที่ภายนอกและภายในอาคารบริเวณใต้ช่องเปิดมีการใช้สอยคงเดิม
2. รูปแบบหลังคาที่ใช้ในการปรับปรุงเป็นหลังคาฟันเลื่อยรูปแบบเหลี่ยมหักมุม โดยที่หันช่องแสงไปทางด้านทิศเหนือ
3. ด้านใต้หลังคา 1.00 เมตร จะยกเลิกฝ้าเพดานแบบตะแกรงที่มีอยู่เดิม
4. หาค่าความส่องสว่างภายในอาคารโดยการเทียบค่า DF ที่ได้จากการทดลอง (ตารางที่ 5.5–5.8) กับค่าความส่องสว่างภายนอก อาศัยตามวิธีการในบทที่ 4.4
5. เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างที่ได้รับจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร (ตารางที่ 5.9–5.18) เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงให้ผังวงจรแสงประดิษฐ์ให้สอดคล้องกับ Daylight Zone ที่ได้จากการปรับปรุง
6. เปรียบเทียบค่าปริมาณพลังงานที่สามารถลดได้อันเนื่องมาจากจากการปรับปรุงให้ผังวงจรแสงประดิษฐ์สอดคล้องกับ Daylight Zone กับปริมาณพลังงานเดิมของอาคาร

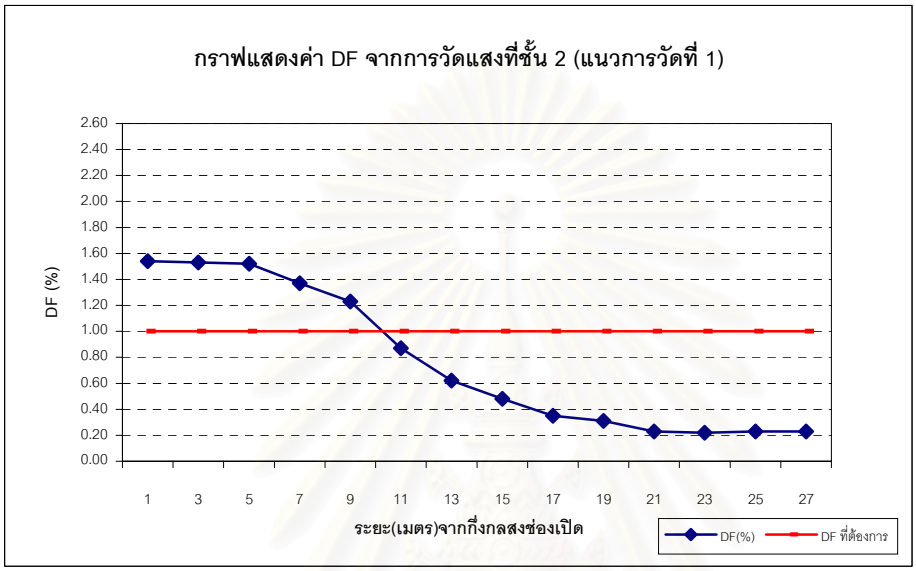


รูปที่ 5.7 แสดงภาพตัดหลังคาฟันเลื่อยที่มีช่องเปิด 10%

ตารางที่ 5.5 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคารพื้นที่ใต้ช่องแสงด้านบน (ช่องเปิด 10%)

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1)

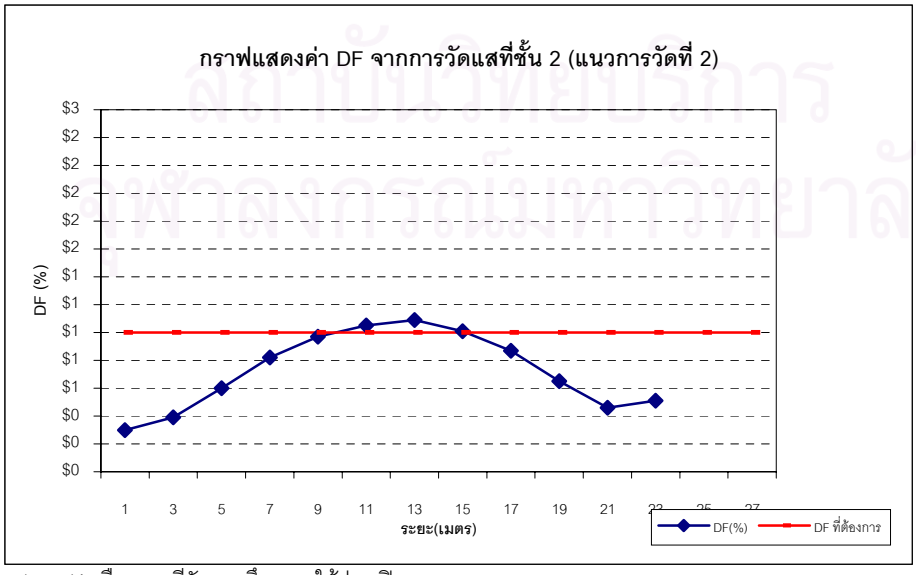
ระยะ(เมตร)*	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
Ei	121.0	119.0	120.0	108.0	96.9	73.6	44.7	32.7	27.9	26.0	18.5	17.3	16.4	15.9
DF(%)	1.54	1.53	1.52	1.37	1.23	0.87	0.62	0.48	0.35	0.31	0.23	0.22	0.23	0.23
DF ที่ต้องการ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00



ตารางที่ 5.6 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคารพื้นที่ใต้ช่องแสงด้านบน (ช่องเปิด 10%)

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2)

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
Ei	19.4	25.2	38.7	52.9	62.6	67.7	70.3	65.1	56.1	41.9	29.7	32.9		
DF(%)	0.30	0.39	0.60	0.82	0.97	1.05	1.09	1.01	0.87	0.65	0.46	0.51		
DF ที่ต้องการ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

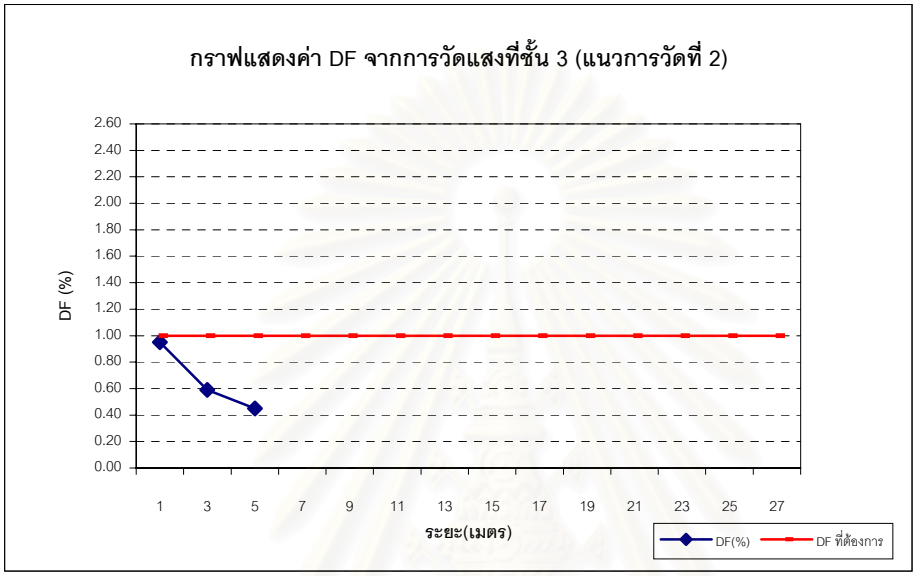


หมายเหตุ ระยะ(เมตร)* คือระยะที่วัดจากกึ่งกลางใต้ช่องเปิด

ตารางที่ 5.7 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคารพื้นที่ใต้ช่องแสงด้านบน (ช่องเปิด 10%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในและพื้นที่รับรองแขกที่ชั้น 3 (แนวการวัดที่ 2)

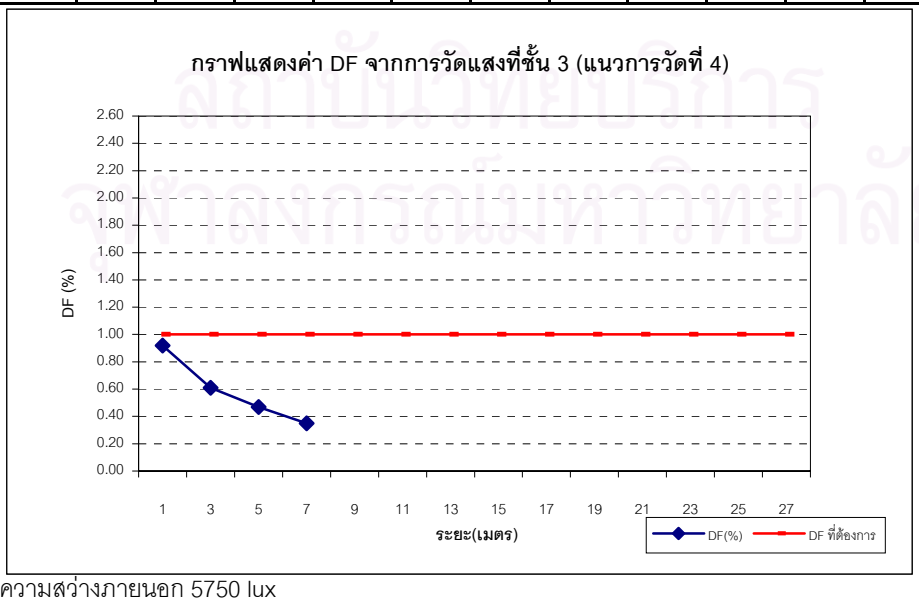
ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
Ei	54.63	33.93	25.88											
DF(%)	0.95	0.59	0.45											
DF ที่ต้องการ	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0



ตารางที่ 5.8 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร (ช่องเปิด 10%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในพื้นที่ทำงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 4)

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
Ei	52.9	35.08	27.03	20.13										
DF(%)	0.92	0.61	0.47	0.35										
DF ที่ต้องการ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

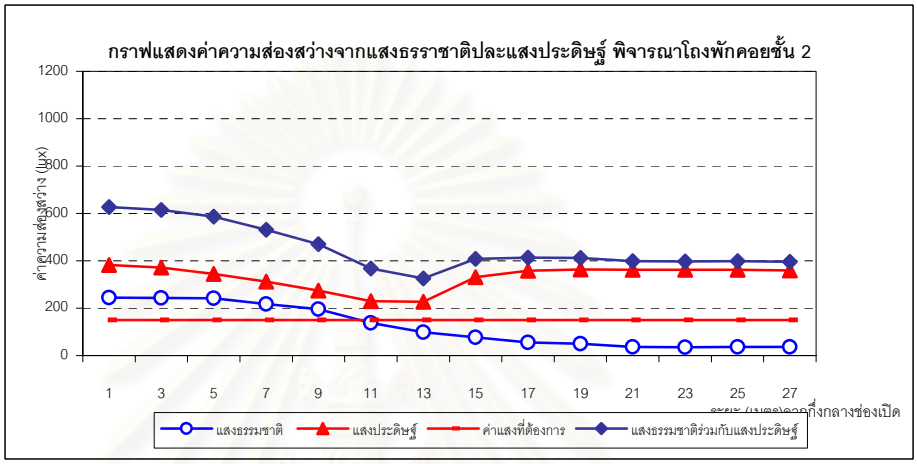


หมายเหตุ ค่าความสว่างภายนอก 5750 lux

ตารางที่ 5.9 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1)

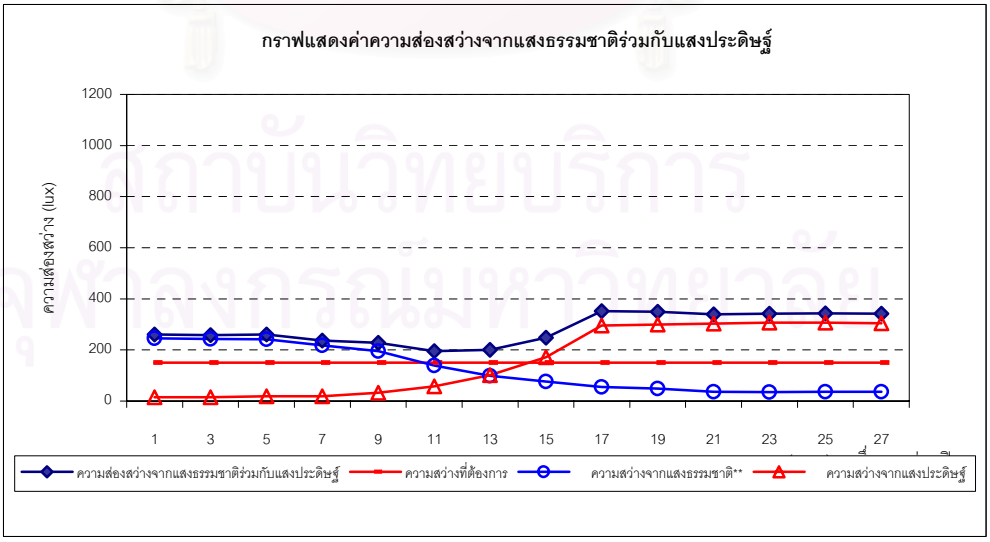
ระยะ(เมตร)*	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ**	245.2	243.6	242.0	218.1	195.8	138.5	98.7	76.4	55.7	49.4	36.6	35.0	36.6	36.6
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	382.5	371.5	345	312.5	274	229.5	226.5	331.5	358	363	361.5	362	361.5	360
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิ	627.7	615.1	587.0	530.6	469.8	368.0	325.2	407.9	413.7	412.4	398.1	397.0	398.1	396.6



ตารางที่ 5.10 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1)

ระยะ(เมตร)*	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ**	245.2	243.6	242.0	218.1	195.8	138.5	98.7	76.4	55.7	49.4	36.6	35.0	36.6	36.6
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	15	15	19	19	32	57	102	172	296	300	303	307	307	305
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประ	260.2	258.6	261.0	237.1	227.8	195.5	200.7	248.4	351.7	349.4	339.6	342.0	343.6	341.6



กราฟแสดงค่าความส่องสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ เป็นจำนวน 1แถวจากช่องเปิด

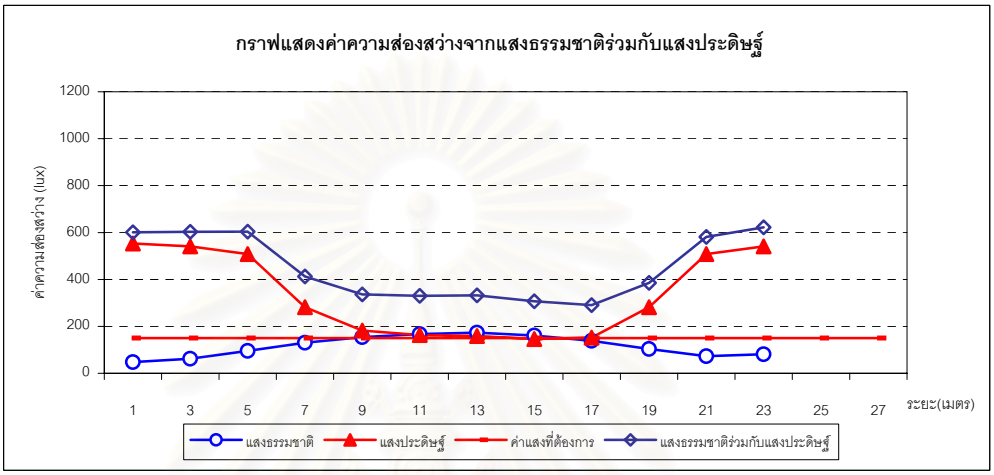
หมายเหตุ 1. ระยะ(เมตร)* คือระยะที่วัดจากกึ่งกลางใต้ช่องเปิด

2. ความสว่างจากแสงธรรมชาติ** คำนวณจากระดับความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยต่ำสุด ณ. เวลา 17.00 น. (15,920.47 ลักซ์)

ตารางที่ 5.11 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2)

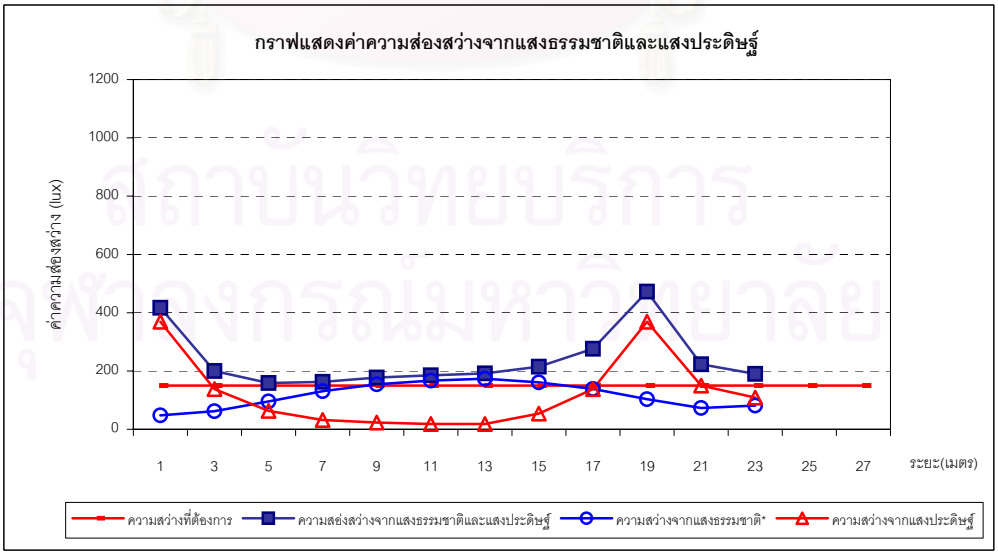
ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	47.76	62.09	95.52	130.5	154.4	167.2	173.5	160.8	138.5	103.5	73.23	81.19		
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	553	541	508	282	182	163	159	146	152	282	508	541		
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	600.8	603.1	603.5	412.5	336.4	330.2	332.5	306.8	290.5	385.5	581.2	622.2		



ตารางที่ 5.12 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2)

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	47.76	62.09	95.52	130.5	154.4	167.2	173.5	160.8	138.5	103.5	73.23	81.19		
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	369	138	63	32	23	18	18	54	138	369	150	109		
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	416.8	200.1	158.5	162.5	177.4	185.2	191.5	214.8	276.5	472.5	223.2	190.2		



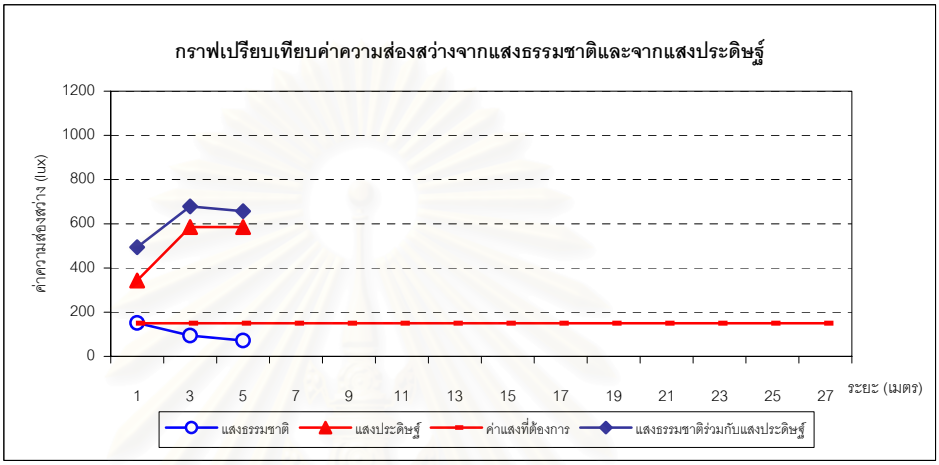
กราฟแสดงค่าความส่องสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ เป็นจำนวน 2แถวจากช่องเปิด

หมายเหตุ ความสว่างจากแสงธรรมชาติ* คำนวณจากระดับความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยต่ำสุด ณ. เวลา 17.00 น. (15,920.47 ลักซ์)

ตารางที่ 5.13 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 2

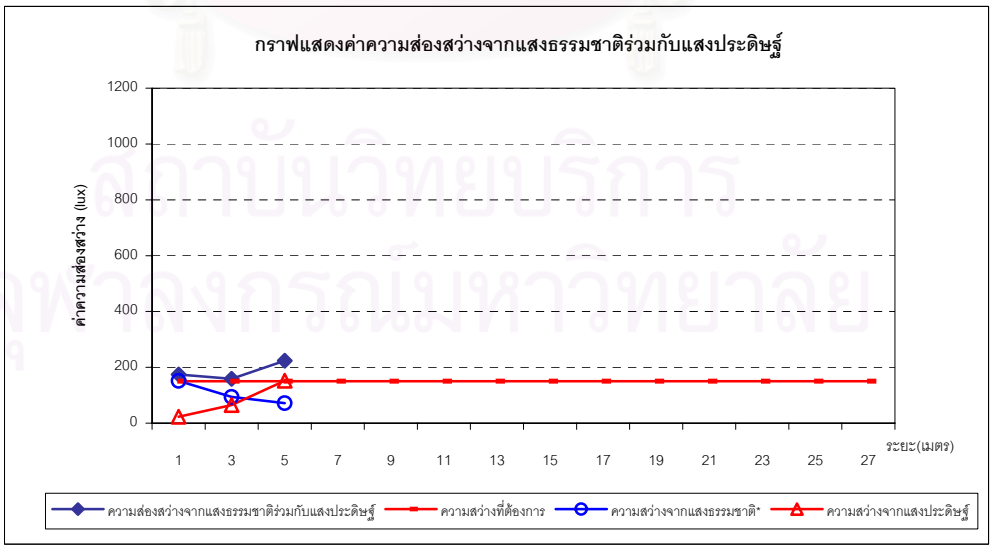
ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	151.2	93.93	71.64											
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	343	585	585											
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	494.2	678.9	656.6											



ตารางที่ 5.14 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 2

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	151.2	93.93	71.64											
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	23	65	152											
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	174.2	158.9	223.6											



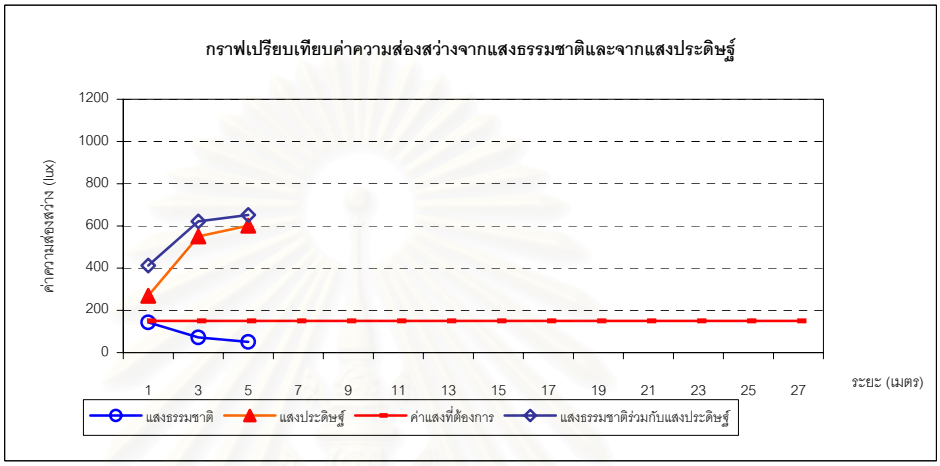
กราฟแสดงค่าความส่องสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ เป็นจำนวน 2แถวจากช่องเปิด และไม่ต้องเปิดวงจรของดวงโคม Hihg bay 5 ดวงโคม

หมายเหตุ ความสว่างจากแสงธรรมชาติ* คำนวณจากระดับความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยต่ำสุด ณ. เวลา 17.00 น. (15,920.47 ลักซ์)

ตารางที่ 5.15 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 3

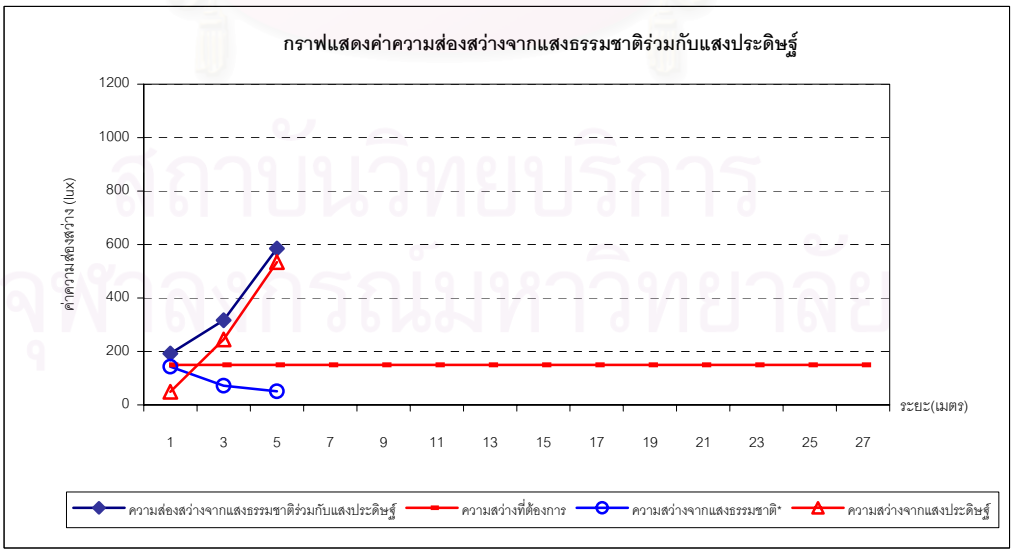
ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	143.3	71.64	50.95											
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	269	550	601											
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	412.3	621.6	651.9											



ตารางที่ 5.16 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 3

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	143.3	71.64	50.95											
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	49	245	534											
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	192.3	316.6	584.9											



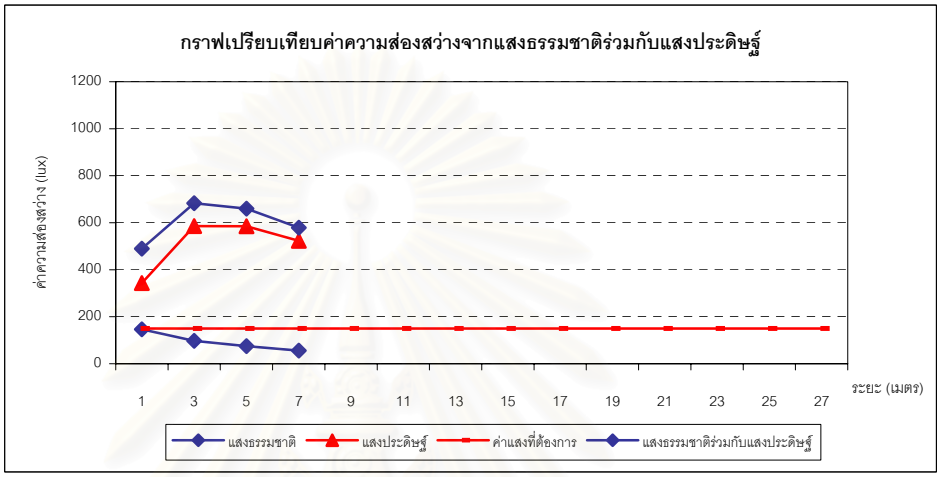
กราฟแสดงค่าความส่องสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ เป็นจำนวน 1 แถวจากช่องเปิด และไม่ต้องเปิดวงจรของดวงโคม Hihg bay 5 ดวงโคม

หมายเหตุ ความสว่างจากแสงธรรมชาติ* คำนวณจากระดับความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยต่ำสุด ณ. เวลา 17.00 น. (15,920.47 ลักซ์)

ตารางที่ 5.17 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 4

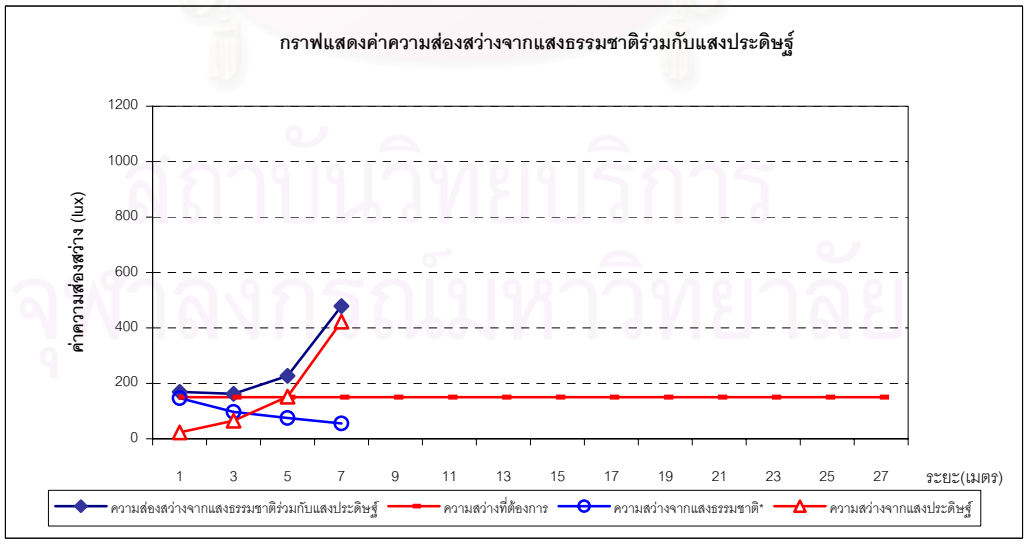
ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	146.5	97.11	74.83	55.72										
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	343	586	585	523										
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	489.5	683.1	659.8	578.7										



ตารางที่ 5.18 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 10%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 4

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	146.5	97.11	74.83	55.72										
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	23	65	152	423										
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	169.5	162.1	226.8	478.7										



กราฟแสดงค่าความส่องสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ เป็นจำนวน 2 แถวจากช่องเปิด และไม่ต้องเปิดวงจรของดวงโคม Hihg bay 5 ดวงโคม

หมายเหตุ ความสว่างจากแสงธรรมชาติ* คำนวณจากระดับความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยต่ำสุด ณ. เวลา 17.00 น. (15,920.47 ลักซ์)

เนื่องจากพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 เป็นพื้นที่ๆมีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นในการพิจารณาภาระการทำความเย็นภายในพื้นที่ จึงต้องแยกพิจารณาออกเป็น 2 ช่วงเวลา คือ

1. ภาระการทำความเย็นในช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ช่วงเวลา 6.00น.-18.00น.
2. ภาระการทำความเย็นในช่วงเวลาที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ช่วงเวลา 19.00น – 5.00น.

แนวทางการปรับปรุงที่ 1

การคำนวณภาระการทำความเย็นที่เปลี่ยนแปลงจากแนวทางการปรับปรุงที่ 1 อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงช่องแสงด้านบนจากหลังคากระจก เป็นหลังคาแบบฟันเลื่อยที่มีช่องแสง 10% โดยพิจารณาเฉพาะภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจาก External Load ในส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลง

1.การคำนวณภาระการทำความเย็นก่อนการปรับปรุง พิจารณาเฉพาะหลังคากระจกที่จะมีการเปลี่ยนแปลง โดยที่ภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจะมาจากการนำความร้อน (conduction heat gain) ผ่านกระจก และการแผ่รังสีความร้อน (solar heat gain) ผ่านกระจก มีรายละเอียดดังนี้

ภาระการทำความเย็นในช่วงเวลา 6.00น – 18.00 น.

1.1 **ภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านหลังคากระจก** หาได้จาก $Q = U \times A \times \Delta T^{*}$

แทนค่า หลังคาระนาบเอียงหันทางด้านทิศเหนือ $Q = 5.8 \times 18.56 \times 5$ = 538.24 วัตต์

หลังคาระนาบเอียงหันทางด้านทิศตะวันออก $Q = 5.8 \times 92.80 \times 5$ = 2,691.20 วัตต์

หลังคาระนาบเอียงหันทางด้านทิศใต้ $Q = 5.8 \times 18.56 \times 5$ = 538.24 วัตต์

หลังคาระนาบเอียงหันทางด้านทิศตะวันตก $Q = 5.8 \times 92.80 \times 5$ = 2,691.2 วัตต์

Q รวม = 6,458.88 วัตต์ หรือ 22,044.16 Btu/h

1.2 **ภาระการทำความเย็นอันเนื่องจากแผ่รังสีความร้อนผ่านหลังคากระจก** หาได้จาก $Q = A \times SC^{*} \times SF$

แทนค่า หลังคาระนาบเอียงหันทางด้านทิศเหนือ $Q = 18.56 \times 0.57 \times 307.1$ = 3,248.87 วัตต์

หลังคาระนาบเอียงหันทางด้านทิศตะวันออก $Q = 92.80 \times 0.57 \times 344.1$ = 18,201.51 วัตต์

หลังคาระนาบเอียงหันทางด้านทิศใต้ $Q = 18.56 \times 0.57 \times 366.3$ = 3,875.16 วัตต์

หลังคาระนาบเอียงหันทางด้านทิศตะวันตก $Q = 92.80 \times 0.57 \times 340.4$ = 18,005.79 วัตต์

Q รวม = 43,331.33 วัตต์ หรือ 147,889.84 Btu/h

ภาระการทำความเย็นในช่วงเวลา 6.00น – 18.00น. 49,790.21 วัตต์ หรือ 169,933.98 Btu/h

ภาระการทำความเย็นในช่วงเวลา 19.00น – 5.00 น.

1.3 **ภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านหลังคากระจก** หาได้จาก $Q = U \times A \times \Delta T^{**}$

แทนค่า หลังคาระนาบเอียงหันทางด้านทิศเหนือ $Q = 5.8 \times 18.56 \times 2.2$ = 236.83 วัตต์

หลังคาระนาบเอียงหันทางด้านทิศตะวันออก $Q = 5.8 \times 92.80 \times 2.2$ = 1,184.13 วัตต์

หลังคาระนาบเอียงหันทางด้านทิศใต้ $Q = 5.8 \times 18.56 \times 2.2$ = 236.83 วัตต์

หลังคาระนาบเอียงหันทางด้านทิศตะวันตก $Q = 5.8 \times 92.80 \times 2.2$ = 1,184.13 วัตต์

Q รวม = 2,841.92 วัตต์ หรือ 9,699.47 Btu/h

สรุป ภาระการทำความเย็นของหลังคากระจกก่อนการปรับปรุง 52,632.13 วัตต์ หรือ 179,633.46 Btu/h

2.การคำนวณภาระการทำความเย็นหลังจากเปลี่ยนเป็นหลังคาฟันเลื่อยที่มีช่องเปิด10%

พิจารณาเฉพาะหลังคาที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยที่ภาระการทำความเย็นที่เพิ่มมาจากการนำความร้อนผ่านผนัง, หลังคาและช่องแสง และโดยการแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก มีรายละเอียดดังนี้

ภาระการทำความเย็นในช่วงเวลา 6.00น – 18.00 น.

2.1 ภาระการทำความเย็นจากนำความร้อนผ่านผนัง, หลังคาและช่องแสง

2.1.1 ภาระการทำความเย็นจากนำความร้อนผ่านผนังทึบ หาได้จาก Q = U x A x TDeq

แทนค่า ผนังทึบแสงทางด้านทิศเหนือ Q = 0.32 x 34.62 x 10 = 110.78 วัตต์

ผนังทึบแสงทางด้านทิศตะวันออก Q = 0.32 x 41.04 x 10 = 131.33 วัตต์

ผนังทึบแสงทางด้านทิศตะวันตก Q = 0.32 x 41.04 x 10 = 131.33 วัตต์

ช่องแสงทางด้านทิศเหนือ Q = 5.76 x 20.58 x 5 = 592.70 วัตต์

Q รวม = 966.14 วัตต์ หรือ 3,297.44 Btu/h

2.1.2 ภาระการทำความเย็นจากนำความร้อนผ่านหลังคา หาได้จาก Q = U * A * TDeq

แทนค่า หลังคาทางระนาบนอน Q = 0.32 x 96 x 20 = 614.4 วัตต์

หลังคาทางระนาบเอียงทางด้านทิศใต้ Q = 0.32 x 96 x 20 = 614.4 วัตต์

Q รวม = 1,228.8 วัตต์ หรือ 4,193.89 Btu/h

ภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านผนัง,หลังคาและช่องแสง 2,194.94 วัตต์ หรือ 7,491.33 Btu/h

2.2 ภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีความร้อนผ่านช่องแสง

ภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีความร้อนผ่านช่องแสงหาได้จาก Q = A x SC*** x SF

แทนค่า

ช่องแสงทางด้านทิศเหนือ Q = 20.58 x 0.85 x 111.4 = 1,948.72 วัตต์ หรือ 6,650.98 Btu/h

ดังนั้น ภาระการทำความเย็นของหลังคาหลังการปรับปรุงในช่วงเวลา 6.00น.-18.00น. มีค่า

2,194.94+1,948.72 = 4,143.66วัตต์ หรือ 14,142.31 Btu/h

ภาระการทำความเย็นในช่วงเวลา 19.00น – 5.00 น.

2.3 ภาระการทำความเย็นจากนำความร้อนผ่านผนัง, หลังคาและช่องแสง

2.3.1 ภาระการทำความเย็นจากนำความร้อนผ่านผนังทึบ หาได้จาก Q = U x A x ΔT**

แทนค่า ผนังทึบแสงทางด้านทิศเหนือ Q = 0.32 x 34.62 x 2.2 = 24.37 วัตต์

ผนังทึบแสงทางด้านทิศตะวันออก Q = 0.32 x 41.04 x 2.2 = 28.89 วัตต์

ผนังทึบแสงทางด้านทิศตะวันตก Q = 0.32 x 41.04 x 2.2 = 28.89 วัตต์

ช่องแสงทางด้านทิศเหนือ Q = 5.76 x 20.58 x 2.2 = 260.79 วัตต์

Q รวม = 342.94 วัตต์ หรือ 1,170.45 Btu/h

2.3.2 ภาระการทำความเย็นจากนำความร้อนผ่านหลังคา หาได้จาก Q = U * A * ΔT**

แทนค่า หลังคาทางระนาบนอน Q = 0.32 x 96 x 2.2 = 67.58 วัตต์

หลังคาทางระนาบเอียงทางด้านทิศใต้ Q = 0.32 x 96 x 2.2 = 67.58 วัตต์

Q รวม = 135.16 วัตต์ หรือ 461.30 Btu/h

ภาระการทำความเย็นในช่วงเวลา 19.00น. – 5.00 น. 478.1 วัตต์หรือ 1,631.76 Btu/h

ดังนั้น ภาระการทำความเย็นของหลังคาฟันเลื่อยที่มีช่องเปิด 10% 4,621.76 วัตต์ หรือ 15,774.07 Btu/h

สรุป

ภาระการทำความเย็นของหลังคากระจกก่อนการปรับปรุง 52,632.13 วัตต์ หรือ 179,633.46 Btu/h

ภาระการทำความเย็นของหลังคาฟันเลื่อยที่มีช่องเปิด 10% 4,621.76 วัตต์ หรือ 15,774.07 Btu/h

การเปลี่ยนรูปแบบหลังคาสามารถลดภาระการทำความเย็นลงได้ 48,010.37 วัตต์ หรือ 163,859.39 Btu/h

หมายเหตุ 1. ΔT^{*} ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารในช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ช่วงเวลา 6.00น. – 18.00น.) ใช้ 5^{0} ซ เนื่องจากผนังมีหลังคาคลุมทำให้ไม่ได้ รับอิทธิพลจากแสงแดดตลอดทั้งวัน

2. ΔT^{**} ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารในช่วงเวลาที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ (ช่วงเวลา 19.00น. – 5.00น) ใช้ 2.2^{0} C โดยกำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคาร 25^{0} C และอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 27.2^{0} C (ข้อมูลอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 18 ปี ตั้งแต่ปี 2542 – 2541 โดย กองภูมิอากาศกรมอุตุนิยมวิทยา)

3. $SC^{**} = SC_1 \times SC_2$ โดยที่ SC_1 คือ Shading Coefficient ของกระจก = 0.96

SC_2 คือ Shading Coefficien ของอุปกรณ์บังแดด = 0.88

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณาค่าความส่องสว่างที่ได้จากการทดลองตามแนวทางที่ 1 เป็นแนวทางในการปรับปรุงช่องแสงด้านบนที่มีรูปแบบหลังคาฟันเลื่อยรูปแบบเหลี่ยมหักมุม โดยที่หันช่องแสงไปทางด้านทิศเหนือ มีช่องเปิดรับแสง 10 % สามารถสรุปผลการวัดแสงได้ดังนี้ได้ดังนี้

<u>จากการพิจารณาปริมาณความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ</u> (ตารางที่ 5.5 – 5.8) สามารถสรุปได้ว่า

พื้นที่โถงพักคอยชั้น 2

แนวการวัดที่ 1 มีความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่เพียงพอเป็นระยะ 10 เมตร จากกึ่งกลางช่องเปิด

แนวการวัดที่ 2 มีความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่เพียงพอเป็นระยะ 3 เมตร จากกึ่งกลางช่องเปิด

พื้นที่โถงทางเดินและพื้นที่รับรองแขกที่ชั้น 3

แนวการวัดที่ 2 ความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (150 ลักซ์)

แนวการวัดที่ 4 ความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (150 ลักซ์)

<u>จากการพิจารณาปริมาณความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์</u> โดยที่ข้อมูลค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ (ตารางที่ 5.9 – 5.18) ได้มาจากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์(Lumenmicro) สามารถสรุปได้ดังนี้

พื้นที่โถงพักคอยชั้น 2

แนวการวัดที่ 1 สามารถปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ได้เป็นจำนวน 1 แถวจากช่องเปิด

แนวการวัดที่ 2 สามารถปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ได้เป็นจำนวน 2 แถวจากช่องเปิด

พื้นที่โถงทางเดินและพื้นที่รับรองแขกที่ชั้น 3

แนวการวัดที่ 2 สามารถปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ได้เป็นจำนวน 2 แถวจากช่องเปิด

แนวการวัดที่ 3 สามารถปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ได้เป็นจำนวน 1 แถวจากช่องเปิด

การพิจารณาพลังงานที่สามารถลดได้เฉพาะส่วนแสงสว่างประดิษฐ์

	จำนวนดวงโคมที่ลดลง		อัตราพลังงานที่ลดลง *
	ดวงโคม ฟลูออเรสเซนต์ *	ดวงโคม Highbay *	(Watt/h)
โถงพักคอยชั้น 2	38		3,420
พื้นที่สำนักงานชั้น 3	33	5	4,970
รวม			9,290

หมายเหตุ อัตราพลังงานที่ลดลง *คืออัตราพลังงานแสงประดิษฐ์ที่ลดลงเนื่องจากการใช้แสงธรรมชาติเข้ามาแทน

ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ * หมายถึง ดวงโคม1 โคม จะประกอบไปด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์2 ชุด แต่ละชุดจะใช้ร่วมกับบัลลาสขดลวดที่สูญเสียความร้อน 9 วัตต์

ดวงโคม Highbay * หมายถึง ดวงโคมที่มีหลอด Metal Halide 400 วัตต์

การคำนวณพลังงานที่ลดลงจากการปรับปรุงแนวทางที่ 1 ประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ

1. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนของแสงประดิษฐ์
2. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์
3. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากหลังคาและช่องแสงลดลง

1. การพิจารณาพลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากการลดการใช้แสงประดิษฐ์ (แนวทางการปรับปรุงที่ 1)

พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนของแสงประดิษฐ์ สามารถหาได้จากจำนวน (watt) ที่สามารถลดได้คูณกับจำนวนหลอด โดยพิจารณาแยกตามจำนวนชั่วโมงการใช้แสงประดิษฐ์ในแต่ละพื้นที่ โดยที่แยกพิจารณาในแต่ละวัน, แต่ละสัปดาห์ และเป็นจำนวน 1 ปี ที่สามารถลดอัตราพลังงานแสงประดิษฐ์ลงได้ มีรายละอียดดังนี้

พื้นที่	อัตราพลังงานที่ลดลง (Watt)	ชม.การใช้แสงประดิษฐ์ / วัน * (ชั่วโมง/วัน)			พลังงานที่ลดลงจากการลดการใช้แสงประดิษฐ์ ต่อสัปดาห์(KWh)			พลังงานที่ลดลงจากการลดการใช้แสงประดิษฐ์ ต่อปี (KWh)		
		จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์
		9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.
โถงชั้น 2	3,420	8	1	9	164.16	20.52	30.78	8536.32	1067.04	1600.56
พื้นที่ทำงานชั้น 3	4,970	8	1	0	198.8	24.85	0	10337.6	1292.2	0
รวม								18873.92	2359.24	1600.56

หมายเหตุ ชั่วโมงการใช้แสงประดิษฐ์ / วัน * มีการแบ่งเป็น 3 ช่วงเวลา เพื่อนำไปใช้ในการคิดอัตราค่าไฟ

