การศึกษาการออกแบบเพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ในการส่องสว่างสำหรับส่วนพื้นที่ใช้สอยชั้นใต้ดิน ประเภทอาคารห้างสรรพสินค้า เขตกรุงเทพมหานคร

A STUDY OF DAYLIGHTING DESIGN FOR UNDERGROUND AREA OF SHOPPING MALL BUILDING IN BANGKOK

อรรถสิทธิ์ ชวาลเพชร

ARTTASIT CHAVALPEKIN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2548

ISBN 974-15-1834-9

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาการออกแบบเพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ในการส่องสว่าง สำหรับส่วนพื้นที่ใช้สอยชั้นใต้ดิน ประเภทอาคารห้างสรรพสินค้า เขตกรุงเทพมหานคร

A STUDY OF DAYLIGHTING DESIGN FOR UNDERGROUND AREA OF SHOPPING MALL BUILDING IN BANGKOK

T060562

อรรถสิทธิ์ ชมาฤกษ์

ARTTASIT CHAMARERK

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 60562
วัน,เดือน,ปี - 3 ก.ค. 2549

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

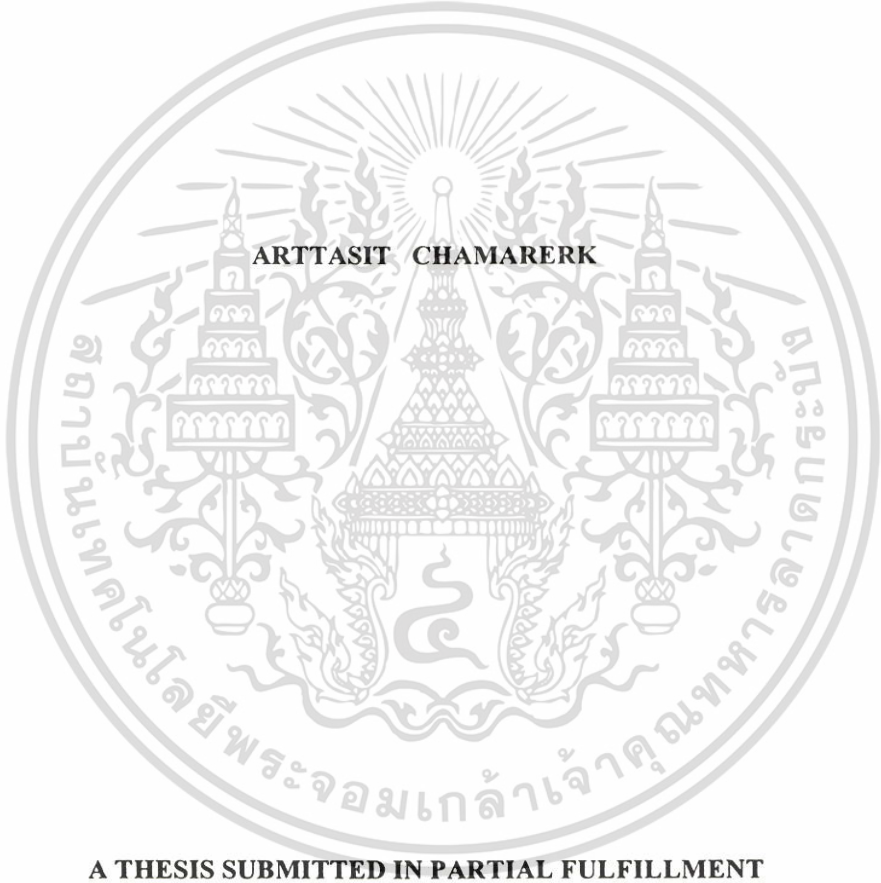
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548

ISBN 974-15-1834-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY OF DAYLIGHTING DESIGN FOR UNDERGROUND AREA OF SHOPPING MALL BUILDING IN BANGKOK

ARTTASIT CHAMARERK



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF TROPICAL ARCHITECTURE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLIGY LADKRABANG

2005

ISBN 974-15-1843-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2005

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาการออกแบบเพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ในการส่องสว่างสำหรับส่วนพื้นที่ใช้สอยชั้นใต้ดินประเภทอาคารห้างสรรพสินค้าเขตกรุงเทพมหานคร
นักศึกษา	นายอรรถสิทธิ์ ชมาฤกษ์
รหัสประจำตัว	43063102
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ. ธีรมน ไวโรจนกิจ

บทคัดย่อ

พื้นที่ใช้สอยชั้นใต้ดินมีปัญหาด้านสภาพแวดล้อมทางกายภาพหลายประการ ด้วยข้อจำกัดตามลักษณะของพื้นที่ ปัญหาที่สำคัญได้แก่ปัญหาการใช้พลังงานในการให้แสงสว่าง การศึกษาการออกแบบเพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ในพื้นที่ใช้สอยชั้นใต้ดิน เป็นแนวทางหนึ่งซึ่งสามารถลดพลังงานในการใช้แสงประดิษฐ์และมีส่วนช่วยในเรื่องสภาวะความสบายในการมองเห็นได้

เมื่อพิจารณาจากลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ใช้สอยชั้นใต้ดิน อาคารประเภทห้างสรรพสินค้าในเขตกรุงเทพมหานคร สามารถแบ่งกลุ่มกรณีศึกษาเป็นสองกลุ่มตามลักษณะของช่องเปิด คือกลุ่มที่ 1 ศึกษาการใช้แสงจากช่องเปิดตามแนวร่นเขตที่ดิน และกลุ่มที่ 2 ศึกษาการใช้แสงจากช่องเปิดด้านบน กลุ่มหุ่นจำลองเพื่อการศึกษาทั้งสองกลุ่มได้ทำการทดสอบภายใต้สภาพท้องฟ้าจริง และในการเลือกรูปแบบที่นำไปใช้ในการออกแบบ จะพิจารณาตามเกณฑ์ของประสิทธิภาพการกระจายแสง, ความเป็นไปได้ในการก่อสร้าง, ตลอดจนความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แสงประดิษฐ์ อีกทั้งยังได้เสนอรูปแบบรายละเอียดการก่อสร้างที่สถาปนิกจะสามารถนำไปพัฒนาให้เหมาะสมกับการออกแบบใช้งานในอาคารจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A Study of Daylighting Design for Underground Area of Shopping Mall Building in Bangkok
Student	Mr. Arttasit Chamarerk
Student ID.	43063102
Degree	Master of Architecture
Programme	Tropical Architecture
Year	2005
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Theramon Wairojanakit

ABSTRACT

The physical condition of a building's underground area causes many problems in the term of environment, the main problem is visual environment and energy consumption. The study of daylighting design for underground area is a way to reduce those problems and encourage visual comfort in underground area.

From the consideration in physical condition of underground area, it divided into 2 groups of cases by lighting direction, 1) Side lighting and 2) Top lighting. The experiment using natural light under real sky condition. Under the examination from the both types we can apply them to most possible case in construction and effectiveness of light diffusion. An architect can apply the concept of this thesis and suit to practical building design.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและการให้คำปรึกษาในการออกแบบเพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้งาน รวมถึงการตรวจสอบผลการทดลองจาก รศ. ธีรมน ไวโรจนกิจ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ต้นสังกัดของผู้วิจัย ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการทำการทดลอง ตลอดจนเพื่อนร่วมงานที่ให้กำลังใจและคำแนะนำมาโดยตลอด

ขอบคุณเพื่อนนักศึกษาที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ หลักสูตรสถาปัตยกรรมเขตร้อน สจล. ที่ช่วยกันแบ่งปันข้อมูลข่าวสารและความรู้เสมอมา และเพื่อนต่างๆสถาบันที่อนุเคราะห์ต่อผู้วิจัยทำให้สามารถเข้าใจในปัญหาหลายประการให้กระจ่างยิ่งขึ้น

ขอบคุณศิษย์ที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้ช่วยเหลือในการวัดค่าและอ่านค่าเครื่องมือตลอดจนทำการบันทึกผลการทดลองตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย และท้ายที่สุด ขอขอบคุณบุคคลในครอบครัวผู้วิจัยที่เข้าใจและให้กำลังใจอย่างใกล้ชิดตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน และขอให้จิตสำนึกในการอนุรักษ์พลังงานและทรัพยากรของโลกอยู่ในใจของมนุษย์ทุกคน

อรรถสิทธิ์ ชมาฤกษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... i

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... ii

กิตติกรรมประกาศ iii

สารบัญ iv

สารบัญตาราง..... vi

สารบัญภาพ viii

สารบัญแผนภูมิ xii

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย 2

1.3 ระเบียบวิธีวิจัย 3

1.4 ขอบเขตการศึกษา 10

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 14

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15

2.1 ทฤษฎีแสง..... 15

2.2 พฤติกรรมของแสง..... 17

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการส่องสว่าง 23

2.4 คุณสมบัติอื่นๆ ของแสง 27

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ 29

2.6 ลักษณะการเปิดช่องเปิดที่มีผลกับสภาพแสงสว่างภายใน 34

2.7 ทฤษฎีการให้ความสว่างแก่อาคารโดยอาศัยแสงประดิษฐ์ 37

2.8 ปริมาณแสงสว่างและรังสีดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อพื้นที่กรุงเทพมหานคร 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.9 รูปแบบของพื้นที่ใช้สอยชั้นใต้ดิน.....43

2.10 การออกแบบหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ใช้ในการทดลอง 47

2.11 การวิเคราะห์เลือกกรณีศึกษาที่ใช้ในการทดลอง 52

2.12 รูปแบบที่ใช้ในการทดลอง 59

2.13 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 71

2.14 หุ่นจำลองที่ใช้ในการวิจัยและการวัดค่าความสว่างภายใน 72

บทที่ 3 ผลการทดลองและแนวทางการพัฒนารูปแบบ 78

2.15 ผลการทดลองกรณีศึกษากลุ่มที่ 1 78

2.16 ผลการทดลองกรณีศึกษากลุ่มที่ 2 103

2.17 ผลการทดลองอื่นๆที่เกี่ยวข้อง 125

2.18 สรุปผลการทดลอง.....143

2.19 แนวทางการออกแบบการให้แสงสำหรับพื้นที่ใช้สอยชั้นใต้ดิน.....145

บทที่ 4 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 150

2.20 บทสรุป 150

2.21 ข้อเสนอแนะ.....156

รายการอ้างอิง.....160

ภาคผนวก 161

ประวัติผู้เขียน 185

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงค่าความส่องสว่าง ในแต่ละพื้นที่ใช้งาน ตามมาตราฐาน CIE 25
2.2 แสดงค่าประมาณ Daylight Factor สำหรับพื้นที่ใช้งานต่าง ๆ 33
2.3 ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างรวมของท้องฟ้าทุก 1 ชั่วโมง 41
2.4 แสดงค่าความถี่ของส่องสว่างภายนอกในแนวระนาบของกรุงเทพฯ(1999-2000) 42
4.1 ผลการทดลองหุ่นจำลองมาตรฐาน กรณีที่ 1 80
4.2 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.1 83
4.3 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.2 86
4.4 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.3 89
4.5 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.4 92
4.6 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.5 95
4.7 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.6 98
4.8 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 105
4.9 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.2 108
4.10 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.3 111
4.11 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.4 114
4.12 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.5 117
4.13 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.6 120
4.14 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 8.00 น. 127
4.15 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 10.00 น. 130
4.16 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 12.00 น. 133
4.17 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 14.00 น. 136
4.18 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 16.00 น. 139
7.1 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือน มกราคม 162
7.2 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือน กุมภาพันธ์ 163
7.3 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือน มีนาคม 164

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

7.4 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือน เมษายน 165
7.5 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือน พฤษภาคม 166
7.6 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือน มิถุนายน 167
7.7 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือน กรกฎาคม 168
7.8 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือน สิงหาคม 169
7.9 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือน กันยายน 170
7.10 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือน ตุลาคม 171
7.11 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือน พฤศจิกายน 172
7.12 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือน ธันวาคม 173
7.13 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 1.1 174
7.14 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 1.2 175
7.15 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 1.3 176
7.16 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 1.4 177
7.17 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 1.5 178
7.18 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 1.6 179
7.19 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 2.1 180
7.20 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 2.2 181
7.21 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 2.3 182
7.22 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 2.4 183
7.23 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 2.5 184

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	แสดงการวัดค่าการสะท้อนของวัตถุ	4
1.2	แสดงตำแหน่งของจุดที่ทำการวัดแสงในผังหุ่นจำลอง	6
1.3	แสดงระดับความสูงของการใช้งาน(Working Plane) ในแนวนอน	6
1.4	รูปตัดแสดงระยะระหว่างพื้น	11
1.5	แสดงระยะของที่จอดรถ	12
2.1	แสดงความถี่ และความยาวคลื่นของพลังงานต่างๆ	15
2.2	พฤติกรรมของแสงเมื่อกระทำกับวัตถุ	17
2.3	การดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง	18
2.4	การสะท้อนของแสงแบบ Specula Reflection	18
2.5	การสะท้อนของแสงแบบกระจาย (Diffuse Reflection)	19
2.6	การสะท้อนของแสงแบบผสม ระหว่างการสะท้อนแบบกระจกเงา และแบบสะท้อนกระจาย	20
2.7	แสงตกกระทบตัวกลาง เกิดการหักเหของแสงแล้วทะลุผ่าน	21
2.8	แสงทะลุผ่านตัวกลาง และทะลุผ่านแบบกระจาย	21
2.9	ปริมาณการส่องสว่าง (Luminous flux)	23
2.10	ความเข้มของการส่องสว่าง เปลี่ยนแปลงไปตามมุมที่ทำกับแนวแกนของแหล่งกำเนิดแสง	24
2.11	แสดงปริมาณการส่องสว่าง 1 cd ตามกฎกำลังสองผกผัน ที่ระยะทางต่างๆ จากแหล่งกำเนิดแสง	26
2.12	ความเปรียบต่าง (contrast) ความส่องสว่างของวัตถุเมื่อเทียบกับสภาพข้างเคียงในการมองเห็นวัตถุ	28
2.13	เสปกตรัมที่มาจากของรังสีดวงอาทิตย์ ที่มีความยาวคลื่นต่างกันสามลักษณะ	31
2.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของห้องและความสูงของช่องเปิด	34
2.15	(ก.) แสดงการเปรียบเทียบความสูงของหน้าต่างที่มีความสัมพันธ์ต่อการส่องผ่านของแสง เข้ามาภายใน	35
	(ข.) แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างของหน้าต่างที่ความสูงแตกต่างกัน	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.16 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างจากการปรับเปลี่ยนความยาวของหน้าต่าง 36
2.17 แสดงการแบ่งส่วนพื้นที่ภายในห้อง 38
3.1 แสดงการจัดผังบริเวณของพื้นที่อาคารห้างสรรพสินค้าทั่วไป....43
3.2 แสดงการจัดผังพื้นที่ชั้นใต้ดินชั้น B1....44
3.3 แสดงการจัดผังพื้นที่ชั้นใต้ดินชั้น B2....44
3.4 แสดงการจัดผังพื้นที่ชั้นใต้ดินชั้น B3....45
3.5 รูปตัดแสดงแสดงการจัดผังพื้นที่ชั้นใต้ดิน....45
3.6 พิจารณารูปแบบการนำแสงธรรมชาติในทิศทางต่างๆมาใช้งานในพื้นที่ชั้นใต้ดิน....46
3.7 แสดงขนาดพื้นที่และรูปแบบการจัดพื้นที่ใช้สอยเพื่อทำการศึกษา....47
3.8 ผังหุ่นจำลองมาตรฐานกลุ่มที่ 1....48
3.9 รูปตัดหุ่นจำลองมาตรฐานกลุ่มที่ 1....49
3.10 แสดงจุดที่ทำการวัดค่าภายใน สำหรับหุ่นจำลองกลุ่มที่ 1....49
3.11 แสดงผังหุ่นจำลองมาตรฐานกลุ่มที่ 2....50
3.12 แสดงรูปตัดหุ่นจำลองมาตรฐานกลุ่มที่ 2....51
3.13 แสดงจุดที่ทำการวัดแสงภายในหุ่นจำลองกลุ่มที่ 2....51
3.14 รูปตัดแสดงการใช้ผนังที่มีค่าสะท้อนแสง....52
3.15 รูปตัดแสดงการใช้ผนังสะท้อนแสงทำมุมกับแนวระนาบ....53
3.16 รูปตัดแสดงการใช้หิ้งสะท้อนแสงแบบที่ 1....53
3.17 รูปตัดแสดงการใช้หิ้งสะท้อนแสงแบบที่ 2....54
3.18 รูปตัดแสดงการใช้หิ้งสะท้อนแสงแบบที่ 3....54
3.19 รูปตัดแสดงการใช้หิ้งสะท้อนแสงแบบที่ 4....55
3.20 แสดงช่องเปิดด้านบนขนาด 2.50 x 5.00 ตารางเมตรรายละเอียดกรณีศึกษาที่ 2.1....56
3.21 แสดงช่องเปิดด้านบนขนาด 5.00 x 5.00 ตารางเมตร รายละเอียดกรณีศึกษาที่ 2.2....56
3.22 รูปตัดแสดงช่องเปิดที่ระยะความสูงจากพื้น 5.00 เมตรรายละเอียดกรณีศึกษาที่ 2.3....57
3.23 รูปตัดแสดงช่องเปิดที่ระยะความสูงจากพื้น 7.50 เมตร รายละเอียดกรณีศึกษาที่ 2.4....57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.24 รูปตัดแสดงช่องเปิด รายละเอียดกรณีศึกษาที่ 2.5 58
3.25 รูปตัดแสดงช่องเปิด รายละเอียดกรณีศึกษาที่ 2.6 58
3.26 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 1.1 59
3.27 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 1.2 60
3.28 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 1.3 61
3.29 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 1.4 62
3.30 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 1.5 63
3.31 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 1.6 64
3.32 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 2.1 65
3.33 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 2.2 66
3.34 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 2.3 67
3.35 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 2.4 68
3.36 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 2.5 69
3.37 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 2.6 70
3.38 แสดงการติดตั้ง Lux Meter เพื่อวัดค่าความสว่างภายในและภายนอก 71
3.39 แสดงหุ่นจำลองกลุ่มกรณีศึกษาที่ 1 73
3.40 แสดงภายในของหุ่นจำลองมาตรฐานกลุ่มกรณีศึกษาที่ 1 74
3.41 แสดงหุ่นจำลองมาตรฐานกลุ่มกรณีศึกษาที่ 2 75
3.42 (ก.) ส่วนของหัวอ่าน (Sensor) (ข.) ส่วนของเครื่องแสดงผล (Monitor) 77
4.1 แสดงจุดวัดแสงภายในหุ่นจำลองกลุ่มที่ 1 79
4.2 รูปตัดแสดงจำนวนชั้นของพื้นที่ใช้สอยในหุ่นจำลอง 79
4.3 แบบแสดงรายละเอียดหุ่นจำลองมาตรฐานกรณีศึกษาที่ 2 104
4.4 ผังแสดงตำแหน่งจุดที่วัดแสงภายในหุ่นจำลอง 2.1 126

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.5 การกระจายแสงด้วยผนังด้านข้าง 143
4.6 การกระจายแสงด้วยช่องเปิดด้านบน 144
4.7 แสดงผังของพื้นที่ทำการศึกษา 145
4.8 แสดงรายละเอียดผังพื้นชั้น B1 โดยเว้นช่องเปิดด้านระยะร่นและช่องเปิดด้านบน 146
4.9 แสดงรายละเอียดผังพื้นชั้น B2 147
4.10 แสดงรายละเอียดผังพื้นชั้น B3 147
4.11 แสดงรายละเอียดรูปตัด A-A 148
4.12 แสดงรายละเอียดรูปตัด B-B 148
4.13 การกระจายแสงด้วยผนังด้านข้างและช่องเปิดด้านบน แสดงในรูปตัด A-A 149
4.14 การกระจายแสงด้วยช่องเปิดด้านบน แสดงในรูปตัด B-B 149
5.1 ผังดวงโคม 152
5.2 ผังการใช้งานดวงโคมชั้น B1 ในเวลากลางวัน 153
5.3 ผังการใช้งานดวงโคมชั้น B2 ในเวลากลางวัน 154
5.4 ผังการใช้งานดวงโคมชั้น B3 ในเวลากลางวัน 155
5.5 แสดงแบบรายละเอียดผัง 157
5.6 แสดงแบบรายละเอียดรูปตัด 158
5.7 แสดงแบบรายละเอียด 1 158
5.8 แสดงแบบรายละเอียด 2 159
5.9 แสดงแบบรายละเอียด 3 159

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ หน้า

1.1 แสดงแนวคิดหลักในการศึกษาและระเบียบวิจัย.....9

4.1 ผลการทดลองหุ่นจำลองมาตรฐาน กรณีที่ 1 81

4.2 ผลการทดลองหุ่นจำลองมาตรฐาน กรณีที่ 1 82

4.3 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.1 84

4.4 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.1 85

4.5 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.2 87

4.6 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.2 88

4.7 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.3 90

4.8 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.3 91

4.9 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.4 93

4.10 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.4 94

4.11 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.5 96

4.12 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.5 97

4.13 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.6 99

4.14 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.6 100

4.15 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 106

4.16 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 107

4.17 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.2 109

4.18 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.2 110

4.19 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.3 112

4.20 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.3 113

4.21 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.4 115

4.22 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.4 116

4.23 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.5 118

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญแผนภูมิ (ต่อ)

แผนภูมิที่ หน้า

4.24 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.5 119

4.25 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.6 121

4.26 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.6 122

4.27 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 8.00 น. 128

4.28 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 8.00 น. 129

4.29 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 10.00 น. 131

4.30 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 10.00 น. 132

4.31 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 12.00 น. 134

4.32 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 12.00 น. 135

4.33 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 14.00 น. 137

4.34 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 14.00 น. 138

4.35 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 16.00 น. 140

4.36 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 16.00 น. 141

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

การให้ความสว่างกับพื้นที่ใช้สอยในอาคารด้วยแสงประดิษฐ์นั้น มีความจำเป็นที่จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ที่ใช้ในประเทศไทยเป็นพลังงานที่แปรรูปมาจากน้ำมันปิโตรเลียมและก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ทดแทนไม่ได้ และมีค่าใช้จ่ายสูง และโดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารขนาดใหญ่ที่มีพื้นที่ใช้สอยมากและมีการใช้งานอย่างต่อเนื่องนั้น เป็นปัญหาสำคัญที่ต้องได้รับความสนใจในการแก้ปัญหาพลังงานที่ต้องสูญเสียไปเป็นจำนวนมาก อีกทั้งค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษาควงโคมซึ่งต้องมีการบำรุงรักษาตามอายุการใช้งาน

การพิจารณาเพื่อนำแสงธรรมชาติ มาใช้ส่องสว่างกับพื้นที่ใช้สอยในอาคารนั้น เป็นแนวทางหนึ่งซึ่งเป็นทางเลือกที่สำคัญและมีผู้นำไปใช้ในงานสถาปัตยกรรมมากขึ้น เนื่องจากแสงธรรมชาติในประเทศไทยนั้นมีประสิทธิภาพการส่องสว่างสูงและสามารถนำมาใช้โดยตรงจากแหล่งกำเนิดแสงโดยไม่ได้มีค่าใช้จ่ายใดๆ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

การให้ความสว่างกับพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารโดยใช้แสงธรรมชาตินั้น เป็นการใช้พลังงานชนิดที่ทดแทนได้ แต่ทั้งนี้ก็มีข้อจำกัดในการใช้งานเนื่องจากแสงธรรมชาติมีปริมาณความเข้มแสงไม่คงที่ในแต่ละเวลาและแต่ละวัน ซึ่งต้องการการควบคุมปริมาณและทิศทางของแสงที่เข้ามา เพราะอาจก่อให้เกิดปัญหาอื่นๆตามมาเช่น ปริมาณแสงที่เข้ามาตกกระทบในพื้นที่ที่ต้องการมีปริมาณมากเกินไปหรือน้อยเกินไป, ปัญหาความไม่สม่ำเสมอของการกระจายแสง, ปัญหาการเกิดแสงจ้า อันเนื่องมาจากทิศทางและปริมาณแสง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาในการให้แสงธรรมชาติ กับพื้นที่ชั้นใต้ดินของอาคารประเภทห้างสรรพสินค้านั้น ต้องการคำตอบและวิธีการที่เหมาะสมกับประเภทอาคาร โดยเฉพาะพื้นที่ชั้นใต้ดินนั้นมีโอกาสในการรับแสงธรรมชาติในทิศทางเดียว ซึ่งเป็นข้อจำกัดสำคัญในการออกแบบและการเลือกวิธีการที่เหมาะสม การศึกษากฎหมายและข้อกำหนด ในเรื่องระยะร่นตลอดจนช่องเปิดตามที่กฎหมายกำหนดจะสามารถนำเอาลักษณะของอาคารที่ต้องออกแบบตามกฎหมายนี้ มาทำให้เกิดประโยชน์และเอื้ออำนวยต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ได้อีกวิธีหนึ่ง นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงคุณภาพและทิศทางของแสงที่จะนำมาใช้ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. ศึกษาหาตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้แสงธรรมชาติ ในพื้นที่ชั้นใต้ดินอาคารประเภทห้างสรรพสินค้า เขตกรุงเทพมหานคร
   - การออกแบบช่องเปิด, ส่วนประกอบอาคาร, การเว้นระยะร่นในการก่อสร้าง ที่สามารถนำแสงธรรมชาติจากระดับเหนือพื้นที่ก่อสร้าง ลงไปใช้งานในระดับชั้นใต้ดิน โดยอ้างอิงและสัมพันธ์กับข้อกำหนดทางกฎหมายที่บังคับใช้ เช่น ระยะร่นจากเขตที่ดิน, ปริมาณและขนาดช่องเปิดเมื่อเทียบสัดส่วนกับพื้นที่ใช้สอย
   - การนำคุณสมบัติของการกระจายแสงทางอ้อมของวัสดุและส่วนประกอบภายในอาคาร มาใช้ในลักษณะต่างๆ
2. ศึกษาหารูปแบบการใช้แสงธรรมชาติแบบสม่ำเสมอของพื้นที่ใช้สอยชั้นใต้ดินอาคารประเภทห้างสรรพสินค้า ที่ระดับการส่องสว่างชั้นต่างๆ โดยวิธี เดย์ไลท์ แฟคเตอร์ (Daylight Factor Method : DF) เพื่อเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบกับแสงในทิศต่างๆ แต่ละช่วงวันเวลาที่ต่างกันออกไป
3. ศึกษาเปรียบเทียบความคุ้มค่ากับกรณีที่ใช้แสงประดิษฐ์ และความคุ้มค่าในการก่อสร้างอุปกรณ์เพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้งานในพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษานี้เป็นการศึกษาในเชิงการทดลอง และพิจารณาออกแบบเพื่อหาแนวทางในการให้แสงธรรมชาติกับพื้นที่ชั้นใต้ดินของอาคารห้างสรรพสินค้าเขตกรุงเทพมหานคร การศึกษาค้นคว้าลักษณะเฉพาะของอาคารประเภทนี้ในการก่อสร้างจริงและกฎหมายต่างๆที่มีผลต่อรูปแบบอาคาร เช่น ระยะร่น, การกำหนดขนาดช่องเปิดเพื่อการระบายอากาศ, ระยะความสูงระหว่างชั้น, ซึ่งสามารถนำมาพัฒนาเป็นรูปแบบตัวอย่าง เพื่อทำการทดลองหารูปแบบที่เหมาะสมต่อการให้แสงธรรมชาติอย่างสม่ำเสมอให้กับพื้นที่ใช้สอย หลังจากนั้นก็นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการวิเคราะห์และหาข้อสรุปต่อไป

สำหรับขั้นตอนการทำการศึกษาวิจัย, ระเบียบวิธีวิจัย, ได้กำหนดเป็นหัวข้อและแสดงในแผนภูมิที่ 1.1 มีรายละเอียดขั้นตอนการศึกษาวิจัยดังนี้

1.3.1 ขั้นตอนการศึกษาค้นคว้า

ทำการศึกษาลักษณะเฉพาะของอาคารประเภทห้างสรรพสินค้าในเขตกรุงเทพมหานคร เพื่อนำมาสร้างหุ่นจำลองทั้งแบบ หุ่นจำลองย่อขนาด และภาพจำลองสามมิติเพื่อใช้ทำการศึกษาเรื่องแสงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ นอกจากนั้นยังต้องทำการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษาจาก

- หนังสือ
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- บทความและสื่อพิมพ์ต่างๆ
- อาคารตัวอย่างที่มีอยู่จริง

การเลือกรูปแบบอาคารที่ทำการศึกษา พิจารณาจาก

- การให้แสงและการออกแบบการส่องสว่างในพื้นที่ชั้นใต้ดินที่เพียงพอต่อการใช้สอยแต่ละชนิดการใช้งาน
- การแก้ปัญหาเรื่องการเกิดแสงแยงตา และการเกิดความแตกต่างของระดับความสว่าง

ศึกษาถึงประเภทและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับความสว่างภายในพื้นที่ชั้นใต้ดินอาคารว่าประกอบด้วยปัจจัยใดบ้าง ทำการแยกเป็นกลุ่มอย่างมีหลักเกณฑ์ จัดเป็นรูปแบบมาตรฐานเพื่อความสะดวกในการควบคุมตัวแปรในการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 ขั้นตอนเตรียมการทดลอง

ส่วนการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองแสง

1. เตรียมหุ่นจำลองมาตราส่วน ขนาด 1:10 (ดูรายละเอียดจากขอบเขตการศึกษา) ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนวัสดุภายในและอุปกรณ์ภายนอกได้ง่าย
2. เตรียมวัสดุต่างๆที่ใช้เป็นตัวแปรตนที่ในการทดลอง โดยตรวจสอบคุณสมบัติวัสดุที่ใช้ภายในหุ่นจำลองคือ พื้น, ผนัง, เพดาน, เสา, โดยใช้กระดาษผิวหยาบขรุขระ (Diffuse Surface) เสมือนเป็นผิวภายในอาคารที่ใช้จริงทั่วไป ตัวสะท้อนแสงใช้วัสดุผิวเรียบขัดมัน (Specular Surface) และวัสดุผิวหยาบขรุขระ ซึ่งมีคุณสมบัติการสะท้อนแสง (Reflectance) ตรวจสอบโดยใช้เครื่องวัดแสงวัดปริมาณแสงที่ตกกระทบบนระนาบวัสดุเทียบกับปริมาณแสงสะท้อนจากวัสดุนั้นๆ ในระนาบและระดับเดียวกัน และสรุปผลเป็นค่าร้อยละของการสะท้อนแสงของวัสดุ

รูปที่ 1.1 แสดงการวัดค่าการสะท้อนของวัตถุ

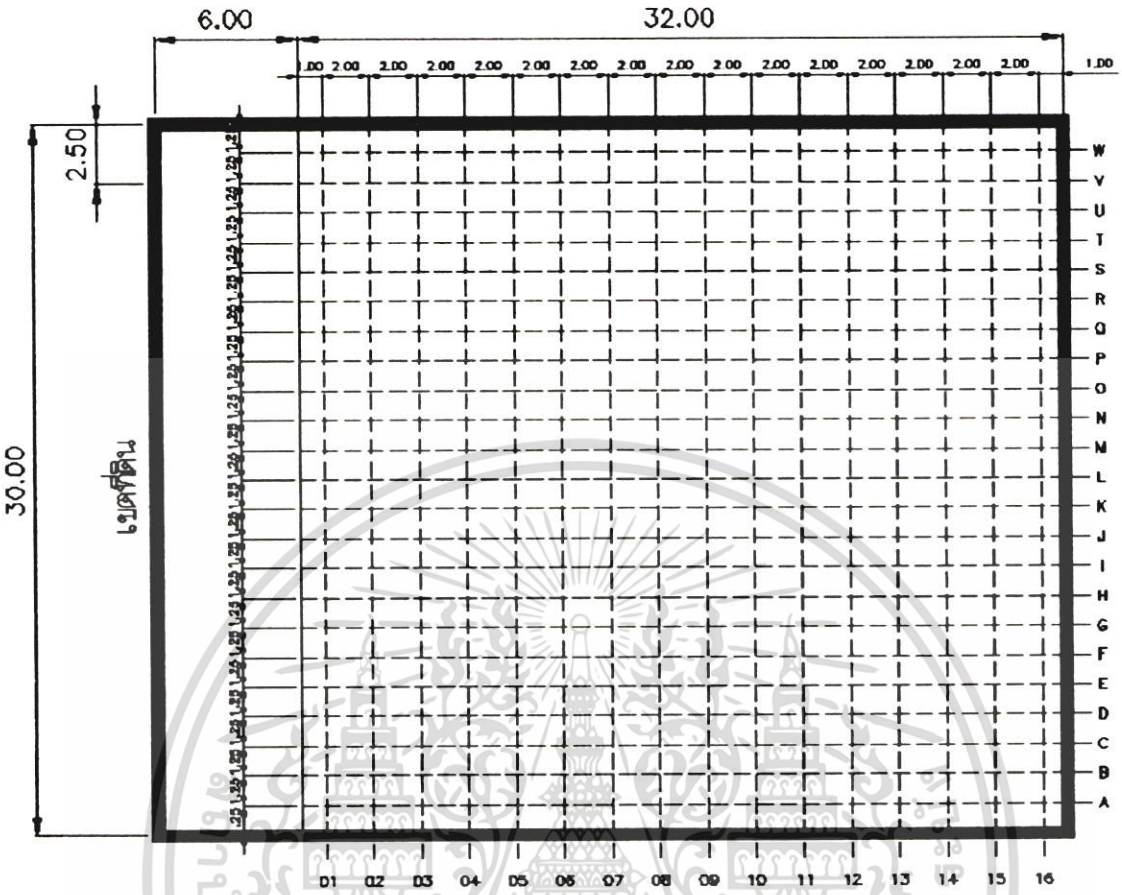
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย
   - เครื่องวัดค่าความส่องสว่าง ลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter) เพื่อทำการวัดค่าระดับความส่องสว่างภายนอก ที่ตกกระทบลงบนระนาบแนวนอน ไม่รวมรังสีควงอาทิตย์
   - เครื่องมือบันทึกภาพขณะทำการทดลอง

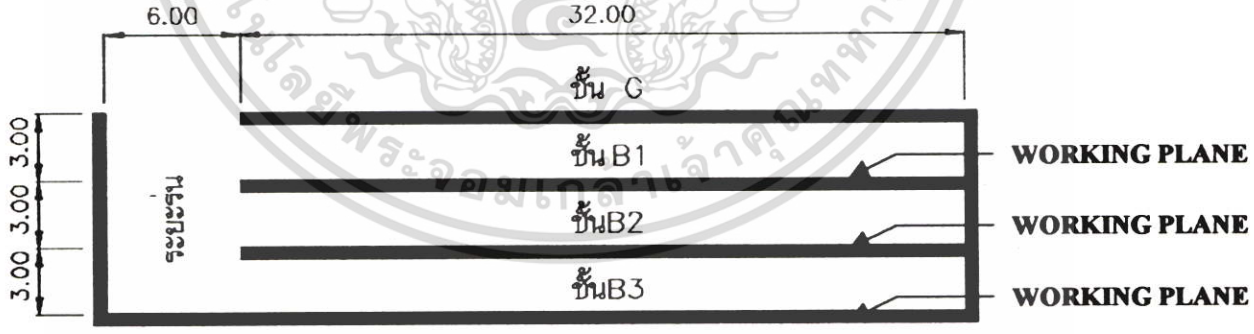
1.3.3 ขั้นตอนทำการทดลอง

1. ในงานวิจัยส่วนการใช้หุ่นจำลองนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวัดลักษณะการกระจายแสงภายในหุ่นจำลอง โดยทำการศึกษาในสภาพท้องฟ้าจริง เน้นลักษณะท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) เป็นหลัก เนื่องจากเป็นท้องฟ้าที่มีความถี่ในการเกิดสูงที่สุดในประเทศไทย (กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา) นอกจากนี้แล้ว ยังทำการทดลองในท้องฟ้าแบบ Clear Sky เพื่อทำการวัดค่า Daylight Factor ของช่องเปิดแบบต่างๆเพื่อเป็นการเปรียบเทียบ
2. ใช้เครื่องมือวัดค่าความสว่าง (Lux Meter) ที่อ่านค่าความสว่างเป็นลักซ์ (Lux) วัดระดับค่าความสว่างภายนอกที่สภาพท้องฟ้าแบบต่างๆ ได้แก่ สภาพท้องฟ้าแบบโปร่งไม่มีเมฆ (Clear Sky) สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) และสภาพท้องฟ้าแบบปกคลุมด้วยเมฆและไม่มองเห็นแหล่งกำเนิด (Overcast Sky)
3. วัดค่าความสว่างภายในหุ่นจำลองในเวลาเดียวกันกับการวัดค่าความสว่างจากท้องฟ้า โดยทำการวัดที่ระนาบนอน ณ. จุดที่กำหนดระดับการใช้งาน ที่ระดับพื้นห้อง ของพื้นอาคารทั้งสามชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 แสดงตำแหน่งของจุดที่ทำการวัดแสงในผังหุ่นจำลอง



รูปที่ 1.3 แสดงระดับความสูงของการใช้งาน (Working Plane) ในแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าความสว่างจากหุ่นจำลองในข้อ 3 มาเปรียบเทียบว่าตัวแปรใดที่ให้ลักษณะการกระจายแสง (Daylight Distribution) ณ. ตำแหน่งการใช้งานที่มีความสม่ำเสมอ (Uniform) และเพียงพอ บน Working Plane ที่กำหนดไว้และเหมาะสมที่สุด
5. นำผลจากการทดลอง มาคำนวณหาค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ในแต่ละจุด เพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้ในสภาพท้องฟ้าจริงในขั้นตอนต่อไป

1.3.4 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการนำประโยชน์จากแสงธรรมชาติมาใช้ จึงจำเป็นต้องทราบค่าความส่องสว่างของแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้ามาภายในอาคาร ได้แก่ข้อมูลความส่องสว่างของท้องฟ้าทั้งแนวตั้งและแนวนอน ที่เกิดจากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องผ่านชั้นบรรยากาศโลกในช่วงคลื่นที่มองเห็นได้ และขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของชั้นบรรยากาศเช่น ปริมาณเมฆ, ความชื้นในบรรยากาศ, ฝุ่นละออง, ในอันที่จะเพิ่มหรือลดความสว่างภายนอก ในกรณีนี้ จะใช้ข้อมูลของจังหวัดกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี มาเป็นข้อมูลในการเทียบเคียงค่าเดย์ไลท์ แฟคเตอร์ ที่ทำการวัดได้จากหุ่นจำลองมาตรฐานแบบต่าง ณ. ทิศทางต่างๆ เพื่อนำมาทำนายแสงที่เกิดขึ้นตลอดปี

1.3.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์

นำข้อมูลค่าความส่องสว่างจากสภาพท้องฟ้าจริงแบบต่างๆ มาใช้ประกอบกับค่าเดย์ไลท์ แฟคเตอร์ที่วัดได้จากหุ่นจำลอง ทำให้สามารถได้ค่าการส่องสว่าง ภายในสภาพท้องฟ้าจริงลักษณะต่างๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมของการกำหนดระยะร่น, ระยะความสูง, ขนาดช่องเปิดขององค์ประกอบอาคาร โดยยึดถือตามข้อจำกัดทางกฎหมายควบคุมอาคาร

และจากเกณฑ์ในการพิจารณาในขั้นตอนการทดลอง หาผลสรุปของระดับความส่องสว่างภายในอาคารและลักษณะการกระจายแสงที่ได้จากเทคนิคต่างๆ และวิเคราะห์เปรียบเทียบความเหมาะสมของการให้แสงแบบต่างๆว่ามีผลต่อปริมาณความส่องสว่างภายในแตกต่างกันอย่างไร โดยกำหนดให้ปริมาณความส่องสว่างแนวนอนสม่ำเสมอตามค่าความสว่างมาตรฐานของพื้นที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้หาข้อสรุปถึงระยะและขนาดต่างๆที่มีผลต่อปริมาณความส่องสว่างแล้ว จะเป็นการวิเคราะห์ถึงการเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะสมเช่น บ่อแสง (Light Well) หรืออุปกรณ์กระจายแสง (Light Shelves) หรือการเลือกใช้วัสดุ มาพิจารณา เพื่อให้เกิดความเหมาะสมในแต่ละกรณี และนอกเหนือจากปริมาณการส่องสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งาน ยังต้องพิจารณาถึงการป้องกันการเกิดแสงแยงตา และความแตกต่างของระดับแสงที่เกินกว่าระดับที่กำหนดอีกด้วย

1.3.6 ขั้นตอนการประเมินผล

เกณฑ์ในการประเมินผล เพื่อกำหนดแนวทางการออกแบบ พิจารณาจาก การประเมินผลลักษณะของแสงที่เกิดขึ้นจากการใช้เทคนิคลักษณะต่างๆ

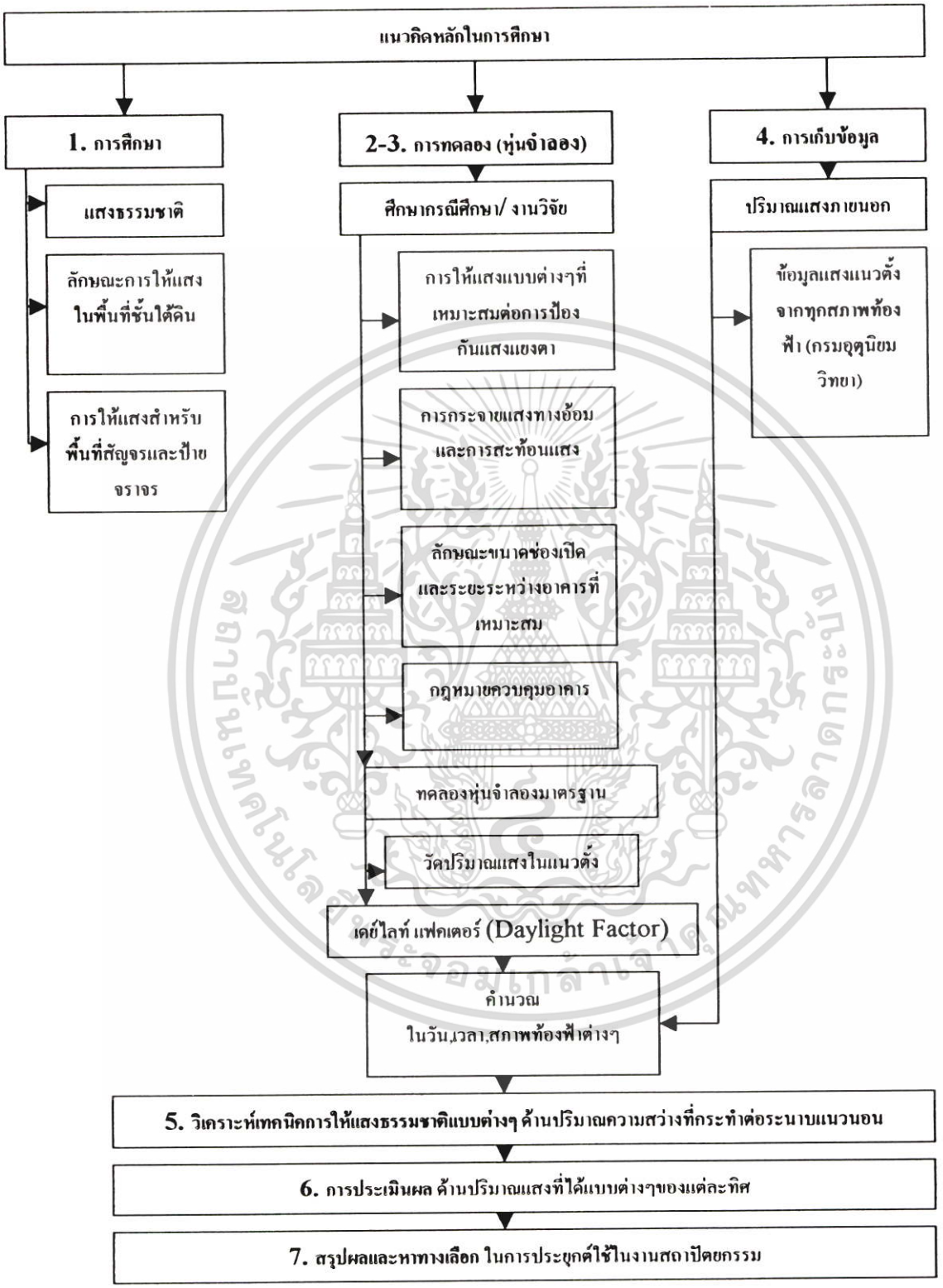
รูปแบบของแนวทางการออกแบบช่องเปิด, ระยะร่น, การใช้อุปกรณ์ ต้องไม่ขัดกับข้อกำหนดทางกฎหมายการควบคุมอาคารในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และมีความเป็นไปได้ในการก่อสร้าง

1.3.7 ขั้นตอนการสรุปผลแนวทางในการออกแบบ

การสรุปผลแนวทางในการออกแบบนั้น ต้องสามารถใช้เทคนิคควบคุมการให้แสงธรรมชาติในพื้นที่ชั้นใต้ดิน อาคารประเภทห้างสรรพสินค้า เขตร้อนชื้น ที่สามารถมีความเป็นไปได้ในการก่อสร้างและใช้งานได้จริง อีกทั้งทำการเปรียบเทียบกับการใช้แสงประดิษฐ์ในพื้นที่เดียวกัน โดยทำการเปรียบเทียบถึงความคุ้มค่าในการใช้งาน รวมทั้งข้อเสนอแนะและทางเลือกในการนำไปประยุกต์ใช้กับงานออกแบบทางสถาปัตยกรรมในรูปแบบอื่นๆได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผนภูมิ 1.1 แสดงแนวคิดหลักในการศึกษาและระเบียบวิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขอบเขตการศึกษา

เนื่องจากการศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง เพื่อหาข้อสรุปว่าเทคนิคการออกแบบลักษณะต่างๆมีผลอย่างไร ต่อสภาพแสงในพื้นที่ชั้นใต้ดินของอาคารประเภทห้างสรรพสินค้าในเขตกรุงเทพมหานคร ภายใต้กฎหมายการควบคุมอาคาร จึงได้กำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

- ศึกษาวิจัยในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้นที่ละติจูด 14 องศาเหนือ ของจังหวัดกรุงเทพมหานคร ช่วงเดือน สิงหาคม ปี พ.ศ. 2547 - มีนาคม พ.ศ. 2548
- ศึกษาการใช้แสงในลักษณะที่เป็นแสงกระจาย (Indirect Light) ภายในพื้นที่ชั้นใต้ดินอาคารประเภทห้างสรรพสินค้า เพื่อให้ปริมาณแสงภายในของพื้นที่มีความสม่ำเสมอและเพียงพอต่อการใช้งานทั้งในส่วนของแสงในแนวนอนบริเวณทางสัญจรและพื้นที่จอดรถ ซึ่งมีความต้องการแสงอยู่ที่ประมาณ 50 - 100 ลักซ์ (Robert Prouse, IALD, IES; H.M. Brandston & Partners, Inc.; New York, New York)
- " อาคารห้างสรรพสินค้า" ในงานวิจัยนี้ หมายถึง อาคารพาณิชยกรรมที่มีรูปแบบการใช้งานเป็นที่ขายหรือแสดงสินค้าตามกฎกระทรวงฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2517) ที่ปลูกสร้างภายใต้ของขอบเขตพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร, พระราชกฤษฎีกาซึ่งออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร, กฎกระทรวง, ประกาศกรุงเทพมหานคร, เทศบัญญัติและข้อบัญญัติซึ่งออกโดยกรุงเทพมหานคร, ประกาศกรุงเทพมหานคร ระเบียบกรุงเทพมหานคร คำสั่งกรุงเทพมหานคร, พระราชบัญญัติการผังเมือง, พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
- พื้นที่ชั้นใต้ดินของอาคารห้างสรรพสินค้าในเขตกรุงเทพมหานครในงานวิจัยนี้ มีลักษณะการใช้งานเป็นส่วนพื้นที่จอดรถ, พื้นที่ขนถ่ายสินค้า, และห้องเครื่องวิศวกรรมงานระบบ โดยสัดส่วนการใช้งานส่วนใหญ่เป็นพื้นที่จอดรถและทางสัญจรโดยใช้ยานพาหนะ
- การเลือกใช้อุปกรณ์ในการให้แสง จะเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีความเป็นไปได้ในการก่อสร้างในประเทศ, เหมาะสมกับความคุ้มค่าทางการลงทุน, และใช้เป็นองค์ประกอบอาคารได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปรต้น

หุ่นจำลองมาตรฐาน มีตัวแปรต้นดังนี้

1. **ระยะระหว่างพื้นอาคารส่วนชั้นใต้ดินถึงฝ้าเพดาน กำหนดให้ 2.50 เมตร (กฎกระทรวงฉบับที่ 41 พ.ศ. 2537 กำหนดให้ระยะของอาคารจอดรถไม่ต่ำกว่า 2.10 เมตร) เมื่อรวมระยะสำหรับงานวิศวกรรมโครงสร้างและงานระบบ 0.50 ม. ทำให้ระยะจากพื้นถึงพื้นกำหนดไว้ที่ 3.00 เมตร**

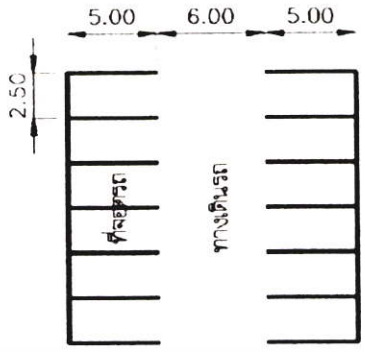
รูป 1.4 รูปตัดแสดงระยะระหว่างพื้น

2. **อาคารห้างสรรพสินค้าในเขตกรุงเทพมหานครในงานวิจัย กำหนดให้เป็นอาคารขนาดใหญ่ (มีพื้นที่ใช้งานเกิน 1,000 ตารางเมตรในชั้นเดียว : กฎกระทรวงฉบับที่ 7 พ.ศ. 2517) มีเขตที่ดินด้านใดด้านหนึ่งมีระยะไม่ต่ำกว่า 20.00 เมตร กำหนดให้มีระยะร่นจากเขตที่ดิน 6.00 เมตร**

3. **ที่จอดรถยนต์มาตรฐาน มีความกว้างไม่น้อยกว่า 2.40 เมตร มีความยาว 5.00 เมตร ในกรณีตั้งฉากกับแนวทางเดินรถ (กฎกระทรวงฉบับที่ 41 พ.ศ. 2537)**

4. **ที่จอดรถยนต์ต้องมีทางเข้าออกไม่น้อยกว่า 6.00 เมตร ในกรณีเข้าออกทางเดียวต้องไม่น้อยกว่า 3.50 เมตร (กฎกระทรวงฉบับที่ 7 พ.ศ. 2517)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 1.5 แสดงระยะของที่จอดรถ

5. **ในการศึกษานี้ จะไม่มีการพิจารณาผลกระทบจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร จึงกำหนดให้สภาพแวดล้อมโดยรอบเป็นสนามหญ้า มีค่าการสะท้อนแสง 6% (IES, 1989) พิจารณากำหนดค่าการสะท้อนแสงภายในอาคารส่วนต่างๆ ไว้ดังนี้ (Kaufman, 1984)**
   - **พื้นหุ่นจำลอง มีค่าการสะท้อนแสง 20% พื้นผิวหยาบขรุขระ เลือกใช้พื้นสีเทา**
   - **เพดานหุ่นจำลอง มีค่าการสะท้อนแสง 80% พื้นผิวหยาบขรุขระ เลือกใช้พื้นสีขาว**
   - **ผนังหุ่นจำลองมาตรฐาน กำหนดให้ไม่มีการสะท้อนแสง ใช้กรุด้วยวัสดุสีดำ เนื่องจากต้องการพิจารณาเฉพาะแสงในแนวระนาบบนพื้นที่ใช้สอยเป็นหลัก**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปรตาม

1. ลักษณะ จำนวน ขนาด และการจัดตำแหน่งช่องเปิด ที่มีผลต่อปริมาณแสงและการกระจายแสงภายในอาคาร และความเป็นไปได้ในการก่อสร้าง
2. การนำคุณสมบัติการกระจายแสงทางอ้อม หรืออุปกรณ์ มาใช้ในลักษณะต่างๆ รวมถึงการป้องกันแสงแยงตา (Glare) และความแตกต่างของปริมาณความส่องสว่าง (Contrast)
3. การเลือกใช้วัสดุภายในอาคารที่เป็นพื้นผิวต่างกัน คือทั้งแบบพื้นผิวหยาบขรุขระและแบบพื้นผิวเรียบขัดมันโดยทำการทดลองและเปรียบเทียบทีละลำดับขั้นของปัจจัยต่างๆในลักษณะต่างๆ ว่าแบบใดให้ปริมาณความส่องสว่างที่เพียงพอและทั่วถึงที่สุด
4. การเลือกใช้อุปกรณ์ให้แสงภายในอาคารที่สามารถกระจายแสงเข้าไปในพื้นที่ใช้งานอาคารและเหมาะสมต่อการติดตั้งและการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบเทคนิคการให้แสงธรรมชาติลักษณะต่างๆและข้อจำกัด ที่มีผลต่อระดับความส่องสว่างในพื้นที่ชั้นใต้ดินของอาคารห้างสรรพสินค้าในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งเทคนิคในการส่องสว่างสามารถนำมาใช้เป็นองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมได้
2. เป็นแนวทางการออกแบบซึ่งนำข้อกำหนดและข้อจำกัดทางกฎหมายในการปลูกสร้างอาคารมาเป็นแนวทางการออกแบบรูปแบบและองค์ประกอบอาคาร ที่มีผลดีต่อความส่องสว่างในพื้นที่ใช้งานอาคาร โดยพึ่งพาทรัพยากรที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด
3. ทราบข้อสรุปด้านความคุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แสงประดิษฐ์ โดยพิจารณาเปรียบเทียบทั้งกรณีหน่วยพลังงานและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

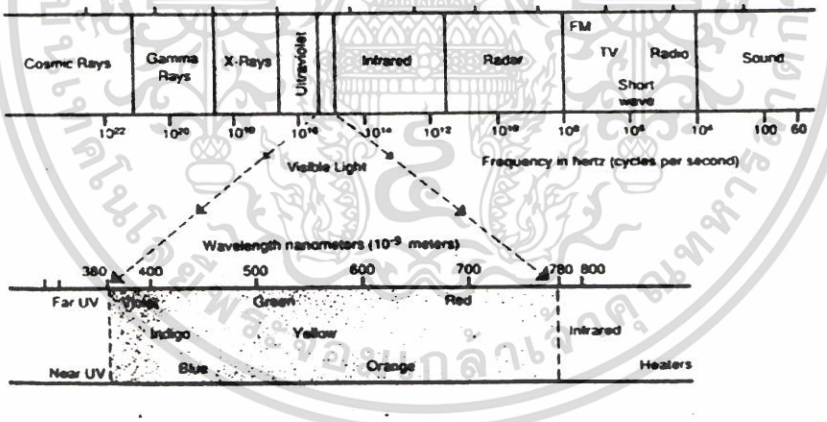
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีแสง

แสงเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งเช่นเดียวกับพลังงานชนิดอื่นๆ เช่น พลังงานความร้อน พลังงานกล พลังงานไฟฟ้าฯลฯ แสงเป็นพลังงานที่เคลื่อนที่ได้ การเคลื่อนที่ของแสงจะอยู่ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งการเคลื่อนที่ในรูปของคลื่นนี้ จะมีความยาวคลื่นเฉพาะตัวที่แตกต่างกันออกไป กล่าวคือความถี่หรือความยาว คลื่นจะเป็นตัวกำหนดพลังงาน หากเราพิจารณา แสงในช่วงที่ตามองเห็น ในคุณสมบัติของคลื่น แสงจะมีคุณสมบัติ ของความถี่ และความยาวคลื่นเฉพาะของตัวเอง แสงเป็นพลังงาน ที่มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.38 ถึง 0.78 ไมครอน หรือ 380–760 นาโนเมตร โดยที่แสงในคลื่นความยาวดังกล่าวเมื่อกระทบกับเรตินาในดวงตา จะมีการกระตุ้น ของพลังงานกับประสาทตาปกติ ทำให้เกิดการเห็นภาพในดวงตา



รูปที่ 2.1 แสดงความถี่ และความยาวคลื่นของพลังงานต่างๆ
(ที่มา: Stein and Raynolds (1992:912)

คลื่นแสง (Visible Light) จะประกอบไปด้วยสเปกตรัม (spectrum) ของแสงที่ระดับความถี่ที่แตกต่างกัน และในแต่ละสเปกตรัมของแสงจะมีความแตกต่างกันของสี ซึ่งความเข้มแสงที่แต่ละความยาวคลื่นที่แตกต่างกันออกไป จะหาได้จากการผ่านแสงในช่วงที่ต้องการทดสอบผ่านปริซึม เพื่อให้เกิดการหักเหแสงของความยาวคลื่นต่างๆ ก็จะทราบว่าแสงที่กำลังพิจารณาอยู่นั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบด้วยคลื่น ความยาวแสงอะไรบ้าง และแต่ละความยาวคลื่นของแสงมีความเข้ม ที่แตกต่างกันอย่างไร ซึ่งแสงที่มีความยาวคลื่นน้อยจะหักเหมาก ส่วนแสงที่มีความยาวคลื่นมากจะมีการหักเหน้อย

ประโยชน์ของสเปกตรัมสีของแสง จะเป็นตัวแสดงว่าแสงสีไหนมีมากกว่ากัน เช่น ถ้าแสงมีสีน้ำเงินมาก เมื่อส่องไปกระทบวัตถุที่มีสีน้ำเงินก็จะทำให้วัตถุสีน้ำเงินนั้นไม่เด่น แต่ถ้าวัตถุนั้นมีสีแดง และแสงที่ตกกระทบวัตถุเป็นสีแดงเข้ม วัตถุสีแดงก็จะเด่นขึ้นมาทันที เนื่องจากสีแดงมีความเข้มของแสงมาก ดังนั้นถ้าต้องการให้แสงทีส่องถูกวัตถุทุกสีเด่นก็ต้องมีสเปกตรัม ของสีที่มีความเข้มมาก แสงอาทิตย์มีสเปกตรัมของสีทุกสีเข้มหมด เมื่อนำไปส่องวัตถุใดจะทำให้ตาสามารถมองเห็นสีได้ใกล้เคียงสีธรรมชาติที่สุด

แสงนอกจากจะมีช่วงของสเปกตรัมที่แตกต่างกันแล้ว แสงยังมีคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และมีการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาตลอดเวลา (Electromagnatic Radiation) ที่มองเห็นได้ด้วยสายตามนุษย์ และ ความยาว คลื่นที่กันก็จะทำให้เห็นแสงสีที่แตกต่างกัน ตามีเซลล์โคนสามแบบ ที่สามารถตอบสนองกับสีแดง เขียว และน้ำเงิน และความสัมพันธ์ของสีทั้งสาม จะทำให้มองเห็นแสงสีต่างๆ ได้ การผสมของแสงสีต่างๆ จะมีความสำคัญมาก เพราะจะทำให้ทราบว่าการให้แสงสว่างที่เหมาะสมสำหรับสถานที่หรือวัตถุต่างๆ ที่มีสีสันต่างๆ กันควรให้แสงสีแบบใด สีของแสงที่เกิดจากการผสมของสีทั้งสาม คือ แดง เขียว น้ำเงิน ในอัตราส่วนที่เท่ากันจะได้แสงสีขาว ดังนั้นเมื่อเราทราบว่าแสงสีขาวเกิดจากการผสมกันของสีต่างๆ เมื่อนำไปส่องวัตถุสีสันเดียวกัน จึงให้ผลออกมาไม่เหมือนกัน แสงสีขาวที่เกิดจากการผสมสี ระหว่างสีน้ำเงิน และเหลือง เมื่อนำไปส่องวัตถุ ที่มีสีเหลืองวัตถุนั้นก็จะเด่นขึ้นมา แต่ถ้านำไปส่องวัตถุสีแดง วัตถุนั้นก็จะไม่เด่น

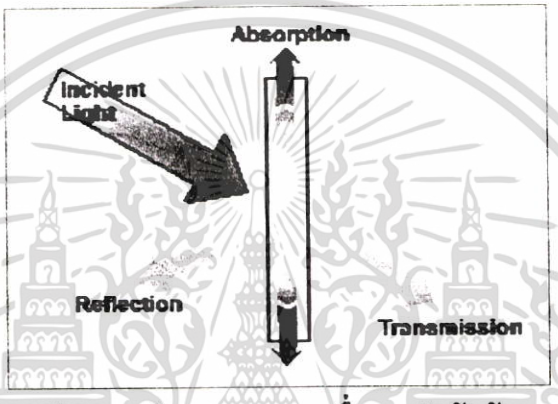
แสงเมื่อผ่านแผ่นกรองแสง ซึ่งเป็นวัตถุโปร่งแสง หรือโปร่งแสงที่มีสี แผ่นกรองแสงจะยอมให้แสงที่มีสีเดียวกันกับแผ่นกรองแสง หรือสีประกอบของแผ่นกรองแสงผ่านไปได้ และจะดูดกลืนแสงสีอื่นเอาไว้หรือแสงเมื่อส่องกระทบถูกวัตถุ จะสะท้อนแสงที่เป็นสีเดียวกัน หรือสองค์ประกอบออกมา และดูดกลืนแสงสีอื่นเอาไว้ ทำให้ไม่เห็นแสงสีอื่นเมื่อมองด้วยตาปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.2 พฤติกรรมของแสง

พลังงานแสงอาทิตย์นั้น ประกอบด้วยพลังงานแบบรังสีตรงและแบบรังสีกระจายเมื่อแสงส่องผ่านอนุภาคของชั้นบรรยากาศของโลกจะเกิดการหักเหและการสะท้อน ก่อนที่จะส่องลงมายังผิวโลก และเมื่อกระทบกับพื้นผิวหรือวัตถุใด ๆ จะเกิดลักษณะ 3 ประการคือการดูดซึม (Absorbtion), การสะท้อน (Reflection), และการส่องผ่าน (Transmission) ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัตถุและพื้นผิวแต่ละชนิด

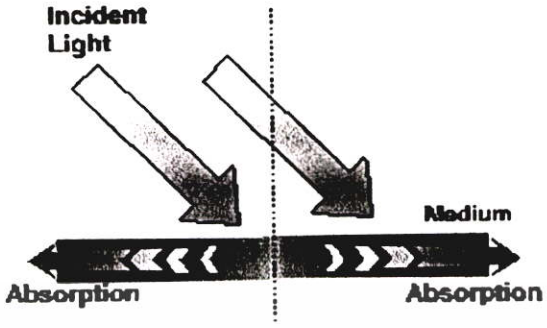


รูป 2.2 พฤติกรรมของแสงเมื่อกระทำกับวัตถุ

เมื่อแสงเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสง ผ่านตัวกลางต่างๆ (Medium) เช่น อากาศ น้ำ ของเหลว วัตถุโปร่งแสง วัตถุทึบแสง หรือละอองไอน้ำในชั้นบรรยากาศ ฯลฯ พฤติกรรมของแสง หรือแนวทางเดินของแสงจะเปลี่ยนไป เมื่อกระทบกับตัวกลางเหล่านั้น พฤติกรรมของแสง เมื่อเดินทางผ่านตัวกลางใดๆ จะมีลักษณะที่สามารถจำแนกได้ 3 ลักษณะใหญ่ๆ คือ

2.2.1 การดูดกลืน (Absorption) เป็นปรากฏการณ์ที่แสงเมื่อคลื่นที่ผ่านตัวกลาง (Medium) จะถูกดูดกลืนหายเข้าไปในตัวกลาง ซึ่งปริมาณการถูกดูดซึมเข้าไปในตัวกลาง จะขึ้นอยู่กับค่าการดูดซึม แสงของตัวกลาง ที่แตกต่างกันไปในแต่ละวัสดุ โดยทั่วไปเมื่อแสงถูกดูดกลืนเข้าไปในตัวกลาง จะเกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงาน จากในรูปของพลังงานแสง (Light) เป็นพลังงานความร้อน (Heat)