2. การพิจารณาภาระการทำความเย็นที่ลดลงอันเนื่องมาจากความร้อนที่เกิดจากแสงประดิษฐ์

พื้นที่	อัตราพลังงานที่ลดลง (Watt)	ความร้อนที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์ (Q)* (Btu / h)	ชม.การใช้แสงประดิษฐ์ / วัน (day)			าระทำความเย็นที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์(Q)/ สัปดา (Btu / week)			ภาระทำความเย็นที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์(Q)/ ปี (Btu / year)			พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง** (KWh/yr)		
			จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์
			9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00น.
โถงชั้น 2 หลอดฟลูออเรสเซนต์	3,420	9337.968	8	1	9	448222.464	56027.808	84041.712	23307568.13	2913446.016	4370169.024	2988.65	373.58	560.37
พื้นที่ทำงานชั้น 3														
หลอดฟ,ออเรสเซนต์	2,970	8109.288	8	1	0	324371.52	40546.44	0	16867319.04	2108414.88	0	2162.84	270.35	0.00
หลอดMetal halide	2,000	5460.8	8	1	9	262118.4	32764.8	49147.2	13630156.8	1703769.6	2555654.4	1747.75	218.47	327.70
รวม												6899.23	862.40	888.07

หมายเหตุ 1. ความร้อนที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์* หาได้จากสมการ q = total watt * Utiliaztion * Convertion of Heat to Space

โดยที่ Total watt คือ จำนวนวัตต์ทั้งหมดของดวงไฟในพื้นที่พิจารณา Utiliaztion = 1 , Convertion of Heat to Space = 0.8

2. พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง**(KWh/yr) = ภาระการทำความเย็นที่ลดลงทั้งปี / (cop)(3413)

3. การพิจารณาภาระการทำความเย็นที่ลดลงอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคา

จากผลการคำนวณภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคา จะมีภาระการทำความเย็นที่ลดลง 155,791.67 Btu/h

พื้นที่	ภาระการทำความเย็นที่ลด* (Btu / h)	ชม.การใช้ระบบปรับอากาศ / วัน (day)			ภาระการทำความเย็นที่ลดลง*/ สัปดาห์ (Btu / week)			ภาระการทำความเย็นที่ลดลง*/ ปี (Btu / yr)			พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง** (KWh/yr)		
		จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์
		9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00น.
พื้นที่ใต้หลังคาที่มีการเปลี่ยนแปลง	163,859.39	13	11	24	12781032.42	10814719.74	3932625.36	664613685.8	562365426.5	204496518.7	85221.03	72110.10	26221.86

หมายเหตุ 1. ภาระการทำความเย็นที่ลด* คือภาระการทำความเย็นที่ลดลงอันเนื่องมาจากความร้อนจากหลังคาและช่องแสงลดลง

2. พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลงทั้งปี** (KWh/yr) = ภาระการทำความเย็นที่ลดลงทั้งปี / (cop)(3413)

สามารถสรุปอัตราพลังงานรวมที่ลดลงได้ดังนี้

วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 9.00-22.00 น.	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์	18873.92	(KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์	6899.23	(KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น	85221.03	(KW/yr)
	รวม	110994.18	(KW/yr)
วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 23.00-8.00 น.	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์	2359.24	(KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์	862.40	(KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น	72110.10	(KW/yr)
	รวม	75331.75	(KW/yr)
วันอาทิตย์ เวลา 00.00-24.00 น.	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์	1600.56	(KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์	888.07	(KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น	26221.86	(KW/yr)
	รวม	28710.49	(KW/yr)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. วิธีคิดค่าไฟฟ้าตามอัตราค่าไฟฟ้า ประเภทที่ 4.2 กิจการขนาดใหญ่

การคิดค่าไฟฟ้าที่สามารถลดลงได้ทั้งปีจาก

1. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

	อัตรา (บาท / KWh)	จำนวน KW ต่อปี*	รวมเงิน (บาท)
On Peak 1 (จันทร์ - เสาร์ เวลา 09.00 - 22.00 น.)	200.93	689.71	138583.40

2.พลังงานไฟฟ้า

	อัตรา (บาท / KWh)	จำนวน KWh	รวมเงิน (บาท)
On Peak 1 (จันทร์ - เสาร์ เวลา 09.00 - 22.00 น.)	1.7736	110994.18	196859.28
Off Peak 2 (จันทร์ - เสาร์ เวลา 22.00 - 09.00 น.)	0.6861	75331.75	51685.11
Off Peak 3 (อาทิตย์ เวลา 00.00 - 24.00 น.)	0.6236	28710.49	17903.86
			266448.25

3. ค่าไฟฟ้าตามการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft)

อัตรา (บาท / KWh)	จำนวน KWh	รวมเงิน (บาท)
0.6152	215036.42	132290.40

4. ค่าบริการ (1+2+3)	537322.05
5. ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) 7%	37612.54
6. รวมเงินค่าไฟฟ้าทีรวมภาษีมูลค่าเพิ่มแล้ว	574934.59

หมายเหตุ จำนวน KW ต่อปี* ได้จากข้อมูลจำนวน KW ทีใช้รายเดือนเดือน ประกอบไปด้วย

1. อัตราพลังงานทีลดลงอันเนืองมาจากแสงประดิษฐ์	3.42+4.97	8.39	(KW)
2. อัตราพลังงานทีสามารถลดลงได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนืองมาจากความร้อนแสงประดิษฐ์	0.44+0.38+0.256	1.076	(KW)
3. พลังงานทีสามารถลดได้ในส่วนของภาระการทำความเย็นจากการเปลียนหลังคา		48.01	(KW)
รวม		57.476	(KW)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>แนวทางการปรับปรุงที่ 1</u>

จากผลการทดลองแนวทางการปรับปรุงที่ 1 สามารถสรุปพลังงานที่ลดลง และค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้ดังนี้

1. พลังงานที่ลดลงจากแนวทางการปรับปรุงที่ 1

1. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์ 22,833.72 KW/yr (คิดเป็น10.62 %)
2. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น
   อันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์ 8,649.70 KW/yr (คิดเป็น 4.02 %)
3. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น
   จากการเปลี่ยนรูแบบหลังคา 183,552.99 KW/yr (คิดเป็น85.36 %)

พลังงานรวมที่ลดลงได้ <u>215,038.42</u> KW/yr

2. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากแนวทางการปรับปรุงที่ 1

1. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงในส่วนแสงประดิษฐ์ 61,058.05 บาท/ปี
2. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงในส่วนภาระการทำความเย็น
   อันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์ 23,123.87 บาท/ปี
3. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงในส่วนภาระการทำความเย็น
   จากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคา 490,764.17 บาท/ปี

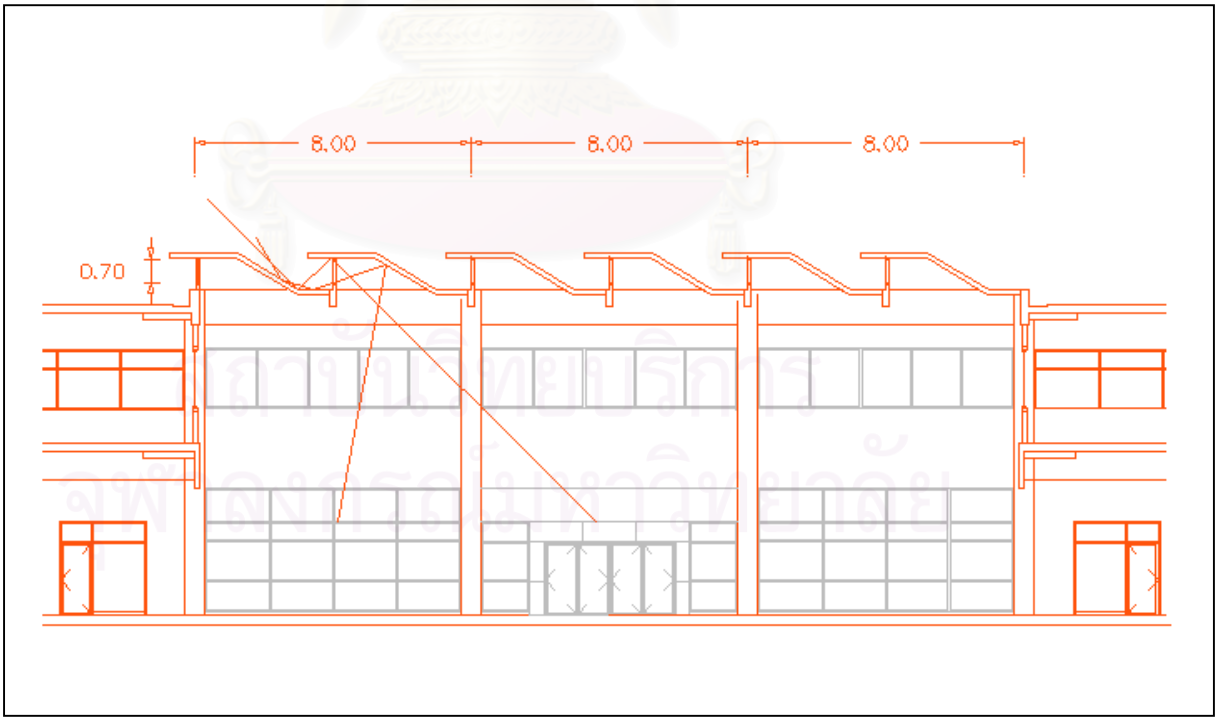
รวมค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้ <u>574,934.59</u> บาท/ปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.2 แนวทางการปรับปรุงช่องแสงด้านบนแนวทางที่ 2

เป็นแนวทางในการปรับปรุงช่องแสงด้านบนที่มีรูปแบบหลังคาฟันเลื่อย รูปแบบเหลี่ยมหักมุม โดยที่หันช่องแสงไปทางด้านทิศเหนือ มีช่องเปิดรับแสง 15 % มีรายละเอียดการปรับปรุงดังนี้

1. พื้นที่ภายนอกและภายในอาคารบริเวณใต้ช่องเปิดมีการใช้สอยคงเดิม
2. รูปแบบหลังคาที่ใช้ในการปรับปรุงเป็นหลังคาฟันเลื่อยรูปแบบเหลี่ยมหักมุม โดยที่หันช่องแสงไปทางด้านทิศเหนือ
3. ด้านใต้หลังคา 1.00 เมตร จะยกเลิกฝ้าเพดานแบบตะแกรงที่มีอยู่เดิม
4. หาค่าความส่องสว่างภายในอาคารโดยการเทียบค่า DF ที่ได้จากการทดลอง(ตารางที่ 5.19–5.22) กับค่าความส่องสว่างภายนอก อาศัยตามวิธีการในบทที่ 4.4
5. เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างที่ได้รับจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร (ตารางที่ 5.23–5.33) เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงให้ผังวงจรแสงประดิษฐ์ให้สอดคล้องกับ Daylight Zone ที่ได้จากการปรับปรุง
6. เปรียบเทียบค่าปริมาณพลังงานที่สามารถลดได้อันเนื่องมาจากจากการปรับปรุงให้ผังวงจรแสงประดิษฐ์สอดคล้องกับ Daylight Zone กับปริมาณพลังงานเดิมของอาคาร

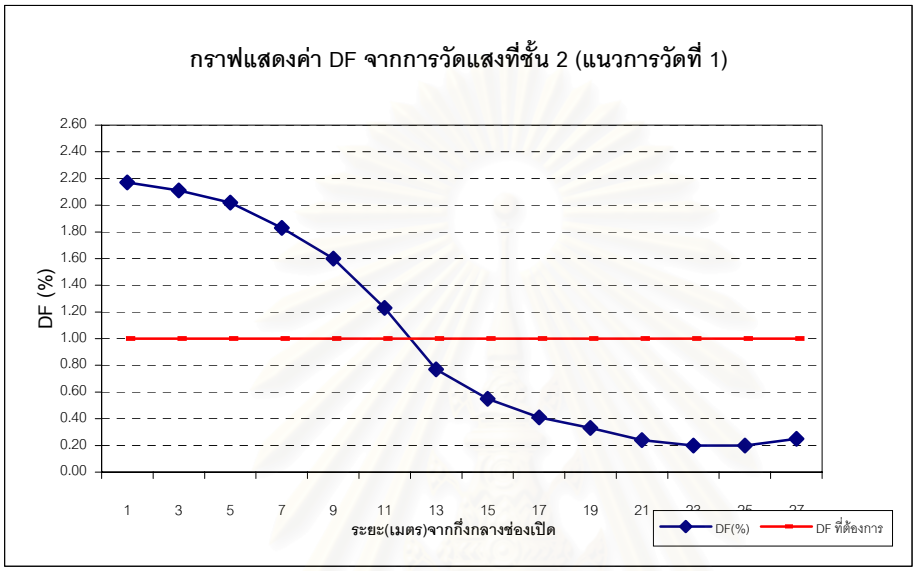


รูปที่ 5.8 แสดงภาพตัดหลังคาฟันเลื่อยที่มีช่องเปิด 15%

ตารางที่ 5.19 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคารพื้นที่ใต้ช่องแสงด้านบน (ช่องเปิด 15 %)

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1)

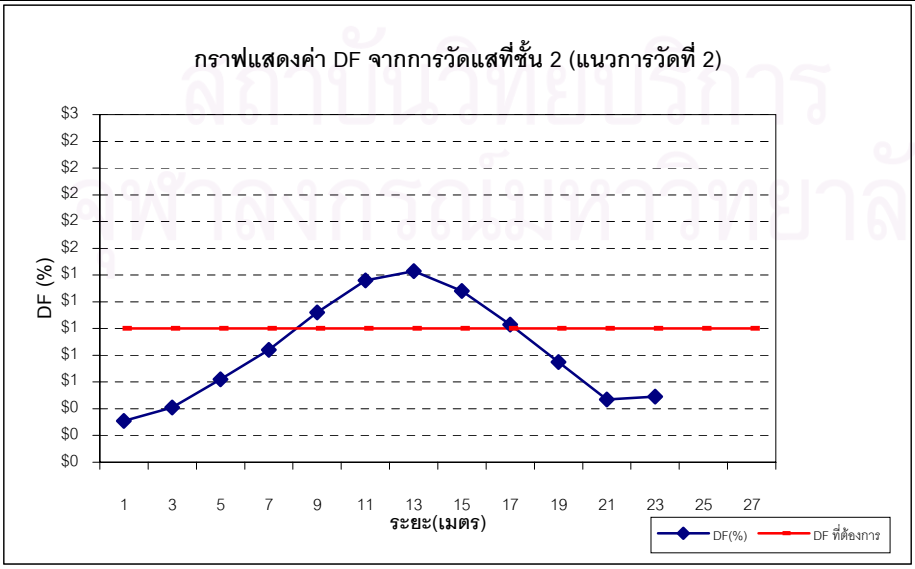
ระยะ(เมตร) *	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
Ei	140.0	136.1	130.3	118.0	103.2	79.3	49.7	35.5	26.4	21.3	15.5	12.9	12.9	16.1
DF(%)	2.17	2.11	2.02	1.83	1.60	1.23	0.77	0.55	0.41	0.33	0.24	0.20	0.20	0.25
DF ที่ต้องการ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00



ตารางที่ 5.20 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคารพื้นที่ใต้ช่องแสงด้านบน (ช่องเปิด 15%)

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2)

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
Ei	20.0	26.4	40.0	54.2	72.2	87.7	92.2	82.6	66.4	48.4	30.3	31.6		
DF(%)	0.31	0.41	0.62	0.84	1.12	1.36	1.43	1.28	1.03	0.75	0.47	0.49		
DF ที่ต้องการ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

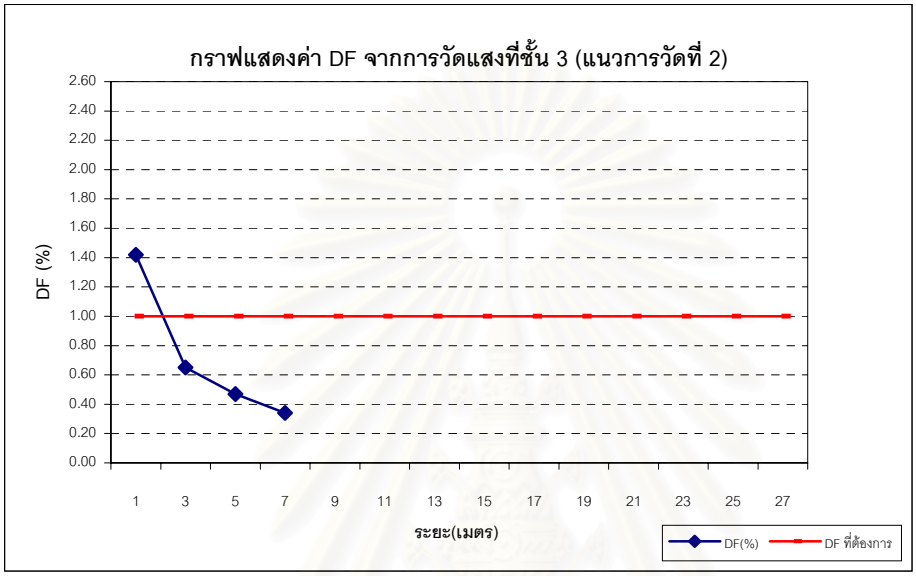


หมายเหตุ ระยะ(เมตร) * คือระยะที่วัดจากกึ่งกลางใต้ช่องเปิด

ตารางที่ 5.21 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคารพื้นที่ใต้ช่องแสงด้านบน (ช่องเปิด 15%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในและพื้นที่รับรองแขกที่ชั้น 3 (แนวการวัดที่ 2)

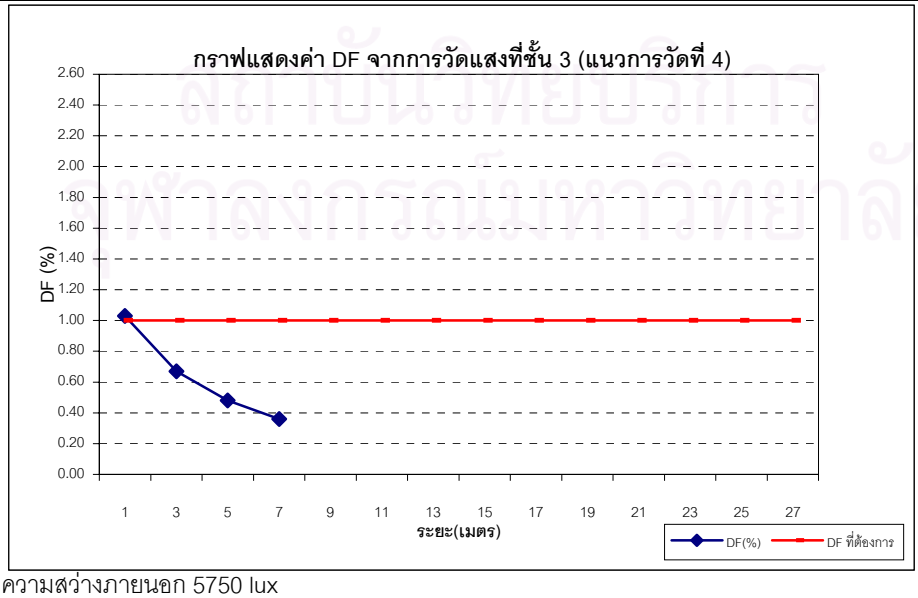
ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
Ei	81.65	37.38	27.03	19.55										
DF(%)	1.42	0.65	0.47	0.34										
DF ที่ต้องการ	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0



ตารางที่ 5.22 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร (ช่องเปิด 15%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในพื้นที่ทำงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 4)

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
Ei	59.23	38.53	27.6	20.7										
DF(%)	1.03	0.67	0.48	0.36										
DF ที่ต้องการ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

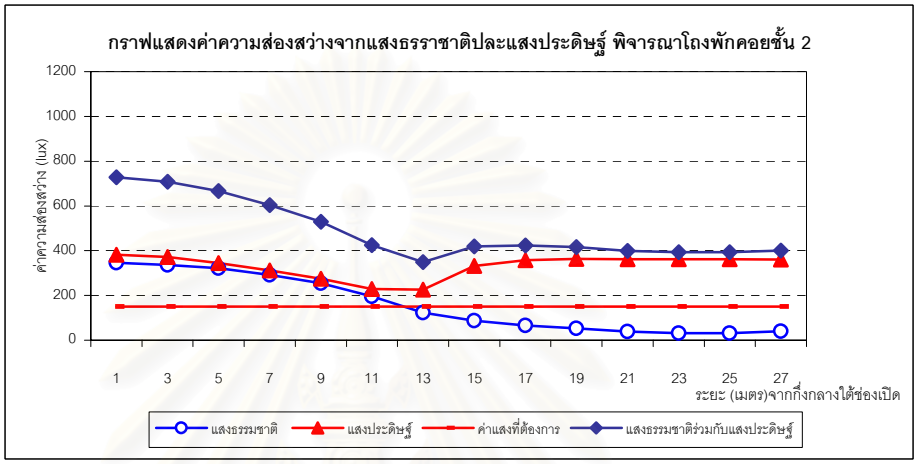


หมายเหตุ ค่าความสว่างภายนอก 5750 lux

ตารางที่ 5.23 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1)

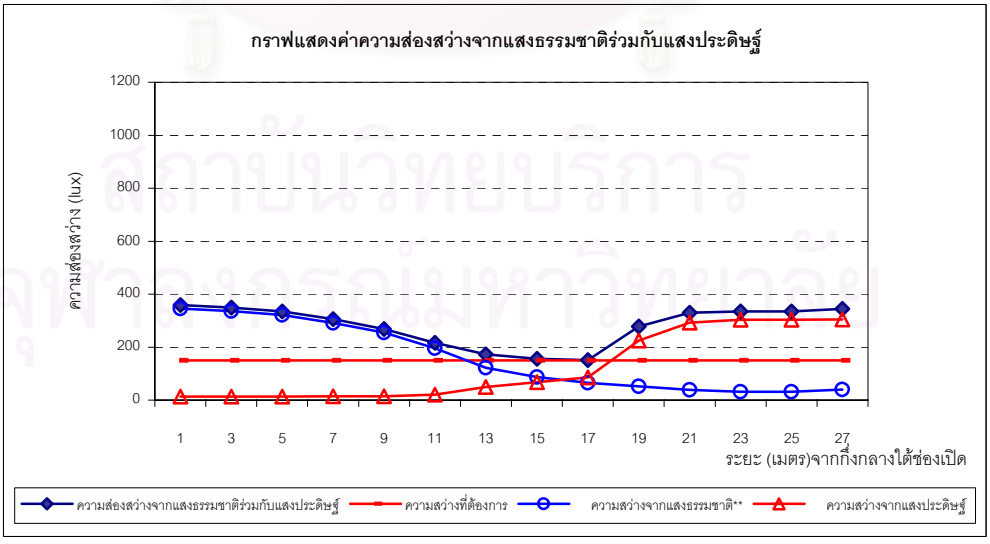
ระยะ(เมตร)*	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ**	345.5	335.9	321.6	291.3	254.7	195.8	122.6	87.6	65.3	52.5	38.2	31.8	31.8	39.8
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	382.5	371.5	345	312.5	274	229.5	226.5	331.5	358	363	361.5	362	361.5	360
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิ	728.0	707.4	666.6	603.8	528.7	425.3	349.1	419.1	423.3	415.5	399.7	393.8	393.3	399.8



ตารางที่ 5.24 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1)

ระยะ(เมตร)*	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ**	345.5	335.9	321.6	291.3	254.7	195.8	122.6	87.6	65.3	52.5	38.2	31.8	31.8	39.8
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	13	13	13	14	14	20	50	68	86	225	292	303	303	305
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประ	358.5	348.9	334.6	305.3	268.7	215.8	172.6	155.6	151.3	277.5	330.2	334.8	334.8	344.8



กราฟแสดงค่าความส่องสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ เป็นจำนวน 2แถวจากช่องเปิด

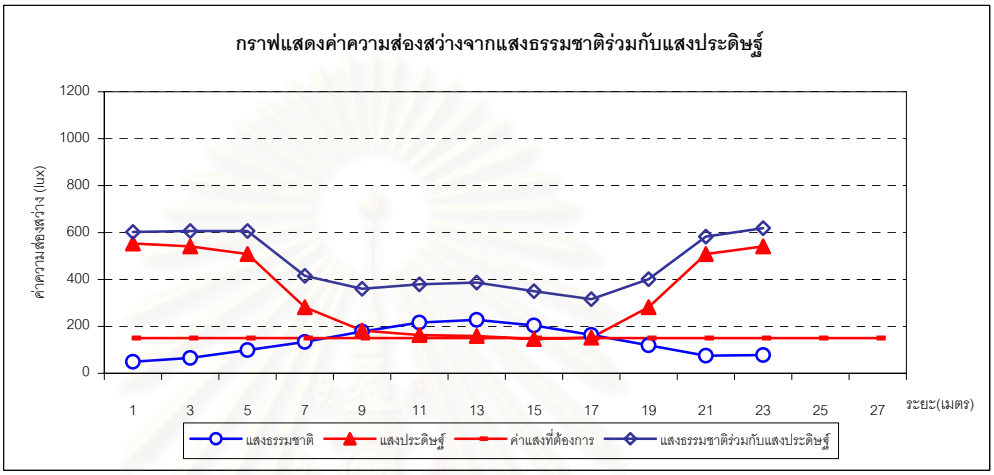
หมายเหตุ 1. ระยะ(เมตร)* คือระยะที่วัดจากกึ่งกลางใต้ช่องเปิด

2. ความสว่างจากแสงธรรมชาติ** คำนวณจากระดับความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยต่ำสุด ณ. เวลา 17.00 น. (15,920.47 ลักซ์)

ตารางที่ 5.25 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2)

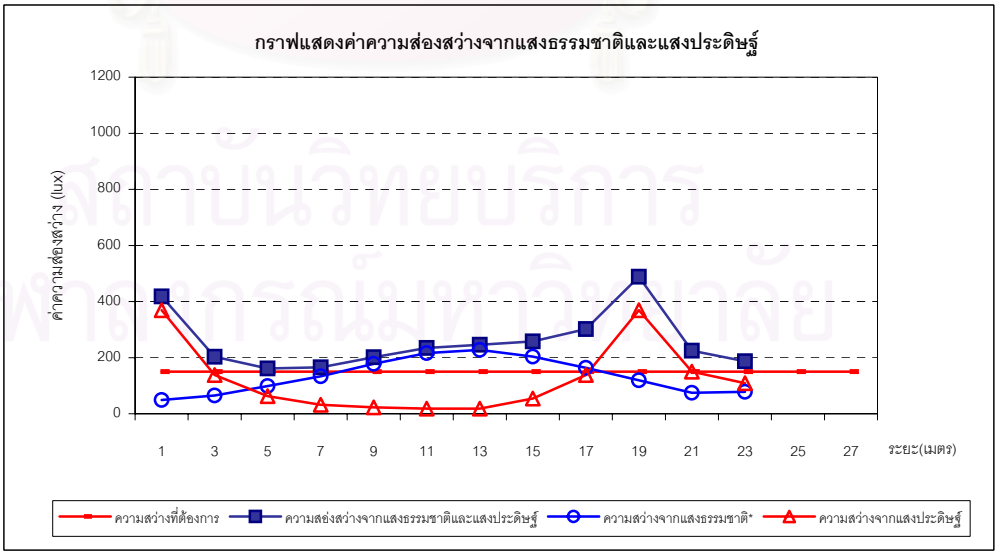
ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	49.35	65.27	98.71	133.7	178.3	216.5	227.7	203.8	164	119.4	74.83	78.01		
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	553	541	508	282	182	163	159	146	152	282	508	541		
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	602.4	606.3	606.7	415.7	360.3	379.5	386.7	349.8	316	401.4	582.8	619		



ตารางที่ 5.26 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2)

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	49.35	65.27	98.71	133.7	178.3	216.5	227.7	203.8	164	119.4	74.83	78.01		
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	369	138	63	32	23	18	18	54	138	369	150	109		
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	418.4	203.3	161.7	165.7	201.3	234.5	245.7	257.8	302	488.4	224.8	187		



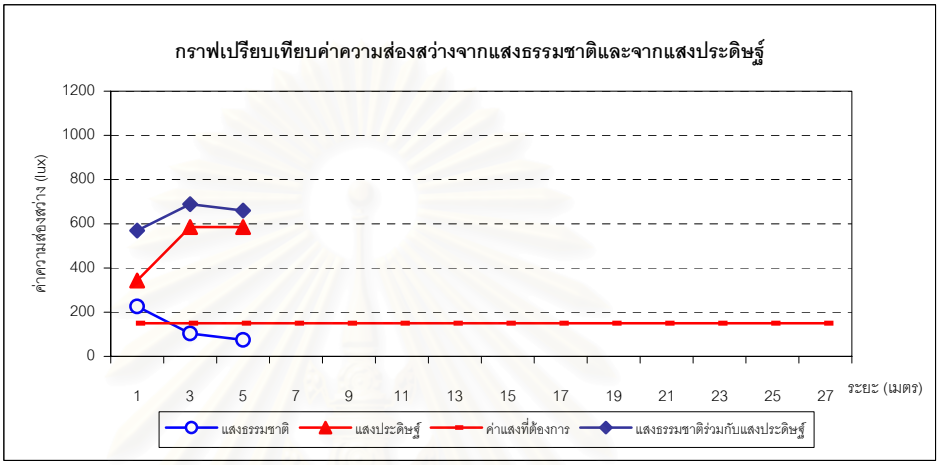
กราฟแสดงค่าความส่องสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ เป็นจำนวน 2แถวจากช่องเปิด

หมายเหตุ ความสว่างจากแสงธรรมชาติ* คำนวณจากระดับความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยต่ำสุด ณ. เวลา 17.00 น. (15,920.47 ลักซ์)

ตารางที่ 5.27 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 2

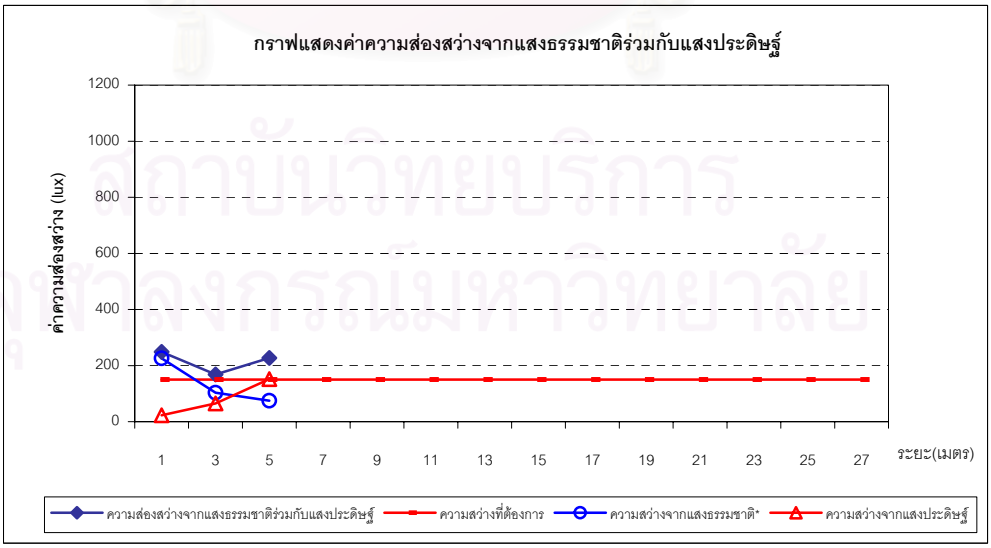
ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	226.1	103.5	74.83											
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	343	585	585											
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	569.1	688.5	659.8											



ตารางที่ 5.28 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 2

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	226.1	103.5	74.83											
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	23	65	152											
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	249.1	168.5	226.8											



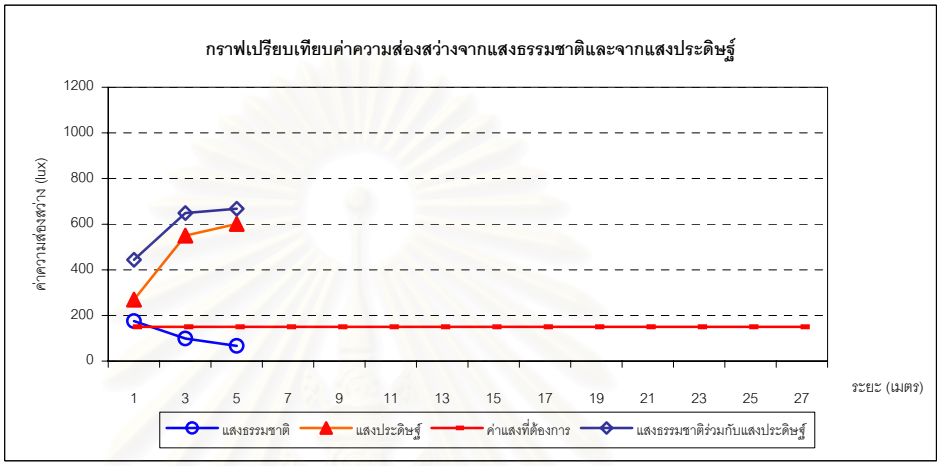
กราฟแสดงค่าความส่องสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ เป็นจำนวน 2แถวจากช่องเปิด และไม่ต้องเปิดวงจรของดวงโคม Hihg bay 5 ดวงโคม

หมายเหตุ ความสว่างจากแสงธรรมชาติ* คำนวณจากระดับความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยต่ำสุด ณ. เวลา 17.00 น. (15,920.47 ลักซ์)

ตารางที่ 5.29 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 3

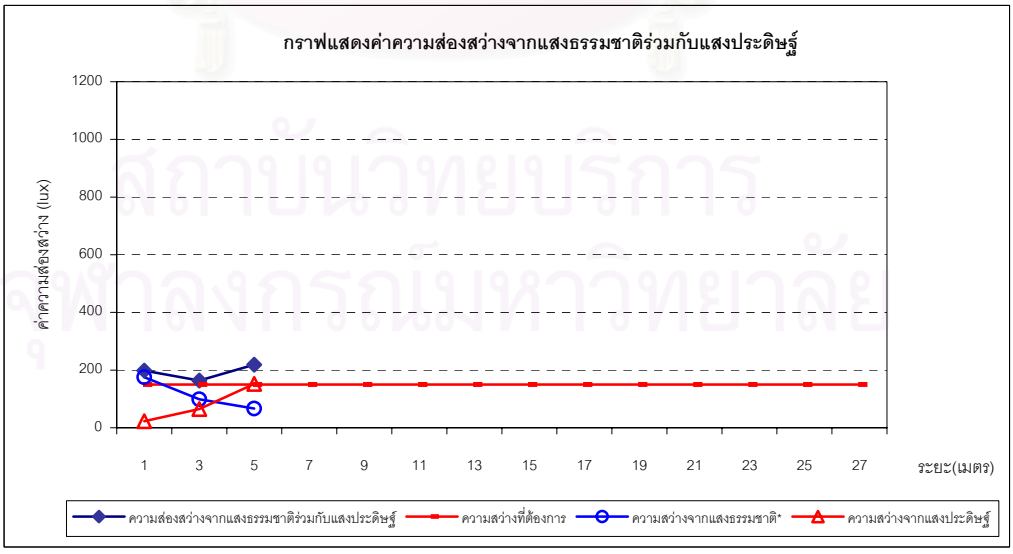
ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	175.1	98.71	66.87											
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	269	550	601											
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	444.1	648.7	667.9											



ตารางที่ 5.30 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 3

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	175.1	98.71	66.87											
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	23	65	152											
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	198.1	163.7	218.9											



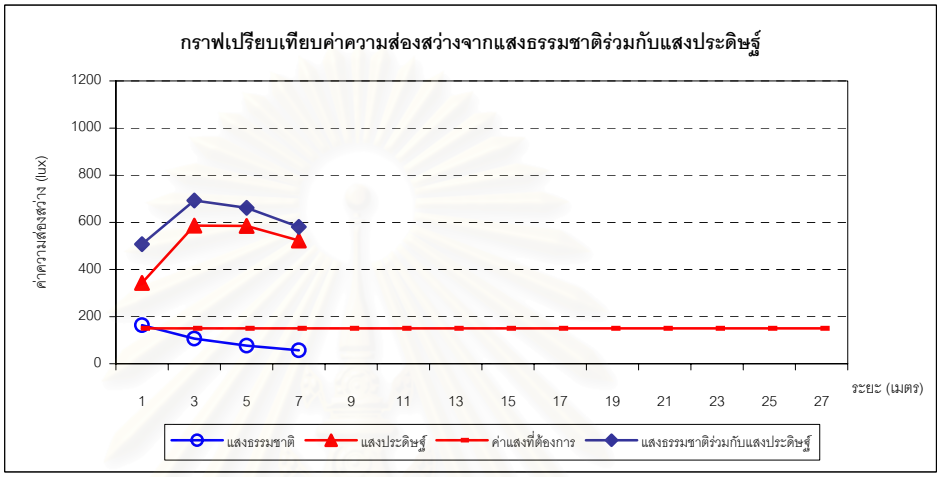
กราฟแสดงค่าความส่องสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ เป็นจำนวน 2 แถวจากช่องเปิด และไม่ต้องเปิดวงจรของดวงโคม Hihg bay 5 ดวงโคม

หมายเหตุ ความสว่างจากแสงธรรมชาติ* คำนวณจากระดับความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยต่ำสุด ณ. เวลา 17.00 น. (15,920.47 ลักซ์)

ตารางที่ 5.31 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 4

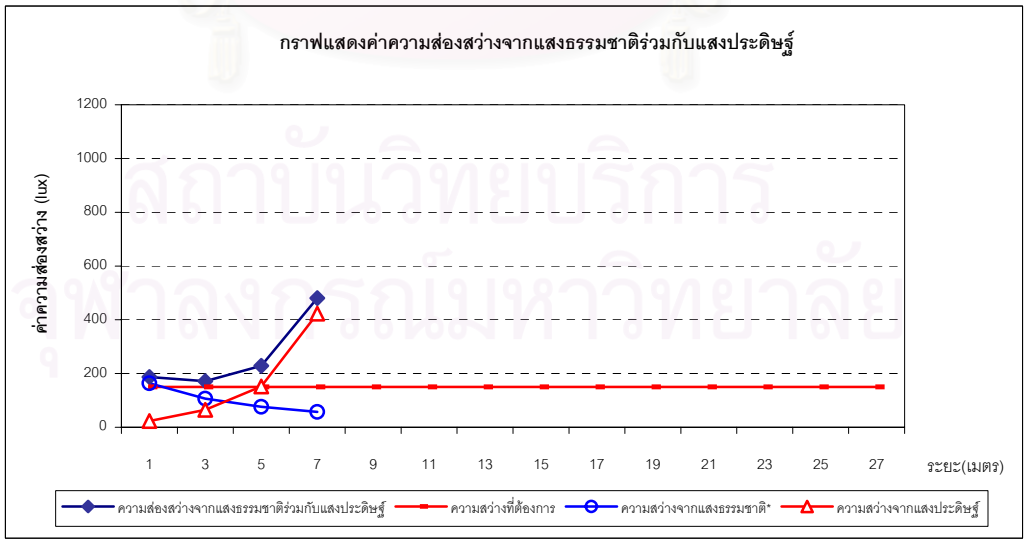
ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	164	106.7	76.42	57.31										
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	343	586	585	523										
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	507	692.7	661.4	580.3										



ตารางที่ 5.32 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 15%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 4

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	164	106.7	76.42	57.31										
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	23	65	152	423										
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	187	171.7	228.4	480.3										



กราฟแสดงค่าความส่องสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ เป็นจำนวน 2 แถวจากช่องเปิด และไม่ต้องเปิดวงจรของดวงโคม Hihg bay 5 ดวงโคม

หมายเหตุ ความสว่างจากแสงธรรมชาติ* คำนวณจากระดับความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยต่ำสุด ณ. เวลา 17.00 น. (15,920.47 ลักซ์)

<u>แนวทางการปรับปรุงที่ 2</u>

การคำนวณภาระการทำความเย็นที่เปลี่ยนแปลงจากแนวทางการปรับปรุงที่ 2 อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงช่องแสงด้านบนจากหลังคากระจก เป็นหลังคาแบบฟันเลื่อยที่มีช่องแสง 15% ของพื้นที่หลังคา โดยพิจารณาเฉพาะภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจาก External Load ในส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลง

<u>1.การคำนวณภาระการทำความเย็นก่อนการปรับปรุง</u> พิจารณาเฉพาะหลังคากระจกที่จะมีการเปลี่ยนแปลง โดยที่ภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจะมาจากการนำความร้อน (conduction heat gain)ผ่านกระจก และ การแผ่รังสีความร้อน (solar heat gain)ผ่านกระจก จากรายละเอียดการคำนวณในข้อ 5.2.1 สามารถสรุปได้ว่า

ภาระการทำความเย็นของหลังคากระจกก่อนการปรับปรุง 52,632.13 วัตต์ หรือ 179,633.46 Btu/h

<u>2.การคำนวณภาระการทำความเย็นหลังจากเปลี่ยนเป็นหลังคาฟันเลื่อยที่มีช่องเปิด 15%</u>
พิจารณาเฉพาะหลังคาส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยที่ภาระการทำความเย็นที่เพิ่มมาจากนำความร้อนผ่านผนัง, หลังคาและช่องแสง และโดยการแผ่รังสีความร้อนผ่านช่องแสง มีรายละเอียดดังนี้

<u>ภาระการทำความเย็นในช่วงเวลา 6.00น – 18.00 น.</u>

<u>2.1 ภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านผนัง,หลังคาและช่องแสง</u>

2.1.1 ภาระการทำความเย็นจาก Conduction ผ่านผนังทึบ หาได้จาก Q = U x A x TDeq

แทนค่า ผนังทึบแสงทางด้านทิศเหนือ Q = 0.32 x 27.06 x 10 = 86.59 วัตต์

ผนังทึบแสงทางด้านทิศตะวันออก Q = 0.32 x 41.04 x 10 = 131.33 วัตต์

ผนังทึบแสงทางด้านทิศตะวันตก Q = 0.32 x 41.04 x 10 = 131.33 วัตต์

ช่องแสงทางด้านทิศเหนือ Q = 5.76 x 28.14 x 5 = 810.43 วัตต์

Q รวม = 1,159.68 วัตต์ หรือ 3,957.99 Btu/h

2.1.2 ภาระการทำความเย็นจาก Conduction ผ่านหลังคา หาได้จาก Q = U x A x TDeq

แทนค่า หลังคาทางระนาบนอน Q = 0.32 x 96 x 20 = 614.4 วัตต์

หลังคาทางระนาบเอียงด้านทิศใต้ Q = 0.32 x 96 x 20 = 614.4 วัตต์

Q รวม = 1,228.8 วัตต์ หรือ 4,193.89 Btu/h

<u>สรุป</u>

ภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านผนัง,หลังคาและช่องแสง 2,388.48 วัตต์ หรือ 8,151.88 Btu/h

<u>2.2 ภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีความร้อนผ่านช่องแสง</u>

ภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีความร้อนผ่านช่องแสงหาได้จาก $Q = A \times SC^{***} \times SF$

แทนค่า ช่องแสงทางด้านทิศเหนือ Q = 28.14 x 0.85 x 111.4 = 2,664.58 วัตต์ หรือ 9,094.20 Btu/h

ดังนั้น

ภาระการทำความเย็นของหลังคาหลังการปรับปรุง 2,388.48 + 2,664.58 =5,053.06วัตต์ หรือ17,246.09 Btu/h

ภาระการทำความเย็นในช่วงเวลา 19.00น – 5.00 น.

2.3 ภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านผนัง,หลังคาและช่องแสง

2.3.1 ภาระการทำความเย็นจาก Conduction ผ่านผนังทึบ หาได้จาก $Q = U \times A \times \Delta T^{**}$

แทนค่า ผนังทึบแสงทางด้านทิศเหนือ $Q = 0.32 \times 27.06 \times 2.2$ = 19.05 วัตต์

ผนังทึบแสงทางด้านทิศตะวันออก $Q = 0.32 \times 41.04 \times 2.2$ = 28.89 วัตต์

ผนังทึบแสงทางด้านทิศตะวันตก $Q = 0.32 \times 41.04 \times 2.2$ = 28.89 วัตต์

ช่องแสงทางด้านทิศเหนือ $Q = 5.76 \times 28.14 \times 2.2$ = 356.59 วัตต์

Q รวม = 433.42 วัตต์ หรือ 1,479.26 Btu/h

2.3.2 ภาระการทำความเย็นจาก Conduction ผ่านหลังคา หาได้จาก $Q = U \times A \times \Delta T^{**}$

แทนค่า หลังคาทางระนาบนอน $Q = 0.32 \times 96 \times 2.2$ = 67.58 วัตต์

หลังคาทางระนาบเอียงด้านทิศใต้ $Q = 0.32 \times 96 \times 2.2$ = 67.58 วัตต์

Q รวม = 135.17 วัตต์ หรือ 461.33 Btu/h

ภาระการทำความเย็นในช่วงเวลา 19.00น.-5.00น. 568.59 วัตต์ หรือ 1,940.59 Btu/h

ดังนั้นภาระการทำความเย็นของหลังคาฟันเลื่อยที่มีช่องเปิด 15% 5,621.65 วัตต์ หรือ 19,186.69 Btu/h

สรุป

ภาระการทำความเย็นของหลังคากระจกก่อนการปรับปรุง 52,632.13 วัตต์ หรือ 179,633.46 Btu/h

ภาระการทำความเย็นของหลังคาฟันเลื่อยที่มีช่องเปิด 15% 5,621.65 วัตต์ หรือ 19,186.69 Btu/h

การเปลี่ยนรูปแบบหลังคาสามารถลดภาระการทำความเย็นลงได้ 47,010.48 วัตต์ หรือ 160,446.77 Btu/h

หมายเหตุ 1. ΔT^{*} ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารในช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ช่วงเวลา 6.00น. – 18.00น.) ใช้ 5^{0} ซ เนื่องจากผนังมีหลังคาคลุมทำให้ไม่ได้ รับอิทธิพลจากแสงแดดตลอดทั้งวัน

2. ΔT^{**} ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารในช่วงเวลาที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ (ช่วงเวลา 19.00น. – 5.00น) ใช้ 2.2^{0} C โดยกำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคาร 25^{0} C และอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 27.2^{0} C (ข้อมูลอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 18 ปี ตั้งแต่ปี 2542 – 2541 โดย กองภูมิอากาศกรมอุตุนิยมวิทยา)

3. $SC^{**} = SC_1 \times SC_2$ โดยที่ SC_1 คือ Shading Coefficient ของกระจก = 0.96

SC_2 คือ Shading Coefficien ของอุปกรณ์บังแดด = 0.88

เมื่อพิจารณาค่าความส่องสว่างที่ได้จากการทดลองตามแนวทางที่ 2 เป็นแนวทางในการปรับปรุงช่องแสงด้านบนที่มีรูปแบบหลังคาฟันเลื่อยรูปแบบเหลี่ยมหักมุม โดยที่หันช่องแสงไปทางด้านทิศเหนือ มีช่องเปิดรับแสง 15 % สามารถสรุปผลการวัดแสงได้ดังนี้ได้ดังนี้

<u>จากการพิจารณาปริมาณความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ</u> (ตารางที่ 5.19 – 5.22) สามารถสรุปได้ว่า

พื้นที่โถงพักคอยชั้น 2

แนวการวัดที่ 1 มีความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่เพียงพอเป็นระยะ 12 เมตร จากกึ่งกลางช่องเปิด

แนวการวัดที่ 2 มีความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่เพียงพอเป็นระยะ 4 เมตร จากกึ่งกลางช่องเปิด

พื้นที่โถงทางเดินและพื้นที่รับรองแขกที่ชั้น 3

แนวการวัดที่ 2 มีความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่เพียงพอเป็นระยะ 2 เมตร จากช่องเปิด

แนวการวัดที่ 4 มีความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่เพียงพอเป็นระยะ 1 เมตร จากช่องเปิด

<u>จากการพิจารณาปริมาณความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์</u> โดยที่ข้อมูลค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ (ตารางที่ 5.23 – 5.32) ได้มาจากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์(Lumenmicro) สามารถสรุปได้ดังนี้

พื้นที่โถงพักคอยชั้น 2

แนวการวัดที่ 1 สามารถปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ได้เป็นจำนวน 2 แถวจากช่องเปิด

แนวการวัดที่ 2 สามารถปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ได้เป็นจำนวน 2 แถวจากช่องเปิด

พื้นที่โถงทางเดินและพื้นที่รับรองแขกที่ชั้น 3

แนวการวัดที่ 2 สามารถปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ได้เป็นจำนวน 2 แถวจากช่องเปิด

แนวการวัดที่ 3 สามารถปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ได้เป็นจำนวน 2 แถวจากช่องเปิด

การพิจารณาพลังงานที่สามารถลดได้เฉพาะส่วนแสงสว่างประดิษฐ์

	จำนวนดวงโคมที่ลดลง		อัตราพลังงานที่ลดลง *
	ดวงโคม ฟลูออเรสเซนต์ *	ดวงโคม Highbay *	(Watt/h)
โถงพักคอยชั้น 2	48		4,320
พื้นที่สำนักงานชั้น 3	53	5	6,770
รวม			11,090

หมายเหตุ อัตราพลังงานที่ลดลง *คืออัตราพลังงานแสงประดิษฐ์ที่ลดลงเนื่องจากการใช้แสงธรรมชาติเข้ามาแทน

ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ * หมายถึง ดวงโคม1 โคม จะประกอบไปด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์2 ชุด แต่ละชุดจะใช้ร่วมกับบัลลาสขดลวดที่สูญเสียความร้อน 9 วัตต์

ดวงโคม Highbay * หมายถึง ดวงโคมที่มีหลอด Metal Halide 400 วัตต์

การคำนวณพลังงานที่ลดลงจากการปรับปรุงแนวทางที่ 1 ประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ

1. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนของแสงประดิษฐ์
2. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์
3. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากหลังคาและช่องแสงลดลง

1. การพิจารณาพลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากการลดการใช้แสงประดิษฐ์ (แนวทางการปรับปรุงที่ 2)

พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนของแสงประดิษฐ์ สามารถหาได้จากจำนวน (watt) ที่สามารถลดได้คูณกับจำนวนหลอด โดยพิจารณาแยกตามจำนวนชั่วโมงการใช้แสงประดิษฐ์ในแต่ละพื้นที่ โดยที่แยกพิจารณาในแต่ละวัน, แต่ละสัปดาห์ และเป็นจำนวน 1 ปี ที่สามารถลดอัตราพลังงานแสงประดิษฐ์ลงได้ มีรายละอียดดังนี้

พื้นที่	อัตราพลังงานที่ลดลง (Watt)	ชม.การใช้แสงประดิษฐ์ / วัน * (ชั่วโมง/วัน)			พลังงานที่ลดลงจากการลดการใช้แสงประดิษฐ์ ต่อสัปดาห์(KWh)			พลังงานที่ลดลงจากการลดการใช้แสงประดิษฐ์ ต่อปี (KWh)		
		จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์
		9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.
โถงชั้น 2	4,320	8	1	9	207.36	25.92	38.88	10782.72	1347.84	2021.76
พื้นที่ทำงานชั้น 3	6,770	8	1	0	270.8	33.85	0	14081.6	1760.2	0
รวม								24864.32	3108.04	2021.76

หมายเหตุ ชั่วโมงการใช้แสงประดิษฐ์ / วัน * มีการแบ่งเป็น 3 ช่วงเวลา เพื่อนำไปใช้ในการคิดอัตราค่าไฟ

2. การพิจารณาภาระการทำความเย็นที่ลดลงอันเนื่องมาจากความร้อนที่เกิดจากแสงประดิษฐ์

พื้นที่	อัตราพลังงานที่ลดลง (Watt)	ความร้อนที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์ (Q)* (Btu / h)	ชม.การใช้แสงประดิษฐ์ / วัน (day)			ภาระทำความเย็นที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์(Q)/ สัปดาห์ (Btu / week)			ภาระทำความเย็นที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์(Q)/ ปี (Btu / year)			พลังงานที่ลดลงอันเนื่องจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง*	
			จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์	
			9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.
โถงชั้น 2 หลอดฟลูออเรสเซนต์	4,320	11795.328	8	1	9	566175.744	70771.968	106157.952	29441138.69	3680142.336	5520213.504	3775.13	471.89
พื้นที่ทำงานชั้น 3													
หลอดฟ,ออเรสเซนต์	4,770	13024.008	8	1	0	520960.32	65120.04	0	27089936.64	3386242.08	0	3473.65	434.21
หลอดMetal halide	2,000	5460.8	8	1	9	262118.4	32764.8	49147.2	13630156.8	1703769.6	2555654.4	1747.75	218.47
รวม												8996.52	1124.57

หมายเหตุ 1. ความร้อนที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์* หาได้จากสมการ q = total watt * Utiliaztion * Convertion of Heat to Space

โดยที่ Total watt คือ จำนวนวัตต์ทั้งหมดของดวงไฟในพื้นที่พิจารณา Utiliaztion = 1 , Convertion of Heat to Space = 0.8

2. พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง**(KWh/yr) = ภาระการทำความเย็นที่ลดลงทั้งปี / (cop)(3413)

3. การพิจารณาภาระการทำความเย็นที่ลดลงอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคา

จากผลการคำนวณภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคา จะมีภาระการทำความเย็นที่ลดลง 152,687.89 Btu/h

พื้นที่	ภาระการทำความเย็นที่ลด* (Btu / h)	ชม.การใช้ระบบปรับอากาศ / วัน (day)			ภาระการทำความเย็นที่ลดลง*/ สัปดาห์ (Btu / week)			ภาระการทำความเย็นที่ลดลง*/ ปี (Btu / year)			พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง** (KWh/yr)		
		จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์
		9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00น.
พื้นที่ใต้หลังคาที่มีการเปลี่ยนแปลง	160,446.77	13	11	24	12514848.06	10589486.82	3850722.48	650772099.1	550653314.6	200237569	83446.17	70608.30	25675.75

หมายเหตุ 1. ภาระการทำความเย็นที่ลด* คือภาระการทำความเย็นที่ลดลงอันเนื่องมาจากความร้อนจากหลังคาและช่องแสงลดลง

2. พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง**(KWh/yr) = ภาระการทำความเย็นที่ลดลงทั้งปี / (cop)(3413)

สามารถสรุปอัตราพลังงานรวมที่ลดลงได้ดังนี้

วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 9.00-22.00 น.	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์	24864.32 (KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์	8996.52 (KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น	83446.17 (KW/yr)
	รวม	117307.02 (KW/yr)
วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 23.00-8.00 น.	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์	3108.04 (KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์	1124.57 (KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น	70608.30 (KW/yr)
	รวม	74840.91 (KW/yr)
วันอาทิตย์ เวลา 00.00-24.00 น.	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์	2021.76 (KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์	1035.54 (KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น	25675.75 (KW/yr)
	รวม	28733.05 (KW/yr)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. วิธีคิดค่าไฟฟ้าตามอัตราค่าไฟฟ้า ประเภทที่ 4.2 กิจการขนาดใหญ่

การคิดค่าไฟฟ้าที่สามารถลดลงได้ทั้งปีจาก

1. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

	อัตรา (บาท / KWh)	จำนวน KW ต่อปี*	รวมเงิน (บาท)
On Peak 1 (จันทร์ - เสาร์ เวลา 09.00 - 22.00 น.)	200.93	714.26	143517.14

2.พลังงานไฟฟ้า

	อัตรา (บาท / KWh)	จำนวน KWh	รวมเงิน (บาท)
On Peak 1 (จันทร์ - เสาร์ เวลา 09.00 - 22.00 น.)	1.7736	117307.02	208055.73
Off Peak 2 (จันทร์ - เสาร์ เวลา 22.00 - 09.00 น.)	0.6861	74840.91	51348.35
Off Peak 3 (อาทิตย์ เวลา 00.00 - 24.00 น.)	0.6236	28733.05	17917.93
			277322.00

3. ค่าไฟฟ้าตามการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft)

อัตรา (บาท / KWh)	จำนวน KWh	รวมเงิน (บาท)
0.6152	220880.97	135885.97

4. ค่าบริการ (1+2+3)	556725.11
5. ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) 7%	38970.76
6. รวมเงินค่าไฟฟ้าทีรวมภาษีมูลค่าเพิ่มแล้ว	595695.87

หมายเหตุ จำนวน KW ต่อปี* ได้จากข้อมูลจำนวน KW ทีใช้รายเดือนเดือน ประกอบไปด้วย

1. อัตราพลังงานทีลดลงอันเนืองมาจากแสงประดิษฐ์	4.32+6.77	11.09	(KW)
2. อัตราพลังงานทีสามารถลดลงได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนืองมาจากความร้อนแสงประดิษฐ์	0.55+0.611+0.256	1.422	(KW)
3. พลังงานทีสามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น		47.01	(KW)
รวม		59.522	(KW)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>แนวทางการปรับปรุงที่ 2</u>

จากผลการทดลองสามารถสรุปพลังงานที่ลดลง และค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้ดังนี้

1. พลังงานที่ลดลงจากแนวทางการปรับปรุงที่ 2

1. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์ 29,994.12 KW/yr (คิดเป็น13.58 %)
2. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น
   อันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์ 11,156.63 KW/yr (คิดเป็น 5.05 %)
3. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น
   จากการเปลี่ยนรูแบบหลังคา 179,730.22 KW/yr(คิดเป็น 81.37 %)

พลังงานรวมที่ลดลงได้ <u>220,880.98</u> KW/yr

2. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากแนวทางการปรับปรุงที่ 2

1. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงในส่วนแสงประดิษฐ์ 80,895.45 บาท/ปี
2. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงในส่วนภาระการทำความเย็น
   อันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์ 30,082.64 บาท/ปี
3. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงในส่วนภาระการทำความเย็น
   จากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคา 484,717.02 บาท/ปี

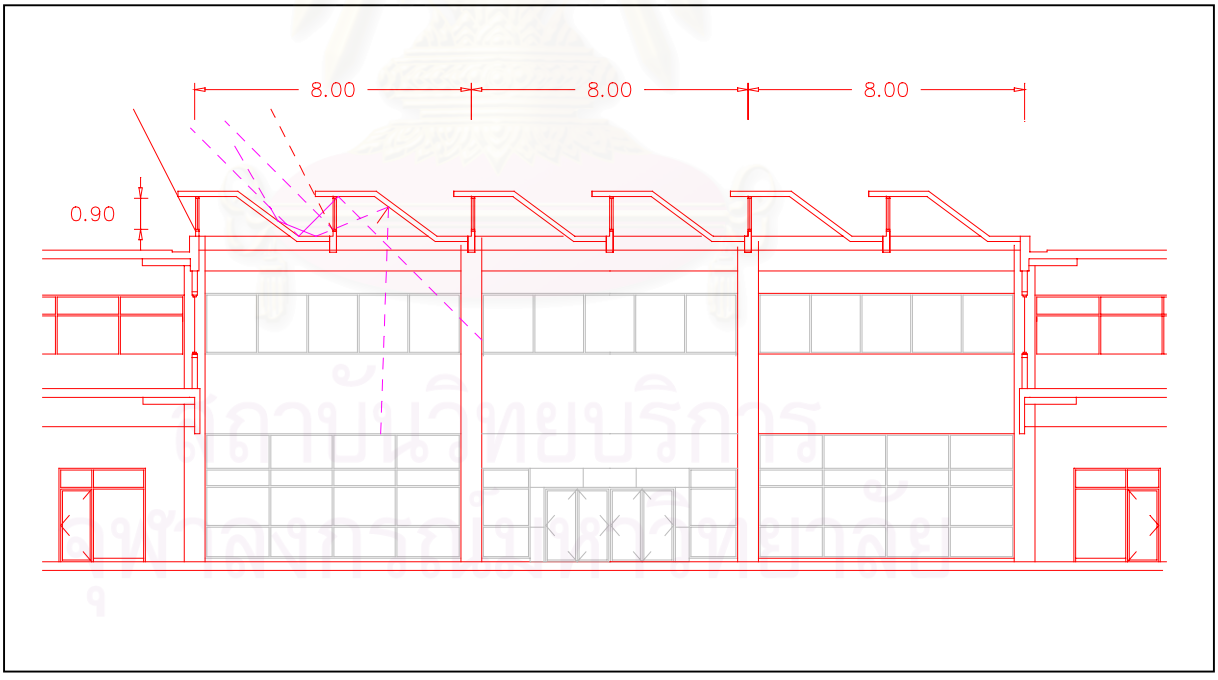
รวมค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้ <u>595,695.87</u> บาท/ปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.3 **แนวทางการปรับปรุงช่องแสงด้านบนแนวทางที่** 3

เป็นแนวทางในการปรับปรุงช่องแสงด้านบนที่มีรูปแบบหลังคาฟันเลื่อย รูปแบบเหลี่ยมหักมุม โดยที่หันช่องแสงไปทางด้านทิศเหนือ มีช่องเปิดรับแสง 20 % มีรายละเอียดการปรับปรุงดังนี้

1. พื้นที่ภายนอกและภายในอาคารบริเวณใต้ช่องเปิดมีการใช้สอยคงเดิม
2. รูปแบบหลังคาที่ใช้ในการปรับปรุงเป็นหลังคาฟันเลื่อยรูปแบบเหลี่ยมหักมุม โดยที่หันช่องแสงไปทางด้านทิศเหนือ
3. ด้านใต้หลังคา 1.00 เมตร จะยกเลิกฝ้าเพดานแบบตะแกรงที่มีอยู่เดิม
4. หาค่าความส่องสว่างภายในอาคารโดยการเทียบค่า DF ที่ได้จากการทดลอง(ตารางที่ 5.34–5.37) กับค่าความส่องสว่างภายนอก อาศัยตามวิธีการในบทที่ 4.4
5. เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างที่ได้รับจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร (ตารางที่ 5.38–5.48) เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงให้ผังวงจรแสงประดิษฐ์ให้สอดคล้องกับ Daylight Zone ที่ได้จากการปรับปรุง
6. เปรียบเทียบค่าปริมาณพลังงานที่สามารถลดได้อันเนื่องมาจากจากการปรับปรุงให้ผังวงจรแสงประดิษฐ์สอดคล้องกับ Daylight Zone กับปริมาณพลังงานเดิมของอาคาร

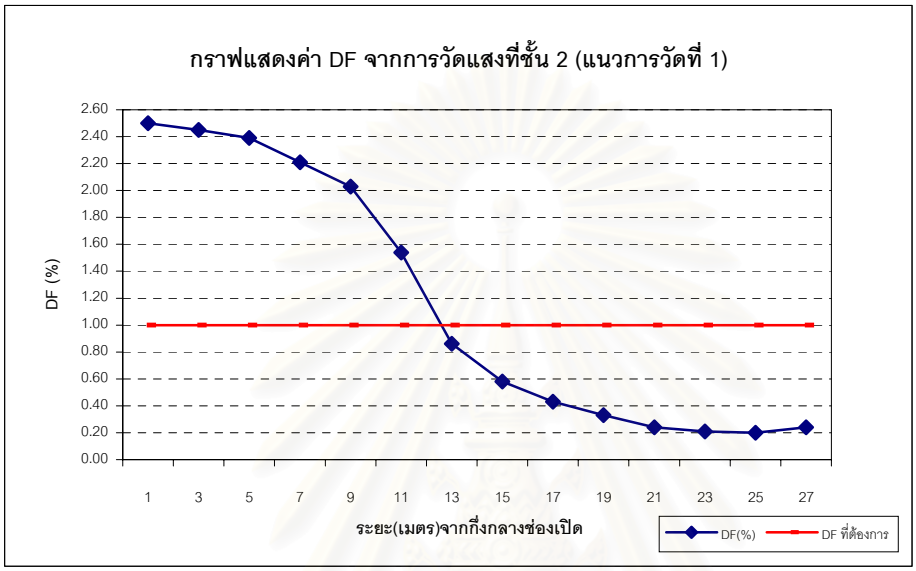


รูปที่ 5.9 แสดงภาพตัดหลังคาฟันเลื่อยที่มีช่องเปิด 20%

ตารางที่ 5.34 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคารพื้นที่ใต้ช่องแสงด้านบน (ช่องเปิด 20%))

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1)

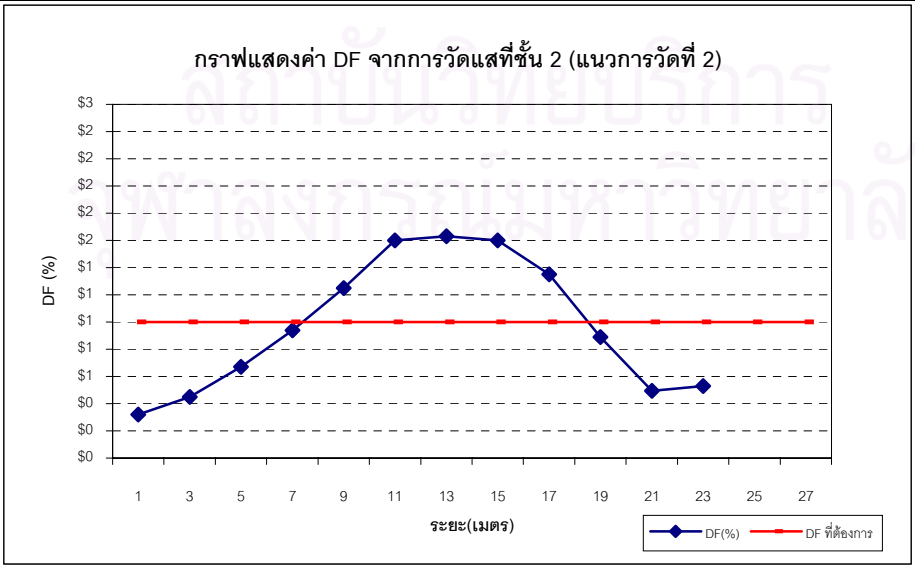
ระยะ(เมตร)*	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
Ei	161.3	158.0	154.2	142.5	130.9	99.3	55.5	37.4	27.7	21.3	15.5	13.5	12.9	15.5
DF(%)	2.50	2.45	2.39	2.21	2.03	1.54	0.86	0.58	0.43	0.33	0.24	0.21	0.20	0.24
DF ที่ต้องการ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00



ตารางที่ 5.35 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคารพื้นที่ใต้ช่องแสงด้านบน (ช่งอเปิด 20%)

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2)

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
Ei	20.6	29.0	43.2	60.6	80.6	103.2	105.1	103.2	87.1	57.4	31.9	34.2		
DF(%)	0.32	0.45	0.67	0.94	1.25	1.60	1.63	1.60	1.35	0.89	0.49	0.53		
DF ที่ต้องการ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

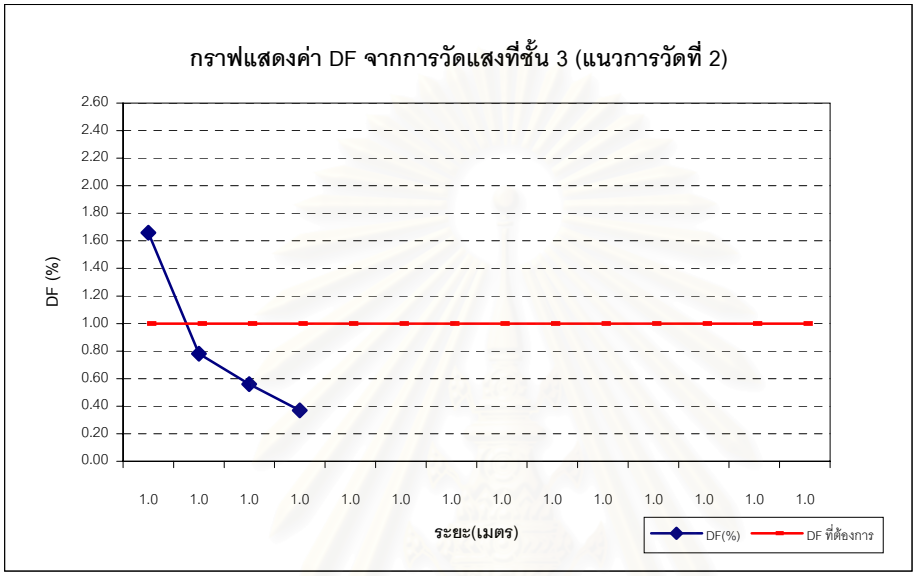


หมายเหตุ ระยะ(เมตร) * คือจากกึ่งกลางใต้ช่องเปิด

ตารางที่ 5.36 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคารพื้นที่ใต้ช่องแสงด้านบน (ช่องเปิด 20%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในและพื้นที่รับรองแขกที่ชั้น 3 (แนวการวัดที่ 2)

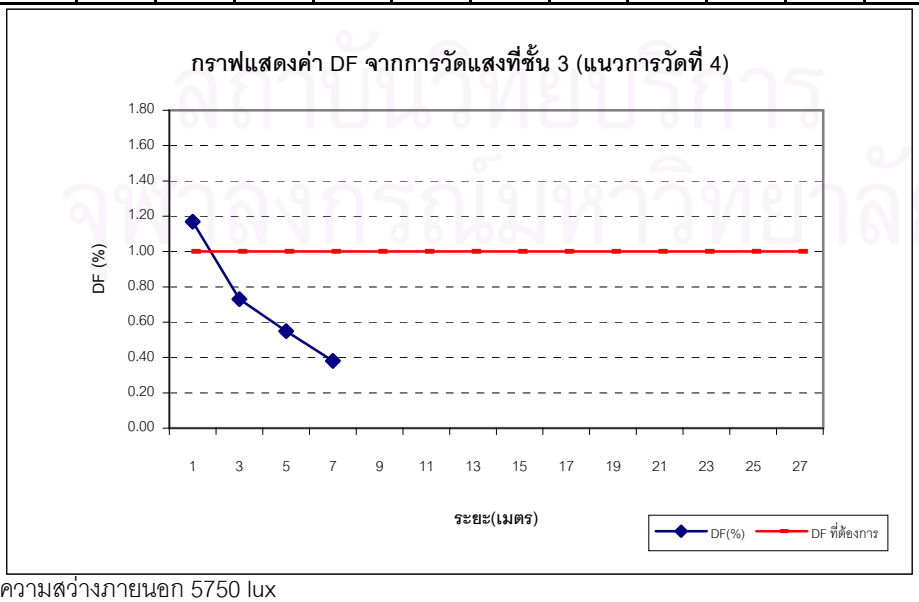
ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
Ei	95.45	44.85	32.2											
DF(%)	1.66	0.78	0.56	0.37										
DF ที่ต้องการ	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0



ตารางที่ 5.37 แสดงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร (ช่องเปิด 20%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในพื้นที่ทำงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 4)

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
Ei	67.28	41.98	31.63	21.85										
DF(%)	1.17	0.73	0.55	0.38										
DF ที่ต้องการ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

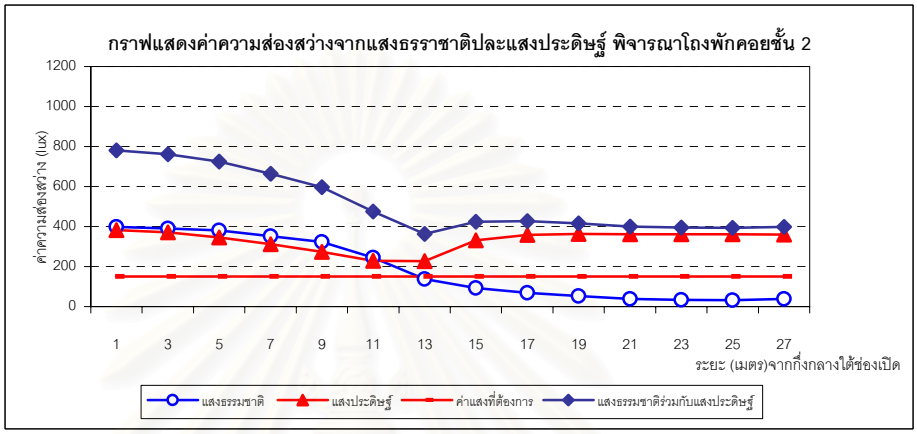


หมายเหตุ ค่าความสว่างภายนอก 5750 lux

ตารางที่ 5.38 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1)

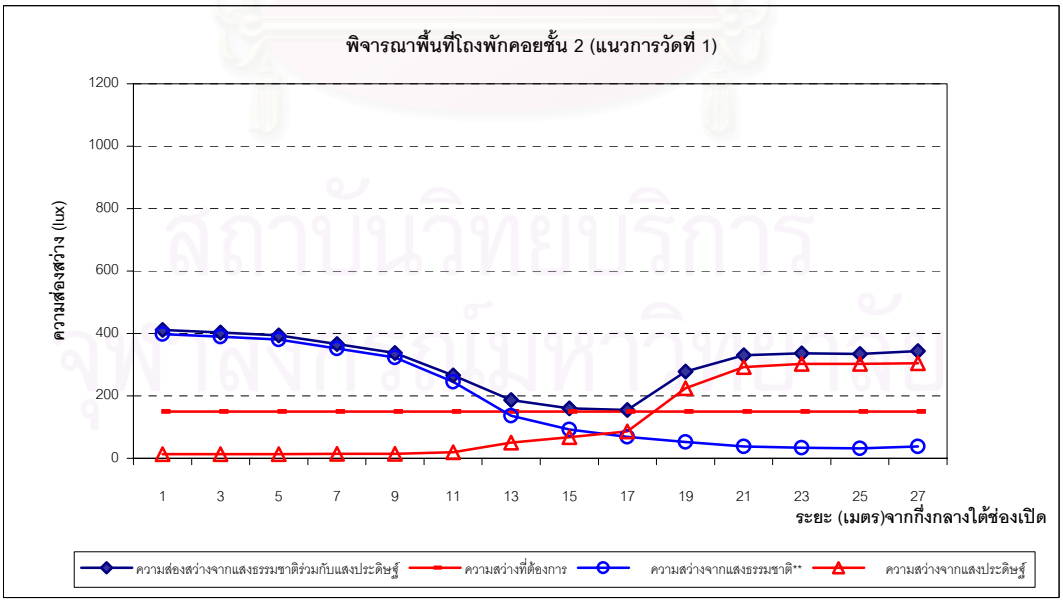
ระยะ(เมตร)*	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ**	398.0	390.1	380.5	351.8	323.2	245.2	136.9	92.3	68.5	52.5	38.2	33.4	31.8	38.2
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	382.5	371.5	345	312.5	274	229.5	226.5	331.5	358	363	361.5	362	361.5	360
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิ	780.5	761.6	725.5	664.3	597.2	474.7	363.4	423.8	426.5	415.5	399.7	395.4	393.3	398.2



ตารางที่ 5.39 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1)

ระยะ(เมตร)*	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ**	398.0	390.1	380.5	351.8	323.2	245.2	136.9	92.3	68.5	52.5	38.2	33.4	31.8	38.2
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	13	13	13	14	14	20	50	68	86	225	292	303	303	305
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประ	411.0	403.1	393.5	365.8	337.2	265.2	186.9	160.3	154.5	277.5	330.2	336.4	334.8	343.2



กราฟแสดงค่าความส่องสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ เป็นจำนวน 2แถวจากช่องเปิด

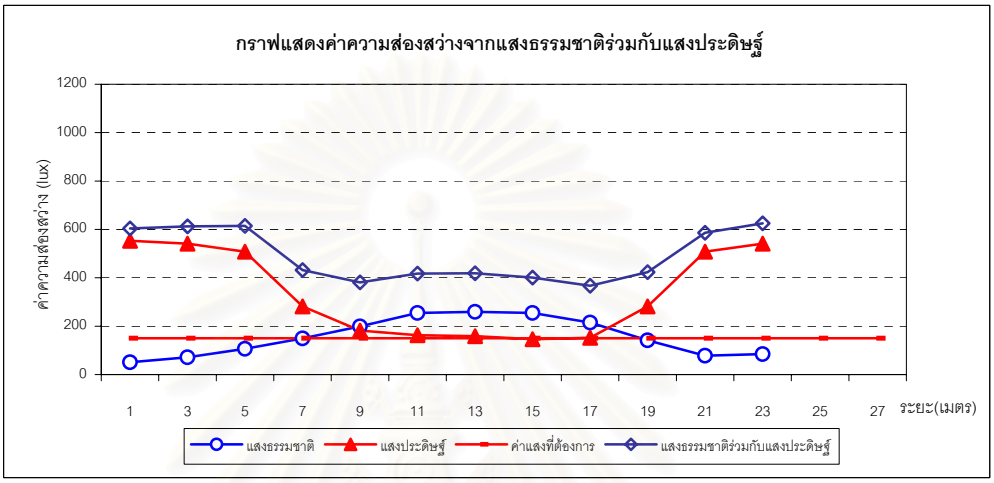
หมายเหตุ 1. ระยะ(เมตร)* คือระยะที่วัดจากกึ่งกลางใต้ช่องเปิด

2. ความสว่างจากแสงธรรมชาติ** คำนวณจากระดับความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยต่ำสุด ณ. เวลา 17.00 น. (15,920.47 ลักซ์)

ตารางที่ 5.40 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2)

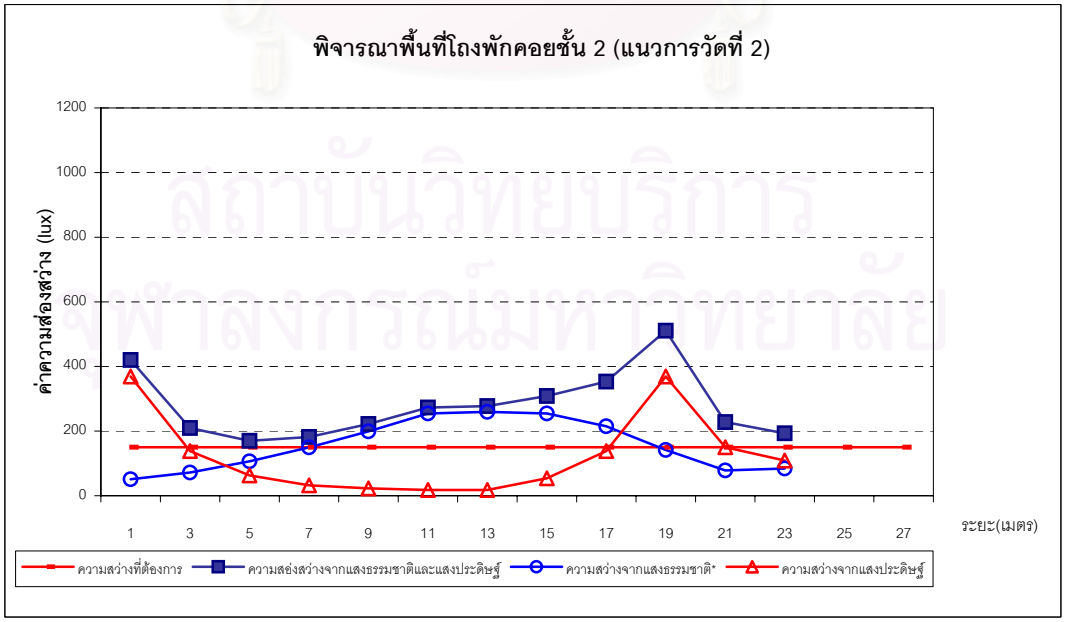
ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	50.95	71.64	106.7	149.7	199	254.7	259.5	254.7	214.9	141.7	78.01	84.38		
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	553	541	508	282	182	163	159	146	152	282	508	541		
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	603.9	612.6	614.7	431.7	381	417.7	418.5	400.7	366.9	423.7	586	625.4		



ตารางที่ 5.41 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 2)

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	50.95	71.64	106.7	149.7	199	254.7	259.5	254.7	214.9	141.7	78.01	84.38		
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	369	138	63	32	23	18	18	54	138	369	150	109		
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	419.9	209.6	169.7	181.7	222	272.7	277.5	308.7	352.9	510.7	228	193.4		



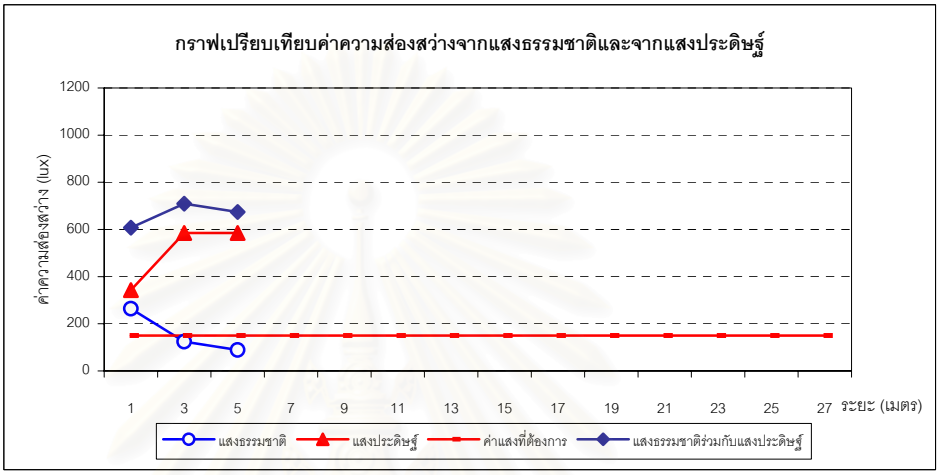
กราฟแสดงค่าความส่องสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ เป็นจำนวน 2แถวจากช่องเปิด

หมายเหตุ ความสว่างจากแสงธรรมชาติ* คำนวณจากระดับความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยต่ำสุด ณ. เวลา 17.00 น. (15,920.47 ลักซ์)

ตารางที่ 5.42 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 2

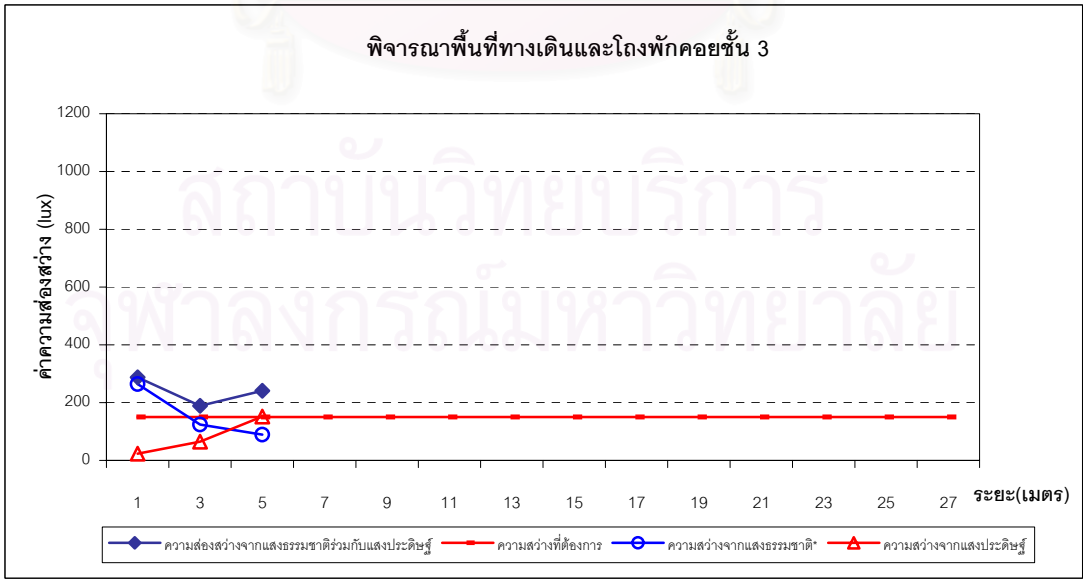
ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	264.3	124.2	89.15											
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	343	585	585											
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	607.3	709.2	674.2											



ตารางที่ 5.43 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 2

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	264.3	124.2	89.15											
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	23	65	152											
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	287.3	189.2	241.2											



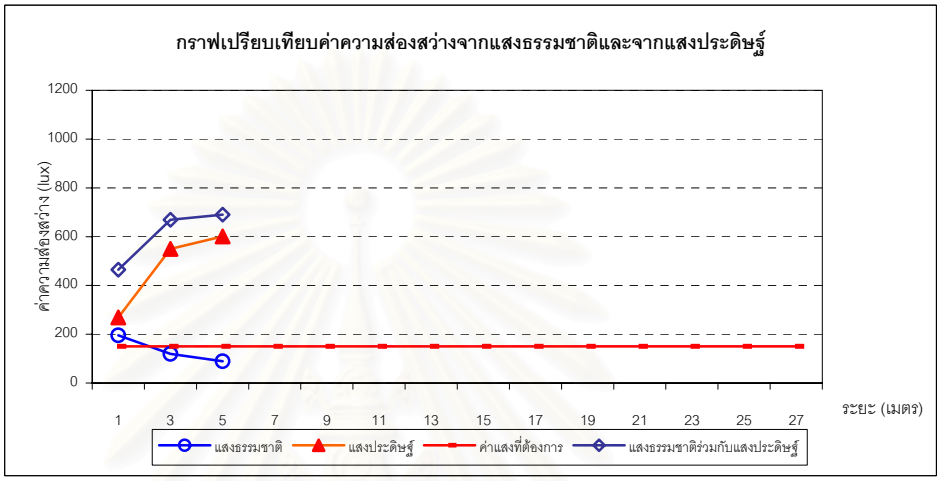
กราฟแสดงค่าความส่องสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ เป็นจำนวน 2แถวจากช่องเปิด และไม่ต้องเปิดวงจรของดวงโคม Hihg bay 5 ดวงโคม

หมายเหตุ ค่าความสว่างจากแสงธรรมชาติได้มาจากการเปรียบเทียบแสงในหุ่นจำลองโดยใช้ค่า DF ในตาราง 2.6 และค่าความสว่างภายนอก 15920.47 lux

ตารางที่ 5.44 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 3

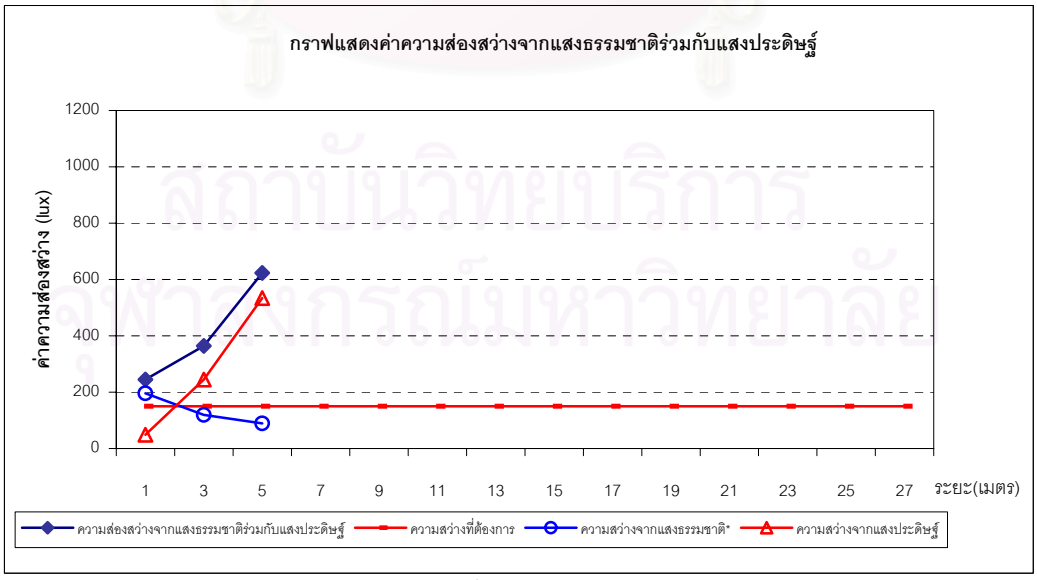
ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	195.8	119.4	89.15											
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	269	550	601											
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	464.8	669.4	690.2											



ตารางที่ 5.45 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 3

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	195.8	119.4	89.15											
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	49	245	534											
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	244.8	364.4	623.2											



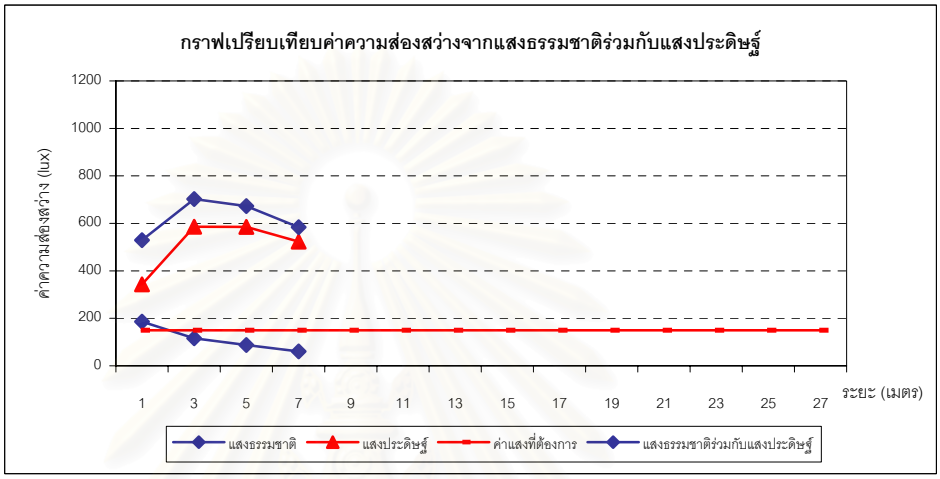
กราฟแสดงค่าความส่องสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ เป็นจำนวน 2 แถวจากช่องเปิด และไม่ต้องเปิดวงจรของดวงโคม Hihg bay 5 ดวงโคม

หมายเหตุ ความสว่างจากแสงธรรมชาติ* คำนวณจากระดับความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยต่ำสุด ณ. เวลา 17.00 น. (15,920.47 ลักซ์)

ตารางที่ 5.46 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 4

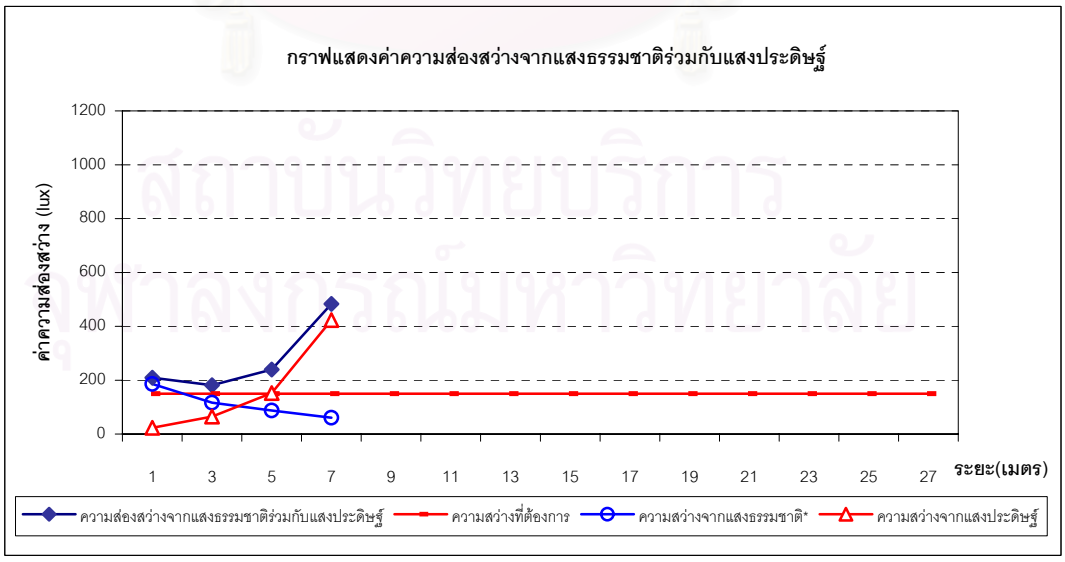
ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	186.3	116.2	87.56	60.5										
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	343	586	585	523										
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	529.3	702.2	672.6	583.5										



ตารางที่ 5.47 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ (ช่องเปิด 20%)

พิจารณาพื้นที่ทางเดินภายในสำนักงานชั้น 3 แนวการวัดที่ 4

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	186.3	116.2	87.56	60.5										
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	23	65	152	423										
ความสว่างที่ต้องการ	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์	209.3	181.2	239.6	483.5										



กราฟแสดงค่าความส่องสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ เป็นจำนวน 2 แถวจากช่องเปิด และไม่ต้องเปิดวงจรของดวงโคม Hihg bay 5 ดวงโคม

หมายเหตุ ค่าความสว่างจากแสงธรรมชาติได้มาจากการเปรียบเทียบแสงในหุ่นจำลองโดยใช้ค่า DF ในตาราง 2.6 และค่าความสว่างภายนอก 15920.47 lux

แนวทางการปรับปรุงที่ 3

การคำนวณภาระการทำความเย็นที่เปลี่ยนแปลงจากแนวทางการปรับปรุงที่ 3 อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงช่องแสงด้านบนจากหลังคากระจกเป็นหลังคาแบบฟันเลื่อยที่มีช่องแสง 20% ของพื้นที่หลังคา โดยพิจารณาเฉพาะภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจาก External Load ในส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลง

1.การคำนวณภาระการทำความเย็นก่อนการปรับปรุง พิจารณาเฉพาะหลังคากระจกที่จะมีการเปลี่ยนแปลง โดยที่ภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจะมาจากการนำความร้อน (conduction heat gain)ผ่านกระจก และการแผ่รังสีความร้อน(solar heat gain)ผ่านกระจก จากรายละเอียดการคำนวณในข้อ 5.2.1 สามารถสรุปได้ว่า

ภาระการทำความเย็นของหลังคากระจกก่อนการปรับปรุง 52,632.13 วัตต์ หรือ 179,633.46 Btu/h

2.การคำนวณภาระการทำความเย็นหลังจากเปลี่ยนเป็นหลังคาฟันเลื่อยที่มีช่องเปิด 20% พิจารณาเฉพาะหลังคาส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลง โดยที่ภาระการทำความเย็นที่เพิ่มมาจากนำความร้อนผ่านผนัง, หลังคาและช่องแสง และโดยการแผ่รังสีความร้อนผ่านช่องแสง มีรายละเอียดดังนี้

ภาระการทำความเย็นในช่วงเวลา 6.00น – 18.00 น.