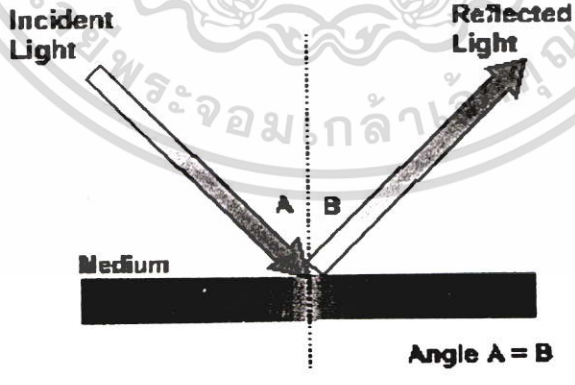
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
60562



รูป 2.3 การดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง

2.2.2 การสะท้อนของแสง (Reflection) เป็นพฤติกรรมที่แสงตกกระทบบนตัวกลาง แล้วเกิดการสะ ท้อนแสงออกมาโดยที่ความยาวคลื่น และความถี่ของคลื่นแสงไม่มีการเปลี่ยนแปลง การสะท้อนของแสงมีหลายลักษณะ และสามารถจำแนกออกได้เป็นแต่ละลักษณะดังนี้

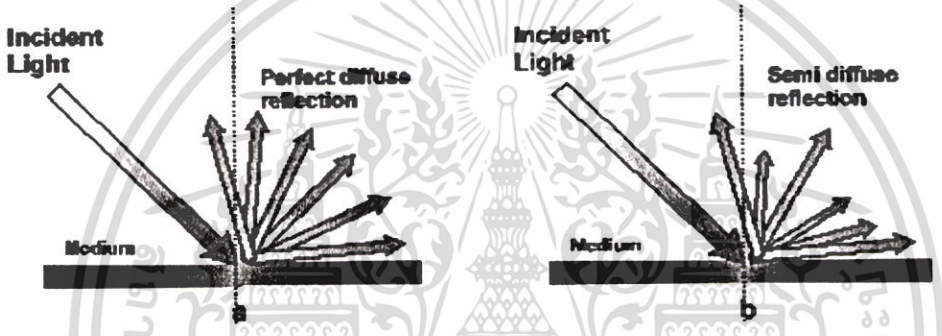
การสะท้อนของแสงแบบกระจกเงา (Specula Reflection) เป็นลักษณะของแสงที่เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบลงบนตัวกลางที่เป็นวัสดุทึบแสง (Opaque material) ที่มีผิวเรียบมัน (Polish surface) อาทิ กระจกเงา หรือผิวโลหะที่ขัดมัน แสงจะมีการสะท้อน ในลักษณะของมุมตกกระทบของแสง (Angle of Incident) เท่ากับ มุมสะท้อนของแสง (Angle of Reflection)



รูป 2.4 การสะท้อนของแสงแบบ Specula Reflection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสะท้อนของแสงแบบกระจาย (Diffuse Reflection) เป็นลักษณะที่เกิดขึ้น เมื่อแสงตกกระทบลงบนวัสดุหรือพื้นผิวที่ไม่เรียบ หรือผิวด้าน แสงที่ท้อนออกมาจะกระจายไปในทุกทิศทาง มุมสะท้อนของแสงจะมีทิศทางที่ไม่แน่นอน และมุมตกระทบของแสง จะไม่เท่ากับมุมสะท้อนของแสงออกมา หากผิววัสดุนั้น มีลักษณะไม่เรียบอย่างสม่ำเสมออย่างสมบูรณ์ (Perfect Diffuse Surface) แสงสะท้อนที่สะท้อนออกมา จะเป็นแสงสะท้อน ที่มีการกระจายแสง อย่างสมบูรณ์ (Perfect Diffuse Reflection) เป็นการสะท้อนแสงที่มีมุมสะท้อนเท่ากันทุกๆ มุมสะท้อน และ มีค่าเฉลี่ยของแสงที่สะท้อนออกมาเท่ากัน แต่หากพื้นผิววัสดุไม่เรียบสม่ำเสมอ (Semi Diffuse Surface) แสงสะท้อนที่ได้ก็จะมีลักษณะ การสะท้อนแบบกระจัดกระจาย (Semi Diffuse Reflection)

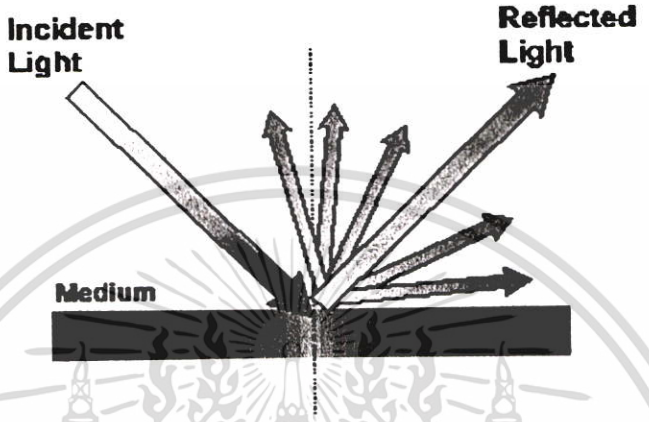


รูป 2.5 การสะท้อนของแสงแบบกระจาย (Diffuse Reflection)

(a) การสะท้อนแบบกระจกเงา Perfect diffuse reflection (b) การสะท้อนแบบกึ่งกระจาย Semi diffuse reflection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสะท้อนแสงแบบผสม (Combined Specula and Diffuse Reflection) เป็นลักษณะการสะท้อนแสงแบบผสม ที่เกิดจากการสะท้อนแสงแบบกระจกเงา (Specula) และแบบสะท้อนกระจาย (Diffuse Reflection) ซึ่งสภาพพื้นผิว โดยทั่วไปจะพบการสะท้อนแสงในลักษณะนี้มากที่สุด



รูป 2.6 การสะท้อนของแสงแบบผสม ระหว่างการสะท้อนแบบกระจกเงา และแบบสะท้อนกระจาย

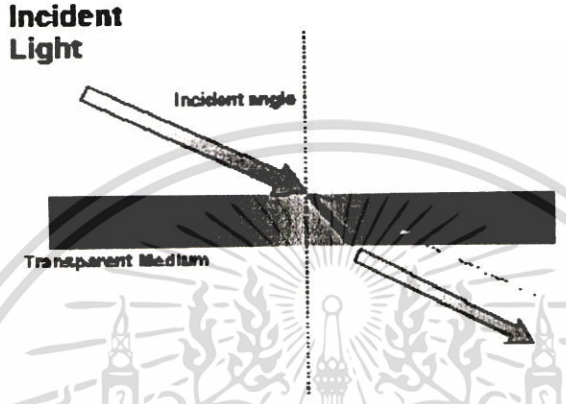
2.2.3 การส่องผ่าน (Transmission) เกิดขึ้นเมื่อกับด้านใดด้านหนึ่ง ของตัวกลาง (Medium) แล้วสามารถทะลุไปยังอีกด้านหนึ่งของตัวกลาง หากไม่พิจารณาคุณสมบัติของตัวกลาง ที่แสงส่องผ่านแล้ว จากคุณสมบัติของแสง มุมที่แสงตกกระทบตัวกลาง จะเท่ากับมุม ที่แสงสะท้อนออก และปริมาณของแสง จะต้องคงเดิม อย่างไรก็ตามเมื่อแสงกระทบตัวกลางชนิดโปร่งแสง แสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนเข้าไปในตัวกลาง อีกส่วนจะสะ ท้อนกลับ ส่วนที่เหลืออีกส่วนหนึ่งจะส่องทะลุผ่านออกมา สามารถอธิบายด้วยสมการ

ปริมาณแสงทั้งหมด = ปริมาณแสงที่ถูกดูดซึม + ปริมาณแสงสะท้อน + ปริมาณแสงที่ส่องทะลุผ่าน
(Absorption) (Reflection) (Transmision)

เมื่อ ปริมาณแสงทั้งหมด = 1

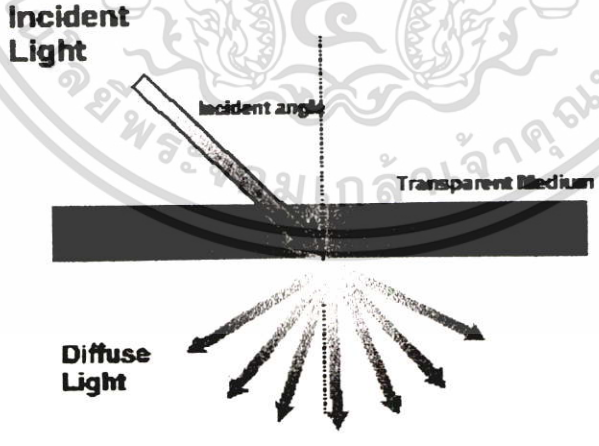
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของตัวกลางที่แสงส่องทะลุผ่านได้ แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ ตัวกลางชนิดโปร่งใส (Transparent Medium) การส่องผ่านในลักษณะนี้ จะมีการหักเห (Refracted) ของแสงเกิดขึ้น หรือมีการเปลี่ยนทิศทางของแสง (Bent) ขึ้นกับคุณสมบัติของตัวกลาง โดยสามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดอีกด้านหนึ่งได้อย่างชัดเจน ตัวกลางประเภท นี้อาทิกระจกใส เป็นต้น



รูป 2.7 แสงตกกระทบตัวกลาง เกิดการหักเหของแสงแล้วทะลุผ่าน

ตัวกลางชนิดโปร่งแสง (Translucent Method) การส่องผ่านของแสงในลักษณะนี้ จะเป็นแบบกระจาย และไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงในอีกด้านหนึ่งได้



รูป 2.8 แสงทะลุผ่านตัวกลาง และทะลุผ่านแบบกระจาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่องผ่านของแสงจะเกิดขึ้นเมื่อวัสดุที่แสงตกกระทบมีค่าดัชนี การหักเหของแสงมากกว่าสภาพโดยรอบของวัสดุนั้น เช่น กระจกมีค่าดัชนีการหักเห 1.520 ซึ่งมากกว่าอากาศโดยรอบที่มีค่าดัชนีการหักเหของแสง เท่ากับหนึ่ง ดังนั้นแสงจะส่องทะลุผ่านกระจกออกมาได้ แต่เมื่อแสงผ่านตัวกลางผิวเรียบจะเกิดการหักเห หรือสะท้อนกลับ การหักเหหรือสะท้อนกลับของแสงจะขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบของแสง ถ้ามุมตกกระทบของแสงน้อย แสงก็จะผ่านจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง ถ้ามุมตกกระทบของแสง มีค่ามากถึงค่าหนึ่ง แสงจะไม่ผ่านตัวกลางและไม่สะท้อนกลับด้วย (ในกรณีนี้มุมตกกระทบเท่ากับมุมวิกฤต) และถ้ามุมตกกระทบมีค่ามากกว่ามุมวิกฤตแสงจะสะท้อนออกมา

ความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบ และมุมสะท้อนสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2 \quad \text{.....} \quad (2.1)$$

เมื่อ n_1 , n_2 = ดัชนีการหักเหของแสง ของวัสดุ 1 และ 2 ตามลำดับ

θ_1 = มุมตกกระทบของแสง

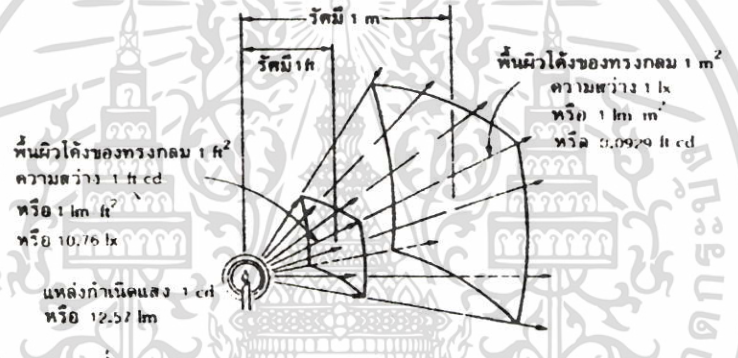
θ_2 = มุมสะท้อนของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการส่องสว่าง (Illuminance Theory)

แสงเมื่อส่องออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง และตกกระทบกับวัตถุ หรือพื้นที่ใดๆ เป็นผลให้แสงส่วนหนึ่งสะท้อนเข้าสู่ดวงตา จะทำให้เกิดการมองเห็นวัตถุนั้นที่แสงสะท้อนออกมา แต่ถ้าวัตถุนั้นไม่มีการสะท้อนของแสง ก็จะไม่สามารถมองเห็นวัตถุนั้นๆได้ ซึ่งปริมาณแสงที่ตกกระทบกับวัตถุ หรือตกกระทบพื้นที่นั้นๆ เรียกว่าการส่องสว่าง หรือความสว่าง (Illuminance) ของแสง

2.3.1 ปริมาณแสง (Luminous Flux) เป็นการบอกค่า พลังงานของแหล่งกำเนิดแสงใดๆ ในรูปของความเข้มของการส่องสว่าง หรือกำลังการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง(Power of Light Source)ในรูปของเส้นแรงปริมาณแสงที่เปล่งแสงออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงนั้นๆ มีหน่วยเป็น ลูเมน (Lumen)



รูป 2.9 ปริมาณการส่องสว่าง (Luminous flux)

Solid angle (θ) เป็นการวัดส่วนพื้นที่ผิวของทรงกลม หนึ่งหน่วยที่สมมติเป็นทรงกรวย โดยมีส่วนแหลมสุด หรือโคนของกรวยที่จุดกำเนิดแสงหรือศูนย์กลางของวงกลมนั้น ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวส่วนที่พิจารณาของทรงกลมต่อรัศมีของทรงกลมนั้นๆ ยกกำลังสอง มีหน่วยเป็น สเตอเรเดียน (Steradian)

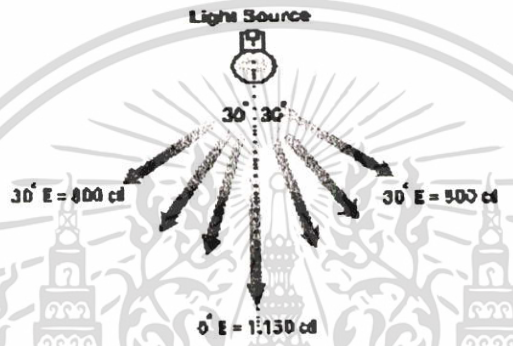
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Solid angle (θ) = A / R^2 steradian .....(2.2)

เมื่อ A = พื้นที่ผิวที่พิจารณาของทรงกลม

R = รัศมีของทรงกลม

แคนเดลา (Candela) ความเข้มของการส่องสว่าง 1 แคนเดลา มีค่าเท่ากับความเข้ม ของการส่องสว่างบนพื้นผิวอุดมคติ (Blackbody) ที่อุณหภูมิเยือกแข็งของแพลตินั่ม (Platinum) และจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามมุม ที่ทำกับแนวแกนของแหล่งกำเนิดแสง



รูป 2.10 ความเข้มของการส่องสว่าง เปลี่ยนแปลงไปตามมุมที่ทำกับแนวแกนของแหล่งกำเนิดแสง

2.3.2 ความส่องสว่าง (Illuminanace) หมายถึง ความสว่างของปริมาณแสง 1 หน่วย ที่ตกกระทบลงบนพื้นที่ใดๆ มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (lumen per unit of area) หรือ ลูเมนต่อหนึ่งหน่วยตารางเมตร (หรือ ต่อ 1 ลักซ์) ซึ่งเป็นการพิจารณาแหล่งกำเนิดแสงภายในวงกลม เมื่อทรงกลมนั้นมีรัศมี 1 ฟุตหรือ 1 เมตร ปริมาณแสง 1 ลูเมน ที่พุ่งตกกระทบลงบนพื้นที่หนึ่งตารางฟุตของผิวทรงกลม ปริมาณความส่องสว่างที่ได้จะเท่ากับหนึ่งลูเมนต่อตารางฟุต (1 foot-candle) หรือ 1 ฟุตแคนเดิล (foot-candle) ในทำนองเดียวกัน หากทรงกลมนั้น มีขนาดรัศมีจะเท่ากับ 1 เมตร ปริมาณความส่องสว่างที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมนต่อตารางเมตรหรือ 1 ลักซ์ ความส่องสว่างในหน่วยของลักซ์ (Lux) เมื่อเทียบกับในหน่วยของ ฟุตแคนเดิล (foot-candle)

1 Lux = 10.76 footcandle (หรือประมาณ 10 ฟุตแคนเดิล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตราฐานความส่องสว่างสำหรับพื้นที่และการทำงานต่างๆกัน ตามมาตราฐาน CIE (International Commission on Illuminanation)

ตาราง 2.1 แสดงค่าความส่องสว่าง ในแต่ละพื้นที่ใช้งาน ตามมาตราฐาน CIE

ที่มา : เทคนิคการส่องสว่าง , page 1-6

ความส่องสว่าง	ชนิดพื้นที่ใช้งาน
20 – 30 – 50	ทางเดิน และ พื้นที่ใช้งานภายนอก
50 – 100 – 150	ทางเดินภายใน และการแวะผ่านระยะเวลาสั้นๆ
100 – 150 – 200	ห้องที่ไม่ได้ใช้ทำงานแบบต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน
200 – 300 – 500	งานที่ใช้สายตาไม่มาก เช่นในโรงงาน ชิ้นงานขนาดใหญ่
300 – 500 – 750	งานที่ใช้สายตาปานกลาง เช่นงานสำนักงาน
500 – 750 – 1000	งานที่ใช้สายตามาก เช่นงานเขียนแบบ
750 – 1000 – 1500	งานที่ใช้สายตามากๆ เช่นห้องผ่าตัดของแพทย์
1000 – 1500 – 2000	งานที่ใช้สายตามากเป็นพิเศษ
มากกว่า 2000	งานที่ใช้สายตาเพื่อการทำงานมากเป็นพิเศษ

มาตรฐาน CIE ได้กำหนดค่าความส่องสว่าง จากตาราง ออกเป็นสามค่า โดยค่ากลางเป็นค่าเฉลี่ย ส่วนอีกสองค่าใช้ในกรณีที่สภาพแวดล้อมมีความแตกต่างออกไป อาจจะมีค่ามากหรือน้อยกว่าขึ้นกับสภาพต่างๆดังนี้

- ถ้าการสะท้อนแสงของผิวผนัง มีค่าคอนทราสต์ (Contrast) ต่ำกว่าปกติ ให้ใช้ความส่องสว่างมากขึ้น
- ถ้าเป็นงานที่ต้องการความละเอียดเพื่อให้งานมีความถูกต้องมากขึ้น อาจจะใช้ค่าความส่องสว่างที่มากขึ้น
- ถ้าการมองวัตถุใช้เวลาสั้นมาก ควรจะใช้ค่าความส่องสว่างที่สูงขึ้น
- ถ้าผู้ใช้งานเป็นผู้สูงอายุ หรือบุคคล ที่มีความผิดปกติทางสายตา ให้ใช้ความส่องสว่างมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

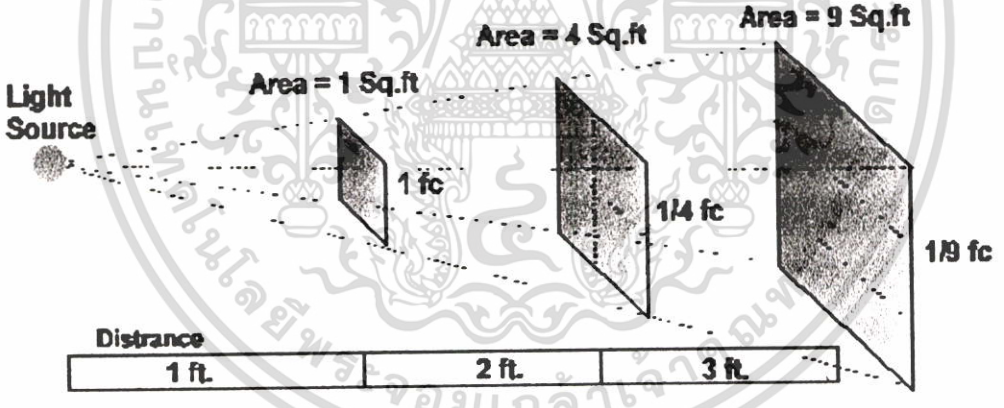
2.3.3 การส่องสว่าง (Illumination) เป็นค่าการส่องสว่างของแสง บนพื้นที่ผิวใดๆ จะแปรผันโดยตรงกับความเข้มแห่งการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสง และจะแปรผกผันกับระยะทางกำลังสอง ที่เกิดจากระยะทางระหว่างพื้นผิวนั้นกับแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งเรียกความสัมพันธ์นี้ว่า กฎกำลังสองผกผัน (Inverse Square Law) มีหน่วยเป็นลักซ์ (Lux) หรือ ฟุตแคนเดิล (foot-candle) มีสมการดังนี้

$$E = I / d^2 \quad \text{.....(2.3)}$$

เมื่อ E = ปริมาณความส่องสว่างบนพื้นผิวที่พิจารณา มีหน่วยเป็น (Lux) หรือ ฟุตแคนเดิล (fc)

I = ความเข้มของการส่อสว่างของแหล่งกำเนิดแสง ในทิศทางที่พุ่งไปหาพื้นที่ผิว พิจารณา มี หน่วยเป็นแคนเดลา (cd)

D = เป็นระยะทางระหว่างพื้นที่ผิวที่พิจารณา กับแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยเป็น เมตร หรือ ฟุต



รูป 2.11 แสดงปริมาณการส่องสว่าง 1 cd ตามกฎกำลังสองผกผัน ที่ระยะทางต่างๆ จากแหล่งกำเนิดแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity) คือปริมาณแสง ที่เปล่งออกจากแหล่งกำเนิดแสงใน (Solid Angle) ใดๆ ในทิศทางหนึ่งๆ แหล่งกำเนิดแสงจะปล่อยฟลักซ์ความสว่าง (Luminous Flux) ออกมารอบทิศทาง เรียกว่า ความเข้มความส่องสว่าง (Luminous Intensity) มีหน่วยเป็นลูเมน (Lumen) ซึ่งจะแสดงถึงค่า พลังงานของแหล่งกำเนิดแสง ที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงนั้นๆ หรือบางทีเรียกว่ากำลังการส่องสว่าง (Candle Power) มีหน่วยเป็น แคนเดลา (Candela) หรือลูเมนต่อสเตอเรเดียน (Lumen per steradian) ซึ่งจะใช้ในการพิจารณาแหล่งกำเนิดแสงที่มีความเล็กมาก เสมือนแหล่งกำเนิดแสงนั้นเป็นจุด (Point source)

หากพิจารณานำแหล่งกำเนิดแสงที่เป็นจุด และมีค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสม่ำเสมอทุกทิศทางเท่ากับ 1 แคนเดลา มาวางไว้ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมรัศมี 1 หน่วย ปริมาณแสง ที่พุ่งไปตกลงบนทุกๆ หนึ่งตารางหน่วยพื้นที่บนพื้นผิวของทรงกลมนี้ จะมีค่าเท่ากับ 1 ลูเมน (lumen) และเนื่องจากพื้นที่ผิวทั้งหมดของทรงกลมรัศมี 1 หน่วยมีค่าเท่ากับ 12.57 ตารางหน่วยพื้นที่ ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลา จะสามารถเปล่งปริมาณเส้นแรง ของแสงออกมาได้ เท่ากับ 12.57 ลูเมน (นายคมกฤช ชูเกียรติมั่น, วิทยานิพนธ์ หน้า 19)

2.4 คุณสมบัติอื่นๆ ของแสง

2.4.1 ความจ้า (Brightness) หรือความสว่าง (Luminance) เมื่อแสงส่องกระทบถูกวัตถุใดๆ ส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนอีกส่วนหนึ่งจะสะท้อนหรือส่องผ่านวัตถุเข้าสู่ตาของเราทำให้เกิดการเห็นวัตถุนั้นๆ หากแสงที่เข้าสู่ตามีค่าความสว่างมาก จะเรียกว่าความจ้าของแสงสว่าง ประกอบด้วยสององค์ประกอบหลัก คือ ความสามารถในการสะท้อนหรือส่องผ่านของแสงผ่านวัตถุใดๆ ทำให้วัตถุนั้นเปรียบเสมือนแหล่งกำเนิดแสงและความสามารถในการปรับตัวของสายตา

ความจ้า จะเป็นปริมาณที่เกิดขึ้นระหว่างความเข้มของแสงที่เปล่งออกมาจากผิวของวัตถุต่อหน่วยพื้นที่มีหน่วยเป็นฟุตแลมเบิร์ต (Foot-lambert) แสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$FL = Fc \times \rho \quad \text{.....(2.4)}$$

$$FL = Fc \times \iota \quad \text{.....(2.5)}$$

เมื่อ FL = ปริมาณความจ้า มีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต

Fc = ปริมาณการส่องสว่าง มีหน่วยเป็น ฟุตแคนเดิล

ρ = ค่าการสะท้อนของแสงของวัตถุ มีหน่วยเป็นร้อยละ (%)

ι = ค่าการส่องผ่านของแสงผ่านวัตถุ มีหน่วยเป็นร้อยละ (%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ความเปรียบต่าง (Contrast) คือค่าความส่องสว่างของวัตถุ หรือเหตุการณ์ที่ต้องการมอง เมื่อเทียบกับความสว่างของสภาพรอบข้าง ยิ่งมีความเปรียบต่างมาก การมองเห็นวัตถุนั้นก็จะง่ายขึ้นในขณะที่ความต้องการปริมาณแสงและเวลาในการรับภาพจะน้อยลง เช่น วัตถุสีขาวบนพื้นสีดำจะมองเห็นได้ง่ายกว่า วัตถุสีดำบนพื้นสีดำหรือสีเข้ม ซึ่งมีความเปรียบต่างน้อย อย่างไรก็ตามหากเหตุการณ์ที่เราพิจารณามีค่าความเปรียบต่างมากเกินไป เมื่อเทียบกับสภาพรอบข้าง ก็จะทำให้สายตาเกิดการปรับตัวมากเกินไป และอาจเป็นผลร้ายกับสาย ตาได้ ซึ่งลักษณะการที่สายตาต้องปรับตัวอย่างรวดเร็ว เราจะเรียกความสว่างในลักษณะนี้ว่า แสงจ้า (Glare)

ความเปรียบต่างสามารถกำหนด เป็นอัตราส่วนของความแตกต่างระหว่างความสว่างของวัตถุและของสภาพรอบข้างของวัตถุนั้นๆ เมื่อพิจารณาจากจุดสังเกต ได้ดังนี้

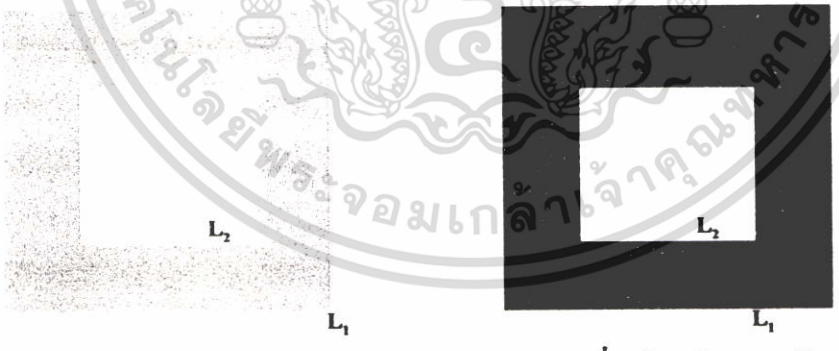
$$C = (L2 - L1) / L1 \quad \text{.....(2.6)}$$

เมื่อ C = ความเปรียบต่าง (Contrast)

L1 = ค่าความสว่าง (Luminance) ของสภาพแวดล้อม

L2 = ค่าความสว่างของวัตถุ

ค่าความเปรียบต่างยิ่งมาก การมองเห็นวัตถุก็จะง่ายขึ้น แต่หากค่าความเปรียบต่าง มีค่ามากเกินไปก็จะเกิดเป็นแสงจ้า (Glare)



รูป 2.12 ความเปรียบต่าง (contrast) ความส่องสว่างของวัตถุเมื่อเทียบกับสภาพข้างเคียง ในการมองเห็นวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ

2.5.1 แหล่งกำเนิดแสงและการนำไปใช้งาน วันและฤดูกาลที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลานั้นจะมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับทิศทางและตำแหน่งต่างๆ ของดวงอาทิตย์ ซึ่งจะทำให้เกิดรูปแบบที่แน่นอนของทิศทางและปริมาณของแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ และคงที่ แต่อย่างไรก็ตามนอกจากรูปแบบที่แน่นอนแล้ว ยังมีลักษณะของรูปแบบที่ไม่แน่นอน ของแสงธรรมชาติ ที่ไม่ได้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ และคงที่ด้วย ซึ่งจะเกิดจากสภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิ และมลภาวะปริมาณ ของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลก มากกว่าร้อยละ 40 จะเป็นคลื่นแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็น (ความยาวคลื่นแสงที่ตามองไม่เห็น ได้แก่แสงในช่วงอัลตราไวโอเลต(Ultraviolet) ที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าและอินฟราเรด(infrared) ที่มีความยาวคลื่นที่ยาวกว่า คลื่นแสง) เมื่อแสงธรรมชาติตกกระทบพื้นผิวต่างๆ ก็จะถูกดูดซับและแปรเปลี่ยนเป็น พลังงานความร้อนในทันที ซึ่งจะมากหรือน้อยตามความยาวและความถี่ของคลื่นแสงและสภาพบรรยากาศของโลกที่แสงส่องผ่าน เนื่องจากแสงจะเกิดการกระจายตัวและแปรเปลี่ยนเมื่อกระทบกับบรรยากาศในชั้นต่างๆโดย Commission International de I'Eclairage (CIE) ได้มีการแบ่งลักษณะของแสงธรรมชาติ ออกเป็นประเภทต่างๆตามแหล่งกำเนิดแสง ได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

- **แสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์**

การหมุนของโลก ตามแกนโลกที่เอียงตามมุมต่างๆ นั้น จะมีความสำคัญต่อการเกิดของแสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์ เป็นอย่างมาก เนื่องจากจะทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของดวงอาทิตย์ ในตำแหน่งต่างๆ บนท้องฟ้า และเมื่อเทียบกับพื้นโลก เราจะสามารถอ้างอิงตำแหน่งของท้องฟ้าจากพื้นโลกจาก

1. มุมอัลติจูด (Solar Altitute), a_t เป็นมุมในแนวตั้ง ที่จะบอกมุมเงยของดวงอาทิตย์ เมื่อเทียบกับระดับพื้นราบ
2. มุมอาซิมุธ (Solar Azimuth), a_s เป็นมุมในแนวนอน ที่จะบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เมื่อวัดจากแกนในแนวทิศใต้ เป็นทิศเริ่มต้น ที่ 0 องศา เรื่อยไปจนถึงทิศเหนือที่ 180 องศา และ –180 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **แสงธรรมชาติจากท้องฟ้า**

การส่องผ่านของแสงอาทิตย์ ผ่านบรรยากาศในชั้นต่างๆ จะเกิดการกระจายตัว ของแสงไปทั่วท้องฟ้า เมื่อกระทบกับฝุ่น ละอองไอน้ำ และสารแขวนลอยต่างๆ ในแต่ละชั้นบรรยากาศ การกระจายตัวของแสงในท้องฟ้า จะพิจารณาจากปริมาณของเมฆในท้องฟ้า ทำให้เกิดเป็นลักษณะต่างๆ ของท้องฟ้าได้ ดังนี้

1. ท้องฟ้าโปร่ง (Clear sky)
2. ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly and Cloudy sky)
3. ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทึบ (Overcast sky)

ซึ่งท้องฟ้าโปร่ง (Slear Sky) และท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly and Cloudy Sky) จะมีการเปลี่ยนของปริมาณแสงสว่างในท้องฟ้าอย่างรวดเร็ว

- **แสงธรรมชาติจากพื้นดิน**

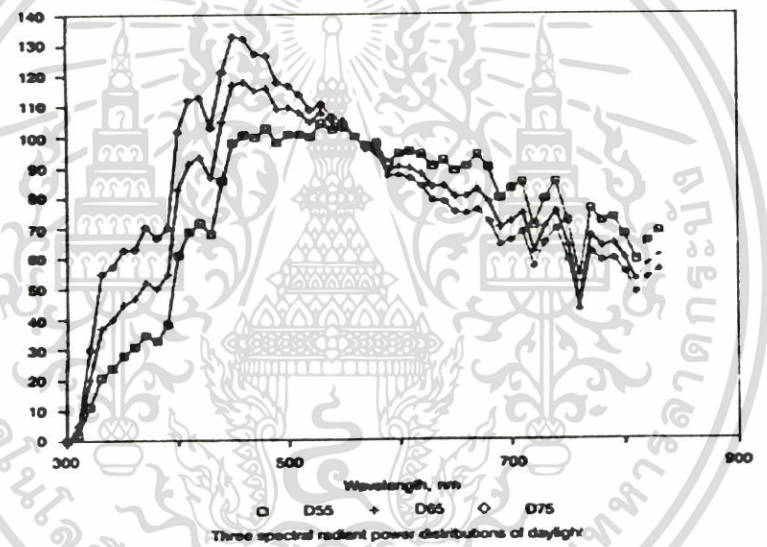
การสะท้อนของแสงจากพื้นดิน นับว่ามีความสำคัญ ต่อออกแบบด้วยแสงธรรมชาติ และเช่นเดียวกับ แสงที่เกิดจากการสะท้อนจากเพดาน และผนังภายใน สู่ตำแหน่งต่างๆของห้อง แสงที่เกิดจากการสะท้อนจากพื้นดิน เข้าสู่ช่องเปิดของอาคารนั้น จะมีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 10-15 ของปริมาณแสงทั้งหมด ที่ผ่านช่องเปิดของอาคาร ซึ่งปริมาณแสงสะท้อนจากพื้นดิน เข้าสู่ช่องเปิดอาคารจะมากหรือน้อยตามลักษณะของพื้นผิวที่สะท้อนแสง หากพื้นผิวเป็นหิมะ หรือทราย หรือพื้นผิวที่มีสีขาวหรือสีอ่อน ปริมาณของแสงที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคารก็จะมากขึ้นกว่าค่าเฉลี่ยปกติ

หากปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคาร มีมากเกินความจำเป็นต่อการใช้งานก็อาจจะควบคุมปริมาณแสงธรรมชาติ ที่ผ่านเข้าสู่อาคารด้วยอุปกรณ์บังแดดชนิดต่างๆ ตามความจำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การนำแสงธรรมชาติไปใช้งาน การคำนวณหาปริมาณแสงธรรมชาติ จากแหล่งกำเนิดแสงต่างๆนั้น จะมีความยุ่งยากในการคำนวณมากกว่าการคำนวณแสง ที่เกิดจากแสงจากการประดิษฐ์ การกำหนดปริมาณแสงธรรมชาติที่ตกกระทบช่องเปิด (Window and Skylight) จะต้องคำนึงถึงช่วงเวลาต่างๆ ของท้องฟ้า และ ดวงอาทิตย์ ในการคำนวณด้วย ซึ่งจะเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง ดวงอาทิตย์ และ แสงที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่ภายในอาคาร

ส่วนของการใช้งานแสงธรรมชาตินั้นจะกล่าวถึงปริมาณของแสงธรรมชาติ จากดวงอาทิตย์ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของ วัน เวลา และสภาพท้องฟ้า ในขณะนั้นๆ ซึ่งการศึกษาทางด้านแสงธรรมชาติ ได้มีการศึกษาและเก็บข้อมูลอย่างจริงจังมามากกว่า 60 ปีแล้ว และข้อมูลที่ได้จากการศึกษา ก็สามารถนำมาพยากรณ์ และสร้างเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ต่างๆ เพื่ออธิบายถึงความสว่างจากแสงธรรมชาติได้เป็นอย่างดี



รูป 2.13 เสปกตรัมที่มาจากของรังสีดวงอาทิตย์ ที่มีความยาวคลื่นต่างกันสามลักษณะ

การนำแสงธรรมชาติไปใช้งาน จะต้องศึกษาถึงข้อมูลและองค์ประกอบต่างๆ ที่อธิบายในข้างต้น ซึ่งในการคำนวณนั้น จะไม่สามารถอธิบายลักษณะของปริมาณแสง และความเข้มของแสง ได้อย่างแม่นยำ แต่ค่าที่ได้จะเป็นค่ากลาง เนื่องจากเกณฑ์ในการคำนวณจะให้ผลของการคำนวณในลักษณะกว้างๆ ซึ่งในความเป็นจริง ค่าความส่องสว่างที่วัดจริงในช่วงเลานั้นๆ จะแตกต่างจากค่าที่คำนวณ ตามข้อกำหนดต่างๆ ของการนำแสงธรรมชาติไปใช้งาน อย่างไรก็ตามค่าที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลาขณะนั้น จะมีค่าเฉลี่ยมากกว่าสองเท่า หรือน้อยกว่าครึ่งของค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการออกแบบจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการออกแบบเพื่อนำเอาแสงสว่างจากธรรมชาติ (Daylighting Design) มาใช้ในอาคาร โดยทั่วไปมีอยู่ 3 วิธี ได้แก่ Daylight Factor Method, CIE Method, และ IES Method

วิธีการออกแบบของ CIE Method นั้น มีข้อจำกัดคือท้องฟ้าที่ใช้ในการออกแบบจะต้องเป็นท้องฟ้าแบบมืดมน (Overcast Sky) ไม่มีแสงอาทิตย์โดยตรง (Direct Beam Sunlight) ส่วนวิธีการออกแบบ IES Method มีข้อจำกัดคือในการคำนวณจะใช้แสงจากด้านบน (Top Light) และแสงจากการสะท้อนของพื้นเป็นหลัก โดยให้ความสำคัญกับแสงกระจายที่ได้รับจากท้องฟ้าโดยตรง (Sky Component) น้อยมาก และจากตารางที่ 2.2 จะพบว่าสภาพท้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่ท้องฟ้าแบบ Broken Cloud ทำให้การออกแบบด้วย CIE Method และ IES Method นั้น ผลที่ได้จะเกิดความคลาดเคลื่อนมาก ดังนั้นจึงพิจารณาใช้การออกแบบโดย Daylight Method จะทำให้ค่าการออกแบบแสงสว่างจากธรรมชาติที่เกิดขึ้นภายในอาคารใกล้เคียงตามจริงมากกว่า

Daylight Factor Method เป็นการพิจารณาปริมาณความสว่างภายในอาคารที่ได้จากแสงธรรมชาติที่เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ ระดับแสงภายในจะขึ้นอยู่กับสภาพท้องฟ้าเป็นหลักซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับมุมที่ดวงอาทิตย์กระทำต่อพื้นที่แต่ละ (Altitude Azimuth) ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามวันและเวลาที่แตกต่างกันองค์ประกอบที่สำคัญที่มีผลต่อแสงธรรมชาติโดยทั่วไปพิจารณาจาก 3 องค์ประกอบคือ

- องค์ประกอบจากท้องฟ้า Sky Componant (SC)
  แสงกระจายที่ได้รับจากท้องฟ้าโดยตรง
  SC = Incident Sky Light - Window Losses

- องค์ประกอบภายนอก Externally Reflected Componant (ERC)
  แสงที่เกิดจากการสะท้อนของวัตถุหรืออาคารที่ตั้งอยู่ภายนอกหรือบริเวณใกล้เคียง
  ERC = Sky Component x RF (of Obstruction)

- องค์ประกอบภายใน Internally Reflected Componant (IRC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงที่เกิดจากการสะท้อนของวัตถุ หรืออาคารที่ตั้งอยู่ภายในอาคารได้รับแสงจาก SC และ ERC การกำหนดค่า Daylight Factor (D.F.) ก็คือค่าสัดส่วนของปริมาณแสงที่ตกลงพื้นที่ภายในอาคารแต่ละจุดใด ๆ ต่อปริมาณแสงที่ตกลงพื้นที่แนวระนาบภายนอกอาคาร ภายใต้สภาพ Clear Sky ที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง ค่าที่ได้เป็นเปอร์เซนต์

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

ถึงแม้ว่า Daylight Factor (D.F.) นั้นไม่สามารถเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณของแสงที่แน่นอนแต่ก็สามารถชี้ได้ว่าค่าที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่มีความเหมาะสมเพียงพอหรือไม่มีการกำหนดค่าของ DF สำหรับพื้นที่ใช้งานต่าง ๆ ดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าประมาณ Daylight Factor สำหรับพื้นที่ใช้งานต่าง ๆ

การใช้งาน	ค่า DF (%)
การอ่านหนังสือหรือการทำงานปกติ	1.5 – 2.5
การอ่านหนังสือหรือการที่ต้องใช้สายตามาก	2.5 – 4.0
การทำงานที่ต้องควบคุมความละเอียดหรือการใช้เครื่องจักร	4.0 – 8.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ลักษณะการเปิดช่องเปิดที่มีผลกับสภาพแสงสว่างภายใน

การกำหนดความกว้างและความสูงของช่องเปิดนั้น จะมีผลกับปริมาณแสงสว่างที่มาสู่ภายในห้อง ถ้าหากช่องเปิดมีความสูงมากก็จะช่วยให้แสงสว่างส่องเข้าไปในพื้นที่ที่ลึกได้ ส่วนความกว้างของช่องเปิดที่มีความกว้างมากก็จะช่วยให้ห้องได้รับแสงสว่างจากภายนอกได้มากกว่าช่องเปิดที่แคบและเล็กดังนั้นการที่จะให้พื้นที่ด้านในสุดได้รับแสงสว่างในระดับมาตรฐาน ความลึกของห้องจึงเป็นสัดส่วนแปรผันตามขนาดความสูงของช่องเปิด

2.6.1 ความสัมพันธ์ของช่องเปิดที่มีผลต่อสภาพการส่องสว่างภายใน

โดยลักษณะทั่วไปสัดส่วนของช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับลักษณะการส่องสว่าง 2 กรณี

A สัดส่วนช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่ส่องผ่านเข้ามายังพื้นที่ภายใน

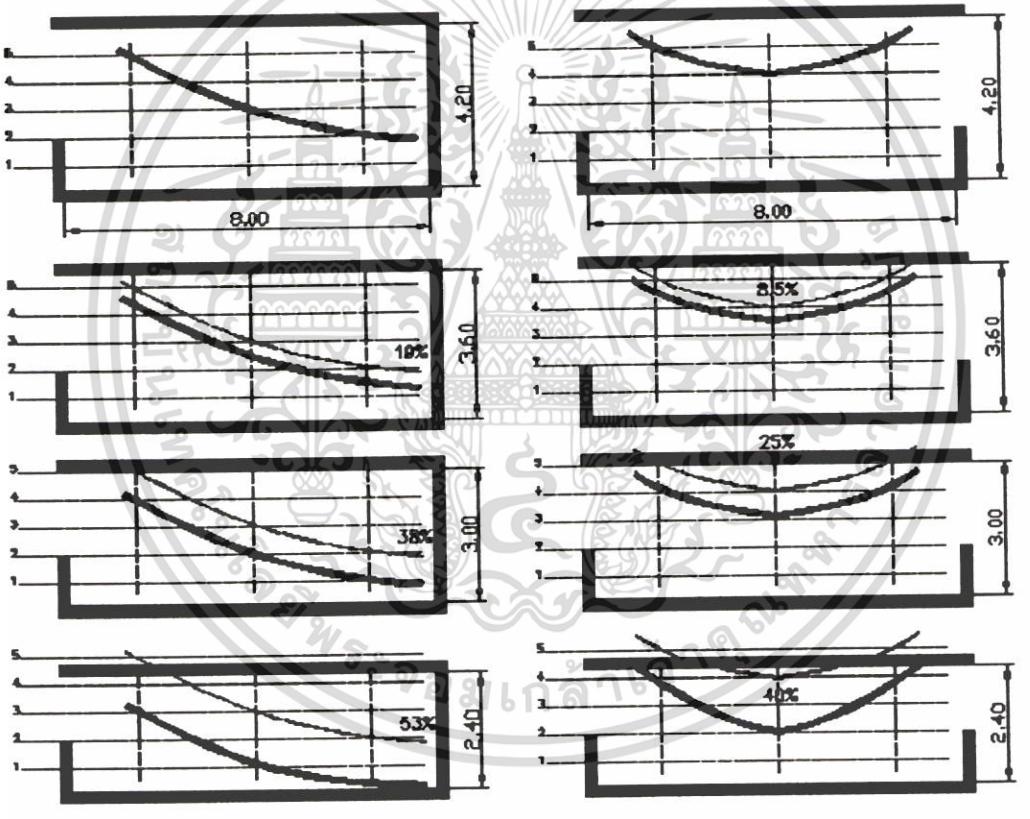
B สัดส่วนของช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับลักษณะการกระจายแสง ที่ส่องผ่านเข้ามาพื้นที่ภายใน ในลักษณะแนวกว้าง แนวยาวและแนวตั้งโดยความลึกของห้องไม่ควรเกิน 2.5 H เมื่อ H คือความสูงของช่องเปิด

รูปที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของห้องและความสูงของช่องเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 ความสูงและความกว้างของหน้าต่าง (Window Height and Windows Width)

ขนาดของหน้าต่างและความสูงของหน้าต่างโดยมีระดับที่อยู่เหนือระดับการทำงาน (Work Plane) จะเป็นตัวแปรที่สำคัญในการออกแบบแสงสว่างจากธรรมชาติซึ่งโดยปกติรูปแบบของหน้าต่างที่มีขนาดใหญ่จะยอมให้ปริมาณแสงส่องผ่านเข้ามาได้มากแต่ความสูงของหน้าต่างจะเป็นตัวแปรสำคัญมากกว่า โดยที่ความสูงของหน้าต่างจะมีผลต่อความลึกในการส่องสว่างของแสงที่ผ่านเข้ามาภายใน ในส่วนความกว้างของหน้าต่างจะมีผลต่อปริมาณการส่องสว่างภายใน คือหน้าต่างที่กว้างจะมีประสิทธิภาพในการส่องสว่างที่ดีกว่าหน้าต่างที่แคบดังรูปต่อไปนี้

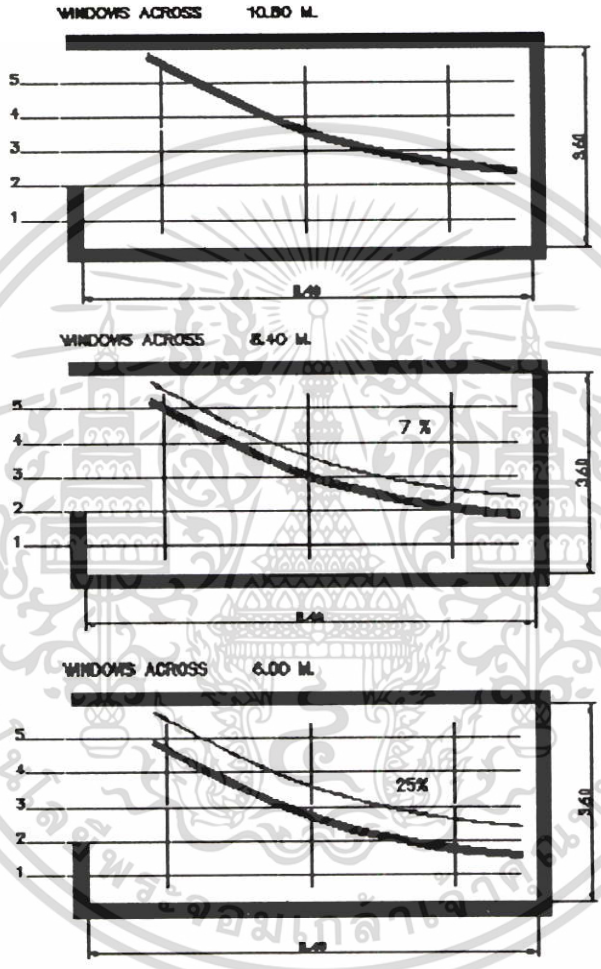


รูปที่ 2.15 (ก.) แสดงการเปรียบเทียบความสูงของหน้าต่างที่มีความสัมพันธ์ต่อการส่องผ่านของแสงเข้ามาภายใน (ข.) แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างของหน้าต่าง 2 ด้านที่ความสูงแตกต่างกัน

จากรูปที่ 2.15(ก.) ประสิทธิภาพในการส่องสว่างเข้ามาภายในจะมีปริมาณลดน้อยลง 19 % 38 % และ 63 % ตามลำดับจากบริเวณด้านหลังของห้องโดยขนาดของช่องเปิดจะมีการแปรเปลี่ยนขนาดลงแต่ความลึกของห้องคงที่คือ 28 ฟุต (8.40 เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจากรูปที่ 2.15 (ข.) แสดงการเปรียบเทียบของปริมาณการส่องสว่างของแสงโดยมีหน้าต่างทั้ง 2 ด้าน ปริมารการส่องสว่างจะมีแนวโน้มที่ลดลงในบริเวณส่วนกลางของห้องจากระดับ 8.5% 25% 44% โดยที่ขนาดของหน้าต่างมีการเปลี่ยนแปลงแต่ขนาดความลึกของห้องคงที่คือ 28 ฟุต (8.40 เมตร)



รูปที่ 2.16 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณการส่องสว่างจากการปรับเปลี่ยนความยาวของหน้าต่าง

จากรูปที่ 2.16 ปริมารการส่องสว่างของแสงที่ส่องผ่านเข้ามาภายในจะมีขนาดที่ลดลง จากการแปรเปลี่ยนความยาวของหน้าต่างที่แตกต่างกัน 36 ฟุต (10.80 เมตร) 28 ฟุต (8.40 เมตร) และ 20 ฟุต (6.00 เมตร) ประสิทธิภาพในการส่องสว่างจะลดลง 7% และ 25% จากจุดที่อยู่บริเวณด้านหลังของห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ทฤษฎีการให้ความสว่างแก่อาคารโดยอาศัยแสงประดิษฐ์ (Artificial Light)

ในการคำนวณเพื่อหาความส่องสว่างในพื้นที่ใช้งานมีอยู่ 2 วิธีหลัก ได้แก่วิธีแรกเรียกว่า Zonal Cavity Method เป็นการพิจารณาระดับความส่องสว่างเฉลี่ยทั้งห้อง วิธีที่สองเรียกว่าวิธีคำนวณแบบจุดต่อจุด (Point – by – Point Method) เป็นวิธีการหาค่าระดับความสว่างจุดใดจุดหนึ่งโดยอาศัยกราฟแสดงการกระจายของกำลังเทียน และกฎกำลังสองผกผันหาค่าระดับความสว่างที่พิจารณา สำหรับการวิจัยนี้เลือกใช้แบบ Zonal Cavity Method

Zonal Cavity Method เป็นการพิจารณาระดับความส่องสว่างเฉลี่ยทั้งสอง ที่พิจารณาจากระดับความส่องสว่าง

E = L/A

เมื่อ L คือ ปริมาณแสงทั้งหมดที่เปล่งออกมาจากดวงโคม (ลูเมน)

A คือ พื้นที่ที่ต้องการพิจารณาระดับการส่องสว่าง (ตารางเมตร)

เนื่องจากเป็นการพิจารณาค่าเฉลี่ยแสงที่เปล่งออกมาจากดวงโคมกระจายทั่วห้องบางส่วนถูกดูดกลืน บาส่วนถูกสะท้อน โดยฝ้าเพดาน ผนัง พื้น และวัสดุภายในห้อง ดังนั้นควรพิจารณา 2 องค์ประกอบที่มีผลให้ค่าระดับความส่องสว่างเปลี่ยนไป อันเนื่องมาจาก ค่าการดูดกลืน การสะท้อนของวัตถุรอบ ๆ พื้นที่ที่พิจารณา (Coefficient of Utilization)

<u>องค์ประกอบที่มีผลให้ปริมาณแสงลดลงของดวงโคม (LLF)</u> มีหัวข้อพิจารณาดังนี้

A ฝุ่นหรือความสกปรกของ

- ความสกปรกของห้อง (Room Surface Dirt Depreciation) หรือ RSDD
- ความสกปรกของหลอด (Luminaure Dirt Depreciation) หรือ LDD
- ความสกปรกของโคม (Luminaure Surface Depreciation) หรือ LSD

B อายุการใช้งานของหลอดไฟ (Lamp Lumen Depreciation) หรือ LLD

C บัลลาสต์ (Luminaure Ballast Factor) หรือ LBF

D อุณหภูมิโดยรอบหลอด (Luminaure Ambient Temperature Factor) หรือ LAT

E ระดับแรงดันกำลังไฟฟ้าของหลอด (Voltage to Luminaure Factor) หรือ VLF

F การจุดติดของหลอด (Lamp Burnout Factor) หรือ LBO

LLF = RSDD X LDD X LSD X LLD X LBF X LAT X VLF X LBO

โดย RSDD, LDD, LLD เป็นค่าที่แปรเปลี่ยนตลอดเวลา (LBF, LAT, VLF, LBO, LSD) โดยทั่วไปมีค่าเท่ากับ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบที่มีผลให้ค่าระดับความส่องสว่างเปลี่ยน (CU)

เป็นค่าที่แสดงการนำแสงสว่างมาใช้งานจริงซึ่งขึ้นอยู่กับความกว้าง ยาว สูงและคุณสมบัติในการสะท้อนแสงของเพดาน ผนัง พื้น (ตาราง CU) พิจารณาโดยแบ่งห้องที่ต้องการออกเป็นสามส่วน (Zonal Cavity) ดังนี้

- ส่วนโพรงเพดาน (Ceiling Cavity) หรือ Hcc คือส่วนตั้งแต่เพดานถึงระดับดวงโคม (Luminaire Plane)
- ส่วนตัวห้อง (Room Cavity) หรือ Hrc คือส่วนที่อยู่ต่ำจากระดับดวงโคมลงมาถึงระดับพื้นที่ใช้งาน (Work Plane) เรียกความสูงของระยะนี้ว่าความสูงของห้อง (Room Cavity Hight)
- ส่วนใต้พื้นที่ใช้งาน (Floor Cavity) หรือ Hfc คือส่วนที่อยู่ต่ำจากระดับพื้นที่ใช้งานลงมาถึงพื้นห้อง เรียกความสูงของระยะนี้ว่าความสูงของพื้นงาน (Floor Cavity Hight)

รูปที่ 2.17 แสดงการแบ่งส่วนพื้นที่ภายในห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่อัตราส่วนโพรงแต่ละค่าคำนวณได้จากความสูงของแต่ละส่วนที่สัมพันธ์กับความกว้าง (W) ยาว (L) ของห้อง เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$CCR = 5\ hcc\ (W + L) / W \times L$$

$$RCR = 5\ hrc\ (W + L) / W \times L$$

$$FCR = 5\ hfc\ (W + L) / W \times L$$

เมื่อ CCR คือ อัตราส่วนโพรงเพดาน (Ceiling Cavity Ratio)

RCR คือ อัตราส่วนตัวห้อง (Room Cavity Ratio)

FCR คือ อัตราส่วนใต้พื้นที่ใช้งาน (Floor Cavity Ratio)

การคำนวณหาค่า CU มีขั้นตอนดังนี้

1. หาค่า CCR, RCR และ FCR
2. หาค่าการสะท้อนของฝ้าเพดาน (Hcc) ผนัง (Hrc) และพื้น (Hfc)
3. หาค่า CU เพื่อหาค่าดังนั้นสมการที่ได้คือ

$$E = L / A \times LLF \times CU$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ปริมาณแสงสว่างและรังสีดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อพื้นที่เขตกรุงเทพมหานคร (Radiation and Illumminance)

กรุงเทพมหานครตั้งอยู่ที่ละติจูดที่ 13° 44′ N และลองติจูดที่ 100° 33′E ในเขตสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (Tropical Zone) ทำให้มีปริมาณรังสีและปริมาณแสงสว่างที่จ้าเกือบตลอดทั้งปี โดยปกติแล้ว ปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของแสงสว่าง ถ้าปริมาณของรังสีมาก ปริมาณแสงสว่างก็จะมีค่าของความส่องสว่างมากด้วยในช่วงของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของรังสีจากดวงอาทิตย์ และปริมาณของแสงสว่างจะมีการแปรเปลี่ยนตลอดเวลาในแต่ละช่วงวัน เดือน ปี จากการศึกษาสถิติการวัดค่าปริมาณแสงสว่างและรังสีของดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปี (มกราคมถึงเดือนธันวาคม (2542-2543) ของสถาบันวิจัยและพัฒนาเอเชีย AIT โดยเก็บข้อมูลสถิติของค่าความสองสว่างและค่าปริมาณรังสีแบบแนวโคจรของดวงอาทิตย์ (Solar time) แจะแบบตามช่วงเวลาปกติ (Local time) ดังแสดงในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 ปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเขตกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2542-2543

ตารางที่ 2.3 ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างรวมของท้องฟ้าทุก 1 ชั่วโมง (Klux)

Hourly mean values of global illuminance (Klux) by calendar month (Solar time)

Solar Time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	2.2	5.26	6.04	6.11	6.39	0.32	5.71	5.39	3.55	0	0
7	9.34	9.78	16.21	20.49	19.48	21.63	23.96	17.73	18.25	13.45	9.53	9.63
8	24.8	30.51	44.57	48.93	39.71	41.79	44.83	39.48	42.16	33.26	28.3	28.47
9	50.63	56.49	69.8	73.46	62.66	63.68	61.05	61.58	60.65	50.96	51.14	49.11
10	67.83	77.97	81.38	87.76	70.95	81.41	75.07	78.93	75.6	68.19	64.1	66.85
11	74.78	84.77	88.62	96.43	82.01	85.56	82.81	83.52	80.66	72.19	77.65	78.86
12	81.01	92.07	92.42	100.9	79.38	78.52	83.65	81.71	85.84	75.67	77.1	81.66
13	69.46	86.52	85.58	104.69	70.41	70.93	82.38	74.36	83.13	67.75	66.76	78.02
14	60.64	75.1	77.58	91.82	64.44	64.76	74.75	62.5	69.77	58.82	60.68	66.3
15	42.47	57.07	62.31	75.03	52.45	50.39	55.42	47.65	51.97	44.22	41.35	47.42
16	25.41	32.44	41.39	44.25	39.6	33.85	38.81	32.29	32.53	26.5	23.79	25.81
17	9.63	10.74	18.39	18.96	20.62	17.34	21.35	16.51	14.06	10.44	9.56	8.76
18	0	3.7	5.99	6.74	7.38	6.01	6.6	5.56	4.36	5.84	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.3 ค่าความถี่ของความส่องสว่างภายนอกในแนวระนาบของกรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าความถี่ของส่องสว่างภายนอกในแนวระนาบของกรุงเทพฯ(1999-2000)

ความส่องสว่างภายนอก (Lux)	จำนวนชั่วโมง/ปี	เปอร์เซ็นต์ (%)	Daylight Factor (%)
0	460	12.60	0.00
1-5000	46	1.26	10.00
5000-10000	97	2.66	5.00
10000-15000	139	3.81	3.33
15000-20000	144	3.95	2.50
20000-25000	142	3.89	2.00
25000-30000	150	4.11	1.67
30000-35000	168	4.60	1.43
35000-40000	165	4.52	1.25
40000-45000	139	3.81	1.11
45000-50000	172	4.71	1.00
50000-55000	176	4.82	0.91
55000-60000	157	4.30	0.83
60000-65000	140	3.84	0.77
65000-70000	142	3.89	0.71
70000-75000	173	4.74	0.67
75000-80000	143	3.92	0.63
80000-85000	137	3.75	0.59
85000-90000	152	4.16	0.56
90000-95000	126	3.45	5.26
95000-100000	106	2.90	0.50
10000-105000	111	3.04	0.48
105000-110000	101	2.77	0.45
110000-115000	62	1.70	0.43
115000-120000	46	1.26	0.42
120000-125000	31	0.85	0.40
125000-130000	21	0.58	0.38
130000-135000	4	0.11	0.37
รวม	3650 ชั่วโมง	100%	

เมื่อพิจารณาถึงค่าความถี่ของปริมาณแสงสว่างที่เกิดขึ้น ส่วนมากอยู่ในช่วง 45,000-55,000 Lux โดยที่สภาพของท้องฟ้าจะมีลักษณะแบบมีเมฆมาก (Partly Cloudy Sky) ดังนั้นในการทดลองเพื่อหาค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ในแต่ละหุ่นจำลองนั้น ควรจะทำการทดลองในสภาพแสงดังกล่าวเพื่อให้ได้สภาพใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

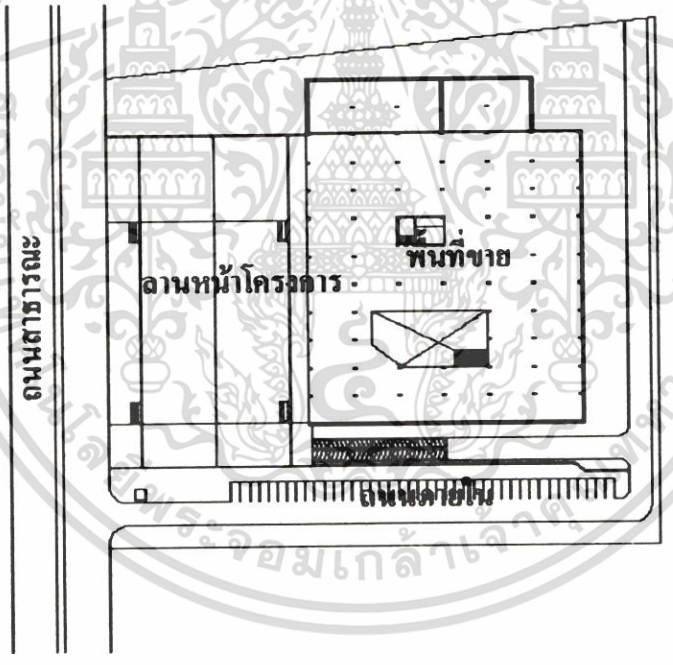
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

แบบกรณีศึกษา เครื่องมือและวิธีการวัดค่า

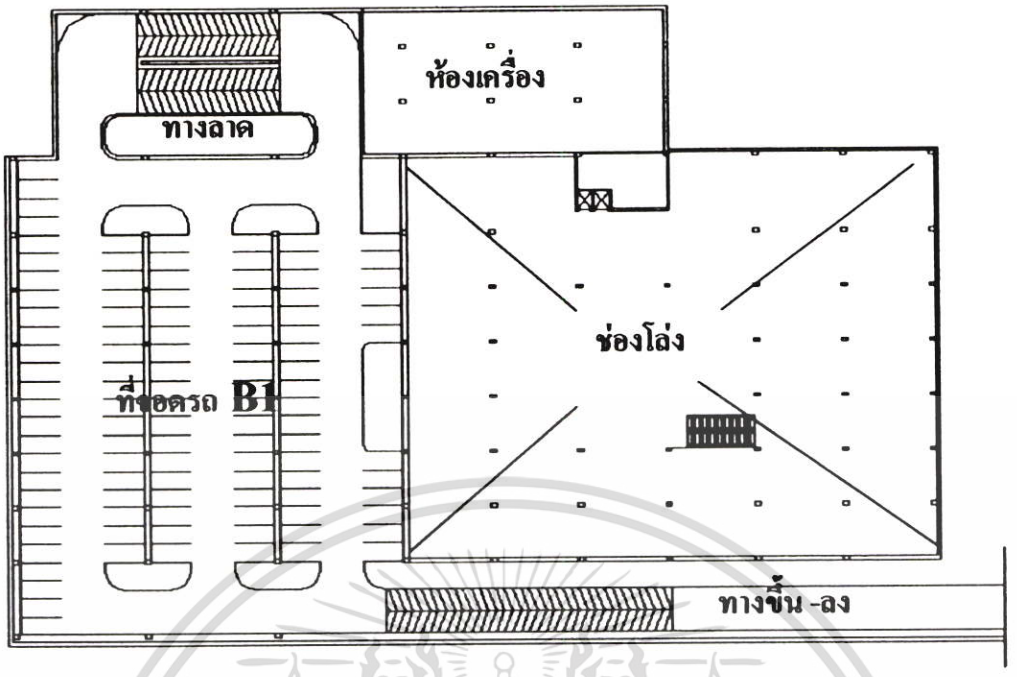
3.1 รูปแบบของพื้นที่ใช้สอยชั้นใต้ดิน

ลักษณะทางกายภาพโดยทั่วไปของพื้นที่ชั้นใต้ดินอาคารประเภทห้างสรรพสินค้า จะมีลักษณะของการจัดรูปแบบบางประการร่วมกัน คืออาจมีส่วนของชั้นใต้ดินอยู่ด้านล่างพื้นที่ส่วนอาคารบนดิน หรือมีส่วนของพื้นที่ชั้นใต้ดินอยู่ด้านล่างส่วนของลานโดยที่ไม่มีอาคารบนดิน หรืออาจจะมีทั้งสองรูปแบบด้วยกัน ทั้งนี้การจัดรูปแบบดังกล่าวจะมีผลต่อโอกาสในการออกแบบแสงธรรมชาติมาใช้ในพื้นที่