2.1 ภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านผนัง,หลังคาและช่องแสง

2.1.1 ภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านผนังทึบ หาได้จาก Q = U x A x TDeq

แทนค่า ผนังทึบแสงทางด้านทิศเหนือ Q = 0.32 x 17.40 x 10 = 55.68 วัตต์

ผนังทึบแสงทางด้านทิศตะวันออก Q = 0.32 x 41.04 x 10 = 131.33 วัตต์

ผนังทึบแสงทางด้านทิศตะวันตก Q = 0.32 x 41.04 x 10 = 131.33 วัตต์

ช่องแสงทางด้านทิศเหนือ Q = 5.76 x 37.80 x 5 = 1,088.64 วัตต์

Q รวม = 1,406.98 วัตต์ หรือ 4,802.02 Btu/h

2.1.2 ภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านหลังคา หาได้จาก Q = U x A x TDeq

แทนค่า หลังคาทางระนาบนอน Q = 0.32 x 96 x 20 = 614.4 วัตต์

หลังคาทางระนาบเอียงทางด้านทิศใต้ Q = 0.32 x 96 x 20 = 614.4 วัตต์

Q รวม = 1,228.8 วัตต์ หรือ 4,193.89 Btu/h

ภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านผนัง,หลังคาและช่องแสง 2,635.78 วัตต์ หรือ 8,995.92 Btu/h

2.2 ภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีความร้อนผ่านช่องแสง

ภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีความร้อนผ่านช่องแสง หาได้จาก $Q = A \times SC^{*} \times SF$

แทนค่า

ช่องแสงทางด้านทิศเหนือ Q = 37.8 x 0.85 x111.4 = 3,579.28 วัตต์ หรือ 12,216.09 Btu/h

ดังนั้นภาระการทำความเย็นของหลังคาหลังการปรับปรุงในช่วงเวลา 6.00น.-18.00น. มีค่า

2,635.78+ 3,579.28 =6,215.06วัตต์ หรือ21,211.99 Btu/h

<u>ภาระการทำความเย็นในช่วงเวลา 19.00น – 5.00 น.</u>

<u>2.3 ภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านผนัง,หลังคาและช่องแสง</u>

2.3.1 ภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านผนังทึบ หาได้จาก $Q = U \times A \times \Delta T^{**}$

แทนค่า ผนังทึบแสงทางด้านทิศเหนือ $Q = 0.32 \times 17.40 \times 2.2 = 12.25$ วัตต์

ผนังทึบแสงทางด้านทิศตะวันออก $Q = 0.32 \times 41.04 \times 2.2 = 28.89$ วัตต์

ผนังทึบแสงทางด้านทิศตะวันตก $Q = 0.32 \times 41.04 \times 2.2 = 28.89$ วัตต์

ช่องแสงทางด้านทิศเหนือ $Q = 5.76 \times 37.80 \times 2.2 = 479.00$ วัตต์

Q รวม = 549.03 วัตต์ หรือ 1,873.84 Btu/h

2.3.2 ภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านหลังคา หาได้จาก $Q = U \times A \times \Delta T^{**}$

แทนค่า หลังคาทางระนาบนอน $Q = 0.32 \times 96 \times 2.2 = 67.58$ วัตต์

หลังคาทางระนาบเอียงทางด้านทิศใต้ $Q = 0.32 \times 96 \times 2.2 = 67.58$ วัตต์

Q รวม = 135.17 วัตต์ หรือ 461.33 Btu/h

ภาระการทำความเย็นในช่วงเวลา 19.00น.-5.00น. 684.2 วัตต์ หรือ 2,335.17 Btu/h

ดังนั้นภาระการทำความเย็นของหลังคาฟันเลื่อยที่มีช่องเปิด 15% 6,899.26 วัตต์ หรือ 23,547.17 Btu/h

<u>สรุป</u>

ภาระการทำความเย็นของหลังคากระจกก่อนการปรับปรุง 52,632.13 วัตต์ หรือ 179,633.46 Btu/h

ภาระการทำความเย็นของหลังคาฟันเลื่อยที่มีช่องเปิด 15% 6,899.26 วัตต์ หรือ 23,547.17 Btu/h

การเปลี่ยนรูปแบบหลังคาสามารถลดภาระการทำความเย็นลงได้ 45,732.87 วัตต์ หรือ 156,086.28 Btu/h

<u>หมายเหตุ</u> 1. ΔT^{*} ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารในช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (ช่วงเวลา 6.00น. – 18.00น.) ใช้ 5^{0} ซ เนื่องจากผนังมีหลังคาคลุมทำให้ไม่ได้ รับอิทธิพลจากแสงแดดตลอดทั้งวัน

2. ΔT^{**} ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารในช่วงเวลาที่ไม่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ (ช่วงเวลา 19.00น. – 5.00น) ใช้ 2.2^{0} C โดยกำหนดให้อุณหภูมิภายในอาคาร 25^{0} C และอุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย 27.2^{0} C (ข้อมูลอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 18 ปี ตั้งแต่ปี 2542 – 2541 โดย กองภูมิอากาศกรมอุตุนิยมวิทยา)

3. $SC^{**} = SC_1 \times SC_2$ โดยที่ SC_1 คือ Shading Coefficient ของกระจก = 0.96

SC_2 คือ Shading Coefficien ของอุปกรณ์บังแดด = 0.88

เมื่อพิจารณาค่าความส่องสว่างที่ได้จากการทดลองตามแนวทางที่ 3 เป็นแนวทางในการปรับปรุงช่องแสงด้านบนที่มีรูปแบบหลังคาฟันเลื่อยรูปแบบเหลี่ยมหักมุม โดยที่หันช่องแสงไปทางด้านทิศเหนือ มีช่องเปิดรับแสง 20 % สามารถสรุปผลการวัดแสงได้ดังนี้ได้ดังนี้

<u>จากการพิจารณาปริมาณความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ</u> (ตารางที่ 5.34 – 5.37) สามารถสรุปได้ว่า

พื้นที่โถงพักคอยชั้น 2

แนวการวัดที่ 1 มีความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่เพียงพอเป็นระยะ 13 เมตร จากกึ่งกลางช่องเปิด

แนวการวัดที่ 2 มีความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่เพียงพอเป็นระยะ 5 เมตร จากกึ่งกลางช่องเปิด

พื้นที่โถงทางเดินและพื้นที่รับรองแขกที่ชั้น 3

แนวการวัดที่ 2 มีความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่เพียงพอเป็นระยะ 3 เมตร จากช่องเปิด

แนวการวัดที่ 4 มีความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่เพียงพอเป็นระยะ 2 เมตร จากช่องเปิด

<u>จากการพิจารณาปริมาณความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์</u> โดยที่ข้อมูลค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ (ตารางที่ 5.38 – 5.47) ได้มาจากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์(Lumenmicro) สามารถสรุปได้ดังนี้

พื้นที่โถงพักคอยชั้น 2

แนวการวัดที่ 1 สามารถปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ได้เป็นจำนวน 2 แถวจากช่องเปิด

แนวการวัดที่ 2 สามารถปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ได้เป็นจำนวน 2 แถวจากช่องเปิด

พื้นที่โถงทางเดินและพื้นที่รับรองแขกที่ชั้น 3

แนวการวัดที่ 2 สามารถปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ได้เป็นจำนวน 2 แถวจากช่องเปิด

แนวการวัดที่ 3 สามารถปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ได้เป็นจำนวน 2 แถวจากช่องเปิด

การพิจารณาพลังงานที่สามารถลดได้เฉพาะส่วนแสงสว่างประดิษฐ์

	จำนวนดวงโคมที่ลดลง		อัตราพลังงานที่ลดลง *
	ดวงโคม ฟลูออเรสเซนต์ *	ดวงโคม Highbay *	(Watt/h)
โถงพักคอยชั้น 2	48		4,320
พื้นที่สำนักงานชั้น 3	53	5	6,770
รวม			14,690

หมายเหตุ อัตราพลังงานที่ลดลง *คืออัตราพลังงานแสงประดิษฐ์ที่ลดลงเนื่องจากการใช้แสงธรรมชาติเข้ามาแทน

ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ * หมายถึง ดวงโคม1 โคม จะประกอบไปด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์2 ชุด แต่ละชุดจะใช้ร่วมกับบัลลาสขดลวดที่สูญเสียความร้อน 9 วัตต์

ดวงโคม Highbay * หมายถึง ดวงโคมที่มีหลอด Metal Halide 400 วัตต์

การคำนวณพลังงานที่ลดลงจากการปรับปรุงแนวทางที่ 1 ประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ

1. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนของแสงประดิษฐ์
2. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์
3. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากหลังคาและช่องแสงลดลง

1. การพิจารณาพลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากการลดการใช้แสงประดิษฐ์ (แนวทางการปรับปรุงที่ 3)

พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนของแสงประดิษฐ์ สามารถหาได้จากจำนวน (watt) ที่สามารถลดได้คูณกับจำนวนหลอด โดยพิจารณาแยกตามจำนวนชั่วโมงการใช้แสงประดิษฐ์ในแต่ละพื้นที่ โดยที่แยกพิจารณาในแต่ละวัน, แต่ละสัปดาห์ และเป็นจำนวน 1 ปี ที่สามารถลดอัตราพลังงานแสงประดิษฐ์ลงได้ มีรายละอียดดังนี้

พื้นที่	อัตราพลังงานที่ลดลง (Watt)	ชม.การใช้แสงประดิษฐ์ / วัน * (ชั่วโมง/วัน)			พลังงานที่ลดลงจากการลดการใช้แสงประดิษฐ์ ต่อสัปดาห์(KWh)			พลังงานที่ลดลงจากการลดการใช้แสงประดิษฐ์ ต่อปี (KWh)		
		จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์
		9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.
โถงชั้น 2	4,320	8	1	9	207.36	25.92	38.88	10782.72	1347.84	2021.76
พื้นที่ทำงานชั้น 3	6,770	8	1	0	270.8	33.85	0	14081.6	1760.2	0
รวม								24864.32	3108.04	2021.76

หมายเหตุ ชั่วโมงการใช้แสงประดิษฐ์ / วัน * มีการแบ่งเป็น 3 ช่วงเวลา เพื่อนำไปใช้ในการคิดอัตราค่าไฟ

2. การพิจารณาภาระการทำความเย็นที่ลดลงอันเนื่องมาจากความร้อนที่เกิดจากแสงประดิษฐ์

พื้นที่	อัตราพลังงานที่ลดลง (Watt)	ความร้อนที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์ (Q)* (Btu / h)	ชม.การใช้แสงประดิษฐ์ / วัน (day)			าระทำความเย็นที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์(Q)/ สัปดาห์ (Btu / week)			ภาระทำความเย็นที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์(Q)/ ปี (Btu / year)			พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง** (KWh/yr)		
			จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์
			9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00น
โถงชั้น 2 หลอดฟลูออเรสเซนต์	4,320	11795.328	8	1	9	566175.744	70771.968	106157.952	29441138.69	3680142.336	5520213.504	3775.13	471.89	707.84
พื้นที่ทำงานชั้น 3 หลอดฟ,ออเรสเซนต์	4,770	13024.008	8	1	0	520960.32	65120.04	0	27089936.64	3386242.08	0	3473.65	434.21	0.00
หลอดMetal halide	2,000	5460.8	8	1	9	262118.4	32764.8	49147.2	13630156.8	1703769.6	2555654.4	1747.75	218.47	327.70
รวม												8996.52	1124.57	1035.54

หมายเหตุ 1. ความร้อนที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์* หาได้จากสมการ q = total watt * Utiliaztion * Convertion of Heat to Space

โดยที่ Total watt คือ จำนวนวัตต์ทั้งหมดของดวงไฟในพื้นที่พิจารณา Utiliaztion = 1 , Convertion of Heat to Space = 0.8

2. พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง**(KWh/yr) = ภาระการทำความเย็นที่ลดลงทั้งปี / (cop)(3413)

3. การพิจารณาภาระการทำความเย็นที่ลดลงอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคา

จากผลการคำนวณภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคา จะพบว่ามีภาระการทำความเย็นที่ลดลง 148,721.98 Btu/h

พื้นที่	ภาระการทำความเย็นที่ลด*	ชม.การใช้ระบบปรับอากาศ / วัน (day)			ภาระการทำความเย็นที่ลดลง*/ สัปดาห์ (Btu / week)			ภาระการทำความเย็นที่ลดลง*/ ปี (Btu / year)			พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง (KWh/yr)		
		จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์
	(Btu / h)	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00น.
พื้นที่ใต้หลังคาที่มีการเปลี่ยนแปลง	156,086.28	13	11	24	12174729.84	10301694.48	3746070.72	633085951.7	535688113	194795677.4	81178.34	68689.37	24977.95

หมายเหตุ 1. ภาระการทำความเย็นที่ลด* คือภาระการทำความเย็นที่ลดลงอันเนื่องมาจากความร้อนจากหลังคาและช่องแสงลดลง

2. พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง**(KWh/yr) = ภาระการทำความเย็นที่ลดลงทั้งปี / (cop)(3413)

สามารถสรุปอัตราพลังงานรวมที่ลดลงได้ดังนี้

วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 9.00-22.00 น.	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์	24864.32 (KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์	8996.52 (KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น	81178.34 (KW/yr)
	รวม	115039.19 (KW/yr)
วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 23.00-8.00 น.	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์	3108.04 (KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์	1124.57 (KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น	68689.37 (KW/yr)
	รวม	72921.97 (KW/yr)
วันอาทิตย์ เวลา 00.00-24.00 น.	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์	2021.76 (KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์	1035.54 (KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น	24977.95 (KW/yr)
	รวม	28035.25 (KW/yr)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. วิธีคิดค่าไฟฟ้าตามอัตราค่าไฟฟ้า ประเภทที่ 4.2 กิจการขนาดใหญ่

การคิดค่าไฟฟ้าที่สามารถลดลงได้ทั้งปีจาก

1. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

	อัตรา (บาท / KWh)	จำนวน KW ต่อปี*	รวมเงิน (บาท)
On Peak 1 (จันทร์ - เสาร์ เวลา 09.00 - 22.00 น.)	200.93	698.90	140430.86

2.พลังงานไฟฟ้า

	อัตรา (บาท / KWh)	จำนวน KWh	รวมเงิน (บาท)
On Peak 1 (จันทร์ - เสาร์ เวลา 09.00 - 22.00 น.)	1.7736	115039.19	204033.50
Off Peak 2 (จันทร์ - เสาร์ เวลา 22.00 - 09.00 น.)	0.6861	72921.97	50031.77
Off Peak 3 (อาทิตย์ เวลา 00.00 - 24.00 น.)	0.6236	28035.25	17482.78
			271548.05

3. ค่าไฟฟ้าตามการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft)

อัตรา (บาท / KWh)	จำนวน KWh	รวมเงิน (บาท)
0.6152	215996.41	132880.99

4. ค่าบริการ (1+2+3)	544859.90
5. ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) 7%	38140.19
6. รวมเงินค่าไฟฟ้าทีรวมภาษีมูลค่าเพิ่มแล้ว	583000.09

หมายเหตุ จำนวน KW ต่อปี* ได้จากข้อมูลจำนวน KW ทีใช้รายเดือนเดือน ประกอบไปด้วย

1. อัตราพลังงานทีลดลงอันเนืองมาจากแสงประดิษฐ์	4.32+6.77	11.09	(KW)
2. อัตราพลังงานทีสามารถลดลงได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนืองมาจากความร้อนแสงประดิษฐ์	0.55+0.61+0.26	1.42	(KW)
3. พลังงานทีสามารถลดได้ในส่วนของภาระการทำความเย็น		45.73	(KW)
รวม		58.24	(KW)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>แนวทางการปรับปรุงที่ 3</u>

จากผลการทดลองสามารถสรุปพลังงานที่ลดลง และค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้ดังนี้

1. **พลังงานที่ลดลงจากแนวทางการปรับปรุงที่ 3**

1. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์	29,994.12 KW/yr (คิดเป็น13.89 %)
2. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น อันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์	11,156.63 KW/yr (คิดเป็น 5.17 %)
3. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น จากการเปลี่ยนรูแบบหลังคา	174,845.66 KW/yr (คิดเป็น 80.95%)
พลังงานรวมที่ลดลงได้	<u>215,996.41</u> KW/yr

2. **ค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากแนวทางการปรับปรุงที่ 3**

1. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงในส่วนแสงประดิษฐ์	80,978.71 บาท/ปี
2. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงในส่วนภาระการทำความเย็น อันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์	30,141.11 บาท/ปี
3. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงในส่วนภาระการทำความเย็น จากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคา	471,938.57 บาท/ปี
รวมค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้	<u>583,000.09</u> บาท/ปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

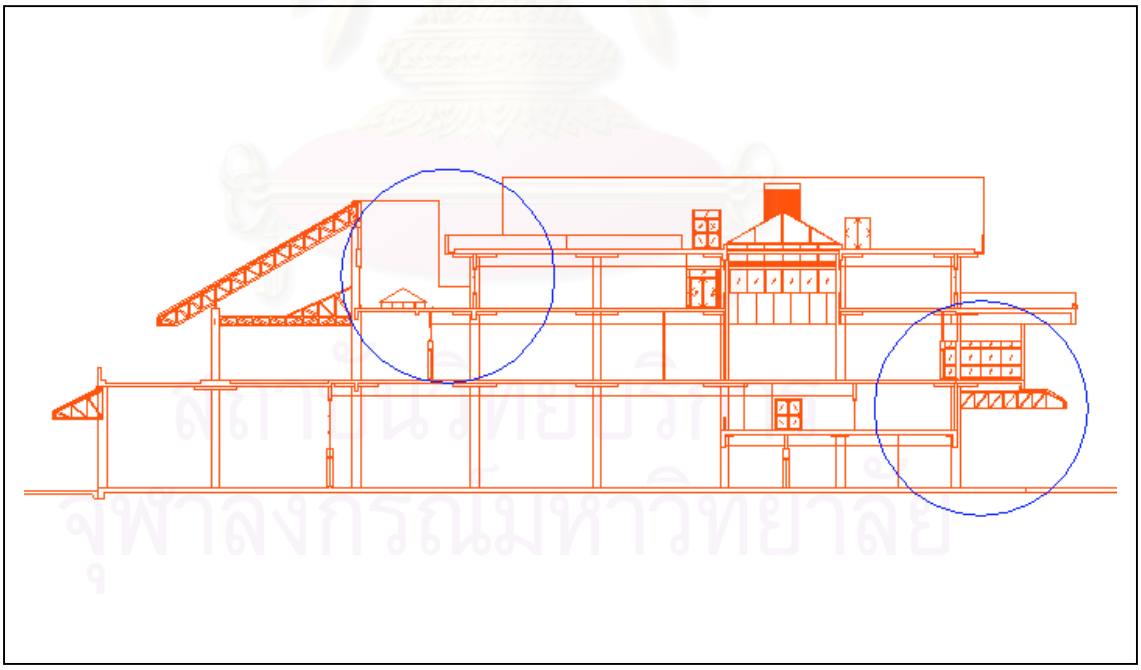
5.3 การปรับปรุงช่องแสงด้านข้างของอาคารเพื่อเพิ่มปริมาณความส่องสว่าง

ช่องแสงด้านข้างที่นำมาพิจารณาเพื่อใช้ในการปรับปรุงจะสามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้

1. ช่องแสงด้านข้างบริเวณผนังอาคารชั้นลอย ใช้สอยพื้นที่ภายในเป็นสำนักงาน ซึ่งในปัจจุบันพื้นที่สำนักงานชั้นลอยแทบจะไม่มีพื้นที่ส่วนใดที่ได้รับแสงสว่างจากภายนอกเลยเพราะเป็นผนังทึบเกือบจะทุกด้าน ยกเว้นด้านทิศตะวันออกที่จะมีหน้าต่างกระจกที่มีความสูงจากพื้น 1 เมตรไปจนถึงฝ้าเพดาน แต่ช่องเปิดที่มีอยู่จะอยู่ห่างจากผนังภายนอกมาก (รูปที่ 3.22 – 3.23) และเนื่องจากได้รับปริมาณความส่องสว่างจากภายนอกน้อยมากจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้แสงประดิษฐ์ตลอดเวลาที่จะมีการใช้งาน ซึ่งจะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานเป็นอย่างมาก

2. ช่องแสงด้านข้างบริเวณพื้นที่อาคารสำนักงานชั้น 3 เนื่องจากที่ใกล้ๆ กับบริเวณหน้าต่างทางด้านทิศตะวันออกจะมีผนังที่มีความสูงมากและจะมีแผ่นกรองแสง (slant) ขึงอยู่ด้านบนระหว่างผนังสูงและหลังคาอาคารซึ่งจะทำให้ปริมาณความส่องสว่างที่จะเข้าสู่ภายในอาคารน้อยลง จากการวัดปริมาณความส่องสว่างซึ่งเป็นพื้นที่สำนักงานที่อยู่ใกล้ช่องเปิด (ตารางที่ 3.8) จะพบว่าปริมาณความส่องสว่างที่วัดได้จะมีค่าความส่องสว่างต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (300 lux)

ดังนั้นการวิจัยนี้จึงเลือกช่องแสงด้านข้าง เป็นส่วนหนึ่งในการปรับปรุงระบบแสงสว่างภายในอาคารเพื่อลดการใช้แสงประดิษฐ์



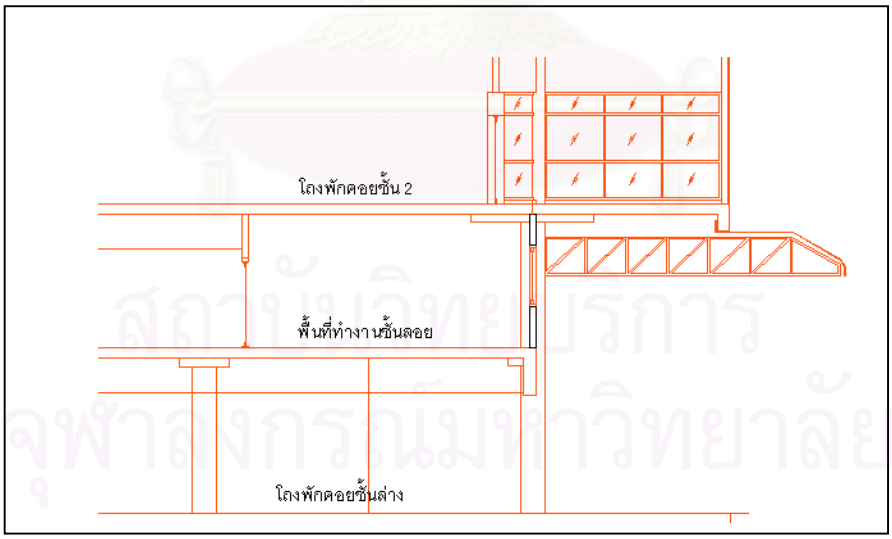
ภาพที่ 6.10 แสดงตำแหน่งช่องแสงด้านข้างที่นำมาเพื่อพิจารณาในการปรับปรุงอาคาร

5.3.1 การปรับปรุงช่องแสงด้านข้างบริเวณผนังอาคารชั้นลอยเพื่อเพิ่มปริมาณความส่องสว่าง

เป็นแนวทางในการปรับปรุงช่องแสงด้านข้างบริเวณผนังอาคารชั้นลอย โดยจะเพิ่มปริมาณความส่องสว่างให้แก่ภายในอาคารได้โดยการเจาะช่องเปิดเพิ่มเติมและช่องเปิดที่จะพิจารณาเจาะเพิ่มเติมจะยึดขนาดและรูปร่างตามขนาดช่องเปิดที่มีอยู่เดิม คือมีความสูงจากพื้น 1 เมตรและขอบบนสูงจากพื้น 2.50 เมตร

มีรายละเอียดการปรับปรุงดังนี้

1. พื้นที่ภายนอกและภายในอาคารบริเวณใกล้ช่องเปิดมีพื้นที่ใช้สอยคงเดิม
2. ตำแหน่งที่เลือกพิจารณาเจาะช่องเปิดจะอยู่ทางด้านทิศตะวันตก ซึ่งจะมีหลังคาเดิมคลุมอยู่แล้ว หลังคาที่มีอยู่เดิมจะมีความยาว 7.30 เมตร และสามารถที่จะป้องกันแสงแดดได้ตลอดทั้งวัน
3. รูปแบบที่ใช้ในการปรับปรุงช่องเปิดด้านข้างจะยึดขนาดและรูปร่างตามขนาดช่องเปิดที่มีอยู่เดิม คือมีความสูงจากพื้น 1 เมตรและขอบบนสูงจากพื้น 2.50 เมตร (รูปที่ 5.11)
4. วัสดุช่องเปิด (กระจกใส) ใช้วัสดุที่มีค่าการส่องผ่านของแสงเท่าเดิมคือ 80 เปอร์เซ็นต์
5. หาค่าความส่องสว่างภายในอาคารโดยการเทียบค่า DF ที่ได้จากการทดลอง(ตารางที่ 5.48)กับค่าความส่องสว่างภายนอก
6. เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างที่ได้รับจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร (ตารางที่ 5.49–5.50) เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงให้ผังวงจรแสงประดิษฐ์ให้สอดคล้องกับ Daylight Zone ที่ได้จากการปรับปรุง
7. เปรียบเทียบค่าปริมาณพลังงานที่สามารถลดได้อันเนื่องมาจากจากการปรับปรุงให้ผังวงจรแสงประดิษฐ์สอดคล้องกับ Daylight Zone กับปริมาณพลังงานเดิมของอาคาร

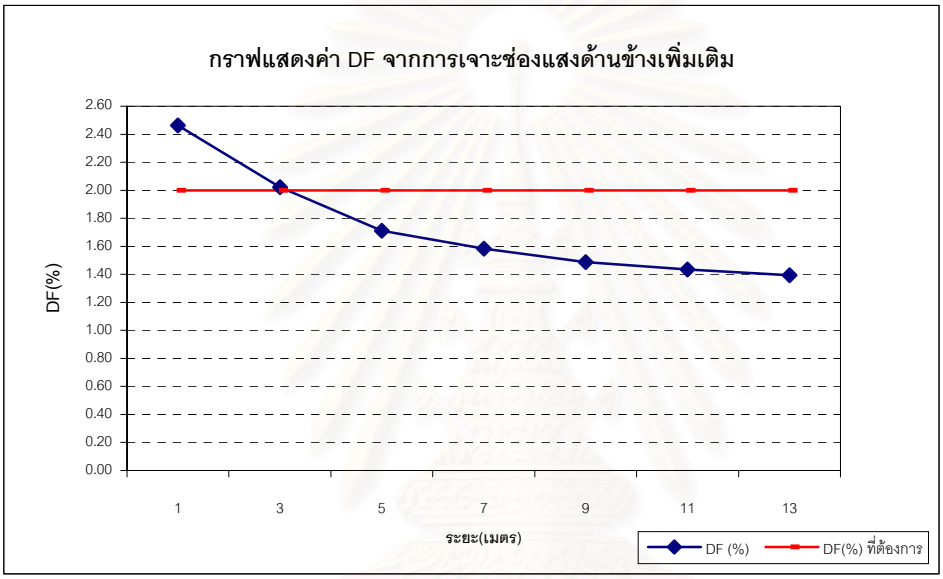


ภาพที่ 5.11 **การปรับปรุงช่องแสงด้านข้างบริเวณผนังอาคารชั้นลอยด้านทิศตะวันตก**

ตารางที่ 5.48 แสดงค่าความส่องสว่างจากการเจาะช่องแสงด้านข้างเพิ่มเติม
พิจารณาพื้นที่ทำงานชั้นลอย

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13
Ei (lux)	145.5	119.5	101.1	93.6	87.9	84.75	82.42
DF (%)	2.46	2.02	1.71	1.58	1.49	1.43	1.39
DF ที่ต้องการ	2	2	2	2	2	2	2

หมายเหตุ ค่าความสว่างภายนอก 5910 lux

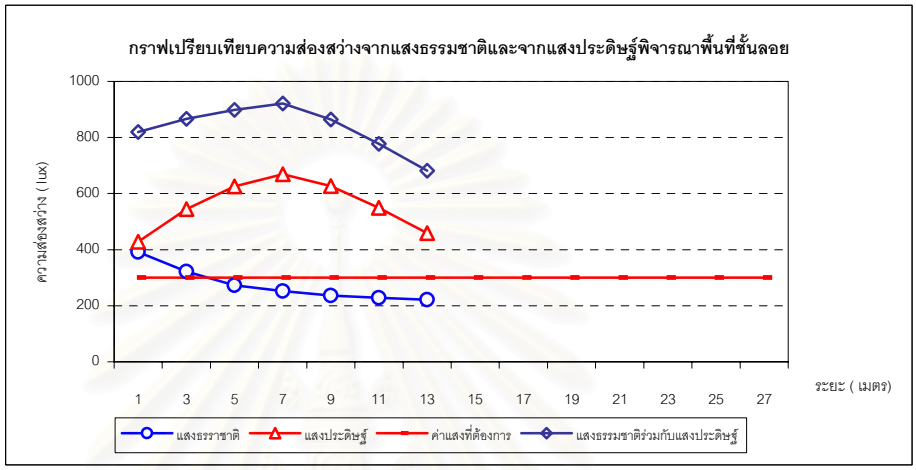


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.49 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ แนวทางการปรับปรุงที่ 1

พิจารณาพื้นที่ทำงานชั้นลอย

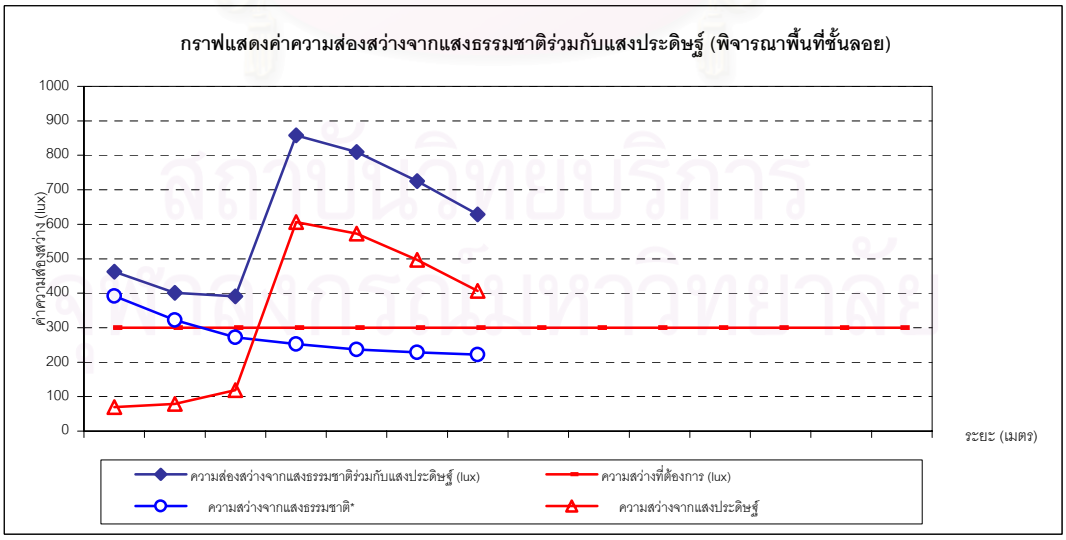
ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	392	321.9	272.3	252.1	236.8	228.3	222							
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	428	545	626	669	627	549	459							
ความสว่างที่ต้องการ	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษ	820	866.9	898.3	921.1	863.8	777.3	681							



ตารางที่ 5.50 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์

พิจารณาพื้นที่ทำงานชั้นลอย

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	392	321.9	272.3	252.1	236.8	228.3	222							
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	70	79	119	606	573	497	407							
ความสว่างที่ต้องการ	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประ	462	400.9	391.3	858.1	809.8	725.3	629							



กราฟแสดงค่าความส่องสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ในบริเวณที่ใกล้หน้าต่างเป็นจำนวน 2 แถว

หมายเหตุ ความสว่างจากแสงธรรมชาติ* คำนวณจากระดับความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยต่ำสุด ณ. เวลา 17.00 น. (15,920.47 ลักซ์)

การคำนวณภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการเจาะช่องเปิดเพิ่มที่ผนังทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่สำนักงานชั้นลอย โดยพิจารณาเฉพาะภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจาก External Load ในส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลง มีรายละเอียดดังนี้

1.การคำนวณภาระการทำความเย็นก่อนการเจาะช่องเปิด พิจารณาผนังทางด้านทิศตะวันตกของสำนักงานชั้นลอยเฉพาะพื้นที่ผนังที่จะมีการเจาะช่องเปิด

ภาระการทำความเย็นจากการนำความร้อนผ่านผนัง หาได้จาก

$$Q = U \times A \times \Delta T^{*}$$

แทนค่า $Q = 3.07 \times 119.6 \times 5$

$= 1,835.86$ วัตต์ หรือ 6,265.79 Btu/h

2.การคำนวณภาระการทำความเย็นหลังจากมีการเจาะช่องเปิด พิจารณาผนังทางด้านทิศตะวันตกของสำนักงงานชั้นลอยเฉพาะพื้นที่ผนังที่จะมีการเจาะช่องเปิดเพิ่ม โดยที่ภาระการทำความเย็นที่เพิ่มจะมาจากการนำความร้อนผ่านกระจก และ การแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ภาระการทำความเย็นอันเนื่องจากการนำความร้อนผ่านกระจก หาได้จาก

$$Q = U \times A \times \Delta T^{*}$$

แทนค่า $Q = 5.81 * 119.6 * 5$

$= 3,474.38$ วัตต์ หรือ 11,858.06 Btu/h

2.2 ภาระการทำความเย็นอันเนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนผ่านกระจก หาได้จาก

$$Q = A \times SC^{**} \times SF$$

แทนค่า $Q = 119.6 \times 0.55 \times 171.5$

$= 11,281.27$ วัตต์ หรือ 38,502.97 Btu/h

รวมภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้น 11,858.06 + 38,502.97 = 50,361.03 Btu/h

สรุป

ภาระการทำความเย็นก่อนการปรับปรุง	6,265.79 Btu/h
ภาระการทำความเย็นหลังจากที่มีการเจาะช่องเปิดเพิ่ม	50,361.03 Btu/h
ดังนั้นภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการเจาะช่องเปิดเพิ่ม	44,095.24 Btu/h

หมายเหตุ ΔT^{1*} ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างภายนอกและภายในอาคารใช้ 5^{0} ซ เนื่องจากผนังมีหลังคาคลุมทำให้ไม่ได้รับอิทธิพลจากแสงแดดตลอดทั้งวัน

$SC^{**} = SC_1 \times SC_2$ โดยที่ SC_1 คือ Shading Coefficient ของกระจก = 0.96

SC_2 คือ Shading Coefficien ของอุปกรณ์บังแดด = 0.57

เมื่อพิจารณาแนวทางในการทดลองเจาะช่องเปิดเพิ่มที่ผนังอาคารชั้นลอยทางด้านทิศตะวันตก ซึ่งจะเพิ่มปริมาณความส่องสว่างให้แก่ภายในอาคารได้และช่องเปิดที่จะพิจารณาเจาะเพิ่มเติมจะยึดขนาดและรูปร่างตามขนาดช่องเปิดที่มีอยู่เดิม คือมีความสูงจากพื้น 1 เมตรและขอบบนสูงจากพื้น 2.50 เมตร
สามารถสรุปผลการวัดแสงได้ดังนี้ได้ดังนี้

<u>จากการพิจารณาปริมาณความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ</u> (ตารางที่ 5.60) สามารถสรุปได้ว่า

พื้นที่ภายในอาคารหลังจากที่ได้มีการเจาะช่องเปิดเพิ่มจะมีความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่เพียงพอ(300 ลักซ์) เป็นระยะ 3.25 เมตร จากกึ่งกลางช่องเปิด

<u>จากการพิจารณาปริมาณความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์</u> โดยที่ข้อมูลค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ (ตารางที่ 5.61)ได้มาจากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์(Lumenmicro) สามารถสรุปได้ว่า จากการทดลองสามารถปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ได้เป็นจำนวน 2 แถวจากช่องเปิด

การพิจารณาพลังงานที่สามารถลดได้เฉพาะส่วนแสงสว่างประดิษฐ์

	จำนวนดวงโคมที่ลดลง		อัตราพลังงานที่ลดลง * (Watt/h)
	ดวงโคม ฟลูออเรสเซนต์ *	ดวงโคม Highbay *	
พื้นที่สำนักงาน ชั้นลอย	194	0	17,460
รวม			17460

หมายเหตุ อัตราพลังงานที่ลดลง *คืออัตราพลังงานแสงประดิษฐ์ที่ลดลงเนื่องจากการใช้แสงธรรมชาติเข้ามาแทน

ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ * หมายถึง ดวงโคม1 โคม จะประกอบไปด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์2 ชุด แต่ละชุดจะใช้ร่วมกับบัลลาสขดลวดที่สูญเสียความร้อน 9 วัตต์

ดวงโคม Highbay * หมายถึง ดวงโคมที่มีหลอด Metal Halide 400 วัตต์

การคำนวณพลังงานที่ลดลงจากการปรับปรุงแนวทางที่ 1 ประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ

1. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนของแสงประดิษฐ์
2. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์
3. พลังงานที่เพิ่มจากภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากช่องแสงเพิ่มขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. การพิจารณาพลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากการลดการใช้แสงประดิษฐ์ (แนวทางการเพิ่มช่องแสงด้านทางทิศตะวันตก พื้นที่สำนักงานชั้นลอย)

พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนของแสงประดิษฐ์ สามารถหาได้จากจำนวน (watt) ที่สามารถลดได้คูณกับจำนวนหลอด โดยพิจารณาแยกตามจำนวนชั่วโมงการใช้แสงประดิษฐ์ในแต่ละพื้นที่ โดยที่แยกพิจารณาในแต่ละวัน, แต่ละสัปดาห์ และเป็นจำนวน 1 ปี ที่สามารถลดอัตราพลังงานแสงประดิษฐ์ลงได้ มีรายละอียดดังนี้

พื้นที่	อัตราพลังงานที่ลดลง (Watt)	ชม.การใช้แสงประดิษฐ์ / วัน * (ชั่วโมง/วัน)			พลังงานที่ลดลงจากการลดการใช้แสงประดิษฐ์ ต่อสัปดาห์(KWh)			พลังงานที่ลดลงจากการลดการใช้แสงประดิษฐ์ ต่อปี (KWh)		
		จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์
		9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.
พื้นที่สำนักงานชั้นลอย	17,460	8	1	0	698.4	87.3	0	36316.8	4539.6	0
รวม								36316.80	4539.60	0

หมายเหตุ ชั่วโมงการใช้แสงประดิษฐ์ / วัน * มีการแบ่งเป็น 3 ช่วงเวลา เพื่อนำไปใช้ในการคิดอัตราค่าไฟ

2. การพิจารณาภาระการทำความเย็นที่ลดลงอันเนื่องมาจากความร้อนที่เกิดจากแสงประดิษฐ์

พื้นที่	อัตราพลังงานที่ลดลง (Watt)	ความร้อนที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์ (Q)* (Btu / h)	ชม.การใช้แสงประดิษฐ์ / วัน (day)			าระทำความเย็นที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์(Q)/ สัปดา (Btu / week)			าระทำความเย็นที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์(Q)/ ปี (Btu / year)			พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง** (KWh/yr)		
			จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์
			9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00น.
พื้นที่สำนักงานชั้น 2														
หลอดฟลูออเรสเซนต์	17,460	47672.784	8	1	0	1906911.36	238363.92	0	99159390.72	12394923.84	0	12714.85	1589.36	0
รวม														

หมายเหตุ 1. ความร้อนที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์* หาได้จากสมการ q = total watt * Utiliaztion * Convertion of Heat to Space

โดยที่ Total watt คือ จำนวนวัตต์ทั้งหมดของดวงไฟในพื้นที่พิจารณา Utiliaztion = 1 , Convertion of Heat to Space = 0.8

2. พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง**(KWh/yr) = ภาระการทำความเย็นที่ลดลงทั้งปี / (cop)(3413)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การพิจารณาภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากความร้อนจากช่องแสงเพิ่มขึ้น

จากผลการคำนวณภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มช่องแสงทางด้านข้าง จะพบว่ามีภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้น 44,095.24 Btu/h

พื้นที่	ภาระการทำความเย็นที่เพิ่ม* (Btu / h)	ชม.การใช้ระบบปรับอากาศ / วัน (day)			ภาระการทำความเย็นที่เพิ่ม*/ สัปดาห์ (Btu / week)			ภาระการทำความเย็นที่เพิ่ม*/ ปี (Btu / year)			พลังงานที่เพิ่มอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่เพิ่ม** (KWh/yr)		
		จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์
		9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00น.
พื้นที่ใต้หลังคาที่มีการเปลี่ยนแปลง	44,095.24	8	1	0	1763809.6	220476.2	0	91718099.2	11464762.4	0	11760.68	1470.09	0

หมายเหตุ 1. ภาระการทำความเย็นที่เพิ่ม* คือภาระการทำความเย็นที่ลดลงอันเนื่องมาจากความร้อนจากหลังคาและช่องแสงลดลง

2. พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง**(KWh/yr) = ภาระการทำความเย็นที่ลดลงทั้งปี / (cop)(3413)

สามารถสรุปอัตราพลังงานรวมที่ลดลงได้ดังนี้

วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 9.00-22.00 น.	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์	36316.80 (KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์	12714.85 (KW/yr)
	พลังงานที่เพิ่มขึ้นในส่วนภาระการทำความเย็น	11760.68 (KW/yr)
	รวมพลังงานที่สามารถลดได้	37270.97 (KW/yr)
วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 23.00-8.00 น.	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์	4539.60 (KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์	1589.36 (KW/yr)
	พลังงานที่เพิ่มขึ้นในส่วนภาระการทำความเย็น	1470.09 (KW/yr)
	รวมพลังงานที่สามารถลดได้	4658.87 (KW/yr)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. วิธีคิดค่าไฟฟ้าตามอัตราค่าไฟฟ้า ประเภทที่ 4.2 กิจการขนาดใหญ่

การคิดค่าไฟฟ้าที่สามารถลดลงได้ทั้งปีจาก แนวทางการการเพิ่มช่องแสงทางด้านทิศตะวันตก พื้นที่อาคารสำนักงานชั้นลอย

1. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

	อัตรา (บาท / KWh)	จำนวน KW ต่อปี*	รวมเงิน (บาท)
On Peak 1 (จันทร์ - เสาร์ เวลา 09.00 - 22.00 น.)	200.93	101.03	20299.15

2.พลังงานไฟฟ้า

	อัตรา (บาท / KWh)	จำนวน KWh	รวมเงิน (บาท)
On Peak 1 (จันทร์ - เสาร์ เวลา 09.00 - 22.00 น.)	1.7736	37270.97	66103.79
Off Peak 2 (จันทร์ - เสาร์ เวลา 22.00 - 09.00 น.)	0.6861	4658.87	3196.45
Off Peak 3 (อาทิตย์ เวลา 00.00 - 24.00 น.)	0.6236	0	0
			69300.24

3. ค่าไฟฟ้าตามการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft)

อัตรา (บาท / KWh)	จำนวน KWh	รวมเงิน (บาท)
0.6152	41929.84	25795.24

4. ค่าบริการ (1+2+3)	115394.64
5. ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) 7%	8077.62
6. รวมเงินค่าไฟฟ้าทีรวมภาษีมูลค่าเพิ่มแล้ว	123472.26

หมายเหตุ จำนวน KW ต่อปี* ได้จากข้อมูลจำนวน KW ที่ลดได้รายเดือนเดือน ประกอบไปด้วย

1. อัตราพลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากแสงประดิษฐ์	17.46	(KW)
2. อัตราพลังงานที่สามารถลดลงได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนแสงประดิษฐ์	2.24	(KW)
3. อัตราพลังงานที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็น	11.28	(KW)
รวม	8.42	(KW)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>แนวทางการเจาะช่องเปิดเพิ่มที่สำนักงานชั้นลอย</u>

จากผลการทดลองสามารถสรุปพลังงานที่ลดลง และค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้ดังนี้

1. พลังงานที่ลดลงจากการเจาะช่องเปิดเพิ่มที่ชั้นลอย

1. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์	40,856.4 KW/yr (คิดเป็น97.44 %)
2. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น อันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์	14,304.21 KW/yr
3. พลังงานที่เพิ่มขึ้นในส่วนภาระการทำความเย็น จากการเจาะช่องเปิดเพิ่ม	13,230.77 KW/yr
<u>สรุป</u> พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็น	1,073.44 KW/yr (คิดเป็น 2.56 %)
พลังงานรวมที่ลดลงได้	<u>41,929.84</u> KW/yr

2. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากการเจาะช่องเปิดเพิ่มที่ชั้นลอย

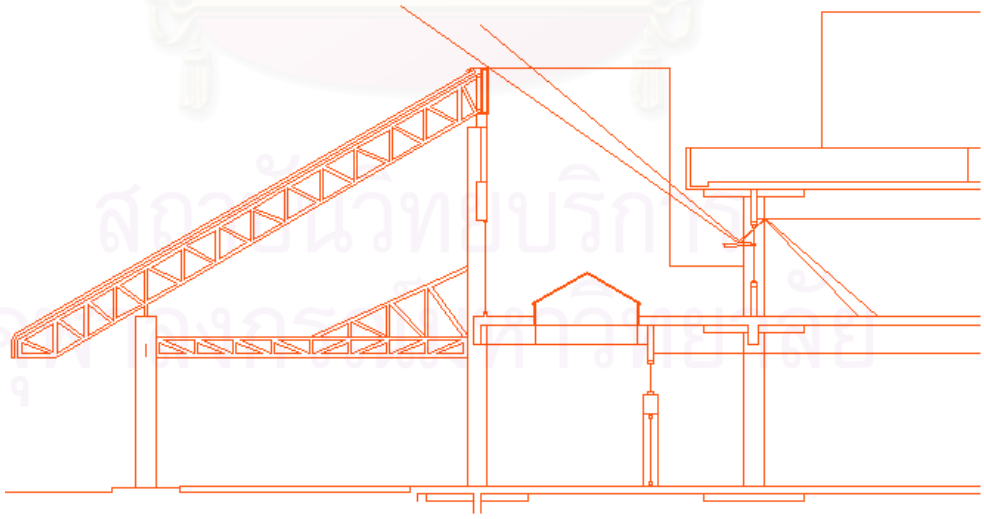
1. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงในส่วนแสงประดิษฐ์	120,311.37 บาท/ปี
2. พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็น	3,160.89 บาท/ปี
รวมค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้	<u>123,472.26</u> บาท/ปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.4.1 เพิ่มเติมหิ้งสะท้อนแสงที่สำนักงานชั้น 3 ด้านทิศตะวันออก มีค่าการสะท้อนแสง 70%และ 80%

เป็นแนวทางในการปรับปรุงช่องแสงด้านข้างบริเวณพื้นที่อาคารสำนักงานชั้น 3 บริเวณผนังทางด้านทิศตะวันออก เพื่อเพิ่มปริมาณความส่องสว่าง ทำได้โดยใช้หิ้งสะท้อนแสงติดตั้งที่บริเวณหน้าต่าง (รูปที่ 6.12) เพื่อเพิ่มปริมาณความส่องสว่างให้เข้ามาภายในอาคารได้มากขึ้น มีรายละเอียดการปรับปรุงดังนี้

1. รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงที่ใช้ในการวิจัยนี้จะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน(Horizontal Shading Devices) ที่สามารถป้องกันแสงแดดได้ตั้งแต่เวลา 8.00 น ของวันที่ 21 มิถุนายน , 21 มีนาคม และ 21 กันยายน
2. ตำแหน่งที่เลือกพิจารณาติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงจะอยู่ที่เหนือช่องเปิดทางด้านทิศตะวันออก สูงจากพื้น 2.00 เมตรกว้าง 0.70 เมตร ซึ่งจะเป็นตำแหน่งที่อยู่เหนือวงกบหน้าต่างและอยู่ใต้ช่องแสงเหนือหน้าต่าง ซึ่งจะไม่เป็นการกีดขวางทัศนียภาพจากภายในอาคารที่มองออกภายนอก
3. วัสดุที่เลือกใช้เป็นแผ่นอลูมิเนียม สีขาวมีค่าการสะท้อนแสง 70 % และมีน้ำหนักเพียง 5.5 กิโลกรัมต่อ ตารางเมตร โดยออกแบบให้หิ้งสะท้อนแสงอยู่ห่างจากผนัง 0.50 เมตร เพื่อลดการพาความร้อน(Conduction) จากตัวหิ้งสะท้อนแสงเข้าสู่ผนังอาคาร
4. หาค่าความส่องสว่างภายในอาคารโดยการเทียบค่า DF ที่ได้จากการทดลอง(ตารางที่ 5.51–5.53) กับค่าความส่องสว่างภายนอก
5. เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างที่ได้รับจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร (ตารางที่ 5.54–5.57) เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงให้ผังวงจรแสงประดิษฐ์ให้สอดคล้องกับ Daylight Zone ที่ได้จากการปรับปรุง
6. เปรียบเทียบค่าปริมาณพลังงานที่สามารถลดได้อันเนื่องมาจากจากการปรับปรุงให้ผังวงจรแสงประดิษฐ์สอดคล้องกับ Daylight Zone กับปริมาณพลังงานเดิมของอาคาร



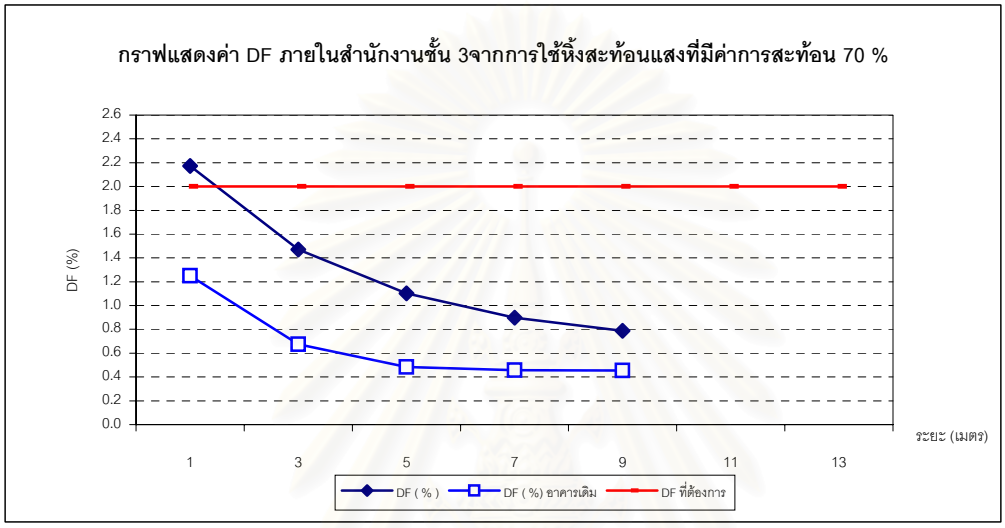
ภาพที่ 5.12 **การหิ้งสะท้อนแสงบริเวณผนังอาคารชั้น 3 ด้านทิศตะวันออก**

ตารางที่ 5.51 แสดงค่าความส่องสว่างภายในพื้นที่สำนักงานชั้น 3

พิจารณาการใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 70 %

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13
Ei	160.8	108.8	81.55	66.53	58.31		
DF(%)	2.17	1.47	1.10	0.90	0.79		
DF.อาคารเดิม	1.25	0.675	0.485	0.458	0.455		
DF.ที่ต้องการ	2	2	2	2	2	2	2

หมายเหตุ ค่าความสว่างภายนอก 7400 lux

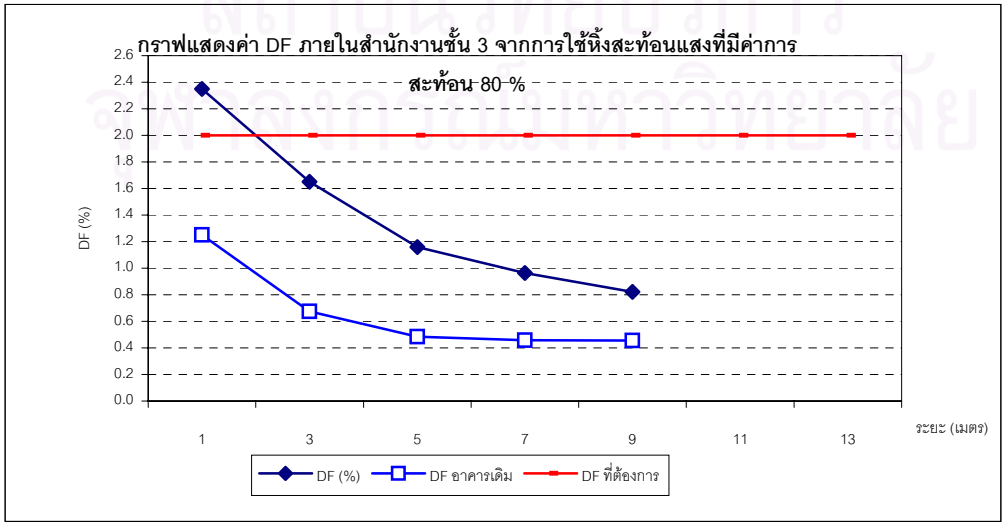


ตารางที่ 5.52 แสดงค่าความส่องสว่างภายในพื้นที่สำนักงานชั้น 3

พิจารณาการใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 80 %

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13
Ei	173.8	122.1	85.8	71.3	60.8		
DF(%)	2.35	1.65	1.16	0.96	0.82		
DF.อาคารเดิม	1.25	0.68	0.49	0.46	0.46		
DF.ที่ต้องการ	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00

หมายเหตุ ค่าความสว่างภายนอก 7400 lux



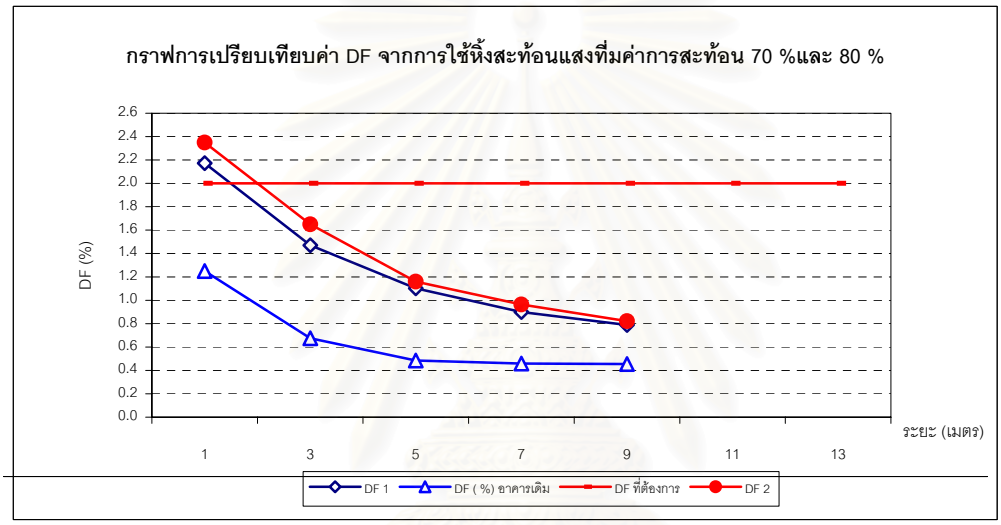
ตารางที่ 5.53 เปรียบเทียบค่า DF ของแสงภายในอาคารจากการใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 70 % และ 80 %

พิจารณาการใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 70 %

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13
DF 1	2.174	1.47	1.102	0.899	0.788		
DF 2	2.349	1.65	1.16	0.964	0.822		
DF.อาคารเดิม	1.25	0.675	0.485	0.458	0.455		
DF.ที่ต้องการ	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

DF 1 คือ DF จากหิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 70%

DF 2 คือ DF จากหิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 80%

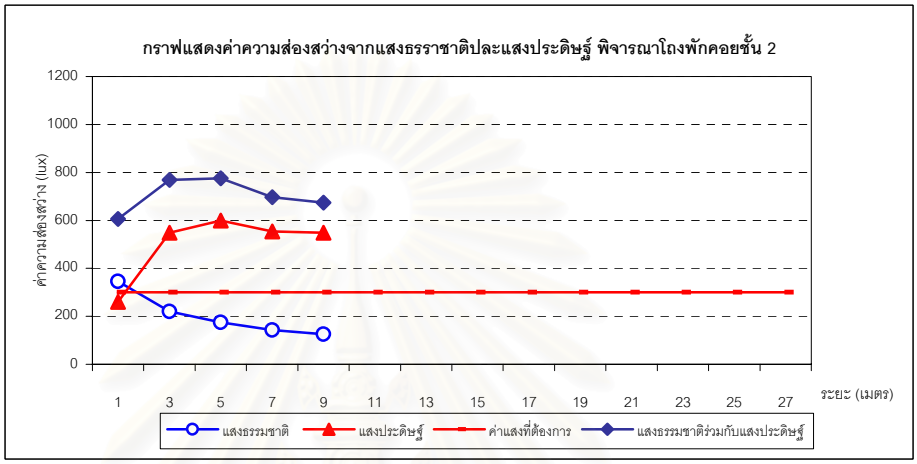


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.54 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติโดยการใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 70 %

พิจารณาพื้นที่อาคารสำนักงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 5)

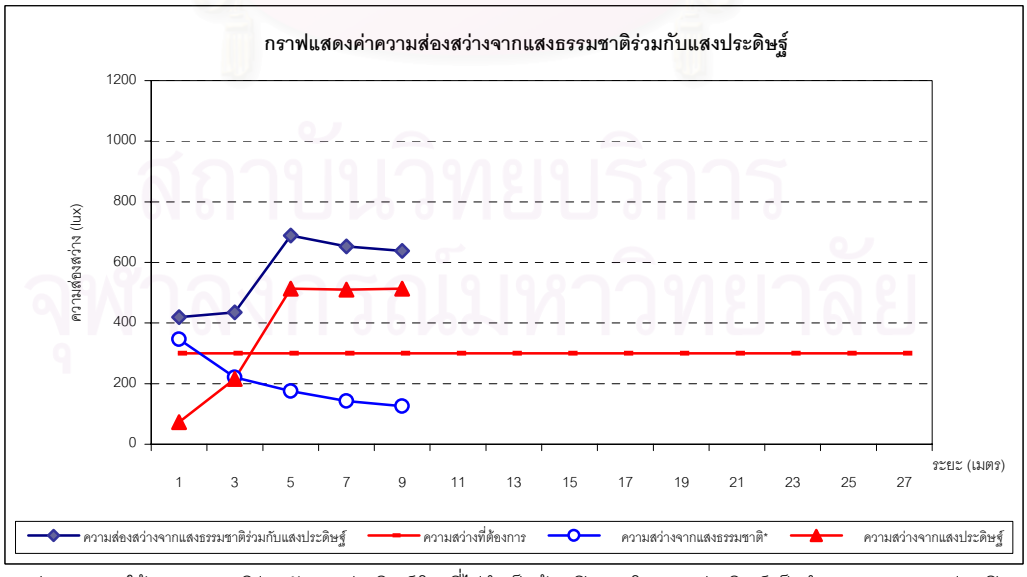
ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	346.1	220.3	175.4	143.1	125.5									
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	260	549	600	554	549									
ความสว่างที่ต้องการ	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิ	606	769	775	697	674									



ตารางที่ 5.55 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1)

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	346.1	220.3	175.4	143.1	125.5									
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	73	215	513	510	513									
ความสว่างที่ต้องการ	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประ	419.1	435.3	688.4	653.1	638.5									



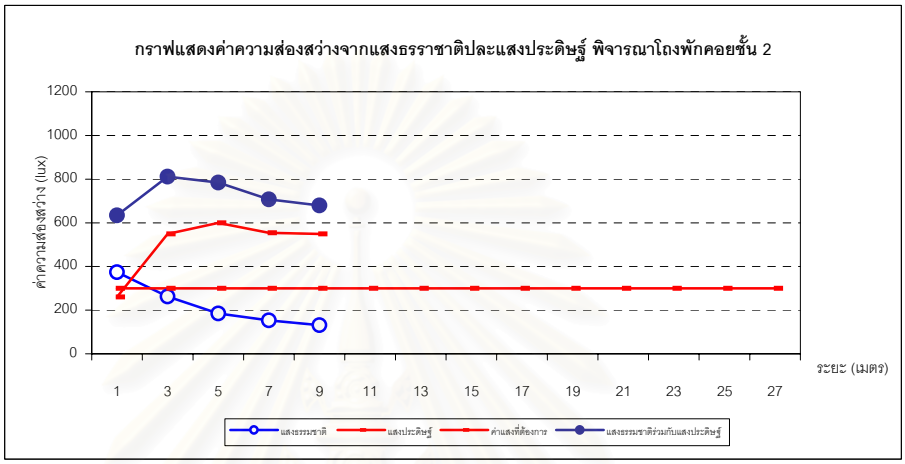
กราฟแสดงค่าความส่องสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ เป็นจำนวน 1 แถวจากช่องเปิด

หมายเหตุ ความสว่างจากแสงธรรมชาติ* คำนวณจากระดับความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยต่ำสุด ณ. เวลา 17.00 น. (15,920.47 ลักซ์)

ตารางที่ 5.56 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติโดยการใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 80 %

พิจารณาพื้นที่อาคารสำนักงานชั้น 3 (แนวการวัดที่ 5)

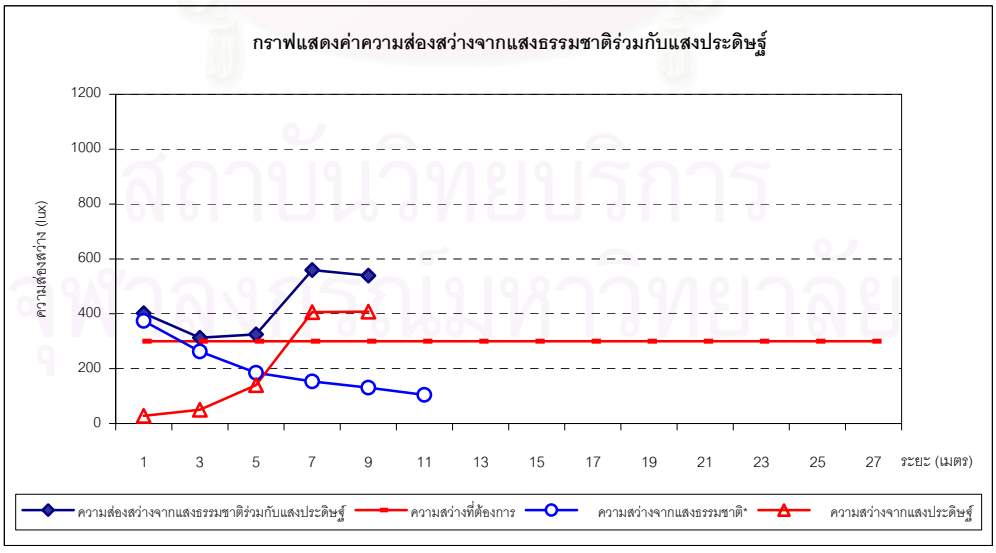
ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	374.0	262.7	184.7	153.5	130.9									
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	260	549	600	554	549									
ความสว่างที่ต้องการ	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประดิ	634	812	785	707.5	679.9									



ตารางที่ 5.57 แสดงค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์

พิจารณาพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 (แนวการวัดที่ 1)

ระยะ(เมตร)	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27
ความสว่างจากแสงธรรมชาติ*	374.0	262.7	184.7	153.5	130.9	104.6								
ความสว่างจากแสงประดิษฐ์	28	50	140	406	408									
ความสว่างที่ต้องการ	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
ความสว่างจากแสงธรรมชาติและจากแสงประ	402.0	312.7	324.7	559.5	538.9									



กราฟแสดงค่าความส่องสว่างจากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ โดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดดวงโคมแสงประดิษฐ์ เป็นจำนวน 2 แถวจากช่องเปิด

หมายเหตุ ความสว่างจากแสงธรรมชาติ* คำนวณจากระดับความส่องสว่างภายนอกเฉลี่ยต่ำสุด ณ. เวลา 17.00 น. (15,920.47 ลักซ์)

การคำนวณภาระการทำความเย็นที่เปลี่ยนแปลงจากแนวทางการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์บังแดดที่ผนังทางด้านทิศตะวันออกของสำนักงานชั้น 3 โดยพิจารณาเฉพาะภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจาก External Load ในส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลง มีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

1.การคำนวณภาระการทำความเย็นก่อนการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง พิจารณาเฉพาะพื้นที่ช่องแสงที่จะมีการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง โดยภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจะพิจารณาเฉพาะการแผ่รังสีความร้อนผ่านช่องแสง มีรายละเอียดดังนี้

ภาระการทำความเย็นจากการแผ่รังสีความร้อนผ่านช่องแสง หาได้จาก $Q = A \times SC^{*} \times SF$

แทนค่า ช่องแสงทางด้านทิศเหนือ $Q = 67.2 \times 0.96 \times 179 = 11,547.65$ วัตต์ หรือ 39,412.12 Btu/h

หมายเหตุ $SC^{*} = SC_1 \times SC_2$ โดยที่ SC_1 คือ Shading Coefficient ของกระจก มีค่า 0.96

SC_2 คือ 1.00 เนื่องจากไม่มีอุปกรณ์กันแดด

2.การคำนวณภาระการทำความเย็นเมื่อติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง พิจารณาเฉพาะพื้นที่ช่องแสงที่จะมีการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง โดยภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจะพิจารณาเฉพาะการแผ่รังสีความร้อนผ่านช่องแสง มีรายละเอียดดังนี้

ภาระการทำความเย็นจากแผ่รังสีความร้อนผ่านช่องแสง หาได้จาก $Q = A \times SC^{**} \times SF$

แทนค่า ช่องแสงทางด้านทิศเหนือ $Q = 67.2 \times 0.709 \times 179 = 8,528.42$ วัตต์ หรือ 29,107.49 Btu/h

หมายเหตุ $SC^{**} = SC_1 \times SC_2$ โดยที่ SC_1 คือ Shading Coefficient ของกระจก มีค่า 0.96

SC_2 คือ Shading Coefficient ของอุปกรณ์บังแดด มีค่า 0.739

สรุป

ภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นก่อนการปรับปรุง	11,547.65 วัตต์ หรือ 39,412.12 Btu/h
ภาระการทำความเย็นที่เกิดขึ้นเมื่อเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง	8,528.42 วัตต์ หรือ 29,107.49 Btu/h
การเพิ่มหิ้งสะท้อนแสงสามารถลดภาระการทำความเย็นลงได้	3,019.23 วัตต์ หรือ 10,304.63 Btu/h

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อพิจารณาค่าความส่องสว่างที่ได้จากการทดลองเพิ่มหิ้งสะท้อนแสงที่ชั้น 3 มีค่าการสะท้อน 70% และ 80 % เป็นแนวทางในการเพิ่มปริมาณความส่องสว่างจากช่องแสงด้านข้าง บริเวณผนังทางด้านทิศตะวันออกของ พื้นที่อาคารสำนักงานชั้น 3 ทำได้โดยใช้หิ้งสะท้อนแสงติดตั้งที่บริเวณเหนือวงกบหน้าต่างและใต้ช่องแสงด้านบน สามารถสรุปผลการวัดแสงได้ดังนี้ได้ดังนี้

<u>จากการพิจารณาปริมาณความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ</u> (ตารางที่ 5.69 - 5.71)

หิ้งสะท้อนแสง 70 % มีความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่เพียงพอเป็นระยะ 2.25 เมตร จากช่องเปิด

หิ้งสะท้อนแสง 80 % มีความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่เพียงพอเป็นระยะ 3.00 เมตร จากช่องเปิด

<u>จากการพิจารณาปริมาณความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์</u>

โดยที่ข้อมูลค่าความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ (ตารางที่ 5.72 – 5.75) ได้มาจากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์(Lumenmicro) (ภาคผนวก จ) สามารถสรุปได้ว่า

หิ้งสะท้อนแสง 70% สามารถลดจำนวนดวงโคมแสงประดิษฐ์ได้ 1 แถว จากช่องเปิด

หิ้งสะท้อนแสง 80% สามารถลดจำนวนดวงโคมแสงประดิษฐ์ได้ 2 แถว จากช่องเปิด

การพิจารณาพลังงานที่สามารถลดได้เฉพาะส่วนแสงสว่างประดิษฐ์

	จำนวนดวงโคมที่ลดลง		อัตราพลังงานที่ลดลง * (Watt/h)
	ดวงโคม ฟลูออเรสเซนต์ *	ดวงโคม Highbay*	
พื้นที่สำนักงานชั้น 3 (หิ้งสะท้อนแสง 70%)	28	0	2,520
พื้นที่สำนักงานชั้น 3 (หิ้งสะท้อนแสง 80%)	56	0	5,040

หมายเหตุ อัตราพลังงานที่ลดลง *คืออัตราพลังงานแสงประดิษฐ์ที่ลดลงเนื่องจากการใช้แสงธรรมชาติเข้ามาแทน

ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ * หมายถึง ดวงโคม1 โคม จะประกอบไปด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์2 ชุด แต่ละชุดจะใช้ร่วมกับบัลลาสขดลวดที่สูญเสียความร้อน 9 วัตต์

ดวงโคม Highbay * หมายถึง ดวงโคมที่มีหลอด Metal Halide 400 วัตต์

การคำนวณพลังงานที่ลดลงจากการปรับปรุงแนวทางที่ 1 ประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ

1. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนของแสงประดิษฐ์
2. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์

1. การพิจารณาพลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากการลดการใช้แสงประดิษฐ์ (แนวทางการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงที่สำนักงานชั้น 3)

พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนของแสงประดิษฐ์ สามารถหาได้จากจำนวน (watt) ที่สามารถลดได้คูณกับจำนวนหลอด โดยพิจารณาแยกตามจำนวนชั่วโมงการใช้แสงประดิษฐ์ในแต่ละพื้นที่ โดยที่แยกพิจารณาในแต่ละวัน, แต่ละสัปดาห์ และเป็นจำนวน 1 ปี ที่สามารถลดอัตราพลังงานแสงประดิษฐ์ลงได้ มีรายละอียดดังนี้

พื้นที่	อัตราพลังงานที่ลดลง (Watt)	ชม.การใช้แสงประดิษฐ์ / วัน * (ชั่วโมง/วัน)			พลังงานที่ลดลงจากการลดการใช้แสงประดิษฐ์ ต่อสัปดาห์(KWh)			พลังงานที่ลดลงจากการลดการใช้แสงประดิษฐ์ ต่อปี (KWh)		
		จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์
		9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.
สำนักงานชั้น3 (หิ้งสะท้อนแสง 70%)	2,520	8	1	0	100.8	12.6	0	5241.6	655.2	0
สำนักงานชั้น3 (หิ้งสะท้อนแสง 80%)	5,040	8	1	0	201.6	25.2	0	10483.2	1310.4	0

หมายเหตุ ชัวโมงการใช้แสงประดิษฐ์ / วัน * มีการแบ่งเป็น 3 ช่วงเวลา เพื่อนำไปใช้ในการคิดอัตราค่าไฟ

2. การพิจารณาภาระการทำความเย็นที่ลดลงอันเนื่องมาจากความร้อนที่เกิดจากแสงประดิษฐ์

พื้นที่	อัตราพลังงานที่ลดลง (Watt)	ความร้อนที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์ (Q)* (Btu / h)	ชม.การใช้แสงประดิษฐ์ / วัน (day)			ระทำความเย็นที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์(Q)/ สัปด (Btu / week)			ภาระทำความเย็นที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์(Q)/ ปี (Btu / year)			พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง** (KWh/yr)		
			จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์
			9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00น.
พื้นที่สำนักงานชั้น 3 หิ้งสะท้อนแสงมีค่าการสะท้อน 70%	2,520	6880.608	8	1	0	275224.32	34403.04	0	14311664.64	1788958.08	0	1835.13	229.39	0
พื้นที่สำนักงานชั้น 3 หิ้งสะท้อนแสงมีค่าการสะท้อน 80%	5,040	13761.216	8	1	0	550448.64	68806.08	0	28623329.28	3577916.16	0	3670.27	458.78	0
รวม														

หมายเหตุ 1. ความร้อนที่ลดลงจากแสงประดิษฐ์* หาได้จากสมการ q = total watt * Utiliaztion * Convertion of Heat to Space

โดยที่ Total watt คือ จำนวนวัตต์ทั้งหมดของดวงไฟในพื้นที่พิจารณา Utiliaztion = 1 , Convertion of Heat to Space = 0.8

2. พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง**(KWh/yr) = ภาระการทำความเย็นที่ลดลงทั้งปี / (cop)(3413)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การพิจารณาภาระการทำความเย็นที่ลดลงอันเนื่องมาจากการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง

จากผลการคำนวณภาระการทำความเย็นที่เปลี่ยนแปลงจากการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง (ซึ่งจะเป็นอุปกรณ์บังแดด) พบว่ามีภาระการทำความเย็นที่ลดลง 10,304.63 Btu/h

พื้นที่	ภาระการทำความเย็นที่ลด* (Btu / h)	ชม.การใช้ระบบปรับอากาศ / วัน (day)			ภาระการทำความเย็นที่ลดลง*/ สัปดาห์ (Btu / week)			ภาระการทำความเย็นที่ลดลง*/ ปี (Btu / year)			พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง** (KWh/yr)		
		จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์	จันทร์ - เสาร์		อาทิตย์
		9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00 น.	9.00-22.00 น.	22.00-9.00 น.	0.00-24.00น.
ผนังที่มีการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง	10304.63	8	1	0	412185.20	51523.15	0	21433630.4	2679203.80	0	2748.36	343.54	0

หมายเหตุ 1. ภาระการทำความเย็นที่ลด* คือภาระการทำความเย็นที่ลดลงอันเนื่องมาจากการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสงซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์บังแดด

2. พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง**(KWh/yr) = ภาระการทำความเย็นที่ลดลงทั้งปี / (cop)(3413)

สามารถสรุปพลังงานรวมที่ลดลงได้ดังนี้

1. การเพิ่มปริมาณความส่องสว่างภายในพื้นที่ทำงานชั้น 3 จากการใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 70 %

วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 9.00-22.00 น.	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์	5241.60	(KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์	1835.13	(KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น	2748.36	(KW/yr)
	รวม	9825.09	(KW/yr)
วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 23.00-8.00 น.	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์	655.20	(KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์	229.39	(KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น	343.54	(KW/yr)
	รวม	1228.14	(KW/yr)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การเพิ่มปริมาณความส่องสว่างภายในพื้นที่ทำงานชั้น 3 จากการใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 80 %

วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 9.00-22.00 น.	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์	10483.20 (KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์	3670.27 (KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น	2748.36 (KW/yr)
	รวม	16901.82 (KW/yr)
วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 23.00-8.00 น.	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์	1310.40 (KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์	458.78 (KW/yr)
	พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น	343.54 (KW/yr)
	รวม	2112.73 (KW/yr)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1 วิธีคิดค่าไฟฟ้าตามอัตราค่าไฟฟ้า ประเภทที่ 4.2 กิจการขนาดใหญ่

การคิดค่าไฟฟ้าที่สามารถลดลงได้ทั้งปีจากการใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 70 %

1. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

	อัตรา (บาท / KWh)	จำนวน KW ต่อปี*	รวมเงิน (บาท)
On Peak 1 (จันทร์ - เสาร์ เวลา 09.00 - 22.00 น.)	200.93	70.24	14112.83

2.พลังงานไฟฟ้า

	อัตรา (บาท / KWh)	จำนวน KWh	รวมเงิน (บาท)
On Peak 1 (จันทร์ - เสาร์ เวลา 09.00 - 22.00 น.)	1.7736	9825.09	17425.78
Off Peak 2 (จันทร์ - เสาร์ เวลา 22.00 - 09.00 น.)	0.6861	1228.14	842.62
Off Peak 3 (อาทิตย์ เวลา 00.00 - 24.00 น.)	0.6236	0.00	0.00
			18268.41

3. ค่าไฟฟ้าตามการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft)

อัตรา (บาท / KWh)	จำนวน KWh	รวมเงิน (บาท)
0.6152	11053.23	6799.95

4. ค่าบริการ (1+2+3)	39181.19
5. ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) 7%	2742.68
6. รวมเงินค่าไฟฟ้าทีรวมภาษีมูลค่าเพิ่มแล้ว	41923.87

หมายเหตุ จำนวน KW ต่อปี* ได้จากข้อมูลจำนวน KW ทีใช้ต่อเดือน ประกอบด้วย

1. อัตราพลังงานทีลดลงอันเนืองมาจากแสงประดิษฐ์	2.52	(KW)
2. อัตราพลังงานทีสามารถลดลงได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนืองมาจากความร้อนแสงประดิษฐ์	0.32	(KW)
3. อัตราพลังงานทีลดลงอันเนืองมาจากภาระการทำความเย็น	3.01	(KW)
รวม	5.85	(KW)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 วิธีคิดค่าไฟฟ้าตามอัตราค่าไฟฟ้า ประเภทที่ 4.2 กิจการขนาดใหญ่

การคิดค่าไฟฟ้าที่สามารถลดลงได้ทั้งปีจากการใช้หิ่งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 80 %

1. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

	อัตรา (บาท / KWh)	จำนวน KW ต่อปี*	รวมเงิน (บาท)
On Peak 1 (จันทร์ - เสาร์ เวลา 09.00 - 22.00 น.)	200.93	104.36	20968.08

2.พลังงานไฟฟ้า

	อัตรา (บาท / KWh)	จำนวน KWh	รวมเงิน (บาท)
On Peak 1 (จันทร์ - เสาร์ เวลา 09.00 - 22.00 น.)	1.7736	16901.82	29977.08
Off Peak 2 (จันทร์ - เสาร์ เวลา 22.00 - 09.00 น.)	0.6861	2112.73	1449.54
Off Peak 3 (อาทิตย์ เวลา 00.00 - 24.00 น.)	0.6236	0.00	0.00
			31426.62

3. ค่าไฟฟ้าตามการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft)

อัตรา (บาท / KWh)	จำนวน KWh	รวมเงิน (บาท)
0.6152	19014.55	11697.75

4. ค่าบริการ (1+2+3)	64092.45
5. ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) 7%	4486.47
6. รวมเงินค่าไฟฟ้าที่รวมภาษีมูลค่าเพิ่มแล้ว	68578.92

หมายเหตุ จำนวน KW ต่อปี* ได้จากข้อมูลจำนวน KW ที่ใช้ต่อเดือน ประกอบด้วย

1. อัตราพลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากแสงประดิษฐ์	5.04	(KW)
2. อัตราพลังงานที่สามารถลดลงได้ในส่วนภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนแสงประดิษฐ์	0.646	(KW)
3. อัตราพลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็น	3.01	(KW)
รวม	8.696	(KW)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>แนวทางเพิ่มหิ้งสะท้อนแสงที่สำนักงานชั้น 3</u> (ค่าการสะท้อนแสง 70 %)

จากผลการทดลองสามารถสรุปพลังงานที่ลดลง และค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้ดังนี้

1. พลังงานที่ลดลงจากการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง

1. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์ 5,896.8 KW/yr (คิดเป็น 53.35 %)
2. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น
   อันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ 2,064.52 KW/yr (คิดเป็น 18.68 %)
3. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น
   จากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคา 3,091.90 KW/yr (คิดเป็น 27.97 %)

พลังงานรวมที่ลดลงได้ <u>11,053.23</u> KW/yr

2. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง

1. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงในส่วนแสงประดิษฐ์ 22,366.38 บาท/ปี
2. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงในส่วนภาระการทำความเย็น
   อันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์ 7,831.38 บาท/ปี
3. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงในส่วนภาระการทำความเย็น
   จากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคา 11,726.11 บาท/ปี

รวมค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้ <u>41,923.87</u> บาท/ปี

<u>แนวทางเพิ่มหิ้งสะท้อนแสงที่สำนักงานชั้น 3</u> (ค่าการสะท้อนแสง 80 %)

จากผลการทดลองสามารถสรุปพลังงานที่ลดลง และค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้ดังนี้

1. พลังงานที่ลดลงจากการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง

1. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนแสงประดิษฐ์ 11,793.6 KW/yr (คิดเป็น 62.02 %)
2. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น
   อันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ 4,129.05 KW/yr (คิดเป็น 21.72 %)
3. พลังงานที่สามารถลดได้ในส่วนภาระการทำความเย็น
   จากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคา 3,091.90 KW/yr (คิดเป็น 16.26 %)

พลังงานรวมที่ลดลงได้ <u>19,014.55</u> KW/yr

2. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง

1. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงในส่วนแสงประดิษฐ์ 42,532.65 บาท/ปี
2. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงในส่วนภาระการทำความเย็น
   อันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์ 14,895.34 บาท/ปี
3. ค่าไฟฟ้าที่ลดลงในส่วนภาระการทำความเย็น
   จากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคา 11,150.93 บาท/ปี

รวมค่าไฟฟ้าที่ลดลงได้ <u>68,578.92</u> บาท/ปี

5.9 การวิเคราะห์ทางการเงิน

การวิเคราะห์ทางการเงิน (Financial Analysis) ของการปรับปรุงแต่ละแนวทางเลือกอาศัยการพิจารณาจุดคุ้มทุน และระยะเวลาผลการตอบแทนในการลงทุน (Payback Period) ตามข้อมูลค่าใช้จ่ายสะสมของแต่ละแนวทางที่สามารถลดได้ เพื่อพิจารณาแนวทางเลือกที่เหมาะสม ซึ่งมูลค่าใช้จ่ายสะสมที่สามารถลดได้สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วยอัตราค่าไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์และการลดภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบช่องเปิด โดยอาศัยการคำนวณตามหน่วยของพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์ / ชั่วโมง) ที่ได้จากทางเลือกแต่ละแนวทาง โดยมีเกณฑ์ดังนี้

5.9.1 ราคาค่าก่อสร้างและอุปกรณ์ที่ใช้ในการปรับปรุง ใช้ตามเอกสารราคากลางของสำนักกำกับ และอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานกระทรวงวิทยาศาสตร์ และราคากลางของโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ตามข้อมูลของบริษัท อินติเกรต คอนสตรัคชั่น เซอร์วิส

5.9.2 อายุการใช้งานของอุปกรณ์ (Life Cycle) ใช้เกณฑ์ที่ 10 ปี

5.9.3 อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (ค่าไฟ) ใช้ตามข้อมูลของการไฟฟ้านครหลวง ปี 2543 โดยคิดอัตราค่าไฟฟ้าตามอาคารประเภทที่ 4.2 (อาคารขนาดใหญ่) อัตราตามช่วงเวลาของการใช้(Time of Use Rate: TOU Rate) อัตราค่าพลังงานไฟฟ้ามีวิธีคิดดังนี้

1. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า อัตรา 200.93 บาท/KWh
2. ค่าพลังงานไฟฟ้า

   On peak 1. (ช่วงเวลา 09.00-22.00น. วันจันทร์-เสาร์ อัตรา 1.7736 บาท/KWh

   On peak 2. (ช่วงเวลา 22.00-09.00 น. วันจันทร์-เสาร์ อัตรา 0.6861 บาท/KWh

   On peak 3. (ช่วงเวลา 00.00-24.00 น. วันอาทิตย์ อัตรา 0.6236 บาท/KWh
3. ค่าไฟฟ้าตามการปรับอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติ (Ft) อัตรา 0.6152 บาท/KWh

   ข้อมูลจากการไฟฟ้านครหลวงสำนักงานเขตบางเขน ณ. วันที่ 25 สิงหาคม 2543

5.9.4 อัตราดอกเบี้ย (Discount Rate) พิจารณาตามอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ MOR ของธนาคารไทยพาณิชย์ สำนักงานใหญ่ ณ. วันที่ 25 สิงหาคม พ.ศ. 2543 อัตรา 8.75%

5.9.5 อัตราเงินเฟ้อ (Inflation Rate) ใช้อัตราค่าเงินเฟ้อเฉลี่ย 7 เดือนแรกของปี 2543 มีอัตรา 1.3% ตามข้อมูล ศูนย์วิจัยธนาคารไทยพาณิชย์ ณ. วันที่ 25 สิงหาคม 2543

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.10 การศึกษาในด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

วิธีการศึกษาในเชิงเศรษฐ์ศาสตร์เบื้องต้นเพื่อศึกษาถึงความคุ้มค่าของการลงทุนใดๆ ได้แก่การศึกษาระยะเวลาคืนทุน (Discount payback period) และการพิจารณามูลค่าสะสมของอาคาร โดยมีสมการในการคำนวณดังนี้