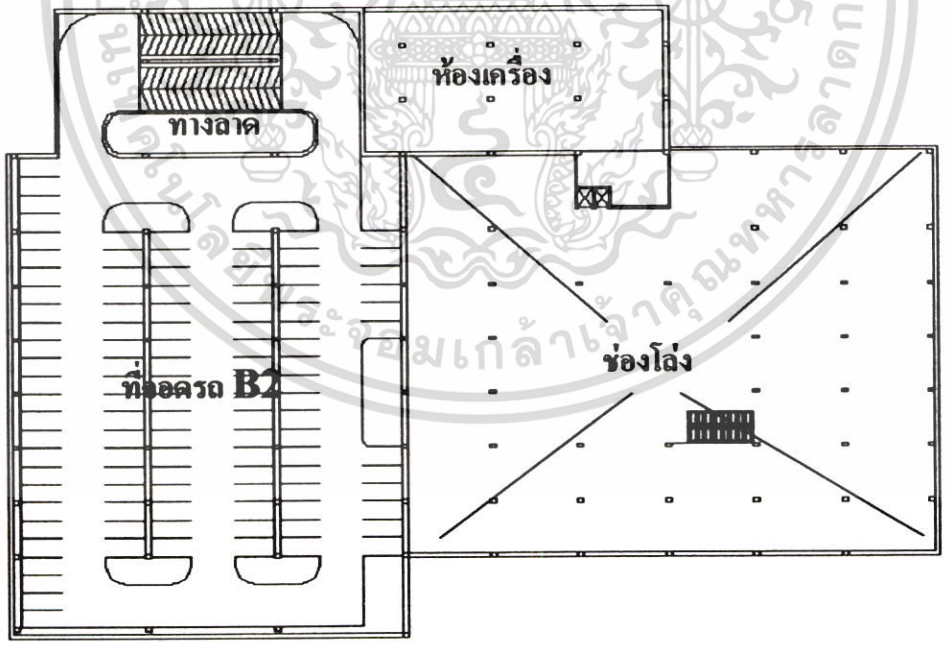


รูปที่ 3.1 แสดงการจัดผังบริเวณของพื้นที่อาคารห้างสรรพสินค้าทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

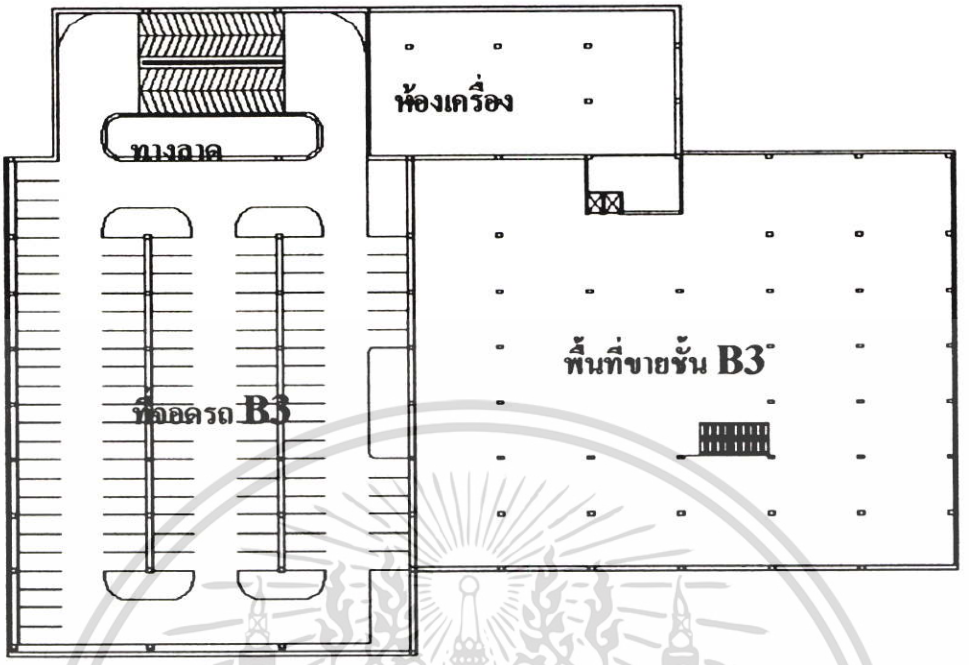


รูปที่ 3.2 แสดงการจัดผังพื้นที่ชั้นใต้ดินชั้น B1

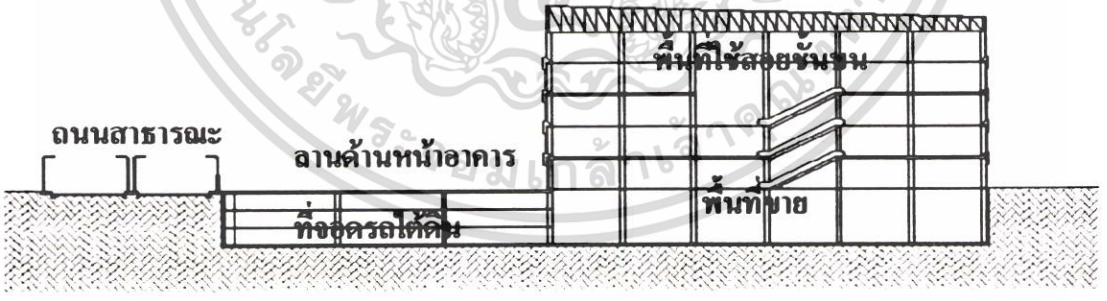


รูปที่ 3.3 แสดงการจัดผังพื้นที่ชั้นใต้ดินชั้น B2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



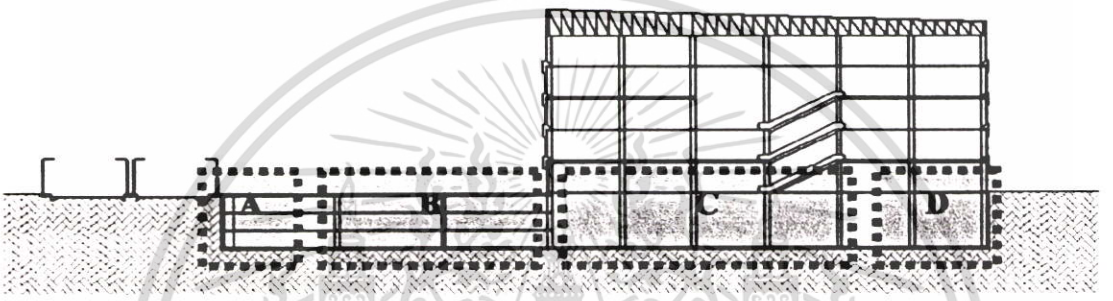
รูปที่ 3.4 แสดงการจัดผังพื้นที่ชั้นใต้ดินชั้น B3



รูปที่ 3.5 รูปตัดแสดงการจัดผังพื้นที่ชั้นใต้ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการพิจารณาถึงรูปแบบของการจัดพื้นที่ใช้สอยดังที่กล่าวมา สามารถสรุปลักษณะของแสงที่มีโอกาสจะส่องสว่างเข้าไปในพื้นที่ โดยแบ่งลักษณะของแสงตามชนิดของช่องเปิด คือกรณีแสงเข้าจากช่องเปิดด้านบน และกรณีแสงเข้าจากช่องเปิดด้านข้างในแนวตั้ง เมื่อพิจารณาจากลักษณะของพื้นที่ชั้นใต้ดินร่วมกับข้อจำกัดด้านกฎหมายควบคุมอาคารโดยเฉพาะ ระยะร่นอาคารจากแนวเขตที่ดิน และระยะความสูงระหว่างชั้นอาคารซึ่งมีข้อกำหนดอยู่แล้ว โอกาสในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในพื้นที่ชั้นใต้ดินจึงให้ความสำคัญต่อแสงที่เข้าจากช่องเปิดทางด้านบนมากกว่าแสงที่เข้ามาจากช่องเปิดด้านข้าง



รูปที่ 3.6 พิจารณารูปแบบการนำแสงธรรมชาติในทิศทางต่างๆมาใช้งานในพื้นที่ชั้นใต้ดิน

เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพของการจัดพื้นที่ใช้งานชั้นใต้ดิน จะพบว่าสามารถแบ่งประเภทของพื้นที่ตามโอกาสในการนำแสงธรรมชาติมาใช้งานดังนี้คือ

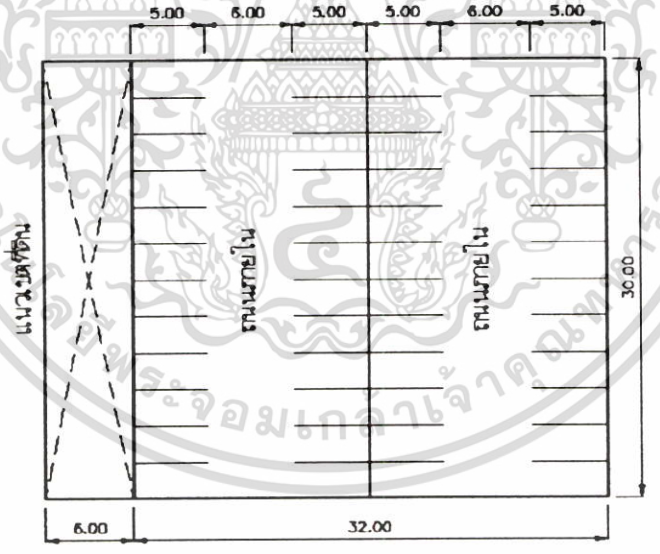
A) เป็นพื้นที่ชั้นใต้ดินบริเวณขอบเขตที่ดิน มีโอกาสในการออกแบบช่องเปิดจากการใช้ระยะร่นเพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ในพื้นที่ได้
B) เป็นพื้นที่ชั้นใต้ดินที่ไม่มีส่วนใช้สอยอาคารด้านบนปกคลุม มีโอกาสในการออกแบบช่องเปิดจากด้านบนเพื่อใช้แสงธรรมชาติในพื้นที่ได้
C) เป็นพื้นที่ชั้นใต้ดินที่มีส่วนของอาคารด้านบน ไม่สามารถเปิดช่องเปิดด้านข้างและด้านบนได้ นอกจากต้องออกแบบโถงภายในอาคารด้านบนเพื่อรองรับอุปกรณ์ให้แสงธรรมชาติ
D) เป็นพื้นที่ชั้นใต้ดินที่มีส่วนของอาคารด้านบนบริเวณเขตที่ดิน มีโอกาสในการออกแบบช่องเปิดจากการใช้ระยะร่นเพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ในพื้นที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปนั้น ลักษณะการใช้งานของพื้นที่ใช้สอยชั้นใต้ดินมักจะเป็นส่วนของพื้นที่จอดรถ, ห้องเครื่องงานระบบ, และมักจะไม่มีความหลากหลายของประเภทการใช้งานนัก เนื่องมาจากพื้นที่ใช้สอยชั้นใต้ดินมีข้อจำกัดเรื่องแสงสว่าง, การระบายอากาศ, มุมมอง และในกรณีที่มีชั้นใต้ดินมากกว่า 2 ชั้นขึ้นไปมักจะมีพื้นที่สำหรับจอดรถซ้อนชั้นอยู่ด้วย ซึ่งขนาดของพื้นที่การจอดรถมีผลต่อการออกแบบระยะห่างระหว่างเสาและความสูงของชั้นอาคาร

3.2 การออกแบบหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ใช้ในการทดลอง

การกำหนดขนาดพื้นที่ใช้สอยที่ใช้ทำการศึกษานั้น จะมีที่มาจากระยะความกว้าง ยาว ของพื้นที่จอดรถ 1 คัน และความกว้างของถนนตามกฎหมายกำหนด สำหรับขนาดพื้นที่ที่จะใช้เพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการใช้แสงประดิษฐ์กับแสงธรรมชาตินั้น กำหนดไว้ที่ขนาดกว้าง 30 เมตร ยาว 32 เมตร สามารถรองรับพื้นที่จอดรถได้ 48 คัน โดยใช้ลักษณะการจอดที่มีถนนกว้าง 6 เมตรตรงกลางและจอดรถได้สองข้างของถนน



รูปที่ 3.7 แสดงขนาดพื้นที่และรูปแบบการจัดพื้นที่ใช้สอยเพื่อทำการศึกษา

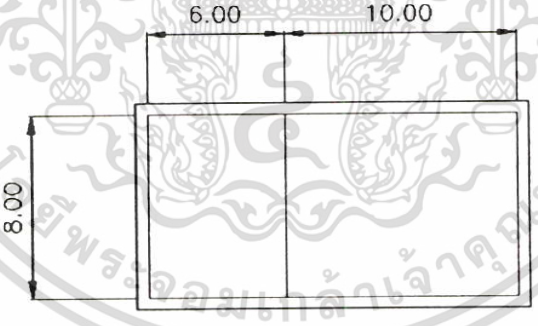
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการกำหนดขนาดพื้นที่ใช้สอยและส่วนประกอบที่จะใช้เพื่อทำการศึกษาแสงธรรมชาติดังรูปที่ 3.1 เพื่อความสะดวกในการกำหนดตัวแปรและวัดค่า จึงได้ทำการออกแบบหุ่นจำลองเพื่อทำการศึกษาเป็น 2 กลุ่มดังนี้

3.2.1 หุ่นจำลองมาตรฐาน กลุ่มที่ 1

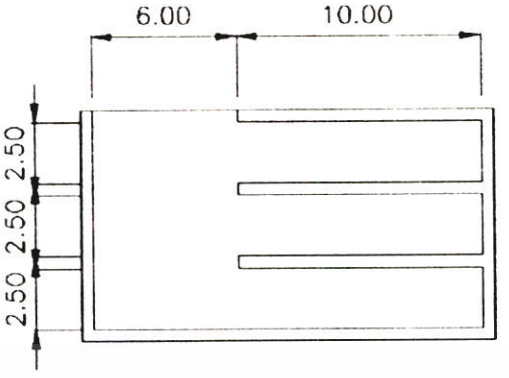
หุ่นจำลองกลุ่มที่ 1 นี้ มีไว้เพื่อศึกษาพฤติกรรมของแสงธรรมชาติที่เข้ามาจากช่องเปิดด้านระยะร่นจากเขตที่ดินด้านข้างตามที่กำหนดไว้ในกฎหมายอาคาร โดยในการวัดค่าแสงนั้น จะพิจารณาแสงที่กระทำกับระนาบภายในอาคารเป็นสำคัญ

หุ่นจำลองมาตรฐานกลุ่มที่ 1 ได้กำหนดตัวแปรต้นตามขอบเขตการทดลองที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 โดยกำหนดให้หุ่นจำลองมาตรฐานมีพื้นที่ใช้สอยชั้นใต้ดินสามชั้น แต่ละชั้นมีความสูงระยะพื้นถึงเพดาน 2.50 เมตร, ระยะพื้นถึงพื้น 3.00 เมตรสำหรับโครงสร้างและงานระบบอาคาร ส่วนประกอบอาคารได้แก่ พื้น, ฝ้าเพดาน, ใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงใกล้เคียงกับผิวคอนกรีตเสริมเหล็กคือ 65% ควบคุมค่าการสะท้อนแสงของวัสดุผนังโดยใช้วัสดุสีดำติดโดยรอบระนาบแนวตั้งของผนังทุกด้าน กำหนดพื้นที่ความกว้างของหุ่นจำลอง 8.00 เมตร ยาว 16.00 เมตร สามารถทำการวัดค่าความสว่างภายในบนพื้นที่ตามจุดที่กำหนดได้ 16 จุด และจุดที่วัดค่าความสว่างภายนอก 1 จุด

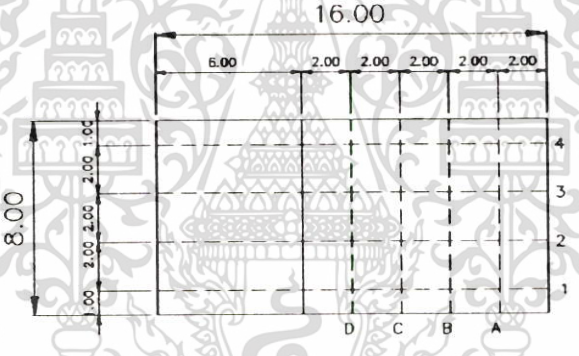


รูปที่ 3.8 ผังหุ่นจำลองมาตรฐานกลุ่มที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 รูปตัดหุ่นจำลองมาตรฐานกลุ่มที่ 1



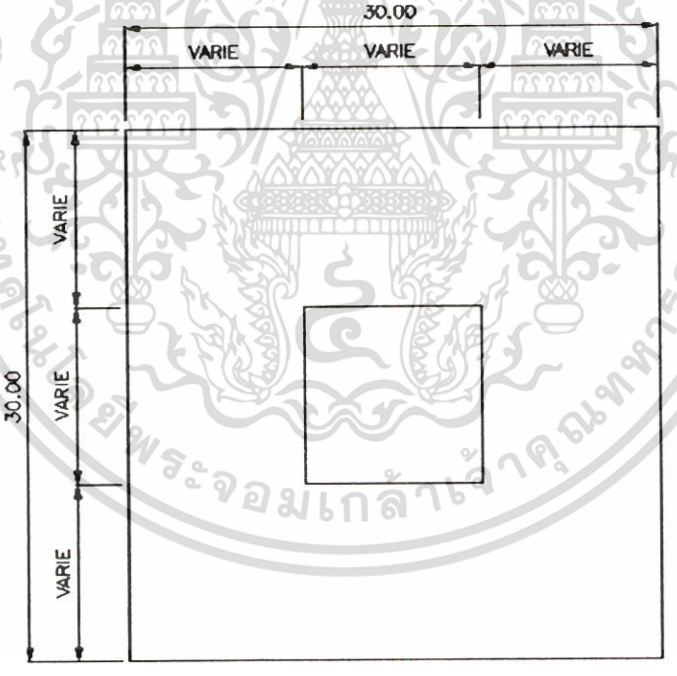
รูปที่ 3.10 แสดงจุดที่ทำการวัดค่าภายใน สำหรับหุ่นจำลองกลุ่มที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 หุ่นจำลองมาตรฐาน กลุ่มที่ 2

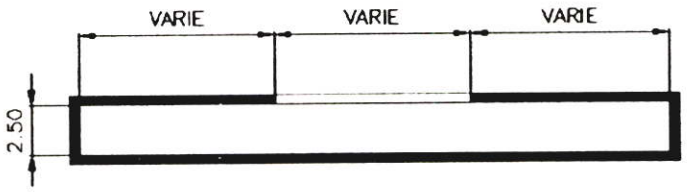
หุ่นจำลองกลุ่มที่ 2 นี้ มีไว้เพื่อศึกษาพฤติกรรมของแสงธรรมชาติที่เข้ามาจากช่องเปิดด้านบน ในกรณีที่มีการเปิดช่องเปิดด้านบนเพื่อรับแสงธรรมชาติเข้ามาในเวลากลางวัน โดยจะพิจารณาแสงที่กระทำกับระนาบภายในอาคารเป็นสำคัญ

หุ่นจำลองมาตรฐานกลุ่มที่ 2 ได้กำหนดตัวแปรต้นตามขอบเขตการทดลองที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 โดยกำหนดให้หุ่นจำลองมาตรฐานมีพื้นที่ใช้สอยชั้นใต้ดินสามชั้น แต่ละชั้นมีความสูงระยะพื้นถึงเพดาน 2.50 เมตร, ระยะพื้นถึงพื้น 3.00 เมตรสำหรับโครงสร้างและงานระบบอาคาร ส่วนประกอบอาคารได้แก่ พื้น, ฝ้าเพดาน, ใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงใกล้เคียงกับผิวคอนกรีตเสริมเหล็กคือ 65% ควบคุมค่าการสะท้อนแสงของวัสดุผนังโดยใช้วัสดุสีดำติดโดยรอบระนาบแนวตั้งของผนังทุกด้าน กำหนดพื้นที่ความกว้างของหุ่นจำลอง 30.00 เมตร ยาว 30.00 เมตร สามารถทำการวัดค่าความสว่างภายในบนพื้นที่ตามจุดที่กำหนดได้ 196 จุด และจุดที่วัดค่าความสว่างภายนอก 1 จุด

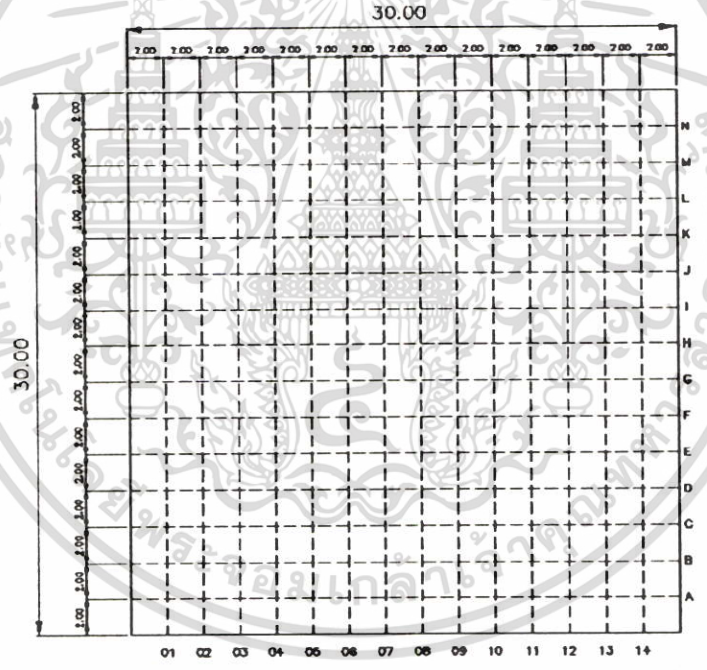


รูปที่ 3.11 แสดงผังหุ่นจำลองมาตรฐานกลุ่มที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดงรูปตัดหุ่นจำลองมาตรฐานกลุ่มที่ 2



รูปที่ 3.13 แสดงจุดที่ทำการวัดแสงภายในหุ่นจำลองกลุ่มที่ 2

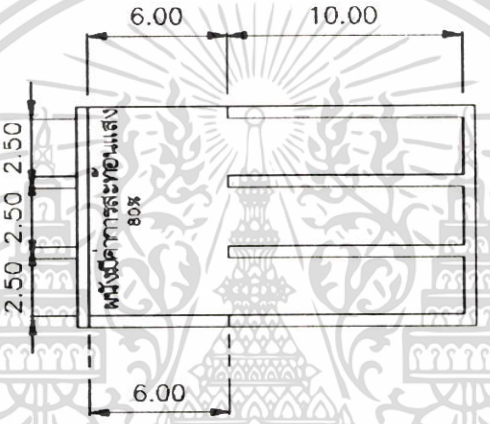
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การวิเคราะห์เลือกกรณีศึกษาที่ใช้ในการทดลอง

3.3.1 กรณีศึกษาสำหรับหุ่นจำลองกลุ่มที่ 1

กรณีศึกษาที่ 1.1 ศึกษาการใช้วัสดุผนังที่มีค่าการสะท้อนแสง

เปลี่ยนแปลงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุผนังด้านแนวร่นเขตที่ดิน จากเดิมในหุ่นจำลองมาตรฐานที่มีการควบคุมการสะท้อนของผนังทุกด้านโดยใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสง 80 % จะทำให้แสงมีการสะท้อนเข้าไปในพื้นที่ภายในอาคารในปริมาณที่มากขึ้น

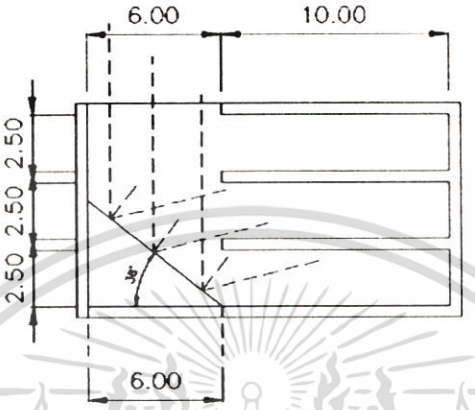


รูปที่ 3.14 รูปตัดแสดงการใช้ผนังที่มีค่าสะท้อนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 1.2 ศึกษาความลาดเอียงของผนังด้านแนวเขตที่ดิน

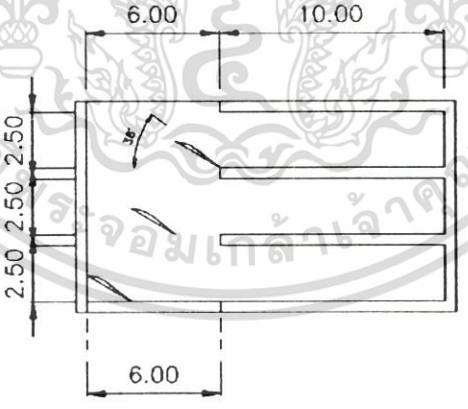
ใช้วัสดุผนังที่มีค่าการสะท้อนแสง 80% ติดตั้งบริเวณผนังด้านที่เป็นเขตระยะร่น ทำมุมเอียง 38° เพื่อทำมุมสะท้อนแสงในแนวระนาบจากช่องเปิดด้านบน ไปยังพื้นที่ภายในอาคาร



รูปที่ 3.15 รูปตัดแสดงการใช้ผนังสะท้อนแสงทำมุมกับแนวระนาบ

กรณีศึกษาที่ 1.3 ศึกษาการใช้หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelves) รูปแบบที่ 1

ใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อนแสง 80% ทำมุม 38° กับแนวระนาบเพื่อสะท้อนแสงเข้าไปยังพื้นที่ภายในอาคาร

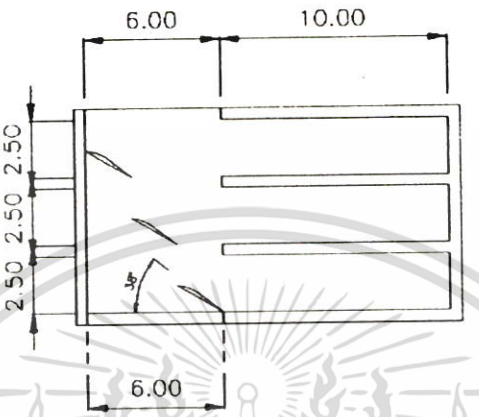


รูปที่ 3.16 รูปตัดแสดงการใช้หิ้งสะท้อนแสงแบบที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 1.4 ศึกษาการใช้หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelves) รูปแบบที่ 2

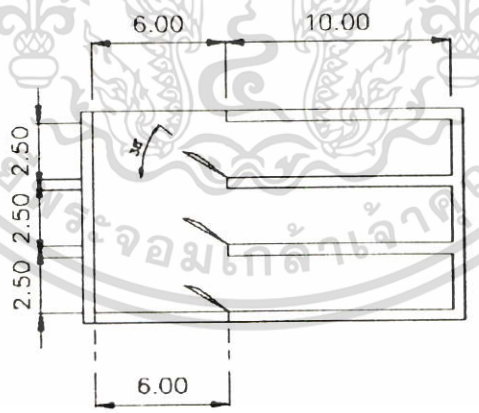
ใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อนแสง 80% ทำมุม 38° กับแนวระนาบเพื่อสะท้อนแสงเข้าไปยังพื้นที่ภายในอาคาร



รูปที่ 3.17 รูปตัดแสดงการใช้หิ้งสะท้อนแสงแบบที่ 2

กรณีศึกษาที่ 1.5 ศึกษาการใช้หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelves) รูปแบบที่ 3

ใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อนแสง 80% ทำมุม 38° กับแนวระนาบเพื่อสะท้อนแสงเข้าไปยังพื้นที่ภายในอาคาร

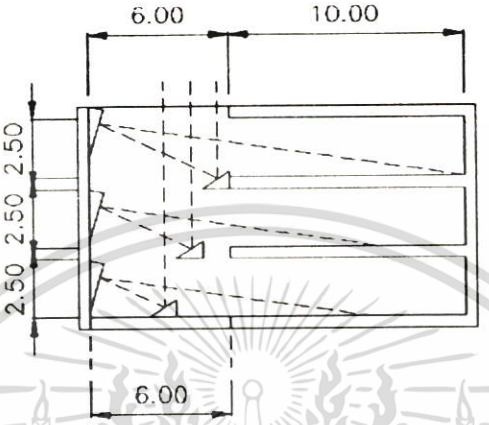


รูปที่ 3.18 รูปตัดแสดงการใช้หิ้งสะท้อนแสงแบบที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 1.6 ศึกษาการใช้หิ้งสะท้อนแสง (Light Shelves) รูปแบบที่ 4

ใช้หิ้งสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อนแสง 80% ทำมุมสะท้อนกับแสงแนวระนาบ เพื่อสะท้อนแสงเข้าไปยังพื้นที่ภายในอาคาร



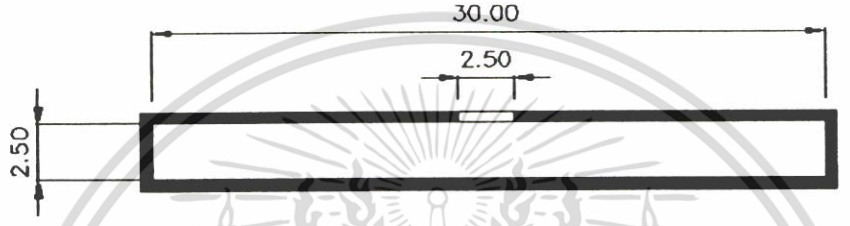
รูปที่ 3.19 รูปตัดแสดงการใช้หิ้งสะท้อนแสงแบบที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

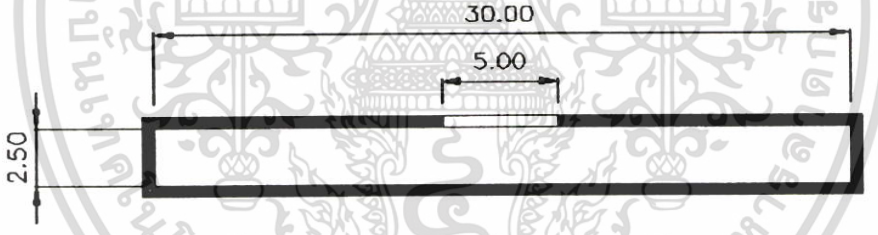
3.3.1 กรณีศึกษาสำหรับหุ่นจำลองกลุ่มที่ 2

กรณีศึกษาที่ 2.1 และ กรณีศึกษาที่ 2.2 ศึกษาขนาดของช่องเปิดด้านบน

ใช้ช่องเปิดด้านบนทำหน้าที่เป็นบ่อรับแสง (Lightwell) โดยกำหนดขนาดของช่องเปิดด้านบนที่มีขนาดความกว้างยาวต่างๆกัน แต่ควบคุมระยะความสูงของช่องเปิดจากพื้น ทั้งนี้เพื่อศึกษาพฤติกรรมของแสงผ่านช่องเปิดและความสามารถในการกระจายแสงไปยังพื้นที่โดยรอบช่องเปิด



รูปที่ 3.20 กรณีศึกษาที่ 2.1 รูปตัดแสดงช่องเปิดด้านบนขนาด 2.50 x 5.00 ตารางเมตร

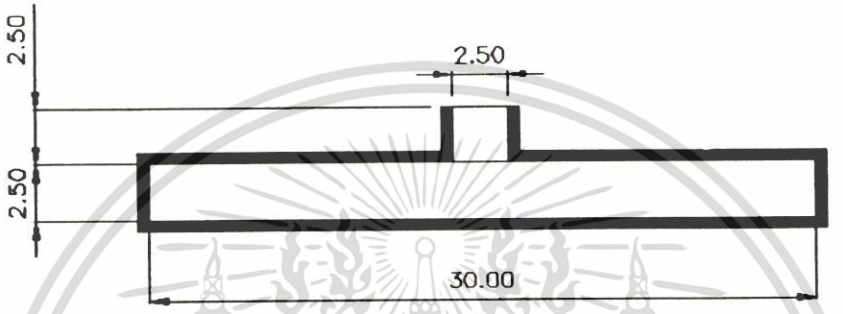


รูปที่ 3.21 กรณีศึกษาที่ 2.2 รูปตัดแสดงช่องเปิดด้านบนขนาด 5.00 x 5.00 ตารางเมตร

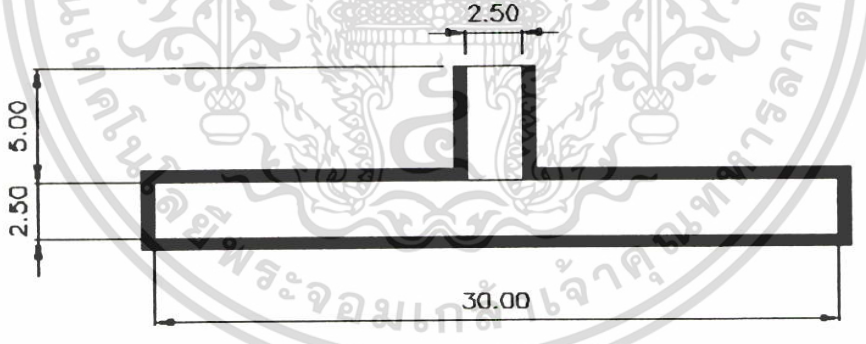
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 2.3 และ กรณีศึกษาที่ 2.4 ศึกษาระยะความสูงของช่องเปิดด้านบน

ใช้ช่องเปิดด้านบนทำหน้าที่เป็นบ่อรับแสง (Lightwell) โดยควบคุมขนาดของช่องเปิดด้านบนแต่กำหนดความสูงของช่องเปิดไปยังพื้นต่างๆกัน เพื่อศึกษาพฤติกรรมของแสงผ่านช่องเปิดและความสามารถในการกระจายแสงไปยังพื้นที่โดยรอบช่องเปิด



รูปที่ 3.22 กรณีศึกษาที่ 2.3 รูปตัดแสดงช่องเปิดด้านบนขนาด 2.50 x 5.00 ตารางเมตร ที่ระยะความสูงจากพื้น 5.00 เมตร

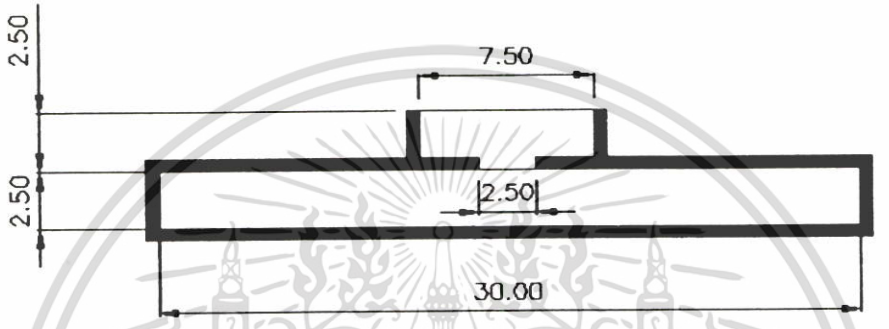


รูปที่ 3.23 กรณีศึกษาที่ 2.4 รูปตัดแสดงช่องเปิดด้านบนขนาด 2.50 x 5.00 ตารางเมตร ที่ระยะความสูงจากพื้น 7.50 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 2.5 และ กรณีศึกษาที่ 2.6 ศึกษาการจัดรูปแบบผสมระหว่างช่องเปิดหลายขนาด

ใช้ช่องเปิดด้านบนทำหน้าที่เป็นบ่อรับแสง (Lightwell) โดยควบคุมความสูงจากพื้น แต่ใช้ช่องเปิดขนาดต่างกันสลับตำแหน่งกัน เพื่อศึกษาพฤติกรรมของแสงผ่านช่องเปิดและความสามารถในการกระจายแสงไปยังพื้นที่โดยรอบช่องเปิด



รูปที่ 3.24 กรณีศึกษาที่ 2.5 รูปตัดแสดงช่องเปิดขนาด 2.50 x 5.00 ตารางเมตร ที่ระยะความสูงจากพื้น 2.50 เมตร และช่องเปิดขนาด 7.50 x 5.00 ตารางเมตร ที่ระยะความสูงจากพื้น 5.00 เมตร

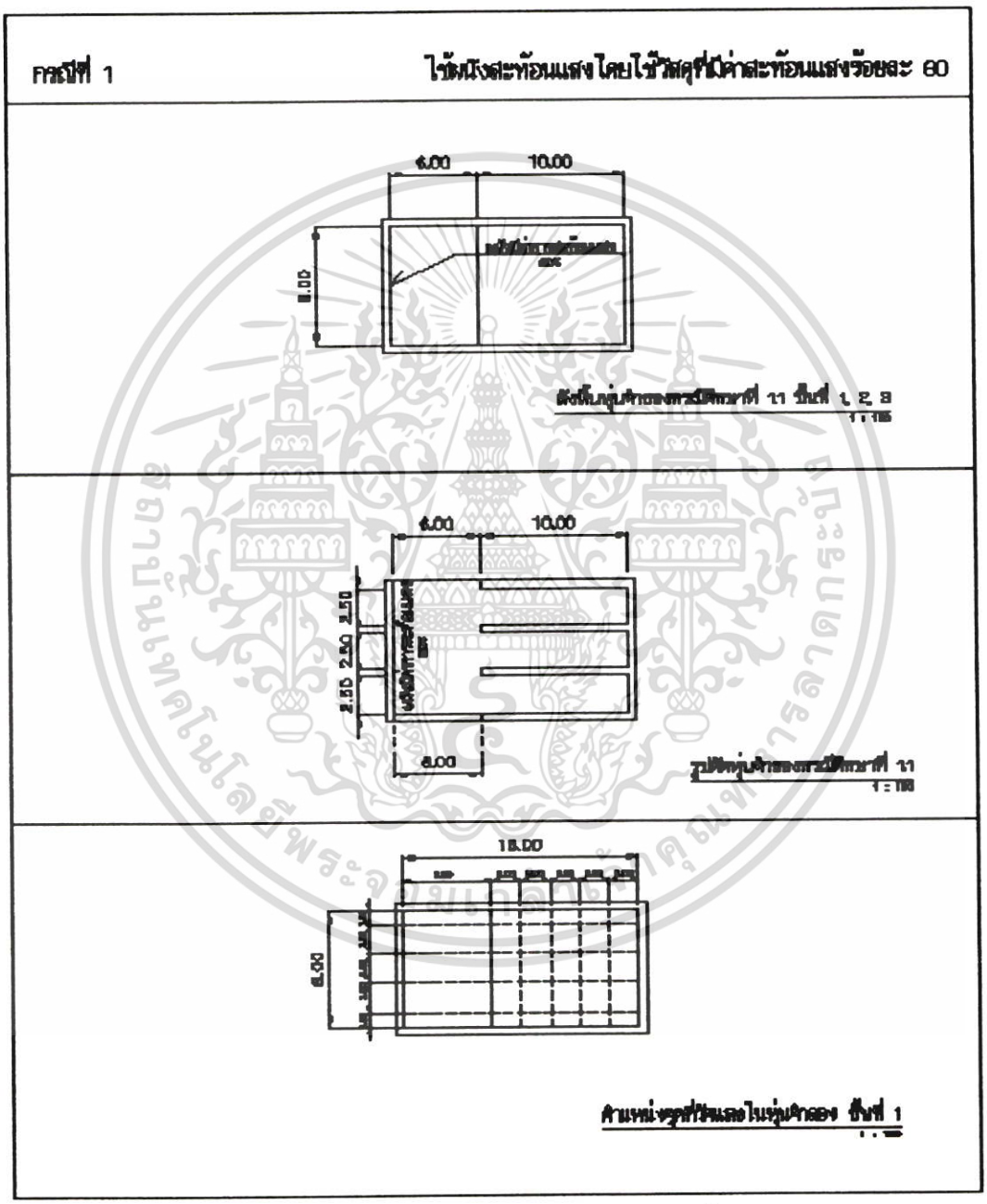
รูปที่ 3.25 กรณีศึกษาที่ 2.6 รูปตัดแสดงช่องเปิดขนาด 2.50 x 5.00 ตารางเมตร ที่ระยะความสูงจากพื้น 5.00 เมตร และช่องเปิดขนาด 7.50 x 5.00 ตารางเมตร ที่ระยะความสูงจากพื้น 2.5เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 รูปแบบที่ใช้ในการทดลอง

3.4.1 หุ่นจำลองกรณีศึกษากลุ่มที่ 1

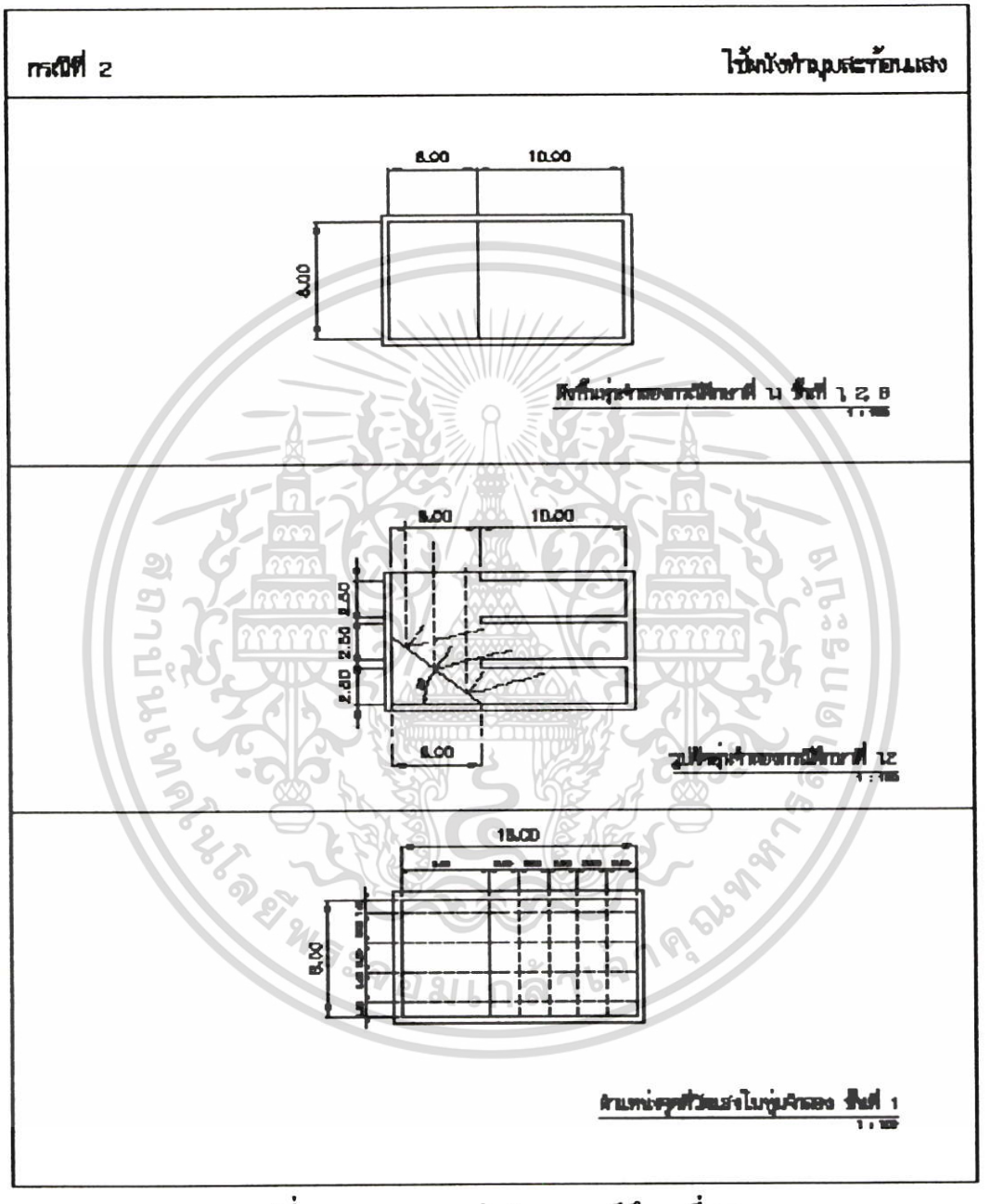
หุ่นจำลอง 1.1



รูปที่ 3.26 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

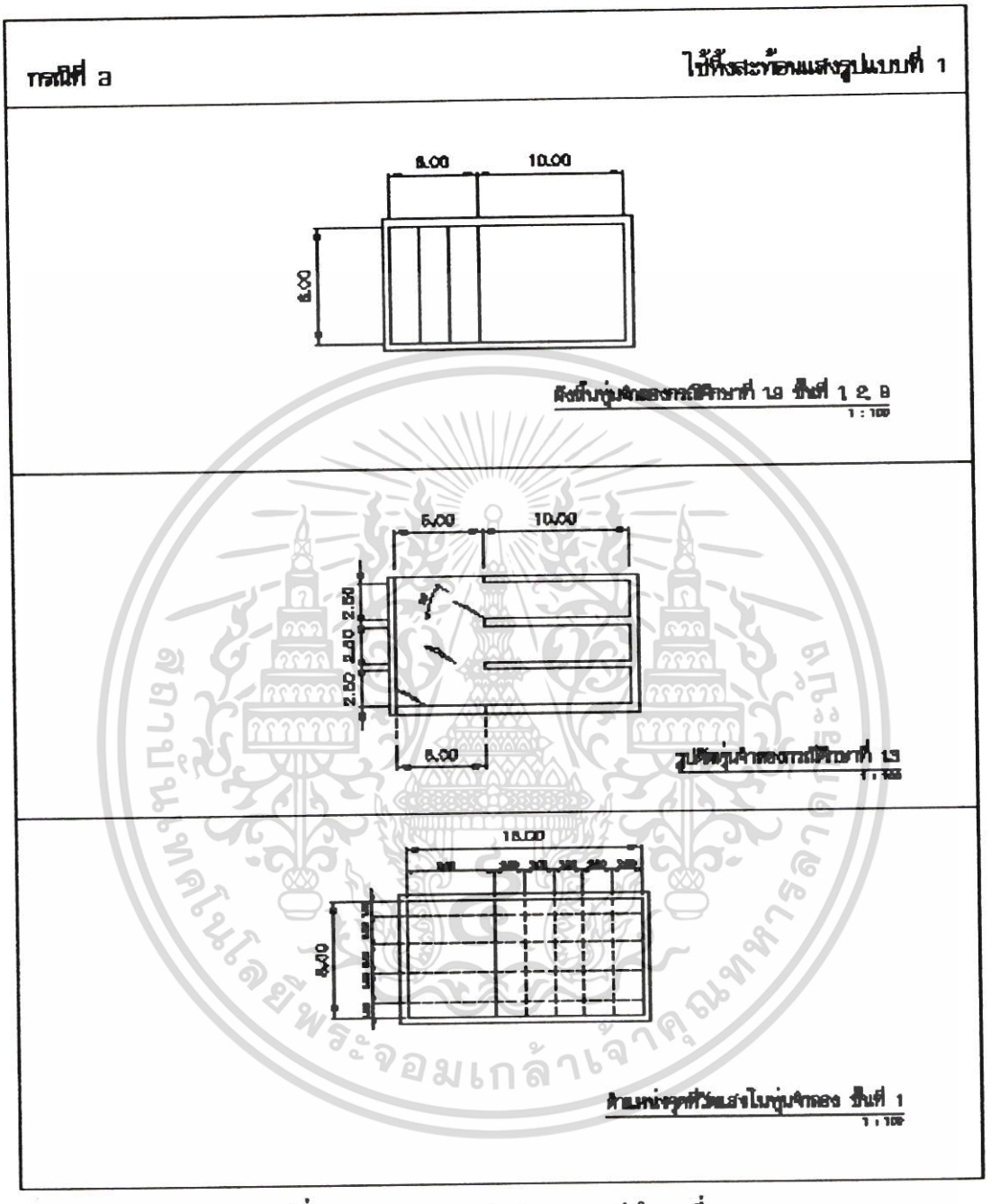
หุ่นจำลอง 1.2



รูปที่ 3.27 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

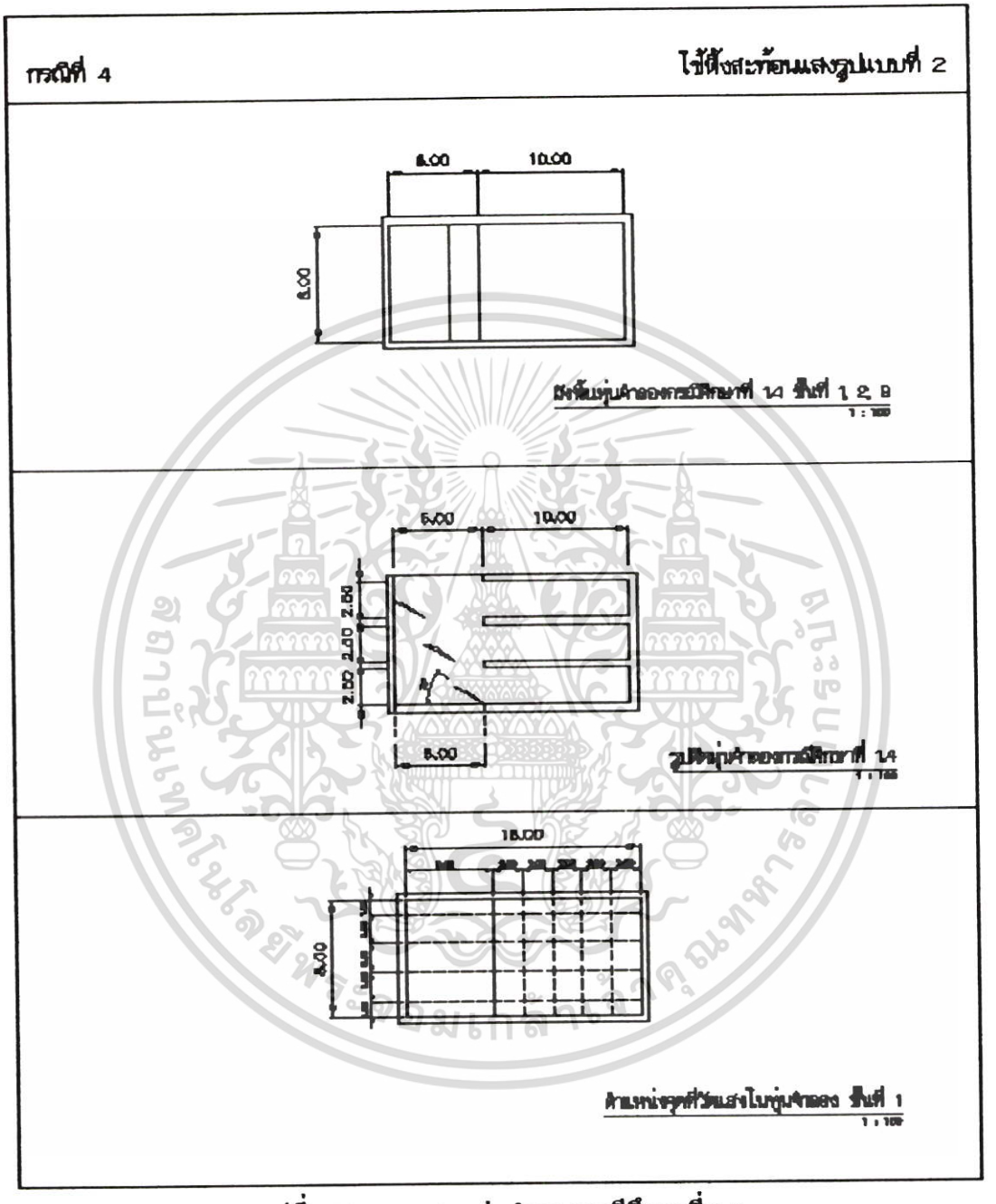
หุ่นจำลอง 1.3



รูปที่ 3.28 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

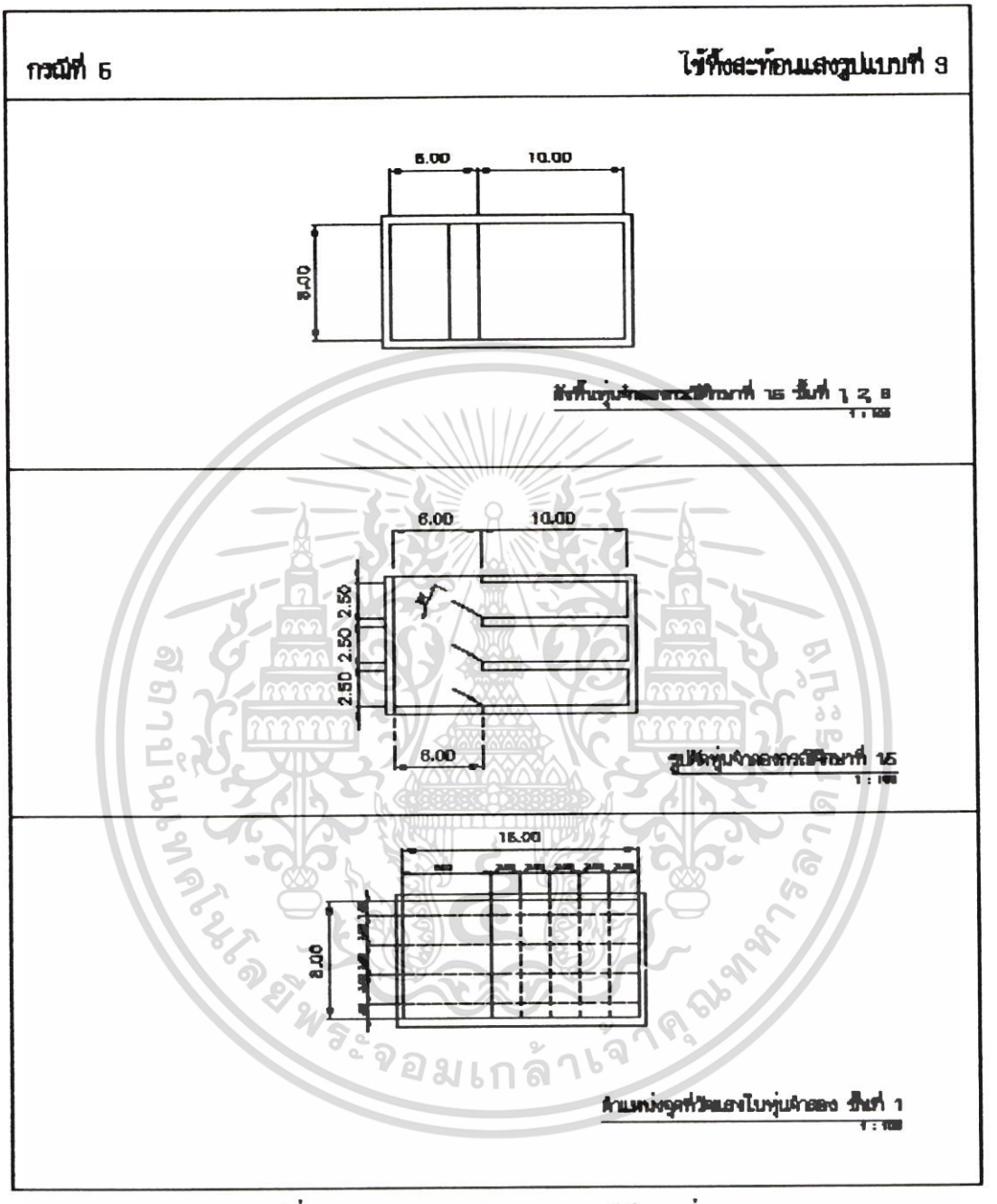
หุ่นจำลอง 1.4



รูปที่ 3.29 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

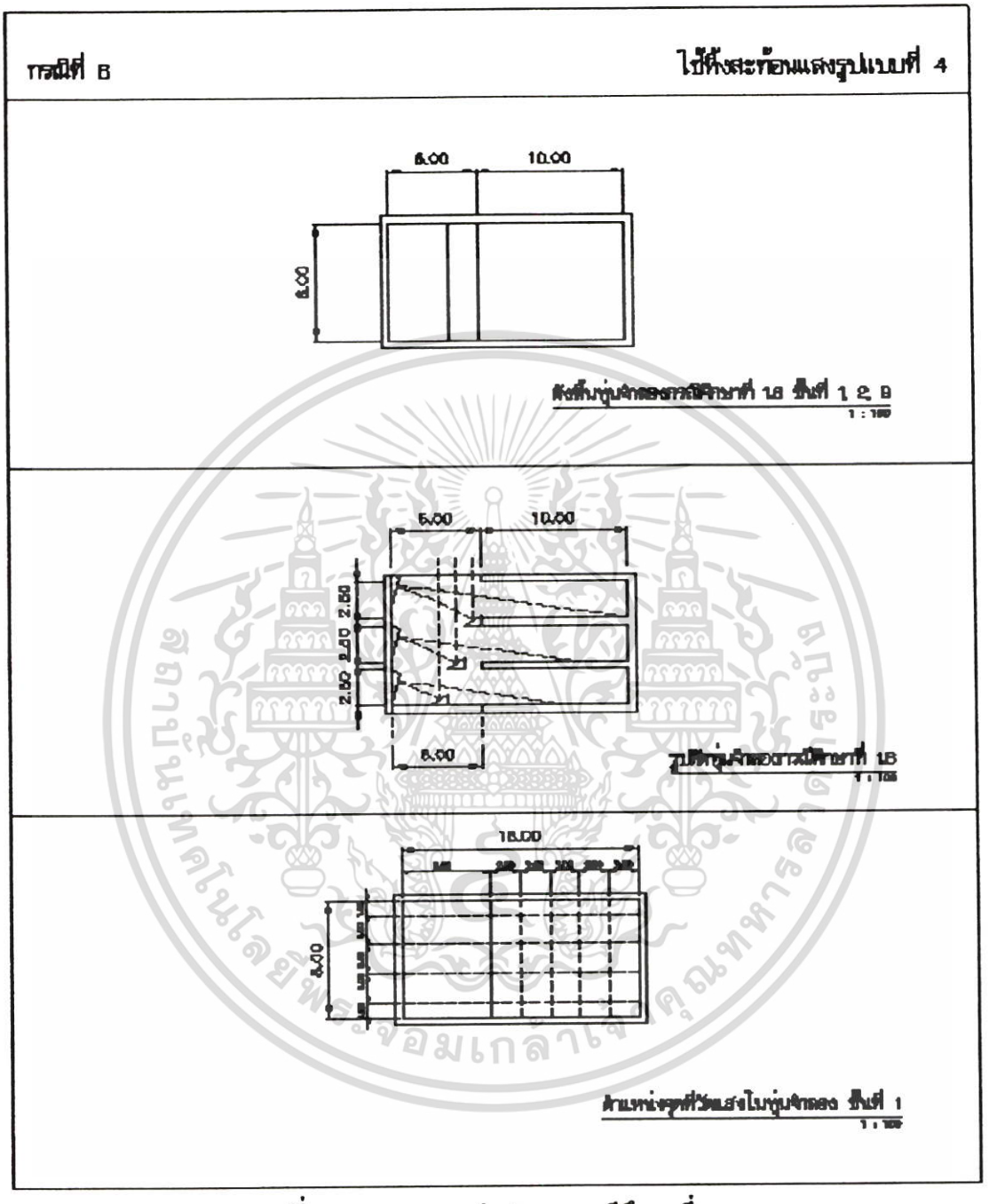
หุ่นจำลอง 1.5



รูปที่ 3.30 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นจำลอง 1.6

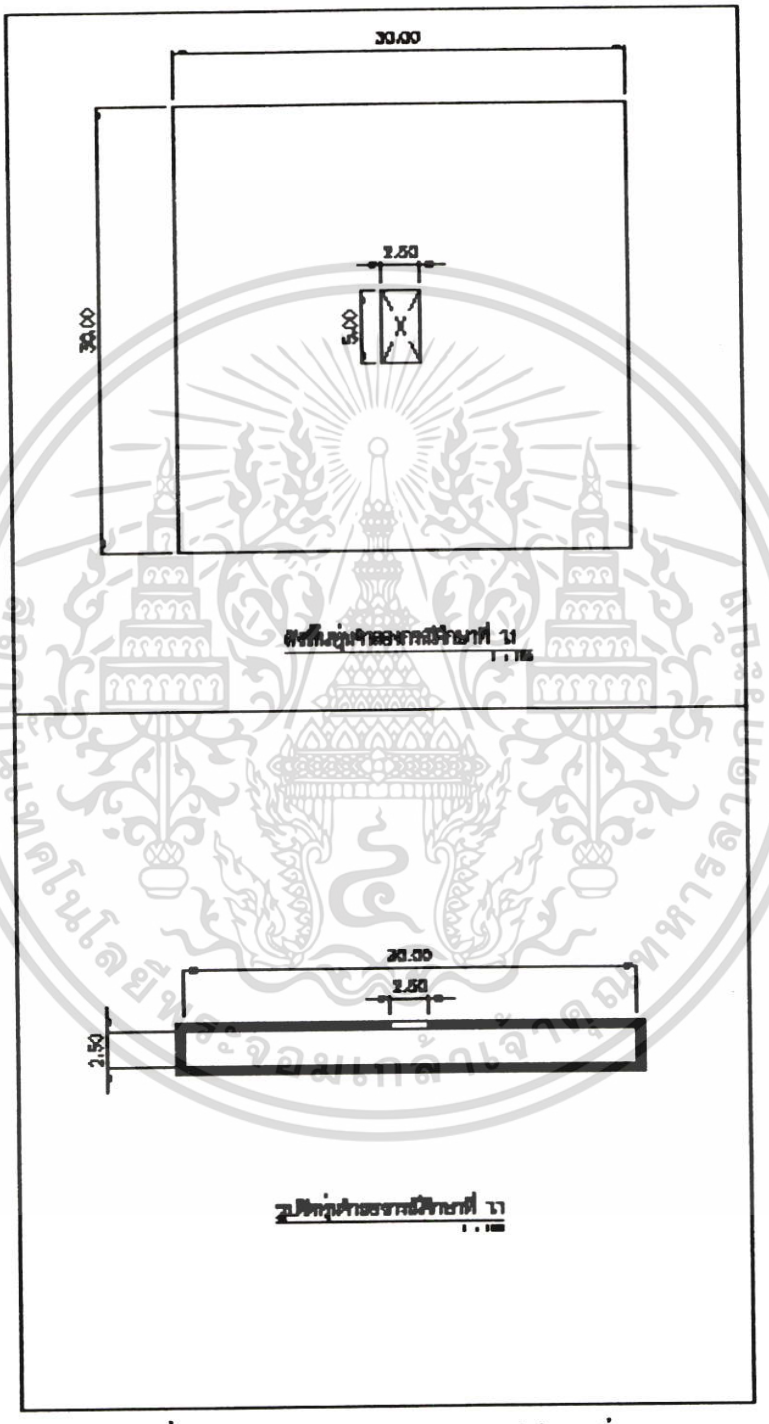


รูปที่ 3.31 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 หุ่นจำลองกรณีศึกษากลุ่มที่ 2