การศึกษาระยะเวลาคืนทุน

เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการลงทุนเพื่อทำการปรับปรุงอาคารใดๆ เปรียบเทียบกับผลในการลดค่าใช้จ่ายรายปี ในแต่ละปีว่าจะสามารถคุ้มค่าการลงทุนในปีที่เท่าไรหลังจากเริ่มลงทุนในปีแรก โดยทั้งนี้จะพิจารณาถึงค่าอัตราดอกเบี้ยและอัตราเงินเฟ้อที่คาดว่าจะเกิดในปีต่อๆไป มีสมการในการคำนวณดังนี้

$$\frac{\ln\left[\frac{(r-d)}{c}+1\right]}{\frac{A}{\ln(1+r)}}\cdot\frac{}{(1+r)}$$

เมื่อ A คือ ค่าใช้จ่ายที่ลดลงรายปี

c คือ ค่าเงินที่ลงทุน

d คือ อัตราดอกเบี้ยที่พิจารณา

r คือ อัตราเงินเฟ้อ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.58 แนวทางในการปรับปรุงส่วนช่องแสงด้านบนบริเวณพื้นที่โถงพักคอยชั้น 2

แนวทางในการปรับปรุงส่วนช่องแสงด้านบน		แนวทางที่ 1	แนวทางที่ 2	แนวทางที่ 3
ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง	บาท	640,161.47	673,531.83	719,766.26
รวมภาระค่าไฟฟ้าที่ลดลง	บาท/ปี	574,934.59	595,695.87	583,000.09
NPV (ระยะเวลา 10 ปี)	บาท	3,972,770.0	4,116,229.5	4,028,502.2
ระยะเวลาคืนทุน	ปี	1.22	1.24	1.36

ตารางที่ 5.59 แนวทางในการปรับปรุงส่วนช่องแสงด้านข้างบริเวณพื้นที่สำนักงานชั้นลอย

แนวทางในการเพิ่มช่องแสงทางด้านข้าง		แนวทางแก้
ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง	บาท	437,202.00
รวมภาระค่าไฟฟ้าที่ลดลง	บาท/ปี	123,472.26
NPV (ระยะเวลา 10 ปี)	บาท	853,187.31
ระยะเวลาคืนทุน	ปี	4.32

ตารางที่ 5.60 การเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง (ค่าการสะท้อน 70 % และ 80 %) ช่วยในการนำแสงธรรมชาติ (พื้นที่ทำงานชั้น 3)

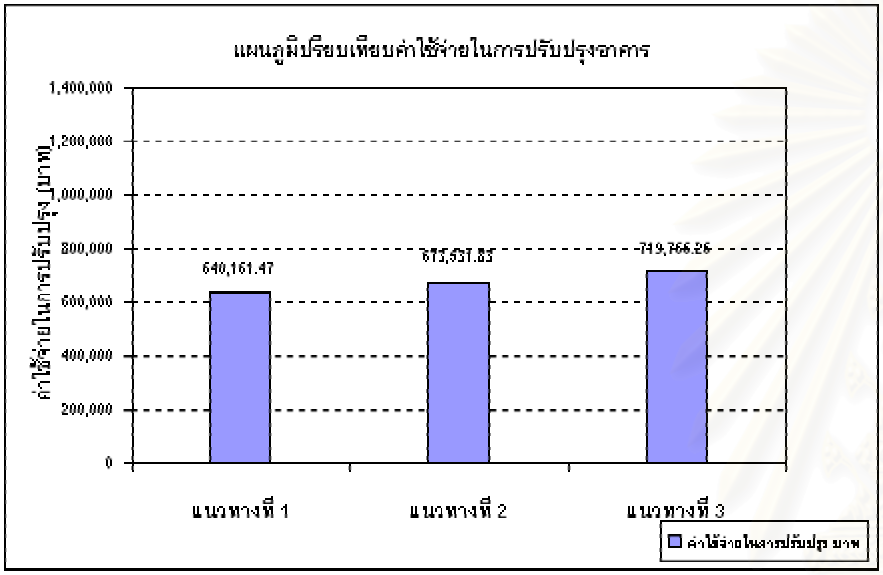
แนวทางในการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง		ค่าการสะท้อน 70%	ค่าการสะท้อน 80%
ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง	บาท	176,293.20	178,861.20
รวมภาระค่าไฟฟ้าที่ลดลง	บาท/ปี	41,923.87	68,578.92
NPV (ระยะเวลา 10 ปี)	บาท	289,691.90	473,877.00
ระยะเวลาคืนทุน	ปี	5.30	3.04

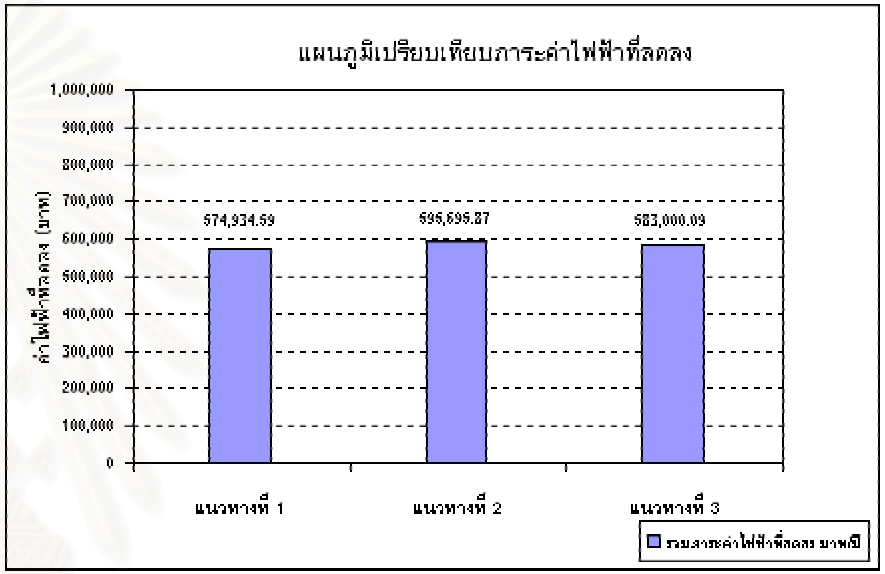
ตารางที่ 5.61 แนวทางในการปรับปรุงส่วนช่องแสงด้านบนแนวทางที่ 4 ร่วมกับการเพิ่มช่องแสงด้านข้างที่ชั้นลอย และมีการใช้หิ้งสะท้อนแสงค่าการสะท้อน 80 % ที่สำนักงานชั้น 3

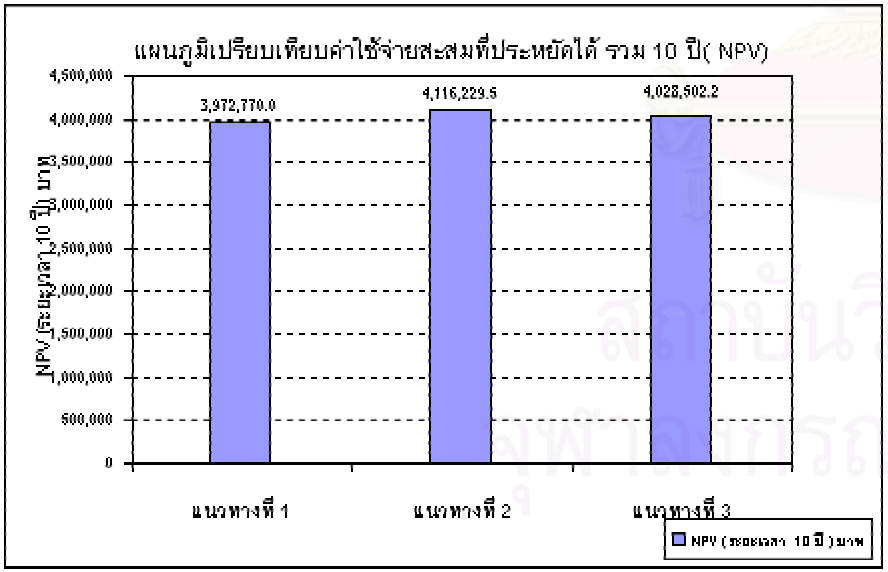
แนวทางในการิพ่มช่องแสงทางด้านข้าง		แนวทางแก้
ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง	บาท	1,289,595.0
รวมภาระค่าไฟฟ้าที่ลดลง	บาท/ปี	787,747.05
NPV (ระยะเวลา 10 ปี)	บาท	5,443,293.77
ระยะเวลาคืนทุน	ปี	1.83

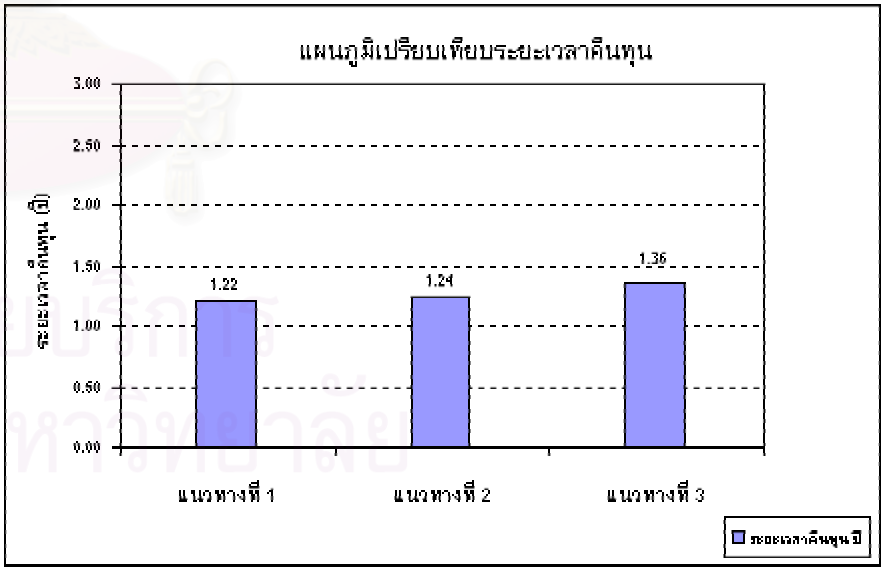
ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง (ดูจากภาคผนวก ง.)

แผนภูมิที่ 5.1 เปรียบเทียบแนวทางการปรับปรุงช่องแสงด้านบนแนวทางที่ 1 - 3

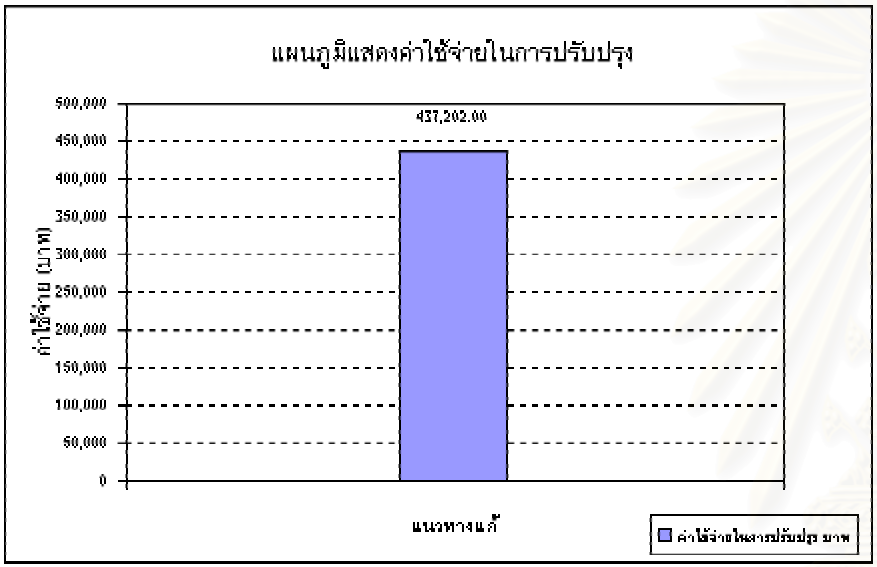


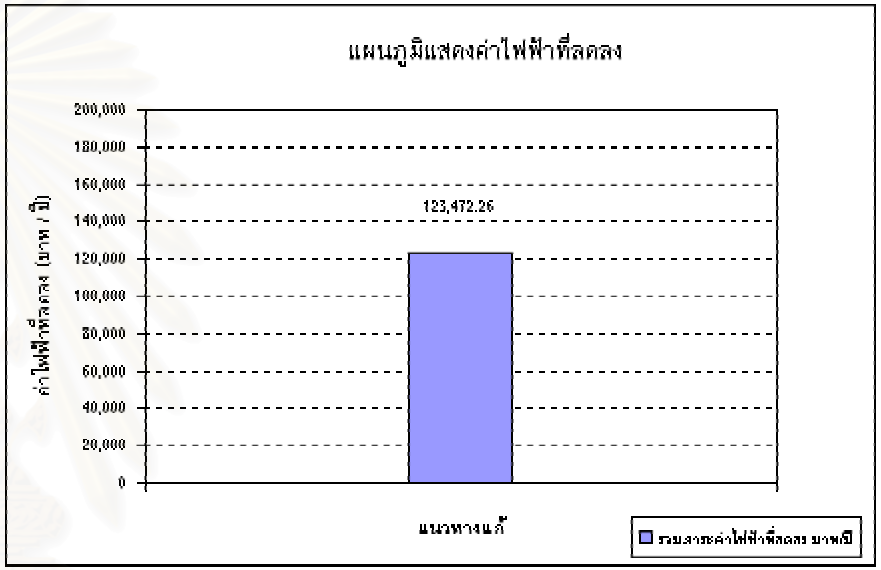


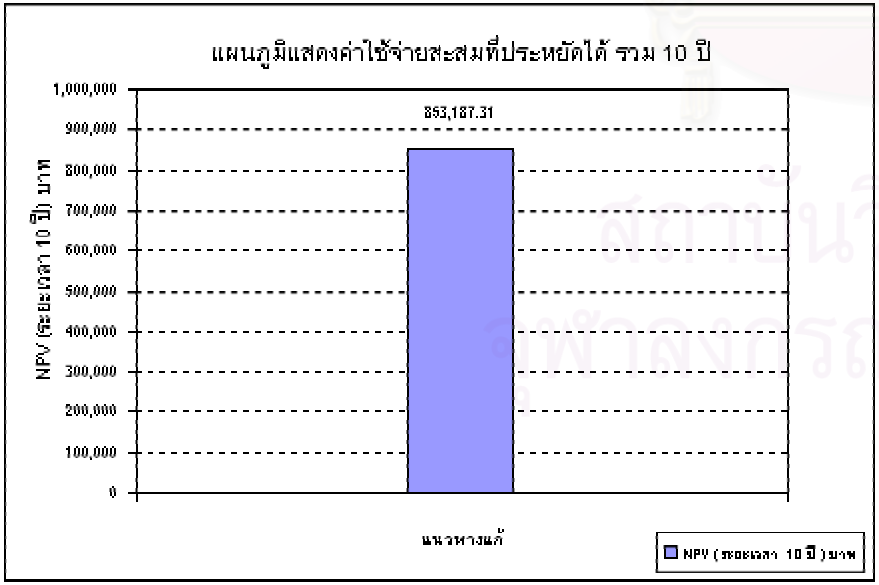


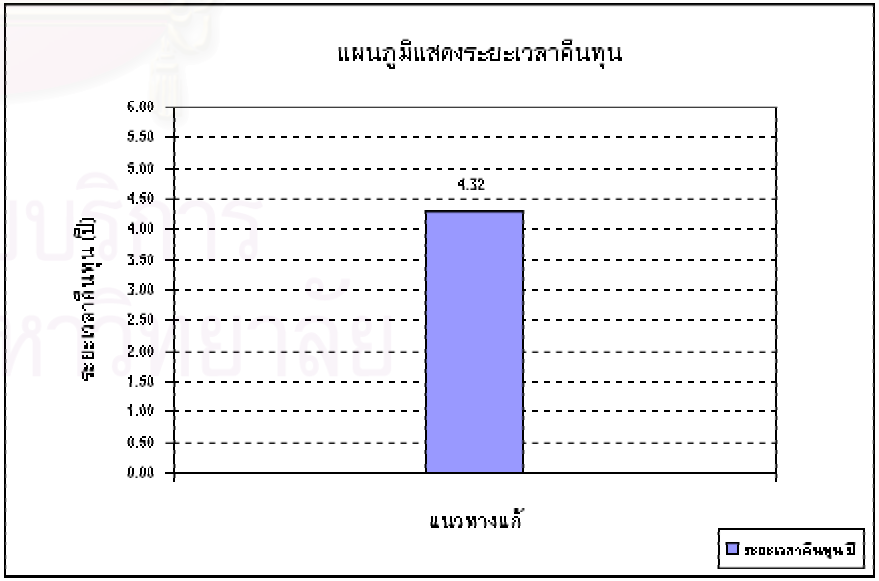


แผนภูมิที่ 5.2 แสดงแนวทางการเพิ่มช่องแสงด้านข้างพื้นที่สำนักงานชั้นลอย

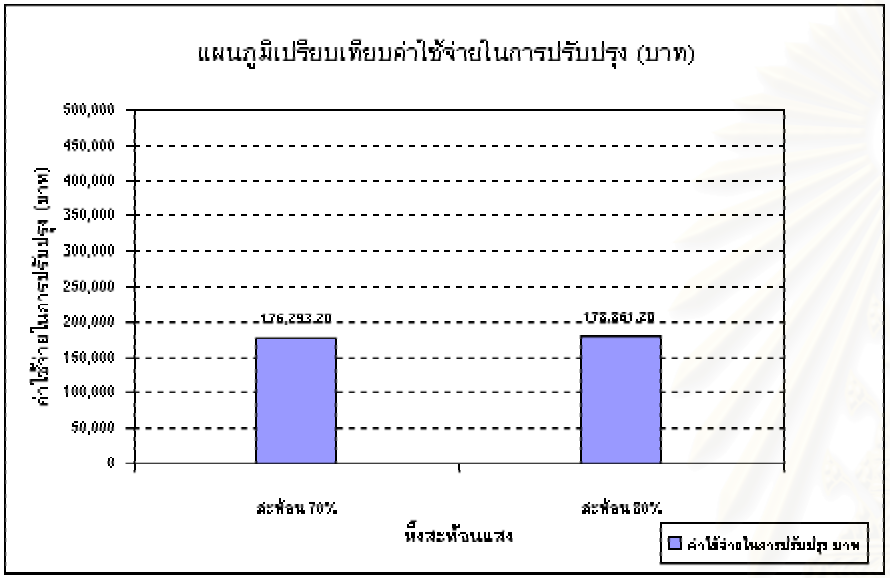


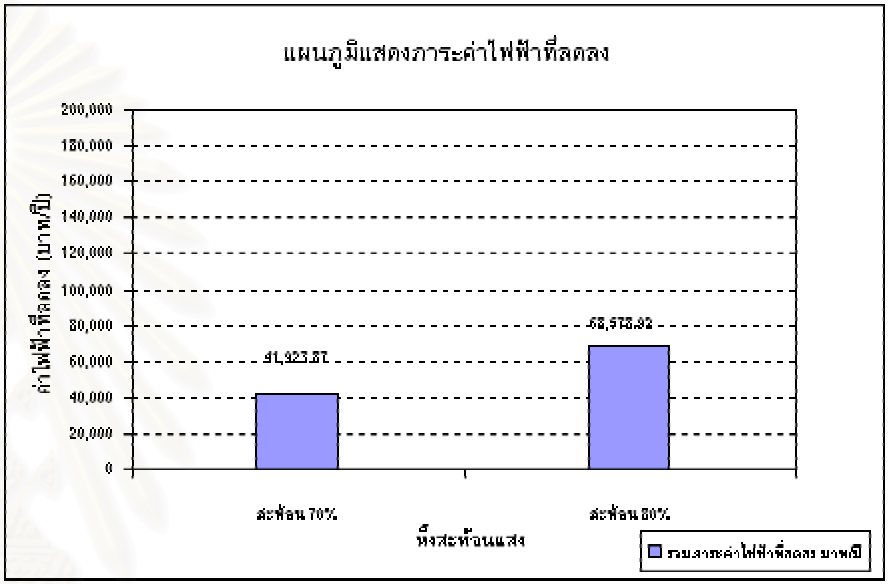


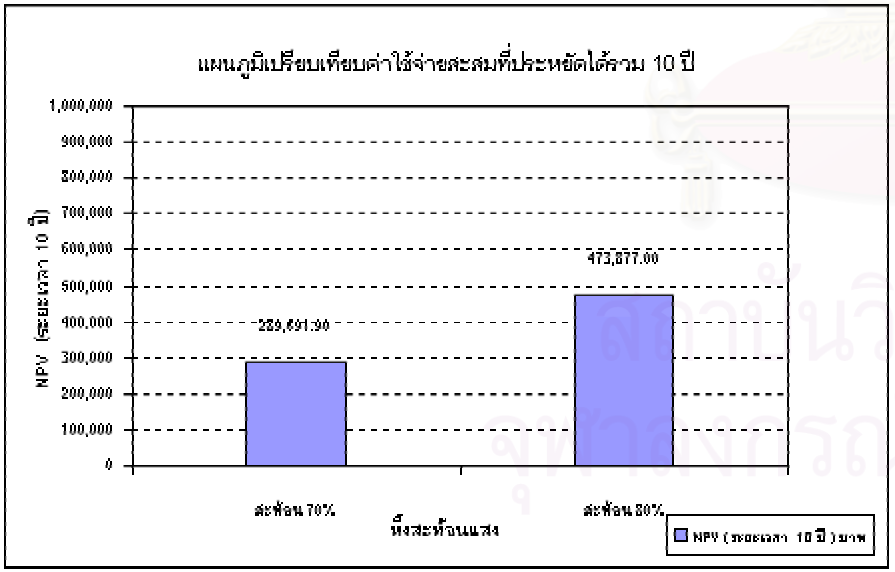


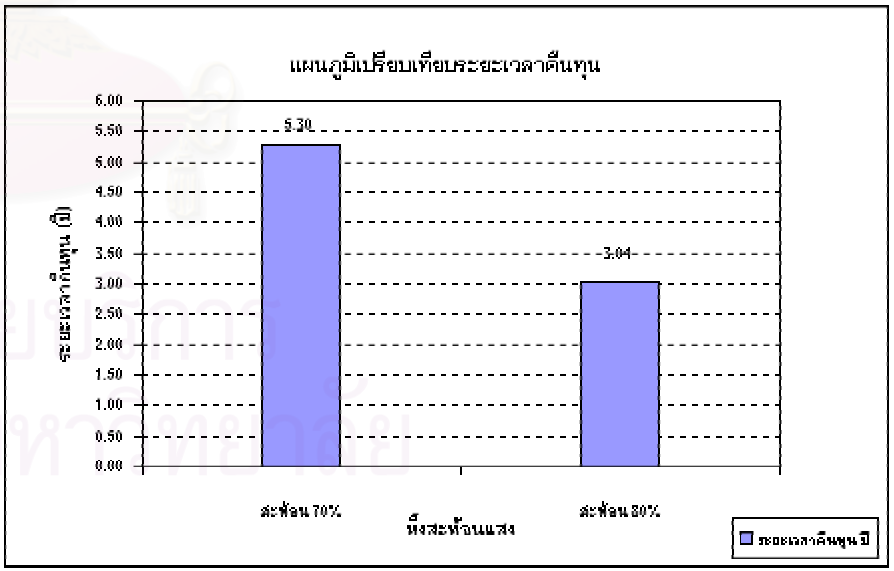


แผนภูมิที่ 5.3 เปรียบเทียบแนวทางการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง (ค่าการสะท้อน 70% - 80 %)

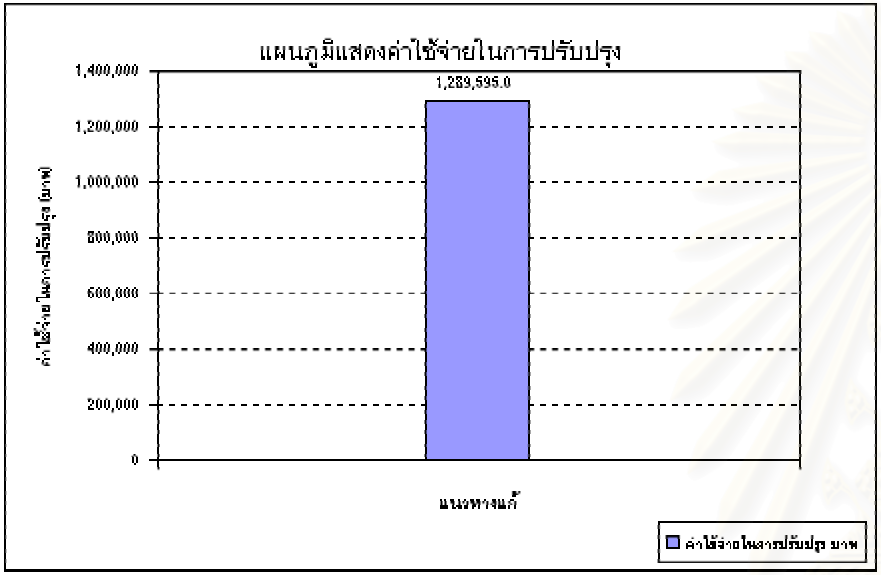


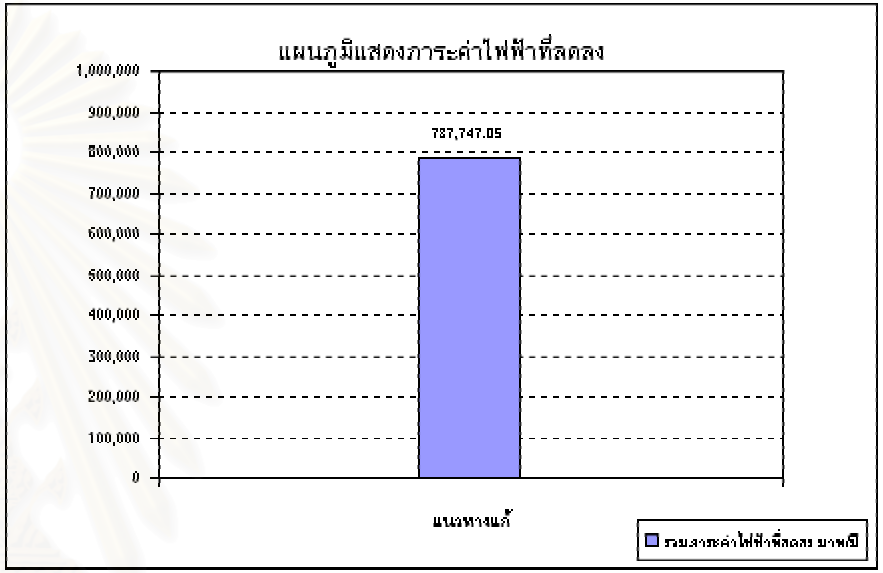


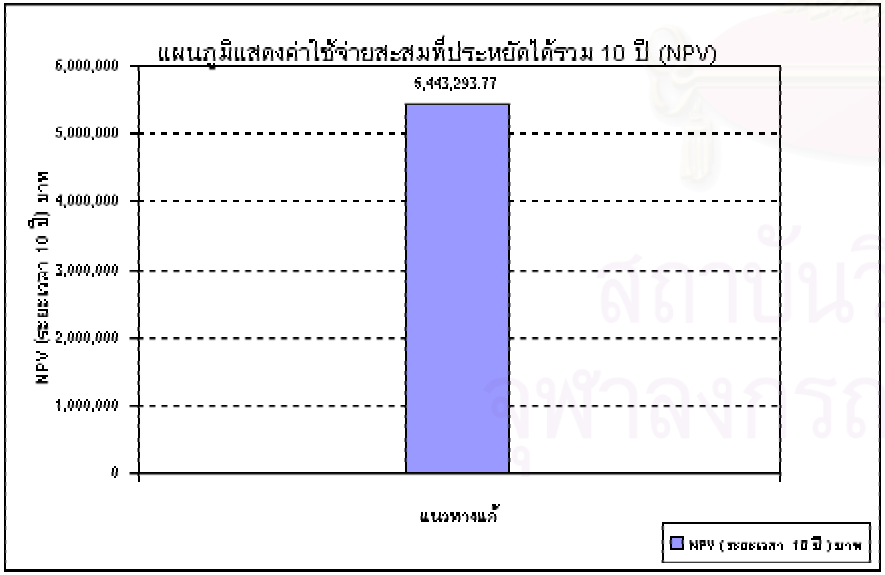


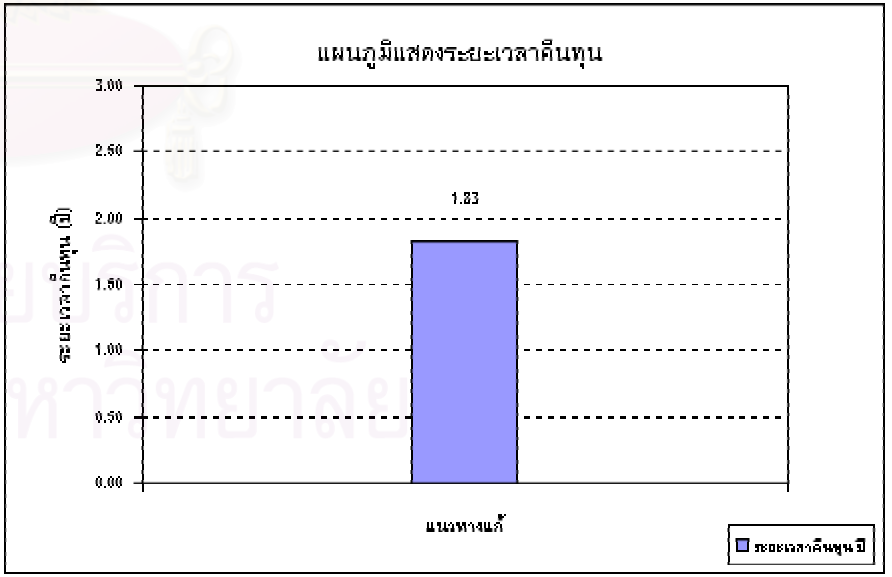


แผนภูมิที่ 5.4แนวทางการปรับปรุงช่องแสงด้านบนแนวทางที่ 2 ร่วมกับช่องแสงด้านข้างที่ชั้นลอย และมีการใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 80 %









บทที่ 6

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้ได้แยกการศึกษาเป็น การประเมินและการวิเคราะห์ปริมาณแสงสว่างภายในอาคาร และศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในเชิงเทคนิค และทางเศรษฐ์ศาสตร์เบื้องต้น เพื่อปรับปรุงอาคารกรณีศึกษาในการที่จะนำแสงธรรมชาติจากภายนอกเข้ามาสู่ภายในอาคารเพื่อลดการใช้แสงประดิษฐ์ จากผลการศึกษาในบทที่ 5 สามารถสรุปได้ดังนี้

6.1 การประเมินและวิเคราะห์อาคารกรณีศึกษา

จากการสำรวจและวิเคราะห์อาคารสามารถสรุปได้ดังนี้

6.1.1 ทิศทางการวางของอาคารจะวางในแนว ตะวันออก-ตะวันตก โดยที่ทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ไม่มีการเจาะช่องเปิดเพื่อรับแสงธรรมชาติจากภายนอก ส่วนทางด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตกจะมีการเปิดช่องแสงตลอดแนวเพื่อรับปริมาณแสงสว่างจากธรรมชาติ

6.1.2 การพิจารณาประสิทธิภาพการกันแดดของอาคาร จะพบว่า

1. ชั้นล่าง ทางด้านทิศเหนือและใต้ไม่มีการเจาะช่องเปิด ทางด้านทิศตะวันออกมีการออกแบบให้ที่จอดรถรับส่ง (Drop off) ชั้น 2 มีขนาดใหญ่เพื่อให้ครอบคุมทางเข้าชั้น 1 และช่วยป้องกันแสงแดดตรงที่จะส่องเข้ามาสู่ภายในอาคาร ส่วนทางด้านทิศตะวันตก ได้มีการออกแบบเพื่อป้องกันแสงแดดโดยการให้ผนังอาคารถอยร่นเข้าไปภายในอาคาร และอาศัยอาคารชานชลาที่อยู่ใกล้กัน (ระยะห่าง 30 เมตร) ช่วยป้องกันแสงแดดในช่วงบ่ายและเย็น
2. ชั้นลอย จะมีผนังด้านทิศตะวันออกอยู่ด้านในอาคาร สว่างด้านทิศตะวันตกไม่มีการเจาะช่องเปิด แต่มีหลังคาเพื่อป้องกันแดดและฝนให้ชั้นล่าง
3. ชั้น 2 ทางด้านทิศตะวันออกจะมีหลังคาขนาดใหญ่อยู่เหนือที่จอดรถรับส่ง ซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันแดดให้แก่ตัวอาคาร ส่วนทางด้านทิศตะวันตกซึ่งมีช่องเปิดตลอดแนวไม่มีการออกแบบเพื่อป้องกันแสงแดดตรง และบริเวณตรงกลางของโถงชั้น 2 มีการเปิดช่องแสงด้านบนขนาดใหญ่ กว้าง 8 เมตร ยาว 24 เมตร ซึ่งทำเป็นโครงหลังคากระจก โดยไม่ได้มีการออกแบบช่วยในการป้องกันแสงแดดตรง ทำให้แสงแดดสามารถส่องเข้ามาสู่ภายในอาตารได้โดยตรงตลอดวัน เป็นสาเหตุของปัญหาความร้อนสะสมที่เกิดขึ้นกับอาคาร
4. ชั้น 3 ทางด้านทิศตะวันออก มีผนังอาคารขนาดใหญ่ที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดตรงในช่วงเช้าตั้งแต่เวลา 9.00 น. เป็นต้นไป ส่วนผนังทางด้านทิศตะวันตก ซึ่งมีช่องเปิด

6.1.3 การพิจารณาปริมาณความส่องสว่างภายในอาคาร เมื่อพิจารณาปริมาณของแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาภายในอาคารแยกแต่ละชั้นจะพบว่ามีปริมาณที่ต่ำกว่ามาตราฐาน (ดูจากหัวข้อ 3.6) ค่าความส่องสว่างมาตราฐานกำหนดให้สำนักงานมีค่า 300 ลักซ์, พื้นที่โถงพักคอยภายในอาคารมีค่าความส่องสว่าง 150 ลักซ์ อันมีผลทำให้ต้องมีการเปิดแสงประดิษฐ์อยู่ตลอดเวลา จากการพิจารณาตรวจวัดปริมาณการกระจายของแสงธรรมชาติภายในอาคารสามารถแยกได้ดังนี้

<u>พื้นที่โถงพักคอยชั้น 1</u>

- พื้นที่โถงพักคอย เมื่อพิจารณาจะพบว่าพื้นที่โดยส่วนใหญ่จะมีค่าความส่องสว่างไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (150 ลักซ์) แต่จะมีพื้นที่บางส่วนที่อยู่ห่างจากช่องเปิดไม่เกิน 3 เมตรจะมีค่าความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้
- พื้นที่ทานอาหารทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ เมื่อพิจารณาจะพบว่ามีค่าความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ตลอดทั้งพื้นที่

<u>พื้นที่สำนังานชั้นลอย</u> จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

- พื้นที่สำนักงานทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ ซึ่งจะมีการเจาะช่องเปิดในบางส่วนจะพบว่าในบริเวณพื้นที่โดยส่วนใหญ่จะมีค่าความส่องสว่างไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้โดยเฉพาะพื้นที่ๆ เป็นส่วนใช้สอยหลัก (ค่าความส่องสว่างที่ต้องการ 300 ลักซ์ DF = 1.0) แต่จะมีพื้นที่บางส่วนที่อยู่ห่างจากช่องเปิดไม่เกิน 2.0 เมตร จะมีปริมาณความส่องสว่างสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้
- พื้นที่สำนักงาน ที่อยู่บริเวณส่วนกลางของอาคาร ซึ่งเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ ไม่มีผนังด้านใดที่เจาะช่องเปิดเพื่อรับแสงสว่างจากธรรมชาติ

<u>พื้นที่โถงพักคอยชั้น 2</u> สามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้

- เมื่อพิจารณาพื้นที่โถงพักคอยบริเวณใต้ช่องเปิดด้านบน จะพบว่าพื้นที่ทั้งหมดจะมีปริมาณความส่องสว่างต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (150 ลักซ์, DF = 0.5) จากการสังเกตุพบว่าพื้นที่กระจกที่เป็นช่องแสงภายนอกอาคารขาดการทำความสะอาด และใต้ช่องแสงที่ภายในอาคารมีการนำแผ่นกรองแสงมาขึงไว้เพื่อป้องกันแสงแดดตรงจากภายนอกอาคาร จึงทำให้ภายในพื้นที่นี้มีปริมาณความส่องสว่างต่ำกว่าที่ควรจะเป็น
- พื้นที่โถงพักคอยทางด้านทิศตะวันออก เมื่อพิจารณาจะพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่จะมีปริมาณความส่องสว่างต่ำกว่าที่กำหนด จากการสังเกตุพบว่าบริเวณใกล้ช่องแสงภายในอาคารได้มีการจัดทำเป็นช่องจำหน่ายตั๋ว ซึ่งห้องจำหน่ายตั๋วจะมีความสูง 2 เมตรและยาวไปตลอดความยาวอาคาร ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้แสวสว่างไม่สามารถส่องเข้ามาภายในอาคารได้อย่าเต็มที่
- พื้นที่โถงพักคอยทางด้านทิศตะวันตก เมื่อพิจารณาจะพบว่าพื้นที่โดยส่วนใหญ่จะมีปริมาณความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แต่จะมีพื้นที่บางส่วนที่อยู่ห่างจากช่องเปิด 7.00 เมตร มีค่าความส่องสว่างต่ำกว่ามาตราฐาน

<u>พื้นที่สำนักงานชั้น 3</u> สามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้

- พื้นที่สำนักงานทางด้านทิศตะวันออก ซึ่งเป็นพื้นที่ทำงานของผู้บริหารจะมีการกั้นเป็นห้องๆ ตลอดความยาวของอาคารซึ่งจะทำให้พื้นที่ภายในห้องมีปริมาณความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

แต่พื้นที่ภายนอกโดยทั่วไปจะมีปริมารความส่องสว่างต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้(300 ลักซ์, DF= 1.0)

- พื้นที่โถงพักคอยและทางเดินภายในที่อยู่ใกล้ช่องแสงด้านบน เมื่อพิจารณาจะพบว่าพื้นที่ทั้งหมดมีปริมาณความส่องสว่างไม่ถึงเกณฑ์ที่กำหนดไว้
- พื้นที่ส่วนทำงานทางด้านทิศตะวันออก เมื่อพิจารณาจะพบว่า พื้นที่ภายในโดยส่วนใหญ่จะมีปริมาณความส่องสว่างต่ำกว่าที่กำหนดไว้ (300 ลักซ์, DF = 1.0)

6.1.4 แสงสว่างประดิษฐ์ของอาคารเดิม สามารถแยกพิจารณาได้ดังนี้

1. ค่าระดับความสว่างของแสงประดิษฐ์ เมื่อแยกพิจารณาตามพื้นที่การใช้งาน จากการตรวจสอบพบว่ามีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ยดังนี้

- พื้นที่โถงพักคอยชั้นล่าง มีค่าระดับความส่องสว่างเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ทีกำหนดไว้ (150 ลักซ์)
- พื้นที่สำนักงานชั้นลอย มีค่าความส่องสว่างเฉลี่ย อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (300 ลักซ์)
- พื้นที่โถงพักคอยชั้น 2 จากการตรวจสอบพบว่ามีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (150 ลักซ์)
- พื้นที่สำนักงานชั้น 3 ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยจะมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้ (300 ลักซ์)

6.15 การจัดผังวงจรแสงประดิษฐ์ จากการตรวจสอบพบว่าการจัดผังวงจรแสงประดิษฐ์ภายในอาคารไม่ได้มีการพิจารณาถึงการนำความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์มาใช้ร่วมกับความสอ่งสว่างจากแสงธรรมชาติ ในช่วงที่มีแสงจากภายนอก ดังนั้นจึงไม่สามารถ เปิด- ปิดแสงสว่างให้มีความสอดคล้องกับปริมาณความสว่างจากแสงธรรมชาติได้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการเปิดแสงประดิษฐ์อยู่ตลอดเวลาเพื่อให้ความสว่างแก่ภายในอาคาร ซึ่งจะเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานเป็นอย่างมาก

6.2 แนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา

จากการวิเคราะห์ปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยที่วัดได้จริงจากภายในอาคาร ความเป็นไปได้ในเชิงเทคนิค และความเหมาะสมในเชิงเศรษฐ์ศาสตร์ จึงทำให้ทราบว่าภายในอาคารในพื้นที่ส่วนที่จำเป็นต้องได้รับการปรับปรุง ได้แก่พื้นที่สำนักงานชั้นลอยบริเวณส่วนกลางอาคารที่ไม่ช่องเปิดเพื่อรับแสงสว่างจากภายนอก, พื้นที่บริเวณโถงพักคอยชั้น 2 ใต้ช่องแสงด้านบน ซึ่งจากการวัดแสงทำให้ทราบว่าพื้นที่ใต้ช่องเปิดมีค่าความส่องสว่างต่ำกว่ามาตราฐานและพื้นที่สำนักงานชั้น 3 ทางด้านทิศตะวันออกที่พื้นที่โดยส่วนใหญ่มีค่าความส่องสว่างต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จากข้อมูลทั้งหมดสามารถนำมาประมวลเป็นทางเลือกในการปรับปรุงได้ดังนี้

6.2.1 การปรับปรุงช่องแสงด้านบนของอาคาร

เป็นการเลือกรูปแบบของหลังคาที่มีความเหมาะสมในการป้องกันแสงแดดและสามารถเพิ่มค่าความส่องสว่างให้แก่ภายในอาคาร ในการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกรูปแบบหลังคาฟันเลื่อย มาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุง โดยเลือกพิจารณาขนาดช่องเปิดของหลังคาที่เหมาะสม โดยเลือกพิจารณาช่องเปิดที่ 10%, 15% และ 20% ของพื้นที่หลังคาเป็นแนวทางในการปรับปรุง มีรายละเอียดดังนี้

แผนการปรับปรุงที่ 1 เป็นการศึกษาช่องแสงด้านบนที่มีรูปแบบหลังคาฟันเลื่อย รูปแบบเหลี่ยมหักมุม โดยที่มีช่องเปิด 10 %

วิธีการปรับปรุง
1. พื้นที่ภายนอกและภายในอาคารบริเวณใต้ช่องเปิดมีการใช้สอยคงเดิม
2. รูปแบบหลังคาที่ใช้ในการปรับปรุงเป็นแบบฟันเลื่อย รูปแบบเหลี่ยมหักมุม โดยที่หันช่องเปิดไปทางทิศเหนือ
3. มีช่องเปิด 10 % ของพื้นที่หลังคา และไม่มีฝ้าเพดาน แบบตะแกรง

ผลการปรับปรุง

สามารถลดพลังงานอันเนื่องมาจากการใช้ดวงโคมแสงประดิษฐ์ในพื้นที่ชั้น 2 และชั้น 3 ได้ 22,833.72 KWH/yr สามารถประหยัดพลังงานอันเนื่องมาจากการลดภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์ 8,649.7 KWH/yr และสามารถประหยัดพลังงานอันเนื่องมาจากการลดภาระการทำความเย็นจากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคา 183,552.99 KWH/yr และคิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลงปีละ 574,934.59 บาท โดยมีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง 640,161.47 บาท ซึ่งจะคุ้มค่าการลงทุนภายในระยะเวลา 1.22 ปี

แผนการปรับปรุงที่ 2 เป็นการศึกษาช่องแสงด้านบนที่มีรูปแบบหลังคาฟันเลื่อย รูปแบบเหลี่ยมหักมุม โดยที่มีช่องเปิด 15 %

วิธีการปรับปรุง
1. พื้นที่ภายนอกและภายในอาคารบริเวณใต้ช่องเปิดมีการใช้สอยคงเดิม
2. รูปแบบหลังคาที่ใช้ในการปรับปรุงเป็นแบบฟันเลื่อย รูปแบบเหลี่ยมหักมุม โดยที่หันช่องเปิดไปทางทิศเหนือ
3. มีช่องเปิด 15 % ของพื้นที่หลังคา และไม่มีฝ้าเพดาน แบบตะแกรง

ผลการปรับปรุง สามารถลดพลังงานอันเนื่องมาจากการใช้ดวงโคมแสงประดิษฐ์ในพื้นที่ชั้น 2 และชั้น 3 ได้ 29,994.12 KWH/yr สามารถประหยัดพลังงานอันเนื่องมาจากการลดภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์ 11,156.63 KWH/yr และสามารถประหยัดพลังงานอันเนื่องมาจากการลดภาระการทำความเย็นจากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคา 179,730.22 KWH/yr และคิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลงปีละ 595,695.87 บาท โดยมีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง 673,531.83 บาท ซึ่งจะคุ้มค่าการลงทุนภายในระยะเวลา 1.24 ปี

แผนการปรับปรุงที่ 3 เป็นการศึกษาช่องแสงด้านบนที่มีรูปแบบหลังคาฟันเลื่อย รูปแบบเหลี่ยมหักมุม โดยที่มีช่องเปิด 20 %

วิธีการปรับปรุง
1. พื้นที่ภายนอกและภายในอาคารบริเวณใต้ช่องเปิดมีการใช้สอยคงเดิม
4. รูปแบบหลังคาที่ใช้ในการปรับปรุงเป็นแบบฟันเลื่อย รูปแบบเหลี่ยมหักมุม โดยที่หันช่องเปิดไปทางทิศเหนือ
3. มีช่องเปิด 20 % ของพื้นที่หลังคา และไม่มีฝ้าเพดาน แบบตะแกรง

ผลการปรับปรุง สามารถลดพลังงานอันเนื่องมาจากการใช้ดวงโคมแสงประดิษฐ์ในพื้นที่ชั้น 2 และชั้น 3 ได้ 29,994.12 KWH/yr สามารถประหยัดพลังงานอันเนื่องมาจากการลดภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์ 11,156.63 KWH/yr และสามารถประหยัดพลังงานอันเนื่องมาจากการลดภาระการทำความเย็นจากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคา 174,845.66 KWH/yr และคิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลงปีละ 583,000.09 บาท โดยมีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง 719,766.26 บาท ซึ่งจะคุ้มค่าการลงทุนภายในระยะเวลา 1.36 ปี

6.2.2 การปรับปรุงช่องแสงด้านข้างของอาคารบริเวณสำนักงานชั้นลอย

ช่องแสงด้านข้างบริเวณผนังอาคารชั้นลอย ใช้สอยพื้นที่ภายในเป็นสำนักงาน ซึ่งในปัจจุบันพื้นที่สำนักงานชั้นลอยแทบจะไม่มีพื้นที่ส่วนใดที่ได้รับแสงสว่างจากภายนอกเลยเพราะเป็นผนังทึบเกือบจะทุกด้านยกเว้นด้านทิศตะวันออกที่จะมีหน้าต่างกระจกที่มีความสูงจากพื้น 1 เมตร ขอบบนวงกบจะมีความสูงจากพื้น 2.15 เมตรและผนังด้านที่จะพิจารณาเจาะเป็นผนังทางด้านทิศตะวันตก เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่มีหลังคาขนาดใหญ่คลุมอยู่ซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดได้ ลักษณะของช่องแสงจะเป็นหน้าต่างกระจกที่มีความสูงจากพื้น 1 เมตร ขอบบนวงกบจะมีความสูงจากพื้น 2.15 เมตร วัสดุที่ใช้เป็นกระจกใส 8 มม. ซึ่งเป็นวัสดุประเภทเดียวกับที่มีอยู่เดิม

วิธีการปรับปรุง 1. พื้นที่ภายนอกและภายในอาคารบริเวณใต้ช่องเปิดมีการใช้สอยคงเดิม

2. รูปแบบช่องเปิดที่ใช้ในการปรับปรุงจะเป็นหน้าต่างกระจกที่มีความสูงจากพื้น 1 เมตร และขอบบนวงกบจะมีความสูงจากพื้น 2.15 เมตรวัสดุที่ใช้เป็นกระจกใส 8 มม. ซึ่งเป็นวัสดุประเภทเดียวกับที่มีอยู่เดิม

ผลการปรับปรุง สามารถลดพลังงานอันเนื่องมาจากการใช้ดวงโคมแสงประดิษฐ์ในพื้นที่ชั้นลอย ได้ 40,856.4 KWH/yr สามารถประหยัดพลังงานอันเนื่องมาจากการลดภาระการทำความเย็นจากความร้อนของแสงประดิษฐ์ 14,304.21 KWH/yr แต่ต้องเพิ่มภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการเจาะช่องเปิดเพิ่ม 13,230.77 KWH/yr คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลงปีละ 123,472.26 บาท โดยมีค่าการปรับปรุง 437,202 บาท ซึ่งจะคุ้มค่าการลงทุนภายในระยะเวลา 4.32 ปี

6.2.3 การปรับเพิ่มหิ้งสะท้อนแสงบริเวณพื้นที่สำนักงานชั้น 3 ด้านทิศตะวันออก

เป็นแนวทางในการเพิ่มปริมาณความส่องสว่างของแสงจากทางด้านข้างบริเวณพื้นที่อาคารสำนักงานชั้น 3 บริเวณผนังทางด้านทิศตะวันออก ทำได้โดยใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อนแสง 70%และ 80% ติดตั้งที่บริเวณเหนือวงกบหน้าต่างแต่ใต้ช่องแสงด้านบน เพื่อเพิ่มปริมาณความส่องสว่างให้เข้ามาภายในอาคารได้มากขึ้น

วิธีการปรับปรุง 1. พื้นที่ภายนอกและภายในอาคารบริเวณใต้ช่องเปิดมีการใช้สอยคงเดิม

2. วัสดุที่เลือกใช้เป็นแผ่นโครงอลูมิเนียมผิวภายนอกเป็นอลูมิเนียมสีอ่อนมีค่าการสะท้อนแสง 70 % และ 80% และมีน้ำหนักเพียง 5.5 กิโลกรัมต่อ ตารางเมตร โดยออกแบบให้หิ้งสะท้อนแสงมีความกว้าง 0.75 เมตร หนา 0.05เมตรอยู่ห่างจากผนัง 0.10 เมตรเพื่อลดการนำความร้อนจากตัวหิ้งสะท้อนแสงเข้าสู่ผนังอาคาร

ผลการปรับปรุง 1. หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อนแสง 70% สามารถลดพลังงานอันเนื่องมาจากการใช้ดวงโคมแสงประดิษฐ์ในพื้นที่ชั้น 3 ได้ 5,896.8 KWH/yr สามารถประหยัดพลังงานอันเนื่องมาจากการลดภาระการทำความเย็นจากความร้อนของแสงประดิษฐ์ 2,064 KWH/yr และสามารถลดภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง(ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์บังแดด) 3,091.9 KWH/yr คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลงปีละ 41,923.87 บาท โดยมีค่าการปรับปรุง 437,202 บาท ซึ่งจะคุ้มค่าการลงทุนภายในระยะเวลา 5.30 ปี

2. หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อนแสง 80% สามารถลดพลังงานอันเนื่องมาจากการใช้ดวงโคมแสงประดิษฐ์ในพื้นที่ชั้น 3 ได้ 11,793.6 KWH/yr สามารถประหยัดพลังงานอันเนื่องมาจากการลดภาระการทำความเย็นจากความร้อนของแสงประดิษฐ์ 4,129.05 KWH/yr และสามารถลดภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง(ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์บังแดด) 3,091.9 KWH/yr คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลงปีละ 68,578.92 บาท โดยมีค่าการปรับปรุง 437,202 บาท ซึ่งจะคุ้มค่าการลงทุนภายในระยะเวลา 3.04 ปี

6.2.4 การปรับปรุงอาคารให้มีประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาทดแทนแสงประดิษฐ์มากที่สุด

วิธีการปรับปรุง เป็นการเพิ่มปริมาณความส่องสว่างของแสงภายในอาคารจาก 3 แนวทางรวมกันคือ จากการปรับปรุงช่องด้านบนแนวทางที่ 2 ที่สามารถลดปริมาณการใช้ดวงโคมแสงประดิษฐ์ได้มากที่สุด, การเพิ่มช่องแสงที่ผนังอาคารด้านทิศตะวันตกของชั้นลอย และการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 80% ติดตั้งที่บริเวณเหนือวงกบหน้าต่างแต่ใต้ช่องแสงด้านบน ที่สำนักงานชั้น 3 เพื่อเพิ่มปริมาณความส่องสว่างให้เข้ามาภายในอาคารได้มากขึ้น

ผลการปรับปรุง สามารถลดพลังงานอันเนื่องมาจากการใช้ดวงโคมแสงประดิษฐ์ในพื้นที่ชั้น 3 ได้ 82,644.12 KWH/yr สามารถประหยัดพลังงานอันเนื่องมาจากการลดภาระการทำความเย็นจากความร้อนของแสงประดิษฐ์ 29,589.89 KWH/yr แต่ต้องเพิ่มภาระการทำความเย็นอันเนื่องมาจากการเจาะช่องเปิดเพิ่ม 54,000.69 KWH/yr คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลงปีละ 787}747.05 บาท โดยมีค่าการปรับปรุง 1,289,595.0บาท ซึ่งจะคุ้มค่าการลงทุนภายในระยะเวลา 1.83 ปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า

1. แนวทางการปรับปรุงที่ 2 อันได้แก่ แนวทางในการปรับปรุงช่องแสงด้านบนที่มีรูปแบบหลังคาฟันเลื่อย รูปแบบเหลี่ยมหักมุม โดยที่หันช่องแสงไปทางด้านทิศเหนือ มีช่องเปิดรับแสง 15 %ของพื้นที่หลังคา ซึ่งเป็นแนวทางในการปรับปรุงที่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาทดแทนแสงประดิษฐ์ภายในอาคารได้มากที่สุด เมื่อเทียบกับทั้ง 3 แนวทาง ซึ่งเป็นแนวทางที่สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ปีละ 595,695.87 บาท โดยมีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง 673,531.83 บาท ซึ่งจะคุ้มค่าการลงทุนภายในระยะเวลา 1.24 ปี และสามารถจัดวงจรไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ ให้สามารถ เปิด - ปิดสัมพันธ์กับปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาภายในอาคารในช่วงที่มีแสงประดิษฐ์เพียงพอ

2. เมื่อพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในด้านเศรษฐ์ศาสตร์ แนวทางที่ 1 อันได้แก่ แนวทางในการปรับปรุงช่องแสงด้านบนที่มีรูปแบบหลังคาฟันเลื่อย รูปแบบเหลี่ยมหักมุม โดยที่หันช่องแสงไปทางด้านทิศเหนือ มีช่องเปิดรับแสง 10%ของพื้นที่หลังคา ซึ่งเป็นแนวทางในการปรับปรุงที่ใช้เงินลงทุนน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับทั้ง 3 แนวทาง ซึ่งเป็นแนวทางที่สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ปีละ 574,934.56 บาท โดยมีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง 640,161.47 บาท ซึ่งจะคุ้มค่าการลงทุนภายในระยะเวลา 1.22 ปี และสามารถจัดวงจรไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ ให้สามารถ เปิด – ปิด สัมพันธ์กับปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาภายในอาคารในช่วงที่มีแสงประดิษฐ์เพียงพอ

3. จากการพิจารณาแนวทางในการปรับปรุงช่องแสงด้านบน พลังงานส่วนใหญ่ที่ลดได้จะมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลงจากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคาจากหลังคากระจกskylight เป็นหลังคาฟันเลื่อยซึ่งทึบแสง โดยหลังคาฟันเลื่อยที่มีช่องเปิด 10% สามารถลดภาระการทำความเย็นได้มากที่สุดคือ 85.36% รองลงมาเป็นหลังคาฟันเลื่อย ที่มีช่องเปิด 15% สามารถลดภาระการทำความเย็นลงได้ 81.37% และหลังคาฟันเลื่อยที่มีช่องเปิด 20 % จะสามารถลดภาระการทำความเย็นได้น้อยที่สุดคือ 80.98 %

4. สำหรับแนวทางในการเพิ่มช่องแสงด้านข้างบริเวณผนังอาคารชั้นลอยบริเวณผนังทางด้านทิศตะวันตกใช้สอยพื้นที่ภายในเป็นสำนักงานสามารถลดค่าไฟฟ้าได้ปีละ 123,472.26 บาท มีค่าการปรับปรุง 437,202 บาท ซึ่งจะคุ้มค่าการลงทุนภายในระยะเวลา 4.32 ปี และสามารถจัดวงจรไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ ให้สามารถ เปิด – ปิดสัมพันธ์กับปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาภายในอาคารในช่วงที่มีแสงประดิษฐ์เพียงพอ

5.แนวทางในการเพิ่มปริมาณความส่องสว่างของแสงจากทางด้านข้างบริเวณพื้นที่อาคารสำนักงานชั้น 3 บริเวณผนังทางด้านทิศตะวันออก โดยใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อนแสง 80% ติดตั้งที่บริเวณเหนือวงกบหน้าต่างแต่ใต้ช่องแสงด้านบน ซึ่งเป็นแนวทางในการปรับปรุงที่มีค่าใช้จ่ายที่มากกว่าหิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อนแสง 70 % สามารถลดค่าไฟฟ้าได้ปีละ 68,578.92 บาท โดยมีค่าการปรับปรุง 178,861.20 บาท ซึ่งจะคุ้มค่าการลงทุนภายในระยะเวลา 3.04 ปี และสามารถจัดวงจรไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ ให้สามารถ เปิด – ปิดสัมพันธ์กับปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาภายในอาคารในช่วงที่มีแสงประดิษฐ์เพียงพอ

6. สำหรับแนวทางการเพิ่มปริมาณความส่องสว่างของแสงภายในอาคารจาก 3 แนวทางรวมกันคือจากการปรับปรุงช่องแสงด้านบนแนวทางที่ 2 ที่สามารถลดปริมาณการใช้ดวงโคมแสงประดิษฐ์ได้มากที่สุด, การเพิ่มช่องแสงที่ผนังอาคารด้านทิศตะวันตกของชั้นลอย และการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อน 80% ติดตั้งที่บริเวณเหนือวงกบหน้าต่างแต่ใต้ช่องแสงด้านบน ที่สำนักงานชั้น 3 เพื่อเพิ่มปริมาณความส่องสว่างให้เข้ามาภายในอาคารได้มากขึ้นสามารถลดค่าไฟฟ้าได้ปีละ 787,747.05 บาท โดยมีค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง 1,289,595 บาท ซึ่งจะคุ้มค่าการลงทุนภายในระยะเวลา 1.83 ปี

ตารางเปรียบเทียบพลังงานและค่าไฟฟ้าที่ลดลงจากแต่ละแนวทางการปรับปรุง

แนวทาง การปรับปรุง	พลังงานที่ลดลงจากการลดการใช้แสงประดิษฐ์ ต่อปี		พลังงานที่ลดลงจากการลดภาระการทำความเย็นที่เกิดจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์		พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลงจากการเปลี่ยนรูปแบบหลังคา		ค่าไฟฟ้าที่ลดลง
	(KWh/yr)	(%)	(KWh/yr)	(%)	(KWh/yr)	(%)	(บาท/ปี)
1. การปรับปรุงช่องแสงด้านบน							
ช่องเปิด 10%	22,833.72	10.62	8,649.70	4.02	183,552.99	85.36	574,934.59
ช่องเปิด 15%	29,994.12	13.58	11,156.63	5.05	179,730.22	81.37	595,695.87
ช่องเปิด 20%	29,994.12	13.89	11,156.63	5.17	174,845.66	80.95	583,000.09
2. การเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง							
ค่าการสะท้อน 70%	5,896.80	53.35	2,064.52	18.68	3,091.90	27.97	41,923.87
ค่าการสะท้อน 80%	11,793.60	62.02	4,129.05	21.72	3,091.90	16.26	68,578.92

แนวทาง การปรับปรุง	พลังงานที่ลดลงจากการลดการใช้แสงประดิษฐ์ ต่อปี		พลังงานที่ลดลงจากการลดภาระการทำความเย็นที่เกิดจากความร้อนจากแสงประดิษฐ์		พลังงานที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่เพิ่มขึ้นจากการเจาะช่องเปิดเพิ่ม		พลังงานที่ลดลงอันเนื่องมาจากภาระการทำความเย็นที่ลดลง		ค่าไฟฟ้าที่ลดลง
	(KWh/yr)	(%)	(KWh/yr)	(%)	(KWh/yr)	(%)	(KWh/yr)	(%)	(บาท/ปี)
3. การเพิ่มช่องแสงด้านข้างที่ชั้นลอย	40,856.40	97.44	14,304.21	-	13,230.77	-	1,073.44	2.56	123,472.26

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.3 ข้อเสนอแนะ

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้เนื่องจากมีระยะเวลาในการทำการศึกษาวิจัยจำกัดเมื่อเทียบกับขอบเขตของการศึกษา ดังนั้นจึงมีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยต่อไป ดังนี้

1. สำหรับอาคารกรณีศึกษาหรืออาคารที่มีลักษณะใกล้เคียง การปรับปรุงช่องแสงด้านบนจากหลังคา skylight เป็นหลังคาฟันเลื่อย จะสามารถหลีกเลี่ยงแสงแดดโดยตรงและสามารถกำหนดทิศทางของช่องแสงได้
2. การจัดพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารให้สอดคล้องกับตำแหน่งของช่องเปิดและปริมาณความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในอาคาร จะมีส่วนช่วยในการลดการใช้ประดิษฐ์
3. การใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงสูงทั้งภายนอกและภายในอาคาร ซึ่งสามารถทำได้วนการใช้วัสดุที่เป็นสีอ่อน หรือทาสีอ่อนแก่ ผนังหรือฝ้าเพดาน จะช่วยในการเพิ่มปริมาณความส่องสว่างให้แก่ภายในอาคาร
4. การติดตั้งแผงกันแดดให้แก่ผนังอาคารที่เป็นช่องแสง เพื่อช่วยป้องกันแสงแดดโดยตรงจากภายนอกอาคาร และช่วยในการสะท้อนแสงธรรมชาติจากภายนอกให้เข้าสู่ภายในอาคารได้มากยิ่งขึ้น
5. การเลือกใช้ดวงโคมที่มีประสิทธิภาพ(ลูเมนต์ต่อวัตต์)สูง และการใช้ดวงโคมที่มีค่าการสะท้อนแสงมากขึ้น จะช่วยลดการใช้แสงประดิษฐ์ภายในอาคาร
6. การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ประกอบดวงโคม เช่น จากบัลลาสขดลวดที่มีค่าการสูญเสียพลังงาน 9 วัตต์ เป็นบัลลาสอิเลคทรอนิกส์ที่มีค่าการสูญเสีย 3 วัตต์ จะมีส่วนช่วยในการประหยัดพลังงานในส่วนแสงสว่างประดิษฐ์ได้
7. การจัดผังวงจรไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ ให้เปิด-ปิด สัมพันธ์กับแสงธรรมชาติที่ส่องเข้ามาภายในอาคารในช่วงเวลาที่มีแสงธรรมชาติเพียงพอจะมีส่วนช่วยในการประหยัดพลังงานในส่วนแสงสว่างประดิษฐ์ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. กรุงเทพมหานคร : แผนกวิศวกรรมพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

กนกวรรณ อุสันโน. รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมกับห้องเรียน : การให้แสงสว่างธรรมชาติและลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ภายในอาคาร. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

คมกฤช ชูเกียรติมั่น. การใช้แสงธรรมชาติเสริมเพื่อลดพลังงานในอาคาร :กรณีศึกษา อาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

ดร. ชำนาญ ห่อเกียรติ. เทคนิคการส่องสว่าง.กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.

มานะ หุตินทะ.แนวทางการออกแบบโดยใช้แสงธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

รวิช ควรประเสริฐ. ประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในสำนักงานทั่วไป. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.

ภาษาอังกฤษ

Benjamin H. Evans. Daylighting in Architecture. New York: McGraw-Hill Book Company, 1981.

Daylighting Project, Energy Program and Asian institute of Technology. Daylighting for Building in the Tropic II : Daylighting Methdology. Pathun Thani, 1998.

Fuller Moor. Concept and Practice of Architectural Daylighting. New York: Van Nostrand Reinhold, 1984.

Fuller Moor. Environmental Control System Heating Cooling Lighting. New York: Mc Graw-Hill, 1993.

Gary Gordon and James L. Nuckolls. Interior Lighting For Designers. New York: John Wiley &Sons,1995.

Gary R Steffy, IES, FIALD. Lighting The Electric Office. New York: Van Nostrand Reinhold. 1995.

IES. Illuminating Engineering Society of North America. IES Lighting Handbook 1981 Reference Volume. New York, 1981.

Norbert Lechner. Hefating,Cooling,Lighting Design Methods forArchitects.New York :John Wiley & Sons,

Marc Schiler. Simplified Design of Building Lighting. New York: John Wiley & Sons, 1992.

R.G. Hopkinson. Architectural Physics: Lighting. London: Her Majesty s Stationery Office. 1963.

R.G. Hopkinson, P. Petherbridge, J Longmore, Daylighting. London: William Meinemann ltd,1966.

Thomas Herzog. Solar Energy in Architecture and Urban Planing. Munich: Prestel Verlag. 1996.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.ตารางแสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์ มุมโพรไฟล์(Profile Angle) มุมอะซิมุธ (Azimuth Angle)

วันที่ 21 ของทุกเดือน ณ. เวลาต่าง ๆ ณ. เส้นรุ้งที่ 14 องศาเหนือ

	Solar time	Solar Position		Profile (Shadow Line) Angles																	Solar Position		Solar time
Date	Time	ALT	AZ	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	HOR	AZ	ALT	Time
	7	8	63			23	11	9	8	8	10	17	62							82	63	8	7
	8	20	58			59	33	24	21	21	25	35	66							70	58	20	8
	9	32	50			82	54	39	33	32	36	44	64							58	50	32	9
	10	43	38				74	56	46	43	44	49	62	83						48	38	43	10
	11	50	22					73	59	53	50	52	59	72						40	22	50	11
DEC	12	53	0					90	74	62	55	53	55	62	74					37	0	53	12
	13	50	22									52	50	53	59	73				40	22	50	13
	14	43	38									49	44	43	46	56	74			48	38	43	14
	15	32	50									44	36	32	33	39	54	82		58	50	32	15
	16	20	58									35	25	21	21	24	33	59		70	58	20	16
	17	8	63									17	10	8	8	9	11	23		82	63	8	17
	7	9	67			23	12	10	9	10	12	21								81	67	9	7
	8	22	62			55	33	25	22	23	27	40	75							68	62	22	8
	9	34	53			78	53	40	35	34	39	49	70							56	53	34	9
	10	45	42				72	57	48	45	47	53	66							46	42	45	10
JAN	11	53	24				89	73	61	55	53	55	62	75						37	24	53	11
+	12	56	0					90	75	65	58	56	58	65	75					34	0	56	12
NOV	13	53	24									55	53	55	61	73	89			37	24	53	13
	14	45	42									53	47	45	48	57	72			46	42	45	14
	15	34	53									49	39	34	35	40	53	78		56	53	34	15
	16	22	62									40	27	23	22	25	33	55		68	62	22	16
	17	9	67									21	12	10	9	10	12	23		81	67	9	17
	7	12	76		56	22	15	12	12	14	19	40								79	76	12	7
	8	26	71		84	48	33	27	26	28	35	55								65	71	26	8
	9	39	64			69	51	43	39	40	47	61								51	64	39	9
	10	51	52			85	69	58	52	51	55	64	78							39	52	51	10
FEB	11	61	32				85	74	66	62	62	65	72	83						29	32	61	11
+	12	65	0					90	80	72	67	65	67	72	80					25	0	65	12
OCT	13	61	32									65	62	62	66	74	85			29	32	61	13
	14	51	52									64	55	51	52	58	69	85		39	52	51	14
	15	39	64									61	47	40	39	43	51	69		51	64	39	15
	16	26	71									55	35	28	26	27	33	48	84	65	71	26	16
	17	12	76									40	19	14	12	12	15	22	56	79	76	12	17
	7	14	87		39	21	16	14	15	19	31	76								76	87	14	7
	8	29	82		66	43	33	29	30	35	47	76								61	82	29	8
	9	43	77		81	61	50	44	44	48	58	76								47	77	43	9
	10	57	67			76	66	59	57	59	66	76								33	67	57	10
MAR	11	69	49				81	74	71	70	72	76	83							21	49	69	11
+	12	76	0					90	85	80	77	76	77	80	85					14	0	76	12
SEP	13	69	49									76	72	70	71	74	81			21	49	69	13
	14	57	67									76	66	59	57	59	66	76		33	67	57	14
	15	43	77									76	58	48	44	44	50	61	81	47	77	43	15
	16	29	82									76	47	35	30	29	33	43	66	61	82	29	16
	17	14	87									76	31	19	15	14	16	21	39	76	87	14	17
	6	3	101	14	5	4	3	3	4	5	14									87	101	3	6
	7	17	98	66	31	22	18	18	20	27	51									73	98	17	7
	8	32	95	82	53	39	33	32	35	44	64									58	95	32	8
	9	46	92	88	68	55	48	46	49	57	72									44	92	46	9
	10	61	89		78	69	63	61	63	68	78									29	89	61	10
APR	11	75	83		86	81	77	75	76	78	83									15	83	75	11
+	12	86	0					90	66	65	65	65	65	65	66	90				4	0	86	12
AUG	13	75	83										83	78	76	75	77	81	86	15	83	75	13
	14	61	89										78	68	63	61	63	69	78	29	89	61	14
	15	46	92	88									72	57	49	46	48	55	68	44	92	46	15
	16	32	95	82									64	44	35	32	33	39	53	58	95	32	16
	17	17	98	66									51	27	20	18	18	22	31	73	98	17	17
	18	3	101	14									14	5	4	3	3	4	5	87	101	3	18
	6	5	109	14	7	5	5	5	6	11	56									86	109	5	6
	7	19	107	49	28	21	19	20	24	36	73									72	107	19	7
	8	33	105	68	47	36	33	34	39	52	79									58	105	33	8
	9	47	104	77	61	51	47	48	53	64	83									44	104	47	9
	10	61	106	81	71	64	61	62	67	75										30	106	61	10
MAY	11	74	114	83	78	76	74	76	80	85										16	114	74	11
+	12	84	180	84	84	86	87	89								89	87	86	84	6	180	84	12
JUL	13	74	114	83										85	80	76	74	76	78	16	114	74	13
	14	61	106	81										75	67	62	61	64	71	30	106	61	14
	15	47	104	77									83	64	53	48	47	51	61	44	104	47	15
	16	33	105	68									79	52	39	34	33	36	47	58	105	33	16
	17	19	107	49									73	36	24	20	19	21	28	72	107	19	17
	18	5	109	14									56	11	6	5	5	5	7	86	109	5	18
	6	5	113	14	8	6	5	6	8	14										85	113	5	6
	7	19	111	45	27	21	19	20	25	40	84									71	111	19	7
	8	33	109	63	45	36	33	35	41	56										58	109	33	8
	9	46	109	72	58	50	46	49	55	68										44	109	46	9
	10	60	113	77	68	62	60	62	68	78										30	113	60	10
	11	73	125	80	75	74	73	76	81											17	125	73	11
JUN	12	81	180	81	81	84	86	90								90	86	84	81	9	180	81	12
	13	73	125	80											81	76	73	74	75	17	125	73	13
	14	60	113	77										78	68	62	60	62	68	30	113	60	14
	15	46	109	72										68	55	49	46	50	58	44	109	46	15
	16	33	109	63										56	41	35	33	36	45	58	109	33	16
	17	19	111	45									84	40	25	20	19	21	27	71	111	19	17
	18	5	113	14										14	8	6	5	6	8	85	113	5	18
Date	Time	ALT	AZ	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	HOR	AZ	ALT	Time

คมกฤช ชูเกียรติมั่น,"การใช้แสงธรรมชาติเสริมเพื่อลดพลังงานในอาคาร : กรณีศึกษาอาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย"(วิทยา

ภาคผนวก ข. ตารางแสดง Monthly average of Diffuse illuminance, Evd; (klux)

Monthly average of Diffuse illuminance, Evd; (klux)												
Time\Month	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0	3.014286	6.817857	11.42667	12.46111	13.468	12.01429	9.916667	10.41852	10.30909	7.3625	4.753333
8:00	13.75417	16.18095	19.7375	20.96471	26.97778	24.10385	23.32143	24.78333	22.23214	23.53182	17.5125	14.34706
9:00	25.708	28.96818	30.39667	31.01765	39.375	36.1	34.36429	36.61333	31.06429	32.02083	26.10625	20.3
10:00	35.06667	37.23333	39.67	35.52353	49.30556	42.77037	43.16786	46.87	43.76786	37.7	33.4375	24.76
11:00	35.17692	44.41111	42.49655	35.475	54.225	48.26667	48.07143	50.76333	43.975	41.56087	37.93529	32.52759
12:00	45.41765	47.27692	41.97667	38.92	52.3	46.57037	47.24643	52.72414	48.48276	48.9	38.28125	33.32414
13:00	51.46111	48.71154	44.74138	41.8	44.84118	44.912	47.65769	55.57143	47.04286	43.12174	35.75	33.025
14:00	41.77059	43.42593	40.92414	41.16429	41.93529	46.39259	45.33462	51.21786	42.25185	35	34.18	31.64815
15:00	39.07222	37.53704	39.85517	37.98	30.47059	40.24231	38.48846	38.4931	35.19286	31.31739	28.34375	26.488
16:00	27.05	29.77407	28.73448	27.12143	25.47059	30.45556	30.80435	31.44483	25.91482	23.51818	21.22	19.46522
17:00	15.05652	15.87083	19.232	16.53125	17.54286	18.79546	21.78182	20.656	14.82	10.22143	11.3	9.2375
18:00	0	3.4	5.2375	5.855556	6.985714	7.1375	7.622222	6.583333	3.95	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ที่มา: ดร. สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์, Daylighting for Buildings in the Troicl : Daylight Availability and Heat Gain into Building, 1998.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

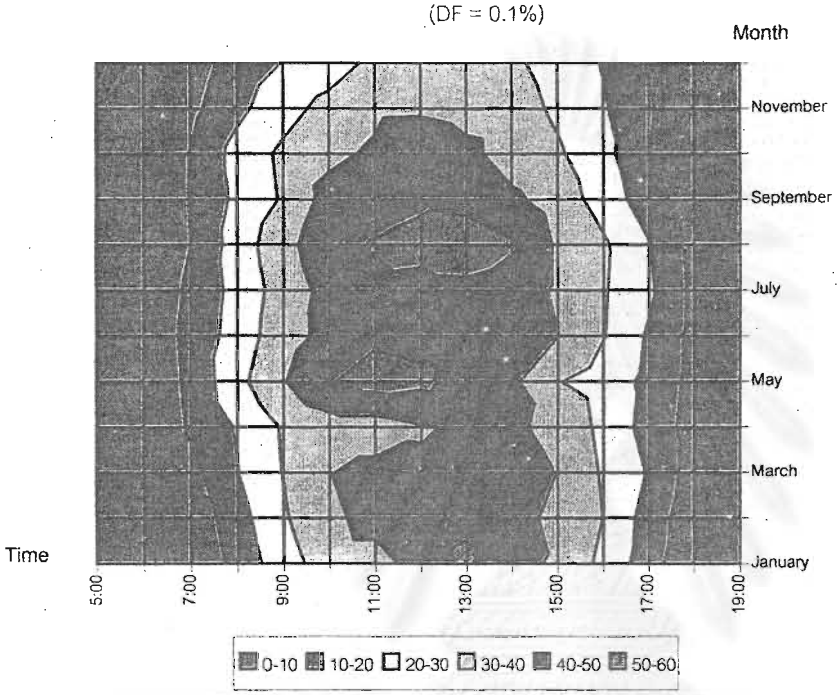
Monthly average of Diffuse illuminance, Evd; (lux)												
Time\Month	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0	3.014286	6.817857	11.426667	12.461111	13.468	12.014286	9.916667	10.418519	10.309091	7.3625	4.753333
8:00	13.754167	16.180952	19.7375	20.964706	26.977778	24.103846	23.321429	24.783333	22.232143	23.531818	17.5125	14.347059
9:00	25.708	28.968182	30.396667	31.017647	39.375	36.1	34.364286	36.613333	31.064286	32.020833	26.10625	20.3
10:00	35.066667	37.233333	39.67	35.523529	49.305556	42.77037	43.167857	46.87	43.767857	37.7	33.4375	24.76
11:00	35.176923	44.411111	42.496552	35.475	54.225	48.266667	48.071429	50.763333	43.975	41.56087	37.935294	32.527586
12:00	45.417647	47.276923	41.976667	38.92	52.3	46.57037	47.246429	52.724138	48.482759	48.9	38.28125	33.324138
13:00	51.461111	48.711538	44.741379	41.8	44.841176	44.912	47.657692	55.571429	47.042857	43.121739	35.75	33.025
14:00	41.770588	43.425926	40.924138	41.164286	41.935294	46.392593	45.334615	51.217857	42.251852	35	34.18	31.648148
15:00	39.072222	37.537037	39.855172	37.98	30.470588	40.242308	38.488462	38.493103	35.192857	31.317391	28.34375	26.488
16:00	27.05	29.774074	28.734483	27.121429	25.470588	30.455556	30.804348	31.444828	25.914815	23.518182	21.22	19.465217
17:00	15.056522	15.870833	19.232	16.53125	17.542857	18.795455	21.781818	20.656	14.82	10.221429	11.3	9.2375
18:00	0	3.4	5.2375	5.855556	6.985714	7.1375	7.622222	6.583333	3.95	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ DF = 0.1%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

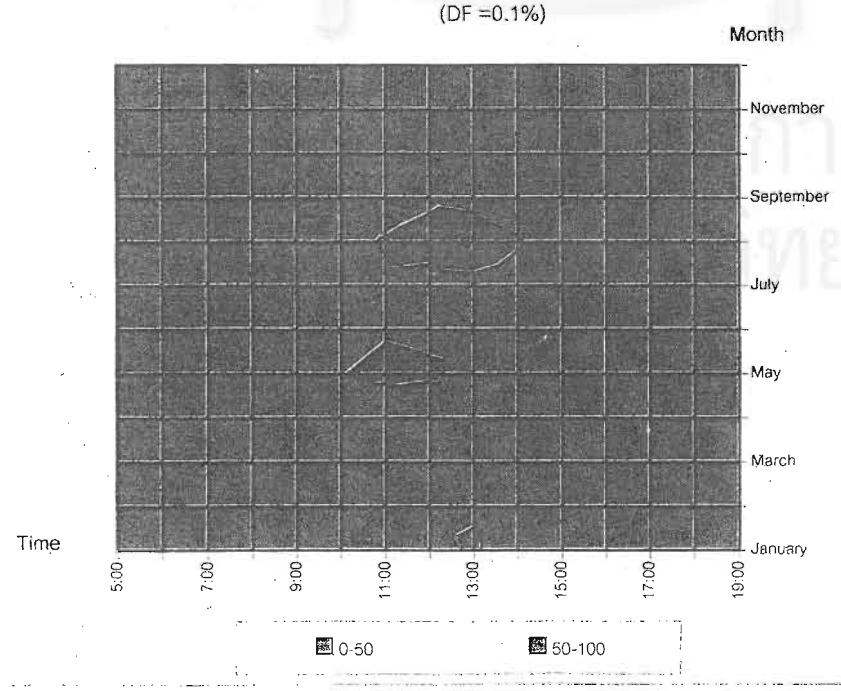
Monthly average of Diffuse illuminance, Evd:(lux)

(DF = 0.1%)



Monthly average of Diffuse illuminance, Evd:(lux)

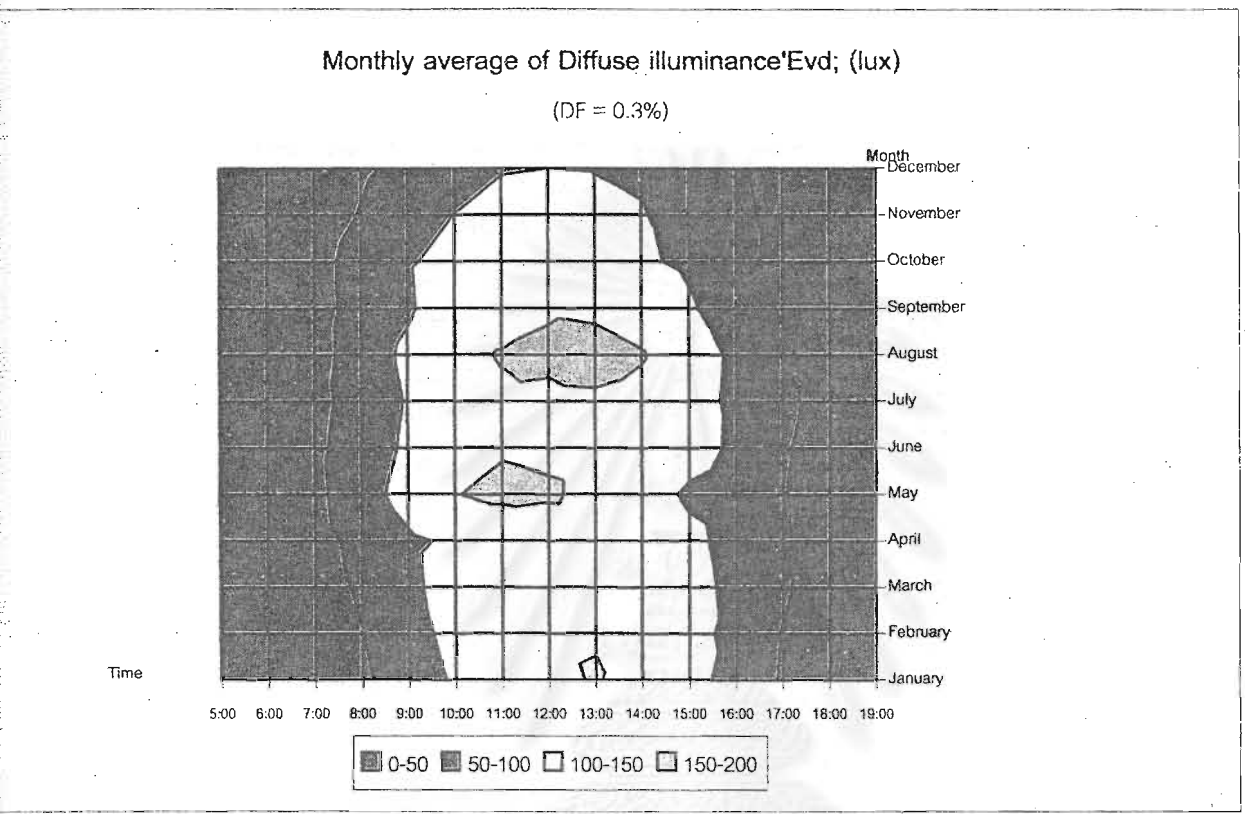
(DF =0.1%)

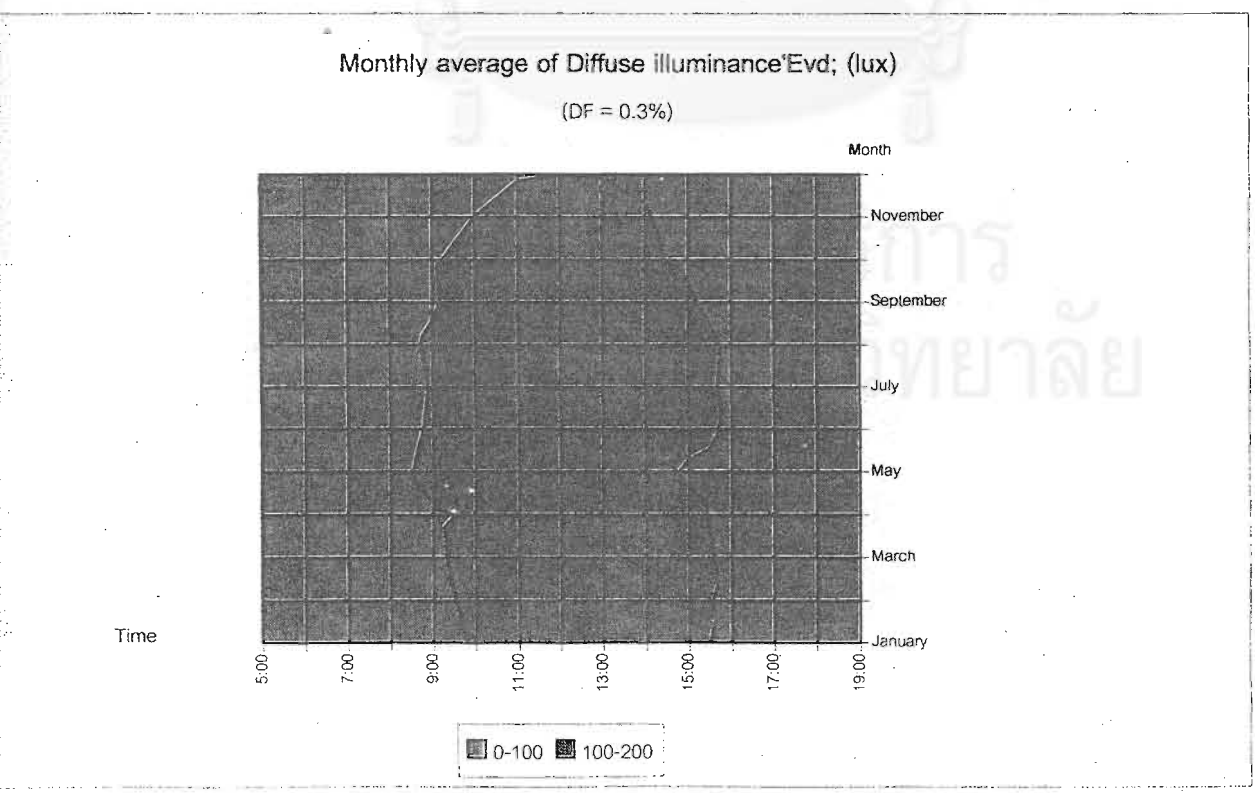


Monthly average of Diffuse illuminance, Evd; (lux)												
Time\Month	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0	9.042858	20.453571	34.280001	37.383333	40.404	36.042858	29.750001	31.255557	30.927273	22.0875	14.259999
8:00	41.262501	48.542856	59.2125	62.894118	80.933334	72.311538	69.964287	74.349999	66.696429	70.595454	52.5375	43.041177
9:00	77.124	86.904546	91.190001	93.052941	118.125	108.3	103.09286	109.84	93.192858	96.062499	78.31875	60.9
10:00	105.2	111.7	119.01	106.57059	147.91667	128.31111	129.50357	140.61	131.30357	113.1	100.3125	74 28
11:00	105.53077	133.23333	127.48966	106.425	162.675	144.8	144.21429	152.29	131.925	124.68261	113.80588	97.582758
12:00	136.25294	141.83077	125.93	116.76	156.9	139.71111	141.73929	158.17241	145.44828	146.7	114.84375	99.972414
13:00	154.38333	146.13461	134.22414	125.4	134.52353	134.736	142.97308	166.71429	141.12857	129.36522	107.25	99.075
14:00	125.31176	130.27778	122.77241	123.49286	125.80588	139.17778	136.00385	153.65357	126.75556	105	102.54	94.944444
15:00	117.21667	112.61111	119.56552	113.94	91.411764	120.72692	115.46539	115.47931	105.57857	93.952173	85.03125	79.464
16:00	81.15	89.322222	86.203449	81.364287	76.411764	91.366668	92.413044	94.334484	77.744445	70.554546	63.66	58.395651
17:00	45.169566	47.612499	57.696	49.59375	52.628571	56.386365	65.345454	61.968	44.46	30.664287	33.9	27.7125
18:00	0	10.2	15.7125	17.566668	20.957142	21.4125	22.866666	19.749999	11.85	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ DF = 0.3%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


Monthly average of Diffuse illuminance'Evd; (lux)
(DF = 0.3%)
Month
December
November
October
September
August
July
June
May
April
March
February
January
Time
5:00 6:00 7:00 8:00 9:00 10:00 11:00 12:00 13:00 14:00 15:00 16:00 17:00 18:00 19:00
0-50 50-100 100-150 150-200


Monthly average of Diffuse illuminance'Evd; (lux)
(DF = 0.3%)
Month
November
September
July
May
March
January
Time
5:00 7:00 9:00 11:00 13:00 15:00 17:00 19:00
0-100 100-200