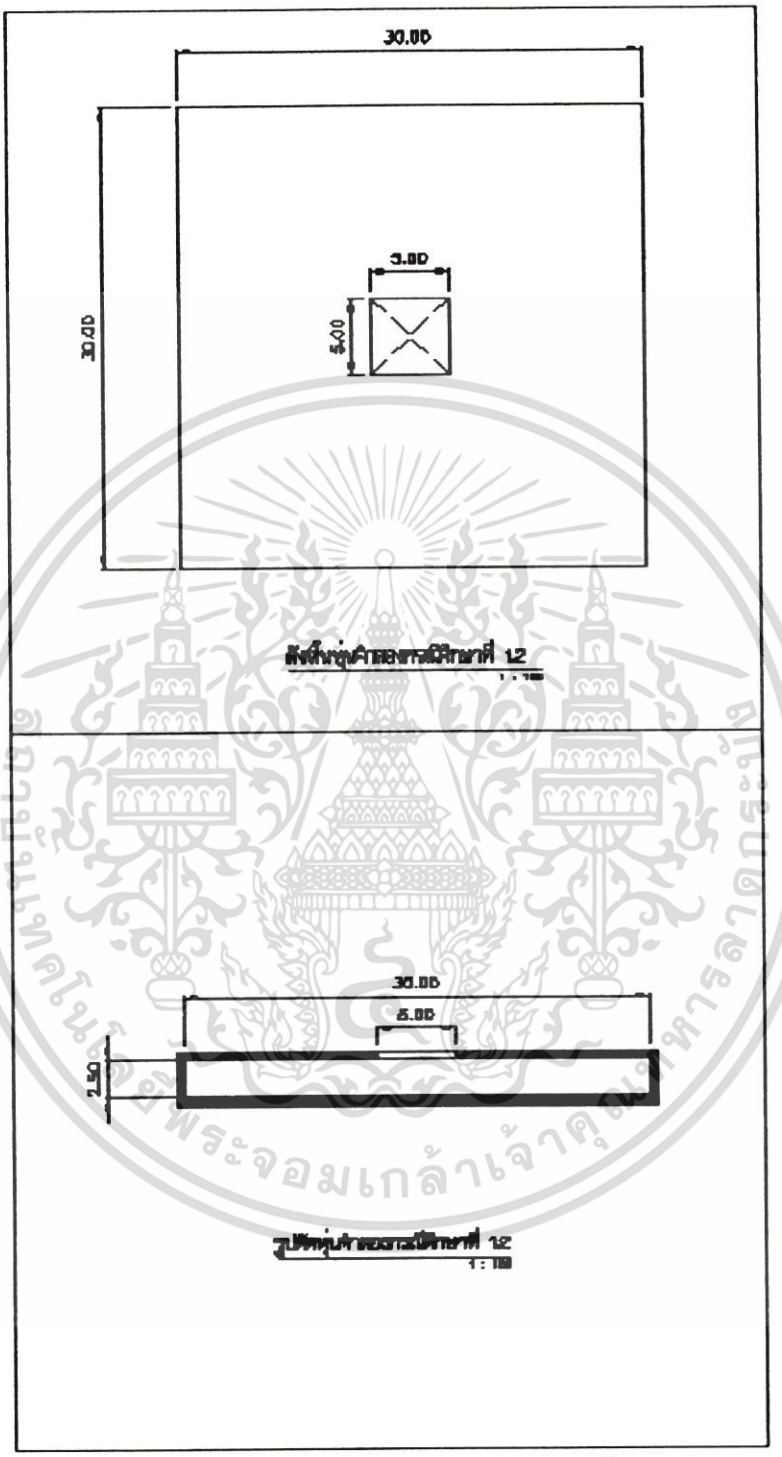
หุ่นจำลอง 2.1



รูปที่ 3.32 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

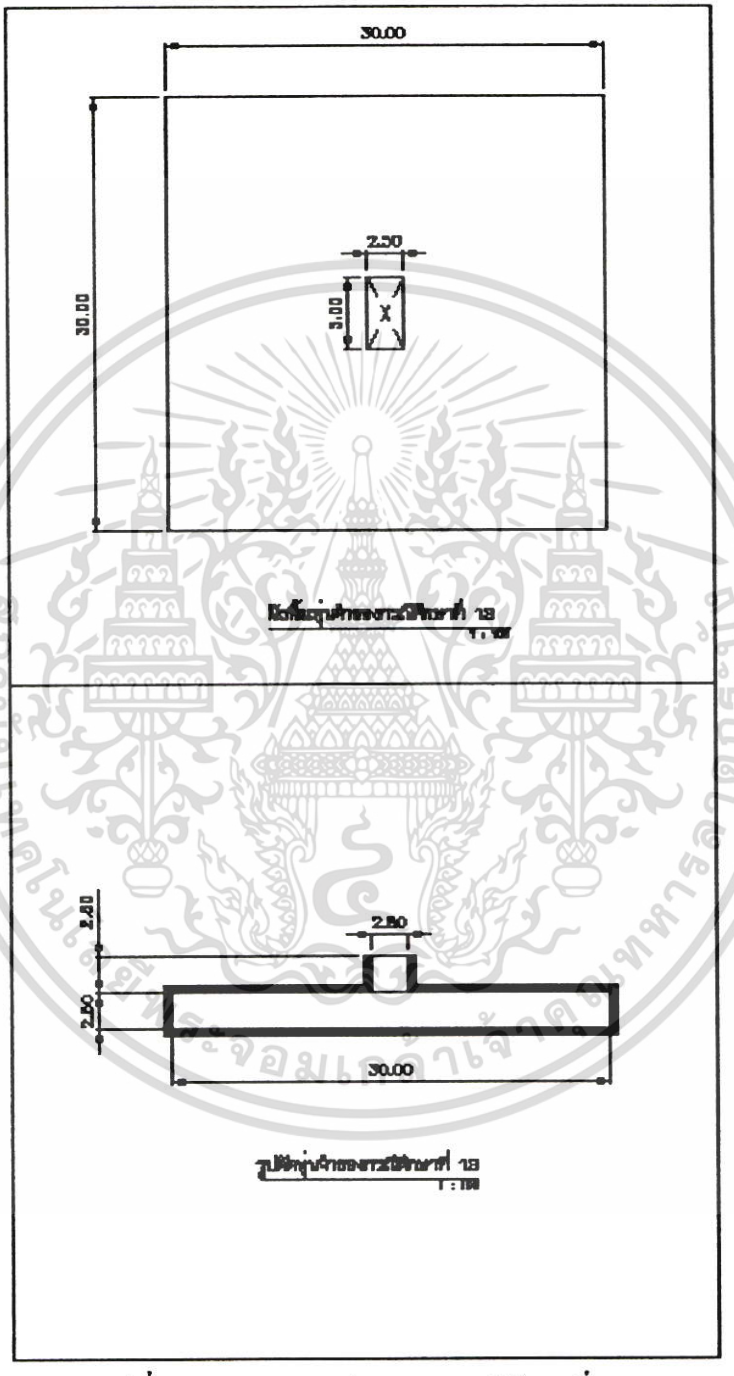
หุ่นจำลอง 2.2



รูปที่ 3.33 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

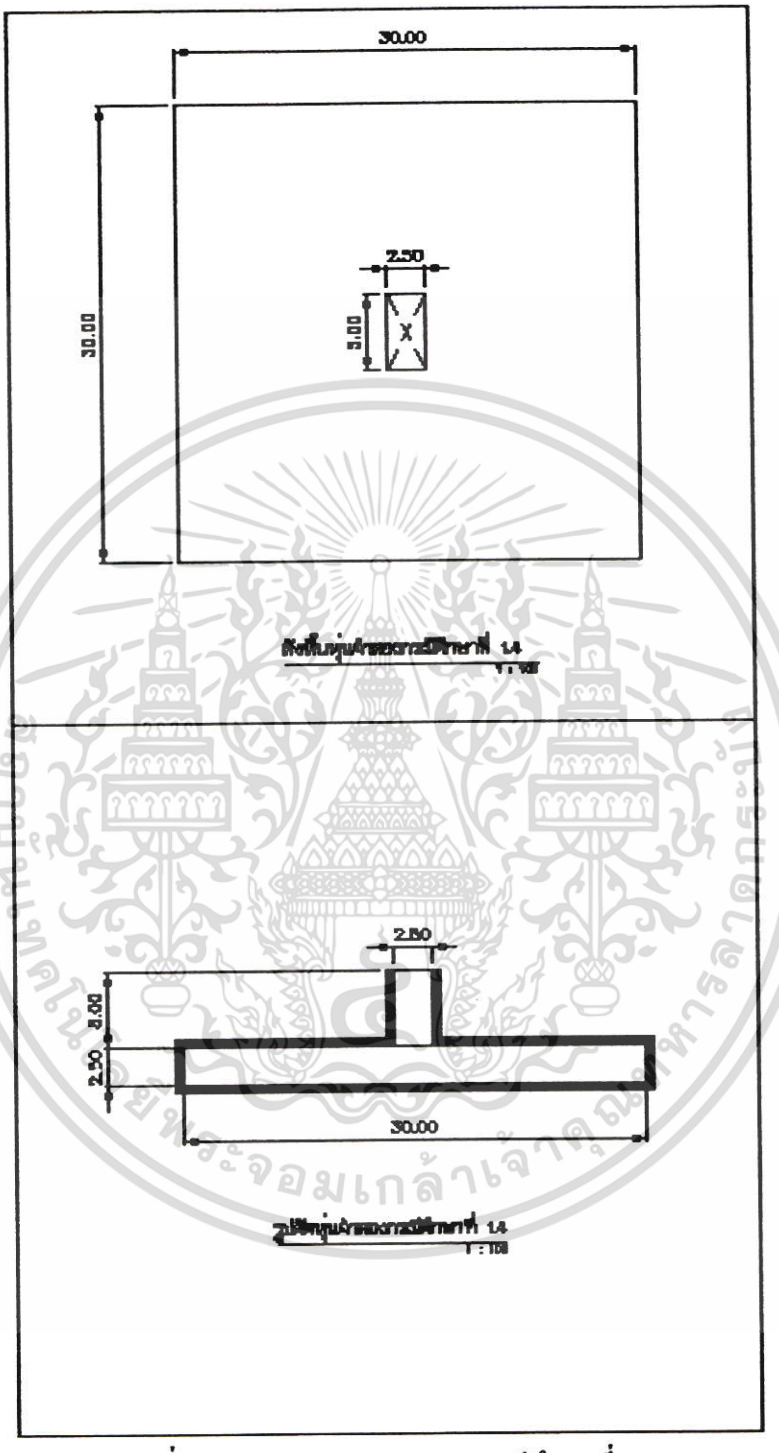
หุ่นจำลอง 2.3



รูปที่ 3.34 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

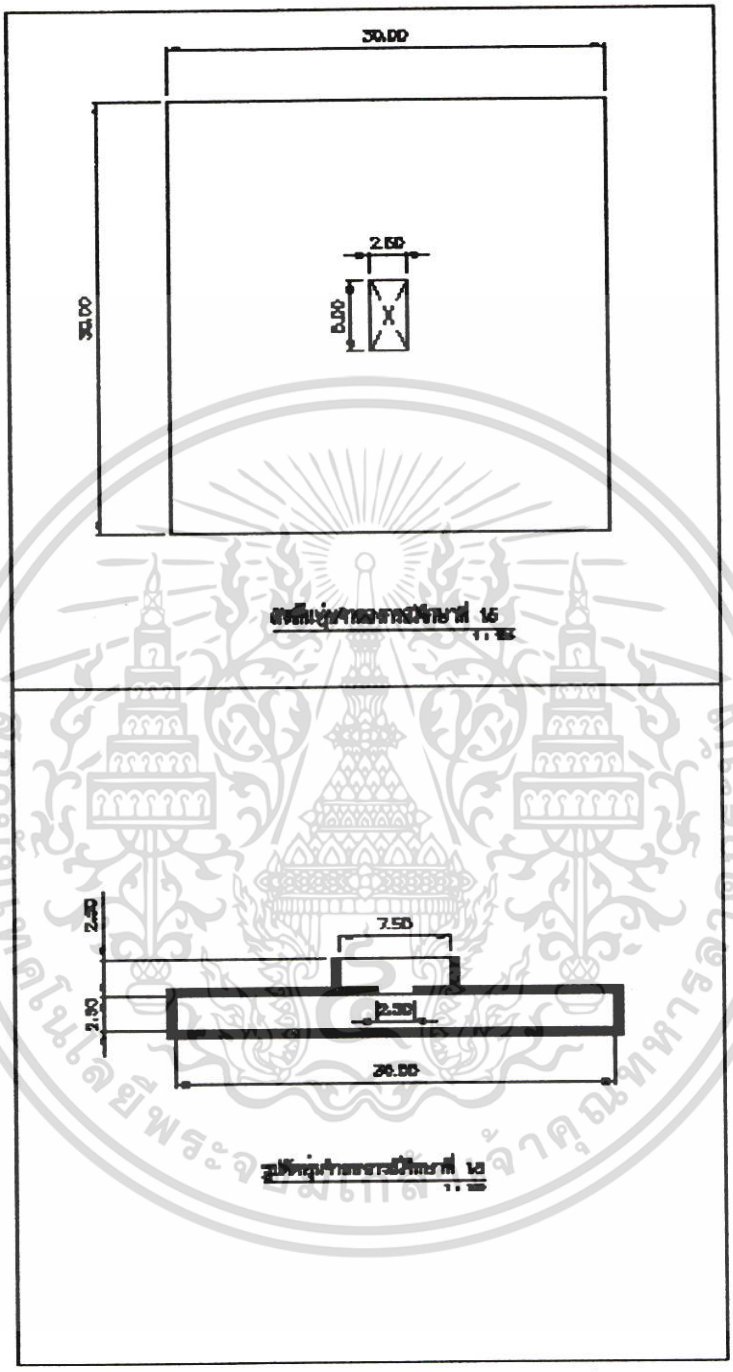
หุ่นจำลอง 2.4



รูปที่ 3.35 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

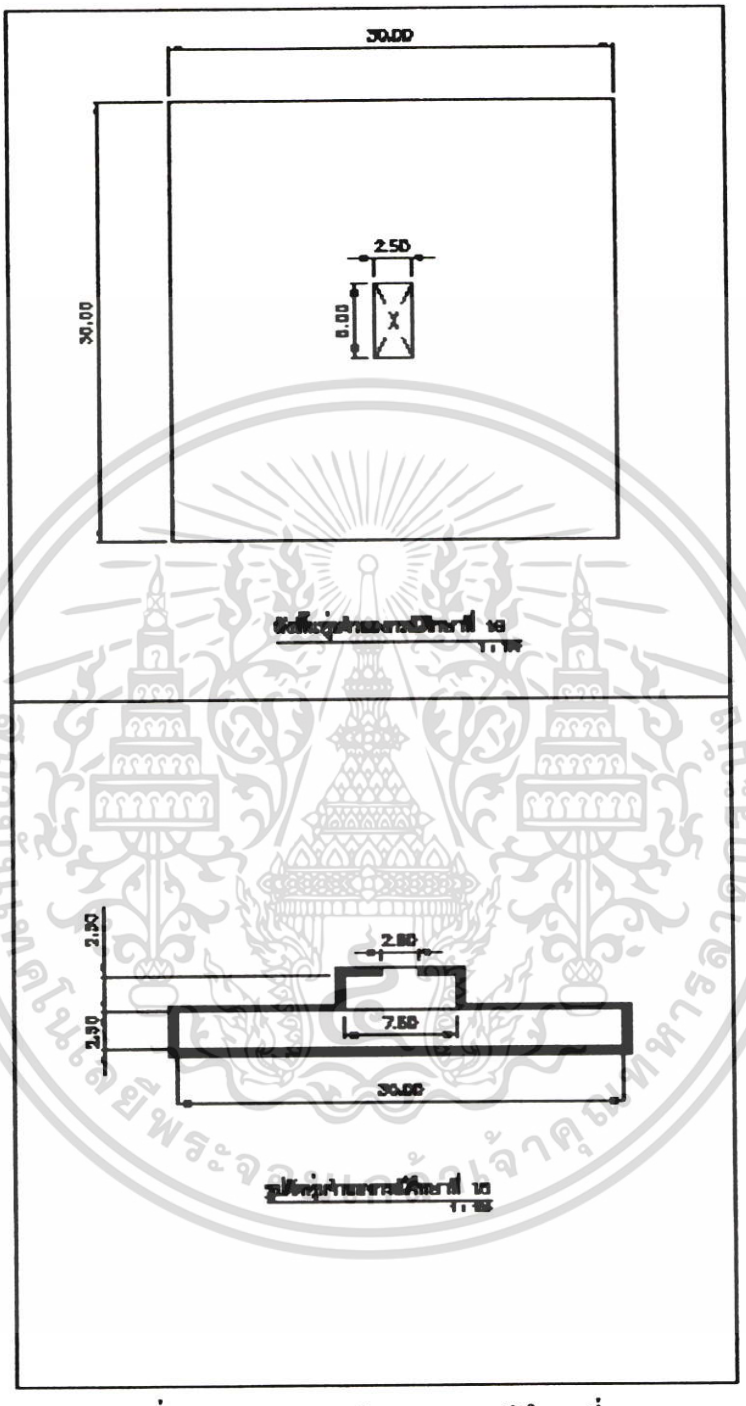
หุ่นจำลอง 2.5



รูปที่ 3.36 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นจำลอง 2.6

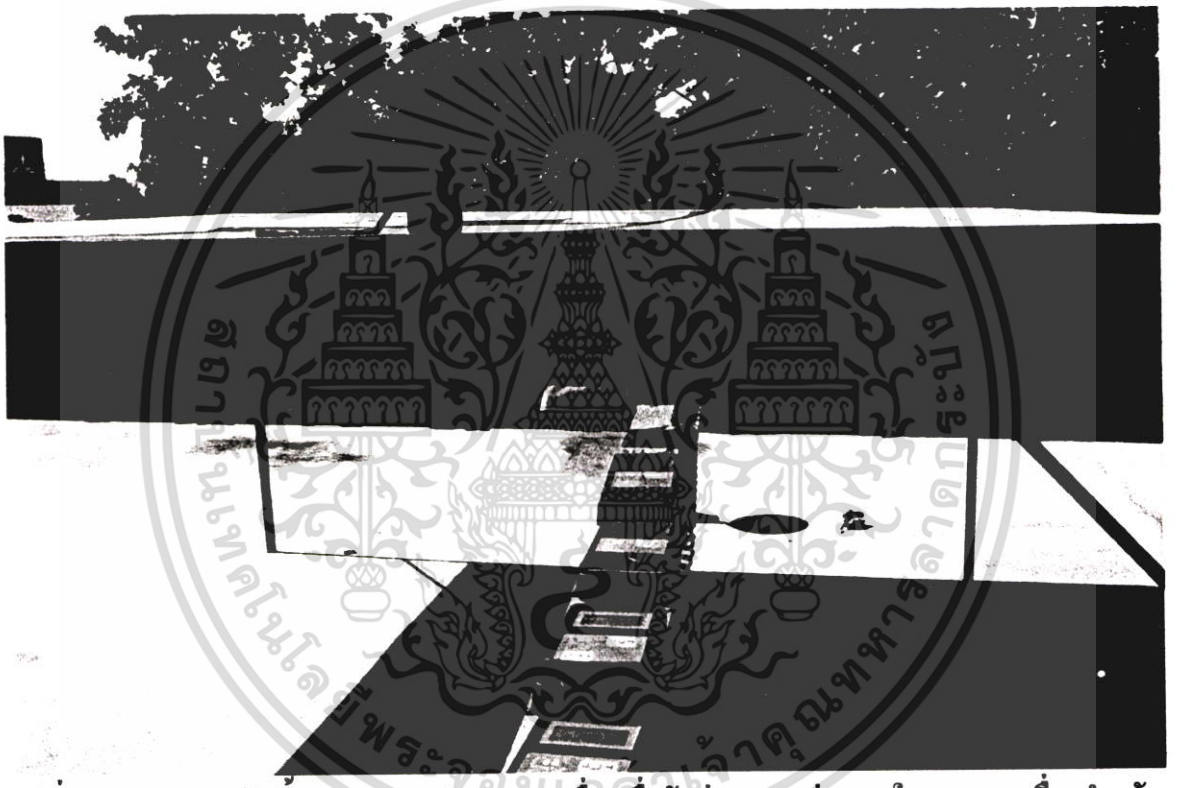


รูปที่ 3.37 แบบแสดงหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องมือวัดแสงที่อ่านค่าความส่องสว่างมีหน่วยเป็น ลักซ์ จำนวนทั้งสิ้น 5 เครื่อง เพื่อนำมาวัดความสว่างภายในครั้งละ 4 จุด พร้อมกันกับการวัดค่าความสว่างภายนอก 1 จุด เพื่อเป็นการอ่านค่าสำหรับการประเมินหาค่าประสิทธิภาพความส่องสว่าง (Daylight Factor) ของแต่ละจุดที่ต้องทำการวัด และยังใช้ทำการวัดค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่นำมาใช้ทำหุ่นจำลองและองค์ประกอบอื่นๆ



รูปที่ 3.38 แสดงการติดตั้ง Lux Meter จำนวน 4 เครื่องเพื่อวัดค่าความสว่างภายใน และ 1 เครื่องสำหรับวัดค่าภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ Lux Meter จำนวน 4 เครื่อง ใช้ติดตั้งกับไม้ที่มีความยาวเท่ากับหุ่นจำลอง เพื่อสอดเข้าไปตามตำแหน่งการวัดค่าความสว่างภายในโดยที่หน้าจอสำหรับอ่านค่า (Monitor) จะอยู่ภายนอก เมื่อติดตั้งได้ตามตำแหน่งจะกดปุ่มค้าง (Hold) เพื่อทำการบันทึกค่าที่ได้ในตารางบันทึกผลการทดลอง

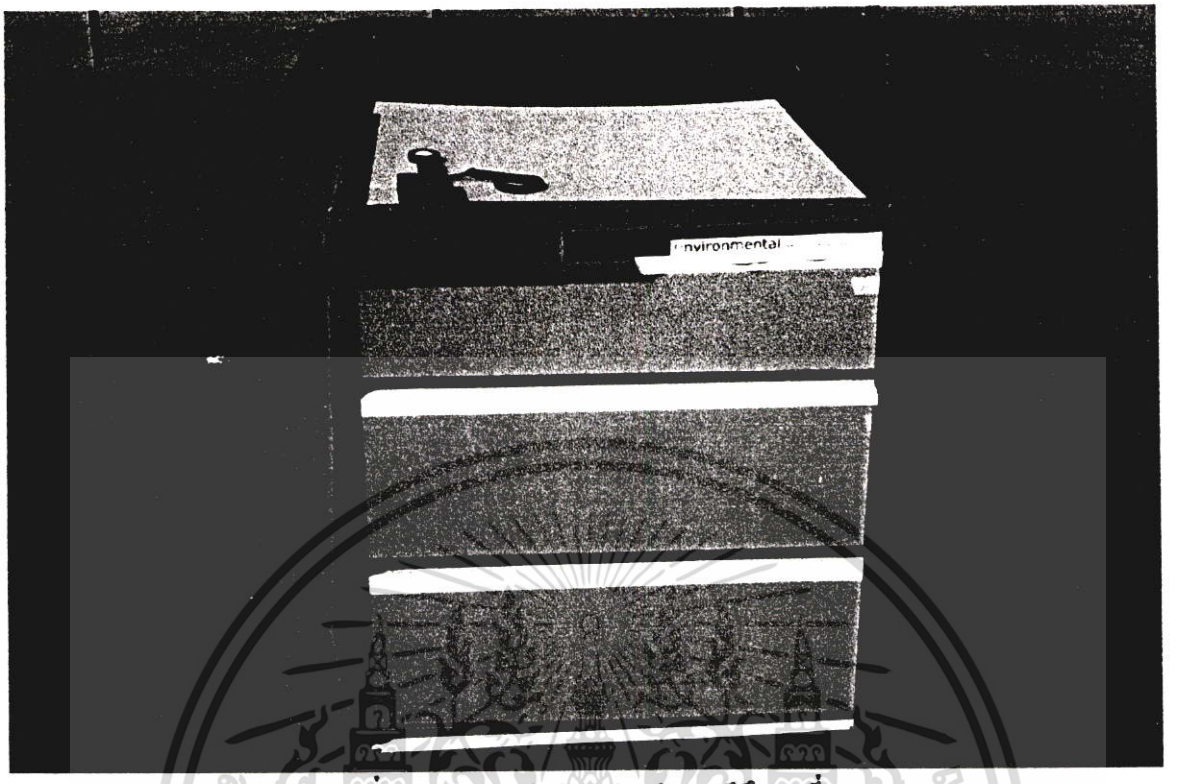
3.6 หุ่นจำลองที่ใช้ในการวิจัยและการวัดค่าความสว่างภายใน

หุ่นจำลองที่ใช้ในการวิจัยเพื่อศึกษาการกระจายแสงสำหรับพื้นที่ชั้นใต้ดินได้ออกแบบเพื่อจำลองพื้นที่ดังกล่าวในมาตราส่วน 1 ต่อ 10 เพื่อลดความผิดพลาดจากการเบี่ยงเบนของแสงในหุ่นจำลอง การสร้างหุ่นจำลองจะใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมตามแต่กรณีศึกษา

3.6.1 หุ่นจำลองสำหรับกรณีศึกษากลุ่มที่ 1

หุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 1 ใช้วัสดุกระดาษแข็งเป็นโครงสร้างและส่วนประกอบ สำหรับหุ่นจำลองมาตรฐานจะบุภายในด้วยกระดาษสีดำเพื่อควบคุมการสะท้อนแสงที่ผนังด้านข้าง บริเวณรอยต่อจะใช้แถบผ้ากาวทึบแสงติดตลอดแนวเพื่อป้องกันแสงรบกวนซึ่งมีผลต่อการกระจายแสงภายใน ทำการวัดค่าแสงภายในโดยสอดเครื่องมือวัดแสงผ่านช่องว่างด้านหนึ่งของพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



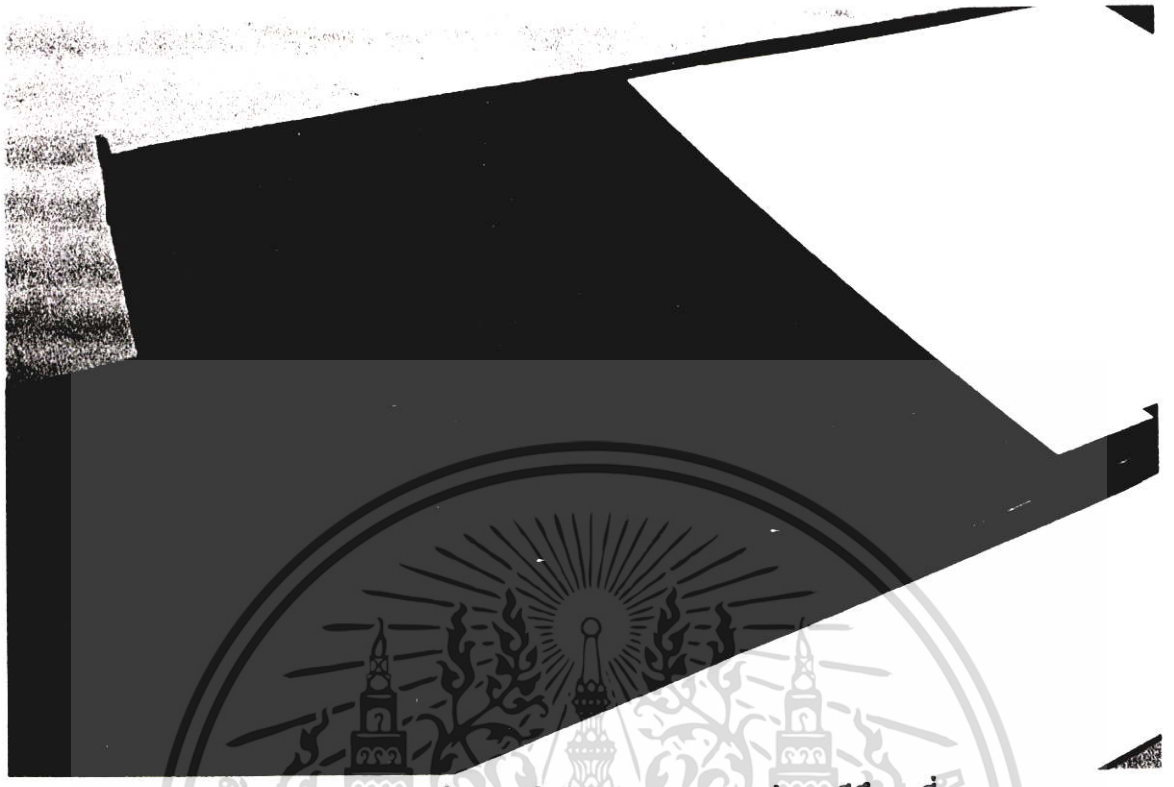
รูปที่ 3.39 แสดงหุ่นจำลองกลุ่มกรณีศึกษาที่ 1

บริเวณผนังด้านข้างทั้งหมดของหุ่นจำลองมาตรฐาน กรุด้วยกระดาษสีดำเพื่อควบคุมการกระจายแสงด้านข้าง เนื่องจากจะพิจารณาเฉพาะแสงในแนวระนาบที่กระทำต่อพื้นที่ภายในเท่านั้น

ตัวแปรต่างๆที่กำหนดในเรื่องการสะท้อนแสงของวัสดุภายในมีดังนี้

- **พื้นหุ่นจำลองกำหนดไว้ที่ค่าการสะท้อน 20% กระดาษแข็งที่ใช้ทำหุ่นจำลอง มีค่าการสะท้อน 32%**
- **เพดานหุ่นจำลองกำหนดไว้ที่ค่าการสะท้อน 80% กระดาษที่ใช้บุเพดานหุ่นจำลอง มีค่าการสะท้อน 78%**
- **ผนังหุ่นจำลอง กำหนดให้มีการควบคุมค่าการสะท้อนแสง กระดาษสีดำที่ใช้บุผนังมีค่าการสะท้อน 12%**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

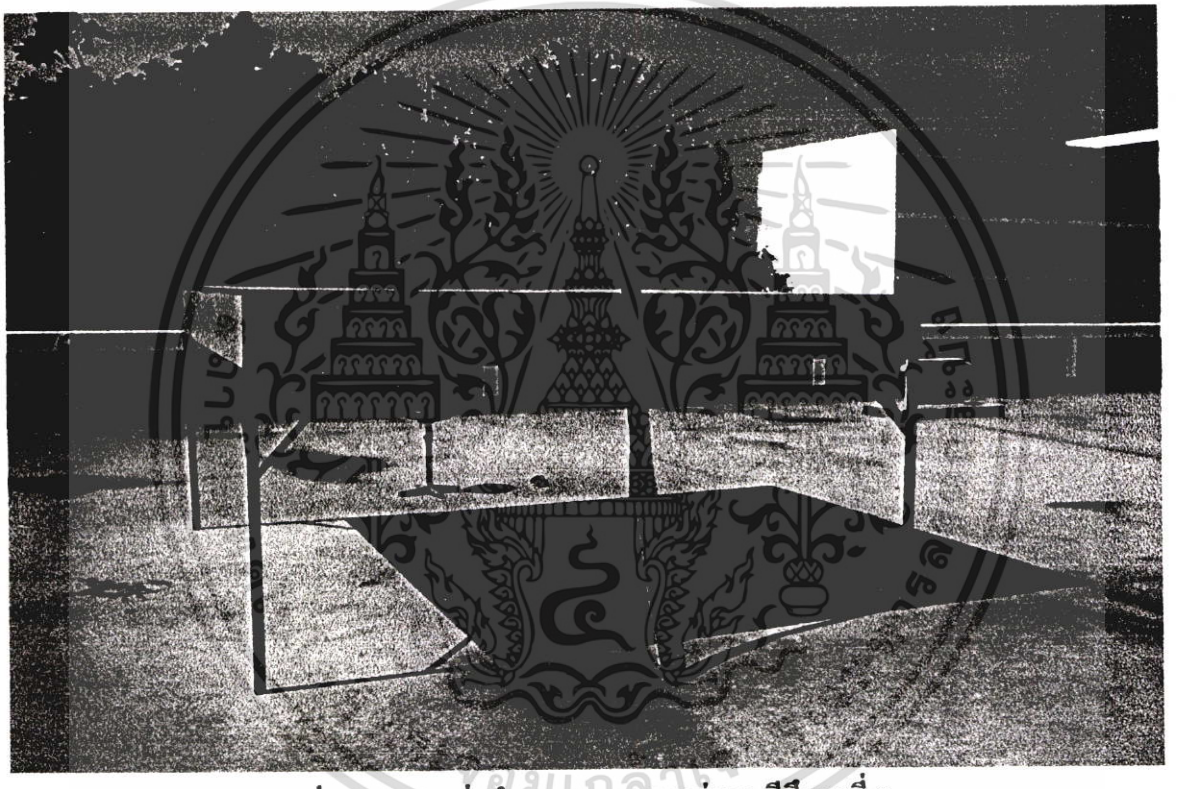


รูป 3.40 แสดงภายในของหุ่นจำลองมาตรฐานกลุ่มกรณีศึกษาที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 หุ่นจำลองสำหรับกรณีศึกษากลุ่มที่ 2

หุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 2 ใช้เหล็กเป็นโครงสร้างและส่วนประกอบกรุด้วยไม้อัดความหนา 6 ม.ม. สำหรับหุ่นจำลองมาตรฐานจะบุภายในด้วยกระดาษสีดำเพื่อควบคุมการสะท้อนแสงที่ผนังด้านข้าง บริเวณรอยต่อจะใช้แถบผ้ากาวทึบแสงติดตลอดแนวเพื่อป้องกันแสงรบกวนซึ่งมีผลต่อการกระจายแสงภายใน ทำการวัดค่าแสงภายในโดยสอดเครื่องมือวัดแสงผ่านช่องว่างด้านหนึ่งของพื้นที่โดยบริเวณพื้นของหุ่นจำลองจะตอกตาปูไว้เป็นแนวเพื่อบังคับให้เครื่องมืออยู่ในตำแหน่งก่อนที่จะทำการอ่านค่า



รูป 3.41 แสดงหุ่นจำลองมาตรฐานกลุ่มกรณีศึกษาที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปรต่างๆที่กำหนดในเรื่องการสะท้อนแสงของวัสดุภายในมีดังนี้

- พื้นหุ่นจำลองกำหนดไว้ที่ค่าการสะท้อน 20% ไม้อัดทาสีเทาที่ใช้ทำหุ่นจำลอง มีค่าการสะท้อน 25%
- เพดานหุ่นจำลองกำหนดไว้ที่ค่าการสะท้อน 80% กระดาษที่ใช้บุเพดานหุ่นจำลอง มีค่าการสะท้อน 78%
- ผนังหุ่นจำลอง กำหนดให้มีการควบคุมค่าการสะท้อนแสง ไม้อัดทาสีดำที่ใช้บุผนังมีค่าการสะท้อน 8%

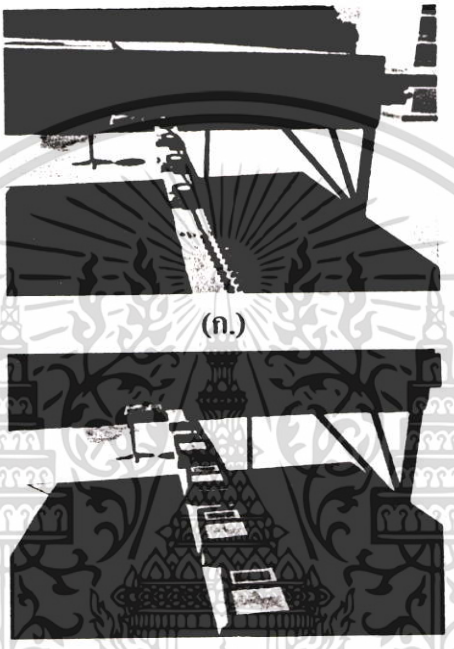
การติดตั้งหุ่นจำลองทั้งสองกลุ่มกรณีศึกษา จะติดตั้งบนพื้นที่โล่งของดาดฟ้าอาคาร เนื่องจากเพื่อป้องกันผลกระทบจากสิ่งบดบัง (Obstruction) ต่างๆ พื้นของชั้นดาดฟ้าของอาคารที่ทำการทดลองมีค่าการสะท้อนแสงที่ 43% ทำด้วยคอนกรีตเสริมเหล็กผสมน้ำยากันซึมทำพื้น Hardener

ในการวิจัยได้ทำการวัดค่าความสว่างภายในหุ่นจำลองเพื่อเปรียบเทียบค่าความสว่างภายนอกจะกระทำโดยใช้แสงจากท้องฟ้าโดยตรงซึ่งไม่สามารถควบคุมลักษณะของแสงได้ทุกกรณี ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพท้องฟ้าและการก่อตัวของเมฆ แต่ในการวิจัยได้พยายามควบคุมตัวแปรต่างๆให้ใกล้เคียงกันทุกครั้ง โดยกำหนดเวลาการวัดค่าไว้ที่เวลา 11.00 น. ถึง 14.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 การวัดค่าความสว่างภายใน

การวัดค่าความสว่างภายในจะใช้เครื่องมือวัดแสงยึดกับแผ่นไม้แล้วสอดเข้าไปวัดค่าตามจุดที่กำหนด โดยเขียนเครื่องหมายกำกับระยะไว้ที่ไม้ เมื่อได้ตำแหน่งจะกดปุ่มหยุด (Hold) ที่เครื่องวัดแสงทุกเครื่องในเวลาเดียวกันแล้วทำการบันทึกค่าที่อ่านได้



(ก.)

(ข.)

รูป 3.42 (ก.) ส่วนของหัวอ่าน (Sensor) (ข.) ส่วนของเครื่องแสดงผล (Monitor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและแนวทางการพัฒนารูปแบบ

ในบทที่ 4 นี้ จะได้นำเสนอผลการทดลองโดยแสดงผลตามกลุ่มกรณีศึกษาตามที่จำแนกไว้ในบทที่ 3 ได้แก่กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มของการศึกษาประสิทธิภาพการส่องสว่างของแสงผ่านช่องเปิดด้านข้างที่ดินจากระยะร่น กลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มของการศึกษาประสิทธิภาพการส่องสว่างของแสงผ่านช่องเปิดด้านบน ผลการทดลองค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ (Daylight Factor : DF) ได้นำเสนอในรูปแบบของตารางแผนภูมิเพื่อความสะดวกในการเปรียบเทียบระหว่างแต่ละกรณีศึกษา และเพื่อความสะดวกในการพิจารณาแนวโน้มของค่าในแผนภูมิ

4.1 ผลการทดลองกรณีศึกษากลุ่มที่ 1

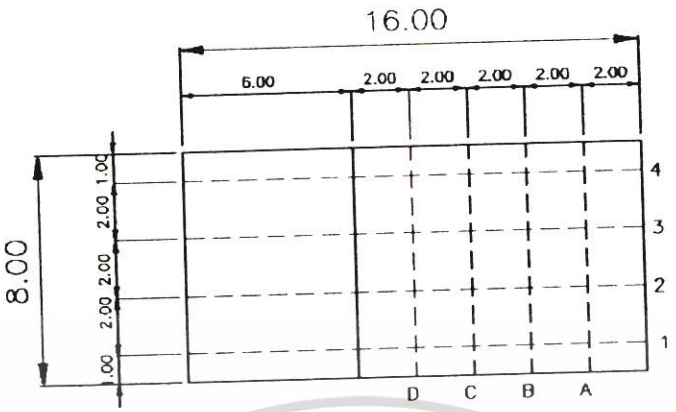
หุ่นจำลองกรณีศึกษากลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มของการศึกษาประสิทธิภาพการส่องสว่างของแสงผ่านช่องเปิดด้านข้างที่ดินจากระยะร่น หุ่นจำลองมาตรฐานสำหรับกรณีศึกษากลุ่มนี้ จำลองในมาตราส่วน 1 ต่อ 10

ตัวแปรต่างๆที่กำหนดในเรื่องการสะท้อนแสงของวัสดุภายในมีดังนี้

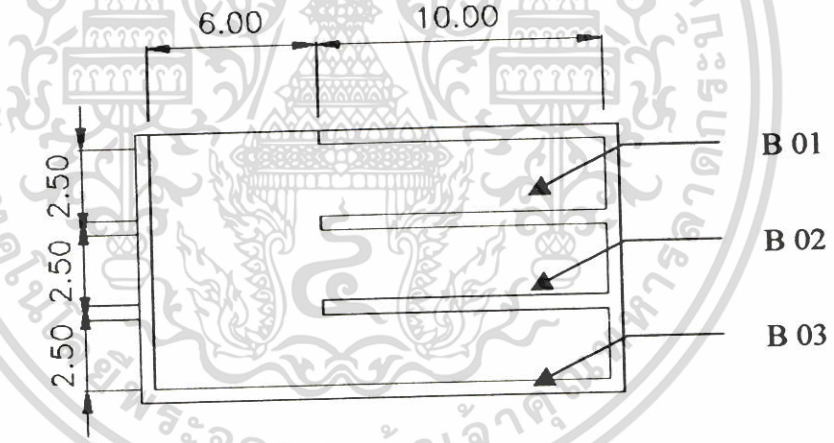
- พื้นหุ่นจำลองกำหนดไว้ที่ค่าการสะท้อน 20% กระดาษแข็งที่ใช้ทำหุ่นจำลอง มีค่าการสะท้อน 32%
- เพดานหุ่นจำลองกำหนดไว้ที่ค่าการสะท้อน 80% กระดาษสีขาวที่ใช้บุเพดานหุ่นจำลอง มีค่าการสะท้อน 78%
- ผนังหุ่นจำลอง กำหนดให้มีการควบคุมค่าการสะท้อนแสง กระดาษสีดำที่ใช้บุผนังมีค่าการสะท้อน 12%

การวัดแสงภายในหุ่นจำลองกลุ่มกรณีศึกษาที่ 1 กำหนดให้มีจุดที่ทำการวัด 16 จุดต่อ 1 ชั้น แต่ละหุ่นจำลองมีจำนวนชั้น 3 ชั้น ได้แก่ ชั้น B01, B02, B03 ตามลำดับ โดยชั้น B01 ได้แก่ชั้นที่มีระยะต่ำกว่าระดับพื้นดิน 3.00 เมตร, ชั้น B02 มีระดับต่ำกว่าระดับพื้นดิน 6.00 เมตร, ชั้น B03 มีระดับต่ำกว่าพื้นดิน 9.00 เมตรตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงจุดวัดแสงภายในหุ่นจำลองกลุ่มที่ 1

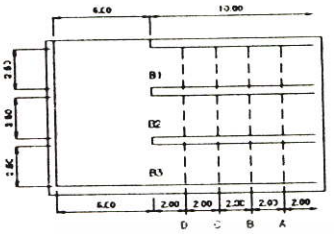


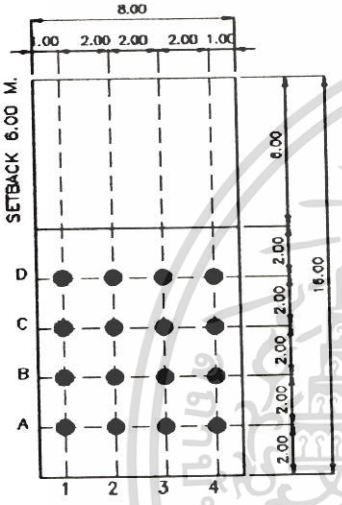
รูปที่ 4.2 รูปตัดแสดงจำนวนชั้นของพื้นที่ใช้สอยในหุ่นจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง 4.1.1 แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในหุ่นจำลองมาตรฐาน กรณีศึกษากลุ่มที่ 1

ตาราง 4.1 ผลการทดลองหุ่นจำลองมาตรฐาน กรณีที่ 1





แบบหุ่นจำลอง	กรณีศึกษากลุ่มที่ 1หุ่นจำลองมาตรฐาน		
วันทำการทดลอง	10 ธ.ค. 2547	AZIMUTH	-139.5
เวลา	14:00	ALTITUDE	41.3
สภาพท้องฟ้า	CLEAR SKY		

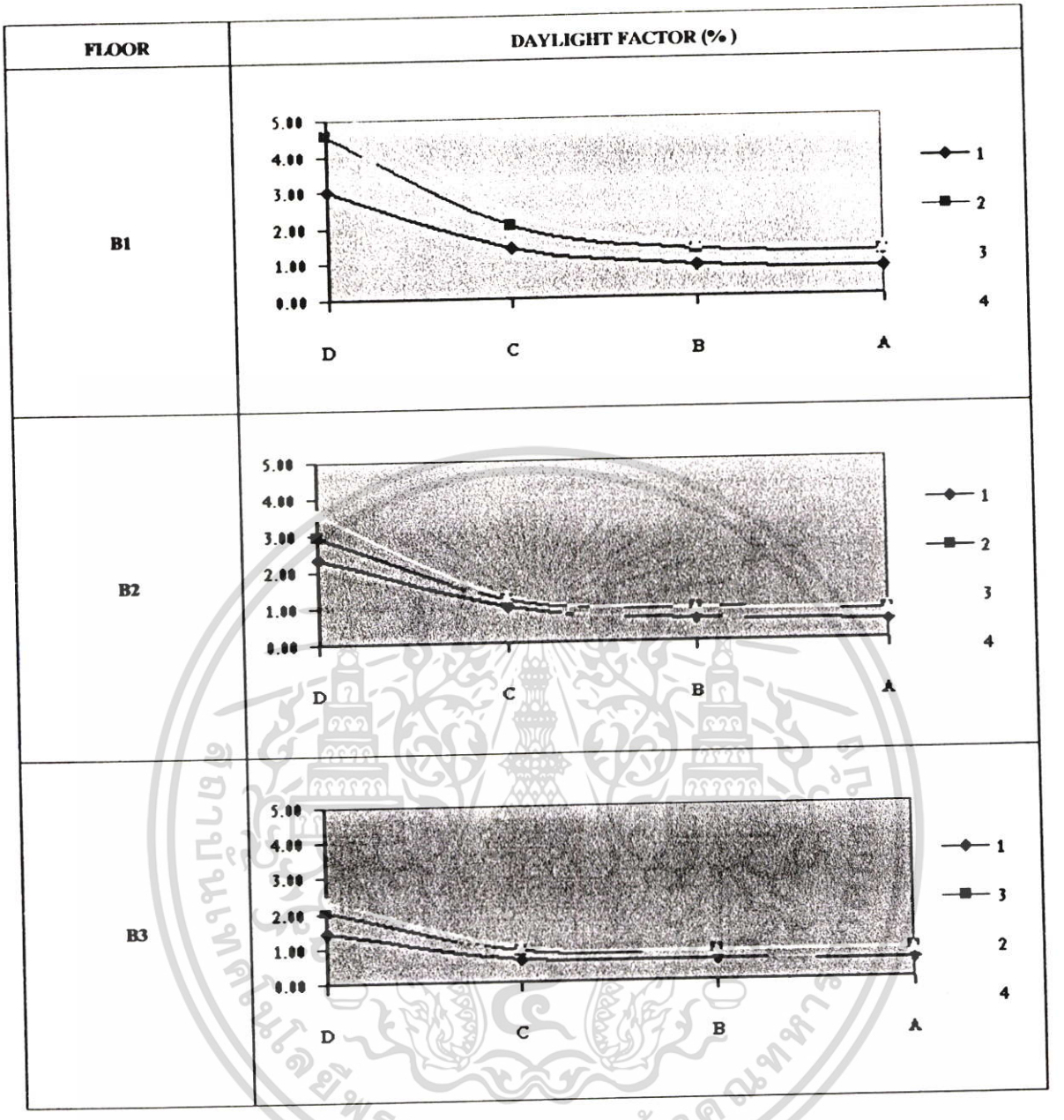
ค่าเฉลี่ยแสงภายนอก 57000 Lux

FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
	POINT	1	2	3	4
B1	D	3.03	4.54	5.52	4.64
	C	1.43	2.02	2.36	1.71
	B	0.90	1.30	1.45	1.07
	A	0.76	1.20	1.33	1.01

FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
	POINT	1	2	3	4
B2	D	2.36	2.96	3.57	3.47
	C	0.99	1.21	1.29	1.11
	B	0.62	0.88	0.89	0.65
	A	0.52	0.81	0.87	0.65

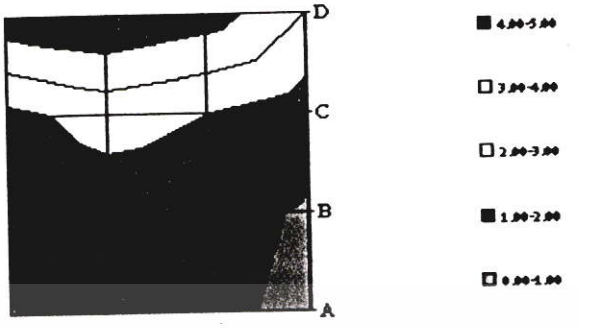
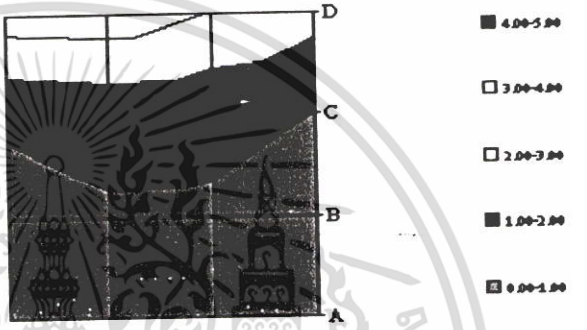
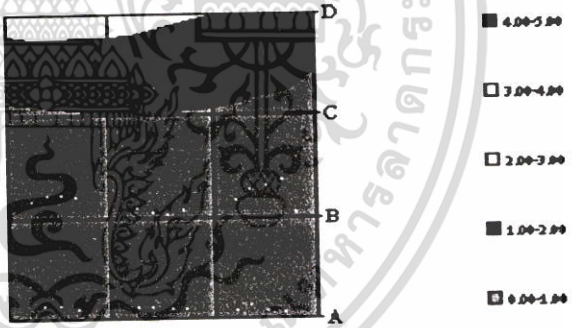
FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
	POINT	1	2	3	4
B3	D	1.45	2.04	2.33	2.36
	C	0.64	0.90	0.97	0.79
	B	0.60	0.85	0.86	0.63
	A	0.53	0.84	0.86	0.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.1 ผลการทดลองหุ่นจำลองมาตรฐาน กรณีที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

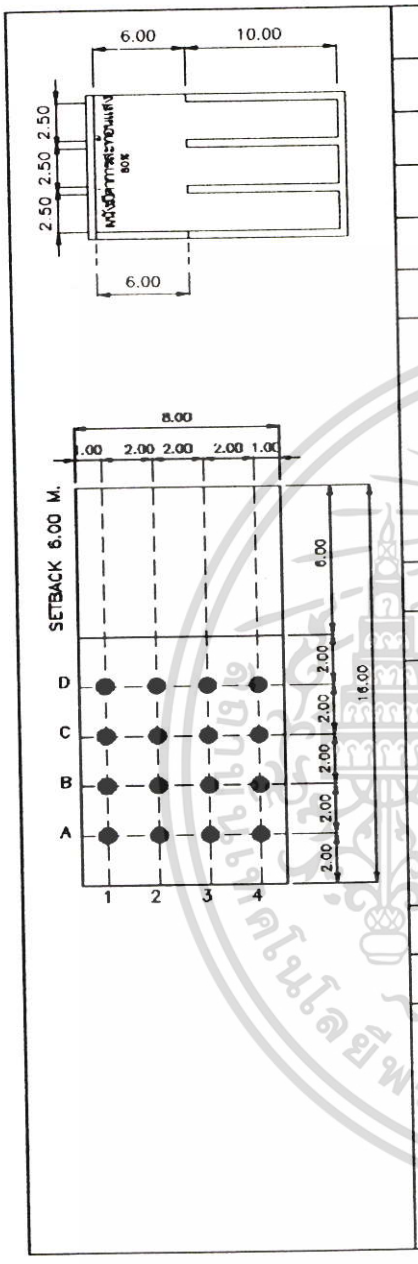
FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)
B1	
B2	
B3	

แผนภูมิ 4.2 ผลการทดลองหุ่นจำลองมาตรฐาน กรณีที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง 4.1.2 แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในหุ่นจำลอง กรณีศึกษา 1.1

ตาราง 4.2 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.1



แบบหุ่นจำลอง	กรณีศึกษา 1.1		
วันทำการทดลอง	18 ม.ค. 2548		
เวลา	13:00	AZIMUTH	-160.7
สภาพท้องฟ้า	CLEAR SKY	ALTITUDE	52.6

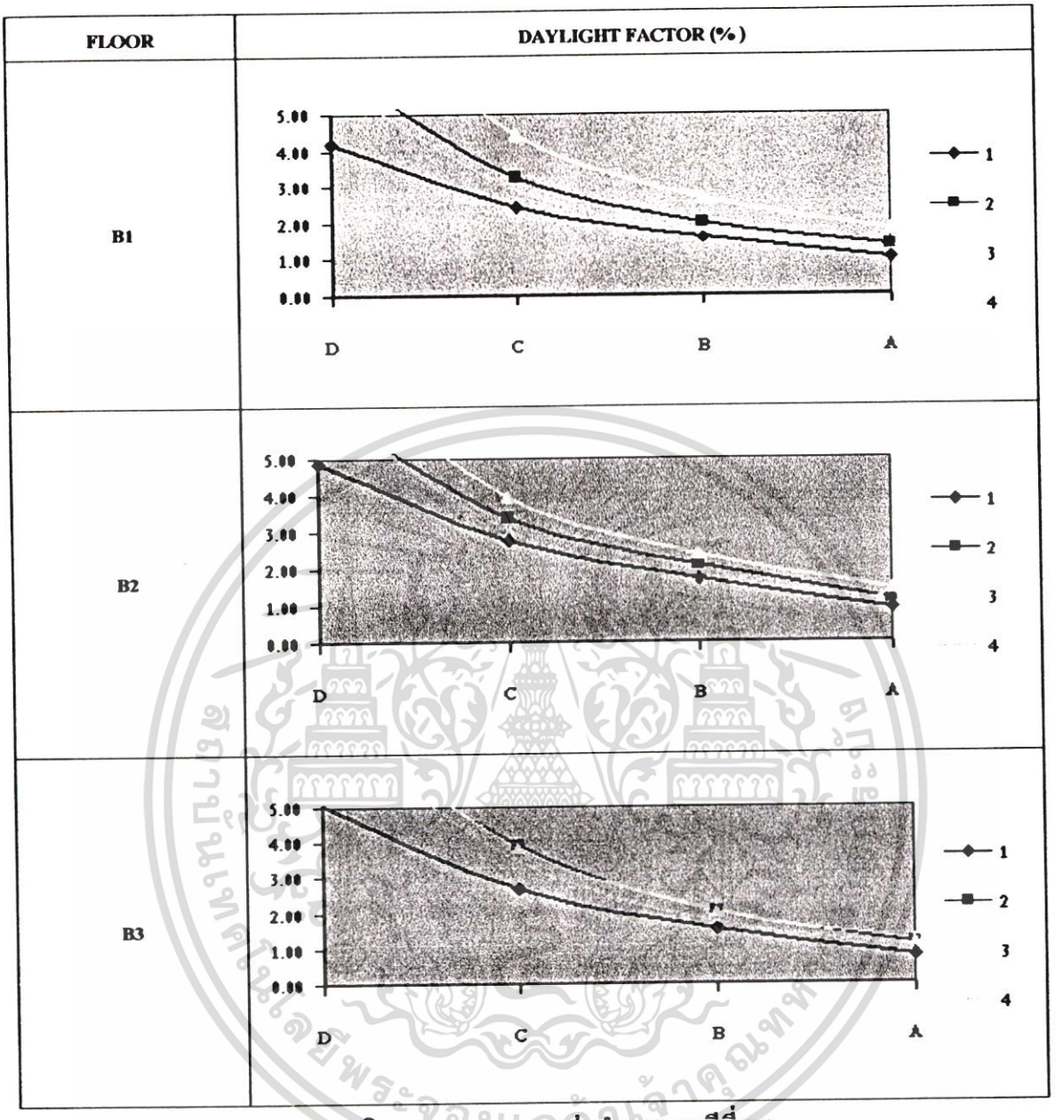
ค่าเฉลี่ยแสงภายนอก 75000 Lux

FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
	POINT	1	2	3	4
B1	D	4.19	6.34	8.73	5.92
	C	2.45	3.23	4.44	2.90
	B	1.61	2.01	2.69	1.76
	A	1.01	1.38	1.78	1.23

FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
	POINT	1	2	3	4
B2	D	4.86	6.46	7.87	6.56
	C	2.75	3.36	3.94	3.03
	B	1.71	2.11	2.37	1.75
	A	0.91	1.16	1.42	1.13

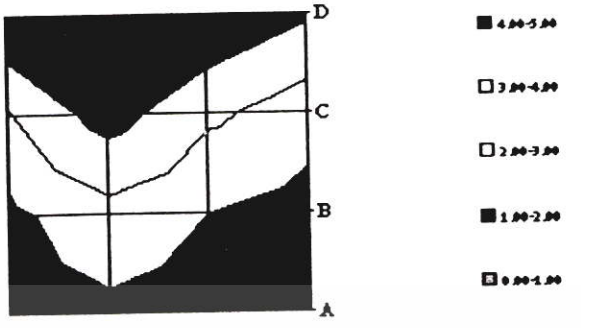
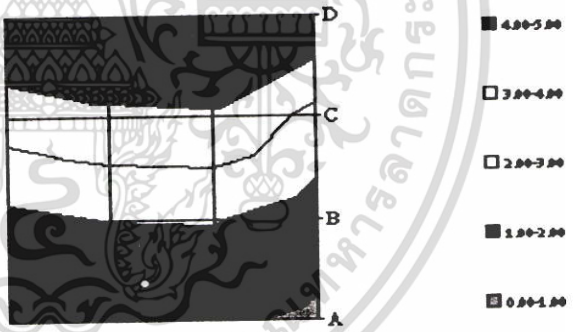
FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
	POINT	1	2	3	4
B3	D	5.06	7.73	7.89	7.42
	C	2.69	3.92	3.85	3.49
	B	1.52	2.05	2.03	1.73
	A	0.81	1.15	1.19	1.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.3 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

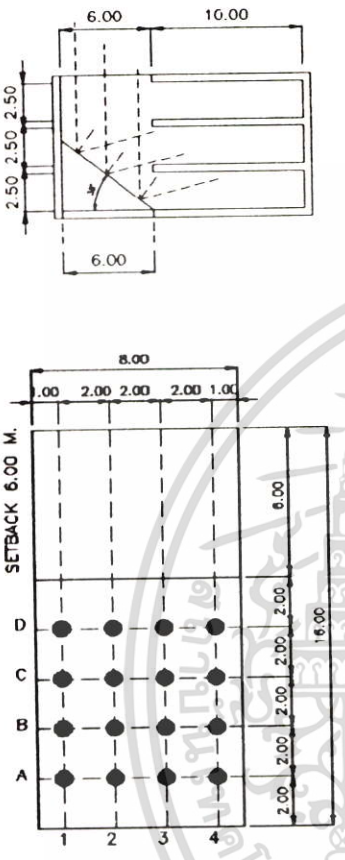
FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)
B1	
B2	
B3	

แผนภูมิ 4.4 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง 4.1.3 แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในหุ่นจำลอง กรณีศึกษา 1.2

ตาราง 4.3 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.2



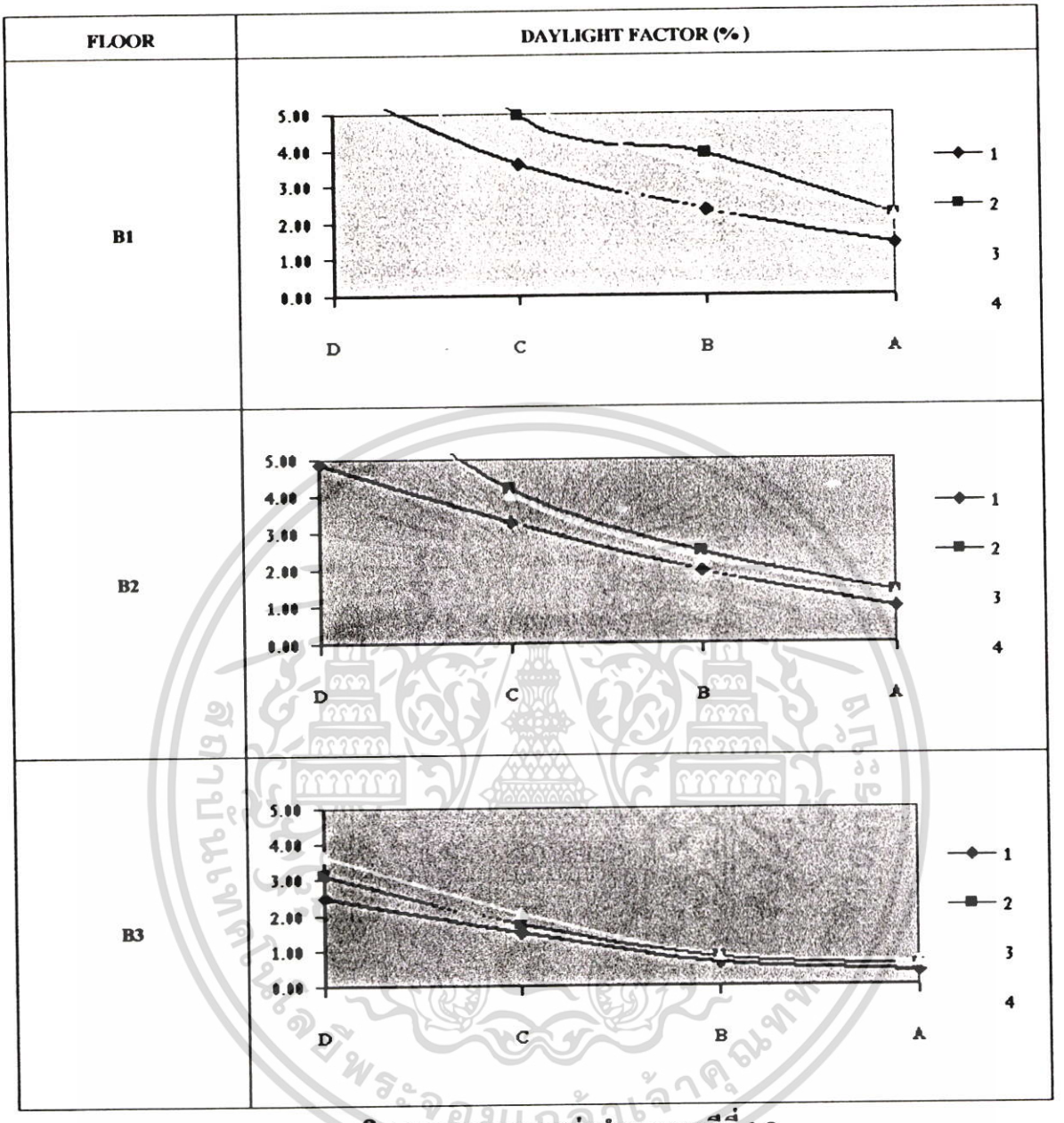
แบบหุ่นจำลอง	กรณีศึกษา 1.2		
วันทำการทดลอง	18 ม.ค. 2548		
เวลา	13:30	AZIMUTH	-150.6
สภาพท้องฟ้า	CLEAR SKY	ALTITUDE	49.6
ค่าเฉลี่ยแสงภายนอก 70000 Lux			

FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
	POINT	1	2	3	4
B1	D	5.84	11.06	9.67	7.02
	C	3.60	4.94	5.50	3.78
	B	2.31	3.86	3.37	2.34
	A	1.38	2.20	2.18	1.71

FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
	POINT	1	2	3	4
B2	D	4.86	7.71	7.91	6.74
	C	3.30	4.20	4.05	3.31
	B	1.94	2.47	2.30	1.94
	A	0.94	1.39	1.33	1.19

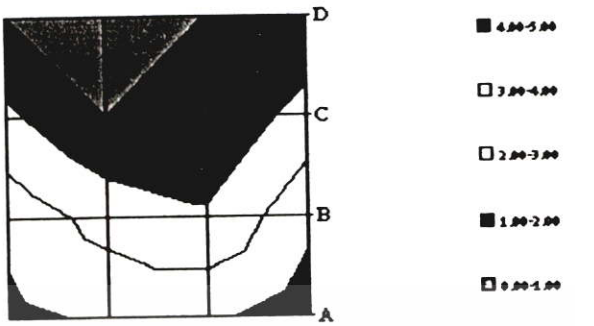
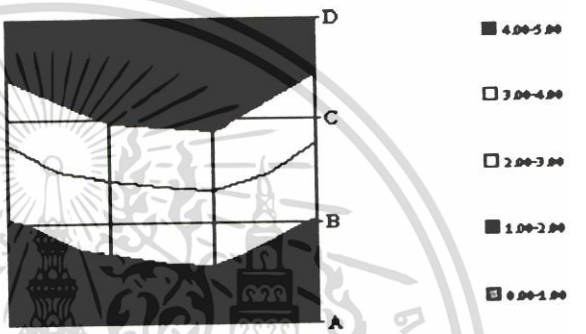
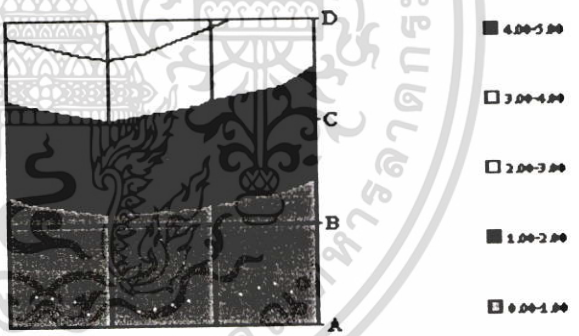
FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
	POINT	1	2	3	4
B3	D	2.49	3.12	3.67	3.27
	C	1.46	1.73	2.01	1.67
	B	0.64	0.80	0.86	0.69
	A	0.42	0.57	0.64	0.52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.5 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

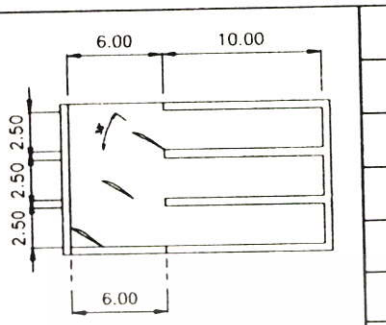
FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)
B1	
B2	
B3	

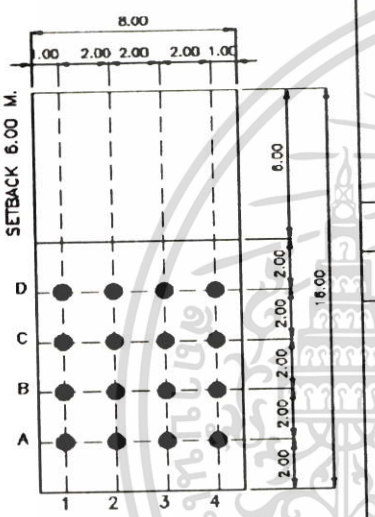
แผนภูมิ 4.6 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง 4.1.4 แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในหุ่นจำลอง กรณีศึกษา 1.3

ตาราง 4.4 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.3





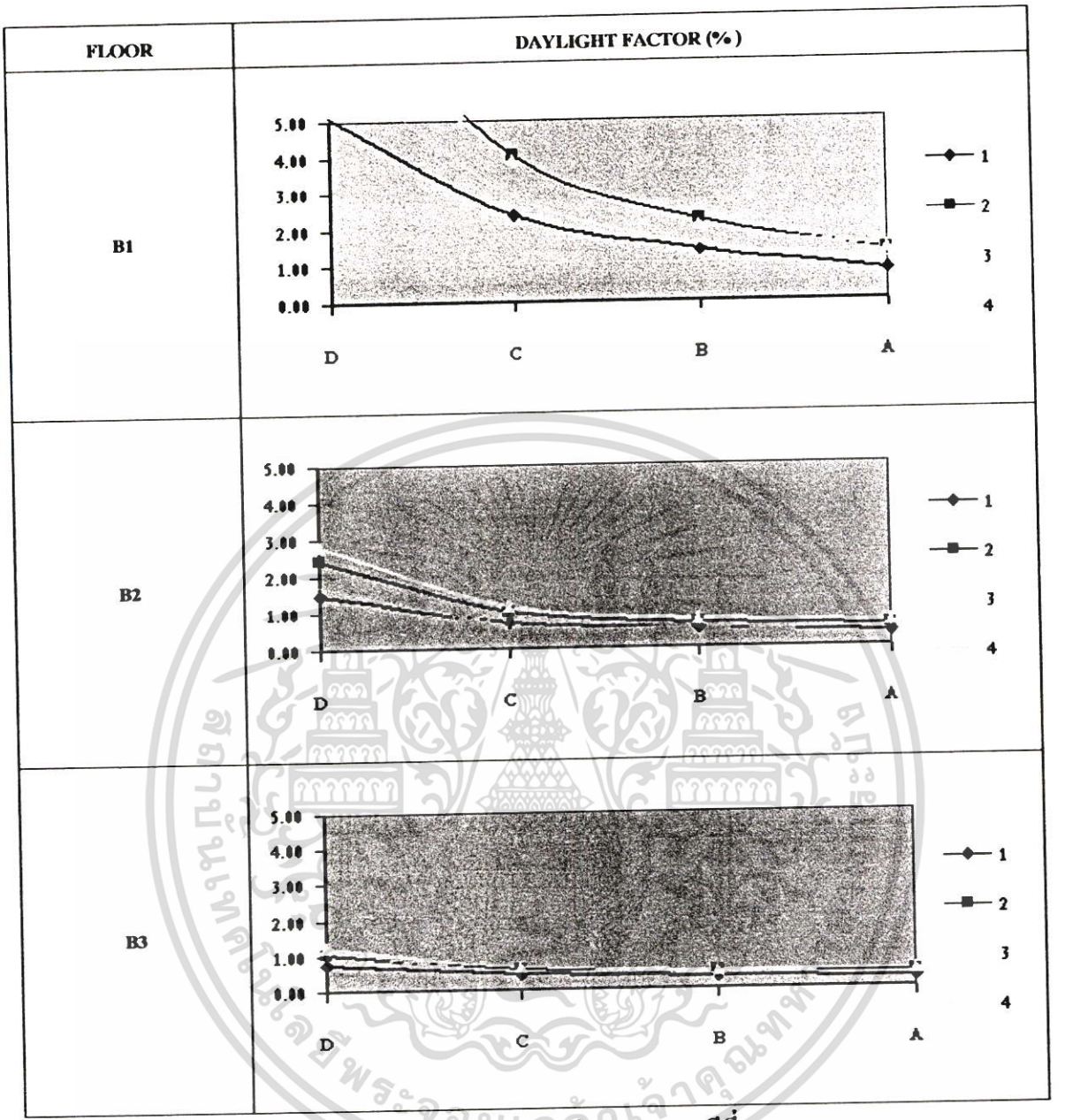
แบบหุ่นจำลอง	กรณีศึกษา 1.3		
วันทำการทดลอง	18 ม.ค. 2548		
เวลา	13:45	AZIMUTH	-146.1
สภาพท้องฟ้า	CLEAR SKY	ALTITUDE	47.7
ค่าเฉลี่ยแสงภายนอก 69500 Lux			

FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
	POINT	1	2	3	4
B1	D	5.08	9.32	8.30	6.73
	C	2.39	4.04	3.91	2.90
	B	1.39	2.25	2.07	1.55
	A	0.83	1.34	1.42	1.12

FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
	POINT	1	2	3	4
B2	D	1.45	2.43	2.80	1.71
	C	0.71	0.99	1.13	0.67
	B	0.50	0.69	0.74	0.51
	A	0.39	0.59	0.67	0.50

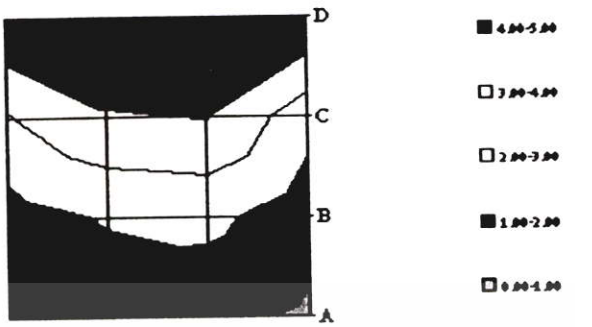
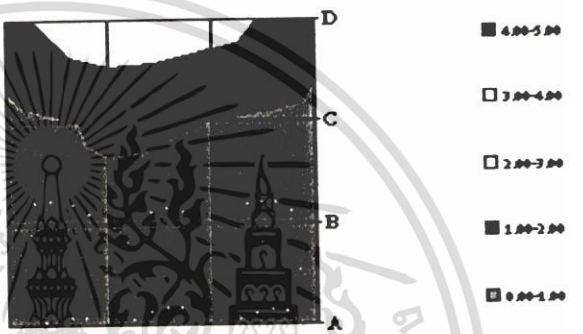
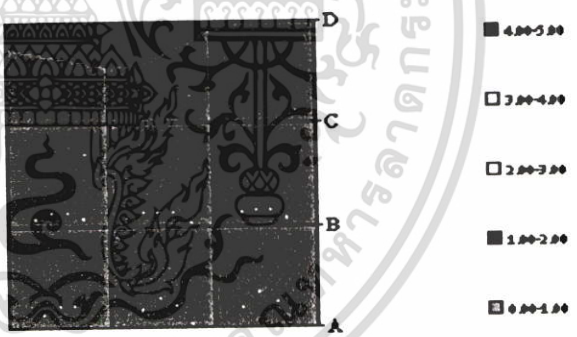
FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
	POINT	1	2	3	4
B3	D	0.74	1.03	1.26	1.14
	C	0.44	0.59	0.65	0.55
	B	0.36	0.48	0.51	0.41
	A	0.30	0.43	0.48	0.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.7 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

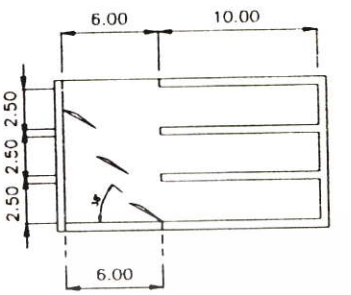
FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)
B1	
B2	
B3	

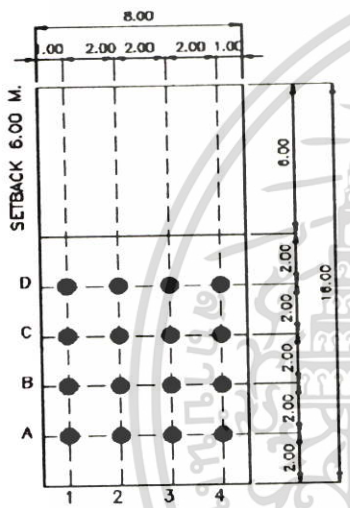
แผนภูมิ 4.8 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง 4.1.5 แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในหุ่นจำลอง กรณีศึกษา 1.4

ตาราง 4.5 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.4





แบบหุ่นจำลอง	กรณีศึกษา 1.4		
วันทำการทดลอง	18 ม.ค. 2548		
เวลา	14:00	AZIMUTH	-142.1
สภาพท้องฟ้า	CLEAR SKY	ALTITUDE	45.5

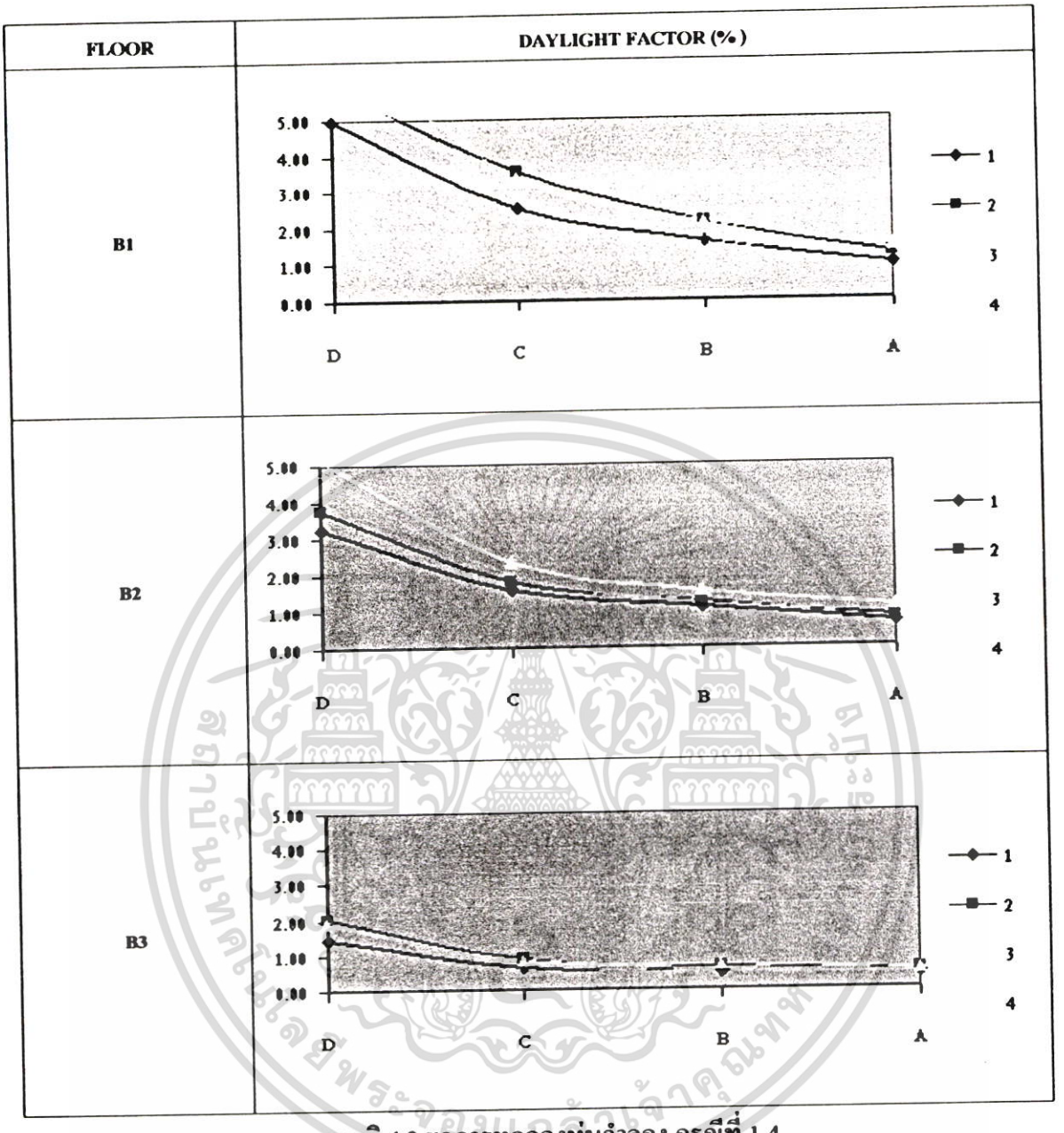
ค่าเฉลี่ยแสงภายนอก 67000 Lux

FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
	POINT	1	2	3	4
B1	D	4.96	5.91	7.34	6.33
	C	2.52	3.55	3.41	2.87
	B	1.60	2.13	2.15	1.66
	A	0.96	1.28	1.47	1.17

FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
	POINT	1	2	3	4
B2	D	3.26	3.77	5.14	4.69
	C	1.58	1.83	2.34	1.98
	B	1.08	1.23	1.52	1.20
	A	0.66	0.82	1.10	0.90

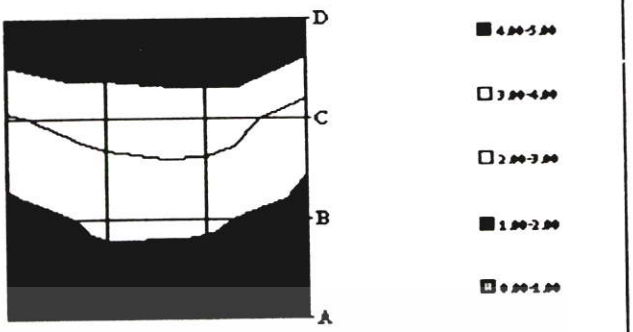
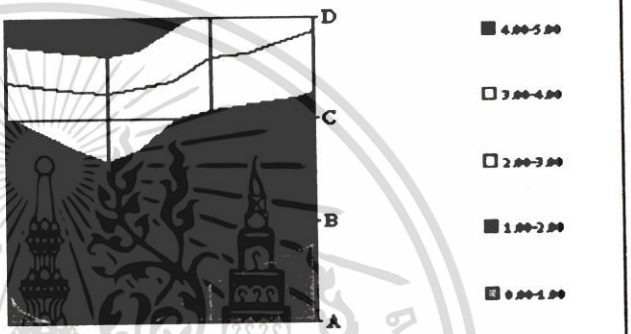
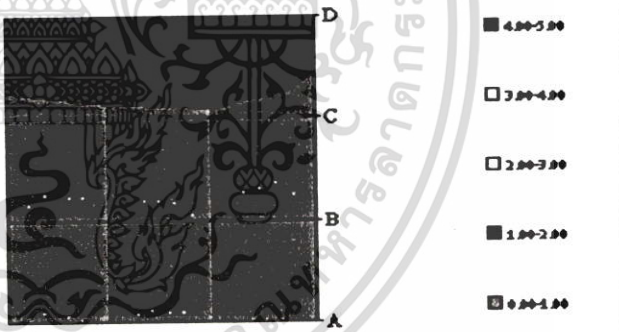
FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
	POINT	1	2	3	4
B3	D	1.45	2.01	1.94	1.86
	C	0.63	0.88	0.84	0.70
	B	0.49	0.64	0.67	0.51
	A	0.43	0.54	0.55	0.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.9 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

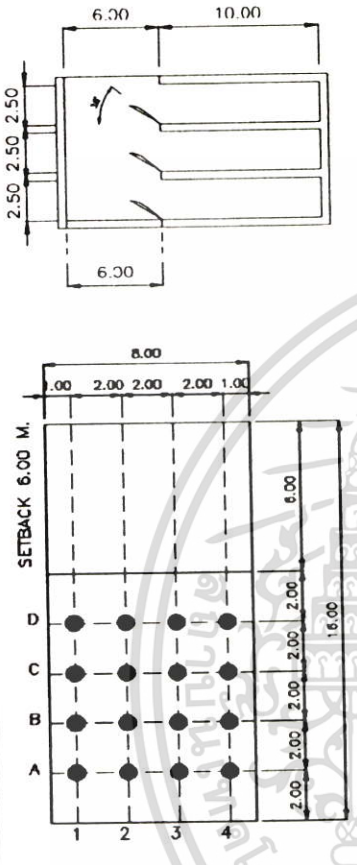
FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)
B1	
B2	
B3	

แผนภูมิ 4.10 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง 4.1.6 แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในหุ่นจำลอง กรณีศึกษา 1.5

ตาราง 4.6 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.5



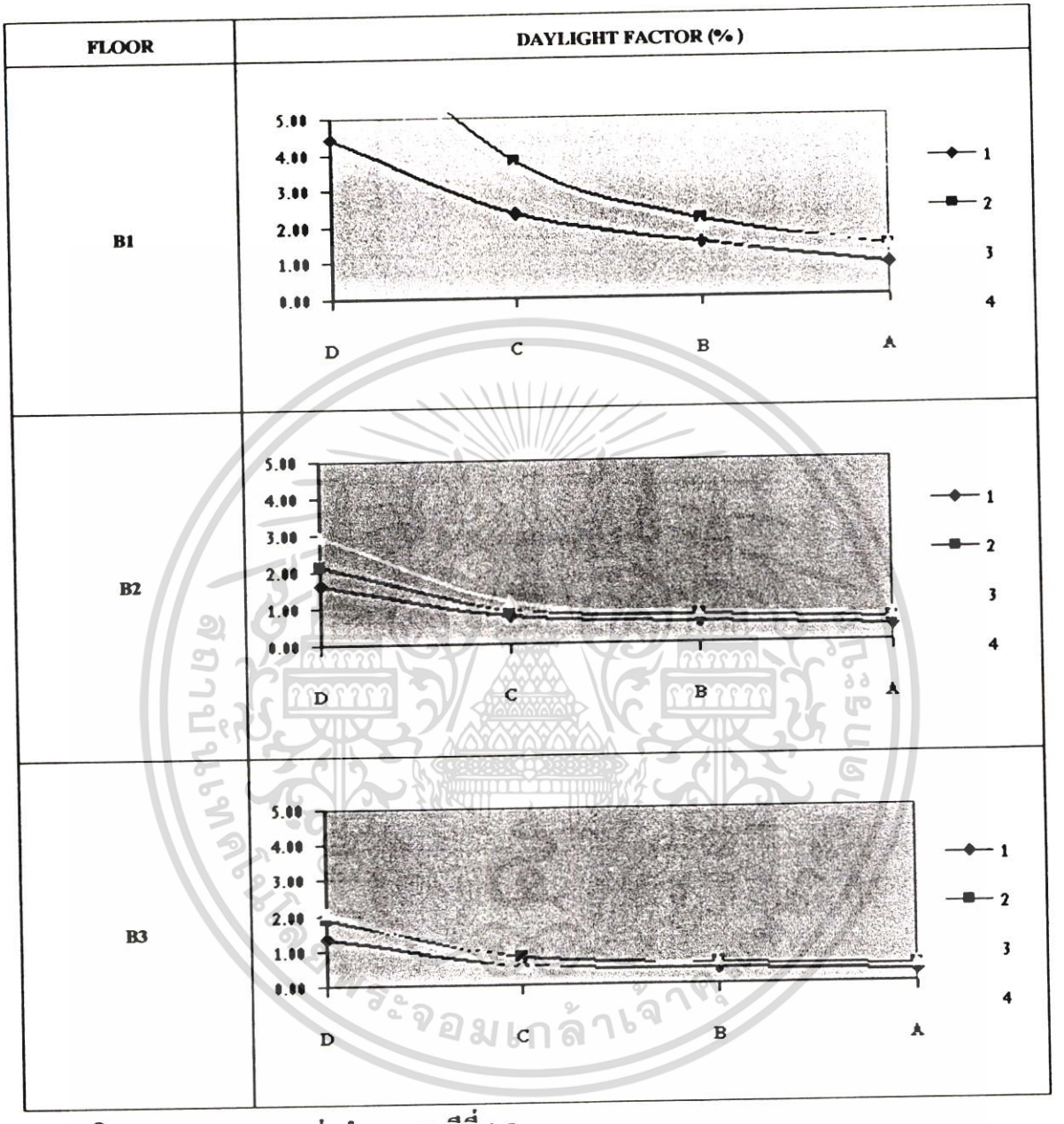
แบบหุ่นจำลอง	กรณีศึกษา 1.5		
วันทำการทดลอง	18 ม.ค. 2548		
เวลา	14:30	AZIMUTH	-135.1
สภาพท้องฟ้า	CLEAR SKY	ALTITUDE	40.7
ค่าเฉลี่ยแสงภายนอก 67500 Lux			

FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
B1	POINT	1	2	3	4
	D	4.43	8.14	7.51	6.71
	C	2.32	3.76	3.58	2.91
	B	1.50	2.12	2.00	1.55
	A	0.88	1.34	1.43	1.11

FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
B2	POINT	1	2	3	4
	D	1.61	2.15	2.97	2.32
	C	0.78	0.93	1.16	0.92
	B	0.57	0.78	0.83	0.64
	A	0.43	0.63	0.73	0.56

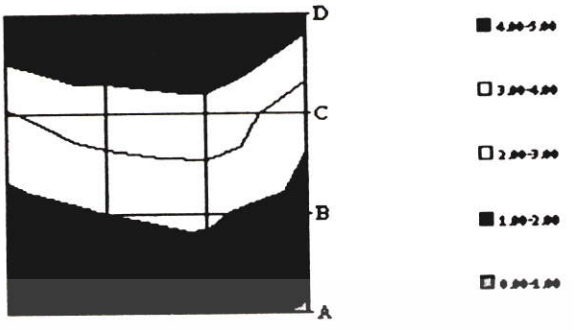
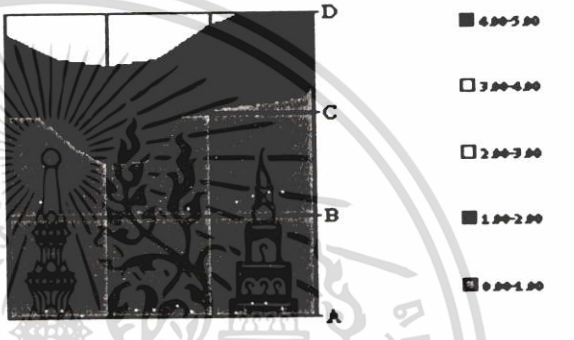
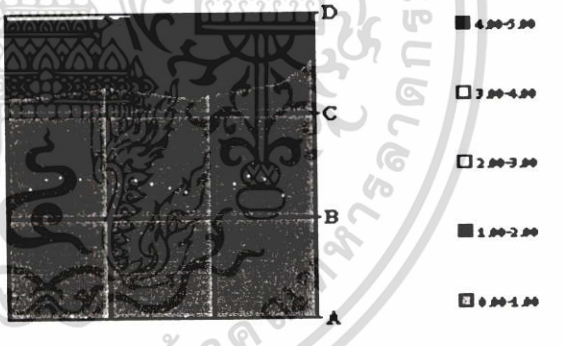
FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
B3	POINT	1	2	3	4
	D	1.33	1.88	2.09	2.09
	C	0.56	0.77	0.54	0.73
	B	0.46	0.61	0.63	0.51
	A	0.33	0.50	0.53	0.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.11 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

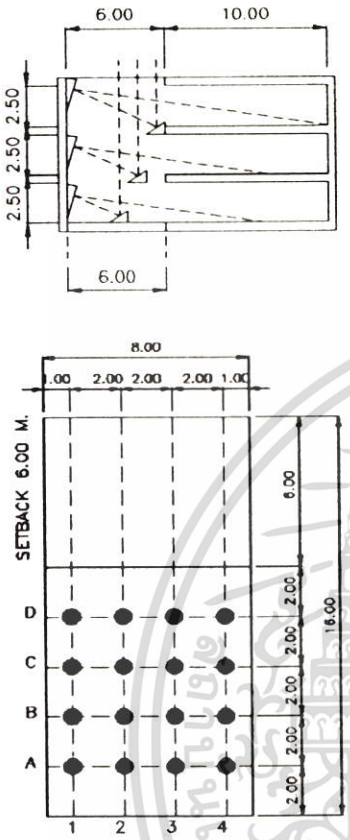
FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)
B1	
B2	
B3	

แผนภูมิ 4.12 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง 4.1.7 แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในหุ่นจำลอง กรณีศึกษา 1.6

ตาราง 4.7 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.6



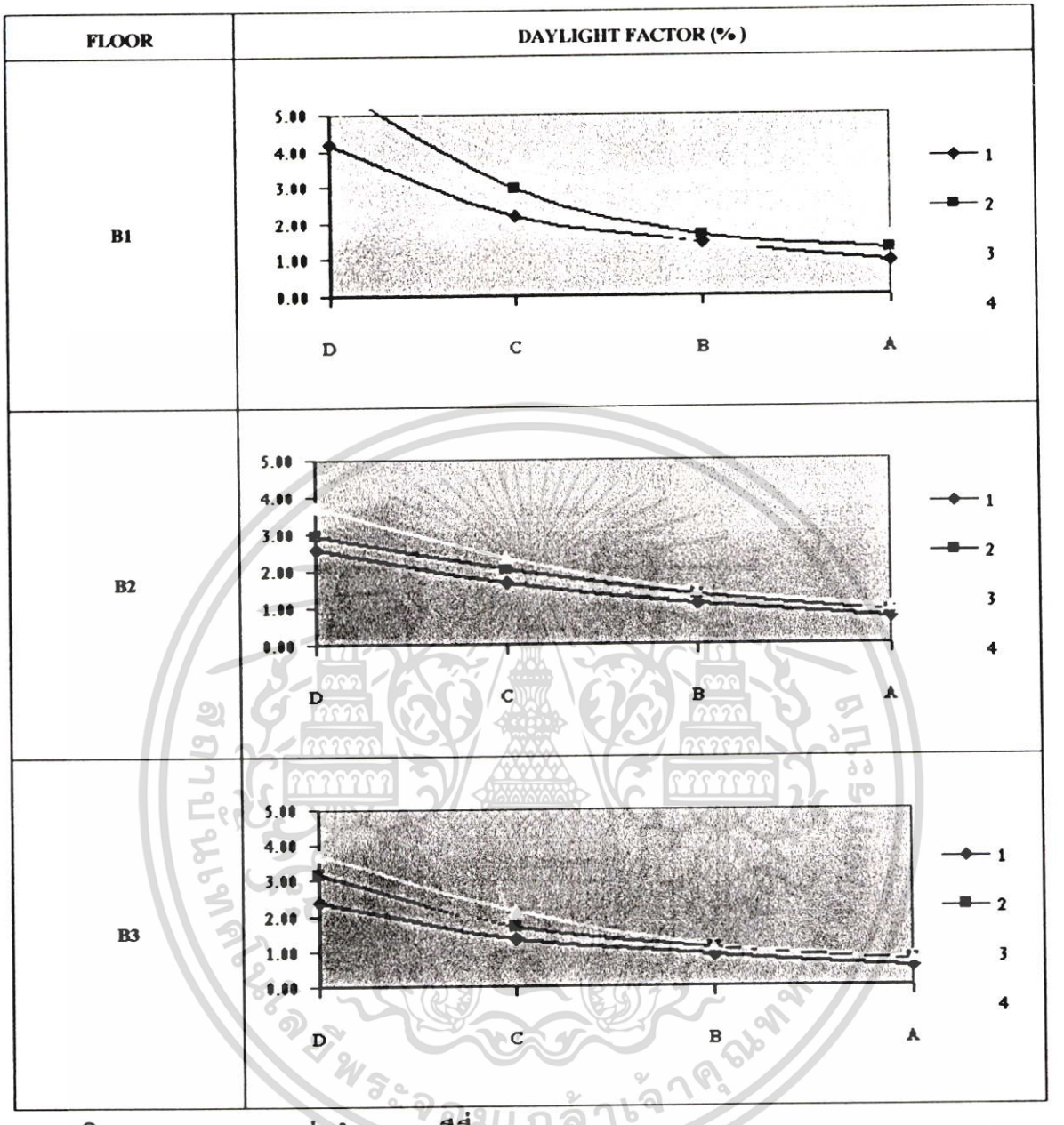
แบบหุ่นจำลอง	กรณีศึกษา 1.6		
วันทำการทดลอง	18 ม.ค. 2548		
เวลา	14:40	AZIMUTH	-129.4
สภาพท้องฟ้า	CLEAR SKY	ALTITUDE	35.3
ค่าเฉลี่ยแสงภายนอก 71500 Lux			

FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
B1	POINT	1	2	3	4
	D	4.17	5.89	6.34	5.19
	C	2.19	2.98	3.73	2.54
	B	1.44	1.63	2.30	1.47
	A	0.92	1.26	1.59	1.10

FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
B2	POINT	1	2	3	4
	D	2.58	2.97	3.70	2.84
	C	1.67	2.07	2.33	1.90
	B	1.12	1.34	1.45	1.17
	A	0.69	0.88	1.00	0.86

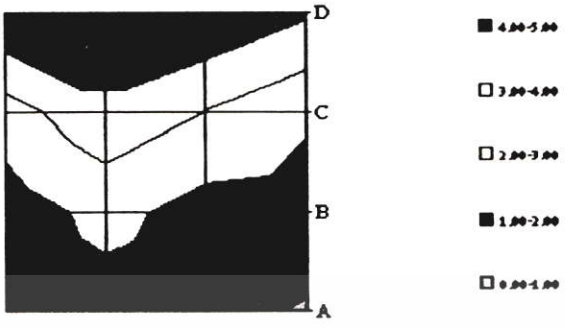
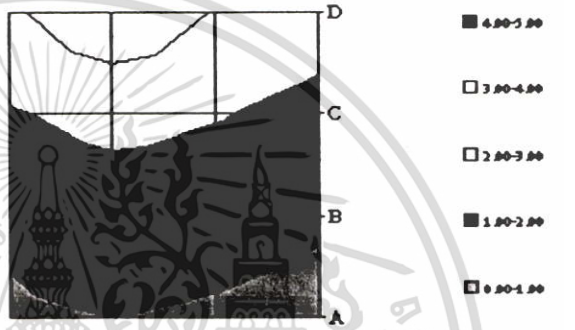
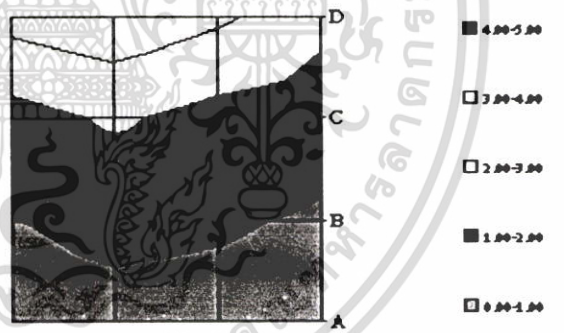
FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)				
B3	POINT	1	2	3	4
	D	2.37	3.17	3.71	3.33
	C	1.34	1.68	2.14	1.63
	B	0.89	1.09	1.16	0.98
	A	0.56	0.72	0.80	0.68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.13 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLOOR	DAYLIGHT FACTOR (%)
B1	
B2	
B3	

แผนภูมิ 4.14 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองกลุ่มกรณีศึกษาที่ 1 ทั้ง 7 กรณี เมื่อทำการเปรียบเทียบการกระจายแสงภายในหุ่นจำลอง โดยใช้หุ่นจำลองมาตรฐานเป็นเกณฑ์ จะสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

ผลการทดลองหุ่นจำลองมาตรฐาน 4.1.1

- **ชั้น B1** ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์จะลดลงตามส่วนของระยะทางจากขอบอาคาร โดยค่าจะเริ่มคงที่ที่บริเวณ 2.00 เมตร โดยมีช่วงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ จาก 5.52% ลดลงมาจนถึง 0.76 %
- **ชั้น B2** ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์จะเริ่มคงที่ที่บริเวณ 2.00 เมตรไปจนถึง 6.00 เมตร โดยมีช่วงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ จาก 3.57% ลดลงมาจนถึง 0.52 %
- **ชั้น B3** ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์จะเริ่มคงที่ที่บริเวณ 2.00 เมตรไปจนถึง 6.00 เมตร โดยมีช่วงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ จาก 2.36% ลดลงมาจนถึง 0.53 %

ผลการทดลองกรณีที่ 4.1.2

เมื่อใช้วัสดุผนังที่มีค่าการสะท้อนแสง 80% ปริมาณแสงที่กระจายเข้าไปในพื้นที่กล่องทดลองมีมากขึ้นจากเดิมและเริ่มลดลงจนเกือบคงที่ที่ระยะ 5.00 เมตร ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ต่ำสุดที่ 0.8 % ที่ชั้น B3 แต่เนื่องจากวัสดุผนังทำมุมตั้งฉากกับระดับสายตาจึงอาจเกิดผลกระทบต่อความสบายด้านการมองได้

ผลการทดลองกรณีที่ 4.1.3

ใช้ผนังทำมุมกับแนวราบเพื่อสะท้อนแสงไปยังเพดานของหุ่นจำลอง ทำให้ได้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์สูงที่สุดที่ชั้น B1 คือ 11.06 % สำหรับชั้น B3 ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เริ่มคงที่ที่ระยะ 4.00 เมตร มีค่าต่ำสุดที่ 0.42 % ความแตกต่างของค่าดังกล่าวมีสูงเนื่องมาจากใช้ผนังสะท้อนแสงที่ทำมุมคงที่

ผลการทดลองกรณีที่ 4.1.4

ใช้หิ้งสะท้อนแสงแบบที่ 1 สะท้อนแสงไปยังเพดานของหุ่นจำลอง ทำให้ได้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์สูงที่สุดที่ชั้น B1 คือ 9.32 % ใกล้เคียงกับการใช้ผนังทำมุมในกรณีที่ 1.2 สำหรับชั้น B3 ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เริ่มคงที่ที่ระยะ 1.50 เมตร มีค่าต่ำสุดที่ 0.30 % มีความแตกต่างกันมาก เนื่องจากหิ้งสะท้อนแสงของชั้น B3 มีระยะห่างจากพื้นที่ใช้งานมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองกรณีที่ 4.1.5

ใช้หิ้งสะท้อนแสงแบบที่ 2 สะท้อนแสงไปยังเพดานของหุ่นจำลอง ทำให้ได้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์สูงที่สุดที่ชั้น B1 คือ 7.34 % สำหรับชั้น B3 ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เริ่มคงที่ที่ระยะ 2.50 เมตร มีค่าต่ำสุดที่ 0.43 % ซึ่งให้ผลในการกระจายแสงได้สม่ำเสมอกว่ากรณีที่ 1.3

ผลการทดลองกรณีที่ 4.1.6

ใช้หิ้งสะท้อนแสงแบบที่ 3 สะท้อนแสงไปยังเพดานของหุ่นจำลอง ทำให้ได้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์สูงที่สุดที่ชั้น B1 คือ 8.14 % สำหรับชั้น B3 ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เริ่มคงที่ที่ระยะ 2.00 เมตร มีค่าต่ำสุดที่ 0.33 % เนื่องจากหิ้งสะท้อนแสงแบบที่ 3 ของชั้น B3 อยู่ในระดับต่ำสุดและถูกบดบังแสงจากท้องฟ้าที่กระทำต่อแนวระนาบ

ผลการทดลองกรณีที่ 4.1.7

ใช้หิ้งสะท้อนแสงแบบที่ 4 สะท้อนแสงไปยังพื้นที่ใช้สอยของหุ่นจำลอง ทำให้ได้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์สูงที่สุดที่ชั้น B1 คือ 6.34% สำหรับชั้น B3 ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เริ่มคงที่ที่ระยะ 3.50 เมตร มีค่าต่ำสุดที่ 0.56 % ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับแบบที่ 1.4 แล้วจะมีความสามารถในการกระจายแสงได้สม่ำเสมอกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

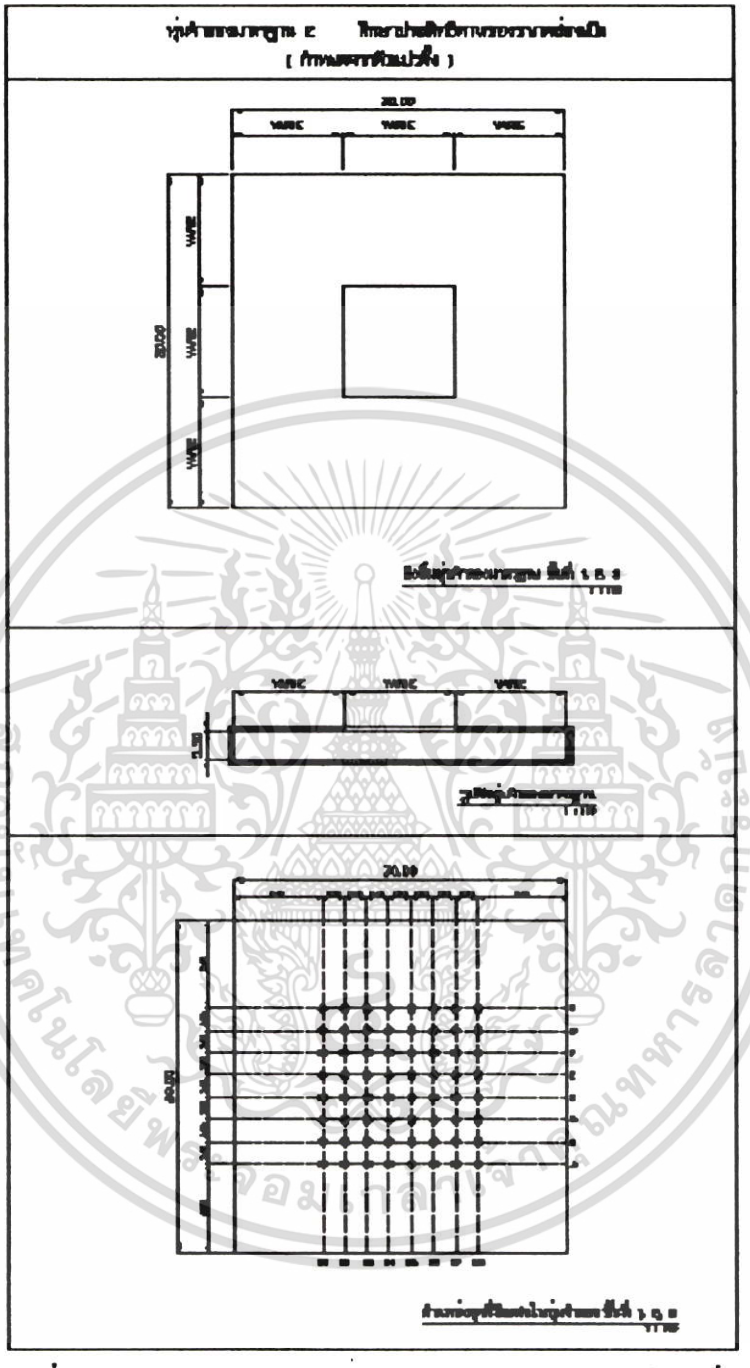
4.2 ผลการทดลองกรณีศึกษากลุ่มที่ 2

หุ่นจำลองกรณีศึกษากลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มของการศึกษาประสิทธิภาพการส่องสว่างของแสงผ่านช่องเปิดด้านบน หุ่นจำลองมาตรฐานสำหรับกรณีศึกษากลุ่มนี้ จำลองในมาตราส่วน 1 ต่อ 10 การวัดแสงภายในหุ่นจำลองกลุ่มกรณีศึกษาที่ 2 กำหนดให้มีจุดที่ทำการวัด 64 จุดภายในหุ่นจำลอง และ 1 จุด เพื่อวัดความสว่างภายนอก

ตัวแปรต่างๆที่กำหนดในเรื่องการสะท้อนแสงของวัสดุภายในมีดังนี้

- พื้นหุ่นจำลองกำหนดไว้ที่ค่าการสะท้อน 20% ไม้อัดทาสีเทาที่ใช้ทำหุ่นจำลอง มีค่าการสะท้อน 25%
- เพดานหุ่นจำลองกำหนดไว้ที่ค่าการสะท้อน 80% กระดาษที่ใช้บุเพดานหุ่นจำลอง มีค่าการสะท้อน 78%
- ผนังหุ่นจำลอง กำหนดให้มีการควบคุมค่าการสะท้อนแสง ไม้อัดทาสีดำที่ใช้บุผนังมีค่าการสะท้อน 8%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แบบแสดงรายละเอียดหุ่นจำลองมาตรฐานกรณีศึกษาที่ 2

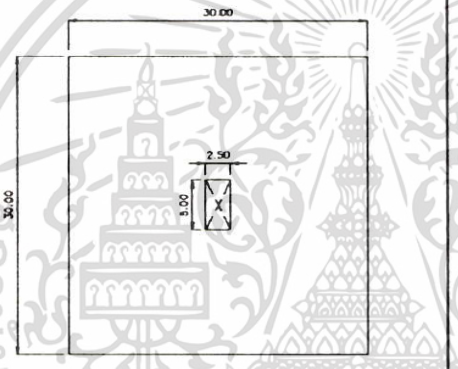
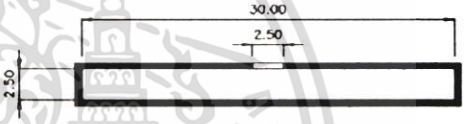
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง 4.2.1 แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในหุ่นจำลอง กรณีศึกษา 2.1

ตาราง 4.8 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1

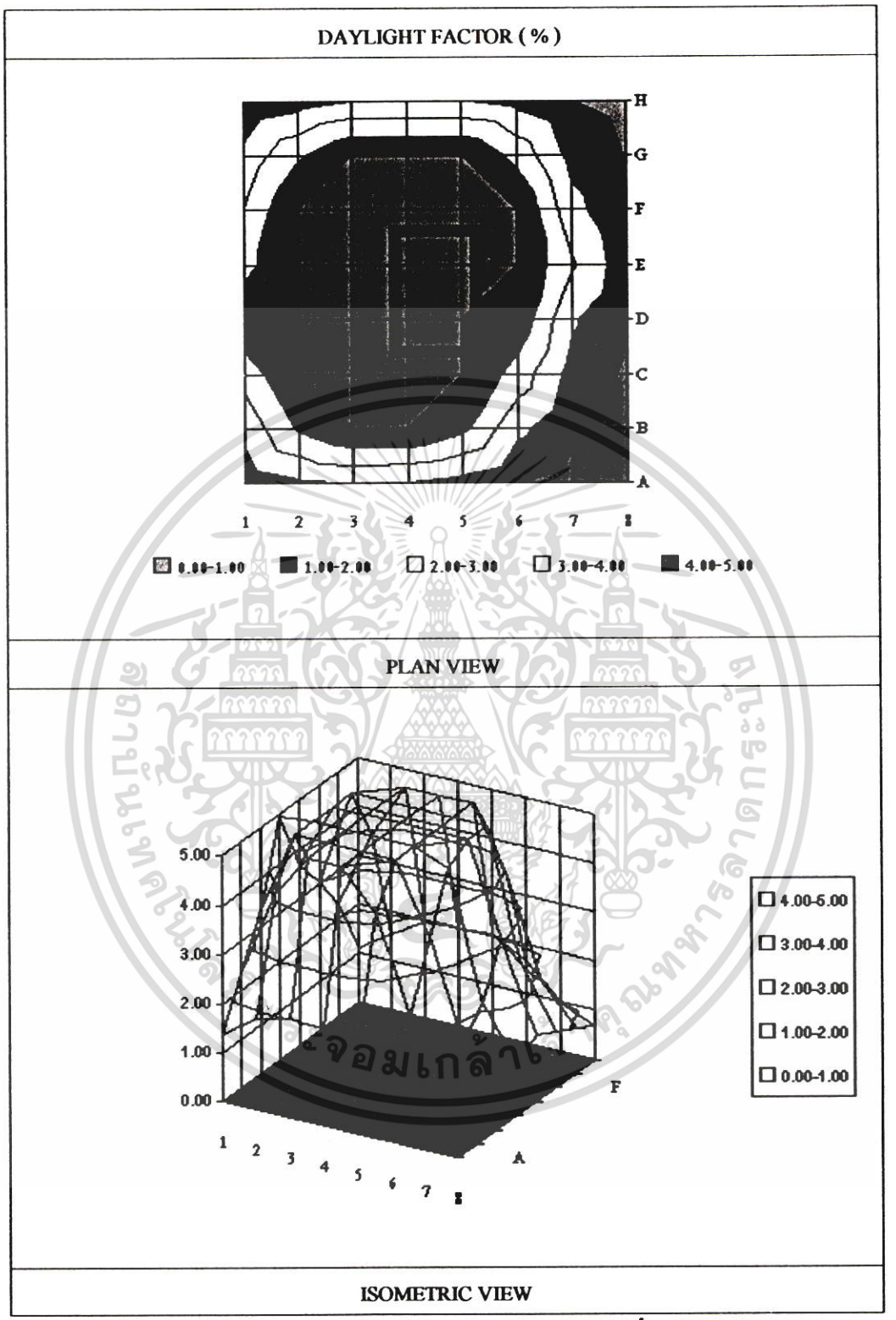
แบบหุ่นจำลอง	กรณีศึกษา 2.1
วันทำการทดลอง	10 ธ.ค. 2547
เวลา	14:00
สภาพท้องฟ้า	CLEAR SKY

ค่าเฉลี่ยแสงภายนอกที่วัดได้	
55000 Lux	
AZIMUTH	-149.9
ALTITUDE	46.9

MODEL	PLAN	LONG SECTION
		

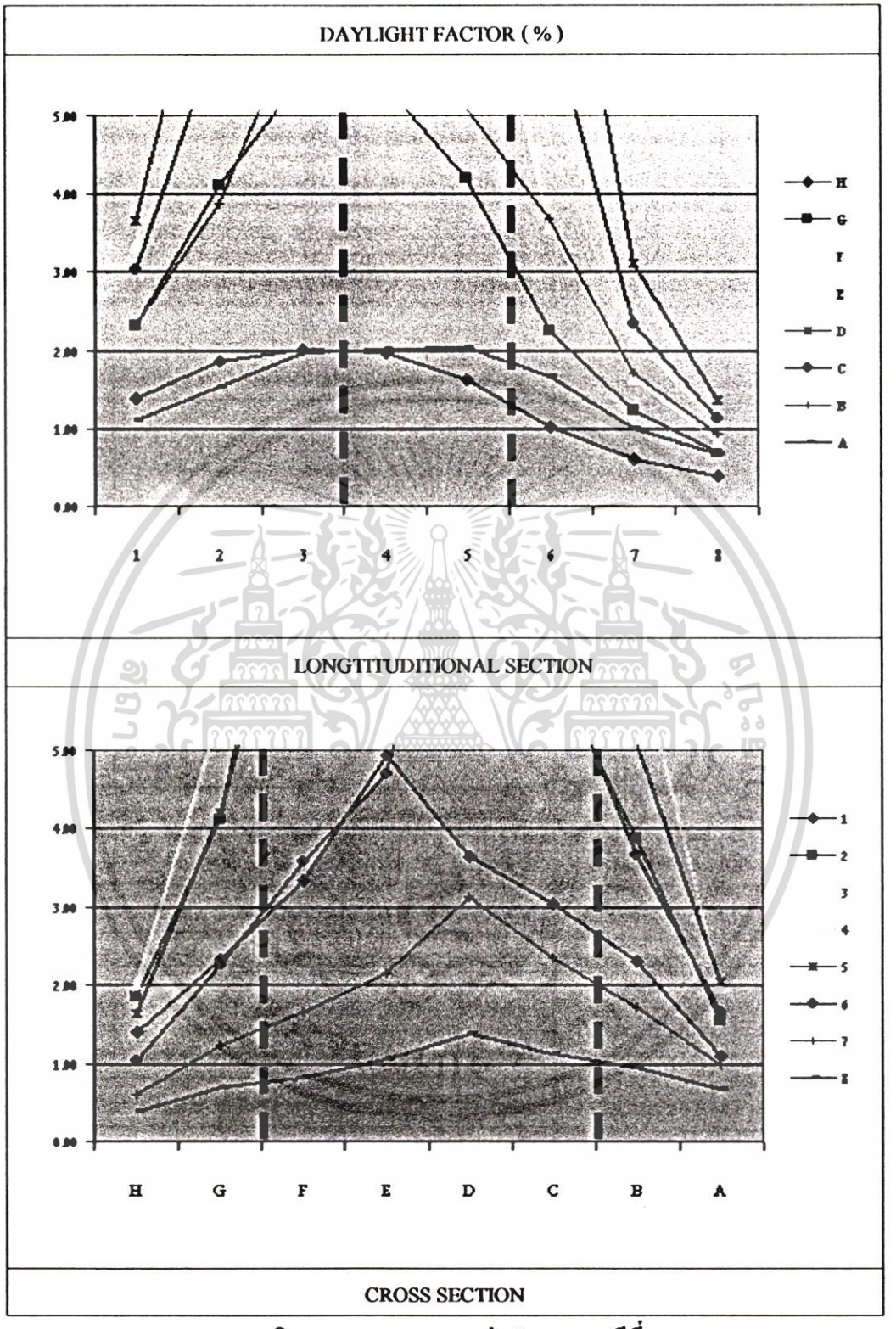
DAYLIGHT FACTOR (%)								
POINT	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
H	1.39	1.85	2.02	1.97	1.63	1.03	0.61	0.39
G	2.33	4.12	5.47	5.39	4.20	2.26	1.23	0.69
F	3.34	9.24	14.79	17.26	8.06	3.58	1.65	0.81
E	4.94	12.02	80.19	83.92	11.33	4.70	2.15	1.06
D	3.65	7.85	18.16	89.92	24.49	9.10	3.12	1.37
C	3.04	6.07	13.16	71.43	14.73	6.29	2.34	1.13
B	2.31	3.88	6.34	6.15	5.11	3.67	1.72	0.94
A	1.11	1.54	1.97	2.00	2.04	1.67	1.00	0.66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.15 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.16 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1

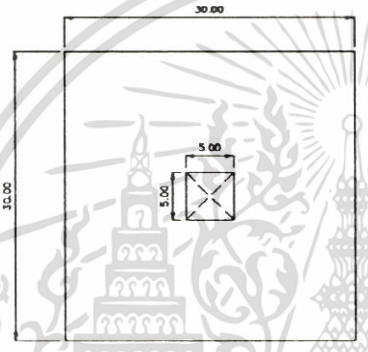
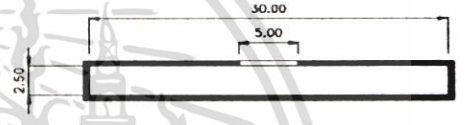
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง 4.2.2 แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในหุ่นจำลอง กรณีศึกษา 2.2

ตาราง 4.9 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.2

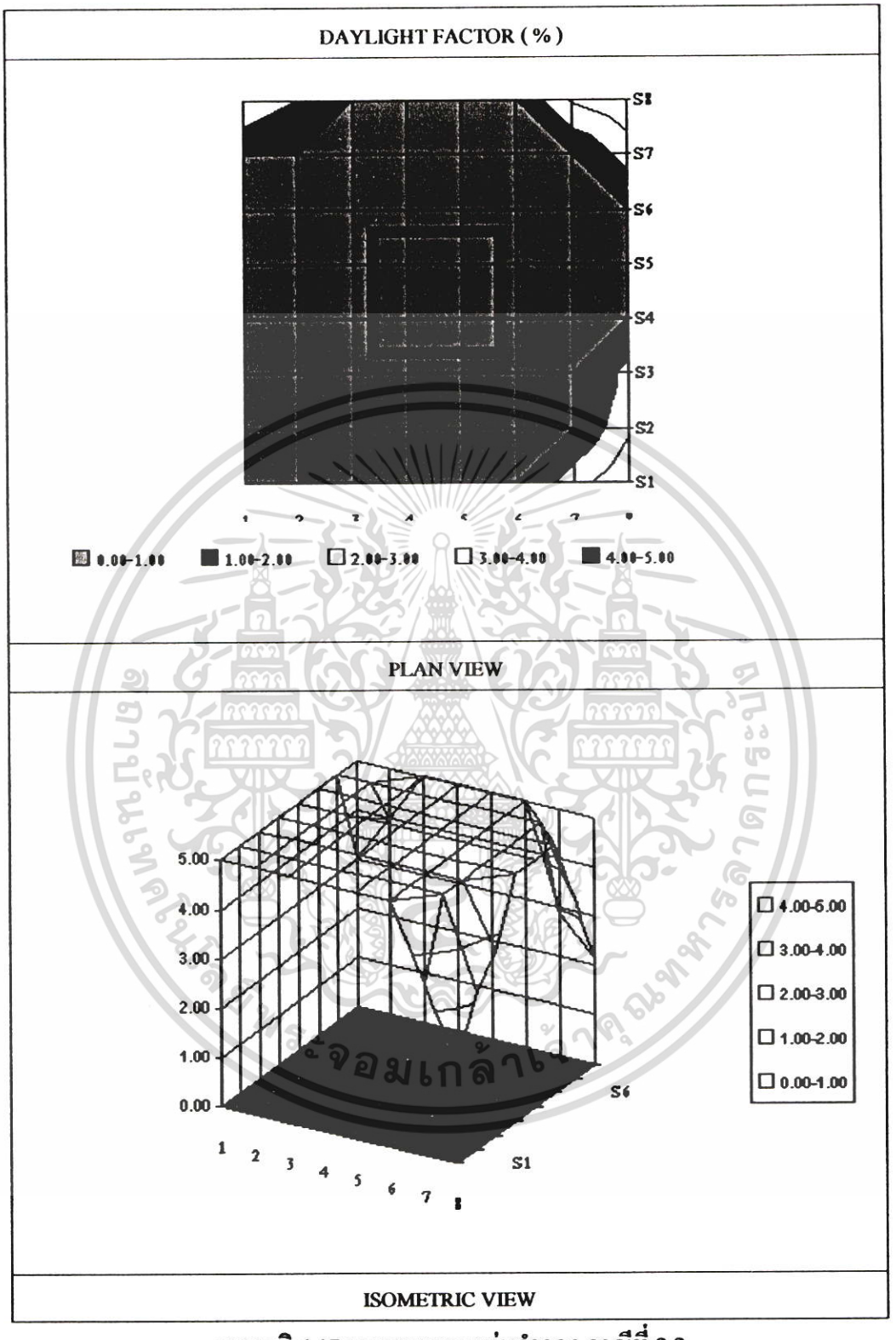
แบบหุ่นจำลอง	กรณีศึกษา 2.2
วันทำการทดลอง	27 พ.ย. 2547
เวลา	13:30
สภาพท้องฟ้า	CLEAR SKY

ค่าเฉลี่ยแสงภายนอกที่วัดได้	
35000 Lux	
AZIMUTH	-144
ALTITUDE	16.4

MODEL	PLAN	LONG SECTION
		

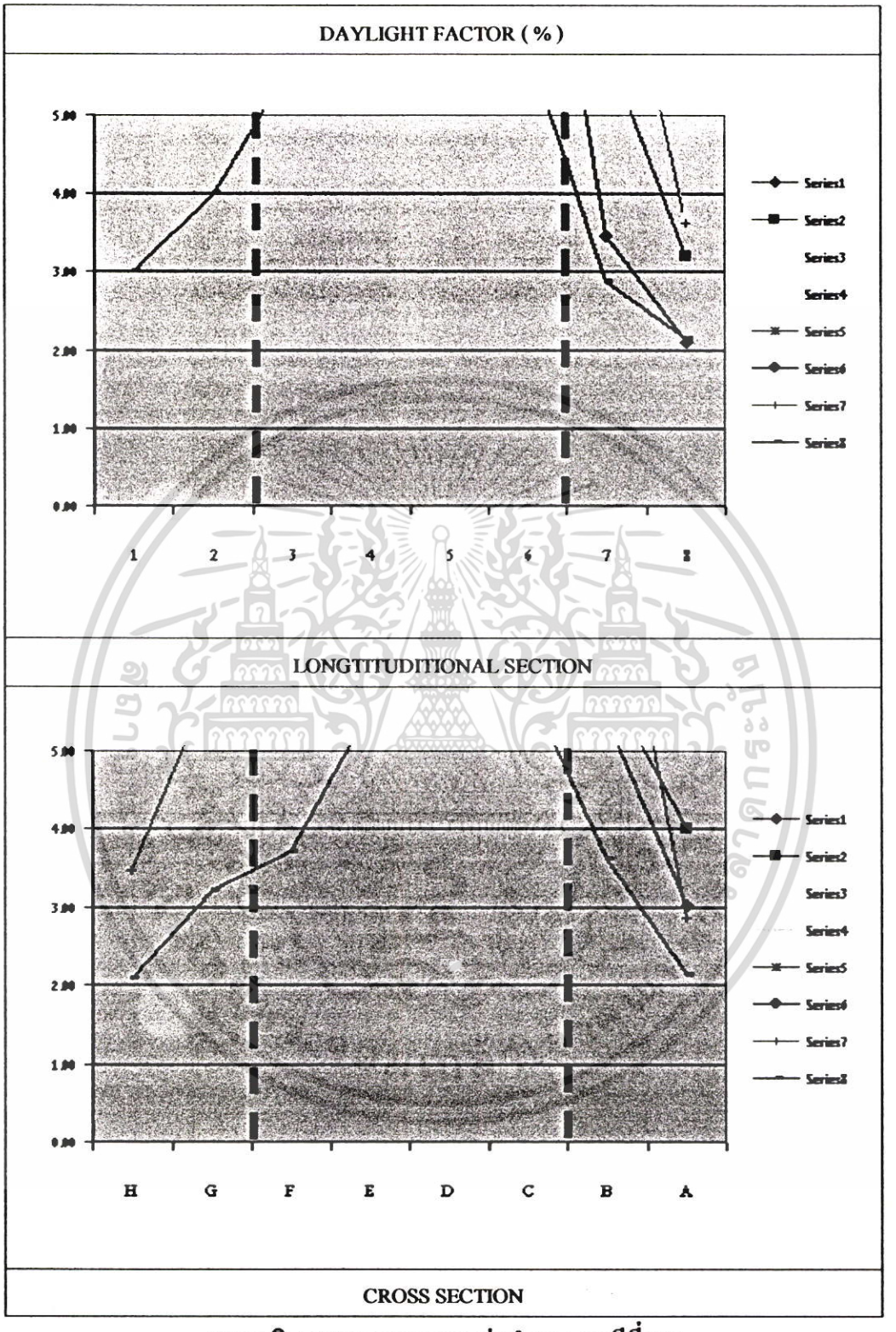
DAYLIGHT FACTOR (%)								
POINT	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
H	5.85	8.71	14.12	15.57	9.95	9.59	3.47	2.10
G	9.83	17.46	37.07	44.08	26.23	17.58	5.91	3.20
F	13.70	21.69	96.24	110.44	65.37	29.74	7.57	3.71
E	6.38	20.25	65.55	125.00	143.48	82.79	14.98	5.54
D	5.99	19.90	66.13	115.93	136.21	93.56	16.88	7.49
C	7.60	17.66	37.01	53.63	68.85	46.80	12.38	5.84
B	5.41	5.92	13.90	18.20	21.95	37.53	8.22	3.63
A	3.01	4.00	5.67	5.81	6.86	5.91	2.88	2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.17 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.18 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.2

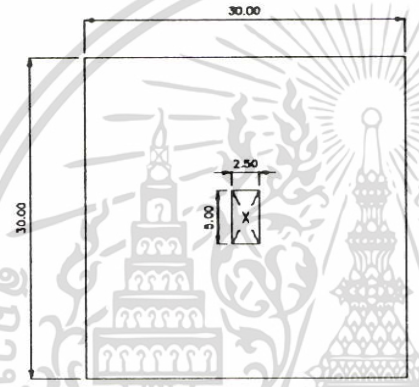
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง 4.2.3 แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในหุ่นจำลอง กรณีศึกษา 2.3

ตาราง 4.10 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.3

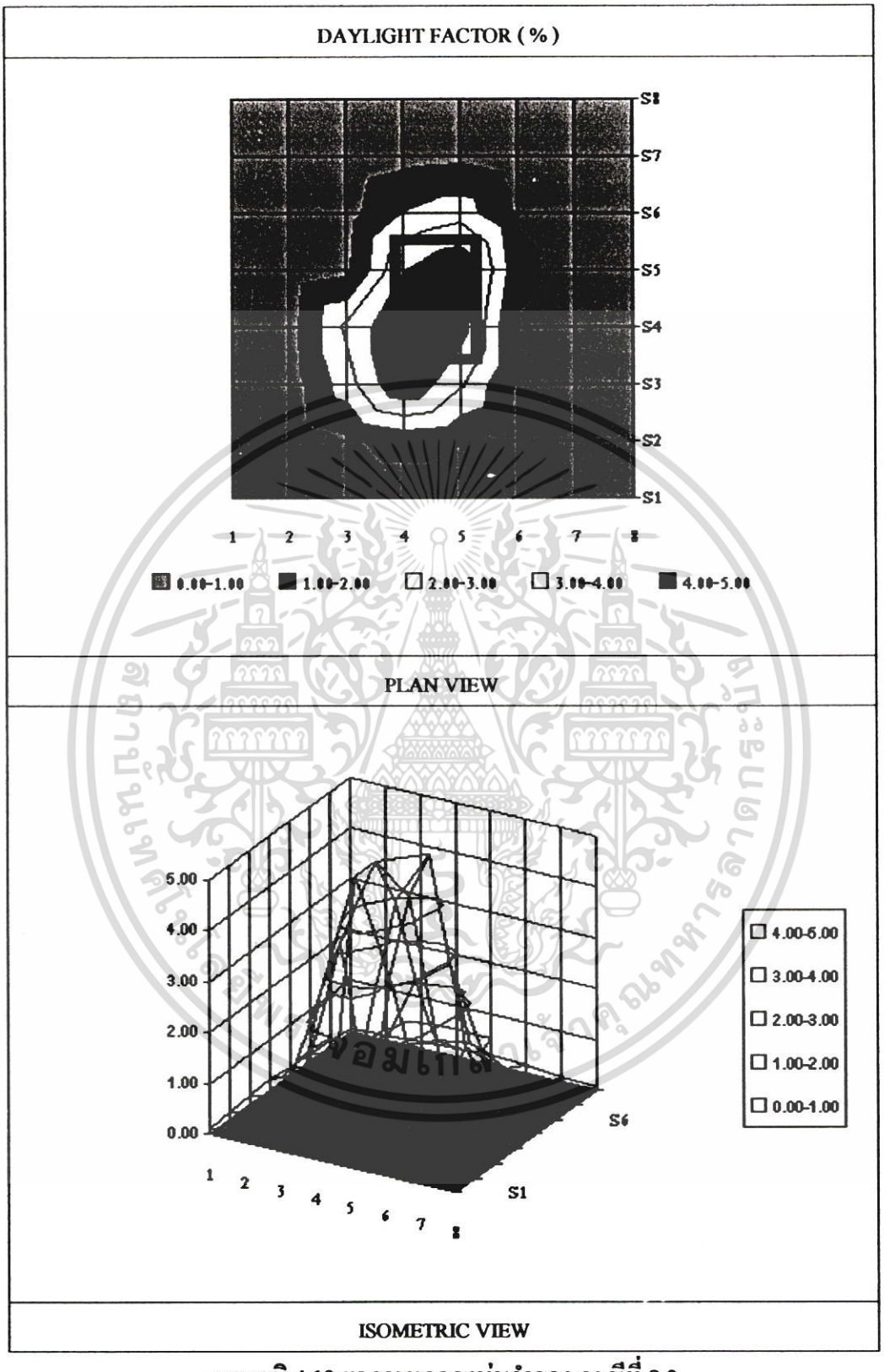
แบบหุ่นจำลอง	กรณีศึกษา 2.3
วันทำการทดลอง	7 ธ.ค. 2547
เวลา	11:30
สภาพท้องฟ้า	CLEAR SKY

ค่าเฉลี่ยแสงภายนอกที่วัดได้	
53000 Lux	
AZIMUTH	171.9
ALTITUDE	52.6

MODEL	PLAN	LONG SECTION
		

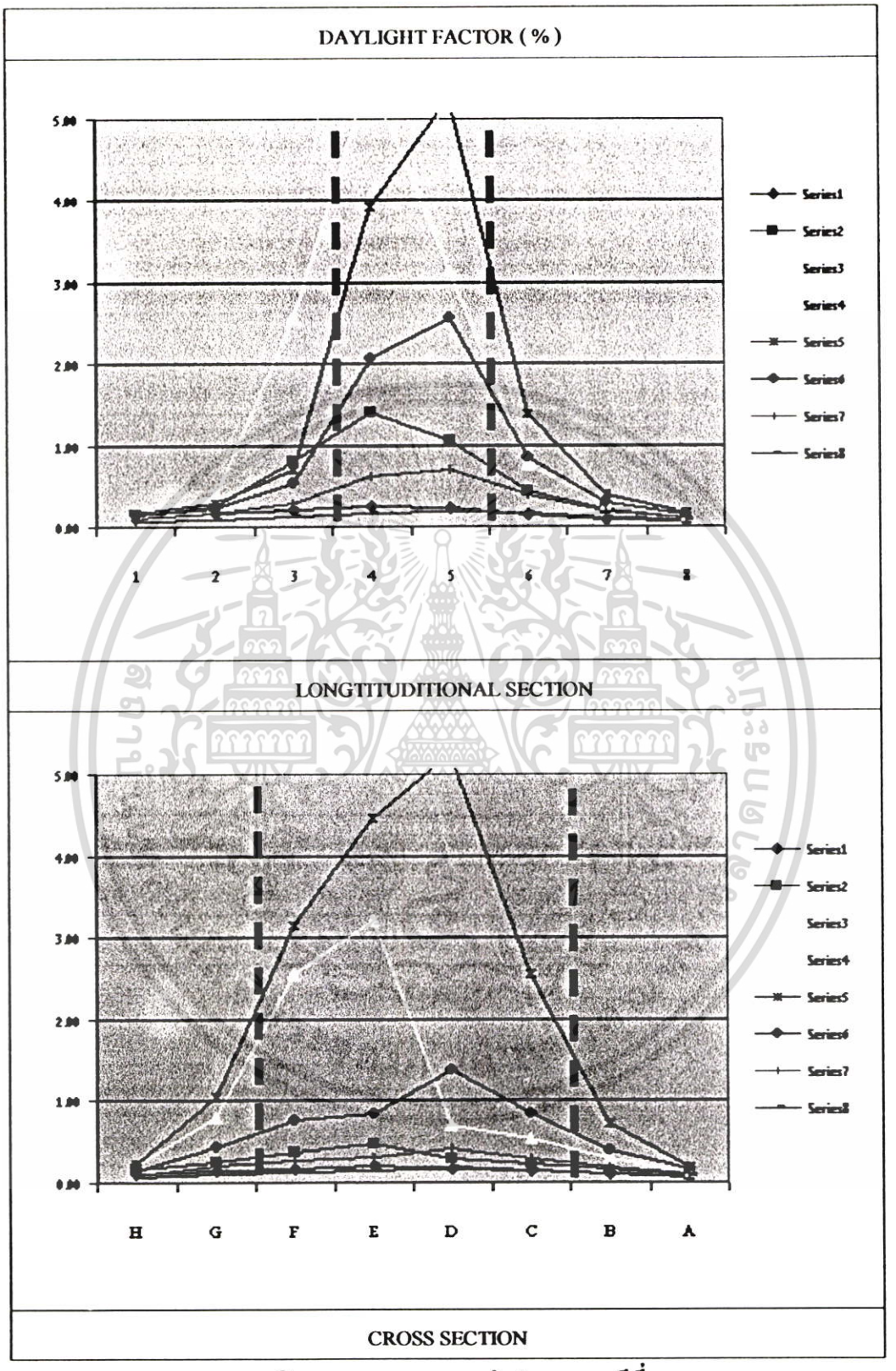
DAYLIGHT FACTOR (%)								
POINT	1	2	3	4	5	6	7	8
H	0.10	0.16	0.21	0.24	0.22	0.15	0.09	0.06
G	0.14	0.26	0.80	1.41	1.05	0.44	0.20	0.10
F	0.17	0.38	2.56	5.50	3.15	0.76	0.26	0.12
E	0.21	0.48	3.21	8.27	4.47	0.85	0.30	0.15
D	0.17	0.29	0.70	3.92	5.24	1.38	0.40	0.18
C	0.14	0.22	0.53	2.06	2.56	0.85	0.28	0.13
B	0.11	0.16	0.30	0.62	0.71	0.39	0.19	0.11
A	0.06	0.08	0.13	0.17	0.18	0.16	0.11	0.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.19 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.20 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.3

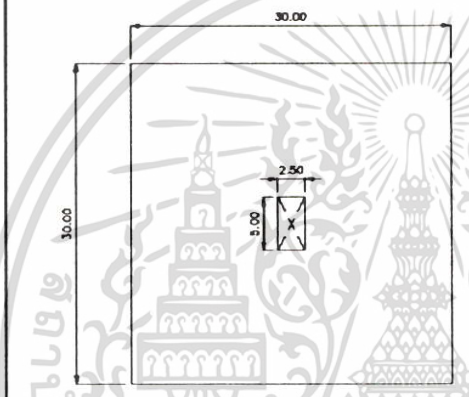
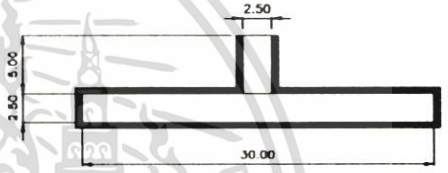
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง 4.2.4 แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในหุ่นจำลอง กรณีศึกษา 2.4

ตาราง 4.11 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.4

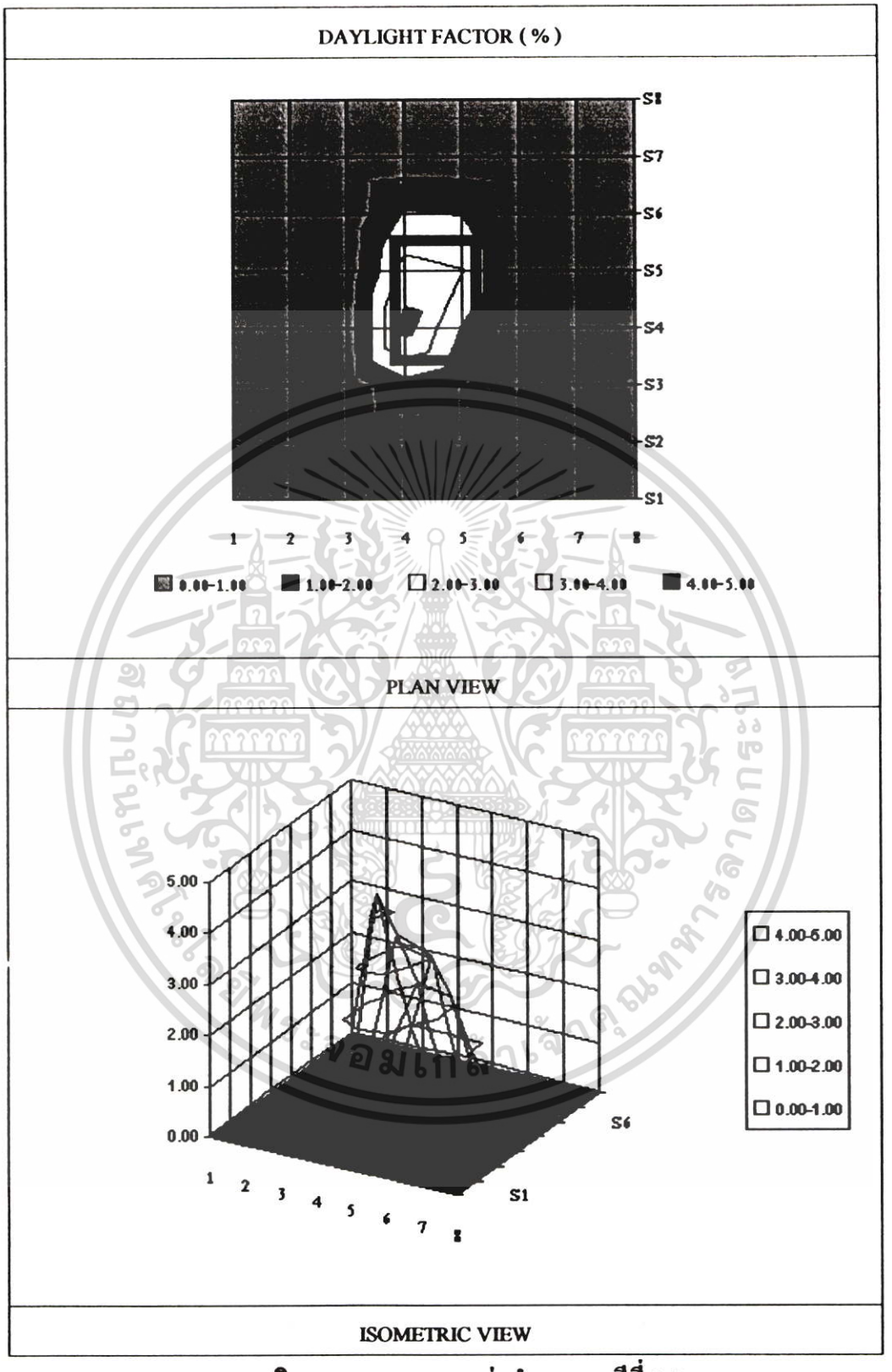
แบบหุ่นจำลอง	กรณีศึกษา 2.4
วันทำการทดลอง	7 ธ.ค. 2547
เวลา	13:30
สภาพท้องฟ้า	CLEAR SKY

ค่าเฉลี่ยแสงภายนอกที่วัดได้	
42000 Lux	
AZIMUTH	-146.5
ALTITUDE	48.5

MODEL	PLAN	LONG SECTION
		

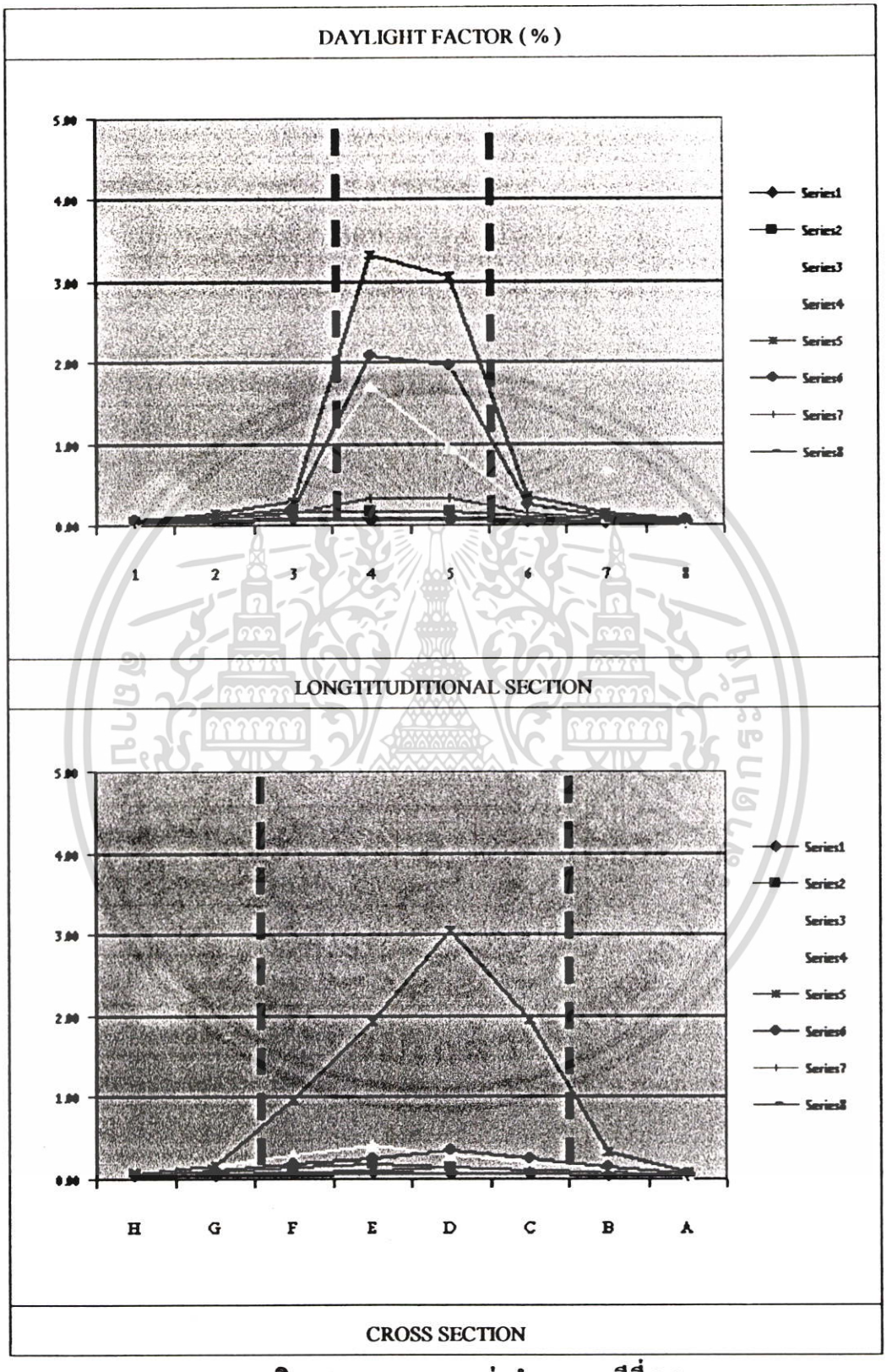
DAYLIGHT FACTOR (%)								
POINT	1	2	3	4	5	6	7	8
H	0.04	0.05	0.07	0.07	0.07	0.05	0.03	0.02
G	0.05	0.09	0.16	0.17	0.17	0.11	0.06	0.03
F	0.06	0.14	0.28	1.72	0.96	0.18	0.08	0.04
E	0.08	0.19	0.41	4.42	1.94	0.25	0.11	0.05
D	0.07	0.14	0.29	3.33	3.05	0.35	0.15	0.07
C	0.06	0.11	0.22	2.10	1.96	0.25	0.11	0.05
B	0.05	0.08	0.14	0.32	0.33	0.15	0.08	0.05
A	0.04	0.04	0.06	0.08	0.08	0.07	0.05	0.04

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.21 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.22 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.4

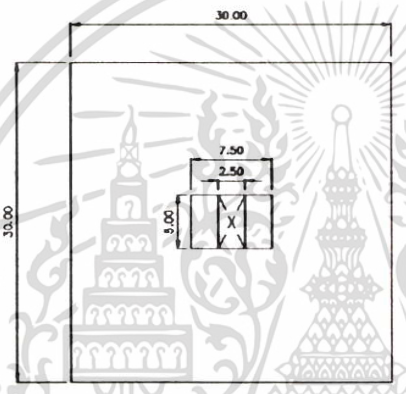
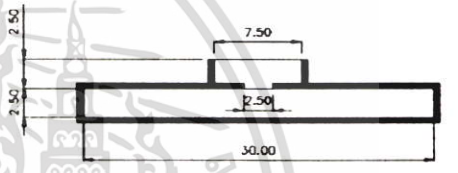
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง 4.2.5 แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในหุ่นจำลอง กรณีศึกษา 2.5

ตาราง 4.12 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.5

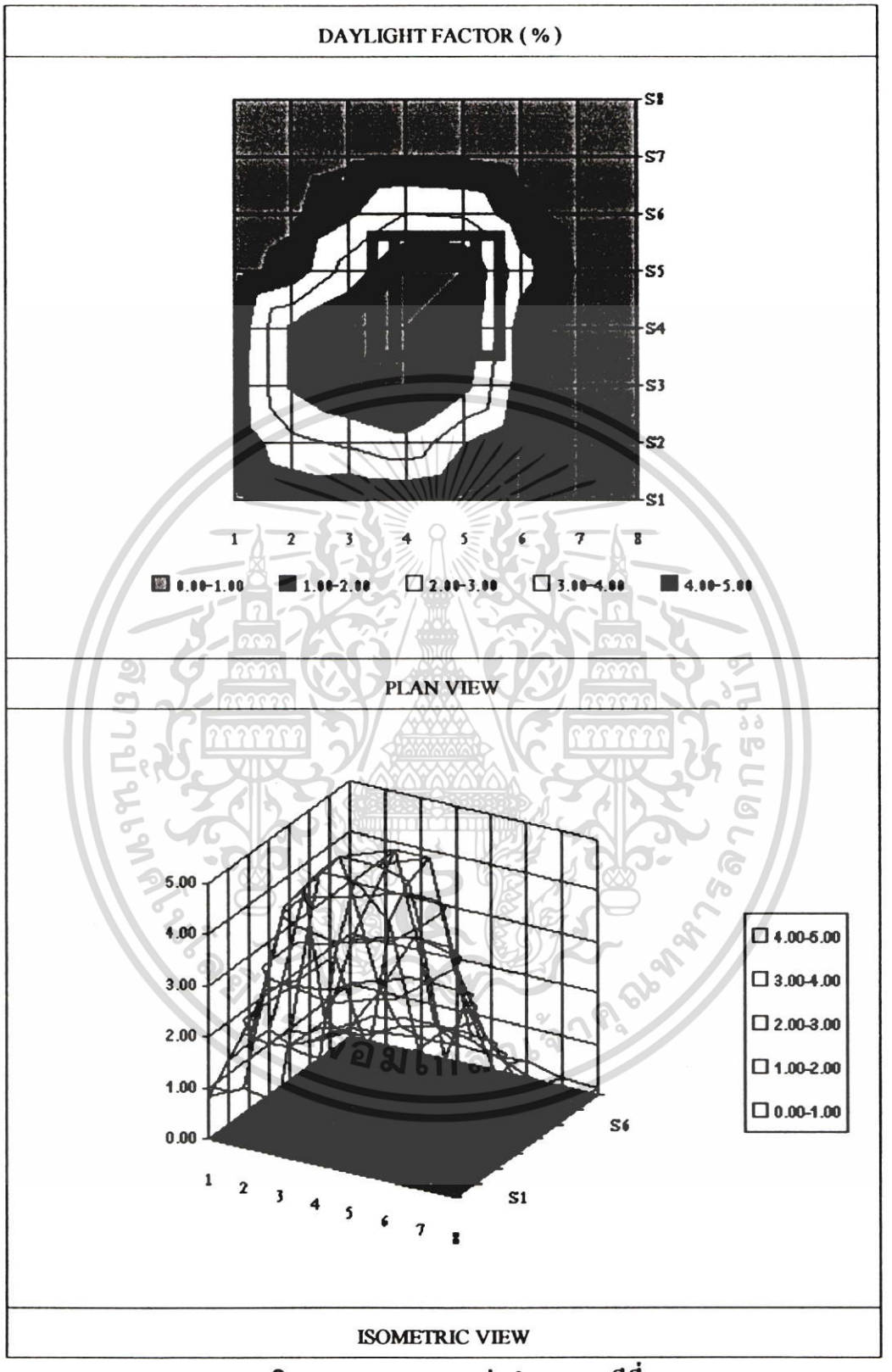
แบบหุ่นจำลอง	กรณีศึกษา 2.5
วันทำการทดลอง	24 ธ.ค. 2547
เวลา	13:00
สภาพท้องฟ้า	CLEAR SKY

ค่าเฉลี่ยแสงภายนอกที่วัดได้	
59000 Lux	
AZIMUTH	-157.1
ALTITUDE	49

MODEL	PLAN	LONG SECTION
		

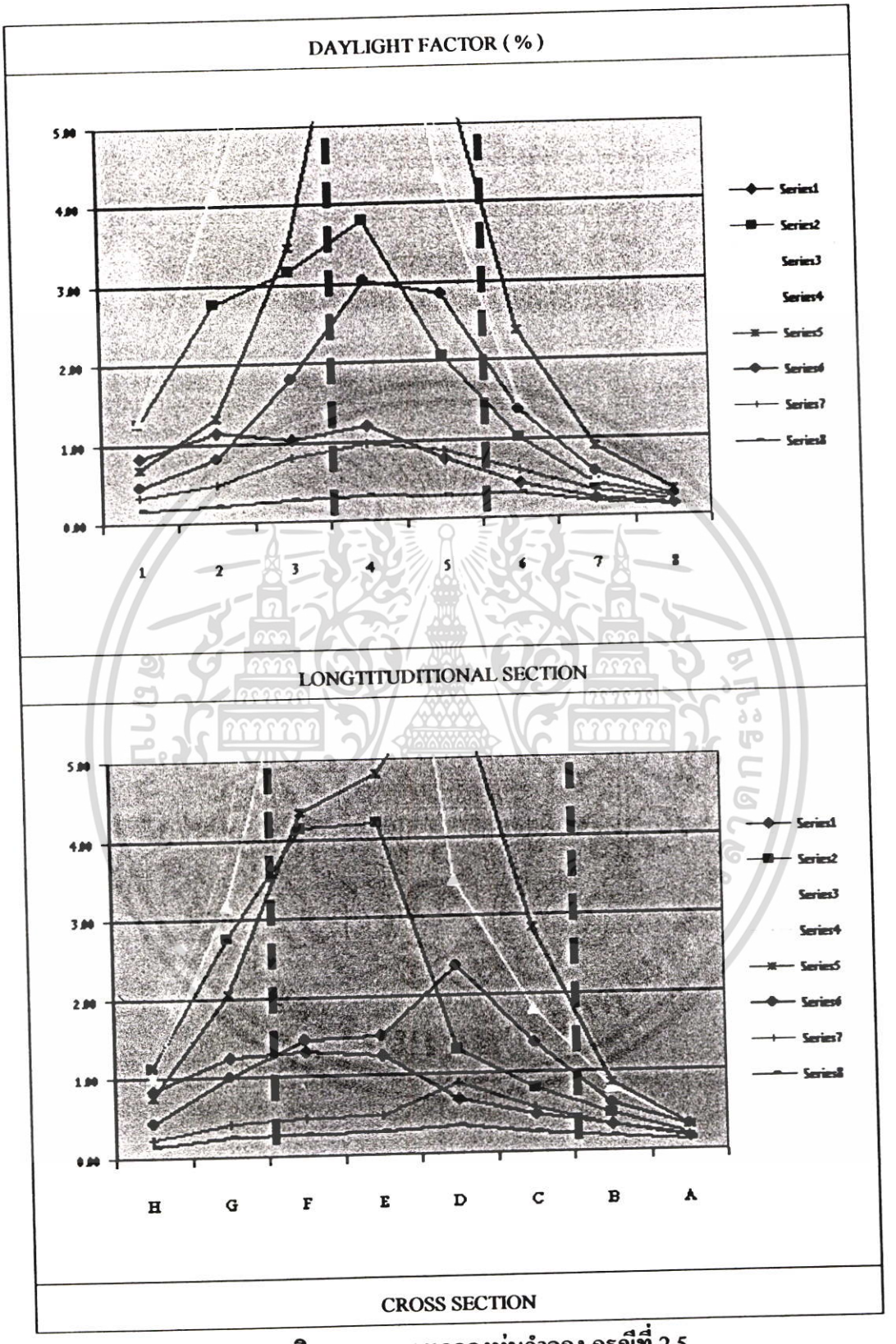
DAYLIGHT FACTOR (%)								
POINT	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
H	0.84	1.14	1.03	1.19	0.75	0.43	0.22	0.15
G	1.27	2.76	3.17	3.80	2.06	1.02	0.42	0.24
F	1.31	4.14	6.66	9.46	4.34	1.46	0.48	0.26
E	1.26	4.21	10.39	10.25	4.82	1.51	0.50	0.28
D	0.67	1.32	3.46	7.56	6.19	2.37	0.89	0.34
C	0.46	0.80	1.81	3.03	2.85	1.37	0.55	0.25
B	0.33	0.48	0.80	0.97	0.87	0.60	0.33	0.18
A	0.16	0.21	0.28	0.31	0.30	0.31	0.18	0.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.23 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.24 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.5

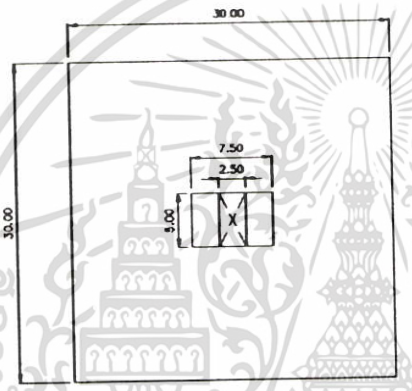
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง 4.2.6 แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในหุ่นจำลอง กรณีศึกษา 2.6

ตาราง 4.13 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.6

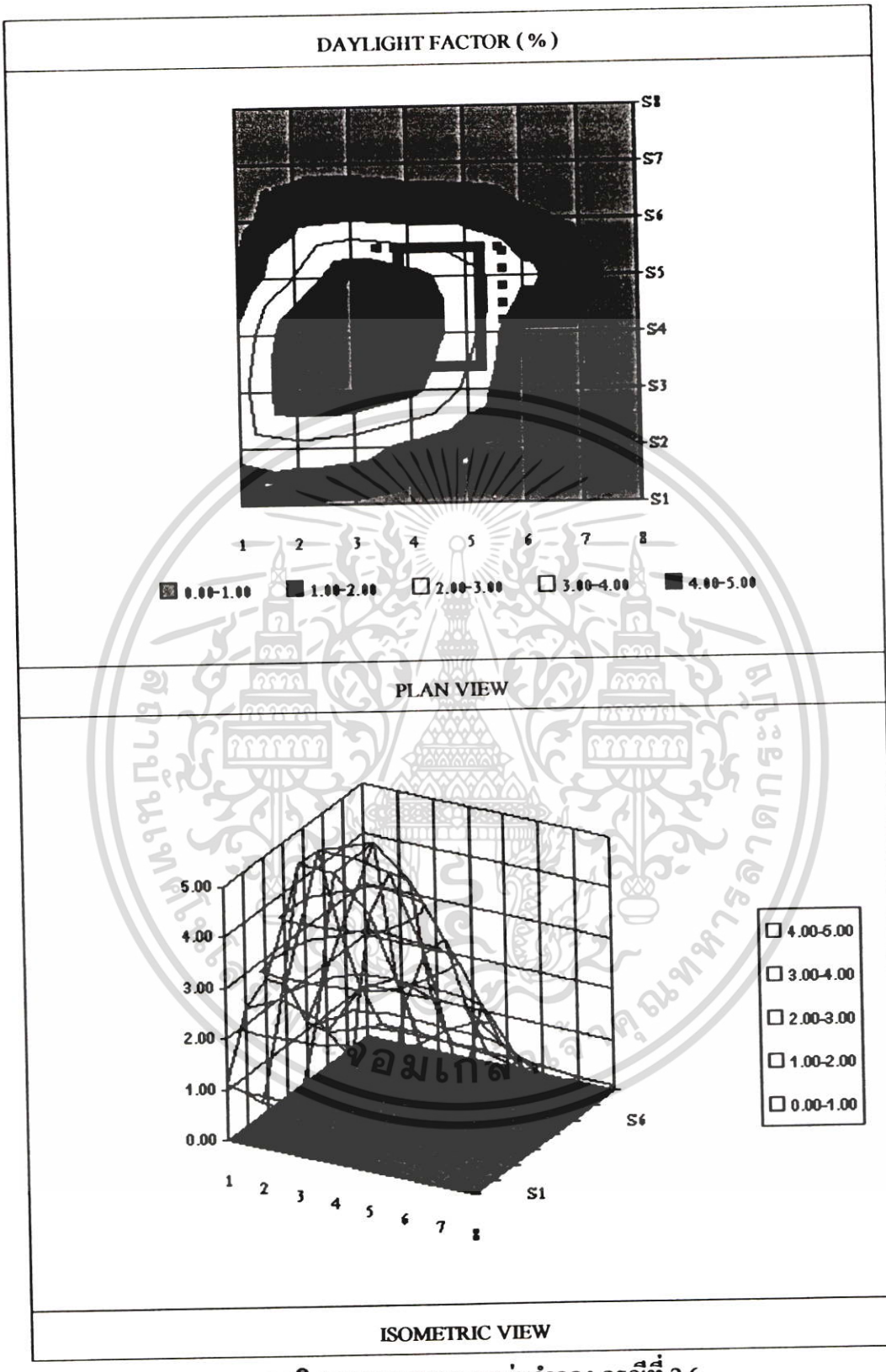
แบบหุ่นจำลอง	กรณีศึกษา 2.6
วันทำการทดลอง	24 ธ.ค. 2547
เวลา	14:00
สภาพท้องฟ้า	CLEAR SKY

ค่าเฉลี่ยแสงภายนอกที่วัดได้	
57000 Lux	
AZIMUTH	-141.6
ALTITUDE	41.8

MODEL	PLAN	LONG SECTION
		

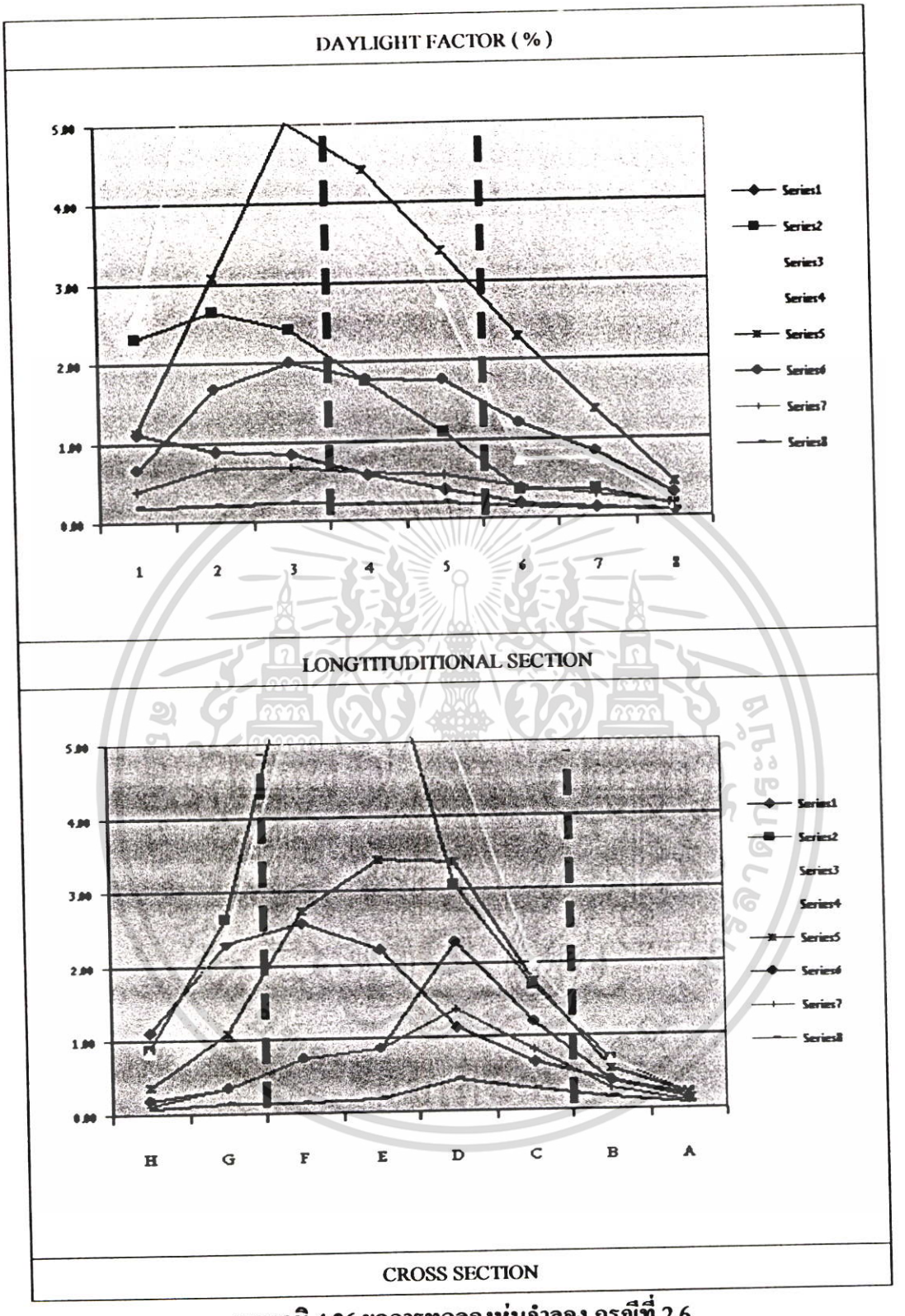
DAYLIGHT FACTOR (%)								
POINT	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
H	1.12	0.89	0.85	0.57	0.37	0.19	0.12	0.08
G	2.31	2.64	2.41	1.75	1.09	0.35	0.35	0.14
F	2.57	6.46	5.67	4.33	2.75	0.74	0.73	0.15
E	2.20	6.95	6.36	4.86	3.41	0.87	0.86	0.18
D	1.14	3.08	5.03	4.42	3.38	2.28	1.37	0.43
C	0.66	1.68	2.01	1.78	1.75	1.20	0.82	0.29
B	0.39	0.68	0.67	0.59	0.56	0.38	0.29	0.16
A	0.18	0.21	0.22	0.21	0.20	0.15	0.11	0.09

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.25 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.26 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองกลุ่มกรณีศึกษาที่ 2

ผลการทดลองกรณีที่ 4.2.1 และ 4.2.2

การทดลองในหุ่นจำลองกรณีที่ 4.2.1 และ 4.2.2 เป็นการทดลองเพื่อเปรียบเทียบลักษณะในการกระจายแสงของช่องเปิดที่มีขนาดไม่เท่ากัน ในหุ่นจำลองกรณีที่ 4.2.1 นั้น ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์สูงที่สุดที่ 89.92 % เนื่องจากช่องเปิดนั้นเปิดรับเอาแสงที่กระทำต่อระนาบแนวนอนโดยตรง แต่สิ่งที่ต้องพิจารณาคือ ระยะของการกระจายแสงและความสม่ำเสมอของการกระจายแสง สำหรับกรณีที่ 4.2.1 มีขนาดช่องเปิดกว้าง 2.50 เมตร ยาว 5.00 เมตร ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ของแสงที่ผ่านช่องเปิดเข้ามาจากช่องเปิดด้านสั้นจะเริ่มคงที่ที่ระยะ 4.00 เมตรจากระยะขอบช่องเปิด ส่วนช่องเปิดด้านยาวค่าดังกล่าวจะเริ่มคงที่ที่ระยะ 5.00 เมตรจากขอบช่องเปิด

ในหุ่นจำลองกรณีที่ 4.2.2 ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์สูงที่สุดที่ 96.24% ตรงบริเวณที่รับแสงโดยตรง มีขนาดช่องเปิดกว้าง 3.75เมตร ยาว 3.75 เมตร ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ของแสงที่ผ่านช่องเปิดเข้ามาจะเริ่มคงที่ที่ระยะ 6.00 เมตรถึง 7.00 เมตร จากระยะขอบช่องเปิดโดยรอบ เพราะช่องเปิดมีขนาดความกว้างเท่ากับความยาว

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองจากหุ่นจำลองกรณีที่ 4.2.1 และ 4.2.2 แล้ว พบว่า ระยะทางจากขอบของช่องเปิดที่ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เริ่มคงที่นั้น มีระยะทางใกล้เคียงกันโดยแตกต่างกันที่ 25 % ขณะที่ช่องเปิดแบบที่ 2.2 มีขนาด 300% หรือคิดเป็น 3 เท่าของขนาดช่องเปิดแบบที่ 2.1

ผลการทดลองกรณีที่ 4.2.3 และ 4.2.4

การทดลองในกรณีที่ 2.3 และ 2.4 เป็นการเปรียบเทียบลักษณะในการกระจายแสงของช่องเปิดขนาดเดียวกันที่ความสูงจากพื้นที่ใช้สอยไม่เท่ากัน หุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 2.3 และ 2.4 มีขนาดช่องเปิดด้านบนกว้าง 2.50 เมตร ยาว 5.00 เมตร กรณีที่ 2.3 ช่องเปิดอยู่สูงจากพื้นที่ใช้งาน 6.00 เมตร ส่วนกรณีที่ 2.3 ช่องเปิดอยู่สูงจากพื้นที่ใช้งาน 9.00 เมตร

จากผลการทดลองพบว่าช่องเปิดของหุ่นจำลองกรณีที่ 2.3 สามารถกระจายแสงในพื้นที่ได้เป็นระยะทางมากกว่ากรณีที่ 2.4 กล่าวคือค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ของกรณีที่ 2.3 จะเริ่มคงที่ที่ระยะ 2.50 เมตรจากขอบช่องเปิด ขณะที่กรณีที่ 2.4 จะเริ่มคงที่ที่ระยะ 1.50 เมตร กล่าวคือความสูงของช่องเปิดเพิ่มขึ้น 50% ทำให้ระยะการกระจายแสงลดลง 40%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองกรณีที่ 4.2.5 และ 4.2.6

การทดลองในกรณีที่ 2.5 และ 2.6 เป็นการเปรียบเทียบการกระจายแสงกรณีที่ใช้ขนาดช่องเปิดที่ต่างกันซ้อนชั้น หุ่นจำลองกรณีที่ 2.5 ใช้ช่องเปิดขนาด 5.00 x 7.50 ซ้อนบนช่องเปิดขนาด 2.50 x 5.00 ส่วนกรณีที่ 2.6 ใช้ช่องเปิดขนาด 2.50 x 5.00 ซ้อนบนช่องเปิดขนาด 5.00 x 7.50 ตามลำดับ

จากการทดลองพบว่าการกระจายแสงของหุ่นจำลองกรณีที่ 2.5 ให้การกระจายแสงในระยะทางมากกว่า คือค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์จะเริ่มคงที่ที่ระยะ 4.00 เมตรจากขอบของช่องเปิดด้านล่าง ขณะที่กรณีที่ 2.6 ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์จะเริ่มคงที่ที่ระยะ 2.00 เมตรจากขอบของช่องเปิดด้านล่าง ซึ่งในทั้งสองกรณีนั้นมีพื้นที่รวมของช่องเปิดในแต่ละกรณีมีขนาดเท่ากัน คือ 50 ตารางเมตร แต่ลำดับการซ้อนชั้นที่ต่างกันทำให้ระยะทางของการกระจายแสงโดยรอบช่องเปิดมีระยะที่ไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

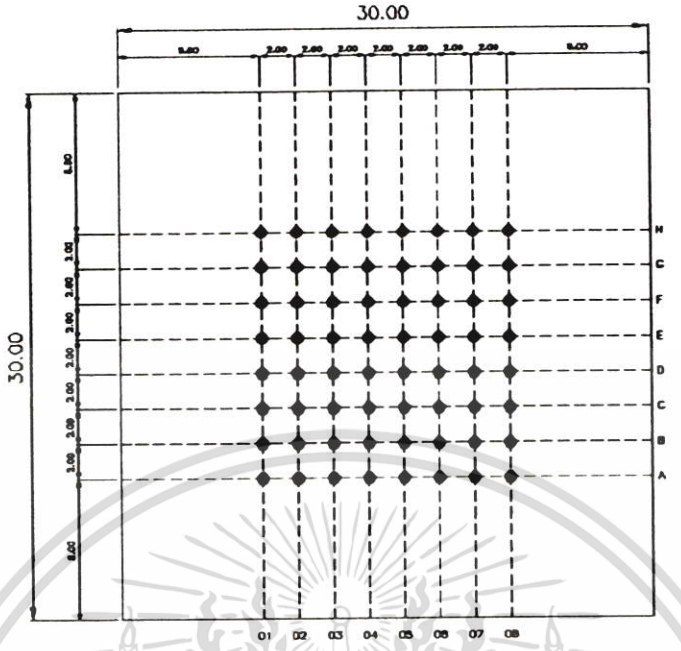
นอกจากนี้แล้ว ในการวิจัยนี้ยังได้ทำการทดลองเพิ่มเติมโดยทดลองวัดผลค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลองในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแหล่งกำเนิดแสง, ทิศทางของแหล่งกำเนิดแสง, ที่มีผลต่อการกระจายแสง โดยมีการควบคุมตัวแปรคือใช้รูปแบบกรณีศึกษาที่ 2.1 ซึ่งมีช่องเปิดรับแสงโดยตรงทางด้านบนของหุ่นจำลองการวัดแสงภายในหุ่นจำลองกำหนดให้มีจุดที่ทำการวัด 64 จุดที่บนพื้นที่ใช้งาน

การทดลองในขั้นตอนนี้ ได้ทำการวัดค่าที่ช่วงเวลาต่างๆกันภายใน 1 วัน ได้แก่ เวลา 8.00 น. , 10.00 น. , 12.00 น. , 14.00 น. , และ 16.00 น. ตามลำดับ

ตัวแปรต่างๆที่กำหนดในเรื่องการสะท้อนแสงของวัสดุภายในมีดังนี้

- พื้นหุ่นจำลองกำหนดไว้ที่ค่าการสะท้อน 20% ไม้อัดทาสีเทาที่ใช้ทำหุ่นจำลอง มีค่าการสะท้อน 25%
- เพดานหุ่นจำลองกำหนดไว้ที่ค่าการสะท้อน 80% กระดาษที่ใช้บุเพดานหุ่นจำลอง มีค่าการสะท้อน 78%
- ผนังหุ่นจำลอง กำหนดให้มีการควบคุมค่าการสะท้อนแสง ไม้อัดทาสีดำที่ใช้บุผนังมีค่าการสะท้อน 8%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ผังแสดงตำแหน่งจุดที่วัดแสงภายในหุ่นจำลอง 2.1 เพื่อศึกษาการกระจายแสงในช่วงเวลาต่างๆ

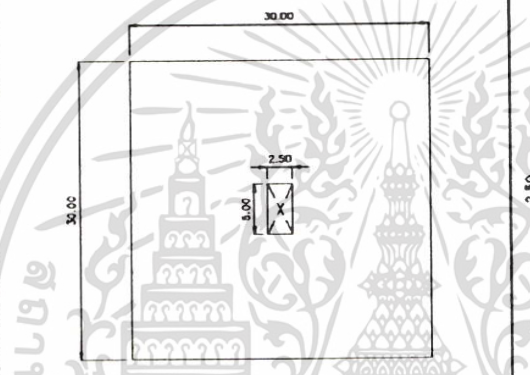
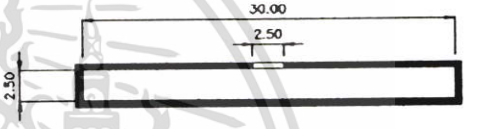
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง 4.3.1 แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในหุ่นจำลอง กรณีศึกษา 2.1ที่เวลา 8.00 น.

ตาราง 4.14 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 8.00 น.

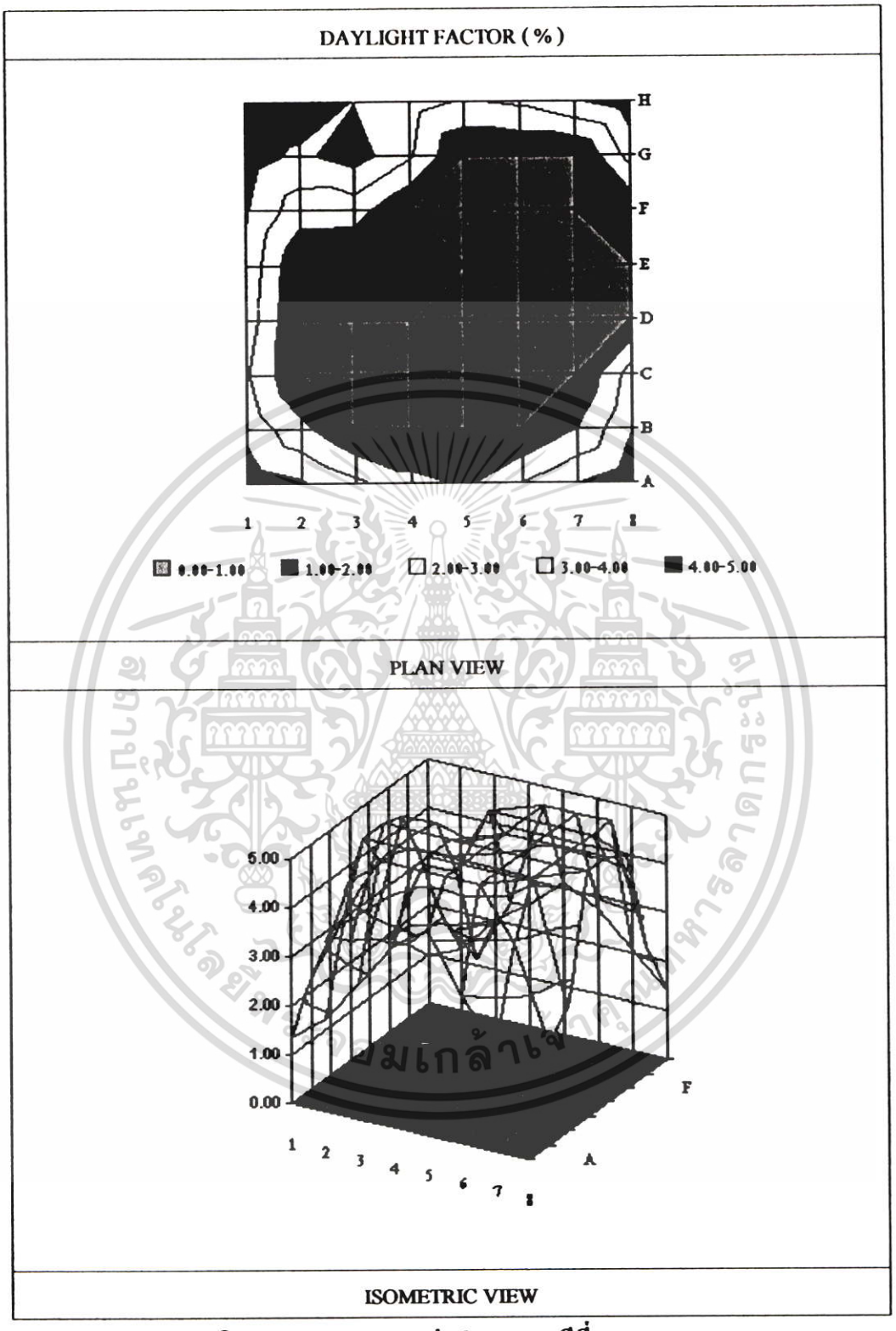
แบบหุ่นจำลอง	กรณีศึกษา 2.1
วันทำการทดลอง	25 พ.ย. 2547
เวลา	8:00
สภาพท้องฟ้า	CLOUDY

ค่าเฉลี่ยแสงภายนอกที่วัดได้	
15000 Lux	
AZIMUTH	121.1
ALTITUDE	24

MODEL	PLAN	LONG SECTION
		

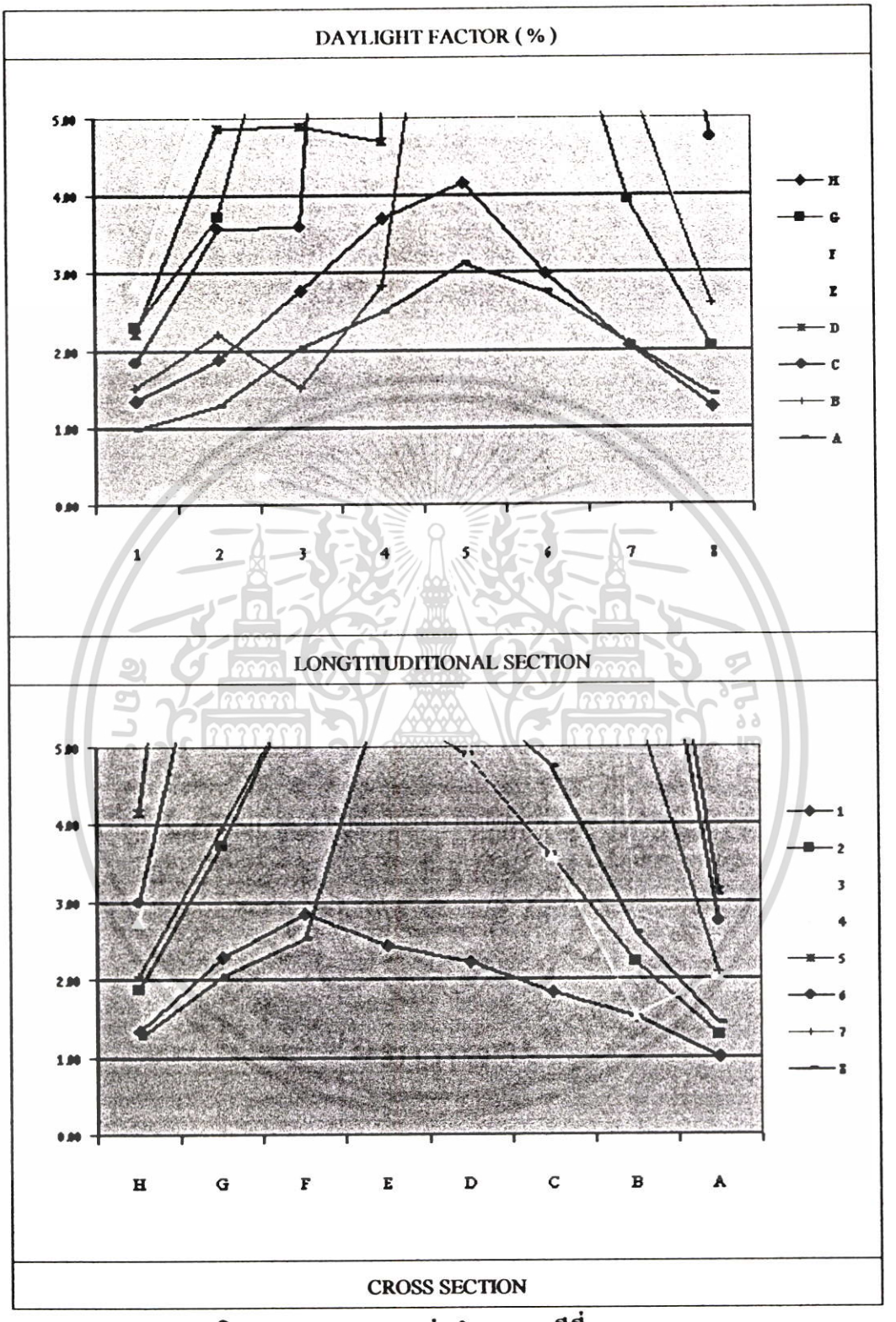
DAYLIGHT FACTOR (%)								
POINT	1	2	3	4	5	6	7	8
H	1.34	1.88	2.76	3.70	4.16	3.00	2.06	1.26
G	2.30	3.72	7.58	11.41	11.91	7.60	3.95	2.04
F	2.84	5.94	18.38	29.55	31.34	13.78	5.89	2.51
E	2.43	5.56	17.14	50.38	61.17	53.56	10.22	5.90
D	2.21	4.88	4.90	4.69	58.12	51.03	13.78	5.74
C	1.84	3.58	3.60	18.50	29.34	27.88	11.09	4.74
B	1.52	2.21	1.52	2.84	9.89	8.76	5.60	2.59
A	0.98	1.28	2.05	2.49	3.12	2.74	2.09	1.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.27 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1เวลา 8.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.28 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1เวลา 8.00 น.

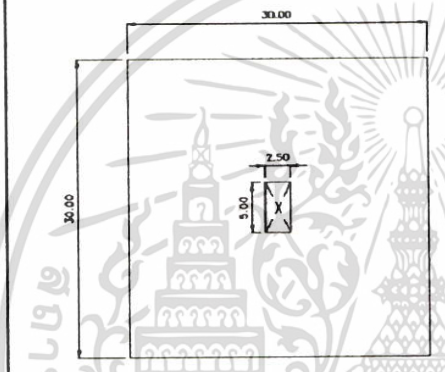
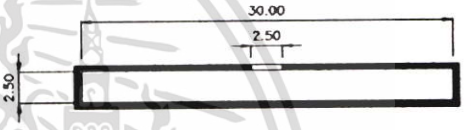
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง 4.3.2 แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในหุ่นจำลอง กรณีศึกษา 2.1ที่เวลา 10.00 น.

ตาราง 4.15 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 10.00 น.

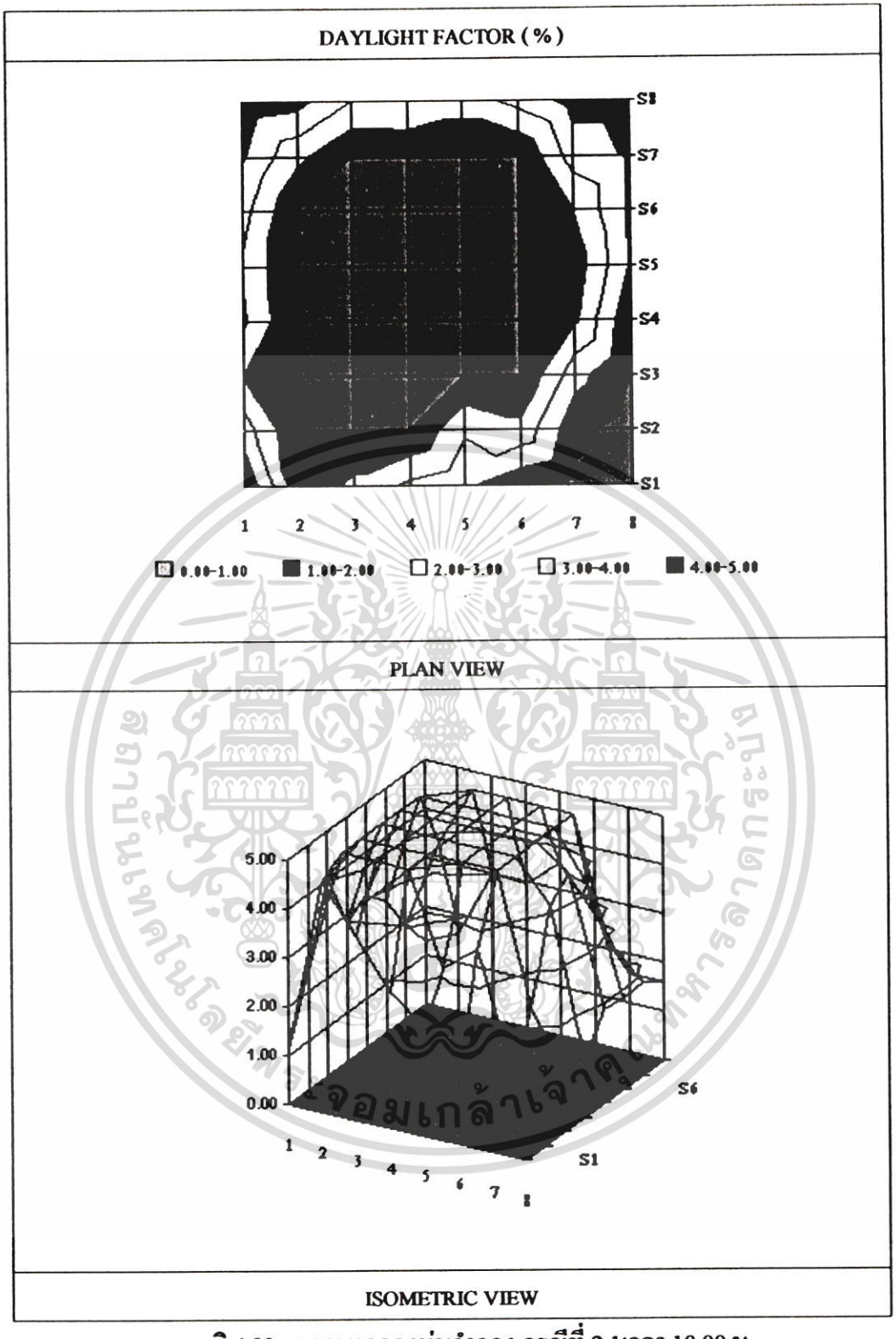
แบบหุ่นจำลอง	กรณีศึกษา 2.1
วันทำการทดลอง	25 พ.ย. 2547
เวลา	10:00
สภาพท้องฟ้า	CLOUDY

ค่าเฉลี่ยแสงภายนอกที่วัดได้	
26000 Lux	
AZIMUTH	142.7
ALTITUDE	46

MODEL	PLAN	LONG SECTION
		

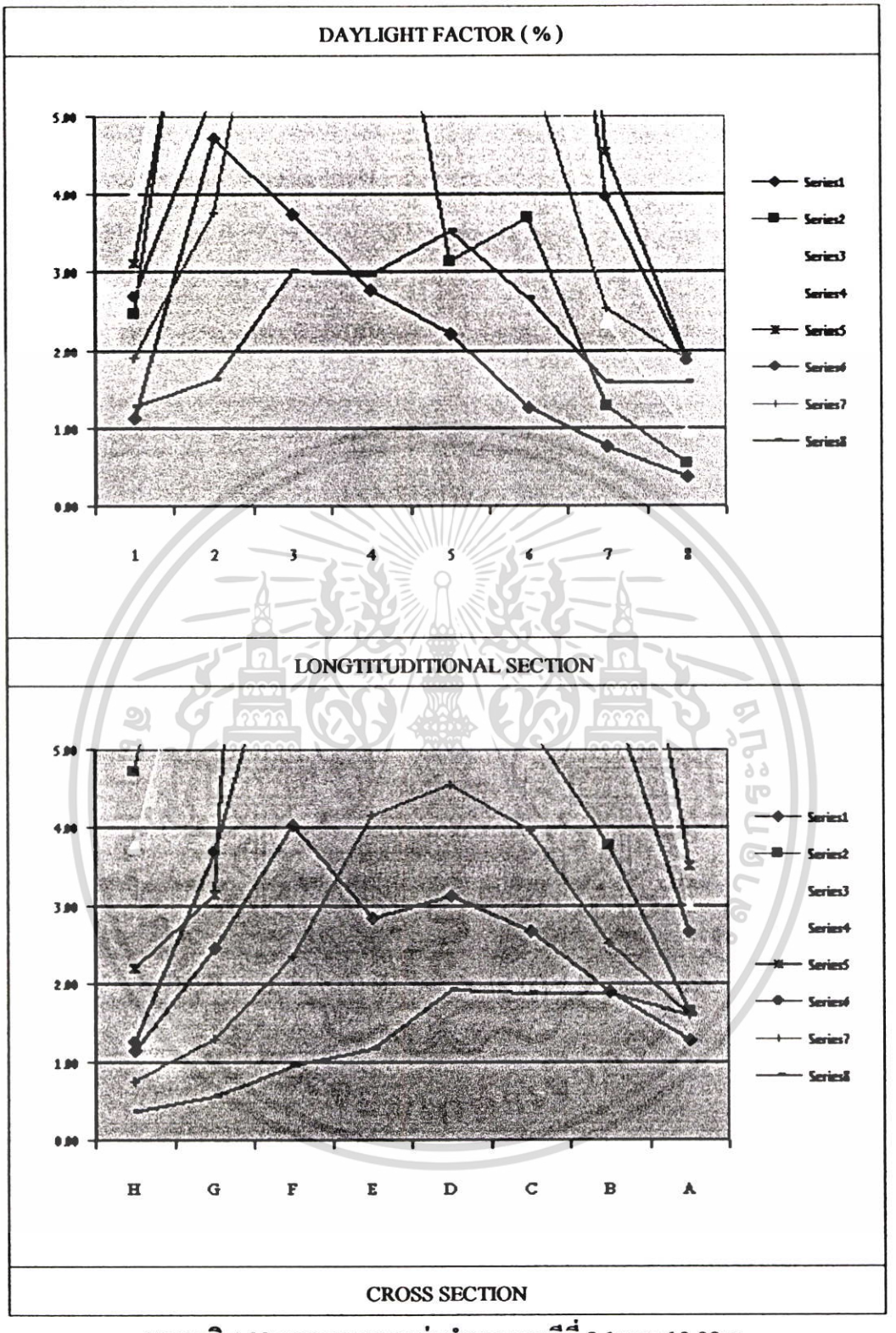
DAYLIGHT FACTOR (%)								
POINT	1	2	3	4	5	6	7	8
H	1.14	4.71	3.74	2.77	2.20	1.26	0.75	0.36
G	2.46	9.31	7.72	8.90	3.14	3.69	1.28	0.55
F	4.04	9.11	21.36	29.02	18.70	7.25	2.36	0.96
E	2.84	9.06	22.85	50.97	43.37	15.44	4.15	1.15
D	3.12	8.50	21.94	52.04	45.21	17.55	4.54	1.91
C	2.68	5.31	17.66	37.63	48.90	11.78	3.96	1.86
B	1.90	3.76	8.95	8.62	9.65	5.82	2.52	1.88
A	1.28	1.63	3.02	2.97	3.52	2.66	1.59	1.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.29 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1เวลา 10.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.30 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1เวลา 10.00 น.

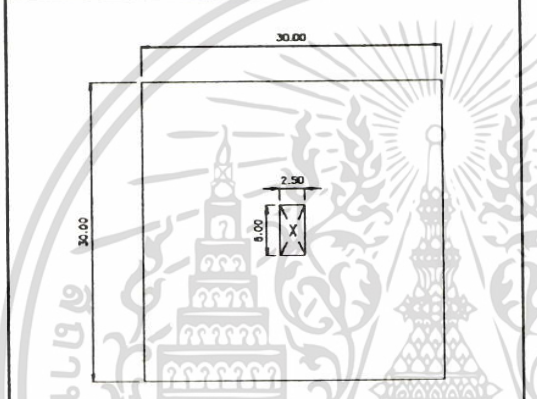
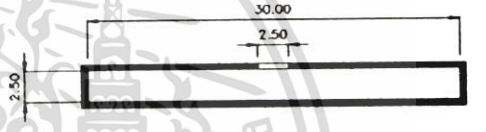
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง 4.3.3 แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในหุ่นจำลอง กรณีศึกษา 2.1ที่เวลา 12.00 น.

ตาราง 4.16 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 12.00 น.

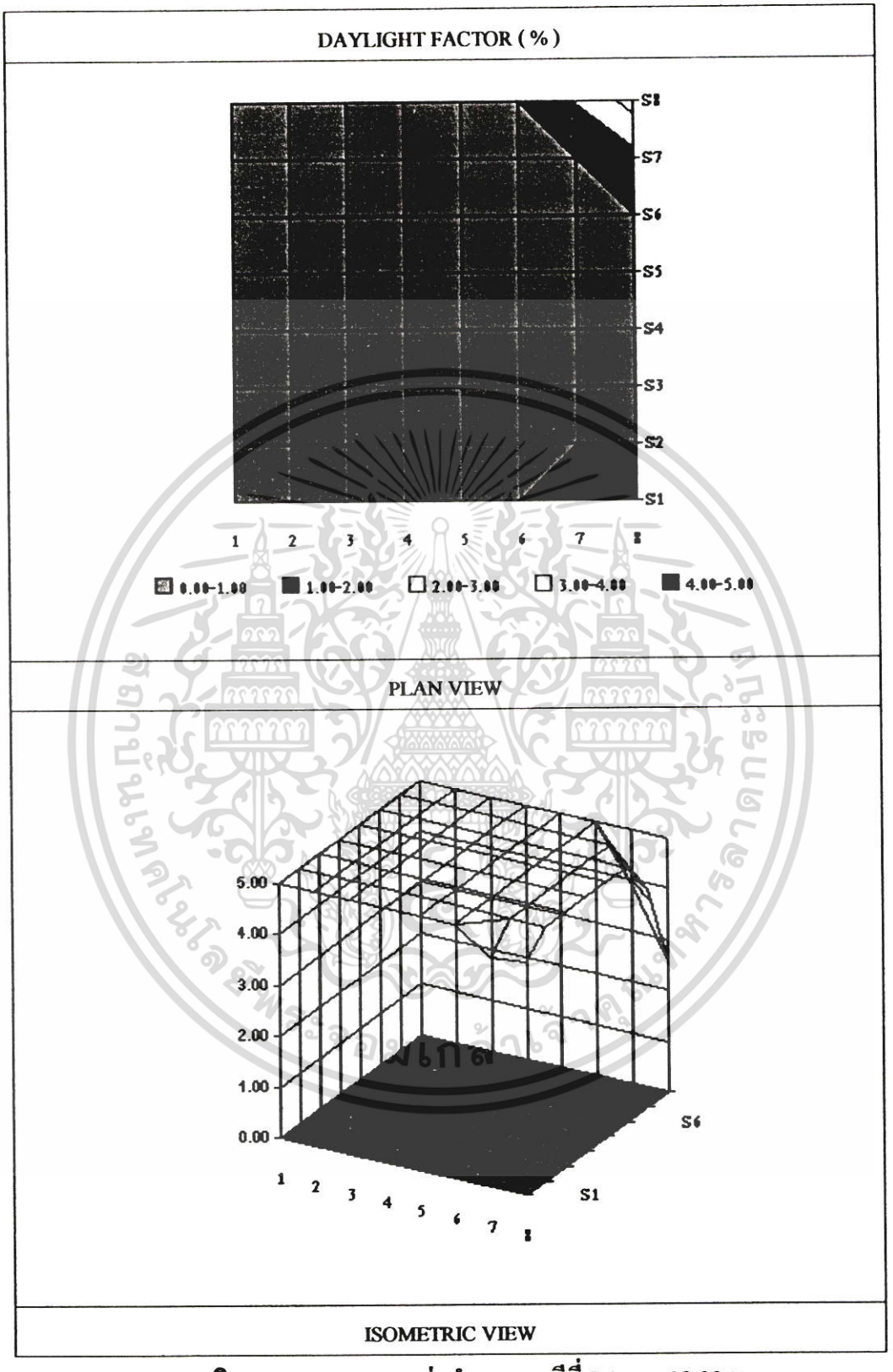
แบบหุ่นจำลอง	กรณีศึกษา 2.1
วันทำการทดลอง	25 พ.ย. 2547
เวลา	12:00
สภาพท้องฟ้า	CLOUDY

ค่าเฉลี่ยแสงภายนอกที่วัดได้	
32000 Lux	
AZIMUTH	-174.8
ALTITUDE	54.5

MODEL	PLAN	LONG SECTION
		

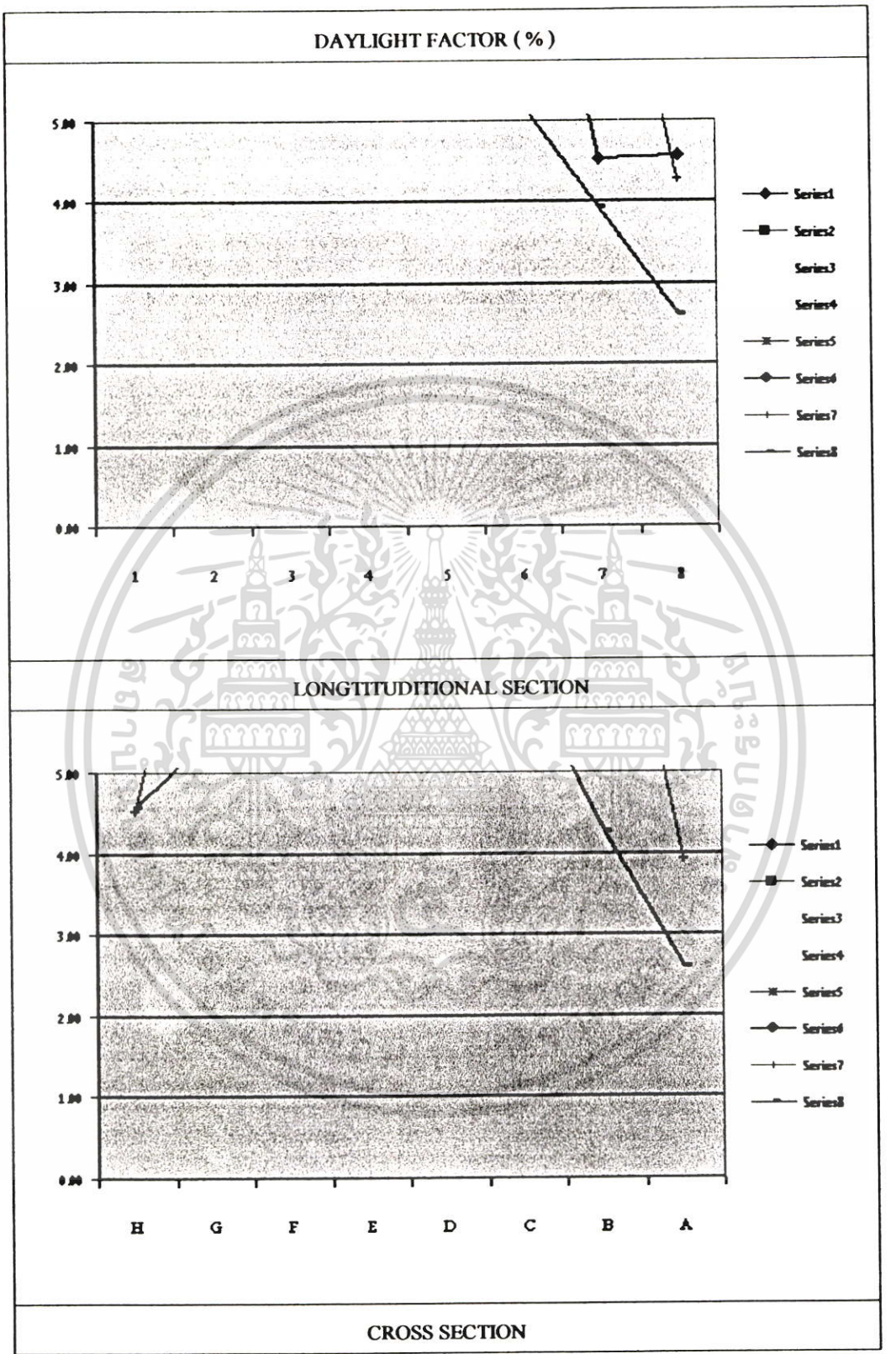
DAYLIGHT FACTOR (%)								
POINT	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
H	8.80	17.30	7.59	11.66	8.10	9.01	4.53	4.57
G	16.07	22.83	17.97	29.62	26.53	16.98	8.29	5.49
F	21.60	34.44	97.58	112.11	76.79	33.79	12.49	7.16
E	21.98	21.56	22.69	193.48	150.00	75.52	15.04	8.57
D	24.47	18.86	43.71	234.63	139.29	57.96	20.07	7.59
C	18.36	26.43	40.14	121.25	85.27	36.60	14.63	6.22
B	13.74	14.65	17.37	23.42	26.76	12.82	8.67	4.27
A	11.52	8.34	5.75	12.35	5.64	5.23	3.93	2.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.31 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1เวลา 12.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.32 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1เวลา 12.00 น.

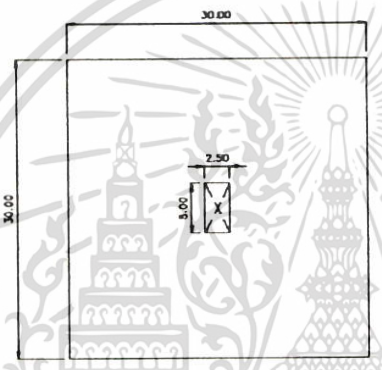
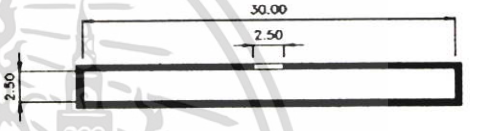
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง 4.3.4 แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในหุ่นจำลอง กรณีศึกษา 2.1ที่เวลา 14.00 น.

ตาราง 4.17 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 14.00 น.

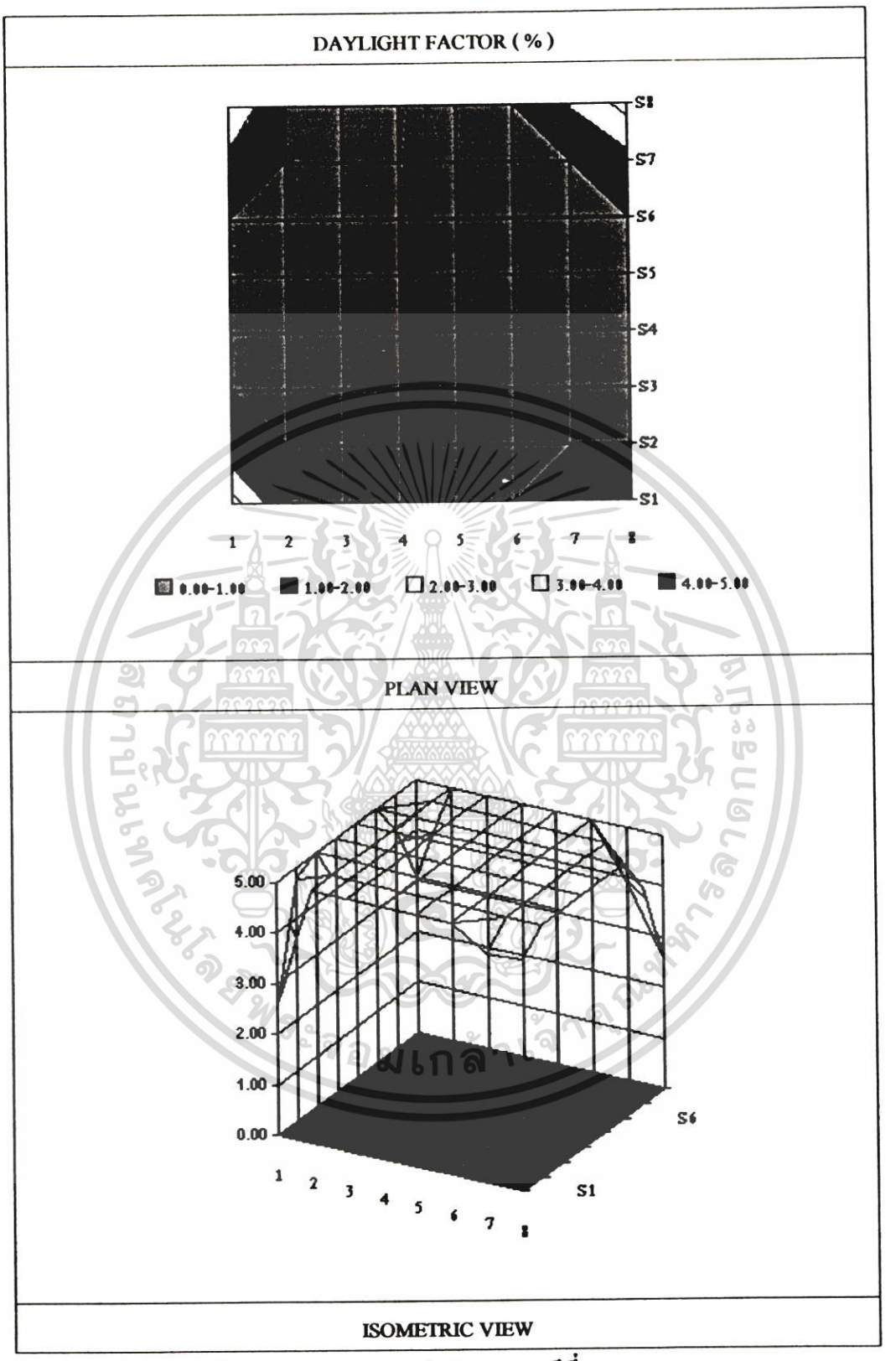
แบบหุ่นจำลอง	กรณีศึกษา 2.1
วันทำการทดลอง	25 พ.ย. 2547
เวลา	14:00
สภาพท้องฟ้า	CLOUDY

ค่าเฉลี่ยแสงภายนอกที่วัดได้	
27000 Lux	
AZIMUTH	-136.5
ALTITUDE	41.9

MODEL	PLAN	LONG SECTION
		

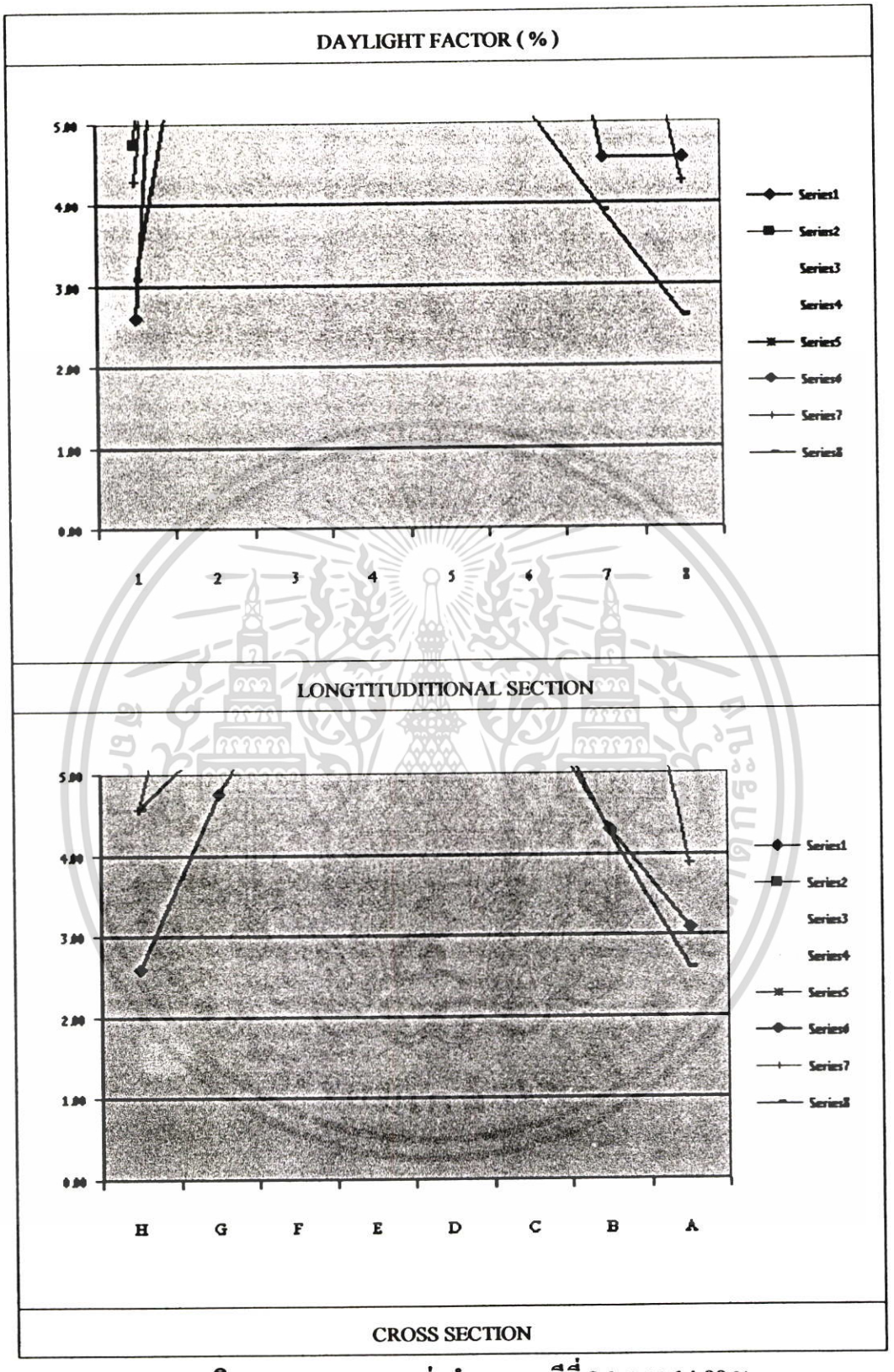
DAYLIGHT FACTOR (%)								
POINT	1	2	3	4	5	6	7	8
H	2.60	17.30	7.59	11.66	8.10	9.01	4.56	4.57
G	4.76	22.83	17.97	29.62	26.53	16.99	8.40	5.51
F	6.31	34.68	97.58	112.11	76.79	33.85	12.49	7.14
E	6.10	21.56	22.69	193.48	150.00	75.52	15.04	8.57
D	6.67	18.86	43.71	234.63	139.29	57.96	20.27	7.59
C	5.90	26.43	40.14	139.89	85.27	36.60	14.63	6.22
B	4.30	14.65	17.37	26.92	26.80	12.82	8.67	4.27
A	3.08	8.33	5.75	12.35	5.64	5.23	3.90	2.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.33 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1เวลา 14.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.34 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 14.00 น.

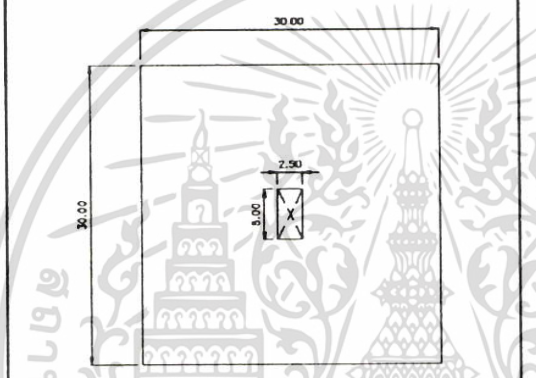
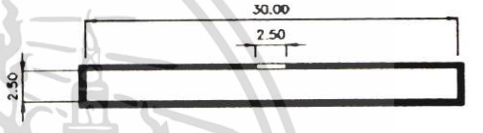
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง 4.3.5 แสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในหุ่นจำลอง กรณีศึกษา 2.1ที่เวลา 16.00 น.

ตาราง 4.18 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 16.00 น.

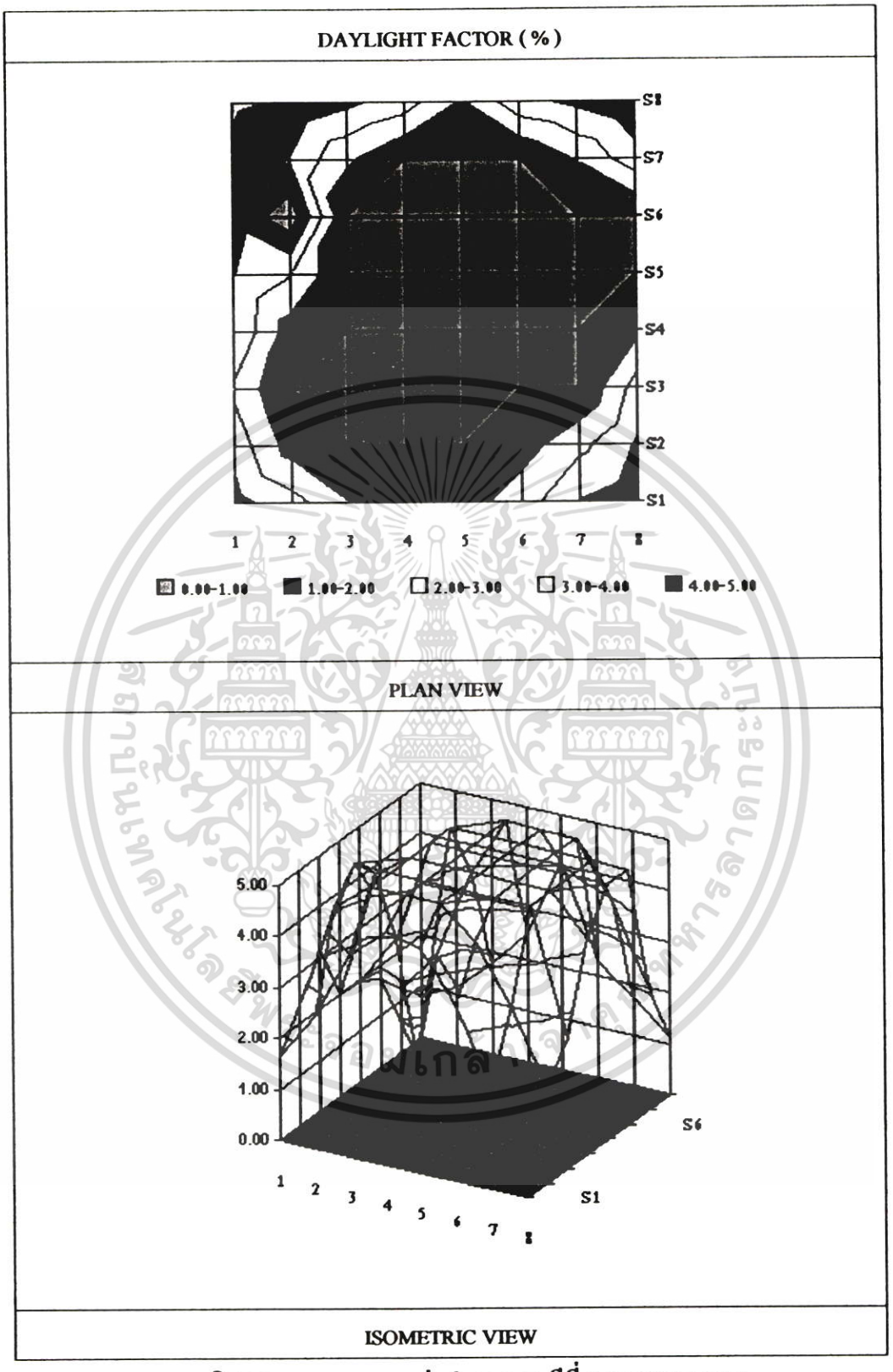
แบบหุ่นจำลอง	กรณีศึกษา 2.1
วันทำการทดลอง	25 พ.ย. 2547
เวลา	16:00
สภาพท้องฟ้า	CLOUDY

ค่าเฉลี่ยแสงภายนอกที่วัดได้	
17000 Lux	
AZIMUTH	-118.3
ALTITUDE	18.6

MODEL	PLAN	LONG SECTION
		

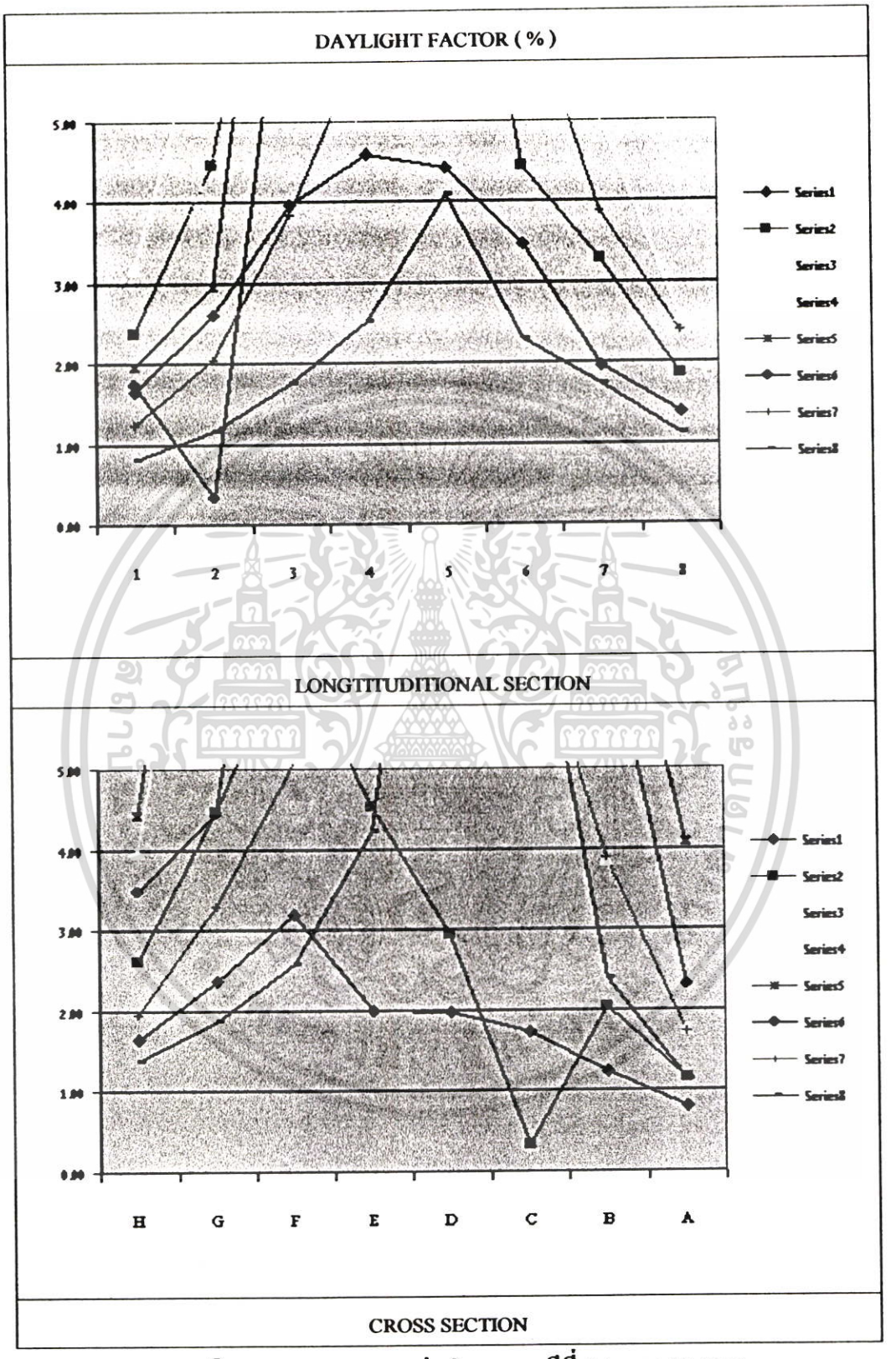
DAYLIGHT FACTOR (%)								
POINT	1	2	3	4	5	6	7	8
H	1.65	2.61	3.97	4.59	4.41	3.48	1.96	1.38
G	2.37	4.46	9.09	13.59	10.20	4.44	3.29	1.87
F	3.18	6.57	19.36	37.50	39.80	10.43	5.04	2.57
E	2.00	4.54	11.36	44.58	68.63	40.13	9.32	4.23
D	1.97	2.95	10.09	42.22	66.83	31.25	8.92	11.47
C	1.73	0.33	7.44	29.80	40.83	20.38	7.19	7.83
B	1.24	2.04	3.84	6.01	8.30	6.88	3.89	2.40
A	0.80	1.15	1.76	2.52	4.08	2.30	1.73	1.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.35 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนภูมิ 4.36 ผลการทดลองหุ่นจำลอง กรณีที่ 2.1 เวลา 16.00 น.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลองกรณีอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

การทดลองในส่วนนี้ เป็นการทดลองเพื่อศึกษาความสามารถในการกระจายแสงของช่องเปิดด้านบนที่มีขนาดเดียวกันในช่วงเวลาต่างๆกัน หุ่นจำลองที่ใช้เป็นหุ่นจำลองกรณีศึกษาที่ 2.1 ซึ่งมีช่องเปิดด้านบนขนาด 2.50x5.00 ตารางเมตร ช่องเปิดสูงจากพื้นที่ใช้งาน 3.00 เมตร ทำการทดลองวัดค่าความส่องสว่างภายนอกและภายในในเวลาพร้อมกันครั้งละ 5 จุดเพื่อนำมาคำนวณหาค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ของแต่ละจุด

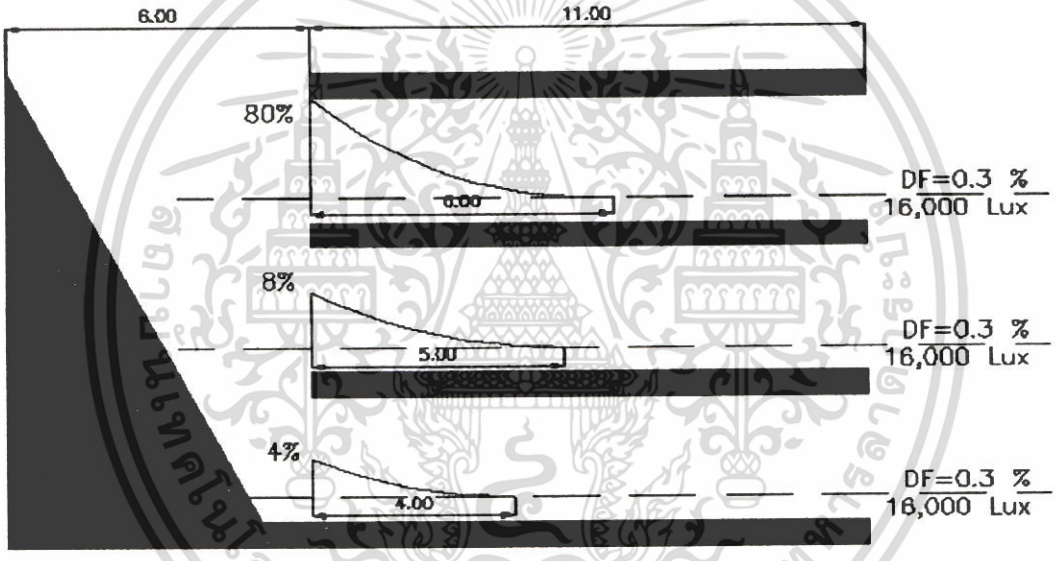
จากผลการทดลองพบว่าหุ่นจำลองที่ควบคุมตัวแปรต่างๆไว้คงที่ จะให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่ใกล้เคียงกันในช่วงเวลาที่ค่าความสว่างภายนอกมีค่าใกล้เคียงกัน กลุ่มที่พบว่าค่าการกระจายแสงใกล้เคียงกันได้แก่ การทดลองในช่วงเวลา 10.00 น. ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์จะค่อนข้างคงที่ที่ระยะ 6.00 เมตรจากขอบของช่องเปิด ซึ่งให้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกับการทดลองในช่วงเวลา 16.00 โดยที่เวลา 10.00 น. มีค่าความสว่างภายนอกเฉลี่ย 26,750 ลักซ์ ขณะที่เวลา 16.00 น. มีค่าความสว่างภายนอกเฉลี่ย 27,950 ลักซ์ (ทำการทดลองในวันที่ 25 พ.ย. 2547)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาวิจัยทำการทดลองการนำแสงธรรมชาติมาใช้สำหรับพื้นที่ชั้นใต้ดินนั้น สามารถสรุปผลการทดลองของหุ่นจำลองในแต่ละกรณีศึกษา และนำหลายๆกรณีศึกษามาใช้งานประกอบร่วมกันได้ เช่น เมื่อนำผลการทดลองกรณีศึกษาที่ 4.1.2 , 4.2.1 , 4.2.2 , 4.2.5 มาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการออกแบบ จะได้ข้อสรุปของการให้แสงในพื้นที่ดังนี้

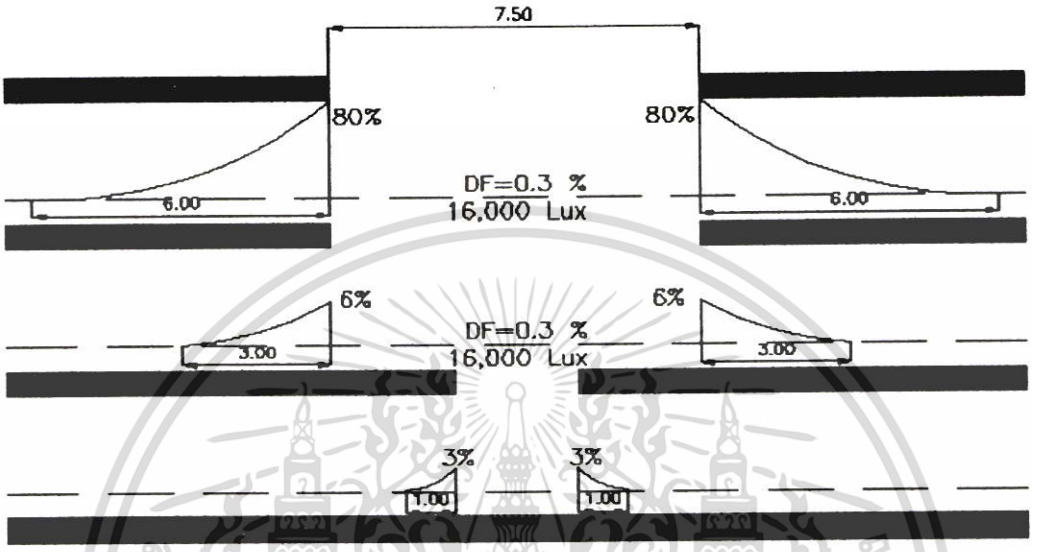
- การกระจายแสงบริเวณช่องเปิดจากระยะร่น



รูปที่ 4.5 การกระจายแสงด้วยผนังด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การกระจายแสงบริเวณช่องเปิดด้านบน

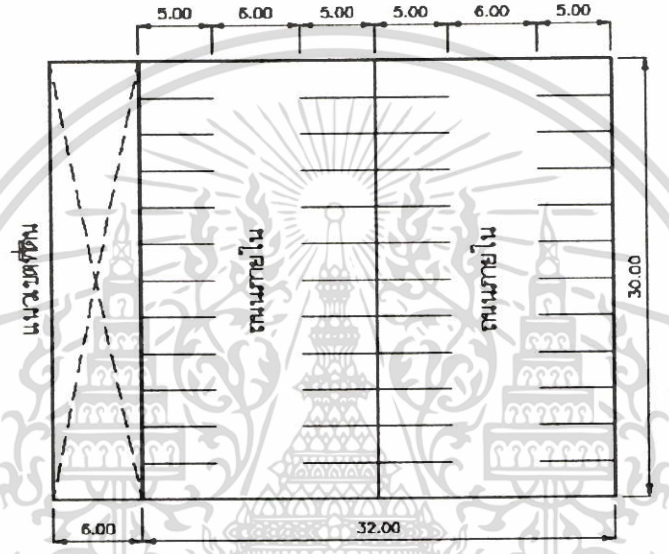


รูปที่ 4.6 การกระจายแสงด้วยช่องเปิดด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 แนวทางการออกแบบการให้แสงสำหรับพื้นที่ใช้สอยชั้นใต้ดิน

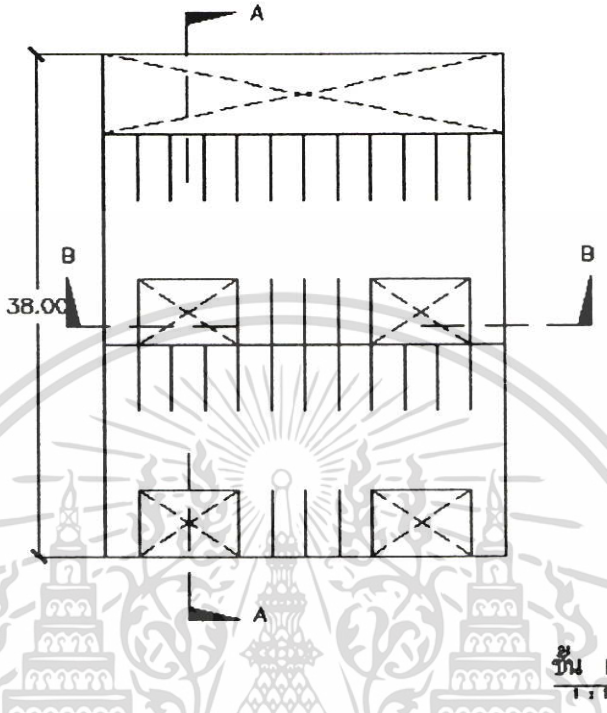
ในบทที่ 3 ได้มีการกำหนดพื้นที่ที่ทำการศึกษาเป็นอาคารชั้นใต้ดิน 3 ชั้น มีขนาดพื้นที่ กว้าง 30.00 เมตร ยาว 32.00 เมตร รองรับการจอดของรถยนต์ได้ 48 คันโดยมีทางสัญจรกว้าง 6.00 เมตร ขนาดพื้นที่จอดรถมีขนาด กว้าง 2.50 เมตร ยาว 5.00 เมตรตามกฎหมายกำหนด จัดให้พื้นที่จอดมีอยู่ทั้งสองข้างของถนนภายใน แต่ละแนวของที่จอดรองรับรถยนต์ได้ 12 คัน



รูปที่ 4.7 แสดงผังของพื้นที่ทำการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

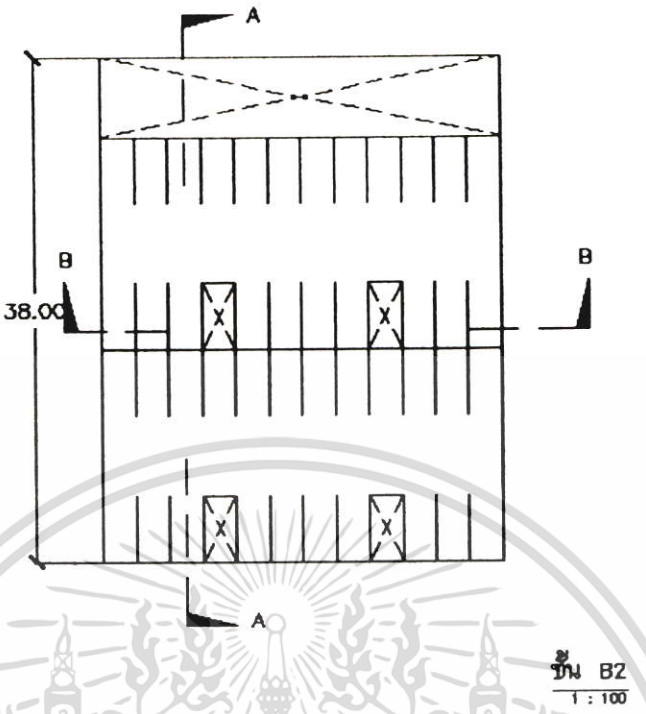
- **รายละเอียดการออกแบบ**



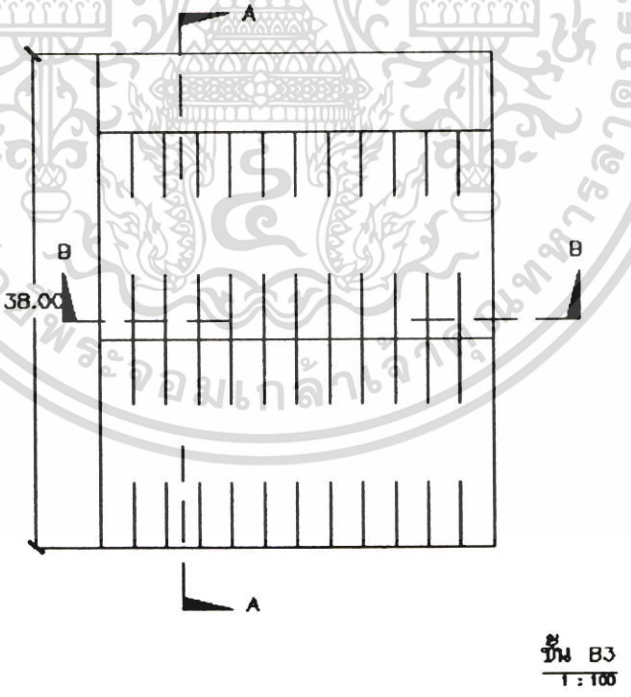
รูปที่ 4.8 แสดงรายละเอียดผังพื้นชั้น B1 โดยเว้นช่องเปิดด้านระยะร่นและช่องเปิดด้านบน

ในพื้นที่ใช้งานชั้น B1 และชั้นหลังคา มีการเปิดช่องเปิดที่ระยะร่นจากเขตที่ดิน 6.00 เมตร เปิดช่องขนาด 5.00 x 7.50 จำนวน 4 ช่องเพื่อรับแสงจากด้านบน ระยะห่างระหว่างขอบช่อง 10.00 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงรายละเอียดผังพื้นชั้น B2



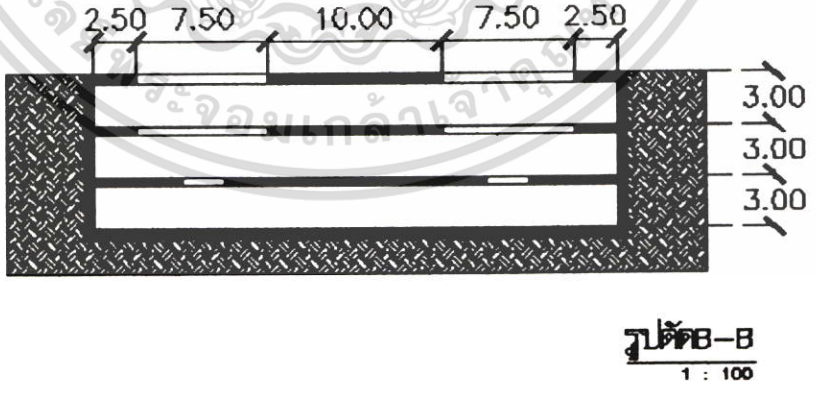
รูปที่ 4.10 แสดงรายละเอียดผังพื้นชั้น B3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ใช้งานชั้น B3 เป็นพื้นชั้นต่ำสุด ระยะความสูงจากพื้นถึงระดับพื้นดินถม 9.00 เมตร พื้นชั้นนี้ไม่มีการเจาะช่องเปิด

รูปที่ 4.11 แสดงรายละเอียดรูปตัด A-A

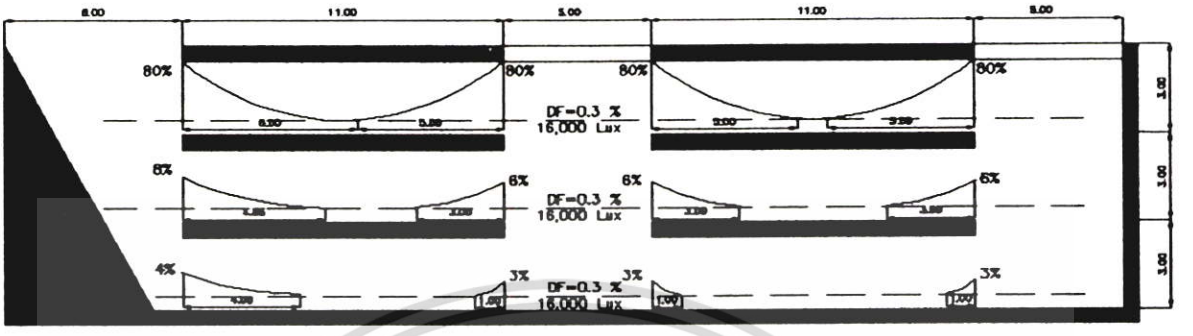
จากรูปตัด A – A แสดงการเปิดช่องเปิดด้านข้างที่ระยะร่น และช่องเปิดด้านบน แสดงระดับพื้นถึงพื้น 3.00 เมตร เว้นที่ว่างเพื่อโครงสร้างและงานระบบ 0.50 เมตร จึงพิจารณาความสูงพื้นถึงเพดานที่ 2.50 เมตร



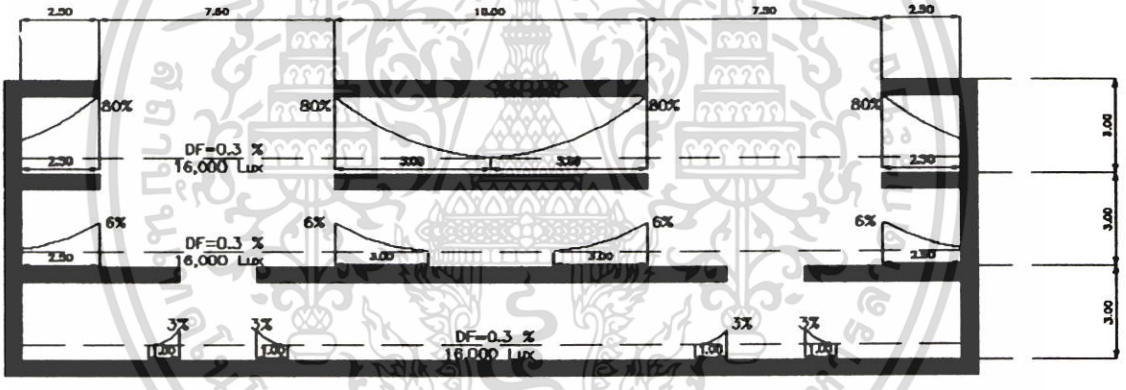
รูปที่ 4.12 แสดงรายละเอียดรูปตัด B-B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การกระจายแสงภายในพื้นที่ทำการศึกษา**



รูปที่ 4.13 การกระจายแสงด้วยผนังด้านข้างและช่องเปิดด้านบน แสดงในรูปตัด A-A



รูปที่ 4.14 การกระจายแสงด้วยช่องเปิดด้านบน แสดงในรูปตัด B-B

การกระจายแสงในรูปตัด A – A และรูปตัด B – B เมื่อคิดเพดานต่ำสุดของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่ 0.30% สามารถแสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ของแสงที่ผ่านช่องเปิดด้านข้างและด้านบนเข้ามาเป็นระยะต่างๆ พื้นที่ใช้งานชั้น B3 มีการกระจายของแสงในปริมาณและระยะทางที่น้อยกว่าพื้นที่ใช้งานอื่น เนื่องจากพื้นที่รับแสงมีระยะความสูงต่ำจากระดับพื้นดินถม 9.00 เมตร ในการใช้งานจริงต้องมีการใช้แสงประดิษฐ์ช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

จากผลการทดลองและการสรุปผลการทดลอง ทำให้ทราบถึงลักษณะการกระจายแสง และข้อจำกัด ตลอดจนมีการเปรียบเทียบรูปแบบที่เหมาะสมจากกรณีศึกษาแต่ละประเภท รวมทั้งอิทธิพลของค่าความสว่างภายนอกในแต่ละช่วงเวลาที่มีต่อการกระจายแสงภายใน แนวทางการหาข้อสรุปเพื่อพัฒนารูปแบบของการวิจัยนี้ จะได้นำเอาข้อมูลจากการทดลองและวิเคราะห์ดังกล่าวเป็นพื้นฐานในการประสาน (Integrate) ระหว่างรูปแบบในแต่ละกรณีศึกษาและนำมาทดลองออกแบบการให้แสงธรรมชาติในพื้นที่ศึกษาที่กำหนดขึ้นในบทที่ 3 โดยจะพิจารณาถึงความเหมาะสมในการออกแบบ, การก่อสร้าง, การใช้งานจริง, ตลอดจนความคุ้มค่าในการลงทุน

แนวทางการให้แสงธรรมชาติในพื้นที่ที่ทำการศึกษานั้น จะทำได้ 2 ลักษณะ คือการเว้นช่องเปิดด้านข้างที่ระยะร่นจากเขตที่ดิน และการเปิดช่องเปิดด้านบนของพื้นที่ใช้สอยในลักษณะของบ่อแสง (Lightwell) จากผลการทดลอง พบว่า การใช้ผนังสะท้อนแสงที่มีค่าการสะท้อนแสง 80% และทำมุมกับแนวระนาบจะทำให้มีการกระจายแสงเข้าไปยังพื้นที่มากที่สุด 6.00 เมตรที่ชั้น B1 5.00 เมตรที่ชั้น B2 และ 4.00 เมตรที่ชั้น B3 ส่วนการเปิดช่องเปิดด้านบนนั้น พบว่าแสงสามารถกระจายออกไปโดยรอบช่องเปิดในระยะ 4.00 เมตร

ค่าความถี่ของปริมาณแสงสว่างที่เกิดขึ้นในเขตกรุงเทพมหานครอยู่ในช่วง 45,000 Lux ถึง 55,000 Lux โดยสภาพท้องฟ้าจะมีลักษณะแบบมีเมฆมาก (Partly Cloud Sky) และค่าเฉลี่ยความสว่างท้องฟ้ามีค่า 1,500 ฟุตแคนเดิล หรือ 16600 ลักซ์ (ปริมาณแสงภายนอกเฉลี่ยตลอดทั้งปี) ดังนั้น ขณะที่ความต้องการปริมาณแสงภายในพื้นที่ใช้สอยที่กำหนด ได้แก่ ทางสัญจร, ที่จอดรถ, มีค่าอยู่ที่ 50 ถึง 100 ลักซ์ ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่ต้องการสำหรับพื้นที่ชั้นใต้ดินจึงมีค่าอยู่ที่ 0.30 % ถึง 0.60 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การคำนวณค่าพลังงานแสงสว่างสำหรับพื้นที่ทำการศึกษา**

ในการวิจัยนี้ จะใช้การคำนวณแบบ Zonal Cavity Method โดยจะพิจารณาระดับค่าความสว่างเฉลี่ยทั้งพื้นที่การใช้งาน

E = L / A

เมื่อ L คือปริมาณแสงทั้งหมดที่ปล่อยออกมาจากดวงโคม (ลูเมน)

A คือพื้นที่ที่ต้องการพิจารณาระดับการส่องสว่าง(ตารางเมตร)

ระดับค่าการส่องสว่างที่ต้องการคือ 50 Lux

หลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 หลอด ให้ความสว่าง 2,800 ลูเมน

พื้นที่ใช้งานที่พิจารณามีพื้นที่ 30.00 x 32.00 = 960.00 ตารางเมตร

จาก E = N x L x MF x CU x A

N = E x A / (L x MF x CU)

กำหนดให้ค่า MF = 0.60

ค่า CU ได้มากจากการคำนวณหา RCR (Room Cavity Ratio)

RCR = 5 Hrc (W + L) / W x L

= 5 (2.50) (30.00 + 32.00) / 30.00 x 32.00

= 0.80

CU = 0.61

ดังนั้น N = 50 x 960 / (2,800 x 0.6 x 0.61)

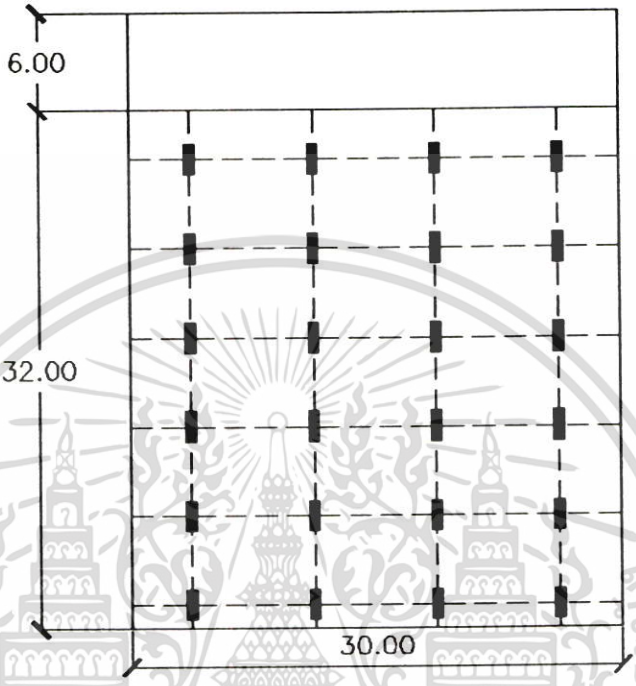
= 46.83

ต้องใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประมาณ 48 หลอด

เมื่อใช้โคมไฟชนิด 2 หลอด จะทำให้มีการติดตั้งโคมไฟ 48 / 2 = 24 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวางตำแหน่งโคมไฟลงในผังพื้นที่ใช้สอย จะมีระยะระหว่างโคม 5.50 x 8.00 เมตร ซึ่งจะให้ความสว่างในพื้นที่เฉลี่ย 50 Lux



รูปที่ 5.1 ผังดวงโคม

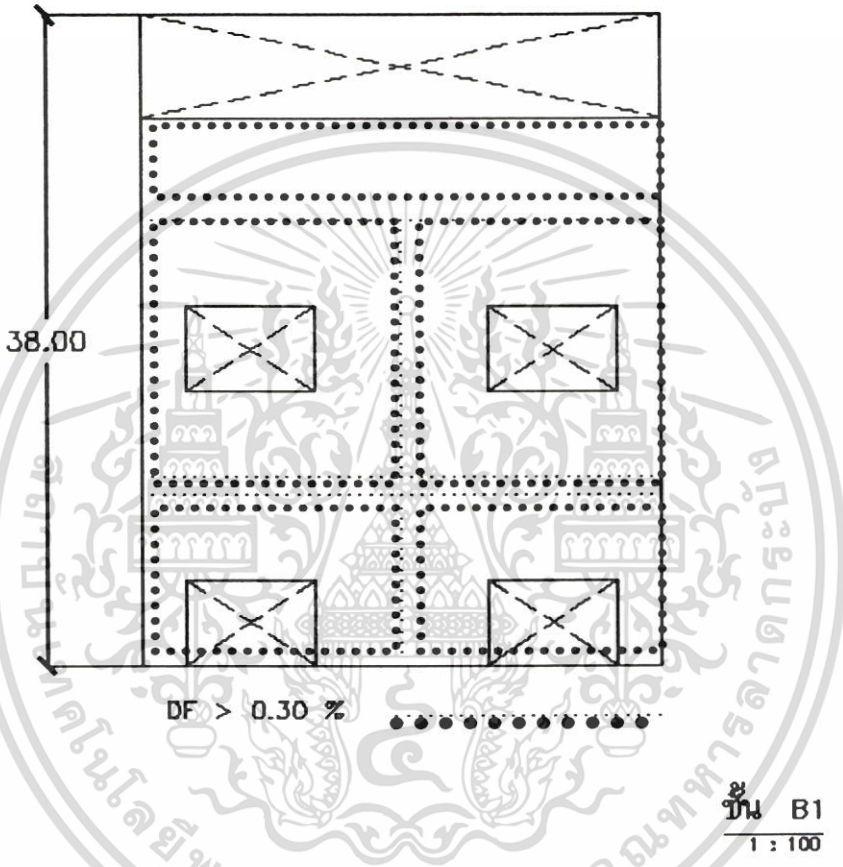
- การคำนวณค่าใช้จ่ายในกรณีที่ใช้แสงจากดวงโคมไฟฟ้าโดยไม่ใช้แสงธรรมชาติ

หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 1 หลอด ขนาด 32 Watt ใช้พลังงานไฟฟ้า 0.042 Unit ใน 1 ชั่วโมง ดังนั้นในเวลา 1 วันทำการ พื้นที่ชั้นใต้ดินจำนวน 3 ชั้น ต้องการแสงสว่างตลอดเวลาจะใช้ไฟฟ้า ในปริมาณ 0.042 x 24 x 48 x 3= 145.15 Unit ใน 1 วัน หรือ 4,354.56 Unit ใน 1 เดือน เมื่ออัตราค่าไฟฟ้าคิดที่ 2.50 บาท ต่อ 1 Unit ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการให้แสงสว่างกับพื้นที่ประมาณ 10,886.40 บาท ต่อเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **การเปรียบเทียบความคุ้มทุนเมื่อมีการใช้แสงธรรมชาติ**

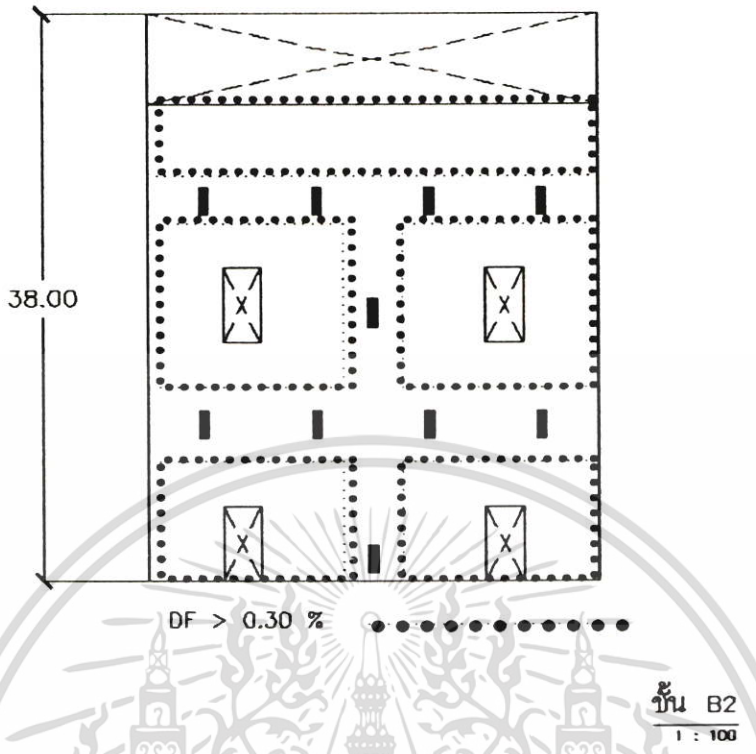
ในกรณีที่มีการใช้แสงธรรมชาติในพื้นที่ที่ทำการศึกษาจะมีใช้งานดวงโคมไฟฟ้าดังผังที่แสดงต่อไปนี้ โดยค่าความสว่างภายในจะควบคุมให้มีความสว่างเฉลี่ยที่ 50 ลักซ์



รูปที่ 5.2 ผังการใช้งานดวงโคมชั้น B1 ในเวลากลางวัน

สำหรับในชั้น B1 ความสว่างในพื้นที่ใช้งานจะมาจากแสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านระยะร่นละช่องเปิดด้านบนจึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องใช้แสงประดิษฐ์ในเวลากลางวัน เส้นประที่แสดงในรูป 5.12 คือแนวเขตของค่าแดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่มีค่า 0.30 %

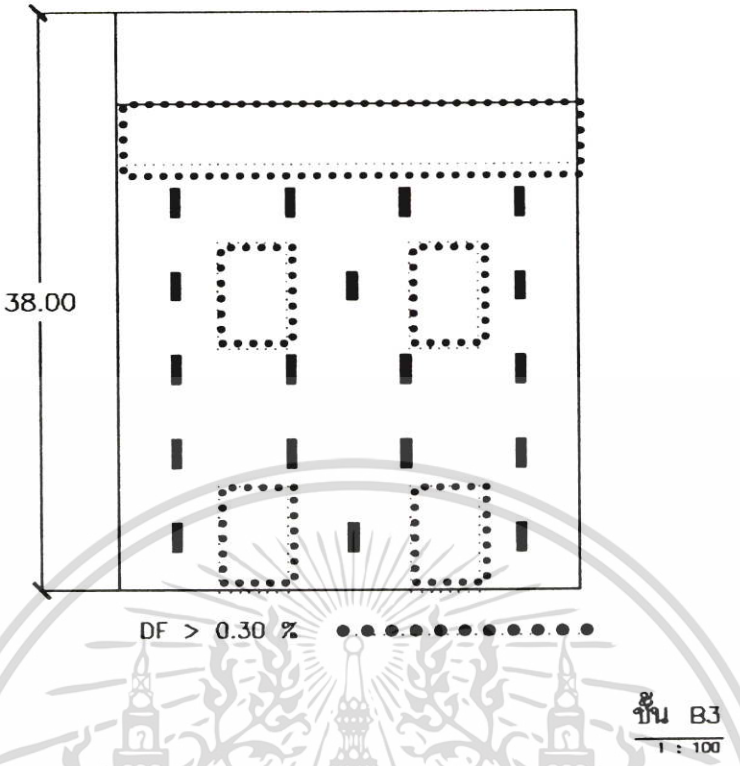
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 ผังการใช้งานดวงโคมชั้น B2 ในเวลากลางวัน

พื้นที่ชั้น B2 มีช่องเปิดจากพื้นที่ชั้น B1 ด้านบนจำนวน 4 จุด มีการเปิดช่องเปิดด้านข้างตามแนวระยะร่นจากเขตที่ดิน เมื่อพิจารณาแนวขอบเขตของแสงตามช่องเปิดทั้งสองกรณี ตามที่แสดงไว้เป็นเส้นประในรูปที่ 5.13 พบว่า จำนวนโคมไฟฟลูออเรสเซนต์ที่ต้องเปิดเฉพาะในเวลากลางวันนั้น ลดลงเหลือ 10 จุด จากจำนวนทั้งสิ้น 24 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.4 ผังการใช้งานดวงโคมชั้น B3 ในเวลากลางวัน

ในการสรุปและเปรียบเทียบความคุ้มค่าของการใช้แสงธรรมชาติในพื้นที่อาคารชั้นใต้ดิน จากผังการใช้งานดวงโคมในเวลากลางวันช่วงที่มีแสงสว่าง ตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 17.00 น. จะทำให้จำนวนดวงโคมที่ต้องเปิดลงลด 22 โคม หรือฟลูออเรสเซนต์ 88 หลอด คำนวณค่าใช้จ่ายที่ลดลงใน 1 เดือนได้ = 88 x 9 x 2.50 x 30 x 0.042 = 2,494.80 บาท ต่อเดือน และจะลดค่าใช้จ่ายทั้งปีได้ 29,937.6 บาทต่อระยะเวลา1 ปี หรือหากคิดเป็นร้อยละของปริมาณพลังงาน การใช้แสงธรรมชาติจะทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าลดลงร้อยละ 22.90

ในกรณีที่ใช้ช่องเปิดด้านบน ทำให้ จากเดิมที่รองรับการจอดรถได้ 144 คัน ปริมาณพื้นที่จอดรถลดลง 16 คันจึงจอดได้ 128 คัน คิดจำนวนที่จอดรถที่ลดลงเป็นร้อยละ 88.88 จากปริมาณการจอดที่รับได้ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะทั่วไปจากงานวิจัย

ในการวิจัยนี้มีข้อจำกัดต่างๆ โดยเฉพาะความหลากหลายในรูปแบบของช่องเปิดชนิดต่างๆที่ยังไม่ได้ทำการศึกษาและรวบรวมไว้ในงานวิจัย ตลอดจนชนิดของวัสดุสะท้อนแสงที่จะมีผลต่อปริมาณแสงที่เข้ามาพื้นที่ใช้สอย แต่ทั้งนี้เพื่อให้การวิจัยในลำดับต่อไปมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นจึงเสนอแนวทางและวิธีแก้ปัญหาดังต่อไปนี้

- การวิจัยนี้ทำการทดลองโดยใช้แสงธรรมชาติ ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพท้องฟ้าในขณะที่ทำการวัดค่า ซึ่งเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยต่างๆ จึงมีผลต่อค่าการวัด จึงควรพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ เช่น สัดส่วนปริมาณเมฆที่ปกคลุม (Cloudiness Ratio) กับค่าระดับความส่องสว่างเพื่อให้การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทำได้แม่นยำยิ่งขึ้น

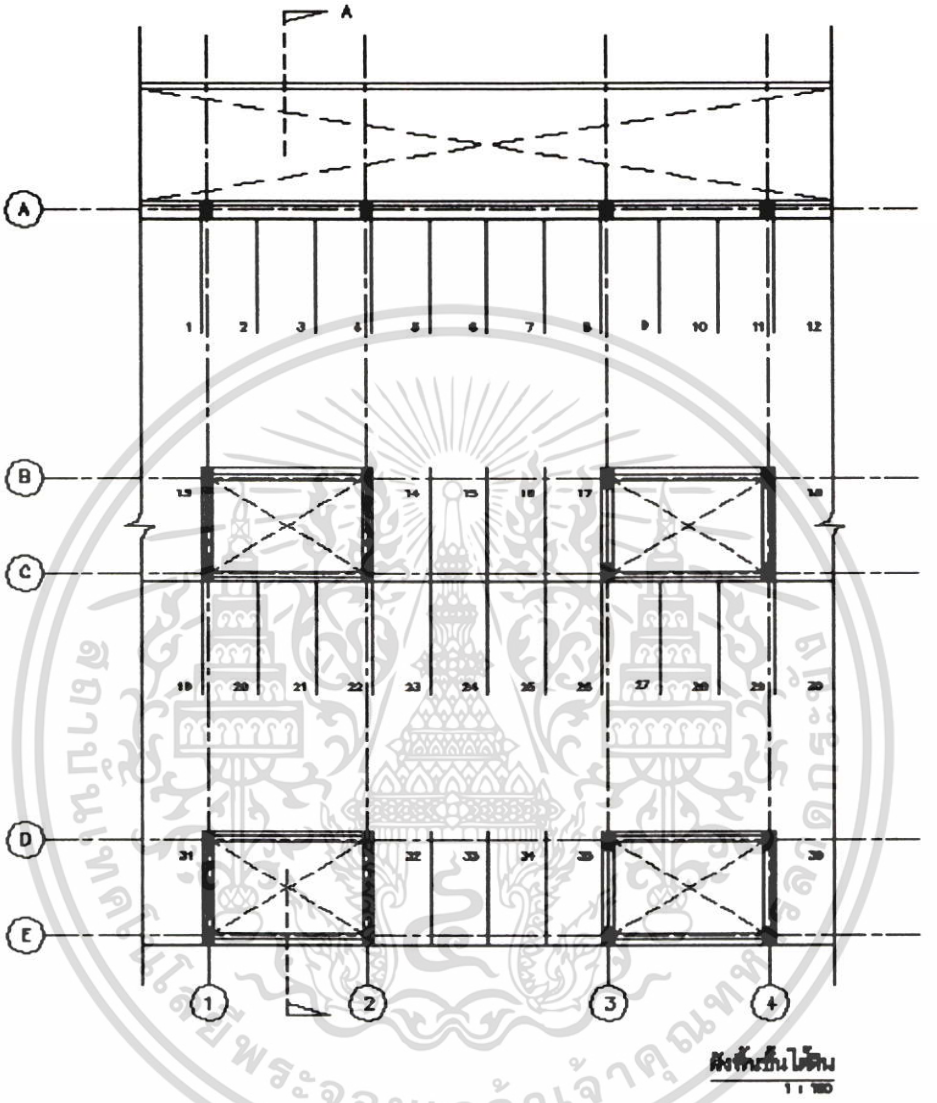
- หุ่นจำลองที่ใช้ทำการทดลองไม่ได้มีการให้รายละเอียดสำคัญของอาคารจริง เช่น เสาหรือ คาน เนื่องจากข้อจำกัดในการประกอบหุ่นจำลองที่มีขนาดเล็ก ตลอดจนรายละเอียดอื่นๆเช่น ผนังอาคาร โดยในอาคารจริงนั้น อาจจะมีความแตกต่างกันในการออกแบบ ทั้งขนาดและลักษณะขององค์ประกอบอาคารดังกล่าว จึงควรให้รายละเอียดและอาจคิดเป็นกรณีศึกษาตัวแปรตามเพิ่มเติม

- กรณีการเปิดช่องเปิดในระยะร่น 6.00 เมตร อาจจะทำได้ในกรณีด้านของอาคารที่มีระยะร่น 12.00 เมตร แต่หากมีความต้องการใช้พื้นที่ส่วนระยะร่น 6.00 เมตรเพื่อเป็นทางสัญจรของรถดับเพลิง ในทางปฏิบัติต้องออกแบบพื้นเพื่อรองรับความต้องการดังกล่าว

- ปริมาณแสงที่ใช้ในการศึกษาภายนอก พิจารณาที่ 16,600 ลักซ์ แต่ปริมาณแสงส่วนใหญ่ของการวัดค่า มีค่าตั้งแต่ 3,500 ลักซ์ จนถึง 75,000 ลักซ์ ดังนั้นค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์จึงมีโอกาสคลาดเคลื่อนไปจากการทำนายโดยใช้หุ่นจำลอง

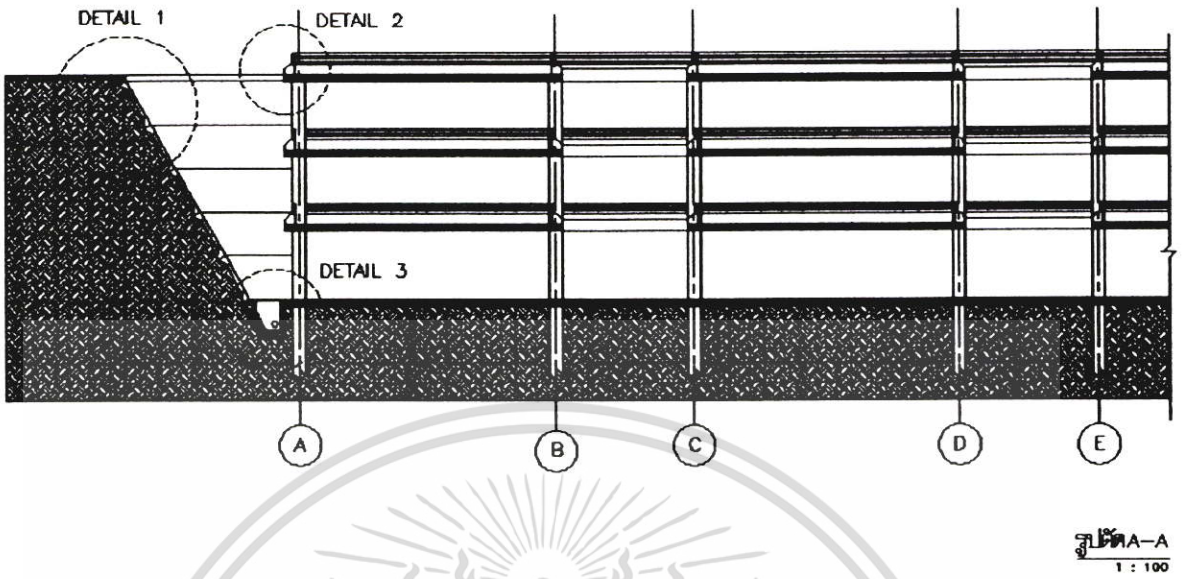
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 รายละเอียดแบบขยายทางสถาปัตยกรรม

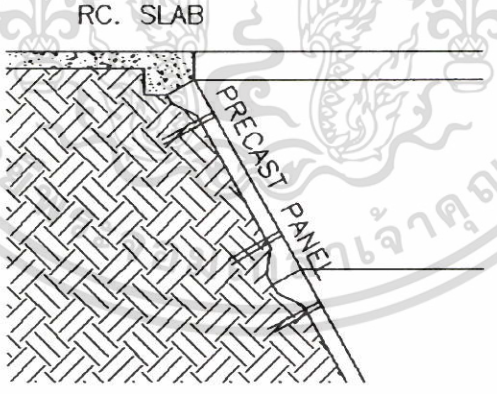


รูปที่ 5.5 แสดงแบบรายละเอียดผัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

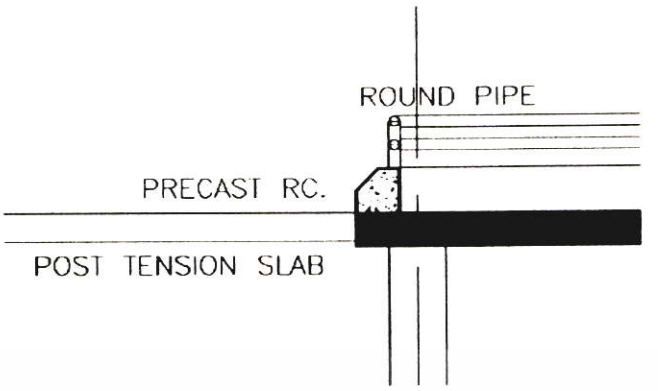


รูปที่ 5.6 แสดงแบบรายละเอียดรูปตัด

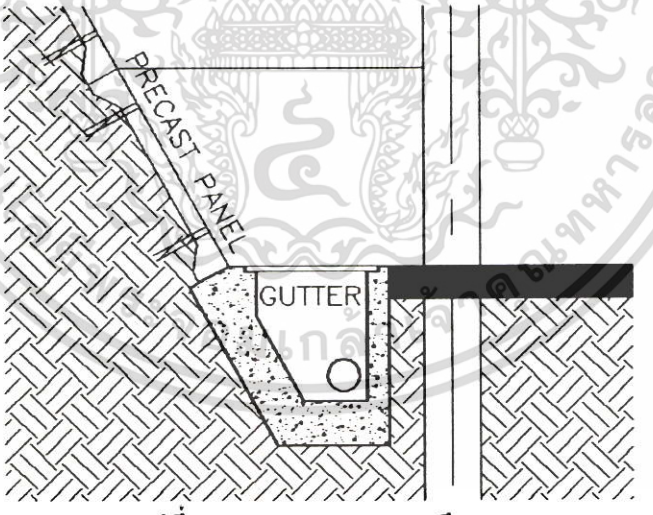


รูปที่ 5.7 แสดงแบบรายละเอียด 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 แสดงแบบรายละเอียด 2



รูปที่ 5.9 แสดงแบบรายละเอียด 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2536

สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์. EFFICIENT LIGHTING AND DAYLIGHTING VOLUME 2 กรุงเทพมหานคร : แผนกวิจัยพลังงาน สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย. 2539

ชำนาญ ห่อเกียรติ. เทคนิคการส่องสว่าง. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.

พิบูลย์ ดิษฐ์อุดม. การออกแบบระบบแสงสว่าง. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2537

ภาษาอังกฤษ

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc. ASHRAE Handbook Fundamentals. SI Edition. Atlanta 1997

Claude L.Robbins. Daylighting design & analysis. Van Nostrand Rein Hold company. New York 1986

Jan F.Kreider and Ari Rabl. HEATING AND COOLING OF BUILDINGS. McGraw-Hill,Inc. Singapore 1993

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

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

Henry J.Cowan. Handbook of Architectural Technology. New York : Van Nostrand Rein Hold. 1991

RG.Hopkinson. Daylighting. London : Heinemann co.,ltd. 1966

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

M.Santamoris and D.Asimakopoulos. Passive Cooling of Buildings. London : Antony Rowe Ltd, 1996

William T.Meyer,AIA. Energy Economic and Building Design. New York : McGraw-Hill Book Company, 1993

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเขตกรุงเทพมหานคร เฉลี่ยรายปี พ.ศ. 2542-2543 (Solar Time)

ตารางที่ 7.1 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือนมกราคม (Klux)

Solar Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	2.6	0	0	0	0	4.9	2.6	3.1	3.8	3.8	4.1	2.9	3	6.4	4	2.7	5.4	4.4	3.7	2.8	3.7	3	3.8	3.6	3.1	1.3	1.1	3.1	3.4	5	3.5
8	9.5	14.6	0	0	6.9	11.2	9.2	11.6	19.2	17	22	14.6	7.9	25.8	10.8	9	27.	25.8	15.1	22.7	24.6	18	15.3	17.1	13	4.3	2.3	17.3	15.5	14.8	37.7
9	33.5	32.8	0	0	27.4	20	24.7	23.9	42.4	41.1	42.6	29.8	25.9	22.2	35.7	27	51.9	48.4	43	33.5	44.6	45.4	28.1	37.2	31.2	6.3	6.5	38.2	43.7	40.1	58.7
10	75.6	62.5	0	0	52.5	64.4	78.8	42.6	65.4	63.2	67.6	69.4	42.2	31.5	70.9	48.6	73	72.5	56.7	63.8	72	53.7	61.7	58.4	50.4	0	9.4	81.7	0	58.2	50.6
11	85.1	56.9	0	0	62.5	0	0	0	0	0	79.8	44.6	45.7	92.1	51.2	90.9	87.3	82.8	85.8	82.5	85.8	80.3	87.6	79.2	0	0	0	97.1	0	30.9	59
12	100.2	68.2	0	0	72.7	0	0	0	0	0	0	60.6	116	95.7	54.6	58.4	93.8	96.9	88.3	84.8	92.9	96.3	80.6	90.6	0	0	0	90.8	0	37.2	82
13	81.7	83	0	0	79.4	78.9	0	63	28.5	91	58.4	56.2	92.5	115.4	66.1	54.3	94.7	89.5	79.7	87	95.4	94.1	82.8	88.4	0	11.8	0	67.7	0	9.2	90.8
14	71.5	25.4	0	0	68	67.4	0	66.7	26	44.4	34	55.5	56.6	49.4	74.1	48.3	80.4	64.6	81.3	82.7	83.3	81.6	91	49.8	0	0	0	54.6	0	18.7	105.5
15	28.5	0	0	0	0	56.8	0	0	32.7	39.5	67.8	30.1	71.7	38.5	46.4	58.6	67.4	51.9	61.1	50.3	61.7	68.8	34.9	49.5	0	0	11.4	51.7	64.3	45	75.9
16	23.7	17.4	0	42.4	31.2	23.6	42.7	31.5	17.9	42.1	38.5	17.4	41.4	31.1	24	37.2	41.6	37.5	31.8	32.8	50.6	22.3	37.6	41.7	0	8.5	48.9	18.1	16.5	26.4	58.3
17	13.3	16	0	16.9	12.9	8.8	17.6	13	13.9	17.7	17.6	5.6	28.7	7.5	14.4	15.9	16.5	17	14.8	11.7	13.8	16.7	15.3	17.7	4.2	4.2	24.4	17.7	32.9	15.6	22.2
18	4.6	3.5	0	5.1	3.8	2.6	4	3.8	4.7	0	5.2	0	4.2	2.8	3.3	3.8	4	5.9	4.3	4.5	7.4	3.3	3.3	3.6	1.2	1.2	9.2	3.9	6.9	3.8	2.1
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 7.2 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือนกุมภาพันธ์ (Klux)

Solar Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
7	3.2	3.6	0	3.7	0	3.9	4	4.1	3.8	3.8	4.7	3.3	3.9	4.4	3.3	3.4	3.7	3	3.2	3.6	3.2	3.3	3.2	3.2	3.2	3.5	3	3.7			
8	18	12	0	26	0	26	12	14	20	21	23	8.9	24	23	16	13	17	21	14	21	24	17	21	21	23	20	17	22			
9	63	60	3.7	54	0	56	33	50	61	58	49	18	53	50	28	56	39	52	18	48	50	21	46	50	53	50	49	52			
10	88	78	9.9	67	0	79	72	91	78	78	70	26	86	74	70	80	63	75	40	74	74	55	72	72	62	51	75	83			
11	102	94	11	91	0	97	84	95	93	93	89	57	74	93	92	98	64	89	76	89	93	106	90	48	94	68	86	71			
12	93	103	17	100	0	100	68	109	102	102	99	70	68	102	103	104	86	72	84	98	102	112	99	50	77	100	102	79			
13	81	100	39	105	0	101	74	75	97	97	100	77	101	66	90	103	95	97	74	97	100	96	101	89	50	61	101	81			
14	62	99	25	97	0	93	77	97	90	86	90	94	50	82	94	94	86	91	84	89	95	94	93	58	51	53	89	68			
15	43	78	27	68	0	70	56	84	73	73	79	43	55	78	74	71	71	71	54	67	73	75	75	62	39	77	55	73			
16	46	48	25	54	0	45	56	54	47	47	50	39	35	52	49	49	45	48	42	43	50	50	49	45	48	54	51	46			
17	25	17	13	28	0	21	13	23	19	19	26	12	22	19	22	21	18	21	18	19	9.9	24	22	21	23	26	22	16			
18	4.9	3.5	3.7	7	0	4.7	4.1	2	4.9	4.9	5	3.3	4.8	5	5	4.8	4.3	3.7	2.9	4.4	4.2	4.1	4.1	4	4.6	3.6	4	4.9			
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

ตารางที่ 7.3 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือนมีนาคม (Klux)

Solar Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	2.7	4	3.3	4.3	1	3.3	5.3	6.7	9.6	7.5	6.4	7.5	8.1	8.4	9.1	8.5	9.3	8.1	7.1	6.7	8.1	7.9	17	7.8	13.8	12.3	14.5	6.7	8.2	9.7	7.7
8	19.9	24.5	17.4	24.7	6.9	27	32.4	0	0	0	43.9	47.5	44.9	34.8	36.4	34.8	34.9	41.3	42.5	25.5	34	18.6	48	15.6	48.2	47.2	53.1	27.2	3.9	32	26.8
9	47.8	50	35.8	53.9	26.7	57.7	65.1	74	76.6	68.4	69.5	73.2	69.5	66.8	54	65.4	67.6	71.7	52.6	52	62.8	32.7	77.9	64.3	64.7	78.9	76.9	64.3	12.8	72.1	79.6
10	72.1	72.7	45.6	74.7	34.8	62.4	89.9	96.2	100.1	91.6	87.2	93.8	99.5	94.4	68.1	88.8	98.4	85.6	47.5	75.6	89.2	87.6	100.6	97.4	58.1	98.2	72.4	105.6	8.8	94.9	100.3
11	92.7	91.5	39	70.1	64	84.9	105.7	112.9	112.9	103.3	98.6	101.1	99.5	89.4	53	105.3	111	81.9	105.3	90.2	76	108.1	105.7	116.7	13.5	31	26.3	87.3	10.1	119.7	114.9
12	87.6	103.9	80.8	98.9	79.3	72.9	114.2	115.2	120.8	108.5	108.1	117.9	112.3	115.2	98.5	113.8	122.9	120.3	109.4	94.4	102.3	121.7	57.9	15.8	6.6	71.3	43.6	25.5	17.6	122.7	122.9
13	97	105.4	74.9	96.8	95.4	69.4	114	115.4	119.6	100.6	104.6	125.7	76.6	116.7	101.5	114	117.8	112.3	99.7	87.3	102.2	118.2	47.6	47.5	12.4	17.3	125.7	58	31.9	110.8	121.6
14	95.6	87.2	49.2	54.4	37.3	77.1	104.4	104.1	108.9	83	100.9	94.6	106.7	105.4	104.4	106.1	109.3	115.2	88.4	81.7	79.7	95.5	34.9	102.4	24.3	6	23.4	36.1	45.9	73.5	112.1
15	76.1	60	72.3	89.1	64.2	73.8	75.9	87.8	84.5	64.3	73.3	86.6	90.7	87.8	83.1	89.1	92.1	80	82	65.6	45.9	80.7	48.9	100.8	52.8	3.1	57.2	83.6	50.6	11	92
16	48.3	47	49.3	38.3	29.6	53	61	62.6	61.4	57.6	46	67	66.4	47.7	59.4	59.5	66.8	61.9	63.7	43.8	54.3	8.7	58.2	67.2	57.4	13.8	35.9	64.6	33.6	26.5	58.4
17	15.8	19.1	22.7	20.6	23.8	27.5	38.8	31.6	27.4	42.2	29.3	38.8	35.7	25.9	29.9	31.1	0	19.5	29.9	21.2	29	4	53.4	41	10.1	38.1	37.8	41.5	17.6	16.6	24.7
18	4.7	4	5	5.1	5.5	4.3	5.9	5.4	5.2	0	5.1	12.3	0	5	5.3	4.9	0	4.8	0	3.9	5.7	0	4.4	9.8	4.9	12	6.8	4.1	3.2	6	5.3
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 7.4 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือนเมษายน (Klux)

Solar Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	10.3	16.3	11.2	7.8	5.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17.9	23.9	20.5	15.3	9.1	19.9	0	25.9	14.7	28.3	3.4	11.4	6.3	9.1	
8	48.2	50.3	38.8	34.3	5.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23.7	52	57.1	58.5	37.5	28.8	42.6	43.5	61.5	63.1	61.4	3.8	37.4	11.7	36.2	
9	80.9	81.4	78.9	60.7	34.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.4	79.8	83.2	93	65.6	69.3	75.2	88.5	96.8	89.7	88.5	4.5	46.2	39.4	58.3	
10	101.6	104.8	92	90	76.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.5	106	105.5	106.7	92	23.8	105.4	112.4	79.8	108.8	107.5	9	126.5	47.2	49.8	
11	33.7	115.2	51.2	88.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.1	113.9	119.1	121.6	112.7	56	128.8	118.2	126.3	121.1	120.6	43.1	124.1	64.2	55.9	
12	21.3	119.1	46.8	68.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	126.7	126.1	127.4	128	111.9	131.9	125.6	124.6	125.3	126.3	64.5	80.6	96.1	23.8	
13	114	43.6	104.4	101.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	124.4	115.7	47	94.5	132.5	107.2	128.9	126.9	124.5	125.2	64.6	60	63.8	47.5	
14	107.9	110.2	105.6	23.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	117.3	118.3	84.3	81.6	117.3	84.4	126.2	100.4	118.9	110	69.5	48.2	64	79.4	
15	57.6	42.3	87.4	77.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23.7	77.4	100.1	97.8	90.2	101.3	83.4	109.3	103.4	97.7	98.7	51.8	0	101.3	49.8	
16	60	50.4	7.1	55.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.4	51.8	80.9	68.7	11.2	65.7	59.1	90.3	78.3	74.3	72	69.1	3.7	31.7	64.5	
17	30.7	38	11	26.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4.5	19.7	49.8	87.7	8.4	18.1	32.4	20.9	13.4	41.9	38.3	40.8	7	10.4	23.2	
18	6.9	7.1	3.5	8.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.1	4.4	4.6	9.4	3.8	3.3	4.3	3.3	4.9	6.2	6	5.7	2.9	3.5	5.8	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

ตารางที่ 7.5 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือนพฤษภาคม (Klux)

Solar Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	17	7.3	16	8.7	9.5	34	24	22	25	7.3	27	3.3	5.5	19	12	17	11	10	9.8	16	14	27	11	16	20	16	15	11	13	0	0
8	21	63	44	36	28	63	66	52	39	13	59	16	21	49	35	35	29	30	20	49	20	52	31	38	35	23	27	44	25	0	0
9	33	100	57	52	72	83	87	101	80	27	65	0	40	68	55	63	45	39	29	77	45	45	76	68	53	81	51	41	51	0	0
10	33	72	63	96	93	109	113	113	113	40	55	58	77	87	45	44	70	52	68	57	51	32	56	14	37	31	84	68	61	0	0
11	71	97	57	117	68	123	126	75	116	60	30	73	61	122	100	73	89	74	46	125	106	65	58	38	93	29	96	62	96	0	0
12	100	54	74	116	85	124	114	93	129	65	134	79	3.3	5.3	33	113	18	104	115	117	79	113	53	30	82	18	80	79	77	0	0
13	37	64	117	97	36	90	109	95	127	110	106	96	3.3	8.5	83	114	12	68	119	49	40	36	99	20	56	26	88	121	84	0	0
14	22	80	117	124	74	118	73	111	91	81	38	42	14	11	17	104	12	103	105	90	8.5	67	25	63	7.2	17	67	94	62	0	0
15	13	17	86	49	108	101	60	101	98	36	88	8.8	15	23	61	86	20	91	91	39	15	99	35	86	40	24	56	72	60	0	0
16	7.8	10	48	73	40	66	75	72	75	66	21	7.1	16	29	56	63	37	70	71	3.2	26	49	20	45	55	32	47	70	22	0	0
17	6.8	3.5	11	23	12	49	16	45	45	30	16	9.1	11	34	25	42	19	41	19	0	21	26	7	28	38	13	7.4	36	18	0	0
18	3	0	3.8	3.6	5.1	0	0	0	4	6.4	8.8	3	4.5	7.6	0	9.5	4.3	8	11	0	5	2.7	0	3.8	3.3	4.6	4.4	15	8.7	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 7.6 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือนมิถุนายน (Klux)

Solar Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	32	27	32	34	16	14	8.4	12	9.4	20	6.4	16	28	15	18	31	6.5	16	6.3	16	0	0	16	11	7.7	9.3	18	15	9.3	22	
8	53	48	52	36	31	40	14	28	35	23	21	26	35	31	55	56	25	27	9.9	52	0	0	32	28	20	50	44	41	49	49	
9	79	78	78	50	46	83	53	36	52	42	36	43	67	44	50	78	42	44	45	47	0	0	78	57	45	63	69	37	72	73	
10	96	87	98	65	76	108	50	85	33	46	98	55	98	105	96	99	40	72	40	64	0	0	88	54	109	91	91	95	91	92	
11	115	101	96	133	69	93	63	45	73	66	61	108	100	104	95	103	49	106	118	61	0	0	84	55	84	94	99	107	103	103	
12	88	83	109	38	85	115	97	53	20	43	14	66	102	114	78	67	46	65	62	60	0	0	109	57	72	110	105	109	107	109	
13	40	79	125	38	66	38	26	43	45	24	8.8	119	110	105	107	70	47	76	62	53	0	0	109	49	108	73	101	32	108	107	
14	79	41	74	99	54	39	48	67	78	35	11	88	97	107	83	75	33	75	59	75	0	0	101	52	110	70	75	27	104	72	
15	83	34	13	56	55	53	74	53	13	21	18	71	40	78	31	54	36	43	47	38	0	0	86	43	47	75	38	75	101	48	
16	71	19	16	64	34	40	27	83	3.1	11	25	63	61	64	57	62	24	43	38	35	0	0	49	25	36	42	15	31	45	29	
17	27	54	0	19	20	25	15	4.4	0	0	9.1	39	30	8.6	4.2	41	11	23	31	7.2	0	0	28	14	22	44	3.1	0	18	13	
18	3	9.2	0	2.8	9.7	0	6.5	0	0	0	2.7	0	4.5	3.2	3	7.6	3	7.3	7.6	0	0	0	7.7	4.7	6.6	5.5	0	0	10	6.5	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

ตารางที่ 7.7 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือนกรกฎาคม (Klux)

Solar Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	23	14	12	11	14	8	23	15	0	24	14	25	18	12	19	15	19	19	15	11	12	25	24	10	10	5	5.6	7.2	21	0	0
8	49	40	42	31	42	21	50	57	0	50	44	38	34	19	40	39	42	39	51	31	58	49	50	20	29	15	12	23	40	0	0
9	73	60	72	45	63	49	72	35	0	74	81	63	54	9.8	49	67	21	45	73	58	75	70	49	41	39	35	27	39	73	0	0
10	90	86	72	68	89	43	96	30	0	95	88	73	57	39	89	87	55	83	92	91	99	74	73	67	62	34	43	71	86	0	0
11	102	96	96	55	101	49	104	117	0	105	104	68	54	68	76	104	80	110	96	98	42	71	85	76	36	29	76	62	59	0	0
12	110	108	87	97	74	57	110	109	0	107	93	71	30	68	71	47	80	107	107	110	49	112	76	74	50	38	100	58	87	0	0
13	112	109	101	69	100	64	111	106	0	111	105	87	32	46	103	109	76	54	111	0	115	0	118	68	55	61	49	73	68	0	0
14	96	84	52	73	100	51	100	67	0	103	69	107	38	108	95	101	90	107	100	0	113	0	83	52	14	87	53	81	61	0	0
15	55	33	88	37	76	36	84	87	0	79	57	63	43	87	50	75	91	82	37	0	97	0	87	32	32	75	53	47	29	0	0
16	34	34	64	9.1	38	71	67	68	0	60	3.5	27	26	73	33	50	66	64	29	0	0	0	74	24	15	31	42	49	19	0	0
17	22	49	32	0	6.7	30	40	43	0	35	32	38	11	47	27	33	40	28	22	0	0	0	42	25	0	18	29	24	0	0	0
18	7.7	6.8	6.1	0	0	9.6	12	7.4	0	12	17	11	5	8	4.2	7.9	5.6	3.5	6.8	0	0	0	15	6.5	0	2.8	2.7	8.1	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 7.8 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือนสิงหาคม (Klux)

Solar Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	8.3	5	5.9	7.9	2.8	7	10.1	7.2	19.7	5.9	11.3	6.1	8.9	9.9	10.4	26	10.3	20.4	17.3	9.8	19.2	12.1	11.1	2.9	10.3	16.8	5.2	10.2	16.5	15.8	14.6
8	13.7	19.3	18.7	23.6	16.8	16.5	51.5	26.7	54.1	23.3	28.4	24.7	25.9	49.8	41.8	53.7	54	26	47.3	25.7	49.7	15.8	28.1	16.9	19.3	31.5	19.2	23.5	33.5	40.6	26.9
9	51.6	38	48.3	33.5	37.4	26.8	53.5	50	76.4	53.2	64.4	37.4	73	33.6	80.4	79.7	65.4	43	75	36.2	73	20.9	48.4	12.5	50	56.4	41.7	36.9	72.8	73	86.1
10	100.8	47.1	105.6	52.6	62.6	92.4	56.3	101.8	88.5	83.6	95.7	25.9	93.8	88.8	96.4	95.2	98.8	97	92.7	58.1	72.7	55.8	90.6	84.1	103.3	85.1	67.9	77.9	94	63.1	92.9
11	96.7	51.8	53.1	41.8	68.2	67.9	66.7	63	107.9	109.4	113.5	34.7	106.9	114.1	85	106.5	81.2	106.2	92.5	64.9	105.4	103.9	49.1	20.2	65.4	106	99	38	97.2	105.7	77.8
12	103.9	53.9	63.7	43.8	71.3	75	50.4	97.3	103.2	75.2	81.7	52.4	113.9	43.4	113.8	111.7	91.5	111.4	116.4	60	67.7	108.8	81.9	43.3	91.4	115.2	95.7	64.3	99.8	76.4	100.3
13	6.3	58.2	75	59.3	65.2	77.2	56	114.6	0	66.7	99.3	28.7	79.9	35.4	121.6	94	84.2	108.8	73.1	80.2	77.2	107.3	46.5	38	86.7	114	90.9	76.3	96.7	92.2	89.5
14	80.1	65.1	58.4	77.6	51	54.1	64.2	84	0	64.2	72.9	40.2	69.7	89.2	101.6	113.7	89.8	89.8	63.6	107	91.2	40.8	9.1	33.8	19.8	83.3	60.2	49.3	60.1	82.7	72.6
15	14.7	34.6	110.8	52.6	28.2	34.5	31.8	41.9	0	88.5	37.3	39.4	50.6	43.6	86.4	60.1	91.3	34.1	33.8	33.4	86.7	72.8	12.7	27.5	30	68.5	77.7	21.1	70.3	88.1	82.5
16	33.4	10.2	27.9	35.2	29.3	23.1	19.1	19.3	0	66.8	30.4	25.3	52.9	66.5	65.8	26.3	54.5	66.7	25.8	27.3	38	53.5	29.6	47.6	57.4	58.4	22.2	20.1	49.9	47.7	59.2
17	13.5	11	20.3	32.4	20.2	0	9.7	12.6	0	22.9	13.8	23.9	0	30.2	34.2	28.6	36.2	27	22.2	14.6	19.9	31.2	22.1	32.1	11.9	18.6	12.2	17	0	17.9	19.6
18	2.6	0	9.1	3.4	6.6	0	7	2.2	0	7.4	5	7.8	0	6.4	9.8	6	4.8	8.4	3.6	4.9	4.6	6.5	8	6.8	2.9	3.9	2.8	4.9	0	3.7	3.6
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 7.9 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือนกันยายน(Klux)

Solar Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	21.1	13.2	18.5	19.9	14.5	8.3	7.9	9.9	22.8	9.1	13.5	4.8	8	23.7	19.5	30.6	12	13.8	17.3	10.6	4.3	10.5	6.9	10.1	3.6	23	9.1	4.1	9	14	
8	45.9	19.4	46.5	47.6	44.4	36.4	31.8	28.2	49.4	28.6	28	17.9	32.2	50.6	50.1	61.2	36.7	41.9	27	30.5	14.8	23.4	43.5	43.5	11.8	53.8	35.4	3.4	47.8	45	
9	60	57.6	75.3	73.7	71.1	69.5	46.8	52.2	43.1	33.9	55.6	29.6	102.7	75.5	70.5	73.9	58.8	72.9	76.4	31.5	23.3	34.6	72.3	48.2	47.9	77.4	69.8	8.3	33.5	59	
10	93.8	69.3	94.3	93.9	79.9	84	65.9	70.6	107.6	92.5	59.1	37.7	82	95.4	56.1	82.4	57.5	86.1	94.4	75.9	32	76.5	77.8	83	52.2	34.9	82.7	20.2	98.2	79	
11	64.2	122.9	104.9	104.7	104.4	104.6	85.1	91.1	100.5	59	48.9	42.6	77.8	108.2	118.4	112.3	57.3	63.3	110.8	67.5	48.4	66.6	115.9	94.2	54.6	107.3	29.3	16	50.2	70.2	
12	112.6	55.7	65.6	103.4	109.9	105.6	89.8	83.2	106.8	120.4	66.1	75.4	127.2	98.1	122	89.6	51.7	111.6	107.6	77.2	124.7	62	118.6	47.9	47.8	86.9	55.8	124.		40.1	
13	108.8	53.3	116.2	48.2	104.4	64.4	82.9	114.3	112	93.7	68.9	51.6	118.1	109.2	78.8	53.4	69.7	112.5	63.1	96.7	107	17.6	110.3	52	120.3	87.5	27.9	120.8	89.6	107.2	
14	40.4	101.4	117.4	97.6	109.7	32.8	97.7	91.9	102.4	81.5	96.6	80.1	104.6	105.7	102.2	69.3	89	93.1	69.6	81.2	65.4	16.2	48.5	30.8	58.3	15.5	31	58.5	107.7	54.2	
15	84.2	44.4	37.4	53.6	37.9	16.2	76.2	92.6	84.7	68.2	56	52.9	84.9	56.7	77.9	75.8	70.9	67	38.2	40.5	82.3	18.7	47.1	12	6.9	6	29.5	39.8	22.1	79.3	
16	32.1	49.3	51.4	31.7	3.8	7.8	22.3	62	60	31.1	45.8	13.3	53.2	63.6	62.8	12.5	36.2	22.6	44	48	22.9	13.6	25.5	10.3	17.6	5.4	57.8	30.3	6.3	61.5	
17	28	35.8	34.4	18.2	0	6.9	14.5	32.5	33.7	15.3	24.1	3.4	32.9	30.8	15.9	8.5	26.6	9.1	16.7	13.4	5.7	9	3	2.9	0	3.5	9.6	22.4	4	21.1	
18	3.1	4.4	17.8	3.4	0	0	3.7	4.1	3.2	3.2	3.7	2.5	6.1	3.7	3.3	3.2	3.1	3.2	3.7	2.8	0	3.1	0	0	0	0	3	3.2	0	3.4	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

ตารางที่ 7.10 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือนตุลาคม (Klux)

Solar Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	6.4	9.8	23	0	12	20	23	10	20	10	10	11	11	6.7	8.5	10	14	11	18	13	2.7	5.6	3	7.9	4.8	18	11	7.1	0	0	0
8	31	56	45	0	48	47	57	32	46	29	28	47	25	16	52	36	25	44	45	46	10	18	16	34	30	18	19	16	0	0	0
9	39	51	62	0	74	73	38	81	36	81	30	72	75	26	74	57	52	69	69	68	18	5.1	20	50	39	32	44	23	0	0	0
10	44	80	105	0	66	91	52	104	103	92	60	94	63	54	74	86	91	36	87	87	26	20	27	95	94	95	31	43	0	0	0
11	48	52	110	0	85	21	85	88	57	104	108	62	46	124	101	53	68	108	99	62	53	8.5	22	57	73	106	44	93	0	0	0
12	110	52	67	0	65	32	89	109	81	76	102	43	105	56	81	81	87	35	102	96	73	8.1	54	42	87	101	42	78	0	0	0
13	124	86	50	0	24	107	92	94	92	15	72	65	45	113	36	95	74	62	97	63	55	12	52	106	54	89	31	96	0	0	0
14	20	44	38	0	84	79	60	36	77	4	88	35	24	82	33	84	55	28	89	40	38	12	86	78	55	37	35	73	0	0	0
15	32	40	53	0	15	43	75	39	61	16	56	55	31	7.2	16	69	47	30	70	15	29	11	19	33	69	41	54	35	0	0	0
16	4.8	25	0	0	20	49	48	24	21	14	35	32	20	8.9	16	43	42	29	43	30	22	9.2	21	56	20	14	23	25	0	0	0
17	0	20	0	0	7.7	14	10	10	22	14	9.7	3.9	6	5.5	3	13	5.6	9	15	10	6.7	7.7	4.3	14	14	3.4	9.3	5.4	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 7.11 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือนพฤศจิกายน (Klux)

Solar Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	6.9	0	6	8.6	18.8	7	6.4	6.4	5.6	8.1	8.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.8	6.2	6.4	9.4	9.8	12.5	14.9	
8	14.5	0	11.2	47.1	17.7	21.3	23.9	12.8	43.4	34	37.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26.5	20.3	36.6	35.9	37.6	14.6	34.9	
9	55.4	0	30.8	50.5	29.1	81.5	21.7	60.9	67	35.3	39.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	34	56.3	58.7	58.7	73.4	57.9	
10	47.8	0	65.3	42.7	28.6	48.1	92.1	34.3	83.5	47.4	71.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	79.1	49.5	55.6	76.3	75.5	83.9	74.4	
11	61.8	0	81.2	57.6	71	94	72.5	81.7	95.4	86.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	63.2	51.7	52.6	88.1	88.2	64.1	82.6	
12	49.4	0	60.4	92.3	64.3	68.1	118.5	34.8	103.8	96.6	34.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87.9	98.9	59.6	95.2	95.2	88.6	69.7	93.8	
13	67.4	0	80	56	34	66.4	36.9	35.1	94.4	93	24.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41.3	28.4	23.5	92.9	80.8	87.6	90.4	89.3	
14	74.8	0	92.6	97.9	70.1	19.9	15.7	33.2	91.3	87.7	15.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.7	55.8	82.9	94.1	64.6	83.3	57	85.1	
15	53.5	0	50.9	85.6	96	33.4	33.8	59.4	88.4	77.4	3.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42.1	17.7	37.3	86.2	76.8	78	86.9	79.3	
16	0	0	27.3	41.2	37.6	16.9	64.6	61.8	10.1	19.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27.6	58.1	38.7	58.2	58.1	59.6	43.2	61.8	
17	0	0	13.1	14.6	18.6	16.1	10.5	3.4	10.4	28.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.3	34.4	8	31.1	35.7	35.9	34.4	38.7	
18	0	0	3.5	3.3	6.6	10.7	3.7	0	8.8	9.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9.6	17.9	3.3	5.6	11.9	10.7	7.3	0	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

ตารางที่ 7.12 แสดงปริมาณแสงสว่างของดวงอาทิตย์ในเดือนธันวาคม (Klux)

Solar Time	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	9.9	10.7	8	4	6.7	3.6	5.1	6.6	4.6	6.3	3.8	3	2.6	3.8	6.5	5.2	5.5	7.8	0	3.7	5	4.2	4.1	4	4.3	3.9	4	3.9	2.3	5.3	5.1
8	35.6	36.7	14.6	10.6	33.1	12.9	36.8	31.6	30.6	36	11.4	13.9	8.1	18.6	29.8	29	28.3	30.9	23.9	24.3	28.2	11.8	30	30.3	29.3	27.3	28.1	27.2	6.9	25.9	26.5
9	59	59.4	57.4	19.2	22.8	18.7	36.4	59.8	57.2	55.3	21.9	34	22.3	25.5	51.1	53.9	52.7	54	50.9	53.5	49.7	46.1	50.2	51.8	50.2	49	49.4	50.1	51.1	48.3	49.5
10	77.1	77.3	83.8	21.4	73.1	32.7	59.5	78.7	73.7	67.5	34.5	47.5	79.7	36	69.5	71.5	69	73.9	69.6	73.6	67	71.6	70.2	71.4	69.7	68.9	67.7	69.9	64.5	68.4	65.6
11	88.7	88.3	99.9	55.5	45.3	59.9	64.7	90	87.2	72	44	74	73.9	99	83.1	82.6	75.8	62.3	87.7	77.7	80.5	82.6	82.3	83.4	81.6	79.5	80.2	80.2	78.1	80.7	80.3
12	92	90.7	95.3	58.5	120.1	67.5	59.7	92.9	90.9	79.4	70.4	63.6	90.4	40.2	90	86.3	85.5	54.1	83.2	86.9	86.5	86.8	87.2	88.2	86.6	86.4	83.1	87.5	85.6	87.7	83.2
13	89.5	88.8	65.1	74.7	105.4	32.1	70	88.2	75.7	86.3	53.4	57.7	80.1	91.2	85.5	85.5	85.7	64	85.3	83.8	85	82.9	85.1	85.8	80.2	80.9	84.4	71.7	83.2	80.8	81.2
14	77.6	77.7	52.5	36.1	71.6	48.4	83.8	73.2	78.8	74.9	63.9	56.4	78.3	38.8	75.8	75.7	72.1	75.1	75.2	73	74.5	72.3	75.3	75.5	73.3	71.3	74.4	76.5	73.9	70.3	71.6
15	60.6	60.4	22.9	29.2	10.9	46.7	56	57.7	56.3	58.4	59.4	47.3	34.4	57.3	60.3	56.3	54.9	37.4	60.3	57.1	58.2	57.1	58.1	58.1	56.4	54.8	58.8	38.4	57.7	54	59.6
16	37	37.7	11.6	16.7	9.6	10.8	41.5	16.9	33.5	33.2	46.4	24.8	27.1	20.1	39.2	34.4	24.6	16.1	28.7	35	37.1	35.8	35.2	36.2	36.1	37.4	35.1	39.1	35.7	34.5	34.6
17	0	7.1	4.2	3.1	6.8	5.4	7.7	8.3	14.6	6.7	7.3	4.4	6.3	4.2	13.3	10.2	3.9	5.6	6	11.1	11.3	11.9	12.5	13.3	12.5	10.4	11.3	14	14.8	12.5	12.9
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ผลการทดลอง

ตารางที่ 7.13 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 1.1

Model : 1	Point	A		B		C		D	
Floor : 3		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
18/1/2005	1	71,400.00	2,990.00	71,500.00	4,530.00	71,400.00	6,230.00	71,400.00	4,230.00
13:00	2	71,400.00	1,750.00	71,500.00	2,310.00	71,400.00	3,170.00	71,400.00	2,070.00
Unit : lux	3	71,400.00	1,147.00	71,500.00	1,439.00	71,400.00	1,920.00	71,400.00	1,254.00
	4	71,400.00	721.00	71,500.00	986.00	71,400.00	1,272.00	71,400.00	875.00

Model : 1	Point	A		B		C		D	
Floor : 2		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
18/1/2005	1	71,600.00	3,480.00	71,400.00	4,610.00	71,400.00	5,620.00	71,300.00	4,680.00
13:00	2	71,600.00	1,970.00	71,400.00	2,400.00	71,400.00	2,810.00	71,300.00	2,160.00
Unit : lux	3	71,600.00	1,224.00	71,400.00	1,506.00	71,400.00	1,693.00	71,300.00	1,245.00
	4	71,600.00	648.00	71,400.00	830.00	71,400.00	1,015.00	71,300.00	809.00

Model : 1	Point	A		B		C		D	
Floor : 1		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
18/1/2005	1	71,300.00	3,610.00	71,400.00	5,520.00	71,400.00	5,630.00	71,400.00	5,300.00
13:00	2	71,300.00	1,920.00	71,400.00	2,800.00	71,400.00	2,750.00	71,400.00	2,490.00
Unit : lux	3	71,300.00	1,083.00	71,400.00	1,465.00	71,400.00	1,446.00	71,400.00	1,235.00
	4	71,300.00	577.00	71,400.00	824.00	71,400.00	851.00	71,400.00	736.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.14 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 1.2

Model : 2	Point	A		B		C		D	
Floor : 3		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
18/1/2005	1	71,100.00	4,150.00	70,900.00	7,840.00	70,700.00	6,840.00	70,400.00	4,940.00
13:30	2	71,100.00	2,560.00	70,900.00	3,500.00	70,700.00	3,890.00	70,400.00	2,660.00
Unit : lux	3	71,100.00	1,640.00	70,900.00	2,740.00	70,700.00	2,380.00	70,400.00	1,650.00
	4	71,100.00	984.00	70,900.00	1,560.00	70,700.00	1,544.00	70,400.00	1,204.00

Model : 2	Point	A		B		C		D	
Floor : 2		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
18/1/2005	1	69,400.00	3,370.00	69,500.00	5,360.00	69,800.00	5,520.00	69,700.00	4,700.00
13:30	2	69,400.00	2,290.00	69,500.00	2,920.00	69,800.00	2,830.00	69,700.00	2,310.00
Unit : lux	3	69,400.00	1,349.00	69,500.00	1,720.00	69,800.00	1,607.00	69,700.00	1,354.00
	4	69,400.00	649.00	69,500.00	964.00	69,800.00	929.00	69,700.00	831.00

Model : 2	Point	A		B		C		D	
Floor : 1		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
18/1/2005	1	69,900.00	1,740.00	69,900.00	2,180.00	70,100.00	2,570.00	70,000.00	2,290.00
13:30	2	69,900.00	1,023.00	69,900.00	1,210.00	70,100.00	1,406.00	70,000.00	1,172.00
Unit : lux	3	69,900.00	449.00	69,900.00	559.00	70,100.00	606.00	70,000.00	484.00
	4	69,900.00	291.00	69,900.00	397.00	70,100.00	446.00	70,000.00	364.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.15 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 1.3

Model : 3	Point	A		B		C		D	
Floor : 3		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
18/1/2005	1	70,600.00	3,590.00	70,300.00	6,550.00	70,100.00	5,820.00	70,000.00	4,710.00
13:45	2	70,600.00	1,690.00	70,300.00	2,840.00	70,100.00	2,740.00	70,000.00	2,030.00
Unit : lux	3	70,600.00	984.00	70,300.00	1,583.00	70,100.00	1,454.00	70,000.00	1,085.00
	4	70,600.00	583.00	70,300.00	943.00	70,100.00	995.00	70,000.00	785.00

Model : 3	Point	A		B		C		D	
Floor : 2		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
18/1/2005	1	70,000.00	1,017.00	69,900.00	1,700.00	69,900.00	1,960.00	70,000.00	1,197.00
13:45	2	70,000.00	494.00	69,900.00	694.00	69,900.00	787.00	70,000.00	468.00
Unit : lux	3	70,000.00	353.00	69,900.00	481.00	69,900.00	519.00	70,000.00	356.00
	4	70,000.00	276.00	69,900.00	411.00	69,900.00	470.00	70,000.00	348.00

Model : 3	Point	A		B		C		D	
Floor : 1		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
18/1/2005	1	69,800.00	518.00	69,800.00	722.00	69,900.00	881.00	69,800.00	799.00
13:45	2	69,800.00	306.00	69,800.00	409.00	69,900.00	455.00	69,800.00	381.00
Unit : lux	3	69,800.00	250.00	69,800.00	336.00	69,900.00	359.00	69,800.00	283.00
	4	69,800.00	208.00	69,800.00	303.00	69,900.00	333.00	69,800.00	262.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.16 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 1.4

Model : 4	Point	A		B		C		D	
Floor : 3		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
18/1/2005	1	67,800.00	3,360.00	68,400.00	4,040.00	68,700.00	5,040.00	66,800.00	4,230.00
13:50	2	67,800.00	1,710.00	68,400.00	2,430.00	68,700.00	2,340.00	66,800.00	1,920.00
Unit : lux	3	67,800.00	1,086.00	68,400.00	1,460.00	68,700.00	1,478.00	66,800.00	1,106.00
	4	67,800.00	653.00	68,400.00	877.00	68,700.00	1,011.00	66,800.00	784.00

Model : 4	Point	A		B		C		D	
Floor : 2		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
18/1/2005	1	68,800.00	2,240.00	68,900.00	2,600.00	68,700.00	3,530.00	68,600.00	3,220.00
13:50	2	68,800.00	1,090.00	68,900.00	1,263.00	68,700.00	1,610.00	68,600.00	1,357.00
Unit : lux	3	68,800.00	746.00	68,900.00	846.00	68,700.00	1,041.00	68,600.00	822.00
	4	68,800.00	456.00	68,900.00	566.00	68,700.00	754.00	68,600.00	614.00

Model : 4	Point	A		B		C		D	
Floor : 1		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
18/1/2005	1	68,200.00	991.00	67,900.00	1,367.00	67,800.00	1,317.00	67,900.00	1,262.00
13:50	2	68,200.00	428.00	67,900.00	599.00	67,800.00	568.00	67,900.00	472.00
Unit : lux	3	68,200.00	336.00	67,900.00	435.00	67,800.00	455.00	67,900.00	349.00
	4	68,200.00	296.00	67,900.00	370.00	67,800.00	373.00	67,900.00	292.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.17 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 1.5

Model : 5	Point	A		B		C		D	
Floor : 3		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
18/1/2005	1	68,100.00	3,020.00	68,300.00	5,560.00	68,400.00	5,140.00	68,400.00	4,590.00
14:00	2	68,100.00	1,580.00	68,300.00	2,570.00	68,400.00	2,450.00	68,400.00	1,990.00
Unit : lux	3	68,100.00	1,021.00	68,300.00	1,447.00	68,400.00	1,370.00	68,400.00	1,062.00
	4	68,100.00	597.00	68,300.00	918.00	68,400.00	975.00	68,400.00	760.00

Model : 5	Point	A		B		C		D	
Floor : 2		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
18/1/2005	1	68,400.00	1,104.00	68,300.00	1,471.00	68,300.00	2,030.00	68,000.00	1,579.00
14:00	2	68,400.00	533.00	68,300.00	634.00	68,300.00	790.00	68,000.00	625.00
Unit : lux	3	68,400.00	391.00	68,300.00	532.00	68,300.00	566.00	68,000.00	436.00
	4	68,400.00	295.00	68,300.00	427.00	68,300.00	498.00	68,000.00	382.00

Model : 5	Point	A		B		C		D	
Floor : 1		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
18/1/2005	1	68,000.00	902.00	67,800.00	1,276.00	67,800.00	1,416.00	67,300.00	1,405.00
14:00	2	68,000.00	381.00	67,800.00	522.00	67,800.00	368.00	67,300.00	494.00
Unit : lux	3	68,000.00	315.00	67,800.00	412.00	67,800.00	427.00	67,300.00	340.00
	4	68,000.00	224.00	67,800.00	340.00	67,800.00	360.00	67,300.00	288.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.18 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 1.6

Model : 6	Point	A		B		C		D	
Floor : 3		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
18/1/2005	1	72,100.00	3,010.00	72,200.00	4,250.00	72,100.00	4,570.00	72,000.00	3,740.00
14:20	2	72,100.00	1,580.00	72,200.00	2,150.00	72,100.00	2,690.00	72,000.00	1,830.00
Unit : lux	3	72,100.00	1,039.00	72,200.00	1,178.00	72,100.00	1,657.00	72,000.00	1,059.00
	4	72,100.00	662.00	72,200.00	908.00	72,100.00	1,143.00	72,000.00	793.00

Model : 6	Point	A		B		C		D	
Floor : 2		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
18/1/2005	1	71,700.00	1,850.00	71,800.00	2,130.00	71,700.00	2,650.00	71,500.00	2,030.00
14:20	2	71,700.00	1,197.00	71,800.00	1,487.00	71,700.00	1,670.00	71,500.00	1,361.00
Unit : lux	3	71,700.00	802.00	71,800.00	960.00	71,700.00	1,039.00	71,500.00	836.00
	4	71,700.00	496.00	71,800.00	632.00	71,700.00	719.00	71,500.00	613.00

Model : 6	Point	A		B		C		D	
Floor : 1		Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior	Exterior	Interior
18/1/2005	1	71,400.00	1,690.00	71,500.00	2,270.00	71,500.00	2,650.00	71,400.00	2,380.00
14:20	2	71,400.00	955.00	71,500.00	1,202.00	71,500.00	1,530.00	71,400.00	1,166.00
Unit : lux	3	71,400.00	637.00	71,500.00	781.00	71,500.00	830.00	71,400.00	697.00
	4	71,400.00	397.00	71,500.00	517.00	71,500.00	571.00	71,400.00	484.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.19 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 2.1

Model 1-1
Dec.6, 2004
Time 11.00
Clear Sky
Unit : lux

	4		5		6		7	
	EX	IN	EX	IN	EX	IN	EX	IN
K	84,500.00	1,199.00	85,300.00	1,690.00	84,500.00	1,660.00	87,000.00	1,920.00
J	84,500.00	2,000.00	85,300.00	3,890.00	84,500.00	4,490.00	87,000.00	5,640.00
I	84,500.00	2,860.00	85,300.00	7,230.00	84,500.00	12,060.00	87,000.00	62,500.00
H	84,500.00	4,210.00	85,300.00	11,790.00	84,500.00	78,800.00	87,000.00	78,800.00
G	82,500.00	2,780.00	80,500.00	6,250.00	87,000.00	14,060.00	86,560.00	82,200.00
F	82,500.00	2,350.00	80,500.00	4,860.00	87,000.00	15,400.00	86,560.00	68,300.00
E	82,500.00	1,900.00	80,500.00	3,450.00	87,000.00	14,080.00	86,560.00	32,100.00
D	82,500.00	1,740.00	80,500.00	1,640.00	87,000.00	6,590.00	86,560.00	2,140.00

	8		9		10		11	
	EX	IN	EX	IN	EX	IN	EX	IN
K	88,000.00	1,435.00	88,400.00	915.00	86,000.00	685.00	85,800.00	416.00
J	88,000.00	3,480.00	88,400.00	1,800.00	86,000.00	1,124.00	85,800.00	657.00
I	88,000.00	6,660.00	88,400.00	2,370.00	86,000.00	1,325.00	85,800.00	607.00
H	88,000.00	9,960.00	88,400.00	3,200.00	86,000.00	1,780.00	85,800.00	785.00
G	85,800.00	17,400.00	85,500.00	5,750.00	87,000.00	2,800.00	86,100.00	1,162.00
F	85,800.00	15,540.00	85,500.00	4,440.00	87,000.00	1,940.00	86,100.00	1,004.00
E	85,800.00	15,990.00	85,500.00	3,200.00	87,000.00	1,661.00	86,100.00	933.00
D	85,800.00	2,150.00	85,500.00	1,507.00	87,000.00	922.00	86,100.00	612.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.20 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 2.2

Model 1-2

Dec.7, 2004

Time 14.30

Clear Sky

Unit : lux

	4		5		6		7	
	EX	IN	EX	IN	EX	IN	EX	IN
K	52,400.00	50.20	52,200.00	80.00	52,700.00	112.50	53,100.00	120.00
J	52,400.00	68.70	52,200.00	136.70	52,700.00	329.00	53,100.00	566.00
I	52,400.00	85.60	52,200.00	192.00	52,700.00	1,015.00	53,100.00	2,660.00
H	52,400.00	109.40	52,200.00	249.00	52,700.00	1,355.00	53,100.00	4,900.00
G	56,600.00	104.40	59,600.00	206.00	56,100.00	377.00	54,500.00	3,440.00
F	56,600.00	84.20	59,600.00	151.80	56,100.00	261.00	54,500.00	1,760.00
E	56,600.00	68.80	59,600.00	106.90	56,100.00	167.40	54,500.00	466.00
D	56,600.00	39.80	59,600.00	52.40	56,100.00	73.40	54,500.00	113.70

	8		9		10		11	
	EX	IN	EX	IN	EX	IN	EX	IN
K	52,900.00	119.90	53,000.00	85.80	53,300.00	53.40	52,400.00	35.00
J	52,900.00	563.00	53,000.00	250.00	53,300.00	121.70	52,400.00	63.40
I	52,900.00	2,080.00	53,000.00	514.00	53,300.00	167.00	52,400.00	76.00
H	52,900.00	3,340.00	53,000.00	627.00	53,300.00	199.00	52,400.00	92.00
G	55,400.00	3,560.00	54,300.00	1,580.00	54,200.00	276.00	53,200.00	119.80
F	55,400.00	1,790.00	54,300.00	912.00	54,200.00	183.00	53,200.00	88.40
E	55,400.00	484.00	54,300.00	326.00	54,200.00	123.60	53,200.00	67.70
D	55,400.00	113.90	54,300.00	99.90	54,200.00	67.50	53,200.00	44.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.21 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 2.3

Model 1-3
Dec.7, 2004
Time 15.00
Clear Sky
Unit : lux

	4		5		6		7	
	EX	IN	EX	IN	EX	IN	EX	IN
K	42,300.000	15.200	41,900.000	21.700	41,800.000	30.500	41,900.000	29.300
J	42,300.000	21.100	41,900.000	38.700	41,800.000	66.300	41,900.000	73.000
I	42,300.000	27.000	41,900.000	58.000	41,800.000	116.900	41,900.000	719.000
H	42,300.000	35.100	41,900.000	78.900	41,800.000	170.000	41,900.000	1,850.000
G	46,900.000	33.300	46,300.000	65.700	45,100.000	132.500	44,600.000	1,483.000
F	46,900.000	27.700	46,300.000	50.900	45,100.000	97.300	44,600.000	935.000
E	46,900.000	23.700	46,300.000	36.600	45,100.000	63.500	44,600.000	143.400
D	46,900.000	16.500	46,300.000	20.000	45,100.000	29.000	44,600.000	34.000

	8		9		10		11	
	EX	IN	EX	IN	EX	IN	EX	IN
K	42,200.000	28.000	42,400.000	19.200	42,100.000	12.600	42,600.000	8.400
J	42,200.000	72.100	42,400.000	47.000	42,100.000	26.100	42,600.000	14.400
I	42,200.000	405.000	42,400.000	77.400	42,100.000	35.700	42,600.000	17.000
H	42,200.000	817.000	42,400.000	105.600	42,100.000	44.900	42,600.000	22.000
G	43,800.000	1,335.000	43,100.000	152.900	42,800.000	64.500	42,800.000	29.700
F	43,800.000	858.000	43,100.000	106.100	42,800.000	47.300	42,800.000	23.500
E	43,800.000	143.500	43,100.000	63.700	42,800.000	34.200	42,800.000	19.800
D	43,800.000	36.800	43,100.000	30.400	42,800.000	21.000	42,800.000	15.500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.22 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 2.4

Model 1-4

Dec.24, 2004

Time 13.00

Clear Sky

Unit : lux

	4		5		6		7	
	EX	IN	EX	IN	EX	IN	EX	IN
K	59,200.00	495.00	59,200.00	675.00	59,600.00	615.00	59,800.00	711.00
J	59,200.00	749.00	59,200.00	1,634.00	59,600.00	1,890.00	59,800.00	2,270.00
I	59,200.00	776.00	59,200.00	2,450.00	59,600.00	3,970.00	59,800.00	5,660.00
H	59,200.00	747.00	59,200.00	2,490.00	59,600.00	6,190.00	59,800.00	6,130.00
G	60,900.00	410.00	61,600.00	816.00	61,500.00	2,130.00	61,400.00	4,640.00
F	60,900.00	282.00	61,600.00	491.00	61,500.00	1,111.00	61,400.00	1,860.00
E	60,900.00	198.00	61,600.00	294.00	61,500.00	492.00	61,400.00	595.00
D	60,900.00	100.00	61,600.00	131.90	61,500.00	171.00	61,400.00	188.00

	8		9		10		11	
	EX	IN	EX	IN	EX	IN	EX	IN
K	59,900.00	452.00	60,000.00	255.00	60,200.00	133.40	60,400.00	87.70
J	59,900.00	1,233.00	60,000.00	611.00	60,200.00	252.00	60,400.00	143.30
I	59,900.00	2,600.00	60,000.00	877.00	60,200.00	288.00	60,400.00	155.50
H	59,900.00	2,890.00	60,000.00	906.00	60,200.00	302.00	60,400.00	168.00
G	61,100.00	3,780.00	60,700.00	1,436.00	60,600.00	538.00	60,500.00	206.00
F	61,100.00	1,740.00	60,700.00	831.00	60,600.00	336.00	60,500.00	149.30
E	61,100.00	534.00	60,700.00	362.00	60,600.00	197.00	60,500.00	109.90
D	61,100.00	183.00	60,700.00	191.10	60,600.00	106.50	60,500.00	75.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.23 ผลการทดลองหุ่นจำลองกรณีที่ 2.5

Model 1-5

Dec 24, 2004

Time 14.30

Clear Sky

Unit : lux

	4		5		6		7	
	EX	IN	EX	IN	EX	IN	EX	IN
K	55300.00	620.00	54800.00	486.00	54700.00	467.00	54700.00	313.00
J	55300.00	1275.00	54800.00	1444.00	54700.00	1320.00	54700.00	958.00
I	55300.00	1420.00	54800.00	34100.00	54700.00	3100.00	54700.00	2370.00
H	55300.00	1219.00	54800.00	3810.00	54700.00	3480.00	54700.00	2660.00
G	58600.00	667.00	58200.00	1790.00	57700.00	2900.00	57300.00	2530.00
F	58600.00	386.00	58200.00	977.00	57700.00	1160.00	57300.00	1018.00
E	58600.00	230.00	58200.00	396.00	57700.00	389.00	57300.00	338.00
D	58600.00	106.40	58200.00	122.50	57700.00	128.30	57300.00	121.60

	8		9		10		11	
	EX	IN	EX	IN	EX	IN	EX	IN
K	54800.00	204.00	55000.00	106.70	55200.00	67.40	55600.00	44.30
J	54800.00	595.00	55000.00	195.00	55200.00	195.00	55600.00	75.60
I	54800.00	1505.00	55000.00	405.00	55200.00	405.00	55600.00	85.00
H	54800.00	1870.00	55000.00	477.00	55200.00	477.00	55600.00	98.50
G	56800.00	1920.00	56400.00	1288.00	55800.00	764.00	55700.00	238.00
F	56800.00	992.00	56400.00	676.00	55800.00	458.00	55700.00	162.00
E	56800.00	317.00	56400.00	217.00	55800.00	160.30	55700.00	89.80
D	56800.00	116.40	56400.00	86.50	58800.00	65.20	55700.00	48.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายอรรถสิทธิ์ ชมาฤกษ์ เกิดเมื่อวันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2515 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสาธิตคณะศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยปีการศึกษา 2537, รับราชการที่กรมยุทธโยธาทหารบก ตำแหน่งสถาปนิก แผนกสถาปัตยกรรม กองแบบแผน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2537 ถึง 2539 รับพระราชทานยศร้อยโท, หลังจากนั้นเป็นสถาปนิกผู้ออกแบบ บริษัท พีพีเอส ดีไซนจำกัด, ปฏิบัติวิชาชีพสถาปนิกควบคุมได้รับใบอนุญาตระดับสามัญสถาปนิก

ขณะปัจจุบันรับราชการในสังกัดทบวงมหาวิทยาลัย ตำแหน่งอาจารย์ประจำ ที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ตั้งแต่ปีการศึกษา 2542 จนถึงปัจจุบัน ได้รับทุนจากมหาวิทยาลัยต้นสังกัดในการศึกษาระดับมหาบัณฑิตที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้