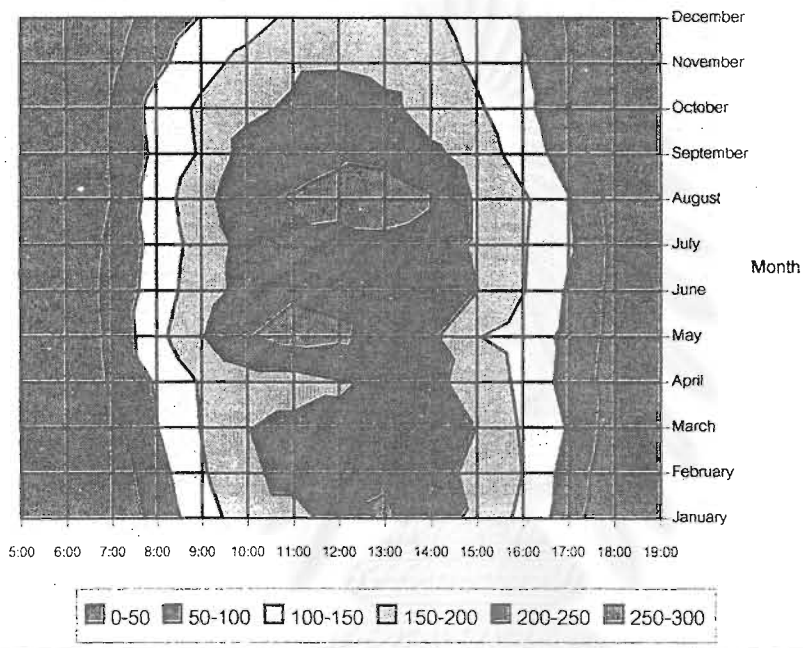
Monthly average of Diffuse illuminance, Evd; (lux)												
Time\Month	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0	15.07143	34.089285	57.133335	62.305555	67.34	60.07143	49.583335	52.092595	51.545455	36.8125	23.766665
8:00	68.770835	80.90476	98.6875	104.82353	134.88889	120.51923	116.60715	123.91667	111.16072	117.65909	87.5625	71.735295
9:00	128.54	144.84091	151.98334	155.08824	196.875	180.5	171.82143	183.06667	155.32143	160.10417	130.53125	101.5
10:00	175.33334	186.16667	198.35	177.61765	246.52778	213.85185	215.83929	234.35	218.83929	188.5	167.1875	123.8
11:00	175.88462	222.05556	212.48276	177.375	271.125	241.33334	240.35715	253.81667	219.875	207.80435	189.67647	162.63793
12:00	227.08824	236.38462	209.88334	194.6	261.5	232.85185	236.23215	263.62069	242.4138	244.5	191.40625	166.62069
13:00	257.30556	243.55769	223.7069	209	224.20588	224.56	238.28846	277.85715	235.21429	215.6087	178.75	165.125
14:00	208.85294	217.12963	204.62069	205.82143	209.67647	231.96297	226.67308	256.08929	211.25926	175	170.9	158.24074
15:00	195.36111	187.68519	199.27586	189.9	152.35294	201.21154	192.44231	192.46552	175.96429	156.58696	141.71875	132.44
16:00	135.25	148.87037	143.67242	135.60715	127.35294	152.27778	154.02174	157.22414	129.57408	117.59091	106.1	97.326085
17:00	75.28261	79.354165	96.16	82.65625	87.714285	93.977275	108.90909	103.28	74.1	51.107145	56.5	46.1875
18:00	0	17	26.1875	29.27778	34.92857	35.6875	38.11111	32.916665	19.75	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ DF = 0.5%

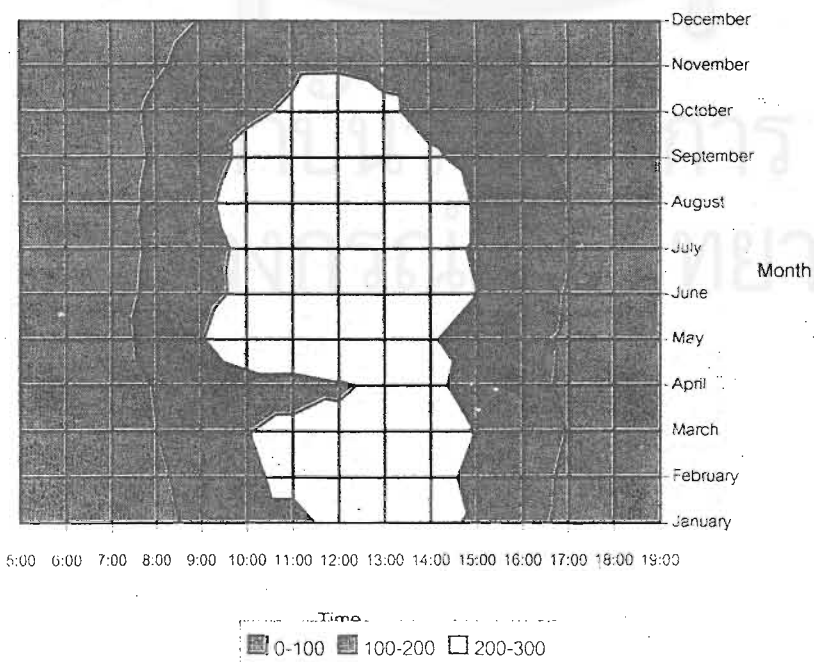
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Monthly average of Diffuse illuminance, Evd; (lux)

(DF=0.5%)



Monthly average of Diffuse illuminance, Evd; (lux)



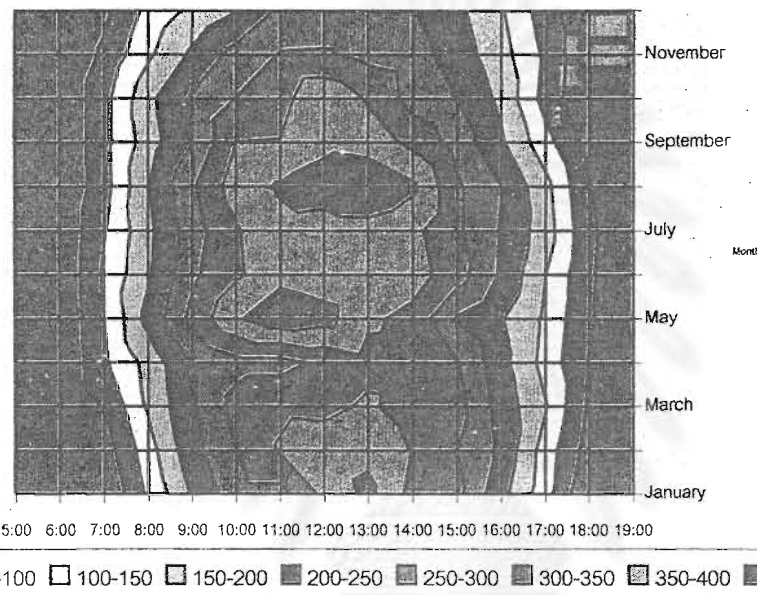
Monthly average of Diffuse illuminance, Evd; (lux)												
Time\Month	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0	24.114288	54.542856	91.413336	99.688888	107.744	96.114288	79.333336	83.348152	82.472728	58.9	38.026664
8:00	110.03334	129.44762	157.9	167.71765	215.82222	192.83077	186.57143	198.26666	177.85714	188.25454	140.1	114.77647
9:00	205.664	231.74546	243.17334	248.14118	315	288.8	274.91429	292.90666	248.51429	256.16666	208.85	162.4
10:00	280.53334	297.86666	317.36	284.18823	394.44445	342.16296	345.34286	374.96	350.14286	301.6	267.5	193.08
11:00	281.41538	355.28889	339.97242	283.8	433.8	386.13334	384.57143	406.10666	351.8	332.48696	303.48235	260.22069
12:00	363.34118	378.21538	335.81334	311.36	418.4	372.56296	377.97143	421.7931	387.86207	391.2	306.25	266.5931
13:00	411.68889	389.6923	357.93103	334.4	358.72941	359.296	381.26154	444.57143	376.34286	344.97391	286	264.2
14:00	334.1647	347.40741	327.3931	329.31429	335.48235	371.14074	362.67692	409.74286	338.01482	280	273.44	253.18518
15:00	312.57778	300.2963	318.84138	303.84	243.7647	321.93846	307.9077	307.94482	281.54286	250.53913	226.75	211.904
16:00	216.4	238.19259	229.87586	216.97143	203.7647	243.64445	246.43478	251.55862	207.31852	188.14546	169.76	155.72174
17:00	120.45218	126.96666	153.856	132.25	140.34286	150.36364	174.25454	165.248	118.56	81.771432	90.4	73.9
18:00	0	27.2	41.9	46.844448	55.885712	57.1	60.977776	52.666664	31.6	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ DF = 0.8%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

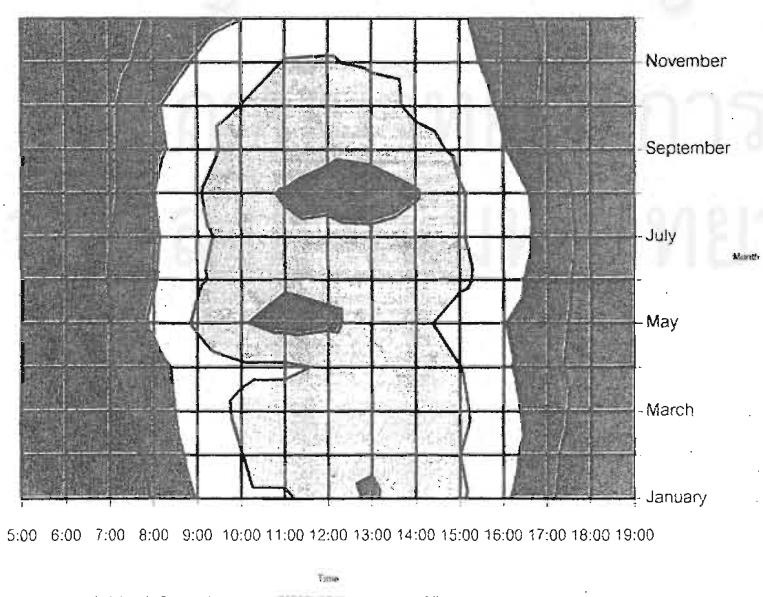
Monthly average of Diffuse illuminance, Evd; (lux)

(DF = 0.8%)



Monthly average of Diffuse illuminance, Evd; (lux)

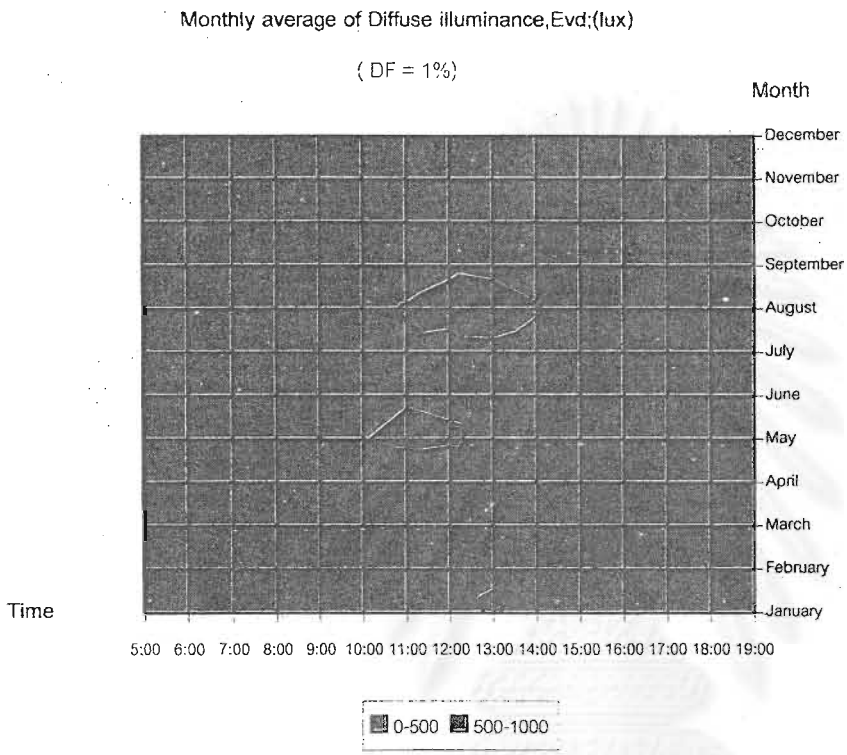
(DF = 0.8%)

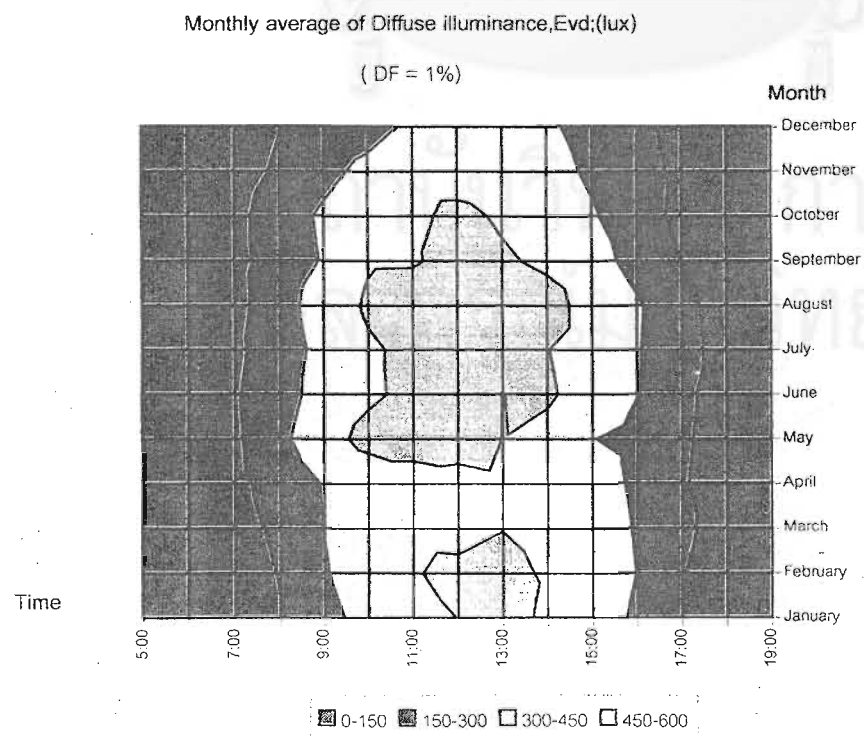


Monthly average of Diffuse illuminance, Evd; (lux)												
ime\Month	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0	30.14286	68.17857	114.26667	124.61111	134.68	120.14286	99.16667	104.18519	103.09091	73.625	47.53333
8:00	137.54167	161.80952	197.375	209.64706	269.77778	241.03846	233.21429	247.83333	222.32143	235.31818	175.125	143.47059
9:00	257.08	289.68182	303.96667	310.17647	393.75	361	343.64286	366.13333	310.64286	320.20833	261.0625	203
10:00	350.66667	372.33333	396.7	355.23529	493.05556	427.7037	431.67857	468.7	437.67857	377	334.375	247.6
11:00	351.76923	444.11111	424.96552	354.75	542.25	482.66667	480.71429	507.63333	439.75	415.6087	379.35294	325.27586
12:00	454.17647	472.76923	419.76667	389.2	523	465.7037	472.46429	527.24138	484.82759	489	382.8125	333.24138
13:00	514.61111	487.11538	447.41379	418	448.41176	449.12	476.57692	555.71429	470.42857	431.21739	357.5	330.25
14:00	417.70588	434.25926	409.24138	411.64286	419.35294	463.92593	453.34615	512.17857	422.51852	350	341.8	316.48148
15:00	390.72222	375.37037	398.55172	379.8	304.70588	402.42308	384.88462	384.93103	351.92857	313.17391	283.4375	264.88
16:00	270.5	297.74074	287.34483	271.21429	254.70588	304.55556	308.04348	314.44828	259.14815	235.18182	212.2	194.65217
17:00	150.56522	158.70833	192.32	165.3125	175.42857	187.95455	217.81818	206.56	148.2	102.21429	113	92.375
18:00	0	34	52.375	58.55556	69.85714	71.375	76.22222	65.83333	39.5	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ DF = 1%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

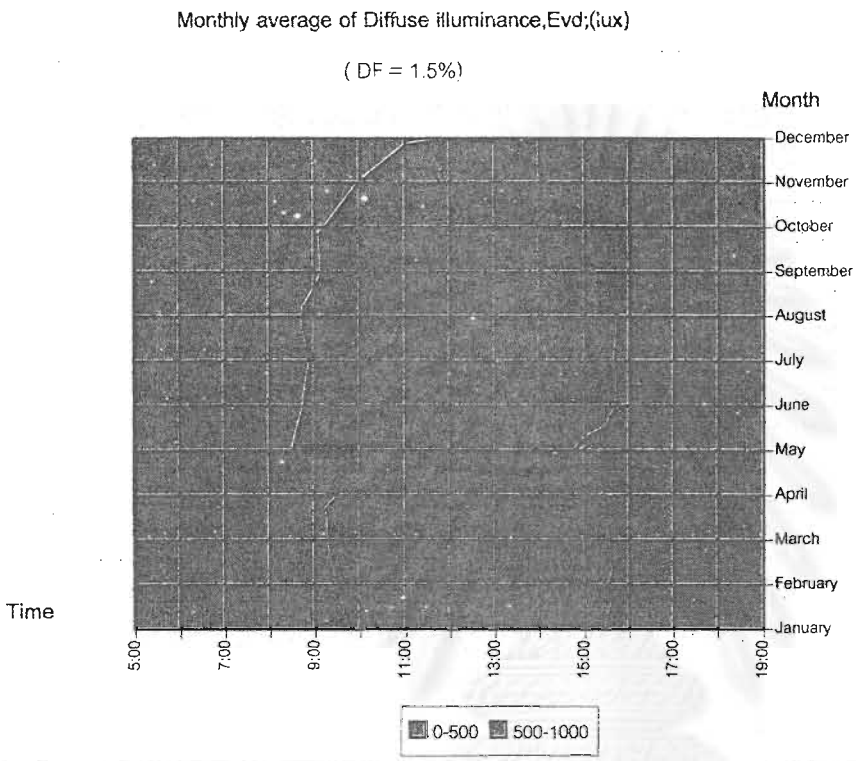

Monthly average of Diffuse illuminance,Evd;(lux)
(DF = 1%)
Month
December
November
October
September
August
July
June
May
April
March
February
January
Time
5:00 6:00 7:00 8:00 9:00 10:00 11:00 12:00 13:00 14:00 15:00 16:00 17:00 18:00 19:00
0-500
500-1000

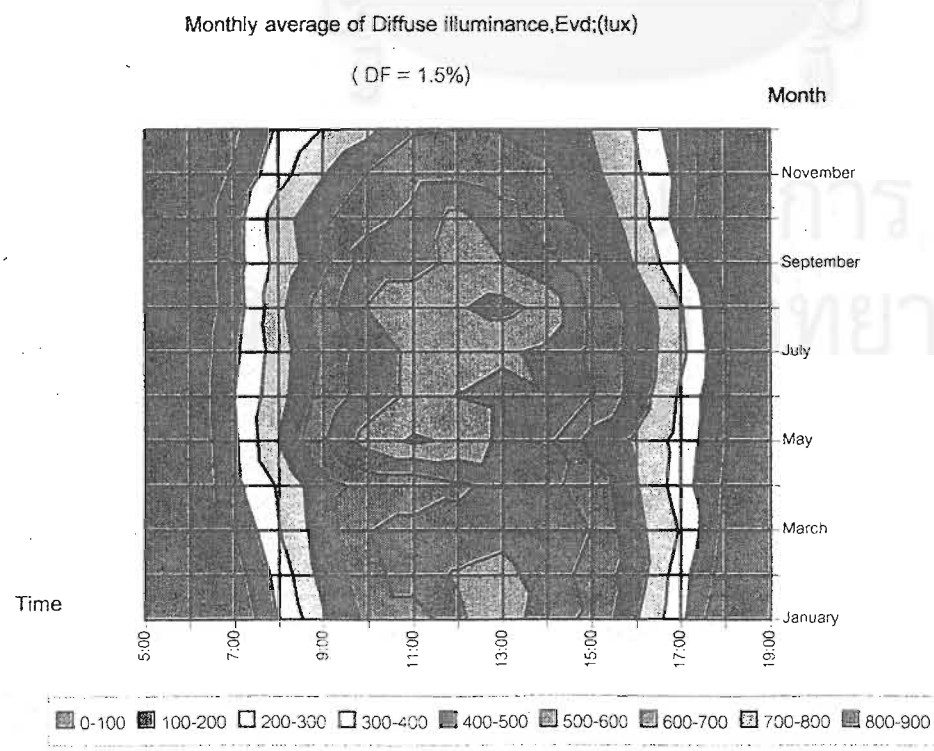

Monthly average of Diffuse illuminance,Evd;(lux)
(DF = 1%)
Month
December
November
October
September
August
July
June
May
April
March
February
January
Time
5:00
7:00
9:00
11:00
13:00
15:00
17:00
19:00
0-150
150-300
300-450
450-600

Monthly average of Diffuse illuminance, Evd; (lux)												
Time\Month	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0	45.21429	102.26786	171.40001	186.91667	202.02	180.21429	148.75001	156.27779	154.63637	110.4375	71.299995
8:00	206.31251	242.71428	296.0625	314.47059	404.66667	361.55769	349.82144	371.75	333.48215	352.97727	262.6875	215.20589
9:00	385.62	434.52273	455.95001	465.26471	590.625	541.5	515.46429	549.2	465.96429	480.3125	391.59375	304.5
10:00	526.00001	559.5	595.05	532.85294	739.58334	641.55555	647.51786	703.05	656.51786	565.5	501.5625	371.4
11:00	527.65385	666.16667	637.44828	532.125	813.375	724.00001	721.07144	761.45	659.625	623.41305	569.02941	487.91379
12:00	681.26471	709.15385	629.65001	583.8	784.5	698.55555	708.69644	790.86207	727.24139	733.5	574.21875	499.86207
13:00	771.91667	730.67307	671.12069	627	672.61764	673.68	714.86538	833.57144	705.64286	646.82609	536.25	495.375
14:00	626.55882	651.38889	613.86207	617.46429	629.02941	695.8889	680.01923	768.26786	633.77778	525	512.7	474.72222
15:00	586.08333	563.05556	597.82758	569.7	457.05882	603.63462	577.32693	577.39655	527.89286	469.76087	425.15625	397.32
16:00	405.75	446.61111	431.01725	406.82144	382.05882	456.83334	462.06522	471.67242	388.72223	352.77273	318.3	291.97826
17:00	225.84783	238.0625	288.48	247.96875	263.14286	281.93183	326.72727	309.84	222.3	153.32144	169.5	138.5625
18:00	0	51	78.5625	87.83334	104.78571	107.0625	114.33333	98.749995	59.25	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ DF = 1.5 %

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


Monthly average of Diffuse illuminance,Evd;(lux)
(DF = 1.5%)
Month
December
November
October
September
August
July
June
May
April
March
February
January
Time
5:00
7:00
9:00
11:00
13:00
15:00
17:00
19:00
0-500
500-1000


Monthly average of Diffuse illuminance,Evd;(lux)
(DF = 1.5%)
Month
November
September
July
May
March
January
Time
5:00
7:00
9:00
11:00
13:00
15:00
17:00
19:00
0-100
100-200
200-300
300-400
400-500
500-600
600-700
700-800
800-900

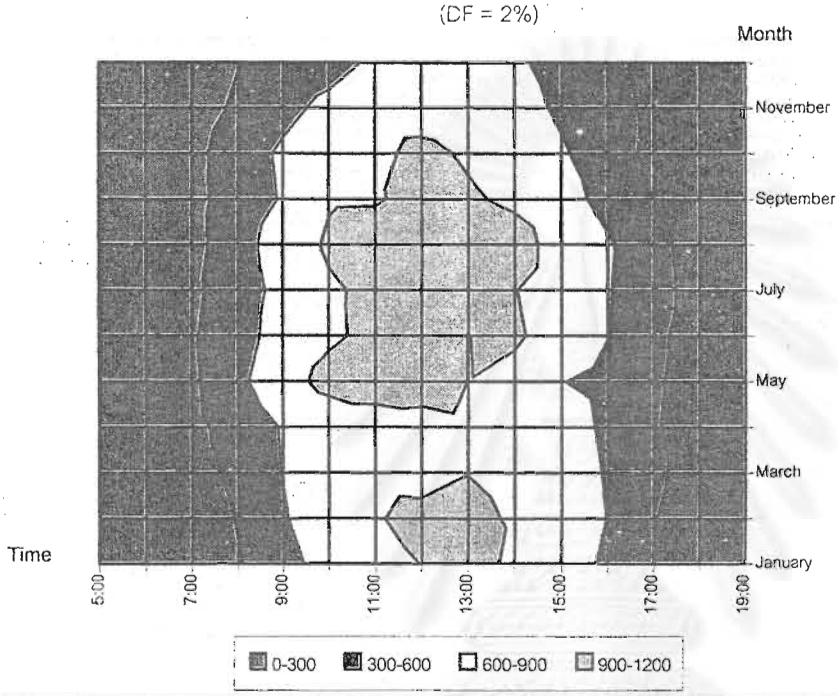
Monthly average of Diffuse illuminance, Evd; (lux)												
Time\Month	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0	60.28572	136.35714	228.53334	249.22222	269.36	240.28572	198.33334	208.37038	206.18182	147.25	95.06666
8:00	275.08334	323.61904	394.75	419.29412	539.55556	482.07692	466.42858	495.66666	444.64286	470.63636	350.25	286.94118
9:00	514.16	579.36364	607.93334	620.35294	787.5	722	687.28572	732.26666	621.28572	640.41666	522.125	406
10:00	701.33334	744.66666	793.4	710.47058	986.11112	855.4074	863.35714	937.4	875.35714	754	668.75	495.2
11:00	703.53846	888.22222	849.93104	709.5	1084.5	965.33334	961.42858	1015.2667	879.5	831.2174	758.70588	650.55172
12:00	908.35294	945.53846	839.53334	778.4	1046	931.4074	944.92858	1054.4828	969.65518	978	765.625	666.48276
13:00	1029.2222	974.23076	894.82758	836	896.82352	898.24	953.15384	1111.4286	940.85714	862.43478	715	660.5
14:00	835.41176	868.51852	818.48276	823.28572	838.70588	927.85186	906.6923	1024.3571	845.03704	700	683.6	632.96296
15:00	781.44444	750.74074	797.10344	759.6	609.41176	804.84616	769.76924	769.86206	703.85714	626.34782	566.875	529.76
16:00	541	595.48148	574.68966	542.42858	509.41176	609.11112	616.08696	628.89656	518.2963	470.36364	424.4	389.30434
17:00	301.13044	317.41666	384.64	330.625	350.85714	375.9091	435.63636	413.12	296.4	204.42858	226	184.75
18:00	0	68	104.75	117.11112	139.71428	142.75	152.44444	131.66666	79	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ DF = 2%

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

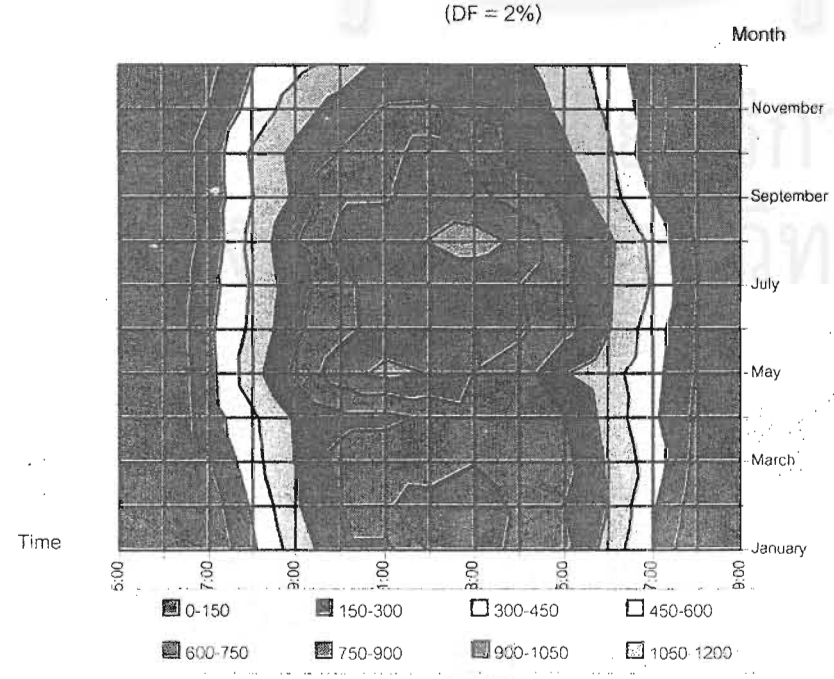
Monthly average of Diffuse illuminance, Evd:(lux)

(DF = 2%)



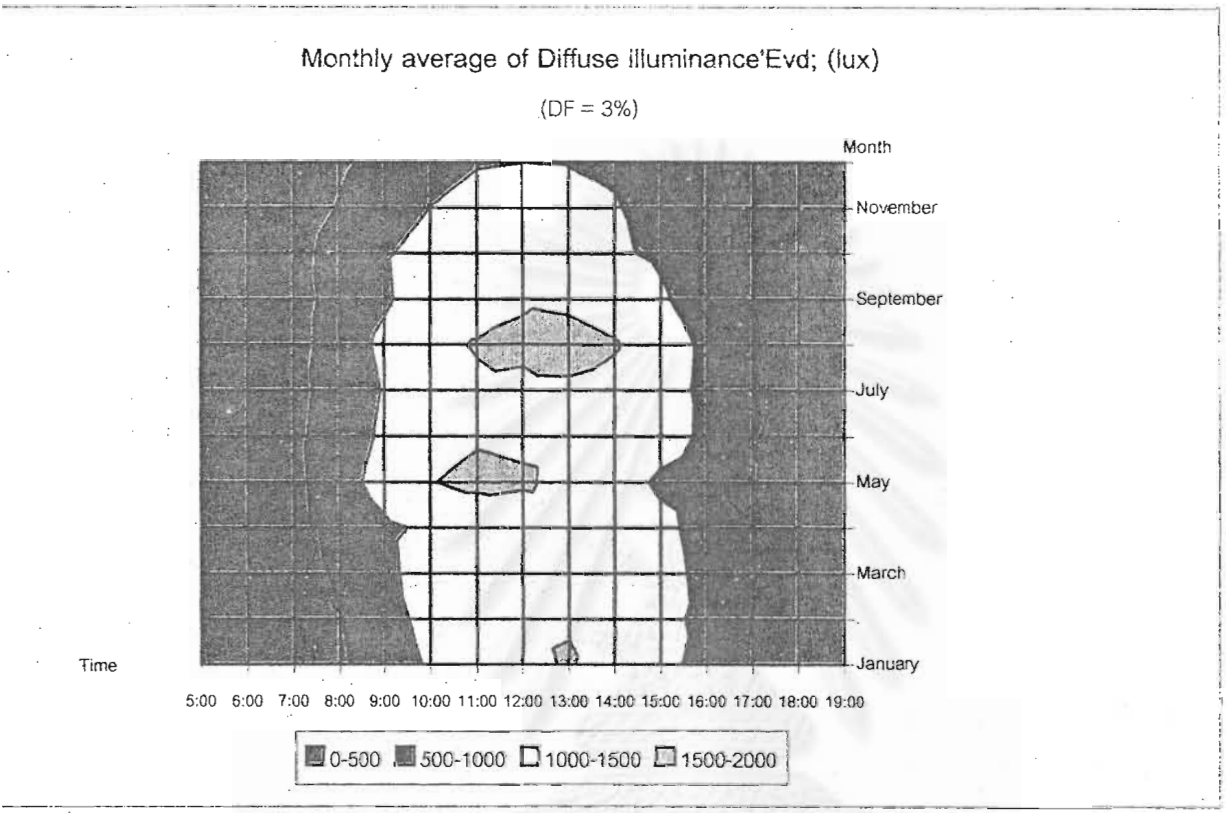
Monthly average of Diffuse illuminance, Evd:(lux)

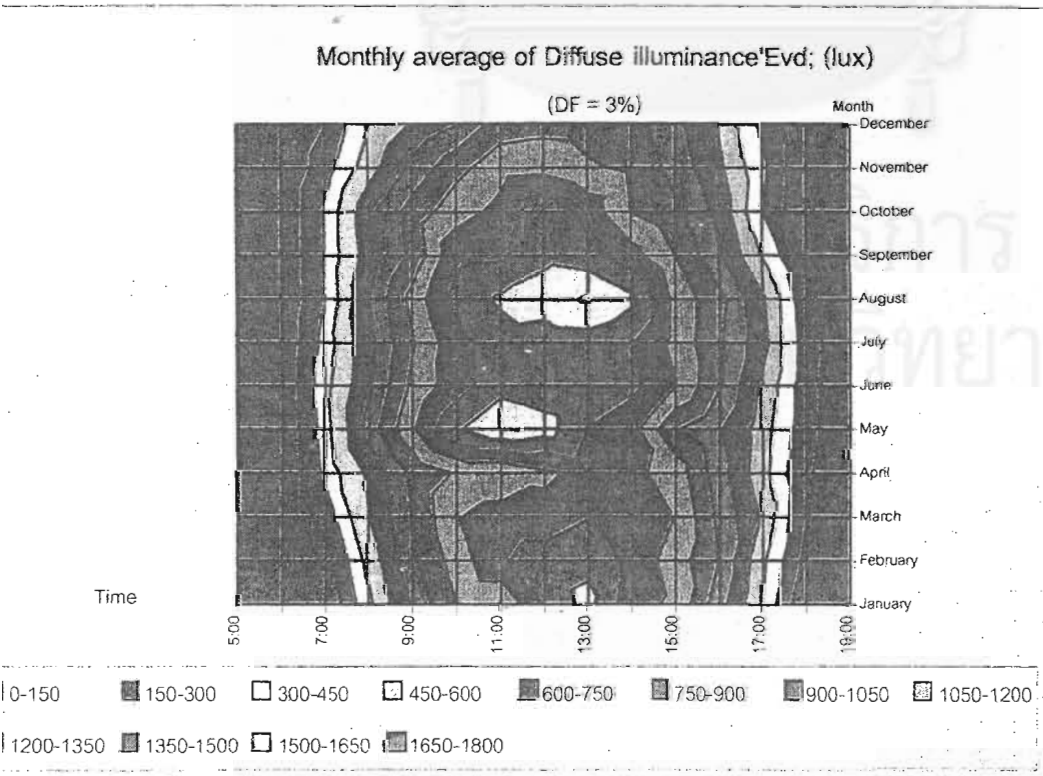
(DF = 2%)



Monthly average of Diffuse illuminance, Evd; (lux)												
Time\Month	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
5:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7:00	0	90.42858	204.53571	342.80001	373.83333	404.04	360.42858	297.50001	312.55557	309.27273	220.875	142.59999
8:00	412.62501	485.42856	592.125	628.94118	809.33334	723.11538	699.64287	743.49999	666.96429	705.95454	525.375	430.41177
9:00	771.24	869.04546	911.90001	930.52941	1181.25	1083	1030.9286	1098.4	931.92858	960.62499	783.1875	609
10:00	1052	1117	1190.1	1065.7059	1479.1667	1283.1111	1295.0357	1406.1	1313.0357	1131	1003.125	742.8
11:00	1055.3077	1332.3333	1274.8966	1064.25	1626.75	1448	1442.1429	1522.9	1319.25	1246.8261	1138.0588	975.82758
12:00	1362.5294	1418.3077	1259.3	1167.6	1569	1397.1111	1417.3929	1581.7241	1454.4828	1467	1148.4375	999.72414
13:00	1543.8333	1461.3461	1342.2414	1254	1345.2353	1347.36	1429.7308	1667.1429	1411.2857	1293.6522	1072.5	990.75
14:00	1253.1176	1302.7778	1227.7241	1234.9286	1258.0588	1391.7778	1360.0385	1536.5357	1267.5556	1050	1025.4	949.44444
15:00	1172.1667	1126.1111	1195.6552	1139.4	914.11764	1207.2692	1154.6539	1154.7931	1055.7857	939.52173	850.3125	794.64
16:00	811.5	893.22222	862.03449	813.64287	764.11764	913.66668	924.13044	943.34484	777.44445	705.54546	636.6	583.95651
17:00	451.69566	476.12499	576.96	495.9375	526.28571	563.86365	653.45454	619.68	444.6	306.64287	339	277.125
18:00	0	102	157.125	175.66668	209.57142	214.125	228.66666	197.49999	118.5	0	0	0
19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

หมายเหตุ DF = 3%


Monthly average of Diffuse illuminance'Evd; (lux)
(DF = 3%)
Month
November
September
July
May
March
January
Time
5:00 6:00 7:00 8:00 9:00 10:00 11:00 12:00 13:00 14:00 15:00 16:00 17:00 18:00 19:00
0-500
500-1000
1000-1500
1500-2000


Monthly average of Diffuse illuminance'Evd; (lux)
(DF = 3%)
Month
December
November
October
September
August
July
June
May
April
March
February
January
Time
5:00
7:00
9:00
11:00
13:00
15:00
17:00
19:00
0-150
150-300
300-450
450-600
600-750
750-900
900-1050
1050-1200
1200-1350
1350-1500
1500-1650
1650-1800

ตารางภาคผนวก ค แสดงเปอร์เซนต์ค่าการสะท้อนและการส่องผ่านของวัสดุที่ใช้ในอาคารกรณีศึกษา

	จุดที่ 1.			จุดที่ 2.			จุดที่ 3.			จุดที่ 4.			จุดที่ 5.			% (เฉลี่ย)
วัสดุ	สะท้อน	ตกกระทบ	%	สะท้อน	ตกกระทบ	%	สะท้อน	ตกกระทบ	%	สะท้อน	ตกกระทบ	%	สะท้อน	ตกกระทบ	%	
พื้นภายนอก																
ทรายล้าง	480	1950	25%	850	3840	22%	1920	8500	23%	830	3320	25%	430	2030	21%	55%
พื้นคอนกรีต	2170	17070	13%	2502	16680	15%	1480	15950	10%	1740	16700	11%	7040	51370	14%	14%
พื้นภายใน																
พื้นแกรนิต	191	294	65%	310	479	65%	144	294	49%	115	257	45%	182	395	46%	55%
กระเบื้องดินเผา	522	1070	48%	247	674	36%	640	2270	28%	1409	4014	35%	650	1912	34%	35%
พื้นหินขัดสีขาว	48.4	76.7	63%	46	82	56%	45.1	73.8	0.61%	56.7	118	48%	63.4	138	46%	53%
พื้นกระเบื้องยางสีขาว	66.8	118	57%	118	262	45%	114	203	56%	95.5	182	52%	100	192	52%	52%
ผนังภายใน																
ฉาบปูนเรียบทาสีขาว	35.7	59.7	60%	35.9	58	62%	19.2	37	52%	90.8	154.7	59%	109	184	59%	59%
ผนังเบาสีครีม	256	402	64%	234	331	71%	87	185	47%	150	238.1	63%	87	185	47%	63%
ผนังเบาสีม่วง	41.6	111	37%	49.8	150	33%	120	303	40%	60	162.16	37%	120	292.68	41%	37%
ฝ้าเพดาน																
ฝ้าเพดาน T-BAR	67.9	84.9	80%	68.3	79.1	86%	74.1	92.5	80%	86	101.18	85%	95.8	104	92%	85%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง. แสดงราคาและค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงอาคารแต่ละแนวทาง

รายละเอียดค่าใช้จ่ายแนวทางการปรับปรุงช่องแสงด้านบนแนวทางที่ 1

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย		ราคารวม
			ค่าของ	ค่าแรง	
1	รายการทุบรื้อหลังคาของเดิม	เหมา	-	-	25000.00
2	หลังคา Metal Sheet	443.1 ตรม.	200	70	119640.00
3	รางน้ำแสตนเลส 6"	151.58 ตรม.	400	75	72000.00
4	ฉนวนกันความร้อน ไมโครไฟเบอร์ หนา 50 มม.	219.89 ตรม.	195	25	48375.00
5	ฝ้าเพดานยิปซั่ม หนา 9 มม.	110.40 ตรม.	170	60	25392.00
6	กระจกเทมเปอร์ใส หนา 10 มม.	21.00 ตรม.	3500	250	78750.00
7	งานโครงหลังคาเหล็ก	406 ม.	20	200	89320.00
8	ค่าขนย้าย	เหมา	-	-	20000.00
9	รื้อถอนฝ้าเพดานแบบตะแกรง	เหมา	-	-	10000.00
10	งานไฟฟ้า	29 ม.	30	12	10000.00
	ค่าดำเนินการ+ กำไร (25 %)				119656.35
	รวม				598281.75
	ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT 7%)				41879.72
	รวมค่าใช้จ่าย				640161.47

รายละเอียดค่าใช้จ่ายแนวทางการปรับปรุงช่องแสงด้านบนแนวทางที่ 2

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย		ราคารวม
			ค่าของ	ค่าแรง	
1	รายการทุบรื้อหลังคาของเดิม	เหมา	-	-	25000.00
2	หลังคา Metal Sheet	443.1 ตรม.	200	70	119640.00
3	รางน้ำแสตนเลส 6"	151.58 ตรม.	400	75	72000.00
4	ฉนวนกันความร้อน ไมโครไฟเบอร์ หนา 50 มม.	219.89 ตรม.	195	25	48375.00
5	ฝ้าเพดานยิปซั่ม หนา 9 มม.	110.40 ตรม.	170	60	25392.00
6	กระจกเทมเปอร์ใส หนา 10 มม.	28.50 ตรม.	3500	250	106875.00
7	งานโครงหลังคาเหล็ก	406 ม.	20	200	89320.00
8	ค่าขนย้าย	เหมา	-	-	20000.00
9	รื้อถอนฝ้าเพดานแบบตะแกรง	เหมา	-	-	10000.00
10	งานไฟฟ้า	29 ม.	30	12	13000.00
	ค่าดำเนินการ+ กำไร (25 %)				125893.80
	รวม				629469.00
	ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT 7%)				44062.83
	รวมค่าใช้จ่าย				673531.83

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดค่าใช้จ่ายแนวทางการปรับปรุงช่องแสงด้านบนแนวทางที่ 3

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย		ราคารวม
			ค่าของ	ค่าแรง	
1	รายการทุบรื้อหลังคาของเดิม	เหมา	-	-	25000.00
2	หลังคา Metal Sheet	443.1 ตรม.	200	70	119640.00
3	รางน้ำแสตนเลส 6"	151.58 ตรม.	400	75	72000.00
4	ฉนวนกันความร้อน ไมโครไฟเบอร์ หนา 50 มม.	219.89 ตรม.	195	25	48375.00
5	ฝ้าเพดานยิปซั่ม หนา 9 มม.	110.40 ตรม.	170	60	25392.00
6	กระจกเทมเปอร์ใส หนา 10 มม.	38.00 ตรม.	3500	250	142500.00
7	งานโครงหลังคาเหล็ก	406 ม.	20	200	89320.00
8	ค่าขนย้าย	เหมา	-	-	20000.00
9	รื้อถอนฝ้าเพดานแบบตะแกรง	เหมา	-	-	10000.00
10	งานไฟฟ้า	29 ม.	30	12	13000.00
	ค่าดำเนินการ+ กำไร (25 %)				134535.75
	รวม				672678.75
	ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT 7%)				47087.51
	รวมค่าใช้จ่าย				719766.26

รายละเอียดค่าใช้จ่ายแนวทางการเจาะช่องแสงด้านข้างเพื่อนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารพื้นที่สำนักงานชั้นลอย

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย		ราคารวม
			ค่าของ	ค่าแรง	
1	รายการทุบรื้อผนังของเดิม	เหมา		200	20,000.00
6	กระจกใส หนา 8 มม.	13 ชุด	2750	250	273,000.00
7	งานเสาเอ็นทับหลัง	เหมา			8,000.00
8	งานทาสีภายนอก		30	30	12,500.00
	งานทาสีภายใน	เหมา			7,000.00
9	งานไฟฟ้า	เหมา			20,000.00
	ค่าดำเนินการ+ กำไร (20 %)				68100.00
	รวม				408600.00
	ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT 7%)				28602.00
	รวมค่าใช้จ่าย				437202.00

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดค่าใช้จ่ายการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง (ค่าการสะท้อน 70%)

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย		ราคารวม
			ค่าของ	ค่าแรง	
1	หิ้งสะท้อนแสง โครงอลูมิเนียมหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียม เคลือบสีขาว(ค่าการสะท้อน 70%)	7 ชุด	2750	250	132,300.00
2	งานไฟฟ้า	เหมา	30	12	5,000.00
	ค่าดำเนินการ+ กำไร (20 %)				27460.00
	รวม				164760.00
	ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT 7%)				11533.20
	รวมค่าใช้จ่าย				176293.20

รายละเอียดค่าใช้จ่ายการเพิ่มหิ้งสะท้อนแสง (ค่าการสะท้อน 80%)

ลำดับที่	รายการ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย		ราคารวม
			ค่าของ	ค่าแรง	
1	หิ้งสะท้อนแสง โครงอลูมิเนียมหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียม เคลือบผิวมัน (ค่าการสะท้อน 80%)	7 ชุด	2750	250	132,300.00
2	งานไฟฟ้า	เหมา	30	12	7,000.00
	ค่าดำเนินการ+ กำไร (20 %)				27860.00
	รวม				167160.00
	ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT 7%)				11701.20
	รวมค่าใช้จ่าย				178861.20

หมายเหตุ ราคาวัสดุที่ใช้เป็นราคากลางของโครงการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่จากบริษัท อินติเกรต คอนสตรัคชั่น เซอร์วิส จำกัด ปี 2543

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายอธินันท์ โสภาพงศ์ เกิดเมื่อวันที่ 24 ธันวาคม 2514 โรงพยาบาลมหาราช จังหวัดนครศรีธรรมราช เข้ารับการศึกษาในระดับประถมที่ โรงเรียนอนุบาลนครศรีธรรมราช ระดับมัธยมที่โรงเรียนเบญจมราชูทิศ จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาสถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต จากมหาวิทยาลัยรังสิต ในปีการศึกษา 2540 และเข้ารับการศึกษาต่อระดับสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคารในปี 2541

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย