

การศึกษารูปแบบของอุปกรณ์บังแดดและช่องแสงทางด้านข้าง เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้
แสงสว่างจากธรรมชาติภายในห้องเรียน

โดย
นางสาว จันทมน โพรพิทักษ์

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

ภาควิชาสถาปัตยกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974 - 653 - 655 - 9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

THE STUDY OF SHADING DEVICES AND SIDE LIGHTING TO ENHANCE
THE USE OF DAYLIGHTING IN A CLASSROOM

By
Chantamon Potipituk

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree
MASTER OF ARCHITECTURE

Department of Architecture

Graduate School

2003

ISBN 974 - 653 - 655 - 9

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร อนุมัติให้วิทยานิพนธ์เรื่อง “การศึกษารูปแบบของ
อุปกรณ์บังแดดและช่องแสงทางด้านข้าง เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ
ภายในห้องเรียน” เสนอโดย นางสาวฉันทน โพธิพิทักษ์ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิราวรรณ คงคล้าย)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

1. รองศาสตราจารย์ มาลินี ศรีสุวรรณ

2. อาจารย์ ดร.ปรีชญา มหัทธนะทวี

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

คณะกรรมการตรวจสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ อรศิริ ปาณินท์)

...../...../.....

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ มาลินี ศรีสุวรรณ)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. อัจฉราวรรณ จุฑารัตน์)

...../...../.....

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ปรีชญา มหัทธนะทวี)

...../...../.....

K 45054203 : สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

คำสำคัญ : ช่องแสงทางด้านข้าง / อุปกรณ์บังแดด

ฉันทมน โทธิพิทักษ์ : การศึกษารูปแบบของอุปกรณ์บังแดดและช่องแสงทางด้านข้าง เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติภายในห้องเรียน (THE STUDY OF SHADING DEVICES AND SIDE LIGHTING TO ENHANCE THE USE OF DAYLIGHTING IN A CLASSROOM) อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ : รศ. มาลินี ศรีสุวรรณ และ ดร. ปรัชญา มหัทธนนทวิ. 425 หน้า. ISBN 974 - 653 - 655 - 9

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบของช่องแสงทางด้านข้าง และรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดร่วมกับช่องแสงทางด้านข้างที่มีความเหมาะสมกับลักษณะของห้องเรียนในทิศทางต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติภายในห้องเรียนโดยคำนึงถึงระดับความส่องสว่าง ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง และสถานะแสงบาดตา (Glare)

ขอบเขตของการศึกษาในครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาเฉพาะห้องเรียนขนาดมาตรฐานของโครงการโรงเรียนมัธยมศึกษาเฉลิมพระเกียรติ กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งมีขนาด 8.00 x 8.00 ม. สูง 3.50 ม. โดยห้องเรียนที่ทำการศึกษามีลักษณะช่องแสงทางด้านข้างที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 หน้าต่างมีความสูง 1.10 เมตร และมีความกว้างเท่ากับผนังห้อง ขอบล่างของหน้าต่างสูงจากพื้น 0.90 เมตร ส่วนรูปแบบที่ 2, 3, และ 4 ประกอบด้วยหน้าต่าง (ขนาดเท่ากับแบบที่ 1) และช่องแสงเหนือหน้าต่างที่มีขนาดความสูง 0.60 เมตร โดยขอบล่างของช่องแสงเหนือหน้าต่างของรูปแบบที่ 2, 3, และ 4 อยู่ในระดับ 2.30, 2.00, และ 2.60 เมตร ตามลำดับ กำหนดการทดลองในตำแหน่งละติจูดที่ 14° N เนื่องจากที่ตั้งของโรงเรียนส่วนใหญ่ในโครงการโรงเรียนมัธยมศึกษาเฉลิมพระเกียรติจะตั้งอยู่ในภาคกลาง ศึกษาเฉพาะตำแหน่งการวางห้องเรียนในทิศหลัก 4 ทิศ (ทิศเหนือ ได้ ตะวันออก และตะวันตก) โดยมีวิธีการศึกษา ดังนี้คือ

1. ศึกษาารูปแบบอุปกรณ์บังแดด เพื่อเลือกชนิดของรูปแบบที่เหมาะสมต่องานวิจัย
2. ศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถจำลองสภาพแสงธรรมชาติภายในอาคาร ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรม Desktop Radiance 2.0 ทำการเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ กับผลที่วัดได้จากหุ่นจำลองที่วางไว้ได้สภาพท้องฟ้าจริง เพื่อศึกษาความถูกต้องแม่นยำของโปรแกรม
3. ทำการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองสภาพแสงสว่างธรรมชาติภายในห้องเรียนที่มีรูปแบบของช่องแสงทางด้านข้าง รูปแบบอุปกรณ์บังแดด ทิศทางของห้องเรียน และช่วงเวลาที่ทำการทดลองที่แตกต่างกัน
4. วิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหารูปแบบของช่องแสงทางด้านข้าง และอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับทิศทางการวางห้องเรียน โดยคำนึงถึงปริมาณแสงที่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง และสถานะแสงบาดตา (Glare)

ผลของการศึกษาวิจัยพบว่ารูปแบบของช่องแสงทางด้านข้างแบบที่ 4 จะเหมาะสมกับห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศเหนือ ทิศใต้ หรือ ทิศตะวันตก ส่วนรูปแบบของช่องแสงทางด้านข้างแบบที่ 2 จะเหมาะสมกับห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันออก เมื่อพิจารณาถึงรูปแบบของช่องแสงทางด้านข้างร่วมกับอุปกรณ์บังแดดจะพบว่าช่องแสงทางด้านข้างแบบที่ 4 ร่วมกับอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน จะเหมาะสมกับห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศใต้ ทิศตะวันออก หรือทิศตะวันตก ส่วนช่องแสงทางด้านข้างแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดดนั้นจะเหมาะสมกับห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางด้านทิศเหนือ

K 45054203 : MAJOR : ARCHITECTURE

KEY WORD : SIDE LIGHTING / SHADING DEVICES

CHANTAMON POTIPITUK : THE STUDY OF SHADING DEVICES AND SIDE LIGHTING TO ENHANCE THE USE OF DAYLIGHTING IN A CLASSROOM. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. MALINEE SRISUWAN, AND PRECHAYA MAHATTANATAWE, Ph.D. 425 pp. ISBN 974 - 653 - 655 - 9

The purpose of this research was to study types of side lighting and types of shading devices with side lighting which were suitable for a classroom at different orientations in order to enhance the use of daylighting in a classroom by considering illuminance level, uniformity of illumination, and glare condition.

The scope of this research was to study only standard classrooms of the project “Chalermprakiet Secondary School,” Ministry of Education. Each test classroom was 8.00 m. wide by 8.00 m. deep by 3.50 m. high. The classrooms have four types of side lighting. The first type had 1.10 m. window height. The window had the same width as the wall and was placed at 0.90 m. from the floor level. The second, third, and fourth types of side lighting had windows (the same size as type 1) and upper windows (0.60 m. height). The bottom edges of the upper window for type 2, 3, and 4 were at 2.30, 2.0, 2.6 m. respectively. The experiments were set at 14° N because most Chalermprakiet Secondary Schools were situated in the central part of Thailand. The orientations of the classrooms were in 4 main directions (North, South, East and West). The methods of the study are as follows.

1. Study types of shading devices in order to select the appropriate types for the research.
2. Study a computer program which can simulate natural lighting in buildings. The computer program used for this study is Desktop Radiance 2.0. The illuminance values inside a classroom calculated from the computer program were compared with the illuminance values measured from models placed under the real sky in order to determine the accuracy of the computer program.

3. Conduct experiments by using the computer program to simulate the natural lighting in the classrooms which have different side lighting, shading devices, orientations, and experiment time.

4. Analyze the experiment results in order to select the suitable types of side lighting and shading devices. The factors considered are the appropriate illuminance on working areas, uniformity of illumination, and glare condition.

The results from this research show that the fourth type of side lighting is suitable for a classroom which has a side lighting on the North, South, or West wall. The second type of side lighting is suitable for a classroom which has a side lighting on the East wall. By considering the combination of side lighting and shading device, the fourth type of side lighting with a horizontal shading device is suitable for the classroom which has a side lighting on the South, East, or West wall. The fourth type of side lighting without a shading device is suitable for a classroom which has a side lighting on the North wall.

Department of Architecture

Graduated School, Silpakorn University

Academic Year 2003

Student's signature

Thesis Advisors' signature 1. 2.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ มลินี ศรีสุวรรณ และ อาจารย์ ดร. ปรัชญา มัทธนทวี อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านทั้งสองได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยมาโดยตลอด บุคคลที่ต้องขอขอบคุณเป็นอย่างมาก คือ ศาสตราจารย์ อรศิริ ปาณินท์ อาจารย์ประจำภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ได้กรุณาสละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พันธดา พุฒิปาโรจน์ อาจารย์ประจำภาควิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ได้กรุณาอนุญาตให้ใช้เครื่องมือทดลอง Datalogger รุ่น LI - 1400 และอุปกรณ์ต่อพ่วง อาจารย์ ดร. อัจฉรวรรณ จุฑารัตน์ หัวหน้าประจำสาขาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้ให้คำแนะนำเพื่อเป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัย รองศาสตราจารย์ ดร. เสริม จันทน์ฉาย อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ได้กรุณาตรวจสอบความถูกต้องและปรับเทียบเครื่องมือทดลอง และขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้ทุนอุดหนุนในการทำวิทยานิพนธ์ จึงใคร่ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ บุคคลดังมีรายชื่อดังนี้คือ

- คุณพิชญา ศรีแดง
- คุณศศิธร คล้ายชม
- คุณอิสระ มะศิริ

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ สำหรับโอกาสและกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา ตลอดจนบุคคลที่ให้ความช่วยเหลือซึ่งไม่ได้กล่าวในที่นี้ด้วย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ท
สารบัญภาพ	ร
สารบัญแผนภูมิ	กก
บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา	4
ขอบเขตของการศึกษา	4
ขั้นตอนของการศึกษา	6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
ข้อตกลงเบื้องต้น	7
คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษาวิจัย	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง	10
พฤติกรรมของแสง	11
การดูดกลืน	11
การสะท้อนของแสง	12
การส่องผ่าน	14
ตัวกลางชนิดโปร่งใส	14
ตัวกลางชนิดโปร่งแสง	15
ทฤษฎีและศัพท์ที่เกี่ยวกับความส่องสว่าง	16
ความเข้มแสง	16
ปริมาณการส่องแสง	16

บทที่	หน้า
ความส่องสว่าง	18
กฎกำลังสองผกผัน	18
คุณสมบัติอื่นๆของแสง	19
ความสว่าง	19
ความเปรียบต่าง	20
ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ	20
แหล่งกำเนิดแสง	20
แสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์	21
แสงธรรมชาติจากท้องฟ้า	21
แสงธรรมชาติจากพื้นดิน	21
การศึกษาเกี่ยวกับดวงอาทิตย์	21
ตำแหน่งที่ตั้งของดวงอาทิตย์	22
การบอกเวลา	22
การคำนวณหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์	25
สมการของมุมละติจูดของดวงอาทิตย์	25
สมการของมุมอะซิมุทของดวงอาทิตย์	26
สภาพท้องฟ้า	26
สภาพท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆปกคลุม	27
สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน	27
สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมทึบหรือท้องฟ้าห้ว จนไม่สามารถมองเห็น แหล่งกำเนิดแสงได้	27
การระบายอากาศในอาคารที่สัมพันธ์กับรูปแบบของช่องเปิดและรูปแบบอุปกรณ์ บังแดด	28
ทิศทางกระแสลมและการระบายอากาศในอาคาร	28
การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคาร จากปัจจัยและวิธีการที่ทำให้เกิดการเปียงเบนหรือพัดพาของกระแสลม	28
ตำแหน่งช่องเปิด	29
ขนาดและจำนวนช่องเปิด	30

แนวทิศทางการไหลของกระแสลม เนื่องจากสิ่งประกอบบริเวณช่อง	
เปิดทางเข้า และช่องเปิดทางออกของกระแสลม	32
การใช้ผนังกัน ภายในห้องกับผลของกระแสลมที่เกิดขึ้น	33
ระยะความสูงจากช่องเปิดถึงพื้นดิน	33
รูปแบบของช่องเปิดและรูปแบบอุปกรณ์บังแดด	34
ช่องเปิดที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	34
ช่องเปิดที่มีอุปกรณ์บังแดด	34
ชนิดและวัสดุของอุปกรณ์บังแดด	37
แบบใช้งานแบบถาวร	37
แบบใช้งานแบบชั่วคราว	40
สรุปลักษณะชนิดและข้อเปรียบเทียบข้อดี – ข้อเสียของอุปกรณ์บังแดด	41
การพิจารณาค่าความส่องสว่างภายในอาคาร โดยอาศัยแสงธรรมชาติ	43
Lumen Transfer Method	43
Daylight Factor Method	45
องค์ประกอบของวิธีการคำนวณแบบ Daylight Factor	46
การใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน	48
กรณีศึกษา	48
กระทรวงการต่างประเทศ อาคารที่มีการใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แสงสว่างธรรมชาติให้เข้าสู่ตัวอาคาร	48
รายละเอียดโครงการ	48
แนวความคิดในการออกแบบ	49
พื้นที่ใช้สอย	51
การเลือกใช้วัสดุ	51
การประหยัดพลังงาน	52
อาคารคอมมอนเวลธ์ อาคารที่มีการใช้อุปกรณ์บังแดดร่วมกับช่องแสงด้านบน (แบบฟันเลื่อย หรือ Saw Tooth) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แสงสว่างธรรมชาติให้เข้าสู่อาคาร	52
รายละเอียดโครงการ	52
แนวความคิดในการออกแบบ	53

บทที่	หน้า
พื้นที่ใช้สอย	54
การเลือกใช้วัสดุ	55
การประหยัดพลังงาน	55
การศึกษาประกอบการออกแบบอาคารคอมมอนเวลธ์ ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แสงสว่างธรรมชาติให้เข้าสู่ตัวอาคาร	58
การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	58
การศึกษางานวิจัยที่มีการวิจัยไปแล้ว	58
การศึกษางานวิจัยที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	59
หลักการของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Desktop Radiance 2.0	59
เทคนิคการสร้างภาพ (Rendering Technique) ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Desktop Radiance 2.0	60
การแสดงผลและการวิเคราะห์ผลค่าแสงบาดตา	61
การแสดงผลและการวิเคราะห์ผลค่าแสงบาดตา แบบ Guth Visual Comfort Probability ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Desktop Radiance 2.0	63
3 การศึกษาเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างที่วัดโดยใช้เครื่องมือกับผลที่ได้โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	64
ขั้นตอนในการทดลองโดยใช้เครื่องมือ	64
หุ่นจำลอง	66
ลักษณะของหุ่นจำลองและวัสดุที่ใช้ในการทำหุ่นจำลอง	66
วัสดุพื้นผิวและการวัดค่าการสะท้อนแสงของวัสดุพื้นผิวต่างๆภายในหุ่นจำลอง	68
การวัดค่าการสะท้อนแสงของวัสดุพื้นผิวต่างๆภายในหุ่นจำลอง	69
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	70
ลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter) รุ่น Testo 545	70
เครื่อง Datalogger รุ่น LI – 1400 และอุปกรณ์ต่อพ่วง	70
เครื่อง Datalogger รุ่น LI – 1400 (ยี่ห้อ LI-COR)	70
อุปกรณ์ต่อพ่วง (Standard Terminal Block รุ่น 1400 - 301 ยี่ห้อ LI-COR)	71

หัวเซนเซอร์วัดแสง (Photometric Sensor) พร้อมฐานปรับระดับ (Mounting & Leveling Fixture)	71
กล้องถ่ายรูปดิจิทัล	71
เข็มทิศ	72
วิธีการติดตั้งและการใช้งานเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	72
ติดตั้งหัวเซนเซอร์วัดแสง (Photometric Sensor) ในตำแหน่งที่ทำการวัดค่า ความส่องสว่าง	72
ติดตั้งหัวเซนเซอร์วัดแสง กับเครื่อง Datalogger และอุปกรณ์ต่อพ่วงจนครบ ทั้ง 5 Channel	73
การวัดค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลอง	74
ช่วงเวลาที่ทำการทดลองโดยใช้เครื่องมือ	74
สถานที่ทำการทดลอง	74
ตำแหน่งของการวัดค่าความส่องสว่างภายในและนอกหุ่นจำลอง	75
ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	76
ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่อง มือกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้าน ข้างอยู่ทางทิศตะวันตก	77
ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและ เครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสง ด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มี อุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 26 ธันวาคม 2546	77
ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและ เครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสง ด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มี อุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 29 ธันวาคม 2546	78

ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและ
เครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสง
ด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมี
อุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 30 ธันวาคม 2546 79

ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและ
เครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสง
ด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมี
อุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2546 80

ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและ
เครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสง
ด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมี
อุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 5 มกราคม 2547 81

ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและ
เครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสง
ด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมี
อุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 6 มกราคม 2547 82

ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่อง
มือกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้าน
ข้างอยู่ทางทิศใต้ 83

ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและ
เครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสง
ด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์
บังแดด ณ วันที่ 7 มกราคม 2547 83

ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและ
เครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสง
ด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์
บังแดด ณ วันที่ 13 มกราคม 2547 84

ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 15 มกราคม 2547	85
ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 16 มกราคม 2547	86
ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 19 มกราคม 2547	87
ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 20 มกราคม 2547	88
4 ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์และการวิเคราะห์ข้อมูล	90
การทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	90
การทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยเน้นลักษณะท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky)	90
ลักษณะของห้องเรียนและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่ใช้ในการจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์	90
การทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Desktop Radiance 2.0	92
แสดงระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) แบบPoint และแบบGrid	92
แสดงผลค่าแสงบาดตา (Glare)	92
ภาพจำลองของสภาพภายใน	92
การเลือกและกำหนดวันที่สำหรับการทดลองผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และจำนวนผลการทดลอง	93
การเลือกและกำหนดวันที่สำหรับการทดลองผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	93

จำนวนผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	95
การสร้างแบบห้องเรียนจำลอง	97
วัตถุประสงค์ของการสร้างแบบจำลอง	97
รายละเอียดของห้องเรียนจำลอง	97
ค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) และค่าแสงสว่างส่องผ่าน (Transmittance)	97
ตำแหน่งของ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างภายนอก	97
ตำแหน่งของ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างเป็นจุด ณ ตำแหน่งกึ่งกลางห้องเรียน	98
ตำแหน่งของ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างภายในแบบ Grid	99
ตำแหน่งของคนและมุมมองที่ใช้ในการหาค่า Glare	100
การนำเสนอผลการทดลอง	101
การนำเสนอแต่ละผลการทดลอง 1 ผลการทดลอง	102
ผลการทดลอง	109
ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก	110
ผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงแตกต่างกันทั้ง 4 แบบ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด	110
ผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงแตกต่างกันทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน	131
ผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงแตกต่างกันทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง	153
ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้	175
ผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงแตกต่างกันทั้ง 4 แบบ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด	175
ผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงแตกต่างกันทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน	196
ผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงแตกต่างกันทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง	217
ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก	238

การวิเคราะห์ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด	238
การวิเคราะห์ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน	240
การวิเคราะห์ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง	241
ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ	243
การวิเคราะห์ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด	243
การวิเคราะห์ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน	245
การวิเคราะห์ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง	247
หลักเกณฑ์ในการการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง	249
หลักเกณฑ์ในการพิจารณาค่าแฟกเตอร์นี้้นัก	249
การกำหนดการให้คะแนนของ ค่า Daylight Factor ค่า Uniformity of Illumination และ ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผล ค่า Glare	249
การกำหนดการให้คะแนนของ ค่า Daylight Factor	249
การกำหนดการให้คะแนนของ ค่า Uniformity of Illumination	251
การกำหนดการให้คะแนนของ ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare	252
การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง	253
การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทาง ด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก	253
การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้อง เรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีลักษณะ ช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆที่มีการเปรียบเทียบ ช่วงเวลาใน 1 วัน	253

การวิเคราะห์ข้อมูลค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลอง ของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมี ลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการ เปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	256
การวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดง ผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้าง อยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์ บังแดดแบบต่างๆที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	259
การวิเคราะห์ข้อมูลจากเกณฑ์การพิจารณาคะแนนทั้ง 3 ส่วน.....	263
การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทาง ด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก	270
การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้อง เรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออกโดยมีลักษณะ ช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆที่มีการเปรียบเทียบ ช่วงเวลาใน 1 วัน	270
การวิเคราะห์ข้อมูลค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลอง ของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก โดยมี ลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการ เปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	274
การวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดง ผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้าง อยู่ทางทิศตะวันออก โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์ บังแดดแบบต่างๆที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	276
การวิเคราะห์ข้อมูลจากเกณฑ์การพิจารณาคะแนนทั้ง 3 ส่วน.....	280
การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทาง ด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ	287

การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	287
การวิเคราะห์ข้อมูลค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	291
การวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	293
การวิเคราะห์ข้อมูลจากเกณฑ์การพิจารณาคะแนนทั้ง 3 ส่วน	297
การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้	304
การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	304
การวิเคราะห์ข้อมูลค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	308
การวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	310
การวิเคราะห์ข้อมูลจากเกณฑ์การพิจารณาคะแนนทั้ง 3 ส่วน	314

การทดลองเพิ่มเติมโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ	
การส่องสว่างห้องเรียนใน (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น	322
ผลการทดลองในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่องสว่างในห้องเรียน	
(ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น	322
ผลการทดลองเปรียบเทียบห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4)	
ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์	
บังแดด	323
ผลการทดลองเปรียบเทียบห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4)	
ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์	
บังแดดในแนวนอน	327
ผลการทดลองเปรียบเทียบห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4)	
ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์	
บังแดดในแนวตั้ง	332
หลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองในหัวข้อ 9.1	338
หลักเกณฑ์ในการพิจารณาค่าแฟกเตอร์น้ำหนัก	338
การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองในหัวข้อ 9.1	338
การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลองของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่อง	
แสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก	338
การพิจารณาวิเคราะห์เกณฑ์การให้คะแนนจากผลการทดลองในหัวข้อ 9.1 ..	348
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	353
บทสรุป	353
รูปแบบของช่องแสงทางด้านข้าง ที่มีระดับความส่องสว่างของแสง ลักษณะ	
การกระจายแสงมีความสม่ำเสมอที่สุด และไม่มีสภาวะแสงบาดตา	
รบกวนซึ่งจะเหมาะสมกับลักษณะของห้องเรียน	353
ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก	353
ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก	354
ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ	356
ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้	357

รูปแบบอุปกรณ์บังแดดและช่องแสงทางด้านข้าง ที่มีความเหมาะสมและสัมพันธ์กับทิศทางต่างๆของห้องเรียน รวมถึงให้ค่าระดับความส่องสว่างของแสง ลักษณะการกระจายแสงมีความสม่ำเสมอที่สุด และไม่มีสถานะแสงบาดตามารบกวนซึ่งจะเหมาะสมกับลักษณะของห้องเรียน	358
ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก	359
ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก	360
ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ	361
ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้	362
ระยะห่างมากที่สุดจากช่องแสงทางด้านข้างของห้องเรียนที่มีปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอ ณ ตำแหน่งพื้นที่ใช้งาน	364
ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก	364
ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก	364
ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ	364
ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้	364
ทิศทางการวางตัวของห้องเรียนที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติภายในห้องเรียนดีที่สุด	365
บทสรุปกรณีการศึกษาห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น และรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันตก	365
แนวทางในการวิจัยในอนาคต	365
การวิจัยโดยคำนึงถึงข้อมูลที่ได้ควรมีความครอบคลุม	365
การวิจัยเพื่อหาแนวทางอื่นเพิ่มเติม	366
การศึกษาค่าแสงบาดตา (Glare)	366
บรรณานุกรม	367
ประวัติผู้วิจัย	369

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงค่าความส่องสว่าง ในแต่ละลักษณะพื้นที่ใช้งานตามมาตรฐาน CIE	18
2	แสดงที่ตั้งของจังหวัดต่างๆที่สำคัญในประเทศไทยในแต่ละภูมิภาค ตามแนวละติจูด และลองจิจูด	23
3	แสดงการแบ่งประเภทของท้องฟ้าจากปริมาณของเมฆในท้องฟ้า	26
4	แสดงรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดตามลักษณะการใช้งาน	35
5	ลักษณะชนิดและข้อเปรียบเทียบข้อดี – ข้อเสียของอุปกรณ์บังแดด	41
6	แสดงค่า Daylight Factor ที่พอเพียงต่อลักษณะการใช้งานประเภทต่างๆ	47
7	ข้อดี – ข้อเสียของเทคนิคการสร้างภาพ (Rendering Technique) แบบ Ray Tracing	60
8	แสดงข้อจำกัดของความสามารถรับความส่องสว่างได้ของการมองเห็นในมุมต่างๆ ..	61
9	แสดงรายละเอียดของการเลือกกรณีตัวอย่างการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ	65
10	แสดงค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) และค่าแสงสว่างส่องผ่าน (Transmittance) ของวัสดุในส่วนต่างๆ ของห้องเรียน	68
11	แสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุพื้นผิวต่างๆที่นำมาใช้ทำหุ่นจำลองของการวิจัยครั้งนี้	68
12	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.1 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศ ตะวันตกโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 26 ธันวาคม 2546	77
13	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.2 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศ ตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 29 ธันวาคม 2546	78
14	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.3 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศ ตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 30 ธันวาคม 2546	79
15	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.4 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศ ตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2546	80
16	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.5 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศ ตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 5 มกราคม 2547	81
17	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.6 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศ ตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 6 มกราคม 2547	82
18	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.2.1 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศ ใต้ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 7 มกราคม 2547	83

ตารางที่	หน้า
19	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.8 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 13 มกราคม 2547 84
20	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.9 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 15 มกราคม 2547 85
21	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.10 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 16 มกราคม 2547 86
22	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.11 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 19 มกราคม 2547 87
23	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.12 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 20 มกราคม 2547 88
24	แสดงจำนวนผลการทดลองตามตำแหน่งที่ตั้ง ทิศทางของห้องเรียน ลักษณะของช่องแสง รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด และช่วงเวลาของการทดลอง 96
25	แสดงค่าการสะท้อนแสงและค่าแสงสว่างส่องผ่านของวัสดุในส่วนต่างๆของห้องเรียน 97
26	แสดงตัวอย่างรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.1.1 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน 102
27	แสดงลำดับเลขหน้าในการนำเสนอผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล (240 ผลการทดลอง) 108
28	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.1.1 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน 109
29	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.1.2 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน 114
30	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.1.3 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตกโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน 119
31	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.1.4 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน 124
32	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.2.1 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน 131
33	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.2.2 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน 136

[illegible]

48	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.2.3.1 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	217
49	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.2.3.2 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	222
50	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.2.3.3 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	227
51	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.2.3.4 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	232
52	แสดงการพิจารณาค่าแฟกเตอร์น้ำหนัก	259
53	แสดงค่า Daylight Factor ที่พอเพียงต่อการใช้งานในลักษณะต่างๆ	259
54	แสดงช่วงของค่า Daylight Factor กับระดับคะแนนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้	260
55	แสดงช่วงของค่า Uniformity of Illumination กับระดับคะแนนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้	261
56	แสดงช่วงของค่า Guth Visual Comfort Probability กับระดับคะแนนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้	262
57	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	254
58	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	255
59	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	256
60	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	257
61	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	258

62	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	259
63	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	260
64	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	261
65	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบ ช่วงเวลาใน 1 วัน	262
66	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก	263
67	แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน	267
68	แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงประกอบอุปกรณ์บังแดดจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน	268
69	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	271

70	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	272
71	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	273
72	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	274
73	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1-4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	275
74	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1-4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	276
75	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	277
76	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	278
77	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	279
78	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก	280

79	แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน	286
80	แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงประกอบอุปกรณ์บังแดดจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน	287
81	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	288
82	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	289
83	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	290
84	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1-4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	291
85	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1-4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	292
86	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1-4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งที่ มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	293

87	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1-4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วง เวลาใน 1 วัน	294
88	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	295
89	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 – 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	296
90	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ	297
91	แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลา ใน 1 วัน	303
92	แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงประกอบอุปกรณ์บังแดดจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และ ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน	304
93	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	305
94	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	306

95	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	307
96	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1-4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	308
97	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1-4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	309
98	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1-4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	310
99	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1-4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน ...	311
100	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	312
101	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	313
102	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้	314
103	แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ณ วันที่ 23 กันยายนช่วงเวลาใน 1 วัน	320

104	แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงประกอบอุปกรณ์บังแดดจากการวิเคราะห์เกณฑ์การ พิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศ ใต้ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน	321
105	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 9.1.1 ที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศ ตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	323
106	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 9.1.2 ที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศ ตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	328
107	แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 9.1.3 ที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศ ตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	333
108	แสดงการพิจารณาค่าแฟกเตอร์น้ำหนัก ตามลำดับความสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูล จากผลการทดลอง	338
109	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	339
110	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	340
111	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	341
112	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้อง เรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ ทางทิศตะวันตกโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน ...	342
113	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้อง เรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วง เวลาใน 1 วัน	343

114	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	344
115	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	345
116	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตกโดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	346
117	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน	347
118	แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก	348
119	แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน	354
120	แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน	355
121	แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน	357

122	แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน	358
123	แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงประกอบอุปกรณ์บังแดดจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และ ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน	360
124	แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงประกอบอุปกรณ์บังแดดจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน	361
125	แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงประกอบอุปกรณ์บังแดดจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน	362
126	แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงประกอบอุปกรณ์บังแดดจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน	363

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบต่างๆที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้	5
2	แสดง Visible Spectrum ของคลื่นแสง (Visible Light) เรียงลำดับตามความยาวคลื่น .	10
3	แสดงพฤติกรรมของแสงเมื่อกระทบกับวัตถุ	11
4	แสดงการดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง	12
5	แสดงการสะท้อนของแสงแบบกระจกเงา (Specular Reflection)	12
6	แสดงการสะท้อนของแสงแบบกระจาย (Diffuse Reflection)	13
7	แสดงการสะท้อนของแสงแบบ ผสม (Combined Specular and Diffuse Reflection)	14
8	แสดงลักษณะของแสงตกกระทบตัวกลางชนิดโปร่งใส	15
9	แสดงลักษณะของแสงตกกระทบตัวกลางชนิดโปร่งแสง	15
10	แสดงลักษณะการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลาง	16
11	แสดงปริมาณการส่องสว่าง (Luminous Flux)	17
12	แสดง Solid Angle 1 สเตอเรเดียน (Steradian)	17
13	แสดงกฎกำลังสองผกผันของค่าความส่องสว่าง (Inverse Square Law)	19
14	แสดงลักษณะของความเปรียบต่าง (Contrast)	20
15	ตำแหน่งของดวงอาทิตย์จากมุมอัลติจูด (at, Altitude) และมุมอะซิมุท (as, Azimuth)	22
16	แสดงสภาพท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆปกคลุม (Clear Sky)	27
17	แสดงสภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทึบหรือท้องฟ้าห้ว (Overcast Sky)	28
18	แสดงรูปตัดที่มีลักษณะของลมเข้ามาในห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดย ไม่มีอุปกรณ์บังแดด ลมสามารถพัดผ่านภายในห้องได้ทั่วถึง	29
19	แสดงรูปตัดที่มีลักษณะของลมเข้ามาในห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 โดย ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	30
20	แสดงผืนพื้นที่ขนาดของช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับปริมาณลมที่เข้าไปภายใน	31
21	แสดงรูปตัดที่ทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์ บังแดด การระบายอากาศจากช่องทางเข้าและออกมีความเร็วและปริมาณ ที่แตกต่างกัน ตามขนาดของช่องเปิดที่แตกต่างกัน	31
22	แสดงผืนพื้นที่มีรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งประกอบ	32

ภาพที่	หน้า
23	แสดงรูปตัดของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีรูปแบบของอุปกรณ์ บังแดดในแนวนอนประกอบ โดยจะเห็นว่า มีผลต่อกระแสลมภายในห้อง โดยเฉพาะกับช่องเปิดที่มีขนาดไม่กว้างมากนัก 32
24	แสดงผังพื้นของห้องเรียนโดยไม่มีรูปแบบของอุปกรณ์บังแดด ที่มีลักษณะโล่ง ไม่มีการกั้นผนังภายใน ทำให้การไหลเวียนของอากาศดีขึ้นกว่าการกั้นผนัง 33
25	แสดงรูปตัดที่ทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์ บังแดด ความสูงของช่องเปิดมีผลกับทิศทางของกระแสลมภายในห้อง 33
26	แสดงอุปกรณ์บังแดดคอนกรีตเสริมเหล็ก 38
27	แสดงอุปกรณ์บังแดดประเภทลูมิเนียม หรือเหล็กชุบอลูมิเนียม 38
28	แสดงอุปกรณ์บังแดดโพลีกลาสและไฟเบอร์กลาส 39
29	แสดงอุปกรณ์บังแดดไม้ 39
30	แสดงอุปกรณ์บังแดดแบบผ้าใบ 40
31	แสดงการพิจารณาค่าความส่องสว่างรวมที่ตกกระทบ ณ จุดใดจุดหนึ่ง ด้วยวิธีการ คำนวณแบบ Lumen Method 44
32	แสดงองค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อการพิจารณาค่าความส่องสว่างภายในอาคารโดย อาศัยแสงธรรมชาติด้วยวิธีเคย์ไลต์แฟกเตอร์ เมื่อ A คือ องค์ประกอบจากท้องฟ้า (Sky Component, SC) B คือ องค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายนอก (Exterior Reflective Component, ERC) และ C คือ องค์ประกอบจากการ สะท้อนแสงภายใน (Interior Reflective Component, IRC) 45
33	แสดงผังบริเวณของกระทรวงการต่างประเทศ ไม่มีมาตราส่วน 49
34	แสดงทัศนียภาพของอาคารกระทรวงการต่างประเทศ 50
35	แสดงรูปด้านทางทิศใต้ มุมมองจากถนนศรีอยุธยา ไม่มีมาตราส่วน 50
36	แสดงรูปด้านทางทิศตะวันตก ไม่มีมาตราส่วน 50
37	แสดงรูปตัดทางทิศใต้ ไม่มีมาตราส่วน 50
38	แสดงบรรยากาศด้านหน้าของอาคารในเวลากลางวัน และกลางคืน 51
39	แสดงรายละเอียดของผนังภายนอก ที่ตกแต่งด้วยหินทรายผิวธรรมชาติ และแผ่น อลูมิเนียมบุผนังและกระจกเพื่อช่วยในเรื่องของการประหยัดพลังงาน 51
40	แสดงอุปกรณ์บังแดดในรูปแบบต่างๆที่มีบทบาทอย่างยิ่งต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า 52
41	แสดงอาคารคอมมอนเวลท์ (มุมมองทางทิศตะวันออก) 53

ภาพที่	หน้า
42	แสดงผังพื้นที่ชั้นใต้ดินของอาคารคอมมอนเวลท์ ไม่มีมาตราส่วน 54
43	แสดงผังพื้นที่ชั้นที่ 1 - 6 ของอาคารคอมมอนเวลท์ ไม่มีมาตราส่วน 54
44	แสดงรูปด้านทิศตะวันออก ของอาคารคอมมอนเวลท์ ไม่มีมาตราส่วน 54
45	แสดงรูปด้านทิศตะวันตก ของอาคารคอมมอนเวลท์ ไม่มีมาตราส่วน 55
46	แสดงรูปด้านทิศตะวันตก ของอาคารคอมมอนเวลท์ ไม่มีมาตราส่วน 55
47	แสดงลักษณะของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารคอมมอนเวลท์ 56
48	แสดงรูปตัดขยายของอุปกรณ์บังแดด 56
49	แสดงรูปตัดขยายช่องแสงด้านบนแบบพื้นเลื้อย 57
50	แสดงส่วนเกลลอร์ที่ออกแบบให้มีช่องแสงด้านบนแบบพื้นเลื้อยเพื่อให้แสงธรรมชาติ เข้ามาภายในอาคาร 57
51	แสดงโถงบันไดหลักและโถงทางเข้าด้านหน้าอาคาร ออกแบบคำนึงถึงการใช้แสง ธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร 57
52	แสดงการสร้างภาพแบบ Ray Tracing ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Desktop Radiance 2.0 ... 60
53	แสดงข้อจำกัดความสามารถรับความส่องสว่างของการมองเห็นในมุมต่างๆ ในแนวตั้ง ... 61
54	แสดงส่วนพื้นของหุ่นจำลองยกฐานสูง 1 ซม.เจาะรูขนาด $\varnothing$ 3 ซม.บริเวณใกล้เคียง ฐานเพื่อร้อยสายตัวเซนเซอร์วัดแสง (Sensor) ผ่านช่องที่เจาะรูบริเวณฐาน เพื่อป้องกันแสงที่จะลอดเข้ามาจากใต้พื้นฐาน 67
55	แสดงส่วนพื้นแยกส่วนกับส่วนผนังและเพดานเพื่อสามารถปรับเปลี่ยนหุ่นจำลองที่มี ลักษณะช่องแสงทั้ง 2 แบบโดยไม่จำเป็นต้องทำส่วนพื้นเพิ่ม และสะดวกในการ ติดตั้งเซนเซอร์วัดแสง (Sensor) 67
56	แสดงหุ่นจำลองที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 กับรูปแบบอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ .. 67
57	แสดงหุ่นจำลองที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 กับรูปแบบอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ .. 67
58	แสดงรูปแบบอุปกรณ์บังแดดแบบที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ 68
59	แสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุพื้นผิวต่างๆของหุ่นจำลอง 69
60	แสดงวิธีการวัดค่าการสะท้อนแสงของวัสดุพื้นผิวโดยใช้ลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter) .. 69
61	แสดงเครื่องมือลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter) รุ่น Testo 545 70
62	แสดงเครื่อง Datalogger รุ่น LI – 1400 (ยี่ห้อ LI-COR) 71
63	แสดงอุปกรณ์ต่อพ่วง (Standard Terminal Block รุ่น 1400 -301 ยี่ห้อ LI-COR) 72

ภาพที่	หน้า
64	แสดงหัวเซนเซอร์วัดแสงพร้อมฐานปรับระดับและสายเชื่อมต่อในการต่อช่องสัญญาณ I 4 และ I 5 ตามลำดับ 71
65	แสดงกล้องถ่ายรูปดิจิทัล ยี่ห้อ Sony Cyber Shot รุ่น DSC-P52 72
66	แสดงเข็มทิศที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ 72
67	แสดงการติดตั้งหัวเซนเซอร์ (Photometric Sensor) ในการวัดค่าความส่องสว่างพร้อมฐานปรับระดับ โดยการหมุนปรับระดับฟองอากาศให้อยู่ในกรอบวงกลมสีดำ ... 72
68	แสดงการติดตั้งหัวเซนเซอร์วัดแสง กับเครื่อง Datalogger และอุปกรณ์ต่อพ่วงจนครบทั้ง 5 Channel 73
69	แสดงการต่อเชื่อมช่องสัญญาณวัดค่าความส่องสว่างระหว่างหัวเซนเซอร์วัดแสง กับเครื่อง Datalogger และอุปกรณ์ต่อพ่วง รวม 5 Channel 73
70	แสดงหน้าจอแสดงผลการทำงานของเครื่อง Datalogger รุ่น LI – 1400 73
71	แสดงสภาพท้องฟ้าแบบไม่มีเมฆปกคลุม มุมมองทางทิศเหนือและใต้ ในวันที่ 29 ธันวาคม 2546 เวลาประมาณ 8.00 น. 74
72	แสดงสถานที่ทำการทดลอง คือ ชั้นคาถาฟ้า คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร โดยวางหุ่นจำลองในส่วนพื้นที่โล่ง 74
73	แสดงตำแหน่งการวัดค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลอง ตำแหน่งการวัดมีระยะห่างกันทุกๆ 1.5 ม. เริ่มวัดจากระยะห่าง 1.5, 3.0, 4.5 และ 6.0 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง 75
74	แสดงฐานตั้ง Photometric Sensor ให้ได้ระดับความสูงรวม 0.75 เมตรจากพื้น ตามมาตราส่วนของหุ่นจำลอง 75
75	แสดงตำแหน่ง Photometric Sensor ที่วัดค่าความส่องสว่างภายนอกหุ่นจำลอง และการใช้เข็มทิศในการวางตำแหน่งทิศทางของหุ่นจำลองให้ถูกต้อง 76
76	แสดงเครื่องมือ Datalogger รุ่น LI – 1400 มีการป้องกันความเสียหายและความร้อนโดยทำสิ่งปกคลุมและบรรจุในกล่องที่ปิดมิดชิด 76
77	ลักษณะห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบต่างๆที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ 91
78	แสดงตำแหน่งของ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างภายนอก 98
79	แสดงผังและรูปตัดตำแหน่งของ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างภายในห้องเรียนจำลอง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางห้องเรียน 98
80	แสดงตำแหน่งของ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างภายในห้องเรียนจำลอง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางห้องเรียน 99

ภาพที่	หน้า
81 แสดงผังตำแหน่งของ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างภายในห้องเรียนจำลอง แบบ Grid 99	99
82 แสดงตำแหน่งของ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างภายในห้องเรียนจำลอง แบบ Grid 100	100
83 แสดงตำแหน่งของคนและความกว้างของมุมมองในการหาค่า Glare 100	100
84 แสดงตัวอย่างภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสง แบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน 103	103
85 แสดงตัวอย่างรายละเอียดของภาพจำลองทั้ง 3 ลักษณะ คือ ภาพ Image (Human Sensitivity), ภาพใน Mode ของ False Color และภาพใน Mode ของ Iso Contour ของแต่ละช่วงเวลา 104	104
86 ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของตัวอย่าง ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน 106	106
87 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่ มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มี อุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน 110	110
88 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้อง เรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน 112	112
89 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียน ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดย ไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน 115	115
90 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้อง เรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน 117	117
91 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียน ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดย ไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน 120	120

ภาพที่	หน้า
92 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง(Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	122
93 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	125
94 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง(Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	127
95 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	132
96 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง(Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	134
97 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	137
98 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง(Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	139
99 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	142
100 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	144

101	ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียน ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	147
102	แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้อง เรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	149
103	ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียน ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมี อุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	154
104	แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้อง เรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	156
105	ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียน ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดย มีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	159
106	แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้อง เรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	161
107	ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียน ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดย มีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	164
108	แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้อง เรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	166
109	ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียน ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	169

110	แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวดิ่ง ณ วันที่ 23 กันยายน	171
111	ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	176
112	แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	178
113	ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	181
114	แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	183
115	ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	186
116	แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	188
117	ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	191
118	แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	193

119	ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	198
120	แสดงค่าความสม่ำเสมอของระดับส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	199
121	ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	202
122	แสดงค่าความสม่ำเสมอของระดับส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	204
123	ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	207
124	แสดงค่าความสม่ำเสมอของระดับส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	209
125	ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	212
126	แสดงค่าความสม่ำเสมอของระดับส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	214
127	ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่างของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	219

128	แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	220
129	ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่างของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	223
130	แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	225
131	ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่างของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	228
132	แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	230
133	ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่างของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	233
134	แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	235
135	ลักษณะอุปกรณ์บังแดดทั้ง 3 แบบที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้	359

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่		หน้า
1	การแบ่งประเภทของอุปกรณ์บังแดดตามลักษณะการใช้งาน	34
2	เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 26 ธ.ค. 2546	78
3	เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 29 ธ.ค. 2546	79
4	เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 30 ธ.ค. 2546	80
5	เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 31 ธ.ค. 2546	81
6	เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 5 ม.ค. 2547	82
7	เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 6 ม.ค. 2547	83

8	เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 7 ม.ค. 2547	84
9	เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 13 ม.ค. 2547	85
10	เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 15 ม.ค. 2547	86
11	เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 16 ม.ค. 2547	87
12	เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 19 ม.ค. 2547	88
13	เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 20 ม.ค. 2547	89
14	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีทิศทางของช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 ณ วันที่ 21 มีนาคม, 22 มิถุนายน, 23 กันยายน และ 22 ธันวาคม เวลา 8.00 น.	93

15	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีทิศทางของช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 ณ วันที่ 21 มีนาคม, 22 มิถุนายน, 23 กันยายน และ 22 ธันวาคม เวลา 12.00 น.	94
16	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีทิศทางของช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 ณ วันที่ 21 มีนาคม, 22 มิถุนายน, 23 กันยายน และ 22 ธันวาคม เวลา 16.00 น.	94
17	ตัวอย่างเปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	102
18	ตัวอย่างเปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 10 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	103
19	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของตัวอย่างห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	107
20	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	109
21	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 10 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	110
22	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	113
23	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	114
24	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 10 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	115

25	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	118
26	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	119
27	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 10 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	120
28	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	123
29	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	124
30	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 10 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	125
31	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	128
32	เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ทั้ง 4 แบบ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น.	129
33	เปรียบเทียบค่า Uniformity ในช่วง 40 – 55 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ทั้ง 4 แบบโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น.	130
34	เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	131

35	เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้าง อยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนว นอน ณ วันที่ 23 กันยายน	132
36	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มี ช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมี อุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	135
37	เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศ ตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	136
38	เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้าง อยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนว นอน ณ วันที่ 23 กันยายน	137
39	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มี ช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมี อุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	140
40	เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศ ตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	141
41	เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้าง อยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนว นอน ณ วันที่ 23 กันยายน	142
42	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มี ช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมี อุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	145
43	เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้าง อยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนว นอน ณ วันที่ 23 กันยายน	147

44	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	150
45	เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น.	151
46	เปรียบเทียบค่า Uniformity ในช่วง 40 – 55 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น.	152
47	เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	153
48	เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	154
49	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	157
50	เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	158
51	เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	159
52	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	162

53	เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	163
54	เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	164
55	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	167
56	เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	168
57	เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	169
58	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	172
59	เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น. , 10.00 น. , 12.00 น. , 14.00 น. และ 16.00 น.	173
60	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	176
61	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	179

62	เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ...	180
63	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้าง อยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	181
64	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มี ช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์ บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	184
65	เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ...	185
66	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้าง อยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	186
67	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มี ช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์ บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	189
68	เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ...	190
69	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้าง อยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	191
70	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มี ช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์ บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน	194
71	เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ทั้ง 4 แบบ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น.	195

72	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	197
73	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มี ช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์ บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	200
74	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้าง อยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	202
75	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มี ช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์ บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	205
76	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	206
77	เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้าง อยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	207
78	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มี ช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์ บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	210
79	เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	211
80	เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้าง อยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	212

81	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	215
82	เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ทั้ง 4 แบบ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น., 10.00น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น.	216
83	เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	218
84	เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	218
85	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	221
86	เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	222
87	เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	223
88	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	226
89	เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	227

90	เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	228
91	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	231
92	เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	232
93	เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	233
94	แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	236
95	เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น.	237
96	เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ทั้ง 4 แบบโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น.	239
97	เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น.	240
98	เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น. , 10.00 น. , 12.00 น. , 14.00 น. และ 16.00 น.	242

99	เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ทั้ง 4 แบบ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น.	244
100	เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น.	246
101	เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น.	248
102	ช่วงของค่า Daylight Factor กับระดับคะแนนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้	250
103	ช่วงของค่า Uniformity of Illumination กับระดับคะแนนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ...	251
104	ช่วงของค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare กับระดับ คะแนนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้	252
105	เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Daylight Factor กับลักษณะช่องแสงและ รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน	267
106	เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Uniformity กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบ ของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน	267
107	เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะ ช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน	268
108	เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ ค่า Daylight Factor , ค่า Uniformity และ ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์ บังแดดแบบต่างๆ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน	268
109	เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดด แบบต่างๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันตก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วง เวลาใน 1 วัน	269

- 110 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Daylight Factor กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน 284
- 111 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Uniformity กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน 284
- 112 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน 285
- 113 เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity และ ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน 285
- 114 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันออก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน 286
- 115 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Daylight Factor กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน 301
- 116 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Uniformity กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน 301
- 117 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน 302
- 118 เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity และ ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน 302

- 119 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดด
แบบต่าง ๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศเหนือ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วง
เวลาใน 1 วัน 303
- 120 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Daylight Factor กับลักษณะช่องแสงและ
รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00,
16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน 318
- 121 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Uniformity กับลักษณะช่องแสงและรูป
แบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น.
และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน 318
- 122 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะ
ช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00,
14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน 319
- 123 เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity และ ค่า
VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์
บังแดดแบบต่าง ๆ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน 319
- 124 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดด
แบบต่าง ๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศใต้ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วง
เวลาใน 1 วัน 320
- 125 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้าน
อยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด
ณ วันที่ 23 กันยายน 323
- 126 เปรียบเทียบ ค่า Uniformity ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่
ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ
วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน 325
- 127 เปรียบเทียบ ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียน
จำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่อง
แสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน 326

128	เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน	328
129	เปรียบเทียบ ค่า Uniformity ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน	330
130	เปรียบเทียบ ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	331
131	เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	333
132	เปรียบเทียบ ค่า Uniformity ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน	335
133	เปรียบเทียบ ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนจำลองทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน	336
134	เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ในชั้นที่ 1, 2, 3 และ 4 และรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันตก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน	352

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันความต้องการการใช้พลังงานในอาคารต่างๆมีมากขึ้น ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสูงขึ้นตามไปด้วย แนวทางหนึ่งในการลดการใช้พลังงาน คือการนำแสงสว่างจากธรรมชาติมาใช้ภายในอาคาร ปัจจุบันมีผู้สนใจนำมาใช้ในงานทางสถาปัตยกรรมมากขึ้น เนื่องจากแสงธรรมชาติเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพในการส่องสว่างสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งกำเนิดแสงแหล่งอื่นๆที่ให้ค่าความส่องสว่างที่เท่ากัน และแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติเป็นแหล่งกำเนิดที่ได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายแต่อย่างใด การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ทดแทนแสงประดิษฐ์ในเวลากลางวันจะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายเบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนดวงโคมและค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากการใช้พลังงานในการส่องสว่างแก่อาคารลงได้

การออกแบบระบบการส่องสว่างภายในห้องเรียนเป็นเรื่องหนึ่งที่คุณผู้ออกแบบมักมองข้ามและไม่ให้ความสำคัญ ในปัจจุบันห้องเรียนโดยทั่วไป มีการทำช่องแสงทางด้านข้างเพียงเพื่อการระบายอากาศ และเปิดมุมมองออกสู่ภายนอก แสงสว่างจึงมีไม่เพียงพอ จำเป็นต้องใช้แสงประดิษฐ์เข้ามาช่วยในการส่องสว่าง จึงเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น และบางช่วงเวลาของการใช้งาน ภายในห้องเรียนบางจุด ณ ระดับพื้นที่ที่การใช้งานจะมีปริมาณแสงมากเกินไปจนก่อให้เกิดสภาวะแสงบาดตา (Glare) รบกวนสายตาของนักเรียนและอาจารย์ผู้สอน เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการเรียนลดน้อยลง แนวทางหนึ่งในการออกแบบเพื่อหลีกเลี่ยงแสงบาดตา (Glare) ดังกล่าวคือการใช้อุปกรณ์บังแดดที่มีการออกแบบโดยคำนึงถึงปริมาณการส่องสว่างภายในห้องเรียนที่พอเพียงและระดับความส่องสว่างที่มีความเหมาะสมต่อการเรียนการสอน

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปี พ.ศ. 2535 - 2540 กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ มีโครงการจัดตั้งโรงเรียนมัธยมศึกษาเฉลิมพระเกียรติจำนวน 4 โครงการ ดังนี้ คือ

1. โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดชฯ ทรงครองสิริราชสมบัติครบ 50 ปี ซึ่งมีลักษณะเหมือนโรงเรียน ภ.ป.ร.ราชวิทยาลัย ในพระบรมราชูปถัมภ์

(กลุ่มโรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย) จำนวน 8 โรงเรียนและมีลักษณะเหมือนโรงเรียนไกรก้องวิทยาลัย จำนวน 1 โรงเรียน รวม 9 โรงเรียน (เริ่มดำเนินการประกาศจัดตั้งในปีการศึกษา 2538 – 2539)

2. โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าพระบรมราชินีนาถ พระชนมายุครบ 5 รอบ (กลุ่มโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ) จำนวน 9 โรงเรียน (เริ่มดำเนินการประกาศจัดตั้งในปีการศึกษา 2535)

3. โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเจ้าลูกเธอเจ้าฟ้าจุฬาภรณวลัยลักษณ์อัครราชกุมารี พระชนมายุครบ 3 รอบ (กลุ่มโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย) จำนวน 12 โรงเรียน (เริ่มดำเนินการประกาศจัดตั้งในปีการศึกษา 2536 – 2538 ปีการศึกษาละ 4 โรงเรียน)

4. โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ราชมราชชนนี (กลุ่มโรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์) จำนวน 12 โรงเรียน (เดิมมี 4 โรงเรียน และสร้างเพิ่มเติมเมื่อปี พ.ศ.2540 อีก 8 โรงเรียน) (กรมสามัญศึกษา, กองการมัธยมศึกษา 2546 : ไม่ปรากฏเลขหน้า)

ลักษณะของโครงการโรงเรียนมัธยมศึกษาเฉลิมพระเกียรติทั้ง 4 โครงการเป็นโครงการโรงเรียนต้นแบบขนาดกลางและขนาดใหญ่ (กรมสามัญศึกษา, กองการแผนงาน 2546 : 4) ที่มีการใช้งานมาแล้วช่วงระยะเวลาหนึ่ง การประเมินผลเกี่ยวกับอาคารเรียนยังไม่มีผลการประเมินผลไว้ เพราะเป็นโครงการโรงเรียนต้นแบบที่สร้างขึ้นใหม่ จึงมีเพียงการสอบถามผู้ใช้งานภายในอาคารเรียนได้แก่ นักเรียนและครูผู้สอน ในวันที่มีการใช้งานห้องเรียนตามปกติ ผลจากการสอบถามปรากฏว่า ลักษณะห้องเรียนตามแบบของกรมสามัญศึกษาที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ยังขาดการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพที่เหมาะสมในด้านการส่องสว่างซึ่งมีความจำเป็นสำหรับห้องเรียน กล่าวคือ ในเวลาเช้า (8.00 – 10.00 น.) แสงสว่างมีไม่เพียงพอภายในห้องเรียน โดยเฉพาะบริเวณใกล้ประตูทางเข้า จึงทำให้การจัดวางโต๊ะเรียนของนักเรียนบริเวณใกล้ประตูทางเข้ามีจำนวนน้อย ในเวลากลางวัน (11.00 – 16.00 น.) แสงสว่างบริเวณที่นั่งริมหน้าต่างมีมากเกินไป จนกลายเป็นแสงบาดตา นอกจากนี้ในเวลากลางวันที่มีการเรียนการสอนตามปกติ สามารถใช้แสงธรรมชาติในการให้ความสว่างภายในห้องเรียนแทนการใช้แสงส่องสว่างจากไฟฟ้าได้แต่ก็มีการใช้ไฟจากแสงประดิษฐ์ในทุกๆห้องเรียน ทั้งๆที่ใช้แสงธรรมชาตินอกจากจะประหยัดแล้วยังสามารถช่วยสร้างบรรยากาศการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นอีกด้วย และยังเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับธรรมชาติ เสริมสร้างบรรยากาศให้สดชื่นภายในห้องเรียนได้ (อภิรุทธิ์ อรุณงศา 2544 : 14)

สาเหตุที่ทำให้การให้แสงภายในห้องเรียนส่วนใหญ่ยังขาดประสิทธิภาพ เนื่องมาจากในอาคารเรียนโดยทั่วไป เมื่อพิจารณาถึงลักษณะการรับแสงธรรมชาติจะเห็นได้ว่า ส่วนใหญ่จะเป็นห้องที่มีการรับแสงจากทางหน้าต่างเพียงอย่างเดียว ซึ่งหากไม่มีการออกแบบที่เหมาะสมและไม่มีการควบคุมปริมาณและทิศทางของแสงจากภายนอกที่เข้ามา อาจทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับ

1. ปริมาณแสงที่ตกกระทบ ณ ตำแหน่งพื้นที่ใช้งาน อาจมีมากหรือน้อยเกินไป
2. ความไม่สม่ำเสมอในการกระจายแสง
3. การเกิดสถานะแสงบาดตา (Glare)

นอกจากนี้ประเทศไทยมีสภาพท้องฟ้าที่มีแสงแดดจัดเกือบตลอดทั้งปี ดังนั้นการใช้แสงธรรมชาติเพื่อให้ความส่องสว่างภายในห้องเรียนจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการลดอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของแสงประดิษฐ์ (ทิพวัลย์ ตั้งพูนทรัพย์ศิริ 2544 : 2) แต่การออกแบบห้องเรียนโดยทั่วไปมักออกแบบให้แสงธรรมชาติจากช่องแสงทางด้านข้าง (Side Lighting) โดยไม่มีชายคาไปตามความยาวของห้องเรียนเพราะต้องการให้แสงธรรมชาติกระจายเข้าไปภายในห้องมากที่สุด ซึ่งการออกแบบลักษณะนี้ทำให้เกิดแสงบาดตาบริเวณที่นั่งใกล้หน้าต่าง และบริเวณที่ใกล้หน้าต่างยังเป็นบริเวณที่ให้ผู้มองเห็นท้องฟ้ามาก ทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างภายในห้องกับภายนอก ทำให้ไม่สบายตา ดังนั้นสถาปนิกจึงออกแบบให้ช่องแสงด้านข้างมีชายคาที่ยื่นยาวเพื่อให้เกิดความสบายตามากขึ้น และทำให้ผู้มองเห็นท้องฟ้าน้อยลง แต่วิธีการนี้ก็ไม่ใช่วิธีการแก้ปัญหาเพราะการยื่นชายคาที่ยื่นยาวทำให้ระดับความส่องสว่างภายในห้องลดลง พื้นที่ผิววัสดุของชายคาที่ยื่นยาวยังเป็นส่วนที่กั้นลมที่พัดผ่านเข้าห้องเรียนได้น้อยลง ทำให้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อเปิดพัดลมระบายความร้อน ดังนั้นจึงไม่ช่วยประหยัดการใช้พลังงาน (ทิพวัลย์ ตั้งพูนทรัพย์ศิริ 2544 : 2) การศึกษางานวิจัยที่มีการดำเนินการไปแล้ว จะมีเพียงการศึกษารูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมกับสภาพอากาศเมืองร้อนในประเทศไทย (ตรึงใจ บุรณสมภพ 2521 : 39) แต่ไม่มีการวิจัยที่เจาะลึกลงไปกับสภาพห้องเรียน

นอกจากนี้ก็มีการศึกษารูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียนที่มีการปรับอากาศในแง่ของการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ห้องเรียนและปริมาณการส่องสว่างภายในห้องเรียนที่พอเพียงและเหมาะสมต่อการเรียนการสอน โดยทำการศึกษาคงกับหุ่นจำลองที่มีอุปกรณ์บังแดดในรูปแบบต่างๆ 13 รูปแบบ ภายใต้เงื่อนไขของการจำลองสภาพท้องฟ้าใน Sky dome เท่านั้น ซึ่งมีข้อจำกัดคือสามารถจำลองสภาพท้องฟ้าแบบ Clear Sky แต่ลักษณะสภาพท้องฟ้าส่วนใหญ่ของประเทศไทยเป็นแบบที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) (กรมอุตุนิยมวิทยา 2543 : 1) อีกทั้งลักษณะการกระจายแสงภายใน Sky dome อาจเกิดการสะท้อนของแสงที่ผิวภายใน Sky dome ทำให้ค่าการกระจายแสงที่ได้มีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง ซึ่งผู้วิจัยเสนอแนะว่า ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของการกระจายแสงภายใน Sky dome กับสภาพท้องฟ้าจริง (กนกวรรณ อุสันโน 2539 : 61)

นอกจากนี้ยังมีการศึกษางานวิจัยการใช้แสงสว่างผ่านช่องแสงทางด้านบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่างในห้องเรียนในชนบท เป็นลักษณะงานวิจัยที่ออกแบบเป็นห้องเรียน

ต้นแบบเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อวิรุทธิ์ อรุณงศา 2544 : 6) ซึ่งมีข้อจำกัดในการนำไปประยุกต์ใช้ เนื่องจากที่ตั้งของห้องเรียนไม่เหมือนกับกลุ่มโรงเรียนมัธยมศึกษาเฉลิมพระเกียรติทั้ง 4 โครงการ ซึ่งห้องเรียนส่วนใหญ่จะตั้งอยู่ในภาคกลาง

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น พบว่ายังไม่มีการวิจัยรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดและช่องแสงทางด้านข้างที่เหมาะสมกับลักษณะของห้องเรียนต้นแบบดังกล่าว ที่สามารถปรับปรุงแสงภายในห้องเรียนให้มีปริมาณแสงที่เพียงพอต่อการใช้งาน รวมถึงค่าระดับความส่องสว่างอย่างสม่ำเสมอ และไม่มีแสงบาดตาเข้ามาภายในบริเวณพื้นที่ใช้งาน ซึ่งจะสามารถช่วยสร้างความสบายตาในการมองเห็นหรือสร้างทัศนียภาพที่ดีในการมองเห็น เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนมากขึ้น

2. ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษารูปแบบของช่องแสงทางด้านข้าง และรูปแบบอุปกรณ์บังแดดและช่องแสงทางด้านข้าง ที่มีความเหมาะสมกับลักษณะของห้องเรียน และมีความสัมพันธ์กับทิศทางต่างๆของห้องเรียน รวมถึงให้ค่าระดับความส่องสว่างของแสง ลักษณะการกระจายแสงมีความสม่ำเสมอที่สุด และมีสถานะแสงบาดตามารบกวนน้อยที่สุด

3. ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีขอบเขตของการศึกษาวิจัย ดังนี้

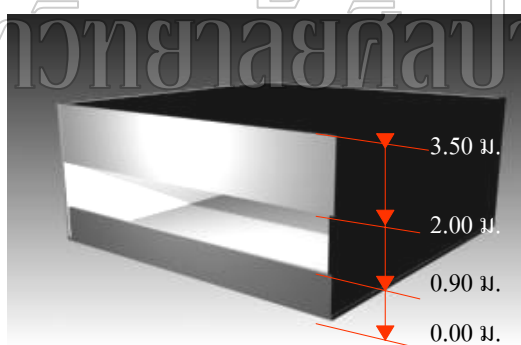
1. ศึกษาวิจัยห้องเรียนในระดับมัธยมศึกษาขนาดมาตรฐานของกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ขนาด 8.00 x 8.00 ม. สูง 3.50 ม. มีทางเดินด้านหน้า (Single Corridor) ทำการศึกษาห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงทั้ง 4 แบบ โดยมีช่องแสงทางด้านข้าง แบ่งเป็น ส่วนหน้าต่างที่มีขนาดและตำแหน่งของหน้าต่างที่เหมือนกัน คือ มีขนาดกว้าง 1.10 ม. ส่วนตำแหน่งขอบล่างของหน้าต่างอยู่ที่ระดับความสูงจากพื้น 0.90 ม. และขอบบนของหน้าต่างอยู่ที่ระดับความสูง 2.00 ม. และส่วนของช่องแสงเหนือหน้าต่าง ที่มีขนาดของช่องแสงเหนือหน้าต่าง กว้าง 0.60 ม. แต่ตำแหน่งจะแตกต่างกันทั้ง 4 แบบ คือ แบบ 1 ไม่มีช่องแสงเหนือหน้าต่าง แบบ 2 มีช่องแสงเหนือหน้าต่าง โดยมีขอบล่างอยู่ที่ระดับความสูงจากพื้น 2.30 ม. และขอบบนอยู่ที่ระดับความสูงจากพื้น 2.90 ม. แบบ 3 มีช่องแสงเหนือหน้าต่าง โดยมีขอบล่างอยู่ที่ระดับความสูงจากพื้น 2.00 ม. และขอบบนอยู่ที่ระดับความสูงจากพื้น 2.60 ม. และแบบ 4 มีช่องแสงเหนือหน้าต่าง โดยมีขอบล่างอยู่ที่ระดับความสูงจากพื้น 2.60 ม. และขอบบนอยู่ที่ระดับความสูงจากพื้น 3.20 ม. โดยความกว้าง

ของหน้าต่างและช่องแสงเหนือหน้าต่าง ขาดลดความกว้างของห้องเรียน (กรมสามัญศึกษา, กองออกแบบและก่อสร้าง 2535 : 3 - 7)

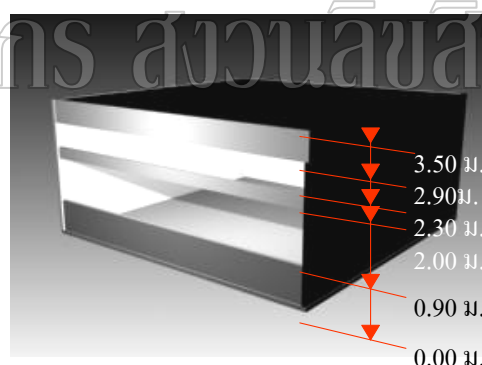
เนื่องจากสภาพห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 (แบบมาตรฐานของกลุ่มโรงเรียนมัธยมศึกษาเฉลิมพระเกียรติ) จะมีตำแหน่งของช่องแสงเหนือหน้าต่างโดยมีขอบล่างอยู่ที่ระดับความสูงจากพื้น 2.30 ม. (ห่างจากขอบบนของหน้าต่าง 0.30 ม. เพราะเป็นส่วนความหนาของโครงสร้าง (คาน) ในการรับน้ำหนัก) จึงกำหนดระยะห่างของช่องแสงเหนือหน้าต่างกับหน้าต่างให้ห่างกันทุกๆ 0.30 ม. จึงทำให้ห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 และ 4 ที่มีตำแหน่งของช่องแสงเหนือหน้าต่างโดยมีขอบล่างอยู่ที่ระดับความสูงจากพื้น 2.00 และ 2.60 ม. ตามลำดับ

2. กำหนดการทดลองและเก็บข้อมูลในตำแหน่งละติจูดที่ 14° N เนื่องจากที่ตั้งของโรงเรียนส่วนใหญ่ในโครงการกลุ่มโรงเรียนมัธยมศึกษาเฉลิมพระเกียรติทั้ง 4 โครงการของกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ จะตั้งอยู่ในภาคกลาง (กรมสามัญศึกษา, ฝ่ายวิจัยการก่อสร้าง 2524 : 47 - 48)

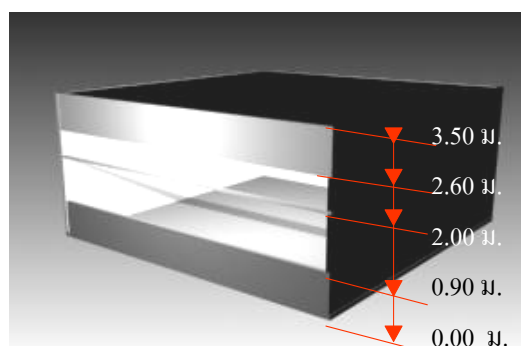
3. ตำแหน่งการวางตัวของห้องเรียนในทิศหลัก 4 ทิศ (ทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และ ตะวันตก)



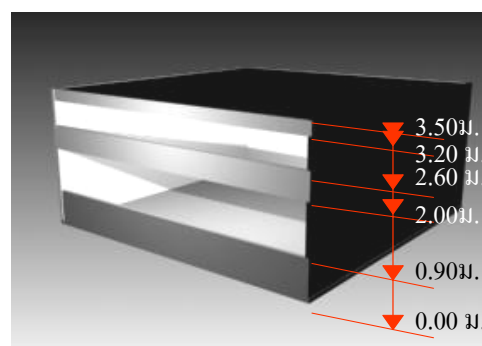
ห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1



ห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2



ห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 3



ห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4

ภาพที่ 1 ลักษณะห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบต่างๆที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

4. ขั้นตอนของการศึกษา

ในการดำเนินการแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การศึกษาค้นคว้าและเก็บข้อมูล

1.1 ศึกษาจากทฤษฎี ข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งที่มีอยู่ในประเทศไทยและต่างประเทศ

1.2 ศึกษาค้นคว้าหาตัวแปรต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการควบคุมปริมาณ และคุณภาพของแสงที่จะเข้ามาภายในอาคาร โดยวิเคราะห์จากทฤษฎีและพฤติกรรมของแสง

1.3 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น การคำนวณปริมาณแสงจากธรรมชาติ เป็นต้น

1.4 ศึกษารูปแบบอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมกับทิศทางการวางตัวอาคาร

1.5 วิเคราะห์ข้อดี - ข้อเสียของรูปแบบอุปกรณ์บังแดดชนิดต่างๆ เพื่อเลือกชนิดของรูปแบบอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมต่อการวิจัย

2. ศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้เพื่อจำลองสภาพแสงสว่างจากธรรมชาติภายนอกและภายในและทำการเปรียบเทียบผลการทดลองค่าความส่องสว่างที่ได้จากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์กับการใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ ว่ามีความถูกต้องใกล้เคียงกันมากน้อยเพียงใด (ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในบทที่ 3)

3. ทำการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์กับห้องเรียนจำลองที่มีลักษณะของช่องแสง ทิศทางของห้องเรียน รูปแบบอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ และช่วงเวลาในการทดลอง (ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในบทที่ 4)

4. วิเคราะห์ผลการทดลองโดยคำนึงถึงปัจจัยของปริมาณแสงที่เพียงพอต่อพื้นที่การใช้งาน ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง และสถานะแสงบาดตา (ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในบทที่ 4)

5. สรุปผลการทดลอง

5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ออกแบบ ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องสามารถเลือกรูปแบบอุปกรณ์บังแดดและช่องแสงทางด้านข้าง ให้มีความเหมาะสมและสัมพันธ์กับทิศทางต่างๆ ของห้องเรียนในกลุ่มโรงเรียนมัธยมศึกษาเฉลิมพระเกียรติทั้ง 4 โครงการ และสามารถนำไปประยุกต์กับลักษณะห้องเรียนอื่นๆ ที่มีลักษณะห้องเรียนที่ใกล้เคียงกัน

2. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับรูปแบบอุปกรณ์บังแดดและช่องแสงทางด้านข้าง ที่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติภายในห้องเรียน

6. ข้อตกลงเบื้องต้น

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีตัวแปรที่สำคัญ ดังนี้

1. ตัวแปรอิสระ

1.1 ลักษณะของช่องแสงทางด้านข้าง

1.2 รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมกับช่องแสงทางด้านข้าง

2. ตัวแปรคงที่

2.1 ห้องเรียนที่ใช้เป็นห้องเรียนในระดับมัธยมศึกษาขนาดมาตรฐานสำหรับนักเรียนจำนวน 50 คน มีขนาด 8.00 x 8.00 ม. สูง 3.50 ม. มีทางเดินด้านเดียว (Single Corridor) โดยมีช่องแสงทางด้านข้าง แบ่งเป็น ส่วนหน้าต่างที่มีขนาดและตำแหน่งของหน้าต่างที่เหมือนกัน คือ มีขนาดกว้าง 1.10 ม. ส่วนตำแหน่งขอบล่างของหน้าต่างอยู่ที่ระดับความสูงจากพื้น 0.90 ม. และขอบบนของหน้าต่างอยู่ที่ระดับความสูง 2.00 ม. และส่วนของช่องแสงเหนือหน้าต่าง ที่มีขนาดของช่องแสงเหนือหน้าต่างกว้าง 0.60 ม. โดยมีความยาวของช่องแสงทางด้านข้างเท่ากับความยาวของห้องเรียน (กรมสามัญศึกษา, กองออกแบบและก่อสร้าง 2535 : 3 - 7)

2.2 ขนาดของช่องแสงเหนือหน้าต่างที่มีขนาด กว้าง 0.60 ม. และยาวตลอดความกว้างของห้องเรียน 8.00 ม.

2.3 กำหนดค่าการสะท้อนแสงภายในห้องเรียน บริเวณพื้นมีค่าการสะท้อนแสง 30 % บริเวณผนังมีค่าการสะท้อนแสง 50 % และบริเวณเพดานมีค่าการสะท้อนแสง 80 % (หม่อมราชวงศ์ ทองใหญ่ ทองใหญ่ 2534 : 49)

2.4 ปัจจัยจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารเรียนเป็นพื้นที่โล่ง ไม่มีเงาพาดจากอาคารข้างเคียง

2.5 ระดับพื้นที่การใช้งาน (Working Plane) คือระดับ 0.75 เมตรจากพื้น (กรมสามัญศึกษา, กองออกแบบและก่อสร้าง 2535 : 7)

7. คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

แสงธรรมชาติ (Daylight) หมายถึง พลังงานส่วนหนึ่งของดวงอาทิตย์ที่สะท้อนออกจากชั้นบรรยากาศ ท้องฟ้าและสภาพแวดล้อมมีช่วงของความยาวคลื่นที่ตาสามารถมองเห็นได้ (Visible Wavelength)

แสงอาทิตย์โดยตรง (Direct Beam Sunlight) หมายถึง แสงธรรมชาติที่ได้รับจากดวงอาทิตย์โดยตรง

แสงกระจาย (Diffuse Light) หมายถึง แสงธรรมชาติที่ได้จากแสงที่กระจายจากท้องฟ้า

แสงกระจายทางอ้อม (Indirect Diffuse Light) หมายถึง แสงธรรมชาติที่มีการทะลุผ่าน การสะท้อน หรือ การหักเห ก่อนที่จะกระจายเข้าสู่ภายในอาคาร

ค่าเดย์ไลท์ แฟกเตอร์ (Daylight Factor, DF) หมายถึง ค่าสัดส่วนปริมาณของแสงที่ตกกระทบลงบนพื้นที่ใช้งานภายในอาคารแต่ละจุดต่อปริมาณแสงที่ตกลงบนแนวระนาบภายนอกอาคาร (ไม่รวมแสงตรงจากดวงอาทิตย์)

พื้นที่ใช้งาน (Working Area) หมายถึง บริเวณที่ใช้ประกอบกิจกรรมต่างๆ และระดับความสูงของพื้นที่ใช้งานจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมนั้นๆ

ช่องแสงทางด้านข้าง หมายถึง ช่องแสงหรือช่องเปิดทั้งหมดที่ผนังของอาคาร

หน้าต่าง หมายถึง ช่องแสงหรือช่องเปิดที่ผนังของอาคาร

ช่องแสงเหนือหน้าต่าง หมายถึง ช่องแสงหรือช่องเปิดที่อยู่บริเวณเหนือหน้าต่างที่ผนังของอาคาร

ปริมาณการส่องสว่าง (Luminous Flux) หมายถึง พลังงานแสงที่ถูกปลดปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดแสงในช่วงเวลาหนึ่งๆ มีหน่วยเป็น ลูเมน (lm) (จำนวน ห่อเกียร์ติ 2546 : ไม่ปรากฏเลขหน้า)

ความส่องสว่าง (Illuminance, E) หมายถึง ปริมาณแสงสว่างที่ตกลงบนพื้นผิวหนึ่งๆ ซึ่งวัดได้จากปริมาณความส่องสว่าง (Luminous Flux) ที่ตกลงบนพื้นผิว 1 ตารางเมตร มีหน่วยเป็น ลักซ์ (Lux) (จำนวน ห่อเกียร์ติ 2546 : ไม่ปรากฏเลขหน้า)

ความเข้มแสง (Luminous Intensity) หมายถึง ตัวเลขที่แสดงกำลังของแหล่งกำเนิดแสง หรือพื้นผิวที่เปล่งแสงสว่างออกมาได้ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง มีหน่วยเป็น แคนเดลา (cd) (จำนวน ห่อเกียร์ติ 2546 : ไม่ปรากฏเลขหน้า)

ความเปรียบต่าง (Contrast) หมายถึง ค่าความสว่าง (Luminance) ของวัตถุ หรือ เหตุการณ์ที่มีการมองเห็น เนื่องมาจากมีการเปรียบเทียบความส่องสว่างของสภาพรอบข้างกับวัตถุที่ มอง โดยที่ความเปรียบต่างของความสว่างระหว่างสภาพแวดล้อมกับวัตถุมากก็สามารถมองเห็น วัตถุนั้นได้ง่าย (ชำนาญ ห่อเกียรติ 2546 : ไม่ปรากฏเลขหน้า)

ความสว่าง (Luminance) หมายถึง ค่าความสว่างของแสงที่วัดได้จากการสะท้อนของ วัตถุเข้าสู่ตาทั้งหมด ทำให้มองเห็นวัตถุนั้นๆ ได้ มีหน่วยเป็น แคนเดลา / ตารางเมตร (candela / m^2) (ชำนาญ ห่อเกียรติ 2546 : ไม่ปรากฏเลขหน้า)

ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity Of Illumination) หมายถึง ปริมาณ แสงสว่างที่ตกลงบนพื้นผิวหนึ่งๆ ภายในห้อง ณ ตำแหน่งพื้นที่การใช้งาน จะต้องมียุทธศาสตร์ที่สม่ำเสมอ หรือใกล้เคียงกัน

แสงบาดตา (Glare) หมายถึง แสงที่อยู่ในมุมมองของตาที่ทำให้เกิดการระคายเคืองตา และมองเห็นวัตถุได้ยาก หรือมองไม่เห็น (ชำนาญ ห่อเกียรติ 2546 : ไม่ปรากฏเลขหน้า)

มุมแห่งการมอง (Viewing Angle) หมายถึง มุมที่กระทำระหว่างเส้นตั้งฉากพื้นผิว วัตถุที่มองกับเส้นทิศทางการมองของผู้สังเกต (ชำนาญ ห่อเกียรติ 2546 : ไม่ปรากฏเลขหน้า)

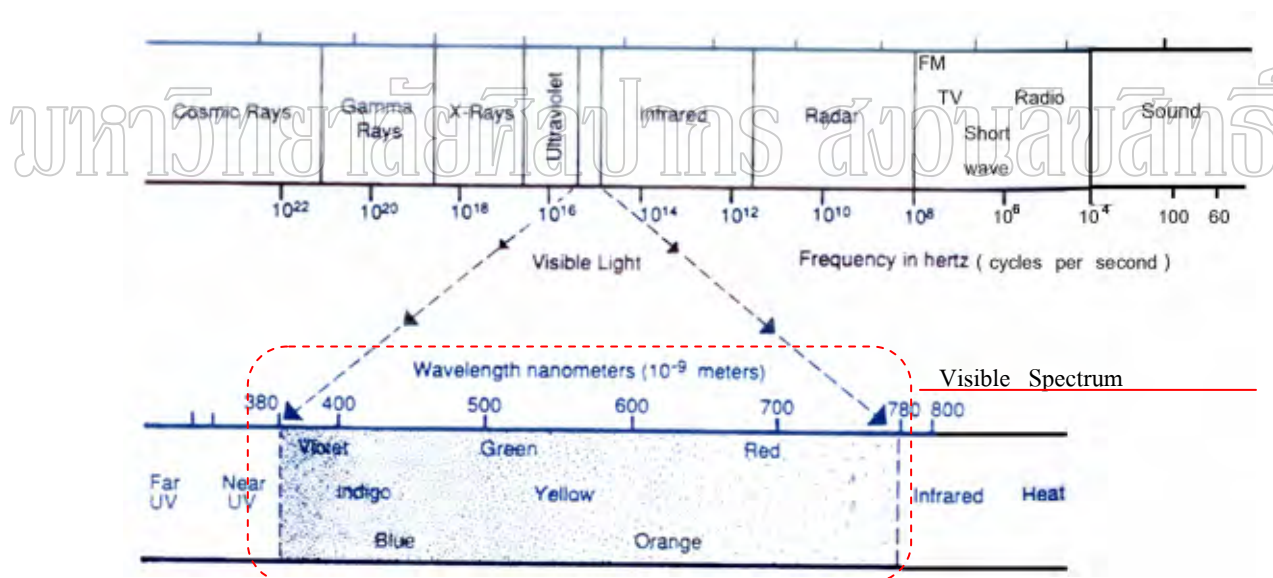
ความสบายในการมอง (Visual Comfort) หมายถึง การให้ปริมาณความสว่างที่ สัมพันธ์กับความเปรียบต่างระหว่างชิ้นงานกับพื้นที่รอบข้าง เพื่อความสบายในการมอง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง

แสงเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งเช่นเดียวกับพลังงานชนิดอื่นๆ เช่น พลังงานความร้อน พลังงานกล พลังงานไฟฟ้า ฯลฯ แสงเป็นพลังงานที่เคลื่อนที่ได้ การเคลื่อนที่ของแสงจะอยู่ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งการเคลื่อนที่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ จะมีความยาวคลื่นเฉพาะตัวที่แตกต่างกัน กล่าวคือความถี่หรือความยาวคลื่นจะเป็นตัวกำหนดพลังงาน (พินุลย์ คิชฐ์อุดม 2521 : ไม่ปรากฏเลขหน้า) แสงเป็นพลังงานที่มีช่วงความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.38 ถึง 0.78 ไมครอน (Micron) หรือ 380 - 780 นาโนเมตร (Nanometers)

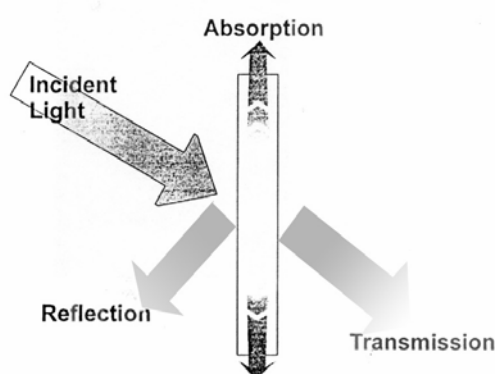


ภาพที่ 2 แสดง Visible Spectrum ของคลื่นแสง (Visible Light) เรียงลำดับตามความยาวคลื่น
ที่มา : B. Stein and J. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Building, 11th ed. (New York : John Wiley & Sons Co., 1998), 1050.

เราสามารถเห็นวัตถุเป็นสีต่าง ๆ นั้น เกิดจากการที่วัตถุสะท้อน Visible Spectrum ที่ความยาวคลื่นในช่วงนั้น ๆ เข้าสู่ตา เช่น วัตถุที่มีสีเขียวจะสะท้อน Visible Spectrum ที่ความยาวคลื่นระหว่าง 490 – 560 นาโนเมตร ทำให้เราสามารถมองเห็นวัตถุนั้นเป็นสีเขียว เป็นต้น

2. พฤติกรรมของแสง

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

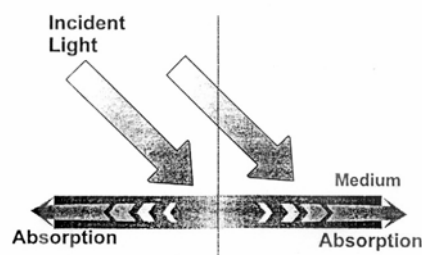


ภาพที่ 3 แสดงพฤติกรรมของแสงเมื่อกระทบกับวัตถุ

ที่มา : B. Stein and J. Reynolds, *Mechanical and Electrical Equipment for Building*, 11th ed. (New York : John Wiley & Sons Co., 1998), 1057, อ้างถึงใน อวิรุทธ์ อรุณงศา, “การใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างในห้องเรียน” (วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2544), 9.

2.1 การดูดกลืน (Absorption)

เป็นปรากฏการณ์ที่แสงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง (Medium) จะถูกดูดกลืนหายไปในตัวกลาง ซึ่งปริมาณการดูดซึมเข้าไปในตัวกลาง จะขึ้นอยู่กับค่าการดูดซึมแสงของตัวกลางที่แตกต่างกันไปในแต่ละวัสดุ โดยทั่วไปเมื่อแสงถูกดูดกลืนเข้าไปในตัวกลาง จะเกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงาน จากในรูปของพลังงานแสง (Light) เป็นพลังงานความร้อน (Heat)



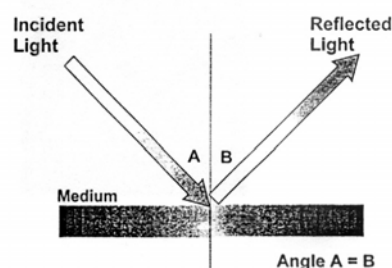
ภาพที่ 4 แสดงการดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง

ที่มา : B. Stein and J. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Building, 11th ed. (New York : John Wiley & Sons Co., 1998), 1057, อ้างถึงใน อวิรุทธ์ อรุณงศา, “การใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างในห้องเรียน” (วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยี อาคาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2544), 10.

2.2 การสะท้อนของแสง (Reflection)

เป็นพฤติกรรมที่แสงตกกระทบบนตัวกลาง แล้วเกิดการสะท้อนแสงออกมาโดยที่ความยาวคลื่น และความถี่ของคลื่นแสงไม่มีการเปลี่ยนแปลง การสะท้อนของแสงมีหลายลักษณะ และสามารถจำแนกออกได้เป็นแต่ละลักษณะ ดังนี้

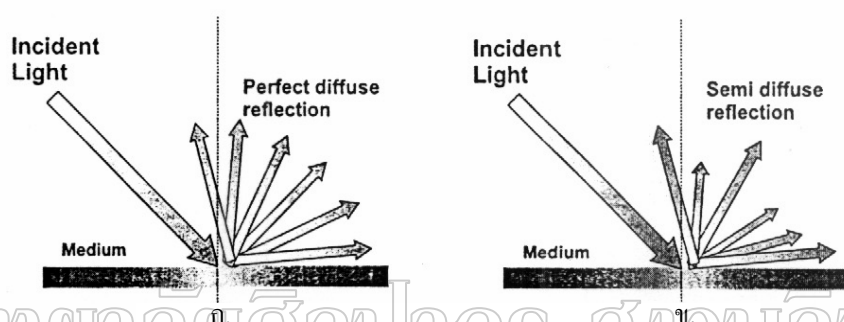
การสะท้อนของแสงแบบกระจกเงา (Specular Reflection) เป็นลักษณะของแสงที่เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบลงบนตัวกลางที่เป็นวัสดุทึบแสง (Opaque Material) ที่มีผิวเรียบมัน (Polish Surface) อาทิ กระจกเงาหรือโลหะที่ขัดมัน แสงจะมีการสะท้อน ในลักษณะของมุมตกกระทบของแสง (Angle of Incident) เท่ากับมุมสะท้อนของแสง (Angle of Reflection)



ภาพที่ 5 แสดงการสะท้อนของแสงแบบกระจกเงา (Specular Reflection)

ที่มา : B. Stein and J. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Building, 11th ed. (New York : John Wiley & Sons Co., 1998), 1057, อ้างถึงใน อวิรุทธ์ อรุณงศา, “การใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างในห้องเรียน” (วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยี อาคาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2544), 10.

การสะท้อนของแสงแบบกระจาย (Diffuse Reflection) เป็นลักษณะที่เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบลงบนวัสดุหรือพื้นผิวที่ไม่เรียบ หรือผิวด้าน แสงที่สะท้อนออกมาจะกระจายไปในทุกทิศทาง มุมสะท้อนของแสงจะมีทิศทางที่ไม่แน่นอน และมุมตกกระทบของแสง จะไม่เท่ากับมุมสะท้อนของแสงออกมา หากผิววัสดุนั้นมีลักษณะไม่เรียบอย่างสม่ำเสมออย่างสมบูรณ์ (Perfect Diffuse Surface) แสงที่สะท้อนออกมาจะเป็นแสงสะท้อนที่มีการกระจายแสงอย่างสมบูรณ์ (Perfect Diffuse Reflection) เป็นการสะท้อนแสงที่มีมุมสะท้อนเท่ากันทุกๆมุมสะท้อน และมีค่าเฉลี่ยของแสงที่สะท้อนออกมาเท่ากัน แต่หากพื้นผิววัสดุไม่เรียบสม่ำเสมอ (Semi Diffuse Surface) แสงสะท้อนที่ได้ก็จะมีลักษณะ การสะท้อนแบบกระจัดกระจาย (Semi Diffuse Reflection)



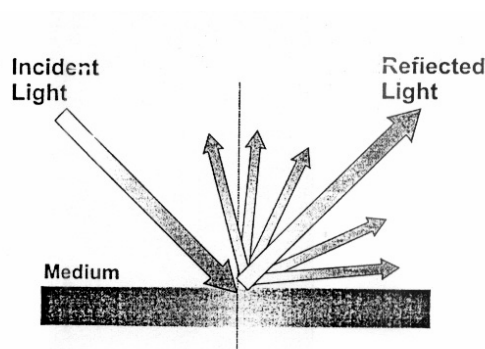
ภาพที่ 6 แสดงการสะท้อนของแสงแบบกระจาย (Diffuse Reflection)

ก. แสดงการสะท้อนแบบกระจายสม่ำเสมอ (Perfect Diffuse Reflection)

ข. แสดงการสะท้อนแบบกึ่งกระจาย (Semi Diffuse Reflection)

ที่มา : B. Stein and J. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Building, 11th ed. (New York : John Wiley & Sons Co., 1998), 1058, อ้างถึงใน อวิรุทธ์ อรุณงศา, “การใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างในห้องเรียน” (วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2544), 11.

การสะท้อนของแสงแบบผสม (Combined Specular and Diffuse Reflection) เป็นลักษณะการสะท้อนแสงแบบผสม ที่เกิดจากการสะท้อนแสงแบบกระจกเงา (Specular Reflection) และการสะท้อนแสงแบบกระจาย (Diffuse Reflection) ซึ่งสภาพพื้นผิวโดยทั่วไปจะพบการสะท้อนแสงในลักษณะนี้มากที่สุด



ภาพที่ 7 แสดงการสะท้อนของแสงแบบ ผสม (Combined Specular and Diffuse Reflection)
 ที่มา : B. Stein and J. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Building, 11th ed.
 (New York : John Wiley & Sons Co., 1998), 1058, อ้างถึงใน อวิรุทธ์ อรุณงศา, “การใช้แสง
 ธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างในห้องเรียน” (วิทยานิพนธ์
 ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยี
 อาคาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2544), 11.

2.3 การส่องผ่าน (Transmission)

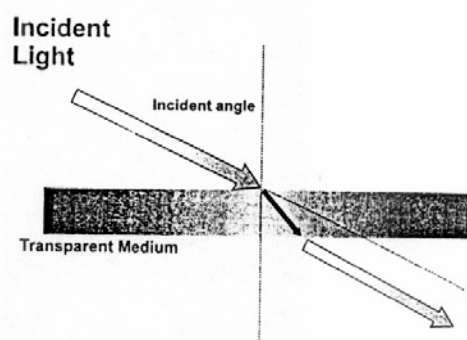
เกิดขึ้นเมื่อแสงส่องผ่านตัวกลาง (Medium) แล้วสามารถทะลุไปยังอีกด้านหนึ่ง
 ของตัวกลาง เมื่อแสงกระทบตัวกลางชนิดโปร่งแสง แสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนเข้าไปในตัวกลาง
 อีกส่วนจะสะท้อนกลับ ส่วนที่เหลืออีกส่วนหนึ่งจะส่องทะลุผ่านออกมาสามารถอธิบายด้วยสมการ

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

ชนิดของตัวกลางที่แสงส่องทะลุผ่านได้ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.3.1 ตัวกลางชนิดโปร่งใส (Transparent Medium)

การส่องผ่านในลักษณะนี้ จะมีการหักเห (Refracted) ของแสงเกิดขึ้นหรือมี
 การเปลี่ยนทิศทางของแสง (Bent) ขึ้นกับคุณสมบัติของตัวกลาง โดยสามารถมองเห็น
 แหล่งกำเนิดอีกด้านหนึ่งได้อย่างชัดเจน ตัวกลางประเภทนี้ ได้แก่ กระดาษใส เป็นต้น

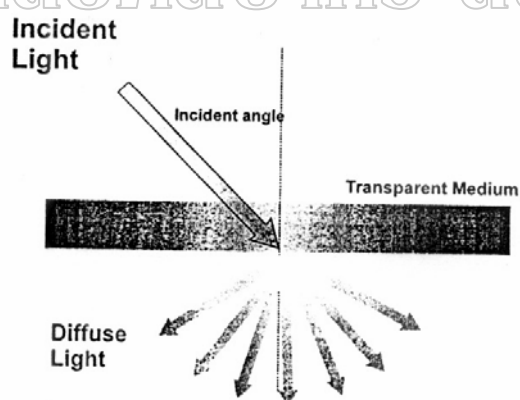


ภาพที่ 8 แสดงลักษณะของแสงตกกระทบตัวกลางชนิดโปร่งใส

ที่มา : B. Stein and J. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Building, 11th ed. (New York : John Wiley & Sons Co., 1998), 1058, อ้างถึงใน อวิรุทธ์ อรุพงษ์ศา, “การใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างในห้องเรียน” (วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2544), 12.

2.3.2 ตัวกลางชนิดโปร่งแสง (Translucent Medium)

การส่องผ่านของแสงในลักษณะนี้ จะเป็นลักษณะแสงแบบกระจายและไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงในอีกด้านหนึ่งได้



ภาพที่ 9 แสดงลักษณะของแสงตกกระทบตัวกลางชนิดโปร่งแสง

ที่มา : B. Stein and J. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Building, 11th ed. (New York : John Wiley & Sons Co., 1998), 1058, อ้างถึงใน อวิรุทธ์ อรุพงษ์ศา, “การใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างในห้องเรียน” (วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2544), 12.

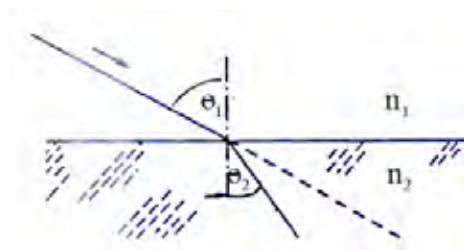
สมการความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบและมุมสะท้อน มีดังนี้คือ

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

โดยที่ n_1, n_2 : ดัชนีการหักเหของแสง ของวัสดุ 1 และ 2 ตามลำดับ

θ_1 : มุมตกกระทบของแสง

θ_2 : มุมสะท้อนของแสง



ภาพที่ 10 แสดงลักษณะการหักเหของแสงเมื่อผ่านตัวกลาง

ที่มา : B. Stein and J. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Building, 11th ed.

(New York : John Wiley & Sons Co., 1998), 1058, อ้างถึงใน อวิรุทธ์ อรุณงศา, “การใช้แสง

ธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างในห้องเรียน” (วิทยานิพนธ์

ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยี

อาคาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544), 13.

3. ทฤษฎีและศัพท์ที่เกี่ยวกับความส่องสว่าง (Illuminance Theory)

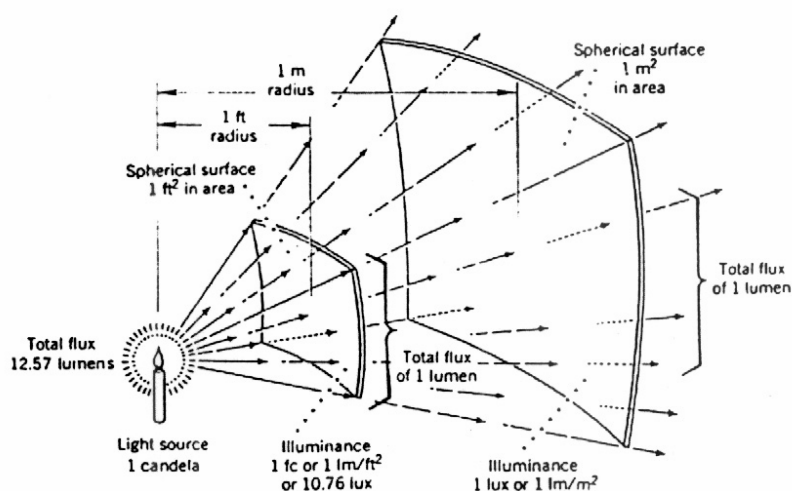
ค่าพื้นฐานของแสงสว่างที่ใช้ในปัจจุบัน มีใช้กันใน 2 ระบบหลัก คือ ระบบ American Standard (AS) และระบบ SI System ซึ่งเป็นหน่วยมาตรฐานที่นิยมใช้ในภูมิภาคยุโรป และเอเชีย รวมทั้งประเทศไทย ซึ่งการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จะเน้นในระบบ SI System เพราะเป็นมาตรฐานที่ใช้ในประเทศไทย

3.1 ความเข้มแสง (Luminous Intensity)

หมายถึง ตัวเลขที่แสดงกำลังของแหล่งกำเนิดแสง หรือพื้นผิวที่เปล่งแสงสว่าง ออกมาได้ในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง มีหน่วยเป็นแคนเดลา (cd) (ชำนาญ ห่อเกียรติ 2546 : ไม่ปรากฏเลขหน้า)

3.2 ปริมาณการส่องแสง (Luminous Flux)

หมายถึง พลังงานแสงที่ถูกปลดปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดแสงในช่วงเวลาหนึ่งๆ มีหน่วยเป็น ลูเมน (lm) (ชำนาญ ห่อเกียรติ 2546 : ไม่ปรากฏเลขหน้า)



ภาพที่ 11 แสดงปริมาณการส่องสว่าง (Luminous Flux)

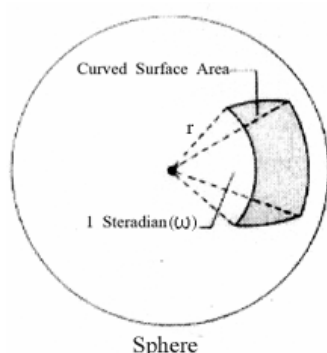
ที่มา : B. Stein and J. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Building, 11th ed. (New York : John Wiley & Sons Co., 1998), 1060.

Solid Angle (ω) เป็นการวัดส่วนพื้นที่ผิวของทรงกลม หนึ่งหน่วยที่สมมุติเป็น ทรงกรวย โดยมีส่วนแหลมสุด หรือโคนของกรวยที่จุดกำเนิดแสงหรือศูนย์กลางของวงกลมนั้น ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวส่วนที่พิจารณาของทรงกลมต่อรัศมีของทรงกลมนั้นๆ ยกกำลัง สอง มีหน่วยเป็น สเตอเรเดียน (Steradian)

$$\text{Solid Angle } (\omega) = A / R^2 \text{ Steradian}$$

โดยที่ A : พื้นที่ผิวที่พิจารณาของทรงกลม

R : รัศมีของทรงกลม



ภาพที่ 12 แสดง Solid Angle 1 สเตอเรเดียน (Steradian)

ที่มา : ธาริณี รามสูต, “Solid Angle,” ใน เอกสารการอบรมระยะสั้นการใช้คอมพิวเตอร์ในการ ออกแบบระบบแสงสว่าง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร (กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2546), 10.

3.3 ความส่องสว่าง (Illuminance)

หมายถึง ปริมาณแสงสว่างที่ตกลงบนพื้นผิวหนึ่งๆ ซึ่งวัดได้จากปริมาณความส่องสว่าง (Luminous Flux) ที่ตกลงบนพื้นผิว 1 ตารางเมตร มีหน่วยเป็น ลักซ์ (Lux) (ชำนาญ ห่อเกียรติ 2546 : ไม่ปรากฏเลขหน้า)

1 Lux = 10.76 foot-candle หรือประมาณ 10 ฟุตแคนเดิล

มาตรฐานความส่องสว่างสำหรับพื้นที่และการทำงานต่างๆ ตามมาตรฐาน CIE (International Commission on Illumination) ได้กำหนดค่าความส่องสว่างในแต่ละลักษณะพื้นที่ใช้งาน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 แสดงค่าความส่องสว่าง ในแต่ละลักษณะพื้นที่ใช้งานตามมาตรฐาน CIE

ความส่องสว่าง (Lux)	ชนิดพื้นที่ใช้งาน
20-50	ทางเดินและพื้นที่ใช้งานภายนอก
50-150	ทางเดินภายใน และการแหว่ผ่านระยะเวลาสั้นๆ
100-200	ห้องที่ไม่ได้ใช้ทำงานแบบต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานๆ
200-500	งานที่ใช้สายตาไม่มาก เช่น ในโรงงาน ขึ้นงานขนาดใหญ่
300-750	งานที่ใช้สายตาปานกลาง เช่น งานสำนักงาน
500-1000	งานที่ใช้สายตามาก เช่น งานเขียนแบบ
750-1500	งานที่ใช้สายตามากๆ เช่น ห้องผ่าตัดของแพทย์
1000-2000	งานที่ใช้สายตาเป็นพิเศษ
มากกว่า 2000	งานที่ใช้สายตาเพื่อการทำงานมากเป็นพิเศษ

ที่มา : B. Stein and J. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Building, 11th ed. (New York : John Wiley & Sons Co., 1998), 1058, อ้างถึงใน อวิรุทธ์ อรุณงศา, “การใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างในห้องเรียน” (วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544), 15.

3.4 กฎกำลังสองผกผัน (Inverse Square Law)

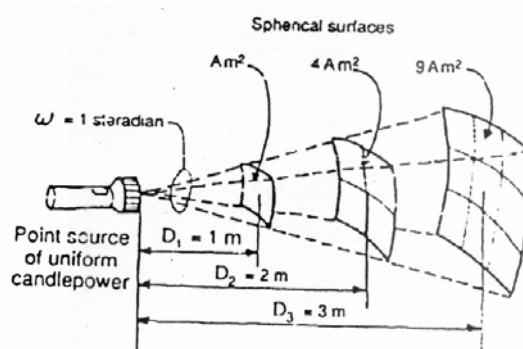
จากความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มแสง (Luminous Intensity), ปริมาณการส่องแสง (Luminous Flux) และความส่องสว่าง (Illuminance) จะได้ว่าค่าความส่องสว่าง (Illuminance) ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงเป็นจุด จะลดลงเป็นอัตราส่วนผกผันกับระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสงนั้น มีหน่วยเป็น Lux หรือ Foot-Candle มีสมการดังนี้คือ

$$E = I / d^2$$

โดยที่ E : ค่าความส่องสว่าง (Illuminance) มีหน่วยเป็นลักซ์ (Lux) หรือฟุตแคนเดิล (fc)

I : ความเข้มแสง (Luminous Intensity) มีหน่วยเป็น แคนเดลา (cd)

d : ระยะทางระหว่างพื้นที่ผิวที่พิจารณากับแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยเป็นเมตร หรือฟุต



ภาพที่ 13 แสดงกฎกำลังสองผกผันของค่าความส่องสว่าง (Inverse Square Law)

ที่มา : B. Stein and J. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Building, 11th ed. (New York : John Wiley & Sons Co., 1998), 1060.

4. คุณสมบัติอื่นๆของแสง

4.1 ความสว่าง (Luminance)

เมื่อแสงสว่างตกกระทบไปสู่พื้นผิว พื้นผิวนั้นจะสะท้อนแสงกลับออกมาตามความสามารถในการสะท้อนแสง ซึ่งก็คือ ความสว่างของพื้นผิวนั้น มีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต (Foot – Lambert) หรือ Candella per Square Meter (cd/m²) แสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$FL = E \times p$$

โดยที่ FL : ความสว่าง (Luminance) มีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต หรือ Candella per Square Meter (cd/m²)

E : ค่าความส่องสว่าง (Illuminance) มีหน่วยเป็นลักซ์ (Lux) หรือฟุตแคนเดิล (fc)

P : ค่าการสะท้อนแสงของวัตถุ มีหน่วยเป็นร้อยละ (%)

4.2 ความเปรียบต่าง (Contrast)

คือ ความสว่างของวัตถุที่เรามองเห็นเทียบกับความสว่างของสภาพรอบข้าง ถ้าความสว่างของวัตถุที่เรามองเห็นต่างจากความสว่างของสภาพรอบข้างมาก ความเปรียบต่าง (Contrast) จะมีค่าสูง การมองเห็นวัตถุก็จะง่ายขึ้น

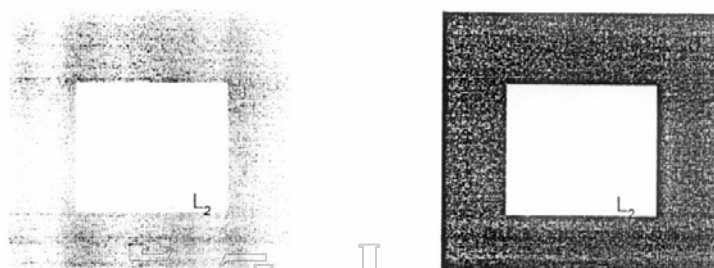
ความเปรียบต่าง (Contrast) สามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้คือ

$$C = (L_2 - L_1) / L_1$$

โดยที่ C : ความเปรียบต่าง (Contrast)

L_1 : ความสว่าง (Luminance) ของสภาพแวดล้อม

L_2 : ความสว่าง (Luminance) ของวัตถุ



ภาพที่ 14 แสดงลักษณะของความเปรียบต่าง (Contrast)

ที่มา : B. Stein and J. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Building, 11th ed. (New York : John Wiley & Sons Co., 1998), 1058, อ้างถึงใน อวิรุทธ์ อรุพงษ์ศา, “การใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างในห้องเรียน” (วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2544), 17.

5. ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ

5.1 แหล่งกำเนิดแสง

วันและฤดูกาลที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลานั้นจะมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับทิศทางและตำแหน่งต่างๆของดวงอาทิตย์ซึ่งจะทำให้เกิดทิศทางและปริมาณของแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ แต่อย่างไรก็ตามยังมีลักษณะของแสงธรรมชาติที่ไม่ได้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจะเกิดจากปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิ และมลภาวะ

มาตรฐานCIE (International Commission on Illumination) ได้แบ่งลักษณะของแสงธรรมชาติตามแหล่งกำเนิดแสง ออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ 3 ลักษณะ ดังนี้คือ

5.1.1 แสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์

การหมุนของโลกตามแกนโลกที่เอียงตามมุมต่าง ๆ นั้น จะมีความสำคัญต่อการเกิดของแสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์เป็นอย่างมาก เนื่องจากจะทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของดวงอาทิตย์ ในตำแหน่งต่างๆบนท้องฟ้า และเมื่อเทียบกับพื้นโลก เราจะสามารถอ้างอิงตำแหน่งของดวงอาทิตย์จากพื้นโลกได้จาก

- มุมอะติจูด (Solar Altitude), a_t เป็นมุมในแนวตั้ง ที่จะบอกมุมเงยของดวงอาทิตย์ เมื่อเทียบกับระดับพื้นราบ

- มุมอะซิมูท (Solar Azimuth), a_s เป็นมุมในแนวนอน ที่จะบอกตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เมื่อวัดจากแกนในแนวทิศใต้เป็นทิศเริ่มต้น ที่ 0 องศา เรื่อยไปจนถึงทิศเหนือที่ 180 องศา (วัดทวนเข็มนาฬิกา) และ - 180 องศา (วัดตามเข็มนาฬิกา)

5.1.2 แสงธรรมชาติจากท้องฟ้า

การส่องผ่านของแสงอาทิตย์ ผ่านบรรยากาศในชั้นต่างๆ จะเกิดการกระจายตัวของแสงไปทั่วท้องฟ้า เมื่อกระทบกับฝุ่น ละอองไอน้ำ และสารแขวนลอยต่างๆในชั้นบรรยากาศ ซึ่งการกระจายตัวของแสงในท้องฟ้า จะพิจารณาจากปริมาณของเมฆในท้องฟ้า ทำให้เกิดเป็นลักษณะต่างๆของท้องฟ้าได้

- ท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky)
- ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky)
- ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทึบหรือท้องฟ้าห่อ (Overcast Sky)

ซึ่งท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky) และท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) จะมีการเปลี่ยนของปริมาณแสงสว่างในท้องฟ้าอย่างรวดเร็ว

5.1.3 แสงธรรมชาติจากพื้นดิน

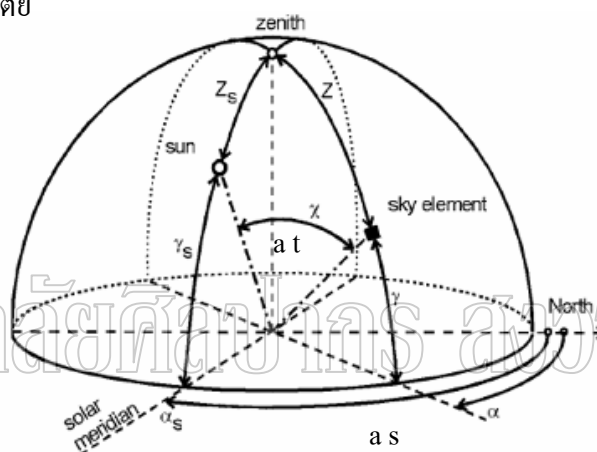
แสงที่เกิดจากการสะท้อนจากพื้นดิน เมื่อเข้าสู่ช่องเปิดของอาคาร จะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 10 – 15 % ของปริมาณแสงทั้งหมด (อวิรุทธ์ อรุพงษ์ 2544 : 35) ซึ่งปริมาณแสงสะท้อนจากพื้นดินจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับ พื้นผิวที่สะท้อนแสง สีของพื้นผิว เป็นต้น

6. การศึกษาเกี่ยวกับดวงอาทิตย์

การคำนวณแสงธรรมชาติเพื่อนำไปใช้งานในแต่ละบริเวณนั้น จะเริ่มต้นจากทิศทาง ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ และองค์ประกอบอื่นๆ ดังนี้

- ที่ตั้งตามตำแหน่งเส้นรุ้ง และเส้นแวง (Latitude and Longitude of the Site)
- วันตามปีปฏิทิน (Day of the Year, Julian Date)
- เวลาท้องถิ่น (Local Time)

โดยที่เวลาท้องถิ่น (Local Time) จะแปรเปลี่ยนมาจากเวลา ที่แท้จริงของดวงอาทิตย์ (Solar Time) และมุมต่างๆที่ใช้ในการคำนวณ จะเป็นมุมเรเดียน (Radian) ที่บอกถึงตำแหน่งและ ทิศทางของดวงอาทิตย์



ภาพที่ 15 ตำแหน่งของดวงอาทิตย์จากมุมอัลติจูด (a_t , Altitude) และมุมอะซิมูท (a_s , Azimuth) ที่มา : Stanislav Darula and Richard Kittler, “Angles Defining the Position of the Sun and a Sky Element : CIE General Sky Standard Defining Luminance Distributions,” Slovakia, 2002. (Mimeographed)

6.1 ตำแหน่งที่ตั้งของดวงอาทิตย์

ตำแหน่งที่ตั้งของดวงอาทิตย์บริเวณที่จะศึกษานั้นจะถูกกำหนดขึ้นจาก เส้นรุ้ง (Longitude, I) และเส้นแวง (Latitude, L) ที่มีอยู่ และตำแหน่งของเส้นรุ้งและเส้นแวงของจังหวัด ที่สำคัญในประเทศจะแสดงไว้ในตารางที่ 2

มาตรฐานสากล กำหนดให้เส้นแวง หรือเส้นละติจูด อยู่บริเวณด้านเหนือของทรงกลม (Hemisphère) จะเป็นบวกและด้านใต้ของทรงกลม (Hemisphère) จะเป็นลบ เส้นแวงหรือเส้นลองจิจูด (Longitude) จะกำหนดให้ด้านตะวันตกของเส้นแบ่งเวลาเมอริเดียนเป็นลบ และด้านตะวันออกของเส้นแบ่งเวลา (Latitude) เป็นบวก

ตารางที่ 2 แสดงที่ตั้งของจังหวัดต่างๆที่สำคัญในประเทศไทยในแต่ละภูมิภาค ตามแนวละติจูด และลองจิจูด

จังหวัด	ละติจูด (Latitude) องศา -ฟิลิปดา	ลองจิจูด (Longitude) องศา -ฟิลิปดา	ค่าเฉลี่ย	
			ละติจูด (Latitude) องศา	ลองจิจูด (Longitude) องศา
ภาคกลาง				
กรุงเทพมหานคร	13 $\wedge$ 44 $\cdot$	100 $\wedge$ 30 $\cdot$	14 $\wedge$	101 $\wedge$
สุพรรณบุรี	14 $\wedge$ 30 $\cdot$	100 $\wedge$ 10 $\cdot$		
นครสวรรค์	15 $\wedge$ 48 $\cdot$	100 $\wedge$ 10 $\cdot$		
กาญจนบุรี	14 $\wedge$ 01 $\cdot$	99 $\wedge$ 32 $\cdot$		
ภาคเหนือ				
เชียงราย	19 $\wedge$ 55 $\cdot$	99 $\wedge$ 50 $\cdot$	18 $\wedge$	101 $\wedge$
เชียงใหม่	18 $\wedge$ 47 $\cdot$	98 $\wedge$ 59 $\cdot$		
เพชรบูรณ์	16 $\wedge$ 25 $\cdot$	101 $\wedge$ 08 $\cdot$		
พิษณุโลก	16 $\wedge$ 55 $\cdot$	100 $\wedge$ 16 $\cdot$		
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ				
ขอนแก่น	16 $\wedge$ 20 $\cdot$	102 $\wedge$ 51 $\cdot$	14 $\wedge$	105 $\wedge$
อุบลราชธานี	15 $\wedge$ 15 $\cdot$	104 $\wedge$ 53 $\cdot$		
สุรินทร์	14 $\wedge$ 52 $\cdot$	103 $\wedge$ 29 $\cdot$		
นครราชสีมา	14 $\wedge$ 58 $\cdot$	102 $\wedge$ 07 $\cdot$		
ภาคตะวันออก				
ชลบุรี	13 $\wedge$ 22 $\cdot$	100 $\wedge$ 59 $\cdot$	12 $\wedge$	102 $\wedge$
จันทบุรี	12 $\wedge$ 37 $\cdot$	102 $\wedge$ 27 $\cdot$		
ภาคใต้				
ชุมพร	10 $\wedge$ 27 $\cdot$	99 $\wedge$ 15 $\cdot$	8 $\wedge$	100 $\wedge$
นครศรีธรรมราช	08 $\wedge$ 25 $\cdot$	99 $\wedge$ 58 $\cdot$		
สงขลา	07 $\wedge$ 11 $\cdot$	100 $\wedge$ 37 $\cdot$		
ภูเก็ต	07 $\wedge$ 58 $\cdot$	98 $\wedge$ 24 $\cdot$		

ที่มา : กรมสามัญศึกษา, “ที่ตั้งของจังหวัดต่างๆที่สำคัญในประเทศไทยในแต่ละภูมิภาค ตามแนวละติจูด และลองจิจูด,” 2535. (อัดสำเนา)

6.2 การบอกเวลา

ในปัจจุบันนี้ การบอกเวลาจะแบ่งออกเป็น 24 ชั่วโมง ซึ่งเป็นการบอกเวลาแบบปกติตามแต่ละท้องถิ่น แต่การบอกเวลาตามดวงอาทิตย์ (Solar Time) จะสามารถคำนวณได้จากเวลามาตรฐาน โดยเริ่มจากการกำหนดเส้นแวง (Longitude) ของเส้นแบ่งเวลาในช่วงต่างๆ และจากสมการของเส้นบอกเวลา (Equation of Time) โดยเวลาเทียบเท่าจะมีความแตกต่างจากเวลาดวงอาทิตย์ (Solar Time) และเวลามาฬิกา (Clock Time) เนื่องจาก

- ตำแหน่งการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์
- ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ตามแนวแกนที่พิจารณา

การบอกเวลาแบบ Equation of Time จะอธิบายเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้คือ

$$ET = 0.170 \sin(4\pi(J-80)/373) - 0.129 \sin(2\pi(J-8)/355)$$

โดยที่ ET : เวลาเทียบเท่า (Equation of time) ในหน่วยของเวลาแบบทศนิยม เช่น เวลา 13.30 น. จะเป็น 13.5

J : วันที่ที่เริ่มจากวันแรกของเดือนของปี (Julian Date) โดยไม่สนใจตามลำดับของเดือนต่างๆ ซึ่งเริ่มตั้งแต่ วันที่ 1 จนถึง วันที่ 365 ของปี

การนำมาใช้ในการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติ โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่เกิดขึ้นจริง ในขณะนั้น ในแต่ละบริเวณจะอ้างอิงถึง เส้นรุ้งที่พาดผ่าน เพื่อนำมาคำนวณเวลาของเวลาดวงอาทิตย์ (Solar Time) ความสัมพันธ์ระหว่างเวลามาตรฐาน (Standard Time) และเวลาแสงอาทิตย์ (Daylight Time) สามารถกำหนดได้ดังนี้คือ

$$t_s = t_d - 1$$

โดยที่ t_s : เวลามาตรฐาน หน่วยทศนิยมของชั่วโมง (Standard Time in Decimal Hours)

t_d : เวลาแสงอาทิตย์ หน่วยทศนิยมของชั่วโมง (Daylight Time in Decimal Hours)

เวลาดวงอาทิตย์ (Solar Time) จะสามารถคำนวณได้จากเวลามาตรฐาน (Standard Time) ได้ดังนี้คือ

$$t = t_s + ET + (12(SM-L))/\pi$$

โดยที่ t : เวลาดวงอาทิตย์ หน่วยทศนิยมของชั่วโมง (Solar Time in Decimal Hours)

t_d : เวลามาตรฐาน หน่วยทศนิยมของชั่วโมง (Standard Time in Decimal Hours)

ET : เวลาเทียบเท่า (Equation of time) หน่วยทศนิยมของชั่วโมง (Time in Decimal Hours)

SM : ระยะจากเส้นแบ่งเวลามาตรฐานเมริเดียน (Standard Meridians) หน่วยเรเดียน (Radians)

L : ตำแหน่งตามเส้นแวง (Site Longitude) หน่วยเรเดียน (Radians)

6.3 การคำนวณหาตำแหน่งของดวงอาทิตย์ (Solar Position)

ตำแหน่งและทิศทางต่างๆของดวงอาทิตย์จะถูกกำหนดโดยมุมอัลติจูด และมุมอะซิมุทของดวงอาทิตย์ (Solar Altitude and Solar Azimuth) ซึ่งจากลักษณะของมุมทั้งสองจะอิงกับ เส้นแวง ณ บริเวณนั้น เวลาดวงอาทิตย์ (Solar Time) และแนวการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ (Solar Declination) โดยแนวการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ (Solar Declination) จะประมาณได้จากสมการ ดังนี้คือ

$$\delta = 0.4093 \sin (2 \pi (J - 81) / 368)$$

โดยที่ δ : มุมคล้อยต่ำของดวงอาทิตย์ หน่วยเรเดียน (Solar Declination in Rad)

J : วันที่ที่เริ่มจากวันแรกของเดือนของปี (Julian Date) โดยไม่สนใจตามลำดับของเดือนต่างๆซึ่งเริ่มตั้งแต่ วันที่ 1 จนถึง วันที่ 365 ของปี

6.3.1 สมการของมุมละติจูดของดวงอาทิตย์

$$a_t = \arcsin (\sin I \sin \delta - \cos I \cos \delta \cos (\pi t / 12))$$

โดยที่ a_t : มุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ หน่วยเรเดียน (Solar Altitude in rad)

I : ตำแหน่งละติจูด หน่วยเรเดียน (Site Latitude in rad)

δ : แนวการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ หน่วยเรเดียน (Solar Declination in Rad)

t : เวลาดวงอาทิตย์ หน่วยทศนิยมของชั่วโมง (Solar Time in Decimal Hours)

มุมของ Solar Altitude จะมีค่าของมุมอยู่ในช่วง 0 ถึง $\pi/2$ ถ้าทิศทางของดวงอาทิตย์อยู่ต่ำกว่าแนวระดับ หรือเกินกว่า $\pi/2$ จะให้ค่าเป็นลบ

6.3.2 สมการของมุมอะซิมุทของดวงอาทิตย์

$$a s = \frac{\arctan - [(\cos \delta \sin (\dot{O} t / 12))]}{- [(\cos I \sin \delta + \sin I \cos \delta \cos (\dot{O} t / 12))]}$$

โดยที่ a s : มุมอะซิมุทของดวงอาทิตย์ หน่วยเรเดียน (Solar Azimuth in Rad)

I : ตำแหน่งละติจูด หน่วยเรเดียน (Site Latitude in Rad)

δ : การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ หน่วยเรเดียน (Solar Declination in Rad)

t : เวลาดวงอาทิตย์หน่วยทศนิยมของชั่วโมง (Solar Time in Decimal Hours)

มุมอะซิมุท (Azimuth) จะเริ่มจากศูนย์องศา ในแนวของทิศใต้ และหมุนตามเข็มนาฬิกา เรื่อยไปจนถึงทิศเหนือ เป็นระยะทาง $\dot{O}$ และให้ทิศทางดังกล่าวเป็นบวก สำหรับทิศทางตรงกันข้าม เมื่อเริ่มจากศูนย์องศาในแนวทิศใต้ หมุนทวนเข็มนาฬิกาขึ้นไปทางเหนือ ผ่านทิศตะวันออกเป็นระยะทาง $\dot{O}$ จะให้ทิศทางดังกล่าวเป็นลบ ในการคำนวณแสงธรรมชาติด้วยวิธีการต่าง ๆ นั้น จะต้องมีการคำนวณถึงแสงธรรมชาติบนพื้นผิวแนวตั้งเสมอ เช่น หน้าต่างหรือผนังอาคาร ดังนั้นมุมอะซิมุท ที่เกิดขึ้นจะเป็นมุมในแนวนอนระหว่างมุมที่อ้างอิง (ศูนย์องศาทางทิศใต้) กับมุมที่เกิดขึ้นจริงของผนังที่ตั้งฉากนั้น

7. สภาพท้องฟ้า (Sky Condition)

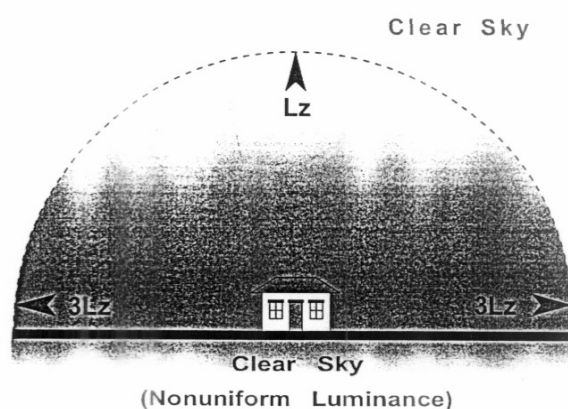
เมื่อพิจารณาการแบ่งประเภทของท้องฟ้า โดยทั่วไปจะพิจารณาจากปริมาณของเมฆในท้องฟ้า ซึ่งมีดัชนีของปริมาณเมฆในท้องฟ้า ตั้งแต่ 0 ถึง 10 โดยการแบ่งประเภทของท้องฟ้าจะมีวิธีการที่ใช้ในการแบ่งประเภทของท้องฟ้าหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้ คือ การแบ่งประเภทของท้องฟ้าจากปริมาณของเมฆในท้องฟ้า แบ่งตามตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงการแบ่งประเภทของท้องฟ้าจากปริมาณของเมฆในท้องฟ้า

ประเภทของท้องฟ้า	ดัชนีของปริมาณเมฆในท้องฟ้า
สภาพท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆปกคลุม (Clear Sky)	0 - 3
สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky)	4 - 7
สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมทึบหรือท้องฟ้าห้ว จนไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงได้ (Overcast Sky)	8 - 10

7.1 สภาพท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆปกคลุม (Clear Sky)

หมายถึงสภาพท้องฟ้ามีปริมาณเมฆปกคลุมไม่เกิน 30 % โดยความสว่างของท้องฟ้า (Sky Luminance) จะประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน คือ ความสว่างจากแสงอาทิตย์ตรง (Direct Sun) และความสว่างของแสงจากการกระจายแสง (Diffuse Illuminance) ของท้องฟ้า โดยองค์ประกอบทั้ง 2 นี้ จะแปรผันตามตำแหน่งมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ (Solar Altitude) เป็นหลัก (Kittler 1981 : 69)



ภาพที่ 16 แสดงสภาพท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆปกคลุม (Clear Sky)

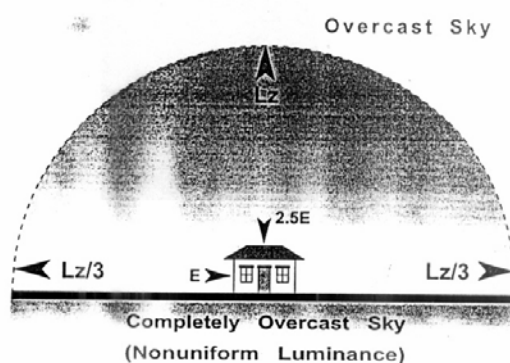
ที่มา: B. Stein and J. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Building, 11th ed. (New York : John Wiley & Sons Co., 1998), 1072.

7.2 สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky)

หมายถึงสภาพท้องฟ้ามีปริมาณเมฆปกคลุม 30 - 70 % การพิจารณาค่าความสว่างของท้องฟ้าในลักษณะนี้จะทำได้ยาก เนื่องจากปริมาณของเมฆในท้องฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (Dynamic) ซึ่งสภาพท้องฟ้าส่วนใหญ่ของประเทศไทยเป็นแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (กรมอุตุนิยมวิทยา 2543 : 1)

7.3 สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมทึบหรือท้องฟ้าห้ว จนไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงได้ (Overcast Sky)

หมายถึงสภาพท้องฟ้ามีปริมาณเมฆปกคลุมมากกว่า 70 % จนบางครั้งไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงได้ ท้องฟ้าลักษณะนี้จะเป็นท้องฟ้าแถบสแกนดิเนเวียและตอนเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก เช่น ประเทศอังกฤษ



ภาพที่ 17 แสดงสภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทึบหรือท้องฟ้าห้ว (Overcast Sky)

ที่มา : B. Stein and J. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Building, 11th ed. (New York : John Wiley & Sons Co., 1998), 1073.

8. การระบายอากาศในอาคารที่สัมพันธ์กับรูปแบบของช่องเปิดและรูปแบบอุปกรณ์บังแดด

8.1 ทิศทางกระแสลมและการระบายอากาศในอาคาร

กระแสนลมนั้นมีความสำคัญ สามารถช่วยระบายอากาศ และแลกเปลี่ยนถ่ายเทอากาศได้ ทิศทางของกระแสลมที่พัดควรให้ผ่านบริเวณที่ใช้งาน โดยใช้ช่องทางเข้าเป็นตัวบังคับแนวกระแสลมภายใน ช่องเปิดที่ดีไม่ใช่เพียงแค่มิจำนวนที่มาก หรือขนาดใหญ่โตเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ต้องคำนึงถึงการเจาะช่องเปิดให้สัมพันธ์กับทิศทางกระแสลมเข้าและออก จึงจะเกิดประโยชน์สูงสุด ในการทำให้เกิดการระบายอากาศที่ดี และช่วยให้เกิดความสบายในอาคาร ลมที่พัดผ่านนั้นเป็นได้ทั้งตัวพาความเย็น และพาความร้อนเข้ามาสู่อาคาร ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและทิศทางของอาคาร (มาลินี ศรีสุวรรณ 2543 : 25)

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพียงเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติภายในห้องเรียน หากแนวทางการงานวิจัยในอนาคต ต้องคำนึงเพิ่มเติมถึงสภาวะน่าสบายจากการระบายอากาศตามธรรมชาติตามลักษณะของช่องแสงแบบต่างๆ ผู้วิจัยจึงได้เสนอการระบายอากาศในอาคารที่สัมพันธ์กับรูปแบบของช่องเปิดและรูปแบบอุปกรณ์บังแดดไว้ เพราะมีความสัมพันธ์กันและสามารถเป็นแนวทางการงานวิจัยในอนาคตต่อไป

8.2 การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลม กับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารจากปัจจัยและวิธีการที่ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนหรือพัดพาของกระแสลม (มาลินี ศรีสุวรรณ 2543 : 87)

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเบี่ยงเบน หรือการพัดพาของกระแสลม มีปัจจัยดังนี้

- รูปทรงของอาคาร
- ตำแหน่งช่องเปิด

- ขนาดและจำนวนช่องเปิด
- แนวทิศทางการไหลของกระแสลมเนื่องจากสิ่งประกอบบริเวณช่องเปิดทางเข้า

และช่องเปิดทางออกของกระแสลม (Air Flow Pattern)

- ชนิดของหน้าต่างกับผลของกระแสลมภายในห้อง
- การใช้ผนังกัน ภายในห้องกับผลของกระแสลมที่เกิดขึ้น
- ระยะความสูงจากช่องเปิดถึงพื้นดิน
- ระยะห่างระหว่างอาคาร

ซึ่งในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะกล่าวถึงในหัวข้อ ตำแหน่งช่องเปิด, ขนาดและจำนวนช่องเปิด, แนวทิศทางการไหลของกระแสลมเนื่องจากสิ่งประกอบบริเวณช่องเปิดทางเข้าและช่องเปิดทางออกของกระแสลม (Air Flow Pattern), การใช้ผนังกัน ภายในห้องกับผลของกระแสลมที่เกิดขึ้น และระยะความสูงจากช่องเปิดถึงพื้นดิน ซึ่งเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของช่องแสงและรูปแบบอุปกรณ์บังแดด มีวิธีการทดลองโดยจัดทำหุ่นจำลองตามห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสง และรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ในส่วนผังพื้นและรูปตัด มาตรฐาน 1 : 100 เพราะเป็นขนาดที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับโต๊ะน้ำ (Flow Visualization Apparatus)

โดยกำหนด ➡ แทนทิศทางของกระแสลมโดยกระแสลมเข้าตามทิศทางของลูกศร

8.2.1 ตำแหน่งช่องเปิด

ตำแหน่งช่องเปิดนับว่ามีบทบาทสำคัญกับการระบายอากาศภายในห้อง โดยตำแหน่งช่องเปิดเป็นตัวควบคุมทำให้เกิดความแตกต่างของความกดอากาศ ซึ่งมีผลไปถึงความเร็วของลม ปริมาณกระแสลม ทิศทางลมที่จะเข้ามาภายในห้อง ถ้าตำแหน่งของช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับกระแสลมก็จะทำให้ปริมาณลมที่เข้ามาภายในห้องมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลในเรื่องการถ่ายเทอากาศ โดยลมที่เข้ามาภายในอาคารก็จะพัดนำความร้อนออกไปจากอาคาร (มาลินี ศรีสุวรรณ 2543 : 93)



ภาพที่ 18 แสดงรูปตัดที่มีลักษณะของลมเข้ามาในห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ลมสามารถพัดผ่านภายในห้องได้ทั่วถึง



ก.



ข.

ภาพที่ 19 แสดงรูปตัดที่มีลักษณะของลมเข้ามาในห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด

ก. ทิศทางของกระแสลมที่เข้ามา ผ่านช่องเปิดเหนือหน้าต่าง เกิดลมพัดผ่านบริเวณส่วนบนมาก

ข. ทิศทางของกระแสลมที่เข้ามาผ่านช่องเปิดทางเข้าที่ต่ำกว่าทางออก สามารถระบายลมได้ดี เพราะช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับระดับร่างกาย (Body Zone) ด้วย

สรุปในเรื่องตำแหน่งช่องเปิด

ควรให้ตำแหน่งช่องเปิดโดยเฉพาะช่องเปิดทางเข้าอยู่ในตำแหน่งที่กระแสลมพัดผ่านเป็นประจำ และควรคำนึงถึงแนวทิศทางกระแสลมที่จะนำกลิ่น และควันต่างๆ เข้ามาภายในอาคารด้วย

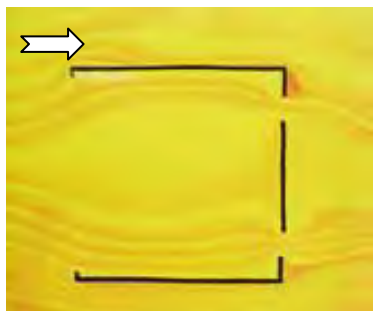
ควรหลีกเลี่ยงการเจาะช่องเปิดทางเข้าและออกในผนังเพียงด้านเดียว เพราะกระแสลมจะไม่เข้าภายในอาคาร (มาลินี ศรีสุวรรณ 2543 : 95)

ควรเจาะช่องเปิดให้สัมพันธ์กับระดับร่างกาย (Body Zone) ซึ่งตำแหน่งที่ดีที่สุด คือ การเจาะช่องเปิดทางเข้าอยู่ต่ำกว่าช่องทางออก โดยช่องทางเข้าอยู่ในระดับร่างกาย และช่องทางออกอยู่ใกล้กับฝ้าเพดาน โดยอากาศจะผ่านในทุกพื้นที่ของห้อง (ภาพที่ 19 ข.)

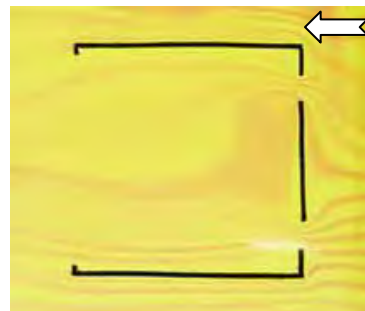
จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด จะสามารถระบายอากาศได้ดีกว่า แบบที่ 1 เพราะช่องเปิดมีส่วนของช่องเปิดเหนือหน้าต่างเพิ่มเข้ามา จะสามารถระบายอากาศได้ดีกว่า

8.2.2 ขนาดและจำนวนช่องเปิด

ขนาดและจำนวนช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับปริมาณของลมที่เข้าไปภายใน ถ้าเจาะช่องเปิดทางเข้าแคบ ทางออกกว้าง ลมที่เข้ามาภายในห้องจะมีความเร็วเพิ่มขึ้น หรือกระแสลมที่เข้ามาภายในห้องจะแรง ส่วนกรณีการเจาะช่องเปิดทางเข้ากว้าง ทางออกแคบ ปริมาณลมที่เข้ามาจะมากกว่า แต่ความเร็วลมภายในจะน้อยกว่า (มาลินี ศรีสุวรรณ 2543 : 97)



ก.



ข.

ภาพที่ 20 แสดงผังพื้นที่ขนาดของช่องเปิดมีความสัมพันธ์กับปริมาณลมที่เข้าไปภายใน โดยจะเห็นว่า

ก. เจาะช่องเปิดทางเข้ากว้าง ทางออกแคบ ลมจะลดความเร็วและความเร็วลม

ข. เจาะช่องเปิดทางเข้าแคบ ทางออกกว้าง ลมที่เข้ามาภายในห้องจะมีความเร็วเพิ่มขึ้น หรือกระแสลมที่เข้ามาภายในห้องจะแรง

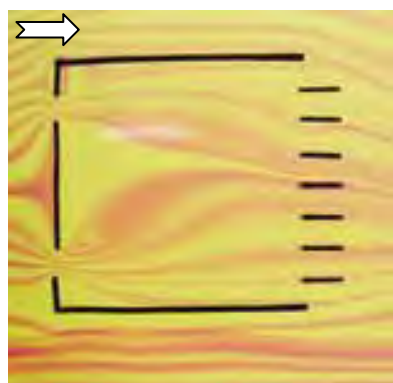


ภาพที่ 21 แสดงรูปตัดที่ทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด การระบายอากาศจากช่องทางเข้าและออกมีความเร็วและปริมาณที่แตกต่างกัน ตามขนาดของช่องเปิดที่แตกต่างกัน

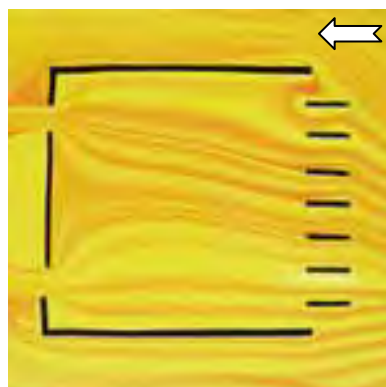
สรุปในเรื่องขนาดและจำนวนช่องเปิด

การเจาะช่องเปิดทางเข้าเล็ก ช่องทางออกใหญ่ จะมีกระแสลมที่เร็ว และแรงกว่า การเจาะช่องเปิดทางเข้าใหญ่ ช่องทางออกเล็ก และการเจาะช่องเปิดทางเข้าและทางออกที่เท่ากัน แต่การเจาะช่องเปิดทางเข้าใหญ่ ช่องทางออกเล็กจะครอบคลุมพื้นที่ได้มากที่สุด โดยความเร็วลมจะลดลงบริเวณปากทางช่องเปิดทางออก

8.2.3 แนวทิศทางการไหลของกระแสลม เนื่องจากสิ่งประกอบบริเวณช่องเปิดทางเข้า และช่องเปิดทางออกของกระแสลม (Air Flow Pattern)



ก.

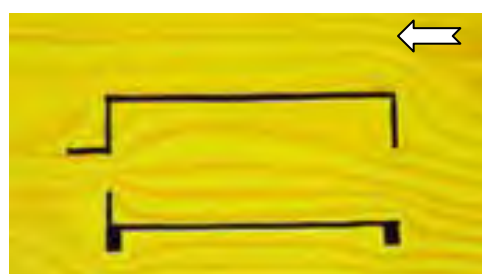


ข.

ภาพที่ 22 แสดงผังพื้นที่มีรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งประกอบ โดยจะเห็นว่า

ก. ห้องเรียนที่มีรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง จะช่วยให้การระบายอากาศดีกว่าการไม่มีอุปกรณ์บังแดดเลย

ข. ห้องเรียนที่มีรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง อยู่บริเวณช่องเปิดทางเข้ามีผลต่อทิศทางการไหลของกระแสลมเป็นอย่างมาก



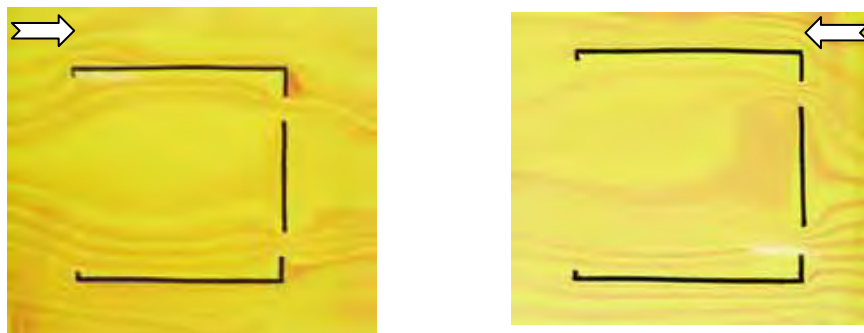
ภาพที่ 23 แสดงรูปตัดของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดในแนวนอนประกอบ โดยจะเห็นว่า มีผลต่อกระแสลมภายในห้อง โดยเฉพาะกับช่องเปิดที่มีขนาดไม่กว้างมากนัก

สรุปในเรื่องแนวทิศทางการไหลของกระแสลม เนื่องจากสิ่งประกอบบริเวณช่องเปิดทางเข้า และช่องเปิดทางออกของกระแสลม (Air Flow Pattern)

สิ่งประกอบ เช่น อุปกรณ์บังแดด สามารถเบี่ยงเบนทิศทางการไหลของกระแสลมได้ และหากสิ่งประกอบจะมีผลอย่างมากหากอยู่บริเวณช่องเปิดทางเข้าเป็นหลัก

8.2.4 การใช้ผนังกัน ภายในห้องกับผลของกระแสลมที่เกิดขึ้น

ตำแหน่งการกั้นผนังมีผลกระทบกับการไหลเวียนของกระแสลม หากมีการกั้นผนังภายในอยู่ใกล้ช่องเปิดทางเข้ามาก ก็จะทำให้เกิดผลกระทบจากการเบี่ยงเบนของกระแสลมมาก



ภาพที่ 24 แสดงผังพื้นของห้องเรียนโดยไม่มีรูปแบบของอุปกรณ์บังแดด ที่มีลักษณะโค้ง ไม่มีการกั้นผนังภายใน ทำให้การไหลเวียนของอากาศดีขึ้นกว่าการกั้นผนัง

สรุปในเรื่องการใช้ผนังกัน ภายในห้องกับผลของกระแสลมที่เกิดขึ้น

การกั้นผนังภายในอยู่ใกล้ช่องเปิดทางเข้ามากจะเกิดผลกระทบจากการเบี่ยงเบนของกระแสลมมาก ไม่ควรมีผนังกันในห้องมากเกินไป เพราะจะทำให้เกิดจุดอับลมขึ้นภายในห้อง

9.2.5 ระยะความสูงจากช่องเปิดถึงพื้นดิน

ทิศทางการไหลของกระแสลม สำหรับช่องเปิดทางเข้าอาคารที่ระดับต่างกัน ก็จะมีทิศทางต่างกัน



ภาพที่ 25 แสดงรูปตัดที่ทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ความสูงของช่องเปิดมีผลกับทิศทางของกระแสลมภายในห้อง

สรุปในเรื่องระยะความสูงจากช่องเปิดถึงพื้นดิน

ยิ่งช่องเปิดอยู่สูง ทิศทางของกระแสลมก็จะเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากแนวผนังด้านหน้าที่กระแสลมมาปะทะ จะเกิดแรงดันขึ้น

8.3 รูปแบบของช่องเปิดและรูปแบบอุปกรณ์บังแดด

เป็นองค์ประกอบสำคัญในการควบคุมปริมาณ ทิศทางและลักษณะการกระจายของแสงที่เข้าสู่อาคาร รูปแบบของช่องเปิดและอุปกรณ์บังแดดที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

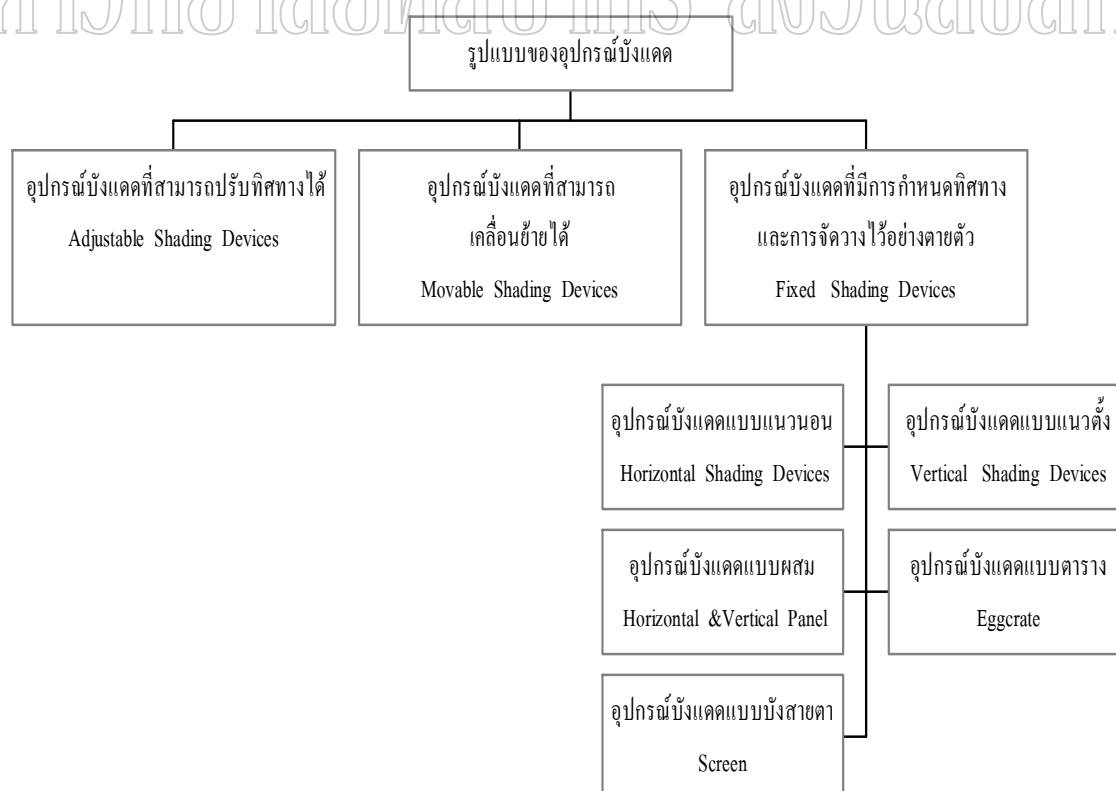
8.3.1 ช่องเปิดที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด

ความสามารถในการกันแดดอยู่ที่ค่า Shading Coefficient ของกระจก ทิศทาง พื้นที่ ตำแหน่งการเปิด และจังหวะของช่องเปิด

8.3.2 ช่องเปิดที่มีอุปกรณ์บังแดด

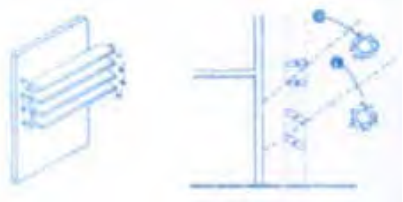
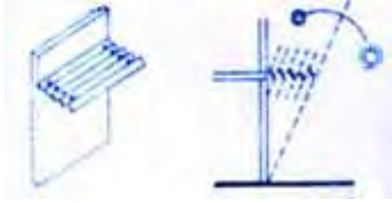
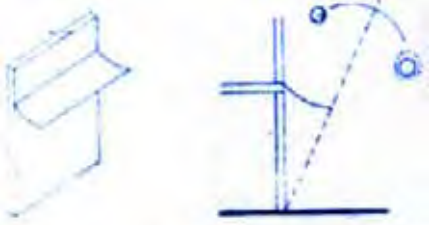
สามารถแบ่งรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดออกตามลักษณะการใช้งานของอุปกรณ์บังแดด คือ

- อุปกรณ์บังแดดที่สามารถปรับทิศทางได้
- อุปกรณ์บังแดดที่สามารถเคลื่อนย้ายได้
- อุปกรณ์บังแดดที่มีการกำหนดทิศทางและการจัดวางไว้อย่างตายตัว



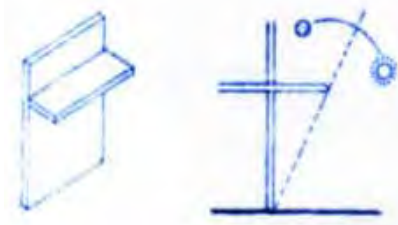
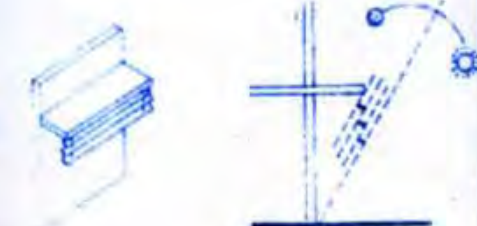
แผนภูมิที่ 1 การแบ่งประเภทของอุปกรณ์บังแดดตามลักษณะการใช้งาน

ตารางที่ 4 แสดงรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดตามลักษณะการใช้งาน

รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ทิศทางและช่วงเวลาของการบังแดด
1. อุปกรณ์บังแดดที่สามารถปรับทิศทางได้ - อุปกรณ์บังแดดมีลักษณะเป็นบานเกล็ด หมุนปรับมุมในแนวนอน 	บังแดดได้ดีทุกทิศทาง 
- อุปกรณ์บังแดดบานเกล็ดหมุนปรับมุม 	บังแดดได้ดีทุกทิศทาง โดยเฉพาะในช่วงเวลา 12.00 - 15.00 น. 
- อุปกรณ์บังแดดบานเกล็ดหมุนปรับมุมในแนวตั้ง 	บังแดดได้ดีทุกทิศทาง 
2. อุปกรณ์บังแดดที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ - ผ้าใบขึ้น 	บังแดดได้ดีในทิศใต้ โดยเฉพาะในช่วงเวลา 12.00 -15.00 น. 

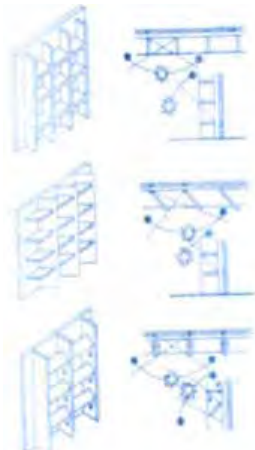
ที่มา : ตรึงใจ บุณสมภพ, การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ 2 (กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์, 2521), 61.

ตารางที่ 4 (ต่อ) แสดงรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดตามลักษณะการใช้งาน

รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ทิศทางและช่วงเวลาของการบังแดด
3. อุปกรณ์บังแดดที่มีการกำหนดทิศทางและการจัดวางไว้ตายตัว - อุปกรณ์บังแดดที่มีการยื่นชายคาในแนวนอน 	บังแดดได้ดีในทิศตะวันตกและใต้ 
- อุปกรณ์บังแดดที่มีการยื่นชายคาแบบลอยขนาน 	บังแดดได้ดีในทิศตะวันตกและใต้ 
- อุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง 	บังแดดได้ดีในทิศใต้และตะวันตก ตั้งแต่เวลา 9.00 – 15.00 น. 
- อุปกรณ์บังแดดบานเกล็ดตั้งฉากติดตาย 	บังแดดได้ดีในทิศใต้และทิศตะวันตก 

ที่มา : ตรึงใจ นุรณสมภพ, การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ 2 (กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์, 2521), 61.

ตารางที่ 4 (ต่อ) แสดงรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดตามลักษณะการใช้งาน

รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ทิศทางและช่วงเวลาของการบังแดด
3. อุปกรณ์บังแดดที่มีการกำหนดทิศทางและการจัดวางไว้ตายตัว - อุปกรณ์บังแดดแบบตารางบังแดด 	บังแดดได้ดีทุกทิศทาง 

ที่มา : ตรึงใจ นุรณสมภพ, การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย, พิมพ์ครั้งที่ 2 (กรุงเทพฯ : นานีการพิมพ์, 2521), 61.

จากการศึกษา ผู้วิจัยได้เลือกรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ 3 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 ไม่มีอุปกรณ์บังแดด แบบที่ 2 อุปกรณ์บังแดดในแนวนอน และแบบที่ 3 อุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง โดยมีรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดตามที่ได้กำหนดไว้ซึ่งมีรูปแบบง่ายต่อการก่อสร้าง และเป็นรูปแบบที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไป ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ อุปกรณ์บังแดดใช้เป็นวัสดุคอนกรีต เพราะทำหน้าที่โครงสร้างและผนังอาคารที่กันแดดในตัว อีกทั้งสามารถทำเป็นกันสาดได้เกือบทุกลักษณะ โดยกำหนดค่าการสะท้อนแสง 50 % (หม่อมราชวงศ์ทองใหญ่ ทองใหญ่ 2524 : 25)

8.4 ชนิดและวัสดุของอุปกรณ์บังแดด

วัสดุที่ประกอบเป็นอุปกรณ์บังแดด แบ่งตามลักษณะการใช้งานเป็น 2 ลักษณะ คือ

8.4.1 แบบใช้งานแบบถาวร

อุปกรณ์บังแดด แบบนี้มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน คงทนถาวร ค่าก่อสร้างสูง แต่เสียค่าบำรุงรักษา ค่าซ่อมแซมน้อย คำนวณค่าเมื่อคิดเปรียบเทียบกับระยะเวลา วัสดุเหล่านี้ได้แก่

8.4.1.1 คอนกรีตเสริมเหล็ก

ส่วนใหญ่มักทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างอาคาร เนื่องจากมีความแข็งแรงรับน้ำหนักได้ดี เช่นทำเป็นแผงรับน้ำหนัก ซึ่งทำหน้าที่เป็นทั้งโครงสร้างและผนังอาคารที่กันแดดในตัว แต่ดูแลรักษายาก สามารถทำเป็นกันสาดได้เกือบทุกลักษณะ จะเป็นบานเกล็ด แผงทางตั้ง ทางนอน แผงโค้งหรือชายคายื่นยาวออกมาจากตัวอาคาร และอื่น ๆ



ภาพที่ 26 แสดงอุปกรณ์บังแดดคอนกรีตเสริมเหล็ก

ที่มา : สมหวัง อัดตнна, “อาคารสาธารณะ,” *Arch & Idea* 4, 41 (พฤษภาคม 2539) : 114.

8.4.1.2 ลักษณะประเภทอลูมิเนียม หรือเหล็กชุบอลูมิเนียม

นิยมใช้ในลักษณะของชายคายื่นยาวออกมาเหนือหน้าต่าง หรือเป็นเกล็ดบังแดดนอกหน้าต่างอีกชั้นหนึ่ง หรือเป็นมู่ลี่ปรับมุมใช้บังแดดภายในอาคาร มีราคาสูง น้ำหนักเบา เพราะสามารถทำได้บางมาก คงทน ติดตั้งง่าย ขนส่งสะดวก ทำเป็นแบบสำเร็จรูป



ภาพที่ 27 แสดงอุปกรณ์บังแดดประเภทอลูมิเนียม หรือเหล็กชุบอลูมิเนียม

ที่มา : P.S. Doeckit, *Aluminium Louver* [Online], accessed 7 June 2002. Available from <http://btxinc.com/pages/>

8.4.1.3 โพลีกลาสและไฟเบอร์กลาส

เป็นวัสดุสังเคราะห์ทางเคมีที่ผลิตขึ้นมาทีหลัง ใช้เป็นวัสดุผนังหลังคาบางส่วนและเป็นอุปกรณ์บังแดดได้ มีลักษณะพิเศษคือ กันแดดและความร้อนแต่ให้แสงผ่านได้ มีหลายสีทำให้แสงที่ผ่านทะลุมีสีสรรตามสีของโพลีกลาส นอกจากทำให้มีบรรยากาศแล้วสามารถทำเป็นรูปทรงต่างๆ ได้ตามต้องการ ข้อเสียคือ โพลีกลาสที่คุณภาพดี สามารถทนต่อสภาพลม ฟ้าอากาศ มีราคาสูงมาก ส่วนราคารองลงไปมักมีคุณภาพยังไม่ได้มาตรฐานเมื่อโดนความร้อนสูงจากแดดอาจจะไหม้ร้าว เป็นริ้วรอย และสีเปลี่ยนไปไม่เหมือนใหม่



ภาพที่ 28 แสดงอุปกรณ์บังแดดโพลีกลาสและไฟเบอร์กลาส

ที่มา : สมหวัง อุตตนา, “บ้านพักอาศัยกลางกรุง,” *Arch & Idea* 4, 49 (พฤษภาคม 2540) : 14.

8.4.1.4 กระเบื้องกระดาด หรือกระเบื้องเอสเบสทอสซิเมนต์

เป็นวัสดุที่ไม่ผู้ร่อนง่าย ทนต่อการเปลี่ยนแปลงของลมฟ้าอากาศ แต่อาจแตกหักได้เมื่อถูกกระแทกกระแทกแรง ๆ มีทั้งกระเบื้องเรียบและกระเบื้องลอน ใช้กันแดดโดยมีโครงไม้หรือเหล็ก หรือเป็นแบบสำเร็จรูปติดตั้งกับอาคารได้เลย

8.4.1.5 ไม้

ถึงแม้ธรรมชาติของไม้จะไม่ทนต่อแดดและฝน ซึ่งทำให้ผู้ร่อนง่าย แต่ก็มีสีน้ำมันและน้ำยาเคลือบไม้เพื่อช่วยให้คงสภาพแข็งแรงได้นานขึ้น การก่อสร้างทำได้ง่าย ใช้ในลักษณะบานพลิค บานเกล็ด ทางตั้ง ทางนอน หรือตีเว้นห่างแบบไม้ระแนง



ภาพที่ 29 แสดงอุปกรณ์บังแดดไม้

ที่มา : Y. K. Ling, *Gutter & Roof* [Online], accessed 7 June 2002. Available from <http://bpgutter.com/Roof.htm>

8.4.2 แบบใช้งานแบบชั่วคราว

อุปกรณ์บังแดดแบบนี้จะมีอายุการใช้งานไม่มากนัก ชำรุดง่าย ต้องมีการซ่อมแซม และเปลี่ยน วัสดุอยู่เสมอ แต่มีราคาถูก ติดตั้งและรื้อถอนง่ายและรวดเร็ว ให้ความรู้สึกเบาบาง และบรรยากาศแบบพักผ่อนเป็นธรรมชาติ วัสดุเหล่านี้ได้แก่

8.4.2.1 ไม้ไผ่

ใช้เป็นลักษณะเป็นมู่ลี่ม้วน มีรอกติดกับชายคา ห้อยลงมากับชายคาตรง ๆ ใช้ดึงม้วนขึ้นลงได้ หรือจะใช้เป็นแบบห้อยเฉย ๆ ใช้ไม้ค้ำยันก็ได้ ไม้ไผ่ให้ความรู้สึกเป็นธรรมชาติดี กันแดด ได้พอประมาณ แต่ไม่สามารถกันฝนได้

8.4.2.2 ผ้าใบ

ใช้ในลักษณะเช่นเดียวกับไม้ไผ่ หรือใช้เป็นโครงเหล็ก หลังคาผ้าใบ มีความทนทานและกันฝนได้ดี สามารถประดิษฐ์ด้วยสีและเล่นชายคาเพิ่มความงดงาม



ภาพที่ 30 แสดงอุปกรณ์บังแดดแบบผ้าใบ

ที่มา : Grogen, Canvas [Online], accessed 7 June 2002. Available from <http://Shadingsystemsinc.com/>

8.5 สรุปลักษณะชนิดและข้อเปรียบเทียบข้อดี – ข้อเสียของอุปกรณ์บังแดด

ตารางที่ 5 ลักษณะชนิดและข้อเปรียบเทียบข้อดี – ข้อเสียของอุปกรณ์บังแดด

ชนิดของวัสดุ	ลักษณะของอุปกรณ์บังแดด	ข้อเปรียบเทียบข้อดี - ข้อเสีย	ลักษณะ
แบบใช้งานแบบถาวร 1. คอนกรีตเสริมเหล็ก	ส่วนใหญ่มักทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างอาคารเนื่องจากมีความคงทนแข็งแรง	ข้อดี 1. มีความคงทนต่อสภาพอากาศ 2. สามารถทำเป็นกันสาดได้หลายรูปแบบ ข้อเสีย 1. ไม่สามารถทำเป็นที่บังแดดแบบปรับมุมได้ 2. มีน้ำหนักมาก 3. ดูแลรักษามาก	
2. โลหะประเภทอลูมิเนียม หรือ เหล็กชุบไฟเบอร์กลาส	นิยมใช้เป็นลักษณะขายคาขึ้นยาวออกมาเหนือหน้าต่าง ส่วนใหญ่มักทำเป็นบานเกล็ดและบานเกล็ดปรับมุม	ข้อดี 1. น้ำหนักเบา ขนส่งสะดวก 2. ติดตั้งง่าย คงทน 3. สามารถทำเป็นที่บังแดดได้หลายรูปแบบ ข้อเสีย 1. ทำความสะอาดยาก	
3. โพลีกลาส และ ไฟเบอร์กลาส	เป็นวัสดุสังเคราะห์ทางเคมีใช้เป็นวัสดุผนังหลังคา และ อุปกรณ์บังแดด มีคุณสมบัติคือ กันแดด และความร้อนแต่ให้แสงผ่านได้บางส่วน	ข้อดี 1. น้ำหนักเบากว่าแบบคอนกรีต 2. ได้บรรยากาศที่หลากหลาย 3. สามารถทำเป็นที่บังแดดได้หลายรูปแบบตามต้องการ ข้อเสีย 1. มีราคาสูง 2. จะเปลี่ยนไปจากเดิมหากใช้ไปนานๆ หากโดนความร้อนสูง อาจไหม้และแตกร้าวได้ง่าย	

ตารางที่ 5 (ต่อ) ลักษณะชนิดและข้อเปรียบเทียบข้อดี – ข้อเสียของอุปกรณ์บังแดด

ชนิดของวัสดุ	ลักษณะของอุปกรณ์บังแดด	ข้อเปรียบเทียบข้อดี - ข้อเสีย	ลักษณะ
แบบใช้งานแบบถาวร 4. กระเบื้องกระดาษหรือกระเบื้องแอสเบสทอส ซีเมนต์	มีลักษณะเป็นผิวเรียบและเป็นผิวลอน	ข้อดี 1. มีความคงทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ 2. ไม่ต้องดูแลรักษามาก ข้อเสีย 1. มีผลต่อระบบทางเดินหายใจของผู้อยู่อาศัย 2. หักได้ง่ายเมื่อกระแทกแรงๆ	
5. ไม้	ส่วนใหญ่จะเป็นไม้ระแนง	ข้อดี 1. น้ำหนักเบา ขนส่งสะดวก ข้อเสีย 1. ไม่คงทนต่อแดด ฝน นอกจากจะใช้สีน้ำมันและน้ำยาเคลือบเพื่อให้มีสภาพคงทนมากยิ่งขึ้น	
แบบใช้งานแบบชั่วคราว 6. ไม้ไผ่	ใช้เป็นลักษณะแบบมู่ลี่ม้วนมีรอกติดกับขาชา หรือห้อยลงมาจากขาชาตรงๆ	ข้อดี 1. ติดตั้ง หรือรื้อถอนได้ง่าย 2. ได้บรรยากาศที่หลากหลาย 3. ราคาถูก ข้อเสีย 1. ไม่สามารถกันฝนได้ 2. อายุการใช้งานไม่ยาวนาน	
7. ผ้าใบ	สามารถทำได้หลายรูปแบบ ลักษณะส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะแบบกันสาดยื่นมาให้ร่มเงา	ข้อดี 1. ติดตั้ง หรือรื้อถอนได้ง่าย 2. มีความสวยงามเพราะมีรูปแบบหลากหลาย ข้อเสีย 1. ความแข็งแรงขึ้นอยู่กับโครงสร้าง	

9. การพิจารณาค่าความส่องสว่างภายในอาคารโดยอาศัยแสงธรรมชาติ

โดยทั่วไปวิธีการคำนวณจะมีหลายวิธี ซึ่งวิธีการคำนวณที่เป็นที่นิยมใช้ทั่วไป จะแยกได้เป็น 2 วิธีการหลัก คือ

- Lumen Transfer Method
- Daylight Factor Method

ซึ่งการศึกษาวิธีการทั้งสองแบบนี้ จะแยกกล่าวดังนี้

9.1 Lumen Transfer Method

หรือเรียกว่า Lumen Input Method หรือ Total Flux Method ตามลักษณะของพื้นฐานของการคำนวณในการหาค่าความส่องสว่าง ในแต่ละจุด (Station Point , SP) ภายในอาคาร วิธีการคำนวณแบบ Lumen Transfer Method ถูกคิดค้นขึ้นครั้งแรกที่มหาวิทยาลัย Southern Methodist University ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปีค.ศ. 1953 และถูกพัฒนาต่อมาในปีค.ศ. 1956 โดยในหลักการของวิธีการดังกล่าวจะเป็นการพิจารณาค่าความส่องสว่างรวมที่ตกกระทบ ณ จุดใดจุดหนึ่ง ในแต่ละระยะความลึกที่กำหนดภายในอาคารนั้น อันเนื่องมาจากค่าความส่องสว่างภายนอกที่กระทำโดยผ่านช่องเปิด หรือช่องแสงต่างๆเข้ามาภายในอาคาร

การพิจารณาคำนวณด้วยวิธีการแบบนี้ จะสามารถพิจารณาถึงค่าความส่องสว่างภายในอาคาร เป็นลักษณะของแต่ละตำแหน่งต่างๆภายในอาคารที่ระดับการทำงานปกติ (Working Plane) ประมาณ 2.5 ฟุต หรือ 0.75 เมตร เนื่องจากที่ระดับความสูงอื่นๆจะไม่มีผลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณมากนักและจุดต่างๆที่กำหนด จะแบ่งออกเป็นจุดย่อยๆ จำนวน 3-5 จุด ที่ใช้ในการอ้างอิงถึงระดับความส่องสว่างภายในห้องที่ตั้งตรงในแนวตั้งฉากจากเส้นกลางของช่องแสงหรือช่องเปิด โดยมีการกำหนดจุดต่างๆ เรียงตามลำดับได้ ดังนี้

จุดที่ใกล้กับหน้าต่างมากที่สุด กำหนดให้เป็น

SP, max คือ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากช่องเปิดเป็นระยะ 5 ฟุต หรือร้อยละ 10 ของความยาวห้อง ที่ระดับความสูงของการทำงานปกติ (Working Plane) 0.75 เมตร

SP, mid คือ ตำแหน่งที่จุดศูนย์กลางของห้อง ที่ระดับความสูงของการทำงานปกติ (Working Plane)

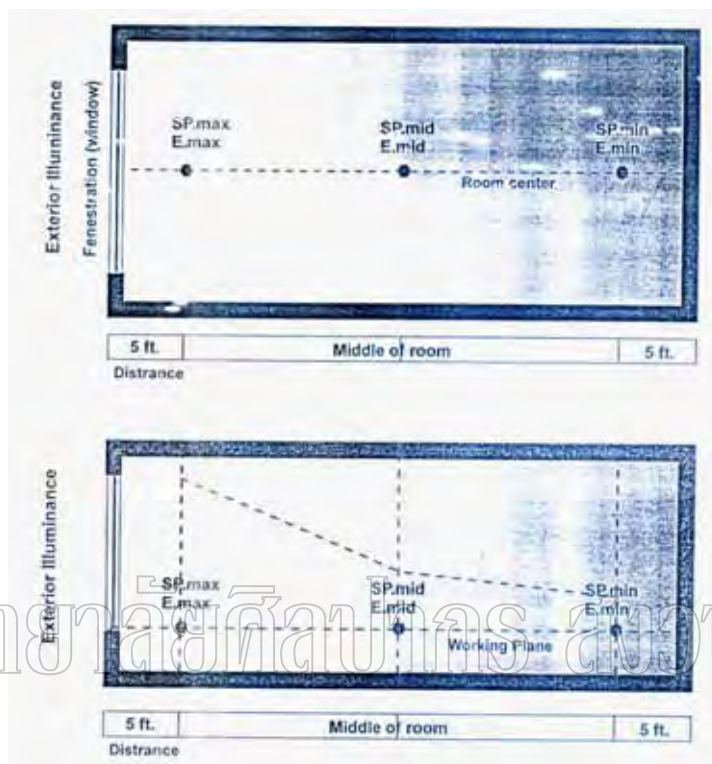
SP, min คือ ตำแหน่งที่จุดสุดท้าย หรือจุดที่ห่างจากผนังห้องด้านในสุดเข้ามา 5 ฟุต หรือร้อยละ 10 จากผนังด้านลึกของห้อง หรือระยะร้อยละ 90 จากช่องแสง

โดยค่าความส่องสว่างที่ได้ จากจุดดังกล่าวทั้ง 3 จุดนั้น (บางวิธีจะใช้การคำนวณ 5 จุด) คือ E_{max} , E_{min} , E_{mid} เมื่อ

E_{max} คือ ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยรวมของห้อง (Absolute Illuminance) ที่
คำนวณที่จุด SP, max

E_{mid} คือ ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยรวมของห้อง ที่คำนวณที่จุด SP, mid

E_{min} คือ ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยรวมของห้อง ที่คำนวณที่จุด SP, min



ภาพที่ 31 แสดงการพิจารณาค่าความส่องสว่างรวมที่ตกกระทบ ณ จุดใดจุดหนึ่ง ด้วยวิธีการ
คำนวณแบบ Lumen Method

ปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของค่าความส่องสว่าง ด้วยวิธีการ
คำนวณแบบลูเมน (Lumen Transfer Method) จะประกอบด้วย ปัจจัยสำคัญดังนี้

ก. ปริมาณแสงที่ตกกระทบถึงช่องเปิดเหนือระนาบที่พิจารณา โดยพิจารณาตัว
แปรของแหล่งกำเนิด ดังนี้

- ค่าความส่องสว่างและสภาพของท้องฟ้า (Sky Illumination and Sky Condition)
- มุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อช่องเปิด (Solar Altitude and Solar Azimuth)
- ปริมาณความเข้มของแสงแดด (Intensity of Sunlight) โดยไม่รวมแสงแดดที่ส่องเข้าสู่ภายในห้อง

ข. ปริมาณแสงที่ตกกระทบถึงช่องเปิดต่ำกว่าระนาบที่พิจารณา โดยพิจารณาตัวแปรที่มีผลกระทบต่อปริมาณแสง ดังนี้

- ค่าความส่องสว่างที่ตกกระทบพื้นดินภายใต้สภาพท้องฟ้าโปร่ง หรือท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทึบ โดยที่กำหนดให้

$E_{GH,C}$ คือ ค่าความส่องสว่างที่ตกกระทบพื้นดินภายใต้สภาพท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky)

$E_{GH,O}$ คือ ค่าความส่องสว่างที่ตกกระทบพื้นดินภายใต้สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทึบ (Overcast Sky)

ค. ปริมาณแสงที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่ภายในอาคาร โดยพิจารณาจากตัวแปร ดังนี้

- พื้นที่กระจกของช่องเปิดที่มีแสงส่องผ่านได้ (A_g)
- ค่าการส่องผ่านของแสงของวัสดุที่เป็นช่องแสง (T_g)
- อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ของช่องแสง ที่สามารถส่องผ่านได้ต่อพื้นที่ช่อง

เปิดทั้งหมด

- ความสกปรกของช่องแสง ซึ่งมีผลต่อการส่องผ่านแสงอันเนื่องมาจากการสะสมของฝุ่นบนพื้นผิวระนาบ (Dirt - Collection , D_g)

ง. ปริมาณแสงที่สามารถนำมาใช้งาน และการกระจายของแสงในระดับความสูงของการทำงานปกติ (Working Plane) 0.75 เมตร

- การกระจายตัวของแสง อันเนื่องมาจากการสะท้อนของพื้นผิวของวัสดุภายในห้อง
- อัตราส่วนความกว้าง ต่อความยาวของช่องเปิด
- อัตราส่วนความกว้าง ต่อความยาวต่อความสูงของห้อง

9.2 Daylight Factor Method

Daylight Factor Method หรือ Sky Factor หรือ Split Flux Method เป็นวิธีการคำนวณระดับความส่องสว่างภายในอาคารที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายมากกว่า 70 ปี (โดยเฉพาะในประเทศอังกฤษได้มีการกำหนดกฎหมายที่เกี่ยวข้อง และอาศัยการคำนวณด้วยวิธีนี้) (Waldram 1940 : 86) วิธีเคย์โลย์แฟกเตอร์ได้รับการพัฒนาให้เหมาะสมต่อมา เพื่อการใช้งานที่สะดวกขึ้น (Hopkison, Petherbridge, and Longmore 1966 : 135)

หลักการของเดย์ไลท์แฟกเตอร์ (Daylight Factor, DF) จะเป็นวิธีการที่กำหนดขึ้นจากอัตราส่วนเปรียบเทียบ ระหว่างค่าความส่องสว่างภายในอาคารในระนาบพื้นผิว (E_i) ต่อค่าความส่องสว่างภายนอกของอาคาร (E_e) โดยการคำนวณที่ได้จะมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งและทิศทางของดวงอาทิตย์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามวันเวลา โดยมีสมการมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณ ดังนี้

$$DF (\%) = \frac{\text{ค่าความส่องสว่างภายใน}}{\text{ค่าความส่องสว่างภายนอก (ไม่รวมแสงแดดตรง)}} \times 100$$

เมื่อลักษณะของท้องฟ้าใกล้เคียงลักษณะท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน

หาก DF มีค่าเท่ากับ 2 % จะหมายความว่าค่าความส่องสว่างภายใน (E_i) ณ จุดนั้น (Station Point) จะมีค่าความส่องสว่างเท่ากับ 2 % ของค่าความส่องสว่างจากภายนอก (E_e)

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้ค่าความส่องสว่างภายในและภายนอกโดยรวมแสงแดดตรงมาพิจารณาร่วมด้วย เนื่องจากการออกแบบลักษณะช่องแสงทางด้านข้างของห้องเรียน ไม่สามารถหลีกเลี่ยงแสงแดดตรงได้

9.2.1 องค์ประกอบของวิธีการคำนวณแบบ Daylight Factor

การพิจารณาค่าความส่องสว่างภายในอาคาร โดยอาศัยแสงธรรมชาติด้วยวิธีเดย์ไลท์แฟกเตอร์ (Daylight Factor, DF) จะเป็นวิธีการคำนวณที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ โดยองค์ประกอบที่สำคัญ มีดังนี้คือ

- องค์ประกอบจากท้องฟ้า (Sky Component)
- องค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายนอก (External Reflected Component)
- องค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายใน (Interior Reflected Component)

9.2.1.1 องค์ประกอบจากท้องฟ้า (Sky Component, SC)

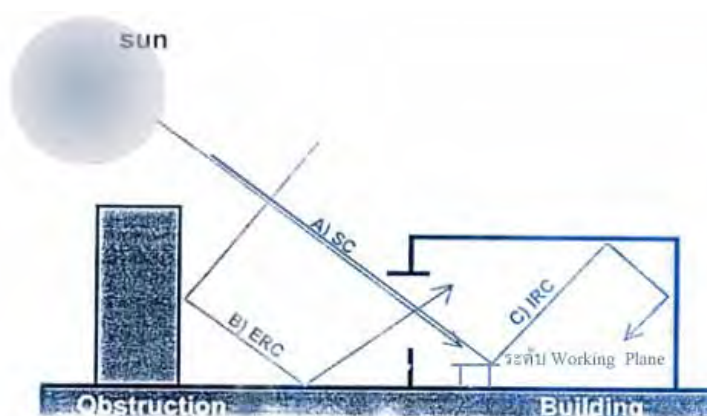
จะเป็นแสงธรรมชาติภายนอกที่เข้าสู่ภายในอาคารโดยตรง โดยแสงธรรมชาติจะมีปริมาณความส่องสว่างที่มากหรือน้อยตามสภาพของท้องฟ้าที่ต่างกัน เช่น ท้องฟ้าโปร่งไม่มีเมฆหรือท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมจนบางครั้งไม่สามารถมองเห็นดวงอาทิตย์ได้

9.2.1.2 องค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายนอก (External Reflected Component, ERC)

เป็นการพิจารณาแสงที่เกิดจากการสะท้อนของวัตถุหรืออาคารที่ตั้งอยู่ภายนอกหรือบริเวณข้างเคียงอาคาร ซึ่งแสงสะท้อนดังกล่าวเข้ามาสู่ภายในอาคารเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดแสงอีกตัวหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณความส่องสว่างที่เข้ามาภายในอาคาร

9.2.1.3 องค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายใน (Interior Reflected Component , IRC)

เป็นแสงที่เกิดจากการสะท้อนของวัตถุหรือพื้นผิววัสดุภายในอาคาร ซึ่งรวมถึงแสงที่มาจากองค์ประกอบจากท้องฟ้า (SC) และองค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายนอก (ERC) ปริมาณความส่องสว่างที่เข้ามาภายในอาคารขึ้นอยู่กับทิศทาง และคุณสมบัติของพื้นผิวที่แสงสะท้อน เช่นเดียวกันกับองค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายนอก (ERC)



ภาพที่ 32 แสดงองค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อการพิจารณาค่าความส่องสว่างภายในอาคารโดยอาศัยแสงธรรมชาติด้วยวิธีเดย์ไลท์แฟกเตอร์ เมื่อ A คือ องค์ประกอบจากท้องฟ้า (Sky Component, SC) B คือ องค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายนอก (Exterior Reflective Component, ERC) และ C คือ องค์ประกอบจากการสะท้อนแสงภายใน (Interior Reflective Component, IRC)

การกำหนดค่าของเดย์ไลท์แฟกเตอร์ที่พอเพียงต่อการใช้งานในพื้นที่
หนึ่งๆพิจารณาจากตารางที่ 6 ได้ดังนี้

ตารางที่ 6 แสดงค่า Daylight Factor ที่พอเพียงต่อลักษณะการใช้งานประเภทต่างๆ

ลักษณะการใช้งาน	ค่า DF %
การอ่านหนังสือ การทำงานปกติในช่วงเวลาปกติ ที่ไม่ได้มีการใช้สายตาในกิจกรรมหนึ่งๆนานเกินไป	1.5 - 2.5
การอ่านหนังสือ หรือการใช้สายตาในการทำงานในช่วง เวลานานพอสมควร หรือการทำงานที่ไม่มีอันตรายต่อร่างกาย	2.5 - 4.0
การทำงานที่ต้องการความละเอียดสูง หรือการใช้เครื่องจักรหรือ อุปกรณ์ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้	4.0 - 8.0

ที่มา : Millet and Bedrick, quoted in B. Stein and J. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Building, 11th ed. (New York : John Wiley & Sons Co., 1998), 237.

10. การใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียน

การใช้แสงธรรมชาติในห้องเรียนเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งในการออกแบบห้องเรียน คือการออกแบบให้ภายในห้องให้มีปริมาณแสงที่ตกกระทบ ณ ตำแหน่งพื้นที่ใช้งานที่เพียงพอต่อการใช้งาน ทั้งทางด้านปริมาณและคุณภาพของแสงที่เกิดขึ้นในห้องเรียนสัมพันธ์กับกิจกรรมที่ใช้ คือการอ่านหนังสือและการมองดูกระดาน

- ปริมาณแสงสว่าง จากตารางที่ 7 กำหนดค่า Daylight Factor สำหรับกิจกรรมการเรียนและอ่านหนังสือไว้ที่ 1.5 - 2.5 % ณ ตำแหน่งพื้นที่ใช้งาน

- คุณภาพแสงสว่าง คำนึงถึงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง ภายในห้องต้องมีคุณภาพที่เหมาะสมกล่าวคือ ค่าความส่องสว่างของแสงภายในห้อง ณ ตำแหน่งพื้นที่การใช้งาน ต้องมีค่าที่สม่ำเสมอ หรือใกล้เคียงกัน และมีปริมาณความส่องสว่างที่เพียงพอต่อความต้องการตามลักษณะการใช้งานจึงจะถือว่า มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างที่ดี สามารถหาได้จาก สมการ (Vineeta Pal 1999 : 30) ดังนี้คือ

$$U = \frac{E_m}{E_m + E_{SD}}$$

โดยที่ U : ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง

E_m : ค่าเฉลี่ยของค่าความส่องสว่างทุกจุดที่ทำการวัด

E_{SD} : ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความส่องสว่างทุกจุดที่ทำการวัด

นอกจากค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง ยังต้องคำนึงถึงค่าแสงบาดตา โดยผู้วิจัยใช้ดัชนีป้องกันแบบ Guth Visual Comfort Probability ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งในการทำนายสถานะแสงบาดตา โดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของผู้ใช้อาคารที่ตัดสินสถานะแสงบาดตา และความสบายในการมอง (Visual Comfort) โดยกำหนดให้ค่าแสงบาดตา แบบ Guth Visual Comfort Probability เท่ากับ 70 % อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ IES Standard (GreGory J. Ward 1992 : 2)

11. กรณีศึกษา

11.1 กระบวนการต่างประเทศ อาคารที่มีการใช้อุปกรณ์บังแดดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แสงสว่างธรรมชาติให้เข้าสู่ตัวอาคาร

11.1.1 รายละเอียดโครงการ

เจ้าของ : กระทรวงการต่างประเทศ

ที่ตั้ง	: ถนนศรีอยุธยา กรุงเทพมหานคร
พื้นที่โครงการ	: 55,000 ตารางเมตร
สถาปนิก	: บริษัท สถาปนิก 49 จำกัด
งบประมาณการก่อสร้าง	: 1,176 ล้านบาท
ปีที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ	: 2542

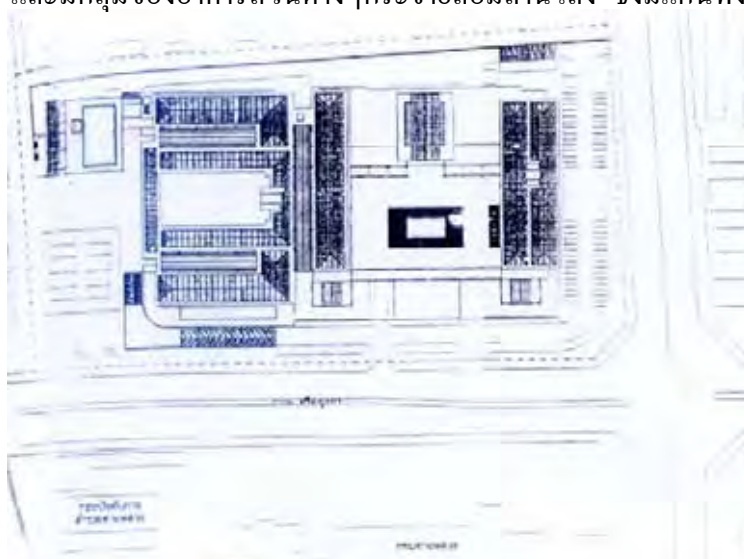
11.1.2 แนวความคิดในการออกแบบ

ผู้ออกแบบมุ่งเน้นความเป็นเอกลักษณ์และสัญลักษณ์ทั้งในระดับชาติ และระดับหน่วยราชการ คือ ความเป็นไท (สุมาลี ประทุมพันธ์ 2541 : 8)

จากแนวความคิดหลักในการออกแบบวางผัง เลือกเอาลักษณะลานโล่งในสถาปัตยกรรมไทยมาเป็นเอกลักษณ์ของโครงการ จากบริเวณลานโล่งที่เป็นจุดรวมพลังความคิดและจินตนาการ (สุมาลี ประทุมพันธ์ 2541 : 8) มีแนวแกนหลัก 2 แนว คือ

แกนที่ 1 เป็นแกนแห่งสัญลักษณ์ต่างๆ เริ่มต้นจากประตูทางเข้า ผ่านลานโล่ง สระบัว เข้าสู่ตัวอาคารส่วนห้องประชุมและเลี้ยงรับรอง ซึ่งเป็นหลังคาจั่วไทยประดับด้วยตราบัวแก้ว สัญลักษณ์ของกระทรวงการต่างประเทศ

แกนที่ 2 เป็นแกนที่ขนานกับถนนศรีอยุธยา เป็นที่ตั้งของอาคารสำนักงานส่วนต่างๆ ตั้งกระจายเป็นจุดๆอยู่บนแกนนี้ โดยมีจุดตัดกับแกนแรกที่บริเวณศูนย์กลางของลานโล่ง และมีกลุ่มของอาคารส่วนต่างๆกระจายล้อมลานโล่ง ซึ่งมีแกนทั้งสองแกนเป็นตัวนำ



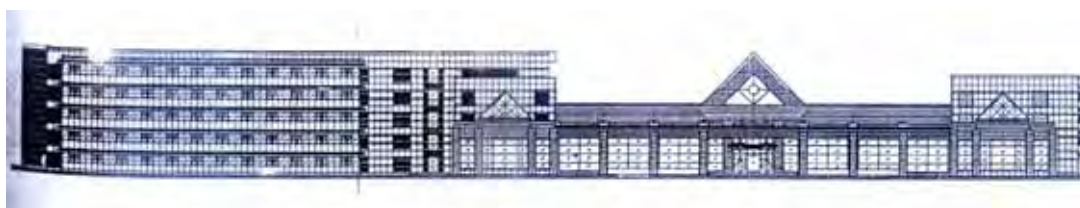
ภาพที่ 33 แสดงผังบริเวณของกระทรวงการต่างประเทศ ไม่มีมาตราส่วน

ที่มา : สุมาลี ประทุมพันธ์, “อาคารแห่งสัญลักษณ์และเอกลักษณ์,” *Arch & Idea* 6, 65 (พฤษภาคม 2541) : 11.



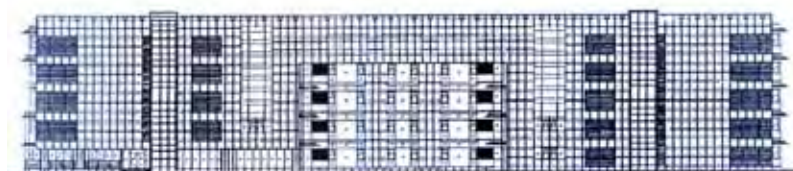
ภาพที่ 34 แสดงทัศนียภาพของอาคารกระทรวงการต่างประเทศ

ที่มา : สุมาลี ประทุมนันท์, “อาคารแห่งสัญลักษณ์และเอกลักษณ์,” *Arch & Idea* 6, 65 (พฤษภาคม 2541) : 8.



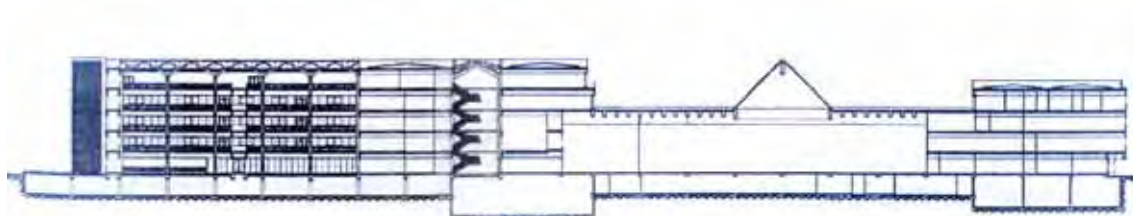
ภาพที่ 35 แสดงรูปด้านทางทิศใต้ มุมมองจากถนนศรีอยุธยา ไม่มีมาตราส่วน

ที่มา : สุมาลี ประทุมนันท์, “อาคารแห่งสัญลักษณ์และเอกลักษณ์,” *Arch & Idea* 6, 65 (พฤษภาคม 2541) : 9.



ภาพที่ 36 แสดงรูปด้านทางทิศตะวันตก ไม่มีมาตราส่วน

ที่มา : สุมาลี ประทุมนันท์, “อาคารแห่งสัญลักษณ์และเอกลักษณ์,” *Arch & Idea* 6, 65 (พฤษภาคม 2541) : 13.



ภาพที่ 37 แสดงรูปตัดทางทิศใต้ ไม่มีมาตราส่วน

ที่มา : สุมาลี ประทุมนันท์, “อาคารแห่งสัญลักษณ์และเอกลักษณ์,” *Arch & Idea* 6, 65 (พฤษภาคม 2541) : 13.

11.1.3 พื้นที่ใช้สอย

จากการวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้สามารถจัดกลุ่มการใช้งานออกเป็น

- ส่วนจัดการประชุมหรือจัดเลี้ยง
- ส่วนทำงานของเจ้าหน้าที่ทั่วไป
- ส่วนทำงานของข้าราชการระดับสูง และส่วนหน่วยงานที่ต้องการ

ความปลอดภัยสูงสุด

- ส่วนจอดรถใต้ดิน เพื่อความเรียบร้อยของอาคาร

11.1.4 การเลือกใช้วัสดุ

เนื่องจากอาคารที่ทำการกระทรวงต่างประเทศ เป็นสถานที่ต้องใช้ในการรับรองแขกต่างประเทศ งานพิธีทางการทูต วัสดุตกแต่งที่ใช้ช่วยเพิ่มความหรูหรา สง่างาม สะท้อนความมีศิลปะ วัฒนธรรม ความเจริญรุ่งเรืองในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต ผนังภายนอกตกแต่งด้วยหินทรายธรรมชาติ เพื่อย้อมความรู้สึกโบราณสถาน นอกจากนี้มีการนำวัสดุสมัยใหม่ มาใช้ผสมผสานกันได้อย่างกลมกลืน (สุมาลี ประทุมพันธ์ 2541 : 8)



ภาพที่ 38 แสดงบรรยากาศด้านหน้าของอาคารในเวลากลางวัน และกลางคืน

ที่มา : สุมาลี ประทุมพันธ์, “อาคารแห่งสัญลักษณ์และเอกลักษณ์,” *Arch & Idea* 6, 65 (พฤษภาคม 2541) : 9.



ภาพที่ 39 แสดงรายละเอียดของผนังภายนอก ที่ตกแต่งด้วยหินทรายธรรมชาติ และแผ่นอลูมิเนียมผนังและกระจกเพื่อช่วยในเรื่องของการประหยัดพลังงาน

ที่มา : สุมาลี ประทุมพันธ์, “อาคารแห่งสัญลักษณ์และเอกลักษณ์,” *Arch & Idea* 6, 65 (พฤษภาคม 2541) : 10.

11.1.5 การประหยัดพลังงาน

มีการเน้นในส่วนของวัสดุที่เป็นกระจกใช้กระจกสี (Tint) เพื่อช่วยในเรื่องของการประหยัดพลังงาน และการใช้อุปกรณ์บังแดดซึ่งเป็นส่วนประกอบสถาปัตยกรรมที่มีบทบาทสำคัญ เพราะทำหน้าที่สะท้อนแสงแดดมีผลกระทบผิวกระจกอาคารโดยตรง ในขณะที่เดียวกันก็ทำหน้าที่สะท้อนแสงสว่างธรรมชาติให้เข้าสู่ตัวอาคารในลักษณะที่ลดแสงจ้าลงด้วย



ภาพที่ 40 แสดงอุปกรณ์บังแดดในรูปแบบต่างๆที่มีบทบาทอย่างยิ่งต่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า
ที่มา : สุมาลี ประทุมรัตน์, “อาคารแห่งสัญลักษณ์และเอกลักษณ์,” Arch & Idea 6, 65 (พฤษภาคม 2541) : 13.

11.2 อาคารคอมมอนเวลธ์ อาคารที่มีการใช้อุปกรณ์บังแดดร่วมกับช่องแสงด้านบน (แบบฟันเลื่อย หรือ Saw Tooth) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แสงสว่างธรรมชาติให้เข้าสู่อาคาร

11.2.1 รายละเอียดโครงการ

รางวัลสถาปัตยกรรมดีเด่น ประจำปี 2541 จากสมาคมสถาปนิกสยาม ในพระบรมราชูปถัมภ์

ที่ตั้ง	: ถนนเพชรบุรี กรุงเทพมหานคร
พื้นที่ก่อสร้าง	: 7,000 ตารางเมตร
สถาปนิก	: บริษัท สถาปนิก จิรากร ประสงค์กิจ จำกัด
งบประมาณการก่อสร้าง	: 130 ล้านบาท
ปีที่ก่อสร้างแล้วเสร็จ	: 2539
ข้อมูลเกี่ยวกับอาคาร	: อาคารสำนักงาน 6 ชั้น จอดรถได้ดิน 1 ชั้น



ภาพที่ 41 แสดงอาคารคอมมอนเวลท์ (มุมมองทางทิศตะวันออก)

ที่มา : วรพันธุ์ คล้ามไพบูลย์, “อาคารคอมมอนเวลท์,” อาษา 18, 154 (มิถุนายน 2541) : 89.

11.2.2 แนวความคิดในการออกแบบ

เพื่อเข้าถึงนามธรรมของสังคมไทยจากเทคโนโลยีและวัสดุก่อสร้างที่เหมาะสมกับยุคสมัย การใช้งานและการดูแลรักษา โดยสร้างสถาปัตยกรรมที่นำไปสู่สภาพแวดล้อมที่ดี มีบรรยากาศเอื้อเพื่อและเห็นอกเห็นใจผู้อื่นในสังคมเมืองหลวง (วรพันธุ์ คล้ามไพบูลย์ 2541 : 85) ได้แสดงออกโดย

- ลักษณะของอาคารที่เรียบง่าย สงบ เป็นระเบียบ

- ออกแบบให้มีอุปกรณ์บังแดด 2 ชั้นทำงานร่วมกับ Clear Insulating Glass เพื่อ

1) ลดการสะท้อนแสง ไม่สร้างความเดือดร้อนให้กับอาคารรอบข้าง และลดเสียงรบกวนจากถนน และยังสามารถเห็นสภาพแวดล้อมโดยรอบได้

2) ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของการปรับอากาศ เนื่องจากผิวกระจกภายนอกจะอยู่ในร่มของอุปกรณ์บังแดดเกือบตลอดทั้งวัน และกระจก 2 ชั้น มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณความร้อน (Heat Gain) มากกว่ากระจกธรรมดา

3) ลดการใช้ไฟฟ้าส่องสว่าง โดยปรับเปลี่ยนข้อเสียเปรียบของทิศทาง (Orientation) และรูปทรง (Form) ของอาคารที่แคบยาวและหันด้านยาวสู่ทิศตะวันออก- ตะวันตก ให้กลายเป็นประโยชน์ โดยนำแสงธรรมชาติที่ทรงความจ้าของแสงและความร้อนออกไป

4) ลดการใช้หม้อหรือม่านซึ่งเป็นที่เก็บฝุ่นอันเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ลดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาได้

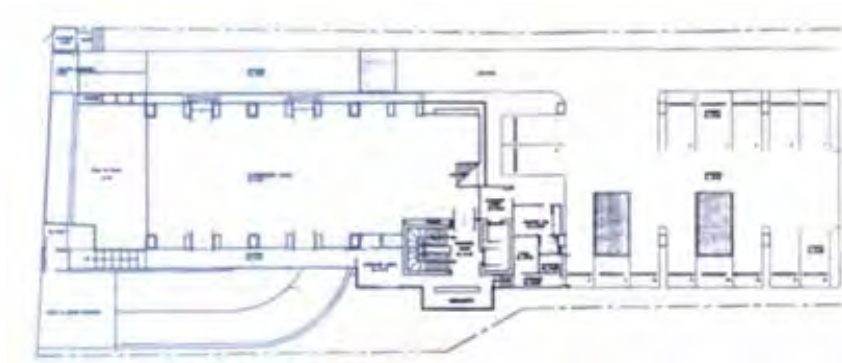
5) ออกแบบให้มีช่องแสงด้านบนนำแสงธรรมชาติจากทิศเหนือเข้ามาในส่วนของแกลเลอรี ชั้นที่ 6

6) ใช้ระบบพิกัดตาราง (Module) ที่สัมพันธ์กับโครงสร้างและสถาปัตยกรรม เพื่อการประหยัดการใช้วัสดุไม่ให้เหลือเศษ

11.2.3 พื้นที่ใช้สอย

จากการวิเคราะห์ข้อมูล ทำให้สามารถจัดกลุ่มการใช้งานออกเป็น

- ส่วนพื้นที่สำนักงาน ชั้นที่ 1 – 5
- ส่วนแสดงงาน แกลลอรี่ ชั้น 6
- ส่วนจอดรถ จัดให้รถทั้งหมดลงไปจอดในระดับใต้ดิน



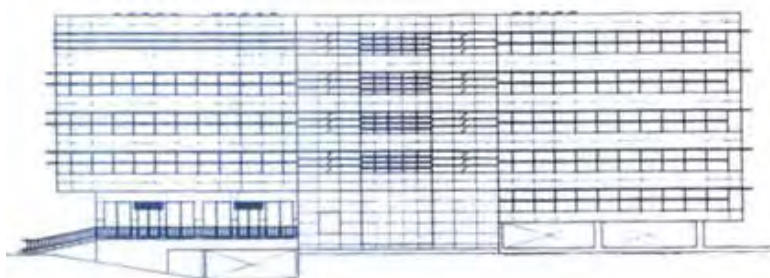
ภาพที่ 42 แสดงผังพื้นที่ชั้นใต้ดินของอาคารคอมมอนเวลท์ ไม่มีมาตราส่วน

ที่มา : วรพันธุ์ คล้ามไพบูลย์, “อาคารคอมมอนเวลท์,” อาษา 18, 154 (มิถุนายน 2541) : 89.



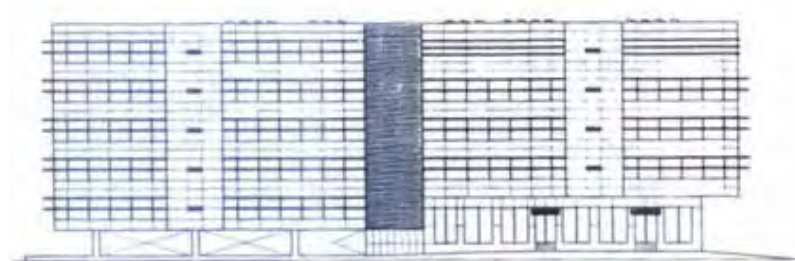
ภาพที่ 43 แสดงผังพื้นที่ชั้นที่ 1 - 6 ของอาคารคอมมอนเวลท์ ไม่มีมาตราส่วน

ที่มา : วรพันธุ์ คล้ามไพบูลย์, “อาคารคอมมอนเวลท์,” อาษา 18, 154 (มิถุนายน 2541) : 89.



ภาพที่ 44 แสดงรูปด้านทิศตะวันออก ของอาคารคอมมอนเวลท์ ไม่มีมาตราส่วน

ที่มา : วรพันธุ์ คล้ามไพบูลย์, “อาคารคอมมอนเวลท์,” อาษา 18, 154 (มิถุนายน 2541) : 89.



ภาพที่ 45 แสดงรูปด้านทิศตะวันตก ของอาคารคอมมอนเวลท์ ไม่มีมาตราส่วน
ที่มา : วรพันธุ์ คล้ามไพบูลย์, “อาคารคอมมอนเวลท์,” อาษา 18, 154 (มิถุนายน 2541) : 89.



ภาพที่ 46 แสดงรูปด้านทิศตะวันตก ของอาคารคอมมอนเวลท์ ไม่มีมาตราส่วน
ที่มา : วรพันธุ์ คล้ามไพบูลย์, “อาคารคอมมอนเวลท์,” อาษา 18, 154 (มิถุนายน 2541) : 89.

11.2.4 การเลือกใช้วัสดุ

เนื่องจากอาคารเน้นความเรียบง่าย วัสดุผนังภายนอก อุปกรณ์บังแดด และ กระจกโดยรอบอาคารจะใช้แบบสำเร็จรูป ที่สัมพันธ์กับระบบโครงสร้างแบบ Module

11.2.5 การประหยัดพลังงาน

อาคารคอมมอนเวลท์ มีความโดดเด่นในด้านการคำนึงถึงการประหยัดพลังงาน โดยออกแบบอุปกรณ์บังแดดเพื่อให้ผิวกระจกภายนอกอยู่ในร่มเงาให้มากที่สุดตลอดทั้งวัน ลดอุณหภูมิที่ผิวกระจกภายนอก และได้แสงธรรมชาติที่เพียงพอต่อการทำงาน ไม่ให้เกิดการใช้พลังงานเข้าซื้อ (วรพันธุ์ คล้ามไพบูลย์ 2541 : 95)

รายละเอียดในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน มีดังนี้ คือ

- มีการออกแบบรูปแบบอุปกรณ์บังแดด 2 ชั้น ให้สอดคล้องกับลักษณะการใช้งาน และสัมพันธ์กับทิศทางของอาคาร เนื่องจากอาคารมีด้านยาวในแนวทิศตะวันออกและตกจากการถูกจำกัดของพื้นที่โครงการ จำเป็นต้องมีอุปกรณ์บังแดดเพื่อลดแดดที่ส่องเข้ามาภายในอาคารตลอดทั้งวัน แต่ผู้ออกแบบคำนึงถึงมุมมองการสร้างบรรยากาศที่ดี จึงออกแบบอุปกรณ์บัง

แดดในแนวนอน แต่ก็ยังต้องคำนึงถึงกฎหมายที่บังคับระบายนด้านข้าง จึงทำให้อุปกรณ์บังแดดสามารถยื่นได้เพียง 90 เซนติเมตรซึ่งไม่สามารถกันแดดได้หมดตลอดทั้งวัน จึงได้มีการออกแบบอุปกรณ์บังแดด 2 ชั้น และทำงานร่วมกับ Clear Insulating Glass มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณความร้อน (Heat Gain) มากกว่ากระจกธรรมดา รวมถึงลดการสะท้อนแสง และไม่สร้างความเคืองตาหรือรำคาญให้กับอาคารข้างเคียง โดยรายละเอียดของการออกแบบอุปกรณ์บังแดด มีดังนี้ คือ

1) เพื่อไม่ให้ด้านลม ซึ่งจะเป็นการเพิ่มน้ำหนักให้กับโครงสร้าง จึงออกแบบลักษณะเป็นเกล็ด สามารถระบายความร้อนที่ผิวของกระจกได้

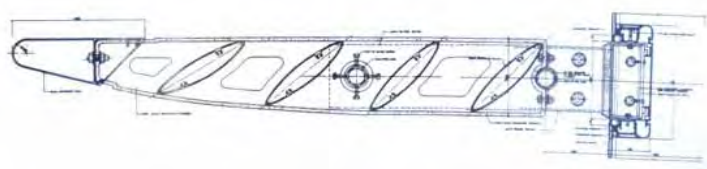
2) ข้อเสียอย่างหนึ่งของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร คือการดูแลรักษายาก และฝุ่นจับง่าย เพราะฉะนั้นเกล็ดของอุปกรณ์บังแดดถูกออกแบบให้มีลักษณะรีและกลวงคล้ายลูกกรับที่พื้นผิวโค้งทำให้เกิดการพรางตัวโดยแสงเงาจากธรรมชาติ ไม่ต้องทำความสะอาดบ่อย

- ออกแบบให้มีการใช้แสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร โดยออกแบบช่องแสงด้านบนลักษณะแบบฟันเลื่อย (Saw Tooth) ที่บริเวณเกลลอรี่ ชั้น 6 ซึ่งมีข้อจำกัดของลักษณะการใช้งานที่ต้องเป็นผนังทึบเพื่อไม่ให้มีแสงเข้ามารบกวนในส่วนเกลลอรี่ จึงออกแบบให้ได้แสงแบบ Indirect เพื่อนำมาใช้งานโดยไม่รบกวนกับพื้นที่ส่วนเกลลอรี่



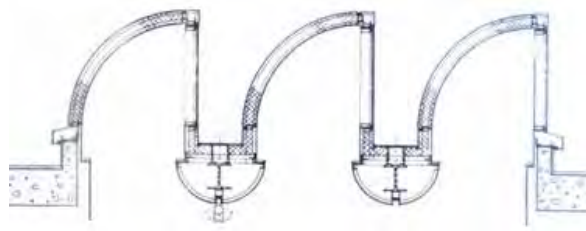
ภาพที่ 47 แสดงลักษณะของอุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคารคอมมอนเวลธ์

ที่มา : วรพันธุ์ คล้ามไพบูลย์, “อาคารคอมมอนเวลธ์,” อาษา 18, 154 (มิถุนายน 2541) : 89.



ภาพที่ 48 แสดงรูปตัดขยายของอุปกรณ์บังแดด

ที่มา : วรพันธุ์ คล้ามไพบูลย์, “อาคารคอมมอนเวลธ์,” อาษา 18, 154 (มิถุนายน 2541) : 90.



ภาพที่ 49 แสดงรูปตัดขยายช่องแสงด้านบนแบบพื้นเลื่อน

ที่มา : วรพันธุ์ คล้ามไพบูลย์, “อาคารคอมมอนเวลท์,” อาษา 18, 154 (มิถุนายน 2541) : 90.



ภาพที่ 50 แสดงส่วนเกลตอร์รี่ ที่ออกแบบให้มีช่องแสงด้านบนแบบพื้นเลื่อน เพื่อให้แสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร

ที่มา : วรพันธุ์ คล้ามไพบูลย์, “อาคารคอมมอนเวลท์,” อาษา 18, 154 (มิถุนายน 2541) : 90.



ภาพที่ 51 แสดงโถงบันไดหลักและโถงทางเข้าด้านหน้าอาคาร ออกแบบคำนึงถึงการใช้แสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคาร

ที่มา : วรพันธุ์ คล้ามไพบูลย์, “อาคารคอมมอนเวลท์,” อาษา 18, 154 (มิถุนายน 2541) : 93.

11.2.6 การศึกษาประกอบการออกแบบอาคารคอมมอนเวลธ์ด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แสงสว่างธรรมชาติให้เข้าสู่ตัวอาคาร

ผู้ออกแบบได้ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์บังแดดเบื้องต้น โดยใช้คอมพิวเตอร์คำนวณเงาแดดในวันที่ 21 ของทุกเดือน เริ่มตั้งแต่ 9.00 – 17.00 น. ของอาคารทั้ง 4 ทิศ โดยแบ่งช่องเปิดกระจกเป็น 2 ส่วนประกอบอุปกรณ์บังแดด นอกจากนี้ ผู้ออกแบบได้ทำหุ่นจำลองที่เหมือนจริงไปทำการทดลอง Sun Chart ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยใช้วันและเวลาเดียวกันกับการทดสอบเบื้องต้นกับคอมพิวเตอร์ เพื่อเปรียบเทียบอีกครั้งสามารถสรุปได้ว่า ด้านทิศตะวันออกสามารถกันแดดได้ถึง 100 % ตลอดทั้งปี ด้านทิศตะวันตกสามารถกันแดดได้ประมาณ 70 % ตลอดทั้งปี และด้านทิศใต้สามารถกันแดดได้ประมาณ 80 % ตลอดทั้งปี ส่วนทิศเหนือไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์บังแดด (วรพันธุ์ คล้ามไพบูลย์ 2541 : 95)

12. การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

12.1 การศึกษางานวิจัยที่มีการวิจัยไปแล้ว

การศึกษาวิจัยรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมกับสภาพอากาศเมืองร้อนในประเทศไทย แต่ไม่มีการวิจัยที่เจาะลงไปกับสภาพห้องเรียน (ตรึงใจ บุรณสมภพ 2521 : 39)

นอกจากนี้จะมีการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียนที่มีการปรับอากาศในแง่ของการลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ห้องเรียนและปริมาณการส่องสว่างภายในห้องเรียนที่พอเพียงและเหมาะสมต่อการเรียนการสอน โดยทำการศึกษาทดลองกับหุ่นจำลองที่มีอุปกรณ์บังแดดในรูปแบบต่างๆ 13 รูปแบบ ภายใต้เงื่อนไขของการจำลองสภาพท้องฟ้าใน Sky dome เท่านั้น ซึ่งมีข้อจำกัดคือสามารถจำลองสภาพได้สภาพท้องฟ้าแบบ Clear Sky แต่ลักษณะสภาพท้องฟ้าส่วนใหญ่ของประเทศไทยเป็นแบบที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) อีกทั้งลักษณะการกระจายแสงภายใน Sky dome อาจเกิดการสะท้อนของแสงที่ผิวภายใน Sky dome ทำให้ค่าการกระจายแสงที่ได้มีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง หากจะเป็นแนวทางในผู้ศึกษาวิจัยเพิ่มเติม จะต้องมีการศึกษาเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของการกระจายแสงภายใน Sky dome กับสภาพท้องฟ้าจริง (กนกวรรณ อุสันโน 2539 : 61)

นอกจากนี้ก็มีการศึกษางานวิจัยการใช้แสงสว่างผ่านช่องแสงทางด้านบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่างในห้องเรียนในชนบท เป็นลักษณะงานวิจัยที่ออกแบบเป็นห้องเรียนต้นแบบเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (อวิรุทธิ์ อรุพงษ์ศา 2544 : 6) ซึ่งมีความจำกัดในการ

นำไปประยุกต์ใช้ เนื่องจากที่ตั้งของห้องเรียนไม่เหมือนกับกลุ่มโรงเรียนมัธยมศึกษาเฉลิมพระเกียรติทั้ง 4 โครงการ ซึ่งห้องเรียนส่วนใหญ่จะตั้งอยู่ในภาคกลาง

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น พบว่ายังไม่มีการวิจัยรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมกับลักษณะของห้องเรียนต้นแบบดังกล่าว ที่สามารถปรับปรุงแสงภายในห้องเรียนมีระดับความส่องสว่างอย่างสม่ำเสมอ และไม่มีสถานะแสงบาดตาเข้ามาภายในบริเวณพื้นที่ใช้งาน ซึ่งจะสามารถช่วยสร้างความสบายตาในการมองเห็นหรือสร้างทัศนียภาพที่ดีในการมองเห็น เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนมากขึ้น

12.2 การศึกษางานวิจัยที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ปัจจุบันถือได้ว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือสำคัญที่มีบทบาทสำหรับการประเมินผลออกแบบ หรือช่วยเพื่อการศึกษาวิจัยเป็นอย่างมาก เพราะสามารถจำลองสภาพแวดล้อม เงื่อนไขต่างๆ ได้สมจริง (Mehlika N. Inanici 2001 : 1)

การศึกษาและใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในงานวิจัย หรืองานออกแบบเกี่ยวกับแสงสว่างทั้งจากแสงธรรมชาติ (Daylighting) และแสงประดิษฐ์ (Artificial Lighting) ล้วนได้รับความนิยมเป็นอย่างมากสำหรับผู้ออกแบบ นักวิจัย นักเรียน นักศึกษา เพราะโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถให้ข้อมูลของลักษณะแสง ลักษณะของวัสดุ พฤติกรรมของการมองเห็น รวมถึงการคำนวณแสงในระดับสูงได้ (Advanced Lighting Calculations) ซึ่งปัจจุบันการป้อนข้อมูลเข้าสู่โปรแกรมมีความสะดวก เข้าใจง่าย ผู้วิจัยหรือผู้ออกแบบสามารถป้อนข้อมูลได้ง่ายและสะดวก แต่อย่างไรก็ตามผู้วิจัยหรือผู้ออกแบบก็ต้องมีความเข้าใจในงาน จึงจะสามารถประเมินผลงานวิจัย หรืองานออกแบบได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน (Mehlika N. Inanici 2001 : 1)

ในการศึกษางานวิจัยที่มีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในงานวิจัย หรืองานออกแบบเกี่ยวกับแสงสว่าง ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เช่น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Lightscape, Unix Radiance, Desktop Radiance (Mehlika N. Inanici 2001 : 1)

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกวิธีการวิจัยโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Desktop Radiance 2.0 ในการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

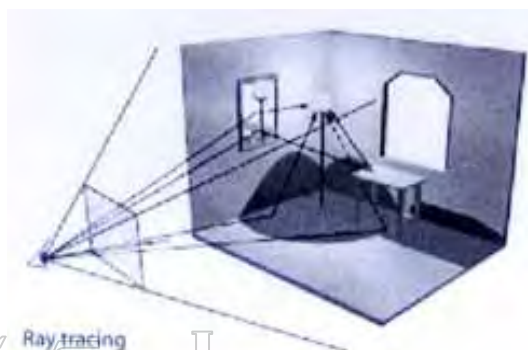
13. หลักการของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Desktop Radiance 2.0

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Desktop Radiance 2.0 เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการวิเคราะห์เกี่ยวกับประสิทธิภาพของแสงสว่างทั้งจากแสงธรรมชาติ และแสงประดิษฐ์ รวมถึงเทคโนโลยีการส่องสว่างสำหรับอาคาร

13.1 เทคนิคการสร้างภาพ (Rendering Technique) ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

Desktop Radiance 2.0

ใช้เทคนิคการสร้างภาพ แบบ Ray Tracing มีหลักการพื้นฐานของระบบ จะเป็น การสร้างภาพในระบบที่เรียกว่า การย้อนกลับ (Trace back) คือ Project จากจุดมองผ่านจุดบน จอภาพ (Pixel) ไปจนกระทั่งเจอระนาบใดๆ และคำนวณความสว่างของจุดนั้นจากการ Project ไปยังจุดกำเนิดแสงต่อไป ในกรณีที่ไม่มีชิ้นส่วนใดมาขวางกั้น ดังนั้นความสว่าง สี ของจุดต่างๆ ที่เห็นจึงเป็นการคำนวณ ณ จุดมองนั้นๆ ซึ่งเราเรียกว่า View Dependence หรือให้เข้าใจได้ โดยง่าย คือ ถ้าย้ายมุมมองก็ต้องมีการคำนวณกันใหม่อีกครั้ง



ภาพที่ 52 แสดงการสร้างภาพแบบ Ray Tracing ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Desktop Radiance 2.0

ที่มา : ฐิติพัฒน์ ประทานทรัพย์, “Rendering Technique,” ใน เอกสารการอบรมระยะสั้นการใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบระบบแสงสว่าง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร (กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2546), 29.

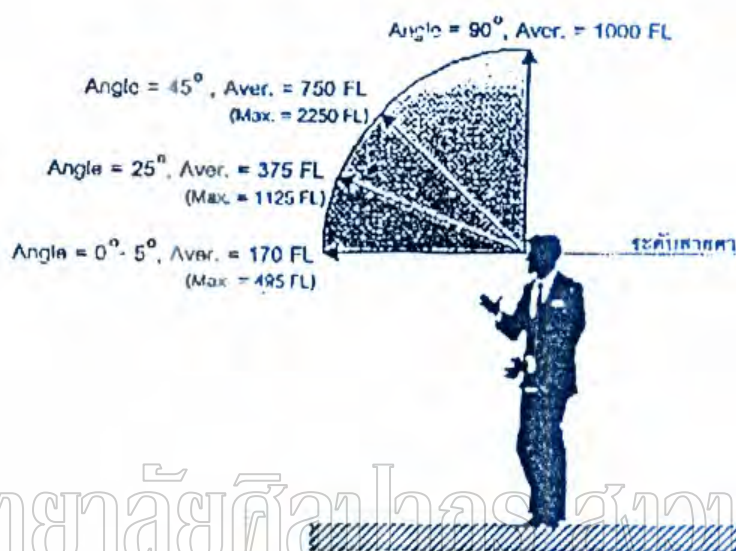
ตารางที่ 7 ข้อดี – ข้อเสียของเทคนิคการสร้างภาพ (Rendering Technique) แบบ Ray Tracing

ข้อดีของเทคนิคการสร้างภาพ Ray Tracing	ข้อเสียของเทคนิคการสร้างภาพ Ray Tracing
1. มีความเที่ยงตรงสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ส่วนที่รับแสงโดยตรง แสดงเงา ภาพสะท้อน และความโปร่งแสงชัดเจน 2. ใช้หน่วยความจำได้มีประสิทธิภาพ	1. ใช้เวลาในการสร้างภาพสูง 2. View Dependence คือ ถ้าย้ายมุมมองก็ต้องมีการคำนวณใหม่

ที่มา : ฐิติพัฒน์ ประทานทรัพย์, “Rendering Technique,” ใน เอกสารการอบรมระยะสั้นการใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบระบบแสงสว่าง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร (กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2546), 29.

13.2 การแสดงผลและการวิเคราะห์ผลค่าแสงบาดตา

เมื่อพิจารณาความสามารถของตามนุษย์ในการยอมรับความสว่าง (Luminance) ของแสงจะพบว่าขึ้นอยู่กับทิศทางของมุมมองที่แสงสว่างเข้าสู่ตา (Flynn 1988 : 56) ถ้าทิศทางการมองเป็นแนวตั้ง (Vertical Plane) มุมมองเป็นมุมเฉยที่มีองศาของการมองยิ่งมากก็จะยิ่งทำให้สายตาสามารถยอมรับความสว่างได้มากขึ้น



ภาพที่ 53 แสดงข้อจำกัดความสามารถรับความส่องสว่างของการมองเห็นในมุมต่างๆในแนวตั้ง
ที่มา : Gary R. Staffy and others, Architectural Interior Systems, 3rd ed. (New York : Van Nostrand Reinhold, 1992), 37.

ตารางที่ 8 แสดงข้อจำกัดของความสามารถรับความส่องสว่างได้ของการมองเห็นในมุมต่างๆ

มุมที่มอง (องศา) จากระดับสายตา	ค่าเฉลี่ยของความสว่าง (Foot Lamberts)	ค่าความสว่างมากที่สุด Maximum Luminance (Foot Lamberts)
45	750	2,250
35	535	1,605
25	375	1,125
15	250	750
0.5	170	495

ที่มา : Gary R. Staffy and others, Architectural Interior Systems, 3rd ed. (New York : Van Nostrand Reinhold, 1992), 37.

และหากพิจารณาความสามารถของตามนุษย์ในการยอมรับความสว่าง (Luminance) ของแสงจะพบในทิศทางการมองเป็นแนวระนาบ (Horizontal Plane) มุมมองของการมองเห็นมากที่สุดเป็นมุมมอง 120° โดยกำหนดให้คนยืนอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของการมองเห็น โดยมุมมองทางซ้ายมือ 60 องศา และขวามือ 60 องศา (GreGory J. Ward 1992 : 2)

ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Desktop Radiance 2.0 ได้มีการคำนวณผลเกี่ยวกับค่าแสงบาดตา โดยแสดงผลเป็นค่าดัชนีบ่งชี้ได้ 3 ลักษณะ คือ

- ค่า CIE Glare Index
- ค่า Guth Disability Glare Ratio
- ค่า Guth Visual Comfort Probability

จากการศึกษางานวิจัยและงานออกแบบ มีนักวิจัยและนักออกแบบที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการคำนวณและแสดงผลค่าแสงบาดตา (Glare) จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นจำนวนมาก ซึ่งโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Desktop Radiance 2.0 ก็เป็นอีกโปรแกรมหนึ่งที่มีความนิยมในการคำนวณและแสดงผลค่าแสงบาดตา (Glare) โดยเฉพาะการแสดงผลค่าดัชนีบ่งชี้แบบ Guth Visual Comfort Probability (R. Compagnon and others 1995 : 1)

งานวิจัยที่มีการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Desktop Radiance 2.0 ในการคำนวณและแสดงผลค่าแสงบาดตา (Glare) แบบ Guth Visual Comfort Probability มีมากมาย เช่น

- Daylight - Europe Simulation Case Study : College La Vanoise, Modane, France. (R. Compagnon and others 1995 : 1- 56)
- The index visual discomfort analysis program' Daylight Europe Project Report . (R. Compagnon 1996 : 8-9)
- Supporting integrated performance assessments within the design process. University of Strathclyde, Glasgow. (J. Hand 1996 : 9)
- Computer program for thermal simulation of buildings. Danish Building Research Institute. (K. Johnsen and K Grau 1994 : 14)
- The RADIANCE 2.3 Synthetic Imaging System Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley. (G.Ward 1993 : 23)

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Desktop Radiance 2.0 ในการคำนวณและแสดงผลค่าแสงบาดตา (Glare) แบบ Guth Visual Comfort Probability เช่นเดียวกัน

13.2.1 การแสดงผลและการวิเคราะห์ผลค่าแสงบาดตา แบบ Guth Visual Comfort Probability ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Desktop Radiance 2.0

ค่าแสงบาดตา แบบ Guth Visual Comfort Probability เป็นวิธีการหนึ่งในการทำนายสถานะแสงบาดตา โดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของผู้ใช้อาคารที่ตัดสินสถานะแสงบาดตาและความสบายในการมอง (Visual Comfort) โดยกำหนดให้ค่าแสงบาดตา แบบ Guth Visual Comfort Probability เท่ากับ 70 % อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ IES Standard (GreGory J. Ward 1992 : 2)

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

บทที่ 3

การศึกษาเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างที่วัดโดยใช้เครื่องมือกับผลที่ได้โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

การศึกษาทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ รวมถึงการเก็บข้อมูลการทดลองในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่วัดค่าความส่องสว่างจากหุ่นจำลอง ภายใต้สภาพห้องฟ้าจริง โดยใช้เครื่องมือ กับผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Desktop Radiance 2.0 ว่ามีค่าที่ใกล้เคียงมากน้อยเพียงใด

การศึกษาทดลองโดยใช้หุ่นจำลอง และเครื่องมือ เลือกทำการศึกษานเฉพาะบางกรณี ตัวอย่างโดยพิจารณาให้มีความหลากหลายในด้านทิศทางของห้องเรียน ลักษณะของช่องแสง รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด และช่วงเวลาที่ทำการทดลอง แล้วจึงทำการเปรียบเทียบผลการทดลองทั้งหมดกับการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อสรุปว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังกล่าวมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้สำหรับงานศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้มากน้อยเพียงใด

1. ขั้นตอนในการทดลองโดยใช้เครื่องมือ

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยในส่วนนี้ มีดังนี้คือ

1.1 กำหนดตัวอย่างที่จะทำการศึกษาโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ ที่มีความเหมาะสมและครอบคลุม โดยพิจารณาจากรายละเอียด ดังนี้

1.1.1 ทิศทางของห้องเรียน เลือกกรณีตัวอย่างที่มีทิศทางของห้องเรียนทางทิศเหนือและทิศตะวันตก โดยมีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันตก และทิศใต้ เพราะได้รับอิทธิพลจากแสงแดดจากดวงอาทิตย์มาก

1.1.2 ลักษณะของช่องแสง เลือกกรณีศึกษาที่มีลักษณะของช่องแสง 2 ลักษณะ คือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ที่มีหน้าต่างเพียงอย่างเดียว และลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ที่มีหน้าต่างประกอบกับช่องแสงเหนือหน้าต่าง

1.1.3 รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดทั้ง 3 แบบ คือ แบบที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด อุปกรณ์บังแดดในแนวนอน และอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง

1.1.4 ช่วงเวลาในการเก็บผลการทดลอง เลือกเฉพาะในช่วงเวลาที่มีการเรียนการสอนปกติ คือ เวลา 8.00 , 10.00 , 12.00 , 14.00 และ 16.00 น.

1.2 สร้างหุ่นจำลองที่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกับห้องเรียนจริง (ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อ 2.1)

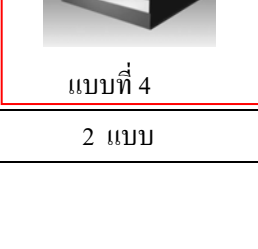
1.3 ติดตั้งเครื่องมือในการวัดค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลอง (ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อ 4)

1.4 ทำการวัดค่าความส่องสว่างภายใน และภายนอกหุ่นจำลอง (ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อ 4.1 และ 4.2)

1.5 สร้างแบบจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีลักษณะห้องเรียนใกล้เคียงกับหุ่นจำลองที่จำลองลักษณะห้องเรียน โดยมีลักษณะสภาพท้องฟ้าใกล้เคียงกับวันที่ทำการทดลองจริง

1.6 เปรียบเทียบสรุปผลการทดลองระหว่าง ผลการทดลองโดยใช้เครื่องมือกับผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ว่ามีค่าความส่องสว่างที่ใกล้เคียงกันมากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 9 แสดงรายละเอียดของการเลือกกรณีตัวอย่างการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ

ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด
 ทิศเหนือ	 แบบที่ 1	 ไม่มีอุปกรณ์บังแดด
 ทิศใต้	 แบบที่ 2	 อุปกรณ์บังแดดแนวนอน
 ทิศตะวันออก	 แบบที่ 3	 อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง
 ทิศตะวันตก	 แบบที่ 4	
2 ทิศทาง	2 แบบ	3 รูปแบบ
รวม 12 รูปแบบผลการทดลอง		

2. หุ่นจำลอง

2.1 ลักษณะของหุ่นจำลองและวัสดุที่ใช้ในการทำหุ่นจำลอง

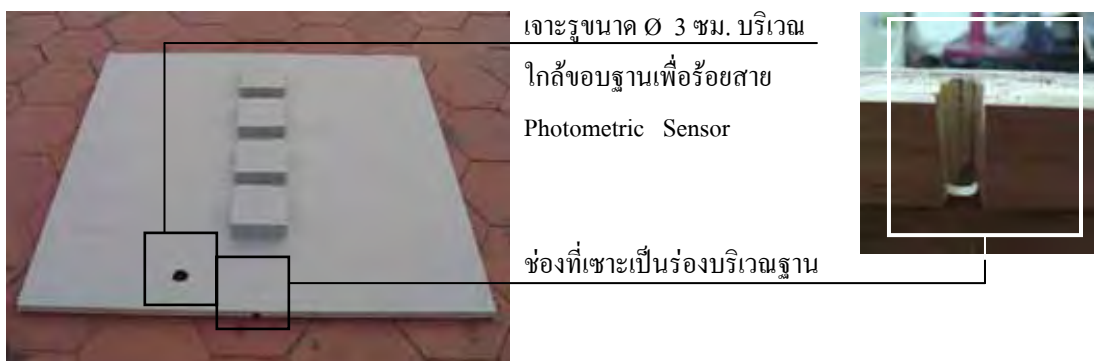
หุ่นจำลองที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ใช้มาตราส่วน 1 : 12.5 เพราะเป็นมาตราส่วนที่เหมาะสมกับขนาดเครื่องมือที่ใช้วัดค่าความส่องสว่างที่จะติดตั้งภายในและนอกหุ่นจำลอง

หุ่นจำลองห้องเรียน คือ ขนาด 8.00 x 8.00 ม. สูง 3.50 ม. โดยห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 และ 4 มีลักษณะตำแหน่งของหน้าต่างที่เหมือนกัน คือ ขอบล่างของหน้าต่างอยู่ที่ระดับความสูง จากพื้น 0.90 ม. และขอบบนของหน้าต่างอยู่ที่ระดับความสูง 2.00 ม. แต่มีลักษณะของช่องแสงเหนือหน้าต่างที่แตกต่างกัน คือ ห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 จะไม่มีช่องแสงเหนือหน้าต่าง ส่วนห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีช่องแสงเหนือหน้าต่าง โดยขอบล่างและบนของช่องแสงอยู่ที่ระดับความสูงจากพื้น 2.60 และ 3.20 ม. ตามลำดับ ทำการทดลองกับรูปแบบของอุปกรณ์บังแดด 3 แบบ คือ แบบที่ 1 ไม่มีอุปกรณ์บังแดด แบบที่ 2 อุปกรณ์บังแดดในแนวนอน (Horizontal Shading Devices) และแบบที่ 3 อุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง (Vertical Shading Devices)

วัสดุที่ใช้ในการทำหุ่นจำลอง คือ ไม้อัดหนา 4 และ 10 มิลลิเมตร โดยส่วนที่เป็นผนังของหุ่นจำลองใช้ไม้อัดหนา 10 มิลลิเมตร และส่วนที่เป็นพื้นและเพดาน ใช้ไม้อัดหนา 4 มิลลิเมตร เพื่อให้หุ่นจำลองมีน้ำหนักไม่มาก และแข็งแรงคงทน โดยออกแบบให้ส่วนผนังและเพดานของหุ่นจำลองยึดติดกัน ส่วนพื้นของหุ่นจำลองยกฐานสูง 1 เซนติเมตร เจาะรูขนาด Ø 3 เซนติเมตรบริเวณใกล้ขอบฐาน เพื่อร้อยสายตัวเซนเซอร์วัดแสง (Sensor) ผ่านช่องที่เจาะรูขอบฐานเพื่อป้องกันแสงที่จะลอดเข้ามาจากใต้ส่วนที่เป็นพื้นฐาน และแยกส่วนกับส่วนที่เป็นผนังและเพดานเพื่อสามารถปรับเปลี่ยนหุ่นจำลองที่มีลักษณะช่องแสงทั้ง 2 แบบได้โดยไม่จำเป็นต้องทำส่วนพื้นเพิ่ม และสะดวกในการติดตั้งตัวเซนเซอร์วัดแสง (Sensor) ส่วนที่เป็นช่องแสงใช้วัสดุเป็นกระฉากใส หนา 6 มิลลิเมตร ที่มีค่าการส่องผ่านของกระฉาก เท่ากับ 80 % (ซึ่งใกล้เคียงกับการค่าการส่องผ่านของกระฉากที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ คือ 88 %)

นอกจากนี้ วัสดุที่ใช้ทำรูปแบบของอุปกรณ์บังแดด ใช้กระดาดชานอ้อยเป็นโครง และติดกระดาดที่มีค่าการสะท้อนแสงใกล้เคียงกับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ (กล่าวรายละเอียดในหัวข้อ 2.2.1)

การประกอบหุ่นจำลองจะวัดขนาดที่ได้มามาก เพื่อป้องกันการเล็ดลอดของแสงบริเวณรอยต่อของหุ่นจำลองที่อาจทำให้การทดลองมีค่าที่ผิดไปจากความเป็นจริงได้



ภาพที่ 54 แสดงส่วนพื้นของหุ่นจำลองยกฐานสูง 1 ซม. เจาะรูขนาด Ø 3 ซม.บริเวณใกล้ขอบฐานเพื่อร้อยสายตัวเซนเซอร์วัดแสง (Sensor) ผ่านช่องที่เจาะร่องบริเวณฐานเพื่อป้องกันแสงที่จะลอดเข้ามาจากใต้พื้นฐาน



ภาพที่ 55 แสดงส่วนพื้นแยกส่วนกับส่วนผนังและเพดานเพื่อสามารถปรับเปลี่ยนหุ่นจำลองที่มีลักษณะช่องแสงทั้ง 2 แบบโดยไม่ต้องทำส่วนพื้นเพิ่ม และสะดวกในการติดตั้งเซนเซอร์วัดแสง (Sensor)



แบบไม่มีอุปกรณ์บังแดด แบบมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน แบบมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง
ภาพที่ 56 แสดงหุ่นจำลองที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 กับรูปแบบอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ



แบบไม่มีอุปกรณ์บังแดด แบบมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน แบบมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง
ภาพที่ 57 แสดงหุ่นจำลองที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 กับรูปแบบอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ



ภาพที่ 58 แสดงรูปแบบอุปกรณ์บังแดดแบบที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

2.2 วัสดุพื้นผิวและการวัดค่าการสะท้อนแสงของวัสดุพื้นผิวต่างๆภายในหุ่นจำลอง

ในการกำหนดค่าการสะท้อนแสงและค่าแสงสว่างส่องผ่านของวัสดุพื้นผิวต่างๆที่นำมาใช้ทำหุ่นจำลองจะกำหนดให้มีค่าที่ใกล้เคียงกับเกณฑ์ของห้องเรียนจริง (ตารางที่ 10) ดังนั้นจึงได้ทำการทดสอบวัดค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้เป็นพื้น ผนัง กระดานดำ และเพดาน เพื่อนำมาภายในหุ่นจำลอง โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 11

ตารางที่ 10 แสดงค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) และค่าแสงสว่างส่องผ่าน (Transmittance) ของวัสดุในส่วนต่างๆ ของห้องเรียน

รายละเอียด	ค่าการสะท้อนแสง (Reflectance)	ค่าแสงสว่างส่องผ่าน (Transmittance)
1. พื้น	30 %	0 %
2. ผนัง	50 %	0 %
3. ฝ้าเพดาน	80 %	0 %
4. กระดานดำ	20 %	0 %
5. กระจก	-	88 %
6. อุปกรณ์บังแดด *	50 %	0 %

*ค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) ของอุปกรณ์บังแดด ใช้ค่าเดียวกับค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) ของผนัง

ที่มา : หม่อมราชวงศ์ ทองใหญ่ ทองใหญ่, แนวทางการปรับปรุงห้องเรียนระดับประถมศึกษาในประเทศไทย (กรุงเทพมหานคร : อักษรเจริญการพิมพ์, 2524), 25.

ตารางที่ 11 แสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุพื้นผิวต่างๆที่นำมาใช้ทำหุ่นจำลองของการวิจัยครั้งนี้

ส่วนประกอบของหุ่นจำลอง	ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุพื้นผิว	วัสดุที่ใช้เป็นวัสดุพื้นผิว
1. พื้น	28 %	กระดาดเทาขาวพิเศษด้านสีเทา
2. ผนัง	52 %	กระดาดโปสเตอร์บาง สีเหลือง
3. เพดาน	72 %	กระดาดอาร์ตการ์ดหนา สีขาว ใช้น้ำที่มีลักษณะผิวด้าน
4. กระดานดำ	24 %	กระดาดโปสเตอร์บาง สีเขียว
5. อุปกรณ์บังแดด	50 %	กระดาดโปสเตอร์บาง สีเหลือง

วัสดุที่ใช้ทำกระดาน		วัสดุที่ใช้ทำส่วนผนังด้านนอก 52 %
		วัสดุที่ใช้ทำส่วนเพดาน 72 %
วัสดุที่ใช้ทำกระดาน 24 %		วัสดุที่ใช้ทำส่วนผนังด้านใน 52 %

ภาพที่ 59 แสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุพื้นผิวต่างๆของหุ่นจำลอง

นอกจากค่าการสะท้อนแสงของวัสดุแล้ว ยังต้องคำนึง ผิวของวัสดุพื้นผิว เนื่องจากแสงที่ต้องการใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ ต้องการแสงแบบกระจาย (Diffuse Light) ดังนั้นผิวของวัสดุที่ใช้ นอกจากจะมีค่าการสะท้อนแสงตามที่ต้องการแล้ว ยังต้องมีลักษณะของพื้นผิวที่ทำให้การสะท้อนแสงแบบกระจาย (Diffuse Reflection) ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ จึงใช้วัสดุพื้นผิวทั้งหมดที่มีลักษณะเป็นผิวด้านขกเว้นส่วนช่องแสงที่เป็นกระจกใส พื้นผิวเรียบ

2.2.1 การวัดค่าการสะท้อนแสงของวัสดุพื้นผิวต่างๆภายในหุ่นจำลอง

ในการวัดค่าการสะท้อนแสงของวัสดุพื้นผิวต่างๆภายในหุ่นจำลองมีวิธีการวัดค่าการสะท้อนแสง โดยใช้เครื่องมือลักซ์มิเตอร์ในการหาค่าการสะท้อนแสงของวัสดุพื้นผิว ดังนี้

2.2.1.1 วัดแสงที่ตกกระทบกับพื้นผิววัสดุ (Incident Light) ในแนวตั้ง โดยวาง Probe ให้แนบกับวัสดุพื้นผิวที่ต้องการวัด

2.2.1.2 วัดแสงที่สะท้อนออกจากพื้นผิววัสดุ (Reflected Light) ในแนวตั้ง โดยหัน Probe เข้าหาพื้นผิว ขนานไปกับวัสดุพื้นผิวที่ต้องการวัด และห่างจากพื้นผิววัสดุนั้นประมาณ 6 นิ้ว (B. Stein and J. Reynolds 1998 : 1237) โดยค่าการสะท้อนแสง หาได้จากสมการ ดังนี้คือ

$$\text{ค่าการสะท้อนแสง (\%)} = \frac{\text{ปริมาณแสงที่สะท้อนออกจากพื้นผิววัสดุ}}{\text{ปริมาณแสงที่ตกกระทบพื้นผิววัสดุ}} \times 100$$

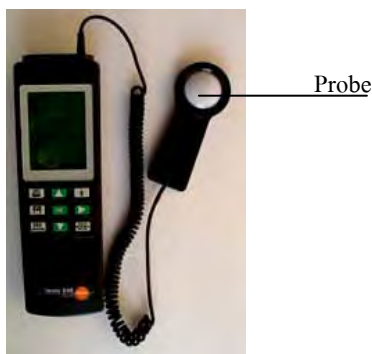


การวัดแสงที่ตกกระทบกับพื้นผิววัสดุในแนวตั้ง การวัดแสงที่สะท้อนออกจากพื้นผิววัสดุในแนวตั้ง
ภาพที่ 60 แสดงวิธีการวัดค่าการสะท้อนแสงของวัสดุพื้นผิวโดยใช้ลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.1 ลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter) รุ่น Testo 545

ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างที่มีช่วงระหว่าง (Measuring Range) 5 – 100,000 ลักซ์ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ใช้ลักซ์มิเตอร์ในการวัดค่าความส่องสว่าง เพื่อนำมาคำนวณหาค่าการสะท้อนแสงของวัสดุพื้นผิวต่างๆที่นำมาใช้ทำหุ่นจำลอง

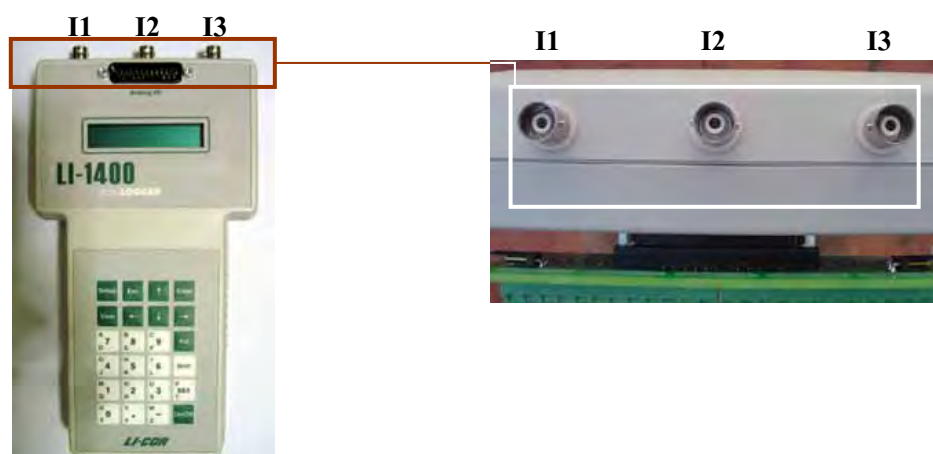


ภาพที่ 61 แสดงเครื่องมือลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter) รุ่น Testo 545

3.2 เครื่อง Datalogger รุ่น LI-1400 และอุปกรณ์ต่อพ่วง

3.2.1 เครื่อง Datalogger รุ่น LI-1400 (ยี่ห้อ LI-COR)

ใช้ในการอ่านค่าความส่องสว่างเป็นหน่วยกิโวลต์ลักซ์ (Klx) ทั้งภายในและภายนอกได้ 3 Channel โดยสามารถอ่านค่าความส่องสว่างได้ 3 Channel และเก็บบันทึกข้อมูลได้ และถ่ายโอนข้อมูลเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม LI-1400 (PC Software) ในการอ่านผลของข้อมูลที่เก็บบันทึกได้ผ่านทางคอมพิวเตอร์ จึงมีความสะดวก รวดเร็ว เครื่อง Datalogger รุ่น LI-1400 สามารถใช้กับแบตเตอรี่ขนาด AA จำนวน 4 ก้อน ที่อยู่ภายในเครื่อง หรือใช้กับแบตเตอรี่ภายนอก ขนาด 7 – 16 Volt



ภาพที่ 62 แสดงเครื่อง Datalogger รุ่น LI-1400 (ยี่ห้อ LI-COR)

3.2.2 อุปกรณ์ต่อพ่วง (Standard Terminal Block รุ่น 1400 -301 ยี่ห้อ LI-COR)

เป็นอุปกรณ์เสริมติดตั้งกับเครื่อง Datalogger รุ่น LI - 1400 เพื่อช่วยให้สามารถวัดค่าความส่องสว่างได้เพิ่มขึ้นอีก 2 Channel (ช่องสัญญาณ I 4 และ I 5) การต่อเชื่อม Photometric Sensor กับช่องสัญญาณ I 4 และ I 5 จะต้องมีสายเชื่อมต่อในการต่อช่องสัญญาณ (สีแดงต่อเข้ากับช่องกระแส I 4 และ I 5 ส่วนสีดำต่อสายดิน ตามภาพที่ 68)



ภาพที่ 63 แสดงอุปกรณ์ต่อพ่วง (Standard Terminal Block รุ่น 1400 -301 ยี่ห้อ LI-COR)

3.2.3 หัวเซนเซอร์วัดแสง (Photometric Sensor) พร้อมฐานปรับระดับ (Mounting & Leveling Fixture)

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ใช้หัวเซนเซอร์วัดแสง (Photometric Sensor) รุ่น LI - 210 SA ยี่ห้อ LICOR จำนวน 5 Sensor ลักษณะเป็นหัววัดแสงขนาดเล็กสีดำ ทรงกระบอก ขนาด $\varnothing$ 2.50 เซนติเมตร มีความสูงประมาณ 3 เซนติเมตร ตรงกลางมี Probe สีขาวเป็นตัวรับแสง พร้อมฐานปรับระดับวงกลม (Mounting & Leveling Fixture) รุ่น 2003 S จำนวน 5 Fixture ขนาด $\varnothing$ 7 เซนติเมตร สามารถปรับระดับให้ได้ระดับในแนวราบ โดยหมุนปรับระดับฟองอากาศให้อยู่ในกรอบวงกลมสีดำ (ภาพที่ 67)



ภาพที่ 64 แสดงหัวเซนเซอร์วัดแสงพร้อมฐานปรับระดับและสายเชื่อมต่อในการต่อช่องสัญญาณ I 4 และ I 5 ตามลำดับ

3.3 กล้องถ่ายรูปดิจิทัล

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ใช้กล้องถ่ายรูปดิจิทัล ยี่ห้อ Sony Cyber Shot รุ่น DSC-P52 ในการเก็บภาพการทดลอง โดยเลือกระบบการถ่ายรูปที่ไม่มีแฟลช



ภาพที่ 65 แสดงกล้องถ่ายภาพรูปดิจิทัล ยี่ห้อ Sony Cyber Shot รุ่น DSC-P52

3.4 เข็มทิศ

ใช้ในการหาตำแหน่งทิศทางของหุ่นจำลองให้มีความถูกต้อง แม่นยำ



ภาพที่ 66 แสดงเข็มทิศที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

4. วิธีการติดตั้งและการใช้งานเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

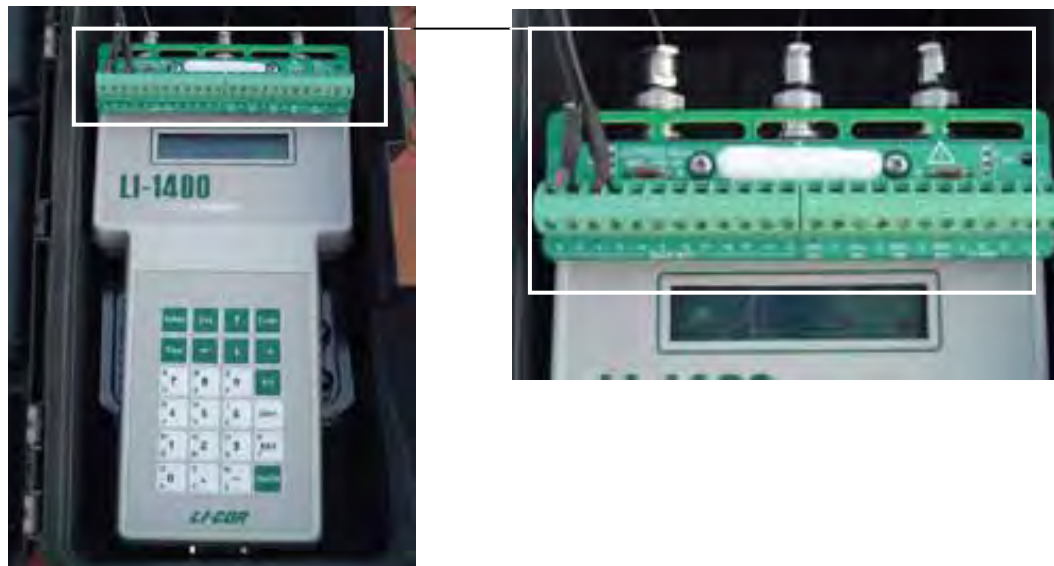
4.1 ติดตั้งหัวเซนเซอร์วัดแสง (Photometric Sensor) ในตำแหน่งที่ทำการวัดค่าความส่องสว่าง

เนื่องจากหัวเซนเซอร์วัดแสง (Photometric Sensor) มีขนาดเล็ก การติดตั้งจึงต้องติดตั้งพร้อมฐานปรับระดับ (Mounting & Leveling Fixture) เพื่อให้อยู่ในแนวระดับ และสามารถวัดค่าความส่องสว่างได้ถูกต้อง แม่นยำ และขนาดหัวเซนเซอร์วัดแสง (Photometric Sensor) พร้อมฐานปรับระดับ มีขนาดที่เหมาะสมกับการวัดค่าความส่องสว่างภายในและนอกหุ่นจำลอง



ภาพที่ 67 แสดงการติดตั้งหัวเซนเซอร์ (Photometric Sensor) ในการวัดค่าความส่องสว่างพร้อมฐานปรับระดับ โดยการหมุนปรับระดับฟองอากาศให้อยู่ในกรอบวงกลมสีดำ

4.2 ติดตั้งหัวเซนเซอร์วัดแสง กับเครื่อง Datalogger และอุปกรณ์ต่อพ่วงจนครบทั้ง 5 Channel (ภาพที่ 68)

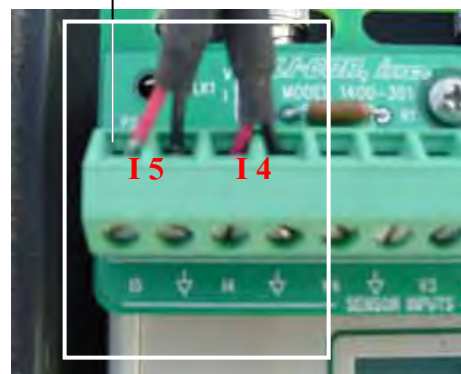


ภาพที่ 68 แสดงการติดตั้งหัวเซนเซอร์วัดแสง กับเครื่อง Datalogger และอุปกรณ์ต่อพ่วงจนครบทั้ง 5 Channel

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงขลา

การต่อเชื่อมช่องสัญญาณ (Channels) ระหว่าง

Photometric Sensor กับเครื่อง Datalogger



การต่อเชื่อมช่องสัญญาณเพิ่ม โดย
ที่แดงต่อเข้ากับช่องกระแส I4 และ
I5 ส่วนสีดำต่อลงสายดิน

ภาพที่ 69 แสดงการต่อเชื่อมช่องสัญญาณวัดค่าความส่องสว่างระหว่างหัวเซนเซอร์วัดแสง กับเครื่อง Datalogger และอุปกรณ์ต่อพ่วง รวม 5 Channel



ภาพที่ 70 แสดงหน้าจอแสดงผลการทำงานของเครื่อง Datalogger รุ่น LI-1400

5. การวัดค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลอง

มีข้อกำหนดของตัวแปรในการวัดค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลอง ดังนี้คือ

5.1 ช่วงเวลาทำการทดลองโดยใช้เครื่องมือ

เก็บผลการทดลองในช่วงวันที่ 26 ธันวาคม 2546 ถึง 20 มกราคม 2547 โดยวัดค่าความส่องสว่างภายใต้สภาพท้องฟ้าจริง ในวันที่ไม่มีเมฆมาก และฝนไม่ตก เนื่องจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีข้อจำกัดในระยะเวลา ดังนั้นจึงไม่สามารถเก็บผลการทดลองได้ครอบคลุมสภาพอากาศได้ตลอดทั้งปี และเลือกช่วงเวลาทำการทดลอง คือ 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. เพราะช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงเวลาที่มีการเรียนการสอนปกติ



ภาพที่ 71 แสดงสภาพท้องฟ้าแบบ ไม่มีเมฆปกคลุม มุมมองทางทิศเหนือและใต้ ในวันที่ 29 ธันวาคม 2546 เวลาประมาณ 8.00 น.

5.2 สถานที่ทำการทดลอง

คือ ชั้นดาดฟ้า คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร โดยวางหุ่นจำลองในส่วนพื้นที่โล่ง ไม่ให้เกิดผลกระทบของเงาอาคารข้างเคียงและสภาพแวดล้อมโดยรอบ (ค่าการสะท้อนแสงของพื้นดาดฟ้า เท่ากับ 17 %)



ภาพที่ 72 แสดงสถานที่ทำการทดลอง คือ ชั้นดาดฟ้า คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร โดยวางหุ่นจำลองในส่วนพื้นที่โล่ง

5.3 ตำแหน่งของการวัดค่าความส่องสว่างภายในและนอกหุ่นจำลอง

ในการวัดค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลอง มีข้อจำกัดของเครื่องมือ Datalogger รุ่น LI – 1400 ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างและเก็บบันทึกข้อมูล คือ สามารถวัดค่าความส่องสว่างพร้อมๆกันได้เพียง 5 Channel จึงทำให้มีผลต่อจำนวนตำแหน่งการวัดค่าความส่องสว่างภายในและภายนอกหุ่นจำลอง ซึ่งสามารถวัดที่ตำแหน่งภายในหุ่นจำลอง 4 จุด และนอกหุ่นจำลอง 1 จุด โดยกำหนดตำแหน่งการวัดค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลองมีระยะห่างกันทุกๆ 1.5 เมตร เริ่มวัดจากระยะห่าง 1.5, 3.0, 4.5 และ 6.0 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง และทำฐานตั้ง Photometric Sensor ให้ได้ระดับความสูงรวม 0.75 เมตร จากพื้น ซึ่งเป็นระนาบในการใช้งานปกติของห้องเรียน ตามมาตราส่วนของหุ่นจำลอง และ วัดค่าความส่องสว่าง ณ ภายนอกหุ่นจำลองอีก 1 จุด โดยวาง Photometric Sensor 1 ตัวไว้บนหลังคาของหุ่นจำลอง

ส่วนเครื่องมือ Datalogger รุ่น LI – 1400 มีการป้องกันความเสียหายและความร้อน โดยทำสิ่งปกคลุมและบรรจุในกล่องที่ปิดมิดชิด



ภาพที่ 73 แสดงตำแหน่งการวัดค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลอง ตำแหน่งการวัดมีระยะห่างกันทุกๆ 1.5 ม. เริ่มวัดจากระยะห่าง 1.5, 3.0, 4.5 และ 6.0 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง



ภาพที่ 74 แสดงฐานตั้ง Photometric Sensor ให้ได้ระดับความสูงรวม 0.75 เมตรจากพื้น ตามมาตราส่วนของหุ่นจำลอง



ภาพที่ 75 แสดงตำแหน่ง Photometric Sensor ที่วัดค่าความส่องสว่างภายนอกหุ่นจำลอง และการใช้เข็มทิศในการวางตำแหน่งทิศทางของหุ่นจำลองให้ถูกต้อง



ภาพที่ 76 แสดงเครื่องมือ Datalogger รุ่น LI – 1400 มีการป้องกันความเสียหายและความร้อนโดยทำสิ่งปกคลุมและบรรจุในกล่องที่ปิดมิดชิด

ในการสร้างโมเดลในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองโดยใช้เครื่องมือ นั้น จะสร้างโดยให้ช่วงเวลาที่ทำการทดลอง สภาพลักษณะท้องฟ้า สภาพแวดล้อม ลักษณะห้องเรียนมีความใกล้เคียงกับวันที่ทำการทดลองจริง เพื่อให้ได้ค่าความส่องสว่างที่มีความแตกต่างกันน้อยที่สุด

6. ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

หลังจากทำการทดลองกรณีตัวอย่าง 12 กรณี (ตารางที่ 9) เพื่อหาค่าความส่องสว่างจากการทดลองโดยใช้เครื่องมือ และจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าความส่องสว่างทั้ง 2 กรณี โดยกำหนดสัญลักษณ์ของกราฟที่เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างทั้งสองลักษณะ ดังนี้

A , B, C และ D หมายถึง ตำแหน่งหัวรับแสง (Position of Photometric Sensor) ภายในหุ่นจำลองที่ระยะ 1.50, 3.00, 4.50 และ 6.00 ม. จากช่องแสงทางด้านข้างตามลำดับ

E หมายถึง ตำแหน่งหัวรับแสง (Position of Photometric Sensor) ณ กึ่งกลางหลังคาภายนอกหุ่นจำลอง

การเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างการใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามทิศทางของห้องเรียนจำลอง นำเสนอผลการทดลองเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของค่าความส่องสว่าง มีสมการในการคำนวณ ดังนี้คือ

$$\text{ค่าความแตกต่างของค่าความส่องสว่างทั้ง 2 กรณี (\%)} = \frac{E1 - E2}{E1} \times 100$$

E 1

โดยที่ E1 : ค่าความส่องสว่างที่ได้จากการทดลองด้วยหุ่นจำลองและเครื่องมือ

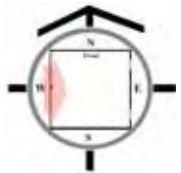
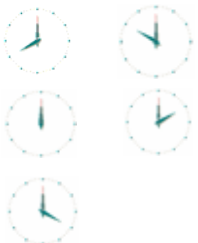
E2 : ค่าความส่องสว่างที่ได้จากการทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

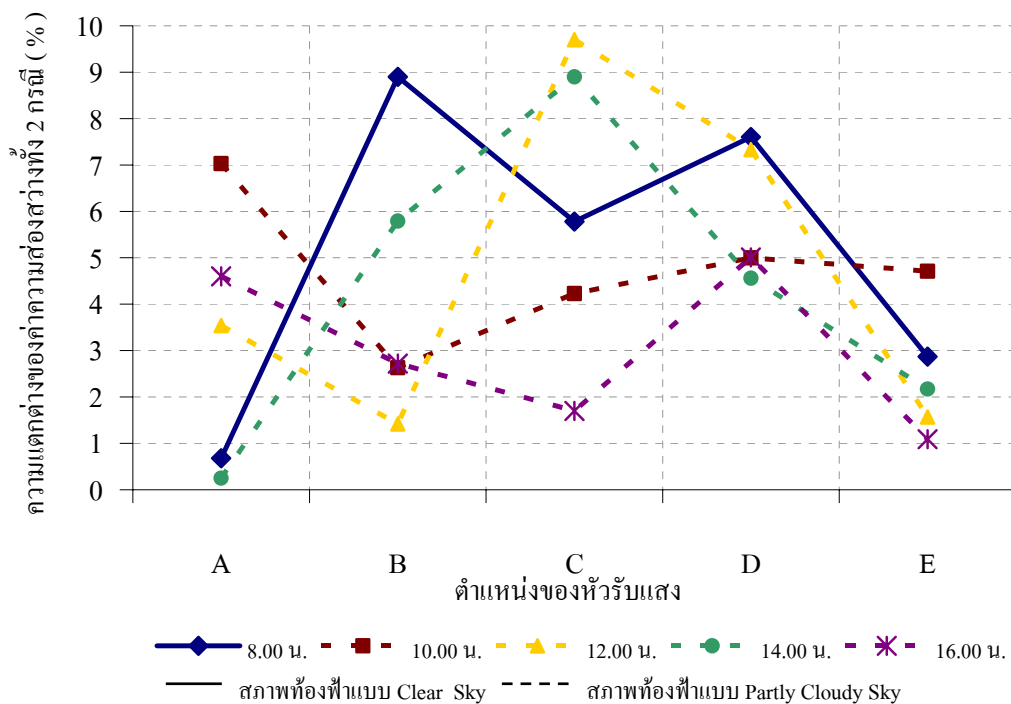
ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ตามทิศทางของห้องเรียนจำลอง มีดังนี้คือ

6.1 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก

6.1.1 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 26 ธันวาคม 2546

ตารางที่ 12 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.1 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตกโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 26 ธันวาคม 2546

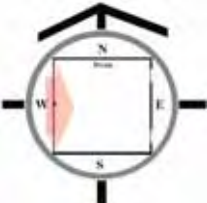
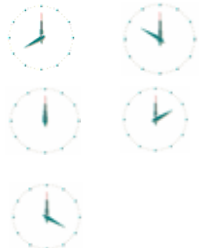
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง – รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศเหนือ	 ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	

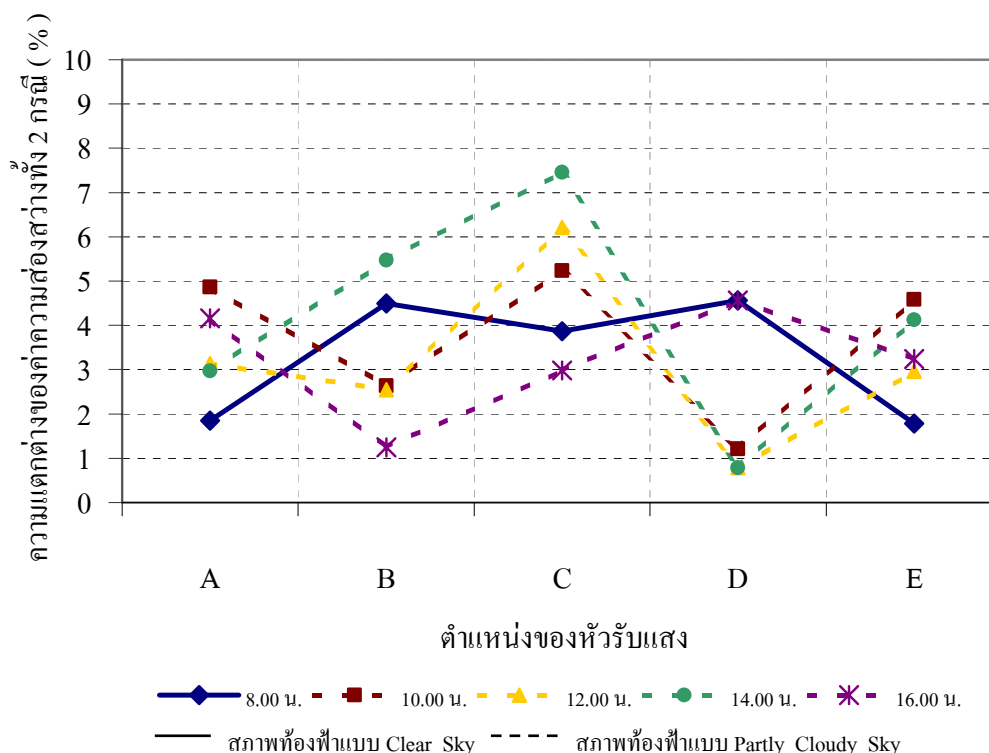


แผนภูมิที่ 2 เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 26 ธ.ค. 2546

6.1.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 29 ธันวาคม 2546

ตารางที่ 13 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.2 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 29 ธันวาคม 2546

ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง – รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศเหนือ	 ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	

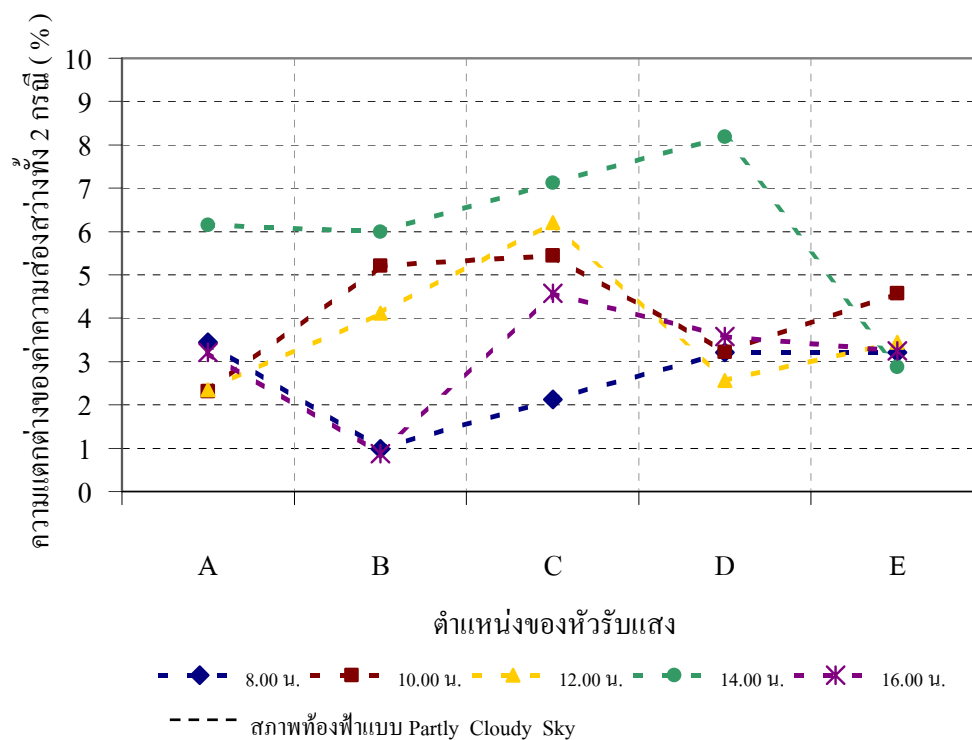


แผนภูมิที่ 3 เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 29 ธ.ค. 2546

6.1.3 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 30 ธันวาคม 2546

ตารางที่ 14 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.3 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 30 ธันวาคม 2546

ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง – รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
ทิศเหนือ	ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 - อุปกรณ์บังแดดแนวนอน	

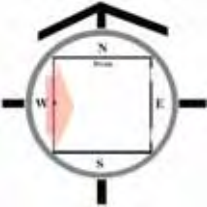


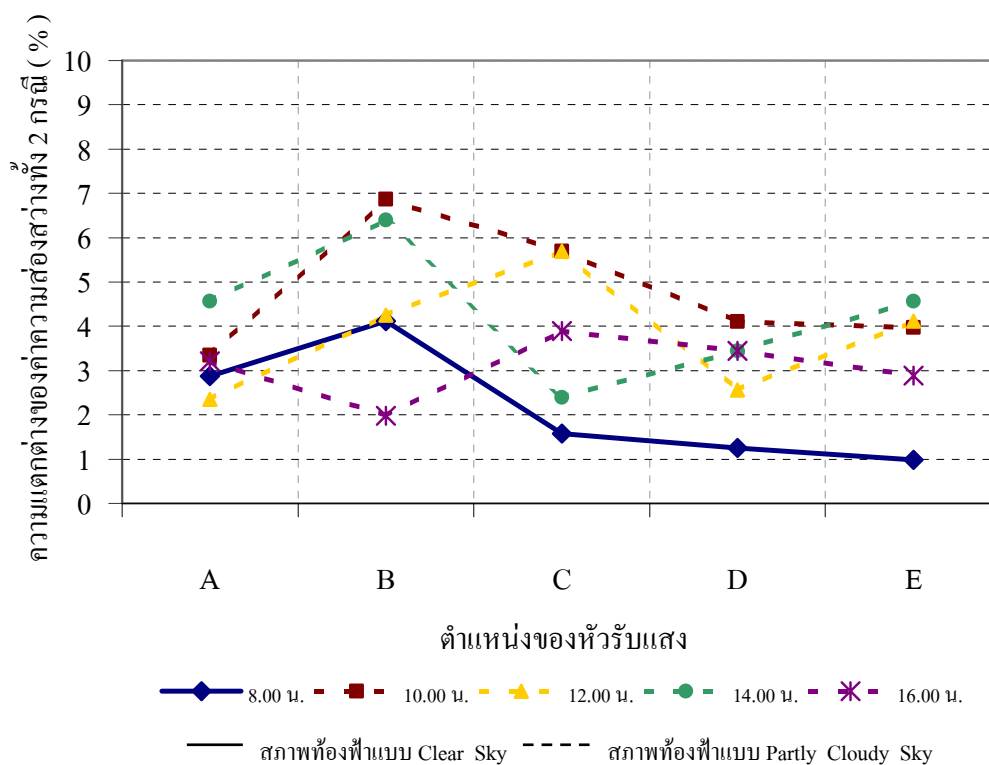
แผนภูมิที่ 4 เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 30 ธ.ค.

2546

6.1.4 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2546

ตารางที่ 15 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.4 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 31 ธันวาคม 2546

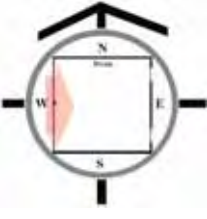
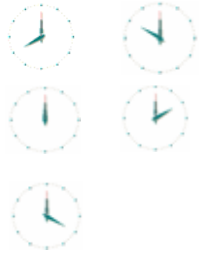
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง – รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศเหนือ	 ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 - อุปกรณ์บังแดดแนวนอน	

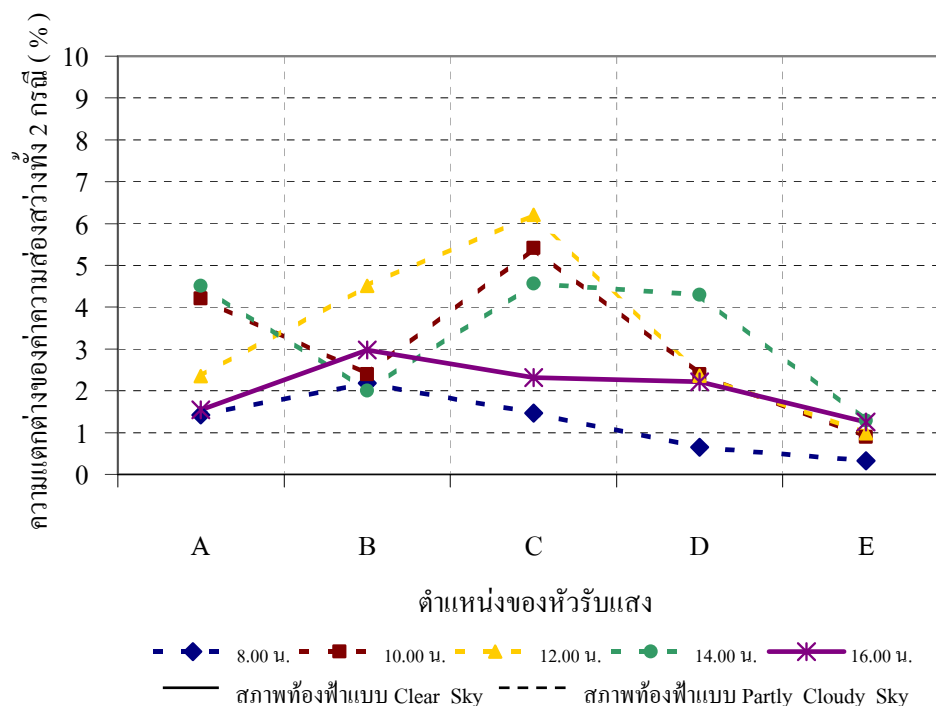


แผนภูมิที่ 5 เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 31 ธ.ค. 2546

6.1.5 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 5 มกราคม 2547

ตารางที่ 16 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.5 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 5 มกราคม 2547

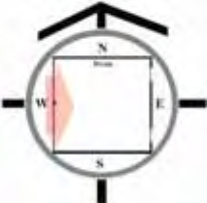
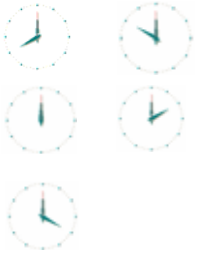
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง – รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศเหนือ	 ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 - อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง	

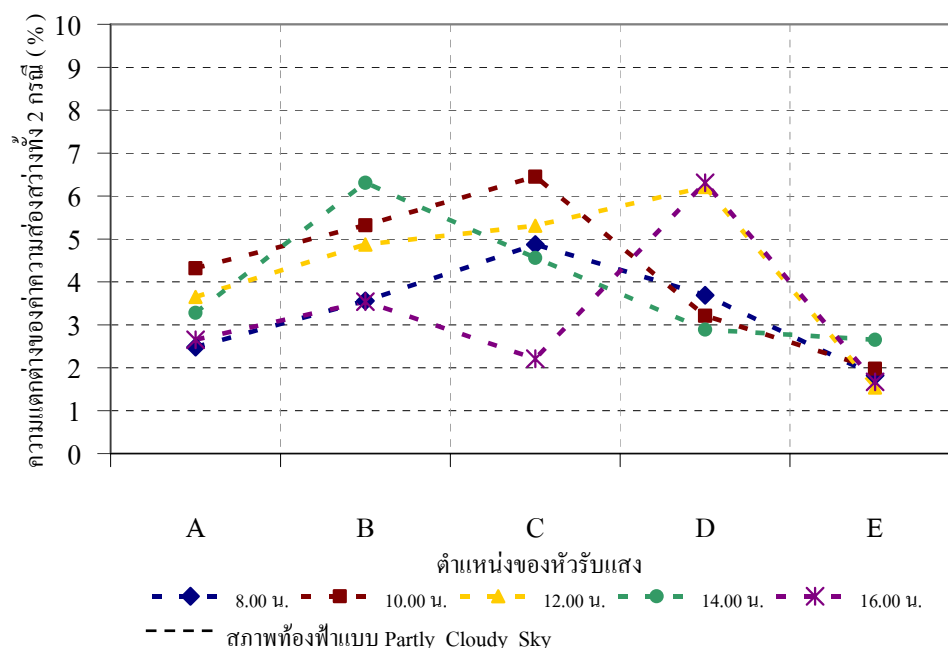


แผนภูมิที่ 6 เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 5 ม.ค. 2547

6.1.6 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 6 มกราคม 2547

ตารางที่ 17 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.6 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 6 มกราคม 2547

ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง – รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศเหนือ	 ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 - อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง	

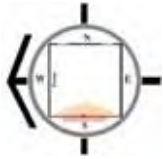
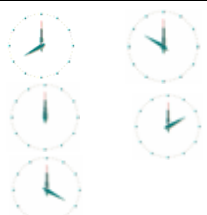


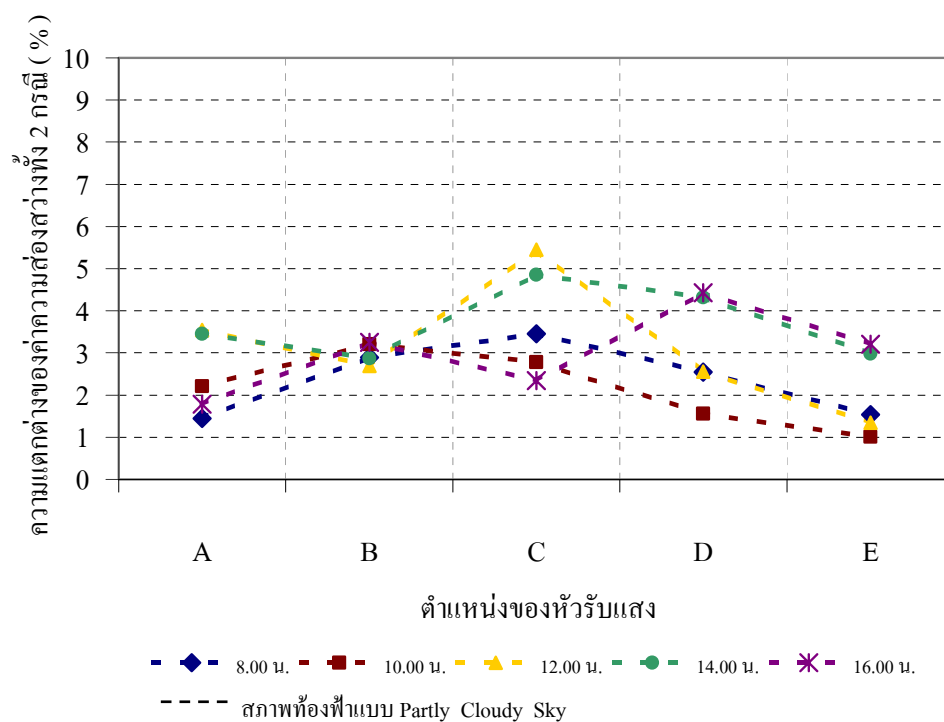
แผนภูมิที่ 7 เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 6 ม.ค. 2547

6.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้

6.2.1 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 7 มกราคม 2547

ตารางที่ 18 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.2.1 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 7 มกราคม 2547

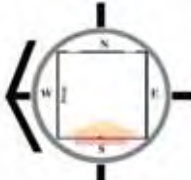
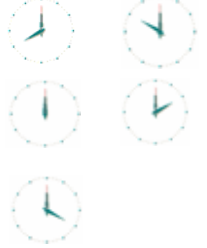
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง – รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศตะวันตก	 ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 - ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	

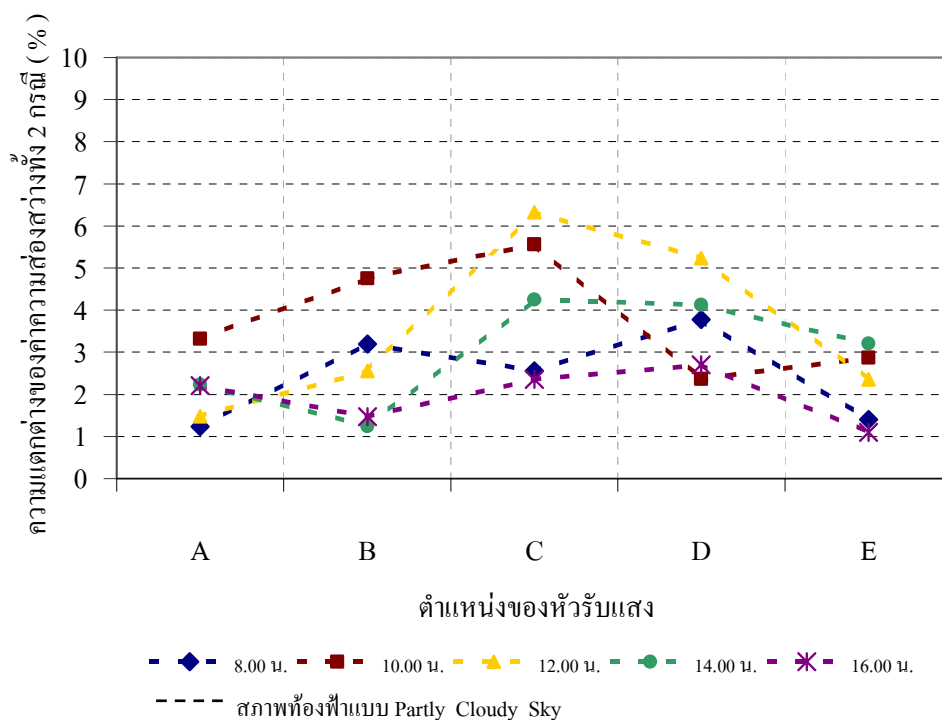


แผนภูมิที่ 8 เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 7 ม.ค. 2547

6.1.8 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 13 มกราคม 2547

ตารางที่ 19 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.8 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 13 มกราคม 2547

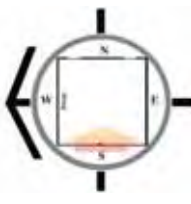
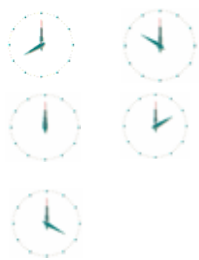
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง – รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศตะวันตก	 ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 - ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	

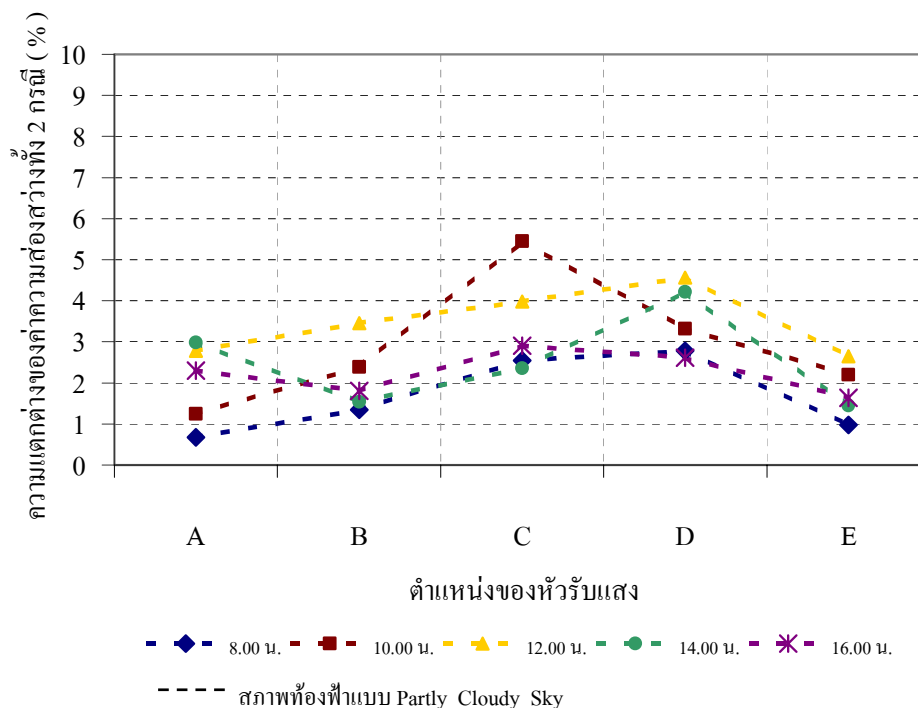


แผนภูมิที่ 9 เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 13 ม.ค. 2547

6.1.9 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 15 มกราคม 2547

ตารางที่ 20 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.9 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 15 มกราคม 2547

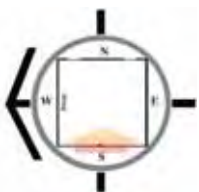
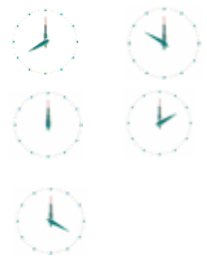
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง – รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศตะวันตก	 ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 - อุปกรณ์บังแดดแนวนอน	

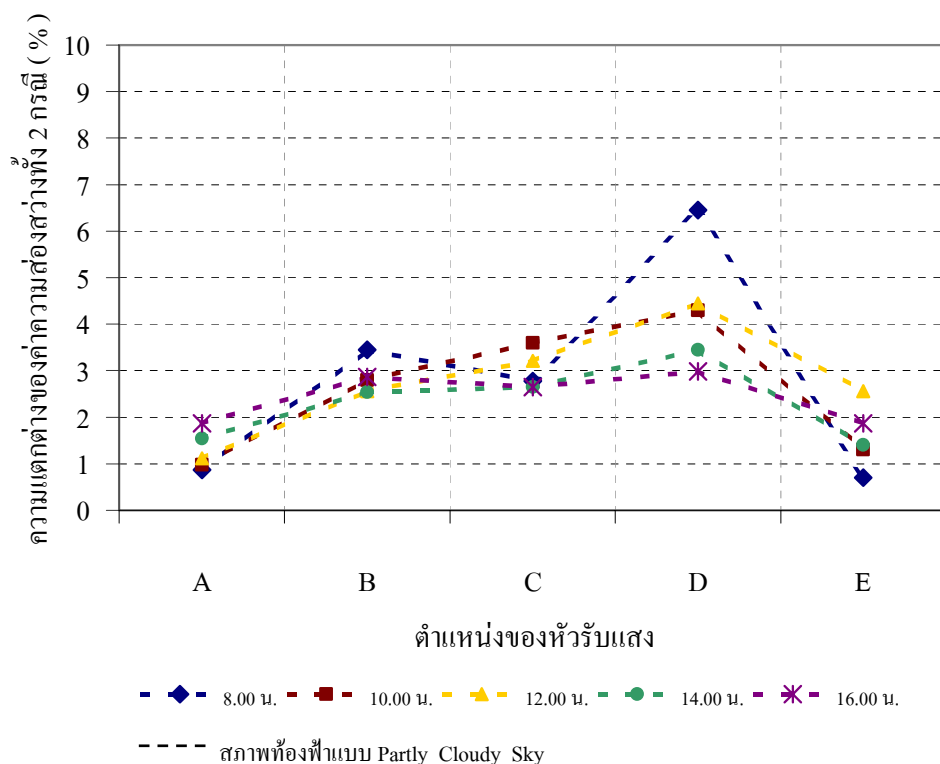


แผนภูมิที่ 10 เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 15 ม.ค. 2547

6.1.10 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 16 มกราคม 2547

ตารางที่ 21 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.10 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 16 มกราคม 2547

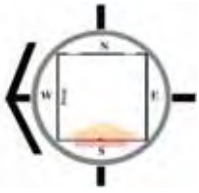
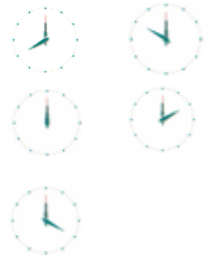
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง – รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศตะวันตก	 ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 - อุปกรณ์บังแดดแนวนอน	

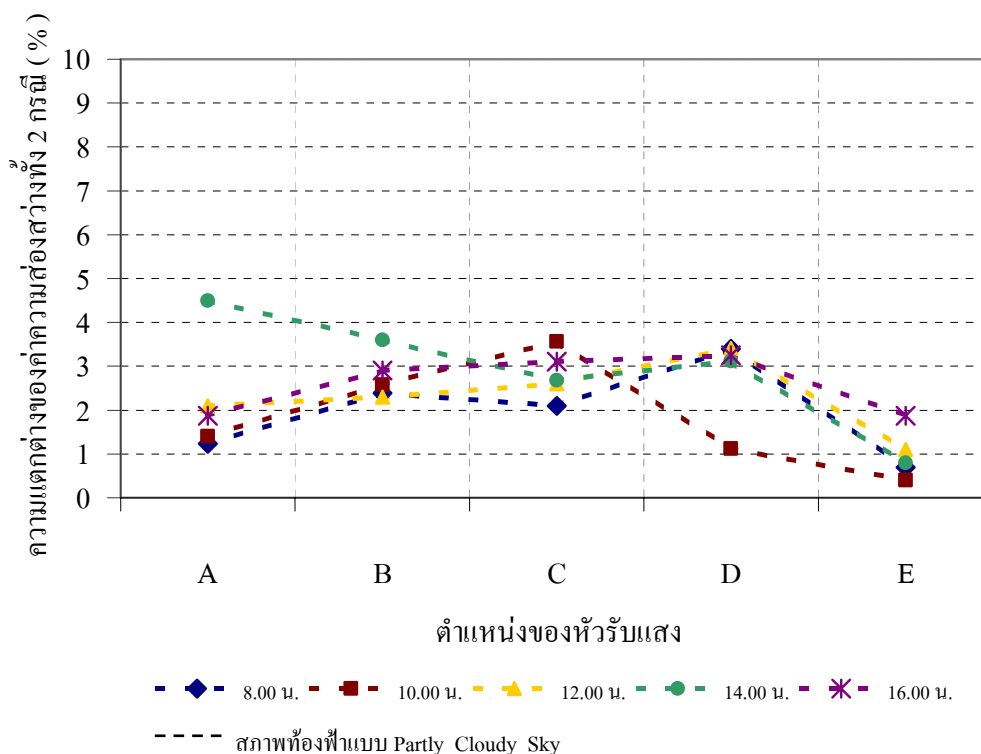


แผนภูมิที่ 11 เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 16 ม.ค. 2547

6.1.11 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 19 มกราคม 2547

ตารางที่ 22 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.11 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 19 มกราคม 2547

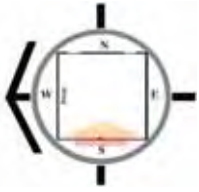
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง – รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศตะวันตก	 ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 - อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง	

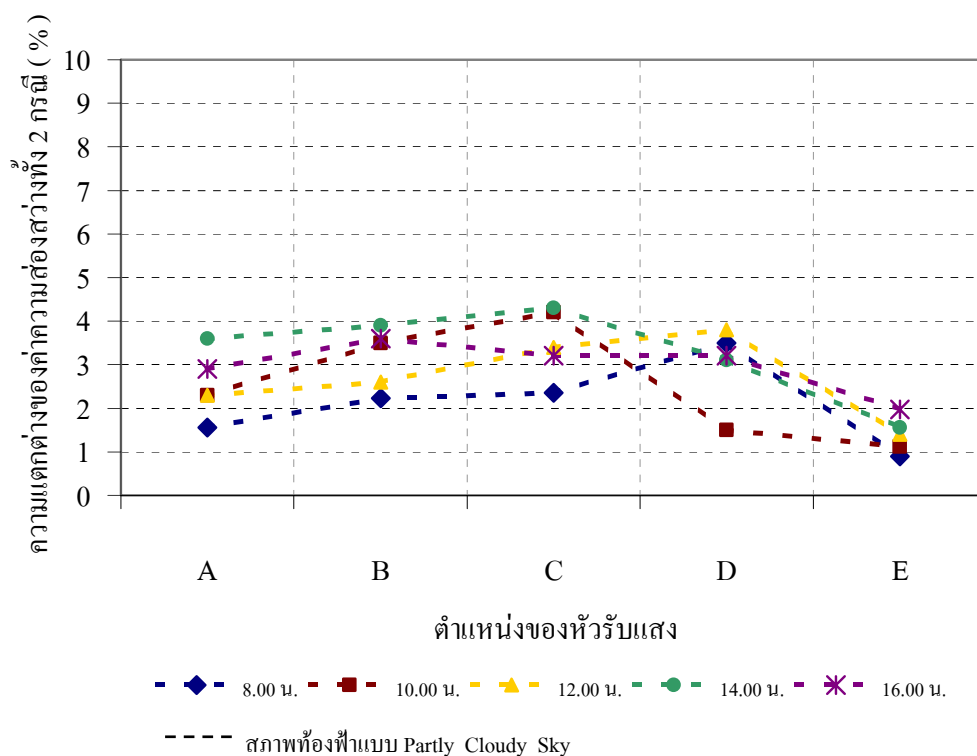


แผนภูมิที่ 12 เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 19 ม.ค. 2547

6.1.12 ผลการทดลองเปรียบเทียบระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 20 มกราคม 2547

ตารางที่ 23 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.12 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 20 มกราคม 2547

ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง – รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศตะวันตก	 ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 - อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง	



แผนภูมิที่ 13 เปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ของห้องเรียนที่มีห้องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 20 ม.ค. 2547

7. สรุปผลการทดลองระหว่าง ผลการทดลองโดยใช้เครื่องมือกับการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

อัตราส่วนความแตกต่างของค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทั้ง 12 กรณี มีค่าไม่เกิน 10 % แสดงให้เห็นว่าค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือกับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความใกล้เคียงกัน สามารถทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อให้งานวิจัยมีความครอบคลุมและสามารถแสดงผล รวมถึงวิเคราะห์ผลการทดลองได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

บทที่ 4

ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์และการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากการเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือในสภาพท้องฟ้าจริงกับผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความแตกต่างของค่าความส่องสว่าง ไม่เกิน 10 % ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าความส่องสว่างระหว่างผลการทดลองโดยใช้หุ่นจำลองและเครื่องมือ กับการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มีความใกล้เคียงกัน จึงได้ทำการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อให้นักวิจัยมีความครอบคลุมและสามารถแสดงผล รวมถึงวิเคราะห์ผลการทดลองได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น รายละเอียดในการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีดังนี้คือ

- การทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยเน้นลักษณะท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky)
- ขนาดของห้องเรียนที่ใช้ในการจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

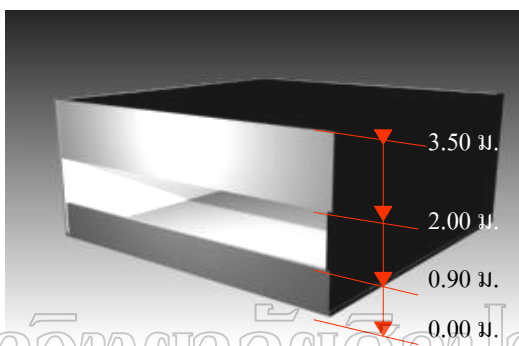
1.1 การทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยเน้นลักษณะท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky)

คือ มีอัตราส่วนของเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า (Sky Ratio) ระหว่าง 0.3 – 0.7 เนื่องจากเป็นสภาพท้องฟ้าที่มีความถี่ในการเกิดสูงในประเทศไทย (กรมอุตุนิยมวิทยา, กองภูมิอากาศ 2543 : 1) ช่วงเวลาที่ทำการทดลองและเก็บข้อมูลในช่วงเวลาที่มีการเรียนการสอนโดยทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 2 ชั่วโมง คือ 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น.

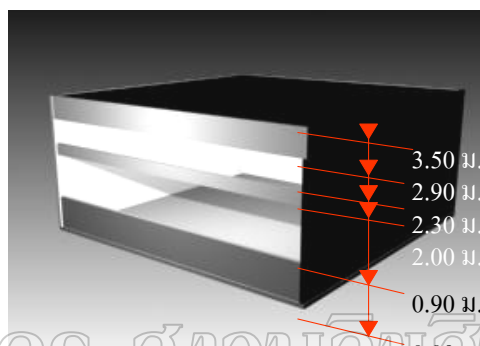
1.2 ลักษณะของห้องเรียนและรูปแบบของอุปกรณ์บังคับที่ใช้ในการจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ห้องเรียนมีขนาด 8.00 x 8.00 ม. สูง 3.50 ม. โดยห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงทั้ง 4 แบบ มีลักษณะตำแหน่งของหน้าต่างที่เหมือนกัน คือ ขอบล่างของช่องเปิดอยู่ที่ระดับความสูงจากพื้น 0.90 ม. และขอบบนของช่องเปิดอยู่ที่ระดับความสูง 2.00 ม. แต่ห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงทั้ง 4 แบบ มีลักษณะของช่องแสงเหนือหน้าต่างที่แตกต่างกัน คือ ห้องเรียนที่มีลักษณะช่อง

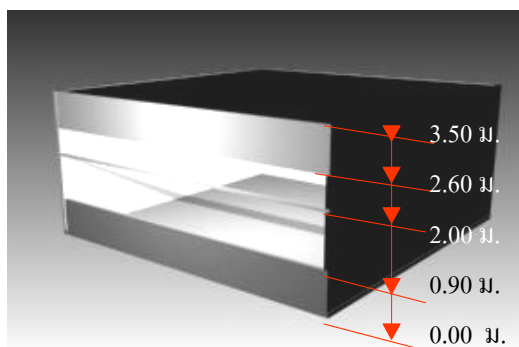
แสงแบบที่ 1 จะไม่มีช่องแสงเหนือหน้าต่างเมื่อเปรียบเทียบกับแบบที่ 2 , 3 และ 4 (ห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 , 3 และ 4 จะมีลักษณะช่องแสงเหนือหน้าต่างที่แตกต่างกัน) โดยห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 มีตำแหน่งช่องแสงเหนือหน้าต่างโดยขอบล่างของช่องแสงอยู่ที่ระดับความสูงจากพื้น 2.30 ม. และขอบบนอยู่ที่ระดับความสูง 2.90 ม. (กรมสามัญศึกษา, กองออกแบบและก่อสร้าง 2535 : 3 - 7) ห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 มีตำแหน่งช่องแสงเหนือหน้าต่างโดยขอบล่างของช่องแสงอยู่ที่ระดับความสูงจากพื้น 2.00 ม. และขอบบนอยู่ที่ระดับความสูง 2.60 ม. และห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีตำแหน่งช่องแสงเหนือหน้าต่างโดยขอบล่างของช่องแสงอยู่ที่ระดับความสูงจากพื้น 2.60 ม. และขอบบนอยู่ที่ระดับความสูง 3.20 ม.



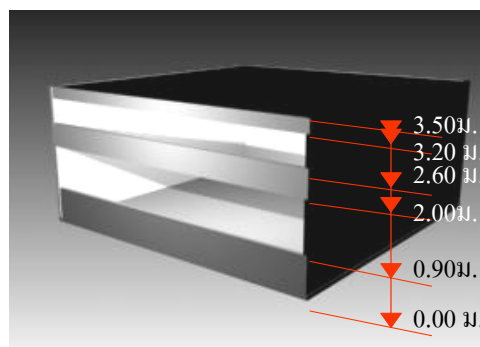
ห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1



ห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2



ห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 3



ห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4

ภาพที่ 77 ลักษณะห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบต่างๆที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด ที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้แบ่งตามลักษณะการวางตัวของอุปกรณ์บังแดด แบ่งออกเป็น

แบบที่ 1 คือ ไม่มีอุปกรณ์บังแดด

แบบที่ 2 คือ อุปกรณ์บังแดดในแนวนอน (Horizontal Shading Devices)

แบบที่ 3 คือ อุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง (Vertical Shading Devices)

2. การทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Desktop Radiance 2.0

ในส่วนของการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ โปรแกรมที่ใช้ในการทดลองคือ โปรแกรม Desktop Radiance 2.0 โดยสามารถทำการประเมินผลด้าน Visual Performance ดังนี้

2.1 แสดงระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) แบบ Point และแบบ Grid

ในการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ แบ่งการวัดค่าความส่องสว่างใน 2 ลักษณะ คือ

ลักษณะที่ 1 วัดค่าความส่องสว่างเป็นจุดหรือแบบ Point (ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อ 4.2.3) เพื่อนำมาคำนวณ ค่า Daylight Factor ทำการทดลองกับลักษณะของช่องแสง รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ตามทิศทางตำแหน่งของการวางห้องเรียนทั้ง 4 ทิศ

ลักษณะที่ 2 วัดค่าความส่องสว่าง เป็น Grid Module เพื่อนำมาคำนวณค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อ 4.2.4)

2.2 แสดงผลค่าแสงบาดตา (Glare)

สามารถใช้ดัชนีบ่งชี้ได้ 3 ลักษณะ คือ

2.2.1 ค่า CIE Glare Index

2.2.2 ค่า Guth Disability Glare Ratio

2.2.3 ค่า Guth Visual Comfort Probability โดยการศึกษาในครั้งนี้ใช้ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare

2.3 ภาพจำลองของสภาพภายใน

มีลักษณะแตกต่างกัน ดังนี้

2.3.1 ภาพ Image คือภาพที่ได้จากการจำลอง (Simulation) ตามวัน เวลาที่กำหนด ซึ่งสามารถแสดงภาพในลักษณะ Human Sensitivity คือ ภาพที่ได้จากการจำลองตามความรู้สึกการมองเห็นของมนุษย์

2.3.2 ภาพใน Mode ของ False Color คือภาพที่แสดง Pixel Extrema ออกมาเป็นช่วงของสีต่างๆที่แสดงระดับความส่องสว่าง และแสดงตำแหน่งที่มีค่าความส่องสว่างมากที่สุดและต่ำที่สุดในภาพ

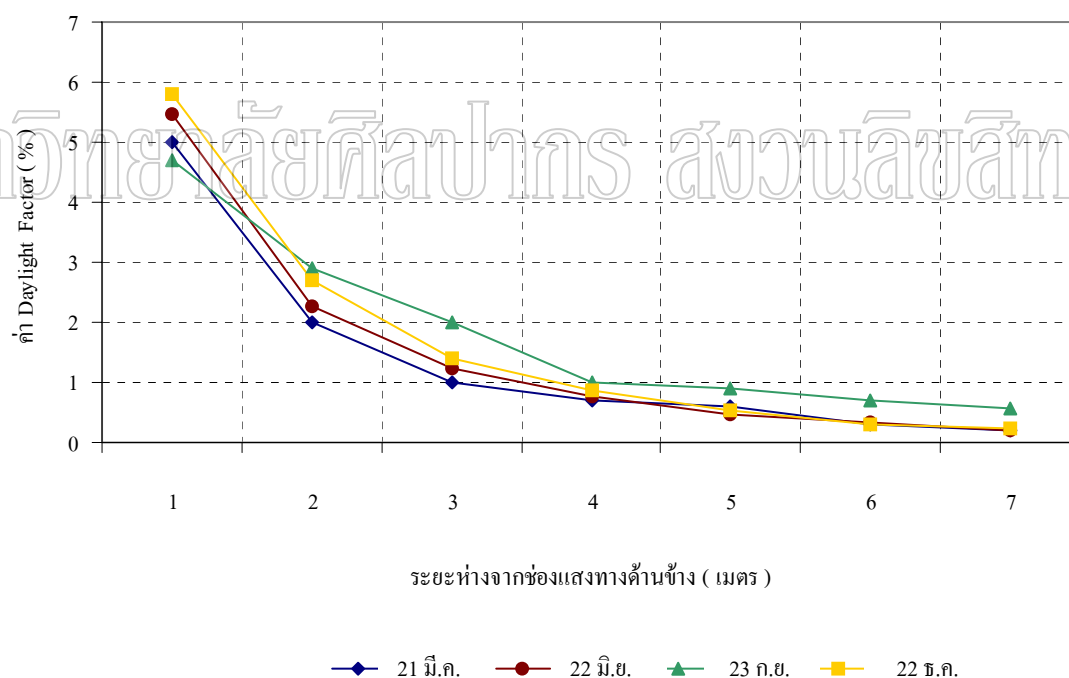
2.3.3 ภาพใน Mode ของ Iso Contour คือภาพที่แสดงเส้นสีของระดับความส่องสว่าง และแสดงตำแหน่งที่มีค่าความส่องสว่างมากที่สุดและต่ำที่สุดในภาพ

3. การเลือกและกำหนดวันที่สำหรับการทดลองผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และจำนวนผลการทดลอง

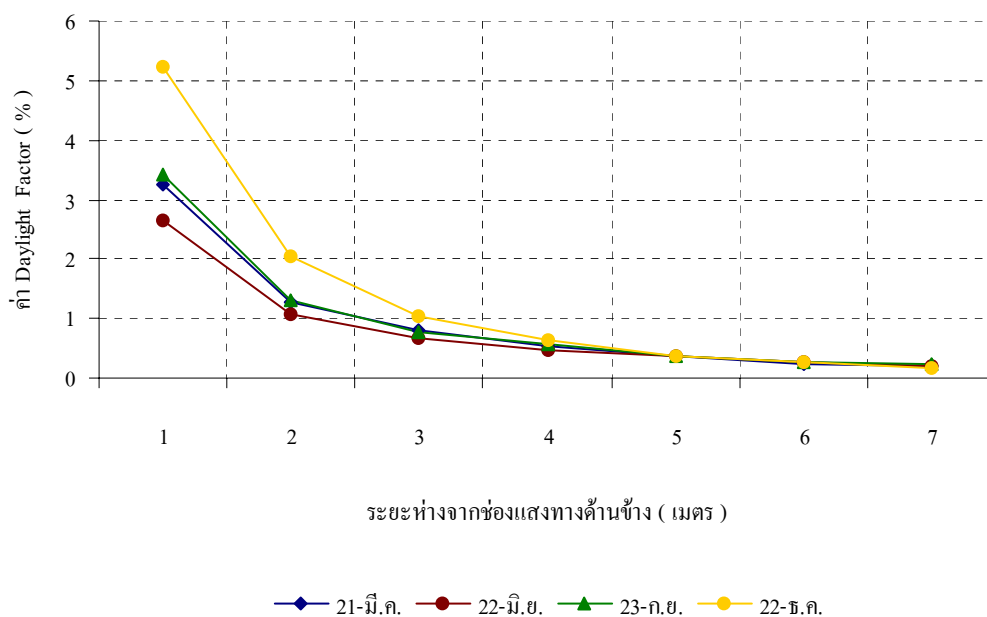
3.1 การเลือกและกำหนดวันที่สำหรับการทดลองผลโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

การกำหนดวันที่จะใช้เป็นข้อมูลสำหรับการทดลองผลของโปรแกรม โดยวันที่จะนำมาพิจารณา ได้แก่ วันที่ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ทำมุมสูงสุดกับโลกในทิศทางต่างๆ คือ วันที่ 21 มีนาคม, วันที่ 22 มิถุนายน, วันที่ 23 กันยายน และวันที่ 22 ธันวาคม ของห้องเรียนจำลองที่มีทิศทางของช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 ทำการวัด ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. เพื่อนำมาเปรียบเทียบ

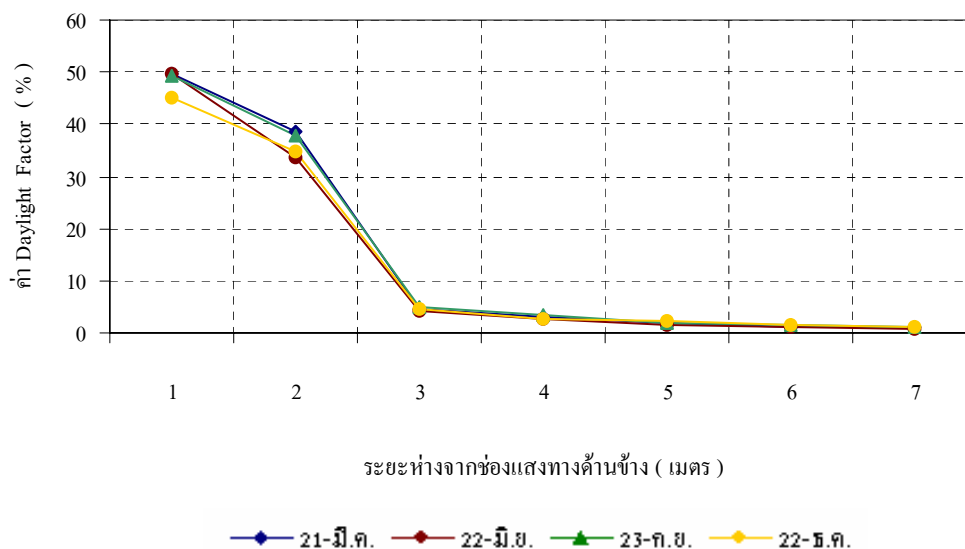
จากผลการทดลองพบว่า ค่าความส่องสว่าง (Illuminance) ที่คำนวณออกมาเป็นค่า Daylight Factor โดยส่วนใหญ่มีค่าที่ใกล้เคียงกัน จึงเลือกการทดลองในวันที่ 23 กันยายน เป็นวันที่ใช้ทำการทดลอง



แผนภูมิที่ 14 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีทิศทางของช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 ณ วันที่ 21 มีนาคม, 22 มิถุนายน, 23 กันยายน และ 22 ธันวาคม เวลา 8.00 น.



แผนภูมิที่ 15 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีทิศทางของช่องแสงทางด้านข้าง อยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 ณ วันที่ 21 มีนาคม, 22 มิถุนายน, 23 กันยายน และ 22 ธันวาคม เวลา 12.00 น.



แผนภูมิที่ 16 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีทิศทางของช่องแสงทางด้านข้าง อยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 ณ วันที่ 21 มีนาคม, 22 มิถุนายน, 23 กันยายน และ 22 ธันวาคม เวลา 16.00 น.

3.2 จำนวนผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

จำนวนผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (ตารางที่ 24) มีดังนี้คือการทดลอง ณ วันที่ 23 กันยายน ทั้งหมดโดยห้องเรียนจำลองมีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ตะวันออก เหนือ และใต้ ลักษณะของช่องแสง 4 แบบ กับรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดทั้ง 3 แบบ คือ

แบบที่ 1 ไม่มีอุปกรณ์บังแดด

แบบที่ 2 อุปกรณ์บังแดดในแนวนอน

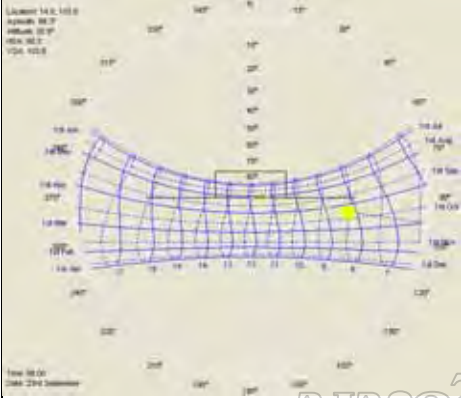
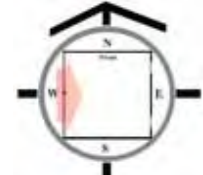
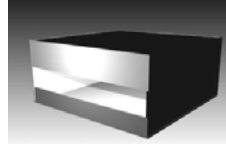
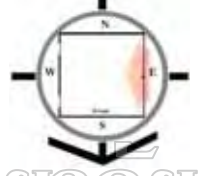
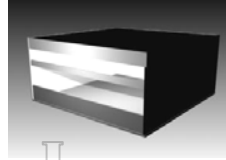
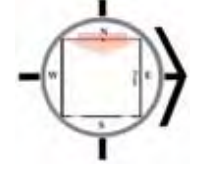
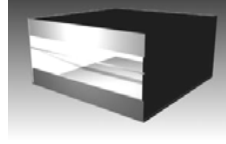
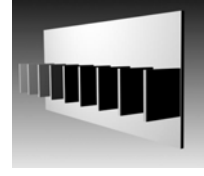
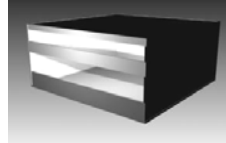
แบบที่ 3 อุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง

ทำการวัด ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น.

รวม 240 ผลการทดลอง

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ตารางที่ 24 แสดงจำนวนผลการทดลองตามตำแหน่งที่ตั้ง ทิศทางของห้องเรียน ลักษณะของช่องแสง รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด และช่วงเวลาของการทดลอง

ตำแหน่งที่ตั้ง	ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ละติจูดที่ 14 °N	 ทิศเหนือ	 แบบที่ 1	 ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	 8.00 น.
	 ทิศใต้	 แบบที่ 2	 อุปกรณ์บังแดดแนวนอน	 10.00 น.
	 ทิศตะวันออก	 แบบที่ 3	 อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง	 12.00 น.
	 ทิศตะวันตก	 แบบที่ 4		 14.00 น.
				 16.00 น.
1	4	4	3	5
				240 ผลการทดลอง

4. การสร้างแบบห้องเรียนจำลอง

4.1 วัตถุประสงค์ของการสร้างแบบจำลอง

เพื่อศึกษาองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

- ค่า Daylight Factor ซึ่งเป็นอัตราส่วนเปรียบเทียบ ระหว่างค่าความส่องสว่างภายในอาคารในระนาบพื้นผิว (E_i) ต่อค่าความส่องสว่างภายนอกของอาคาร (E_e)
- ภาพจำลองของสภาพภายใน
- ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination)
- ค่าแสงบาดตา (Glare)

4.2 รายละเอียดของห้องเรียนจำลอง

4.2.1 ค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) และค่าแสงสว่างส่องผ่าน (Transmittance)

ค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) และค่าแสงสว่างส่องผ่าน (Transmittance) ของวัสดุในส่วนต่างๆ ของห้องเรียนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นดังนี้ คือ

ตารางที่ 25 แสดงค่าการสะท้อนแสงและค่าแสงสว่างส่องผ่านของวัสดุในส่วนต่างๆ ของห้องเรียน

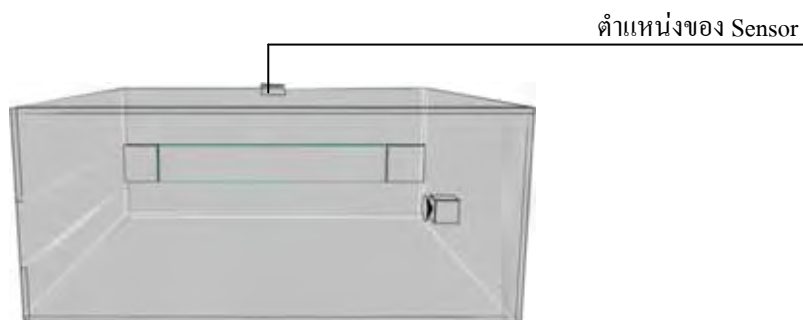
รายละเอียด	ค่าการสะท้อนแสง (Reflectance)	ค่าแสงสว่างส่องผ่าน (Transmittance)
1. พื้น	30 %	0 %
2. ผนัง	50 %	0 %
3. ฝ้าเพดาน	80 %	0 %
4. กระดานดำ	20 %	0 %
5. กระจก	-	88 %
6. อุปกรณ์บังแดด *	50 %	0 %

* ค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) และค่าแสงสว่างส่องผ่าน (Transmittance) ของอุปกรณ์บังแดด ใช้ค่าเดียวกับค่าการสะท้อนแสง และค่าแสงสว่างส่องผ่านของผนัง

ที่มา : หม่อมราชวงศ์ ทองใหญ่ ทองใหญ่, แนวทางการปรับปรุงห้องเรียนระดับประถมศึกษาในประเทศไทย (กรุงเทพมหานคร : อักษรเจริญการพิมพ์ , 2524) , 25.

4.2.2 ตำแหน่งของ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างภายนอก

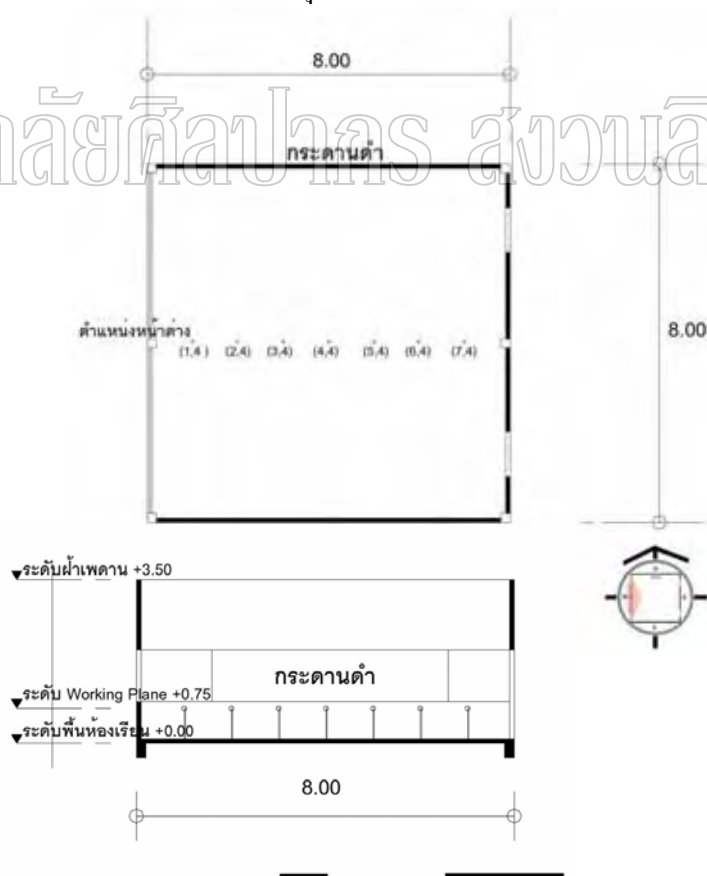
ตำแหน่งของ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างภายนอก วางไว้ ณ ตำแหน่งด้านบนหลังคาของห้องเรียนจำลอง (Robinson 2001 : 1)



ภาพที่ 78 แสดงตำแหน่งของ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างภายนอก

4.2.3 ตำแหน่งของ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างเป็นจุด ณ ตำแหน่งกึ่งกลางห้องเรียน

วัดค่าความส่องสว่างเป็นจุด โดยวัดที่ระนาบการใช้งาน (Working Plane) คือระดับ 0.75 เมตร จากพื้น โดยวัดที่ระยะ 1.00, 2.00, 3.00, 4.00, 5.00, 6.00 และ 7.00 ม. จากตำแหน่งผนังที่มีช่องเปิดทางด้านข้าง (คือวัดทุกระยะ 1.00 ม.)



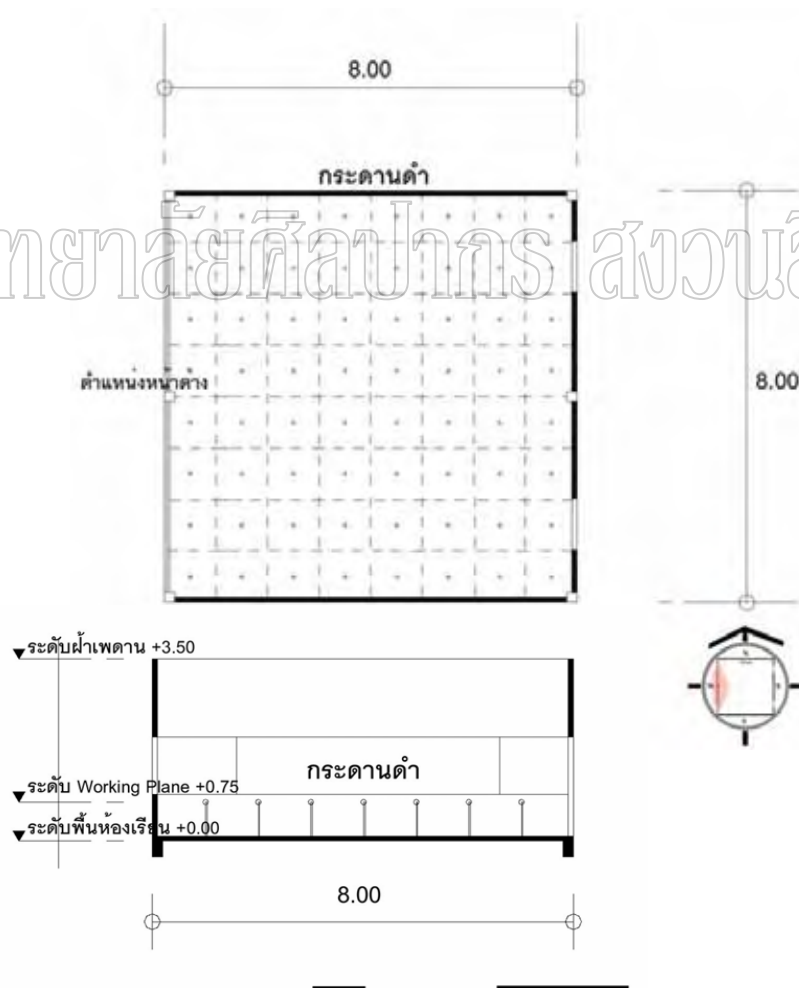
ภาพที่ 79 แสดงผังและรูปตัดตำแหน่งของ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างภายในห้องเรียนจำลอง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางห้องเรียน



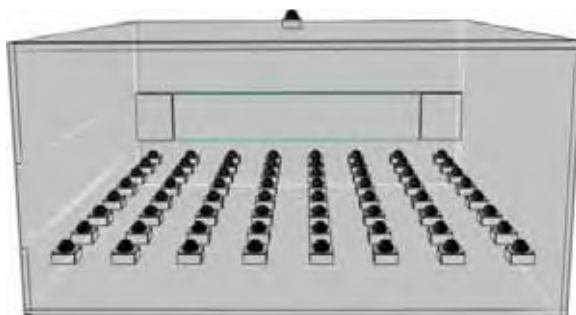
ภาพที่ 80 แสดงตำแหน่งของ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างภายในห้องเรียนจำลอง ณ ตำแหน่งกึ่งกลางห้องเรียน

4.2.4 ตำแหน่งของ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างภายใน แบบ Grid

วัดค่าความส่องสว่าง เป็น Grid Module เพื่อให้ได้ค่าปริมาณการส่องสว่างบนพื้นที่การใช้งาน ทุกๆ 1 ตารางเมตร (1.00 เมตร x 1.00 เมตร)



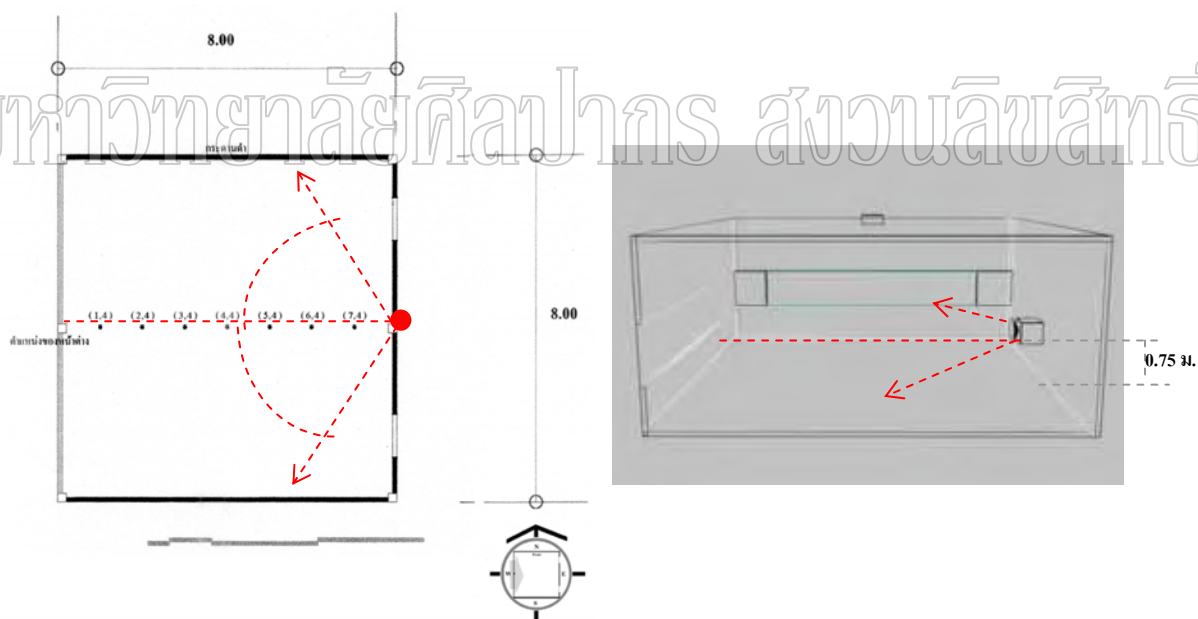
ภาพที่ 81 แสดงผังตำแหน่งของ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างภายในห้องเรียนจำลอง แบบ Grid



ภาพที่ 82 แสดงตำแหน่งของ Sensor ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างภายในห้องเรียนจำลองแบบ Grid

4.2.5 ตำแหน่งของคนและมุมมองที่ใช้ในการหาค่า Glare

มุมมองของการมองเห็นเป็นมุมมอง 120 ° โดยกำหนดให้คนยืนอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางของการมองเห็น มีมุมมองของการมองเห็นไปทางขวาเป็นค่า - และ มุมมองของการมองเห็นไปทางซ้ายเป็นค่า + (GreGory J. Ward 1992 : 2)



ภาพที่ 83 แสดงตำแหน่งของคนและความกว้างของมุมมองในการหาค่า Glare

5. การนำเสนอผลการทดลอง

เนื่องจากผลการทดลองมีจำนวนมาก (240 ผลการทดลอง) วิธีการในการทดลองรวมถึงการนำเสนอผลการทดลองมีความคล้ายคลึงกัน เพราะฉะนั้นการนำเสนอผลการทดลองในส่วนจของรายละเอียดจะนำเสนอเพียง 2 ทิศทางของห้องเรียน คือ ห้องเรียนจำลองที่มีลักษณะช่องแสงทั้ง 4 แบบ กับรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆที่มีทิศทางของช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก และทิศใต้ แต่การนำเสนอการวิเคราะห์ผลการทดลองจะนำเสนอทั้งหมดกับ 4 ทิศทางของห้องเรียน โดยให้ครอบคลุมกับขอบเขตของการศึกษาวิจัย คือ ทิศทางของห้องเรียนทั้ง 4 ลักษณะของช่องแสงทั้ง 4 แบบ รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดทั้ง 3 แบบ และช่วงเวลาของการทดลอง 5 ช่วงเวลา

5.1 การนำเสนอแต่ละผลการทดลอง 1 ผลการทดลอง

ส่วนที่ 1 รายละเอียดของ 1 การทดลอง คือ ตำแหน่งที่ตั้งของห้องเรียน ทิศทางของห้องเรียน ลักษณะของช่องแสง รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด เวลาของการทดลอง (ตารางที่ 26)

ส่วนที่ 2 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. เพื่อศึกษา ค่าความส่องสว่าง (Illuminance) ว่ามีค่าเพียงพอกับกิจกรรมการเรียนการสอน มากน้อยเพียงใด โดยใช้เกณฑ์ในการกำหนด ค่า Daylight Factor มาตรฐานของการใช้งานประเภทกิจกรรมที่ใช้สายตาปานกลาง กำหนด ค่า Daylight Factor ไว้ที่ 1.5 % (B. Stein and J. Reynolds 1998 : 297)

ส่วนที่ 3 ภาพจำลองของสภาพภายใน เพื่อศึกษาสภาพของห้องเรียน ณ เวลาของการทดลอง

ส่วนที่ 4 เปรียบเทียบค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง เพื่อศึกษาว่า ลักษณะช่องแสงและอุปกรณ์บังแดดแบบใดให้ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างดีที่สุดโดยใช้เกณฑ์กำหนด ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมีค่าใกล้เคียง 1 แสดงว่ามีความสม่ำเสมอของความส่องสว่างดีที่สุด

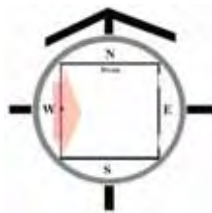
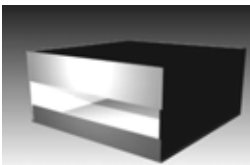
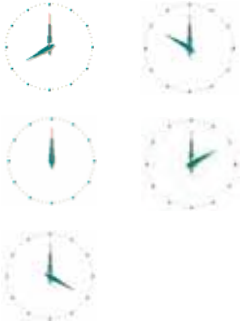
ส่วนที่ 5 เปรียบเทียบค่า Glare ว่าเวลาของการทดลอง เวลาใดมีมุมมองของการมองเห็นเกิดค่า Glare น้อยที่สุด โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนด ค่า Glare แบบ VCP ไม่น้อยกว่า 70 % อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ IES Standard (GreGory J. Ward 1992 : 2)

ส่วนที่ 6 สรุปผลของแต่ละการทดลอง

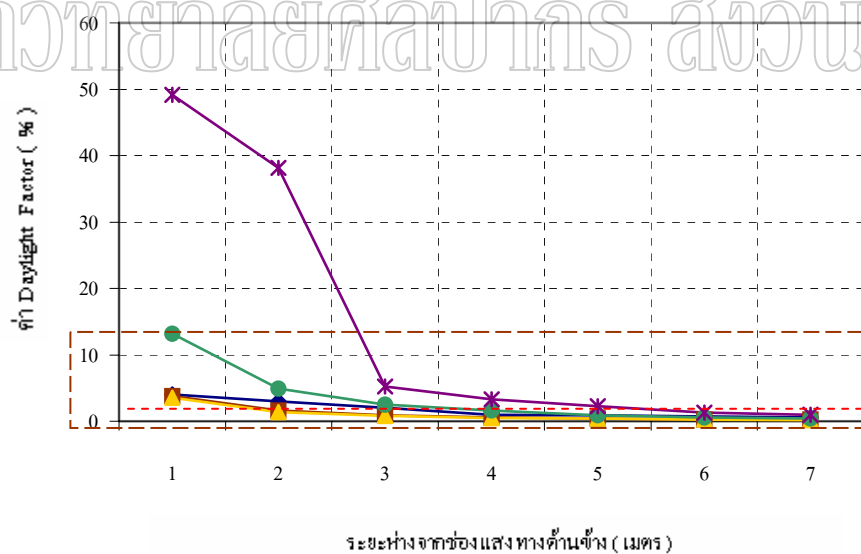
โดยการนำเสนอแต่ละผลการทดลอง มีรายละเอียดตัวอย่างดังนี้

6.1.1.1 ตัวอย่างผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 26 แสดงตัวอย่างรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.1.1 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศเหนือ	 แบบที่ 1	 ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	

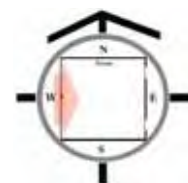
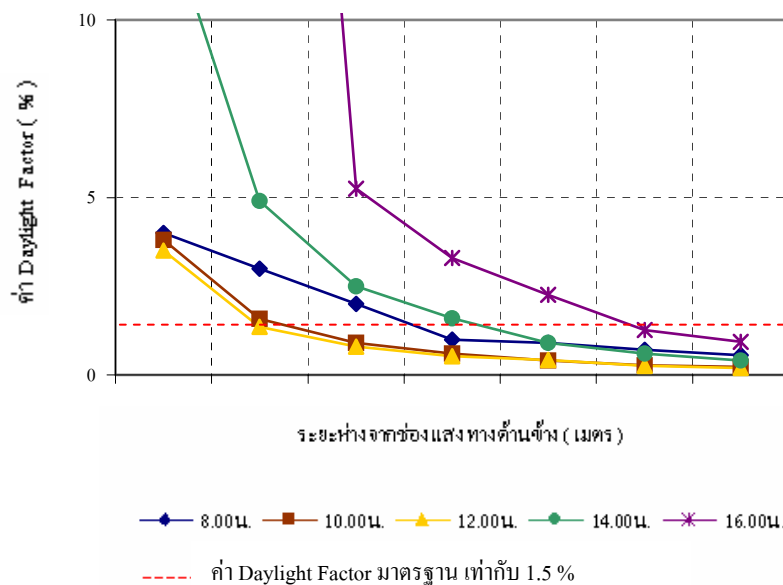
ส่วนที่ 1



ดูแบบขยายแผนภูมิที่ 18
(หน้าถัดไป)

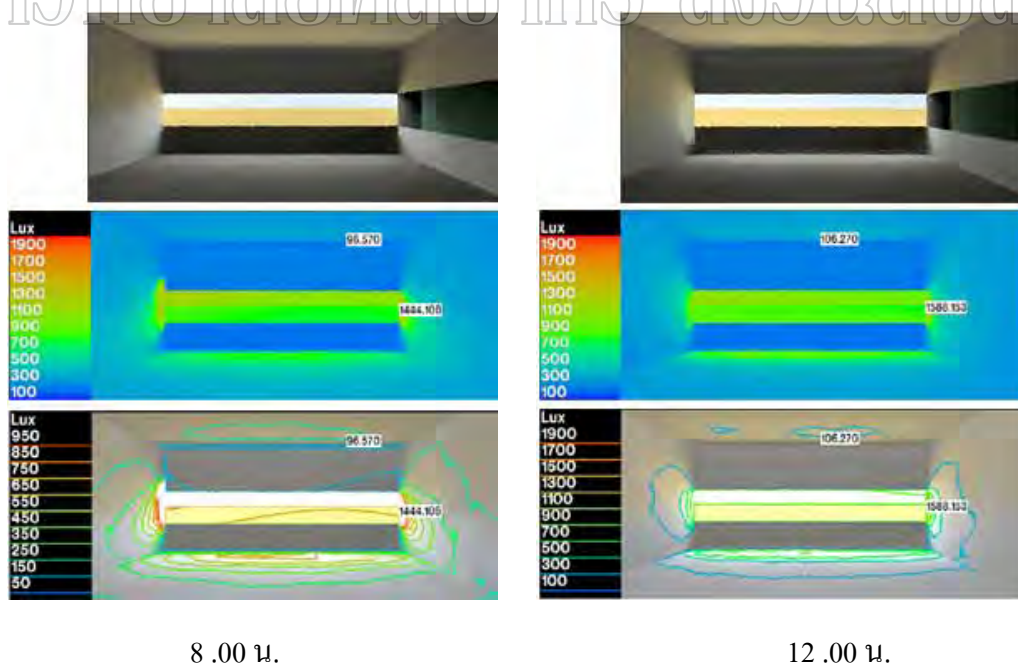
แผนภูมิที่ 17 ตัวอย่างเปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

ส่วนที่ 2



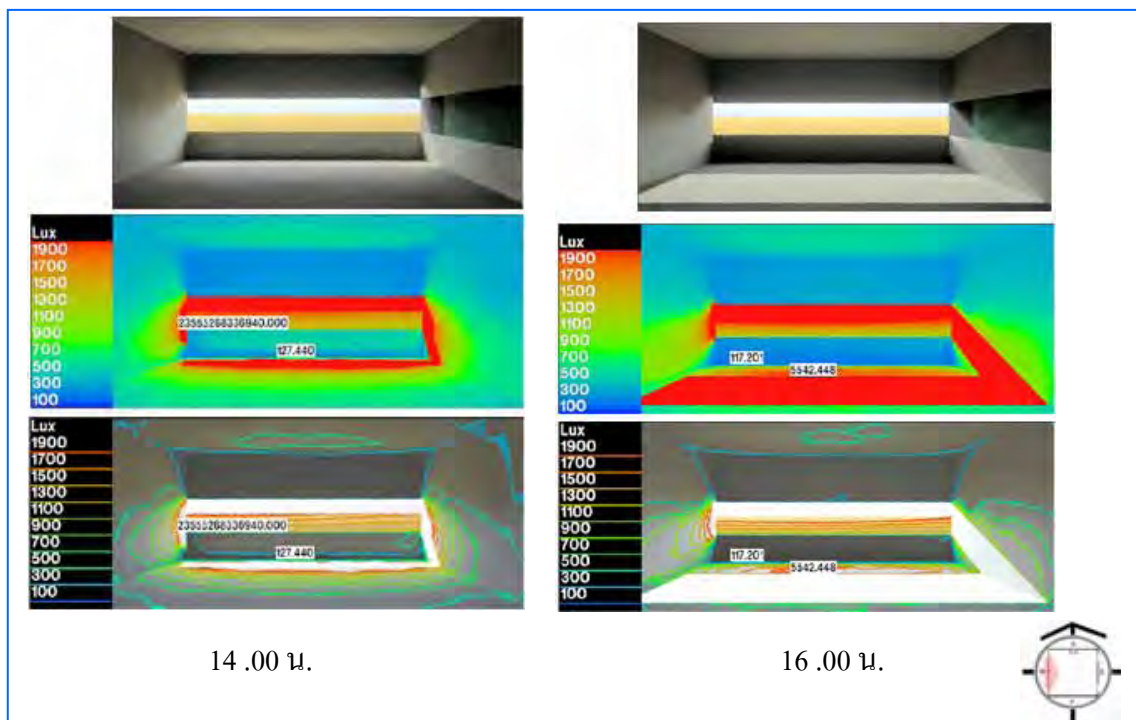
แผนภูมิที่ 18 ตัวอย่างเปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 10 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

ส่วนที่ 2 (ต่อ)

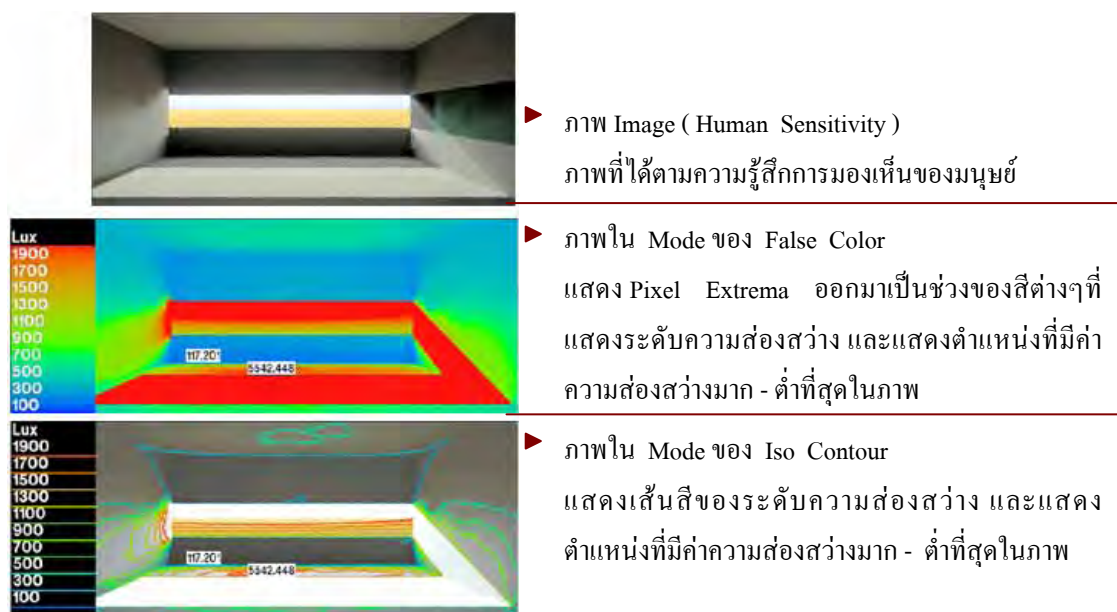


ภาพที่ 84 แสดงตัวอย่างภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

ส่วนที่ 3

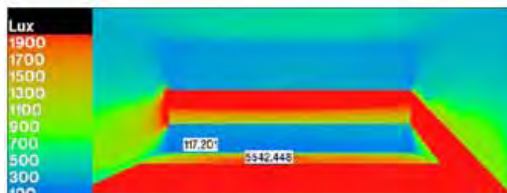


ภาพที่ 84 (ต่อ) แสดงตัวอย่างภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน



ภาพที่ 85 แสดงตัวอย่างรายละเอียดของภาพจำลองทั้ง 3 ลักษณะ คือ ภาพ Image (Human Sensitivity), ภาพใน Mode ของ False Color และภาพใน Mode ของ Iso Contour ของแต่ละช่วงเวลา

▶ แสดงค่าระดับความส่องสว่างเป็นช่วงสี Pixel Extrema การศึกษาครั้งนี้ ทุกการทดลองกำหนดให้ ค่าระดับความส่องสว่างมี 10 ระดับ แต่ละระดับมีค่าความส่องสว่างเท่ากับ 200 Lux ช่วงสีแดงและสีน้ำเงินแสดงค่าระดับความส่องสว่างมากที่สุดและต่ำที่สุด

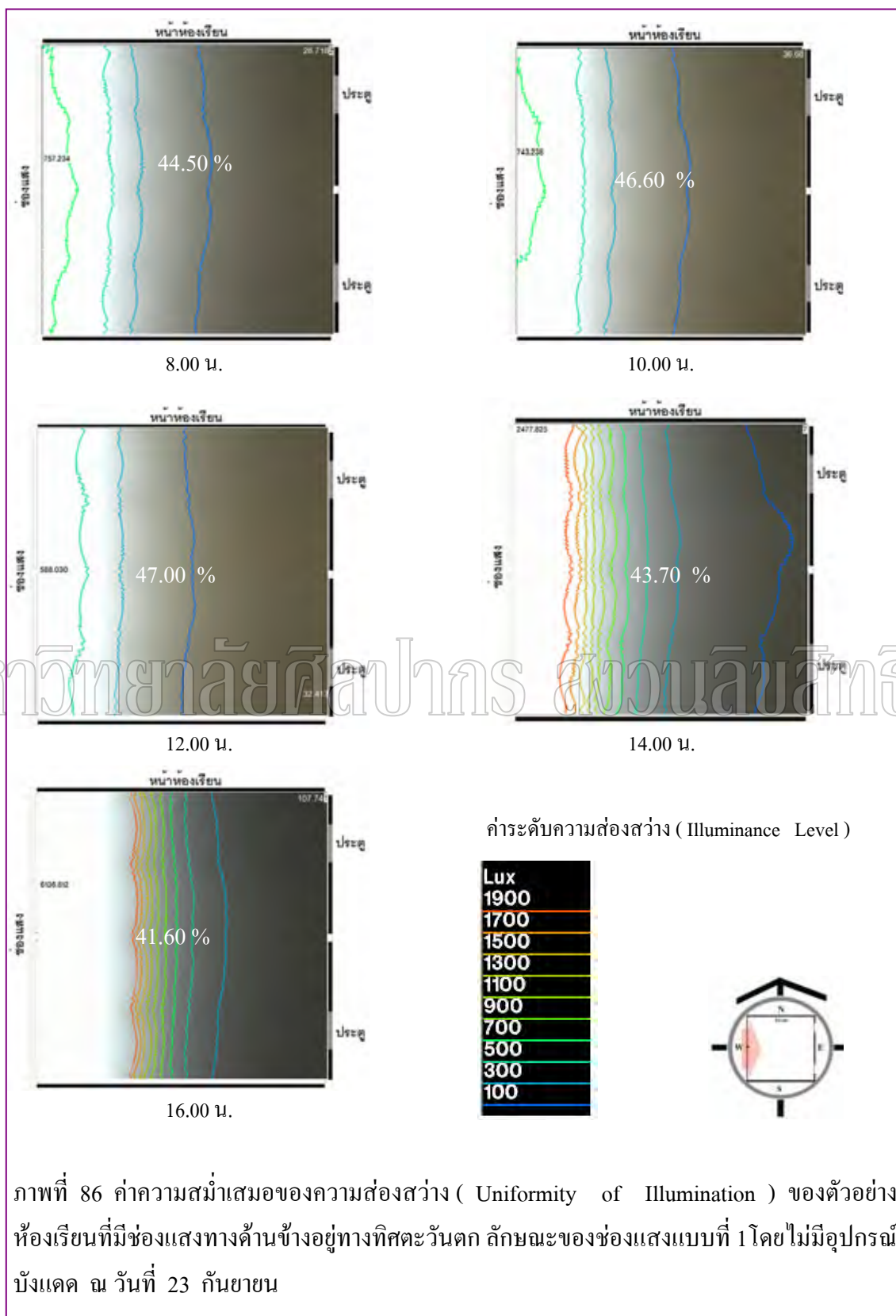


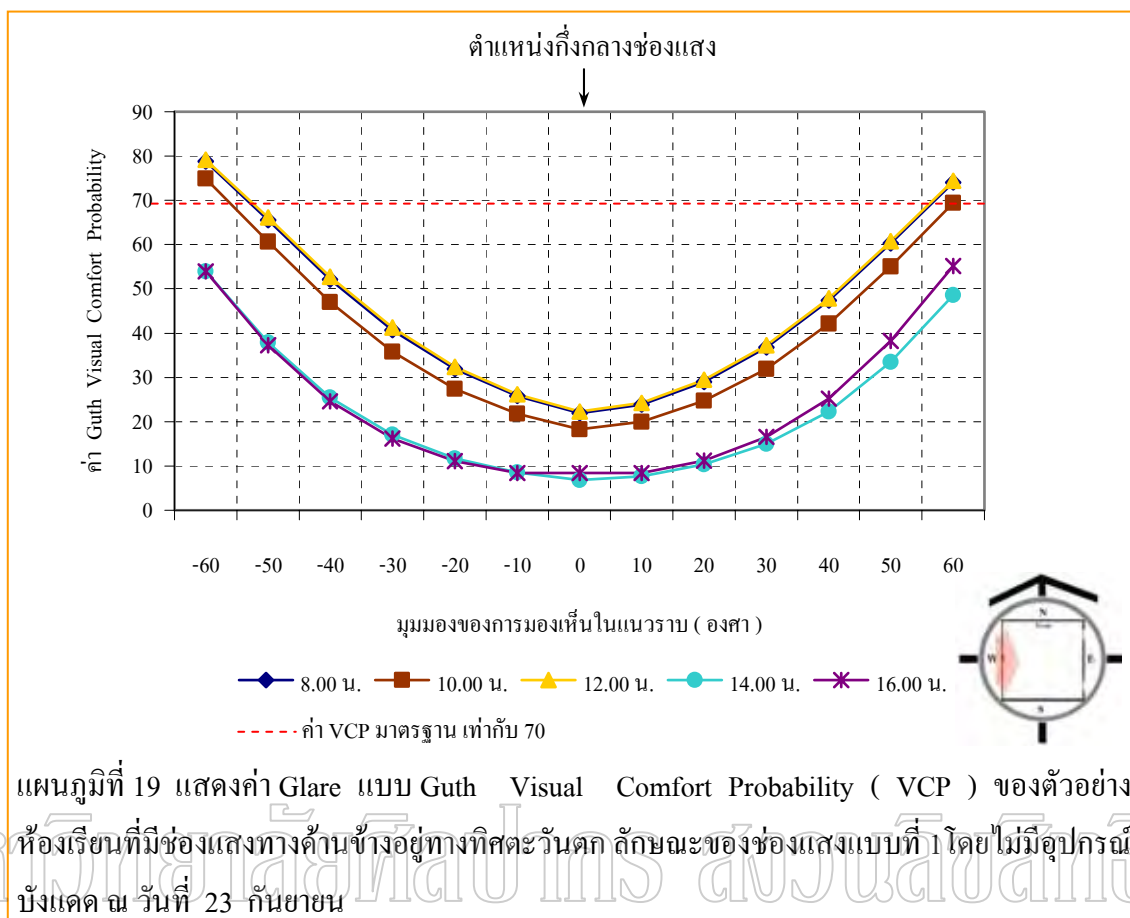
▶ แสดงค่าระดับความส่องสว่างเป็นเส้นสี การศึกษาครั้งนี้ ทุกการทดลองกำหนดให้ ค่าระดับความส่องสว่างมี 10 ระดับ แต่ละระดับมีค่าความส่องสว่างเท่ากับ 200 Lux เส้นสีแดงและสีน้ำเงินแสดงค่าระดับความส่องสว่างมากที่สุดและต่ำที่สุด



ภาพที่ 85 (ต่อ) แสดงตัวอย่างรายละเอียดของภาพจำลองทั้ง 3 ลักษณะ คือ ภาพ Image (Human Sensitivity), ภาพใน Mode ของ False Color และภาพใน Mode ของ Iso Contour ของแต่ละช่วงเวลา

จากภาพจำลอง แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด (Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 1,444, 1,588, 2,355 และ 5,542 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 16.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 96, 106, 128 และ 117 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด





ส่วนที่ 5

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ค่า Daylight Factor ของทุกช่วงเวลาที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของระดับส่องสว่างเท่ากับ 44.50 %, 46.60 % และ 47.00 % ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลา 14.00 และ 16.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างแตกต่างจากช่วงเวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. คือมีค่าเท่ากับ 43.70 % และ 41.60 % ซึ่งต่ำกว่าช่วงเวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น.

ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีค่า VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° กับ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น

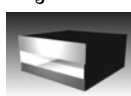
ส่วนที่ 6

ตารางที่ 27 แสดงลำดับเลขหน้าในการนำเสนอผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล (240 ผลการทดลอง)

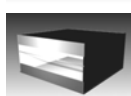
ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้าง															
ทิศตะวันตก				ทิศใต้				ทิศตะวันออก				ทิศเหนือ			
หัวข้อ	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	หน้า	หัวข้อ	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	หน้า	หัวข้อ	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	หน้า	หัวข้อ	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	หน้า
6.1.1		-	109	6.2.1		-	175								
6.1.1.1	1	-	109	6.2.1.1	1	-	175		1	-			1	-	
6.1.1.2	2	-	114	6.2.1.2	2	-	180		2	-			2	-	
6.1.1.3	3	-	119	6.2.1.3	3	-	185		3	-			3	-	
6.1.1.4	4	-	124	6.2.1.4	4	-	190		4	-			4	-	
6.1.1.5	วิเคราะห์		129	6.2.1.5	วิเคราะห์		195	6.3.1	วิเคราะห์		238	6.4.1	วิเคราะห์		243
6.1.2		นอน	131	6.2.2		นอน	196								
6.1.2.1	1	นอน	131	6.2.2.1	1	นอน	196		1	นอน			1	นอน	
6.1.2.2	2	นอน	136	6.2.2.2	2	นอน	201		2	นอน			2	นอน	
6.1.2.3	3	นอน	141	6.2.2.3	3	นอน	206		3	นอน			3	นอน	
6.1.2.4	4	นอน	146	6.2.2.4	4	นอน	211		4	นอน			4	นอน	
6.1.2.5	วิเคราะห์		151	6.2.2.5	วิเคราะห์		216	6.3.2	วิเคราะห์		240	6.4.2	วิเคราะห์		245
6.1.3		ตั้ง	153	6.2.3		ตั้ง	217								
6.1.3.1	1	ตั้ง	153	6.2.3.1	1	ตั้ง	217		1	ตั้ง			1	ตั้ง	
6.1.3.2	2	ตั้ง	158	6.2.3.2	2	ตั้ง	222		2	ตั้ง			2	ตั้ง	
6.1.3.3	3	ตั้ง	163	6.2.3.3	3	ตั้ง	227		3	ตั้ง			3	ตั้ง	
6.1.3.4	4	ตั้ง	168	6.2.3.4	4	ตั้ง	232		4	ตั้ง			4	ตั้ง	
6.1.3.5	วิเคราะห์		173	6.2.3.5	วิเคราะห์		237	6.3.3	วิเคราะห์		241	6.4.3	วิเคราะห์		247

หมายเหตุ : ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันออกและเหนือ จะนำเสนอเฉพาะการวิเคราะห์ผลการทดลอง เนื่องจากวิธีการในการทดลองรวมถึงการนำเสนอผลการทดลองมีความคล้ายคลึงกัน

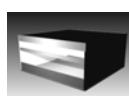
สัญลักษณ์



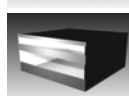
ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1



ลักษณะช่องแสงแบบที่ 3



ลักษณะช่องแสงแบบที่ 2



ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4

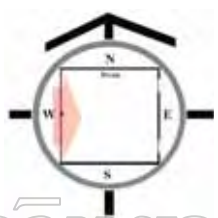
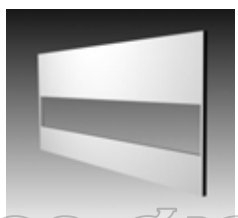
6. ผลการทดลอง

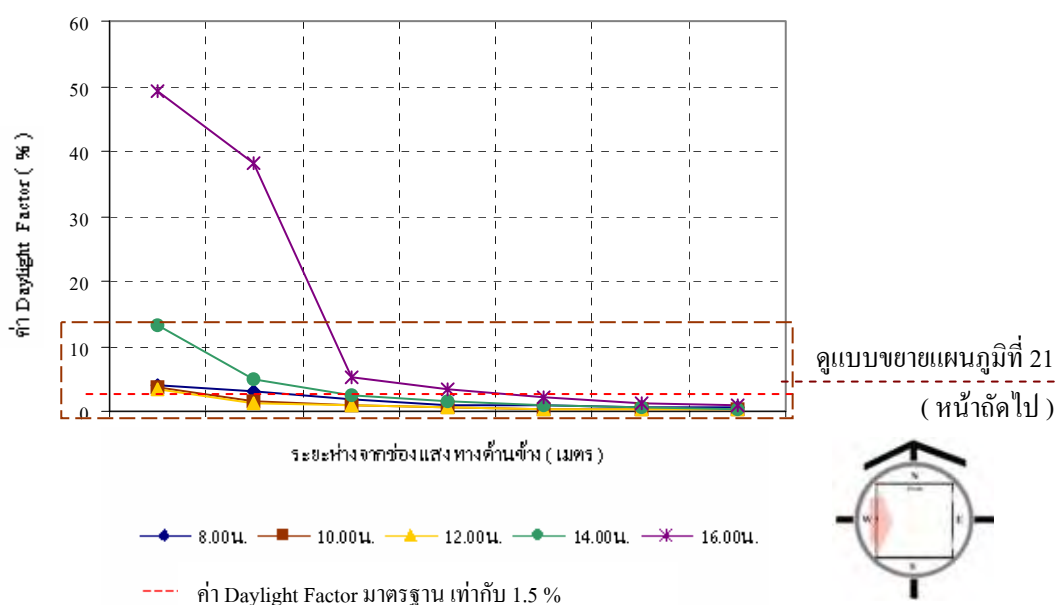
6.1 ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก

6.1.1 ผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงแตกต่างกันทั้ง 4 แบบโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด

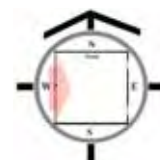
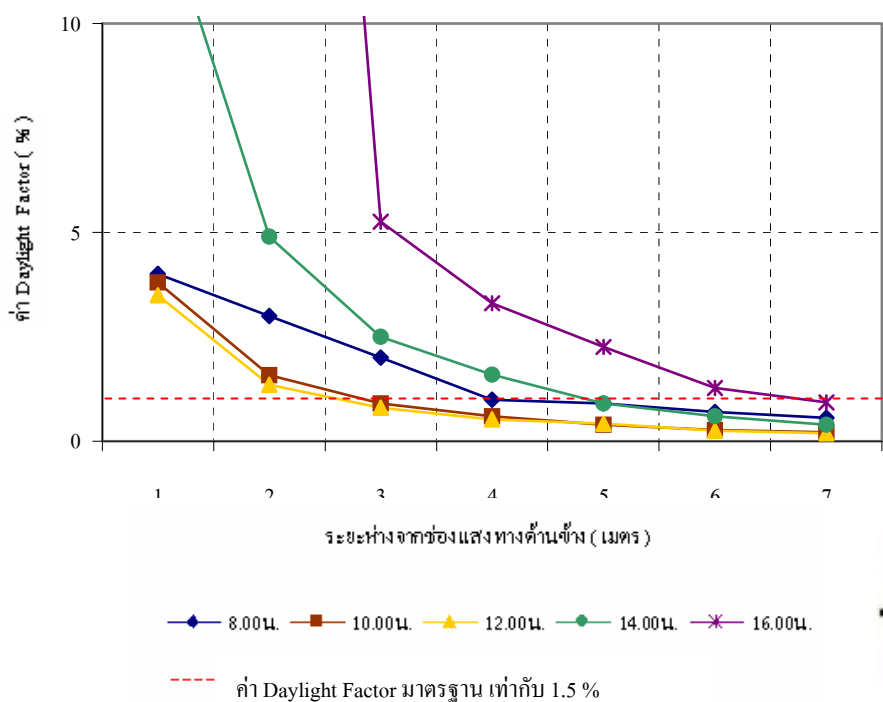
6.1.1.1 ผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 28 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.1.1 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศเหนือ	 แบบที่ 1	 ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	

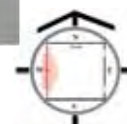
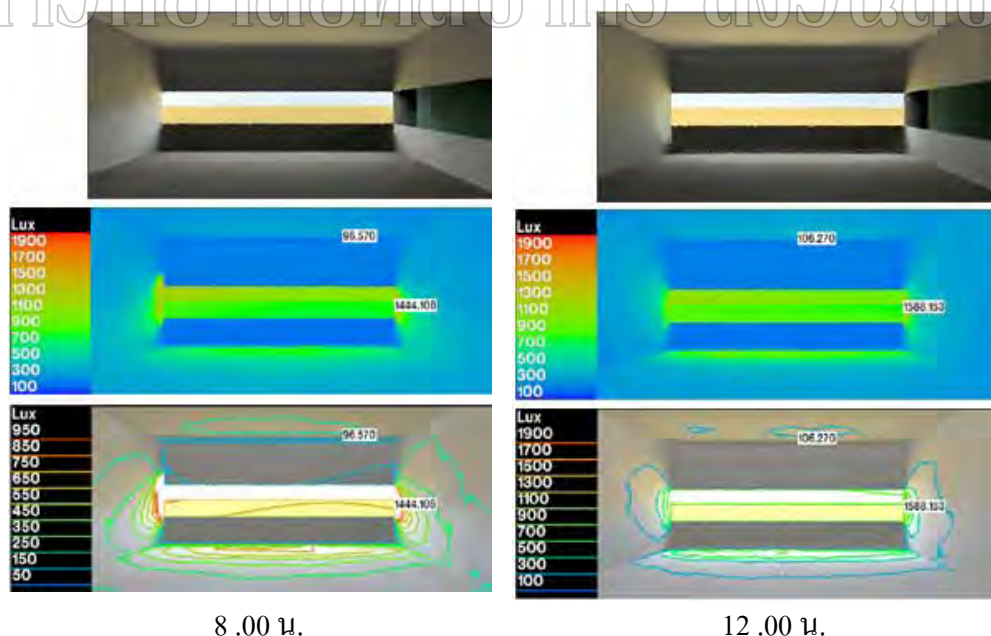


แผนภูมิที่ 20 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

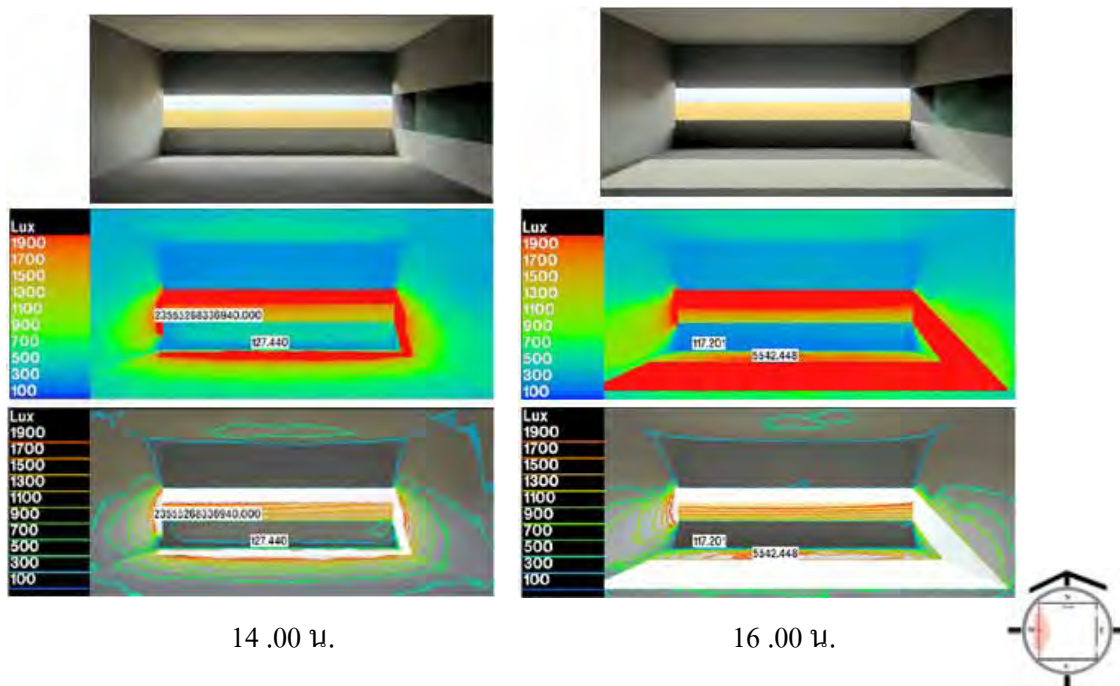


แผนภูมิที่ 21 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 10 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23

กัญยาน

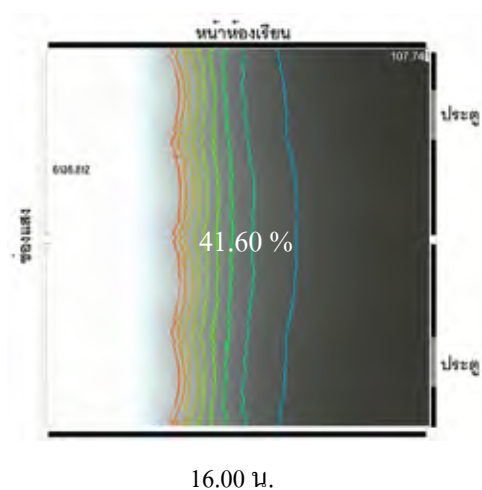
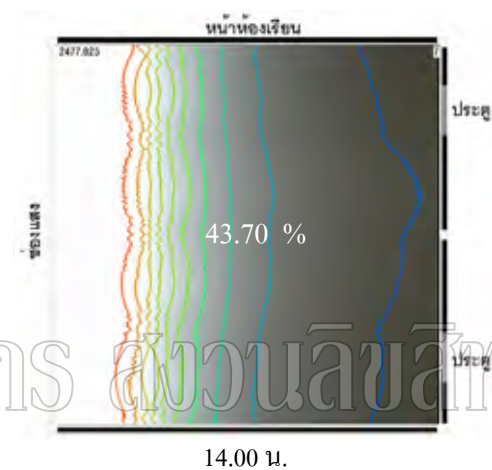
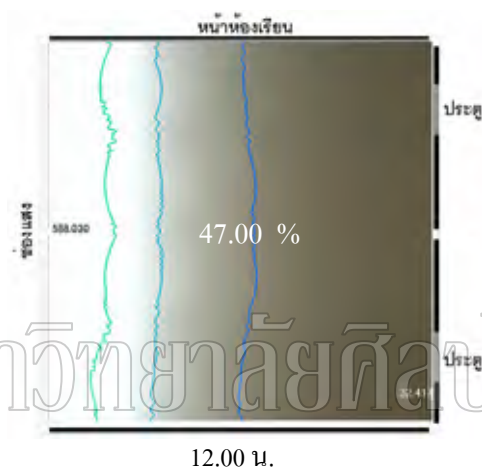
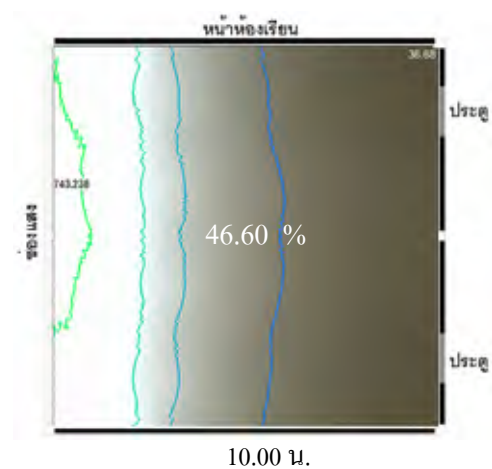
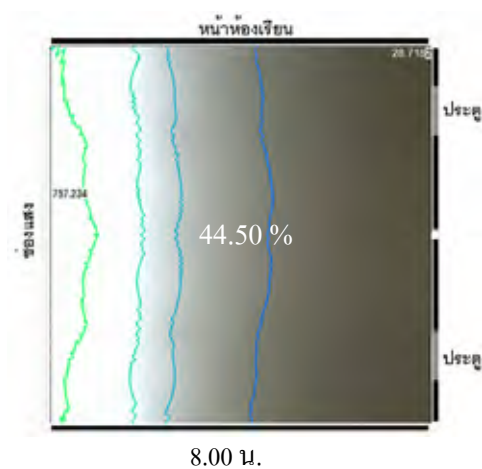


ภาพที่ 87 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กัญยาน

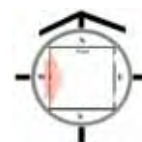


ภาพที่ 87 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

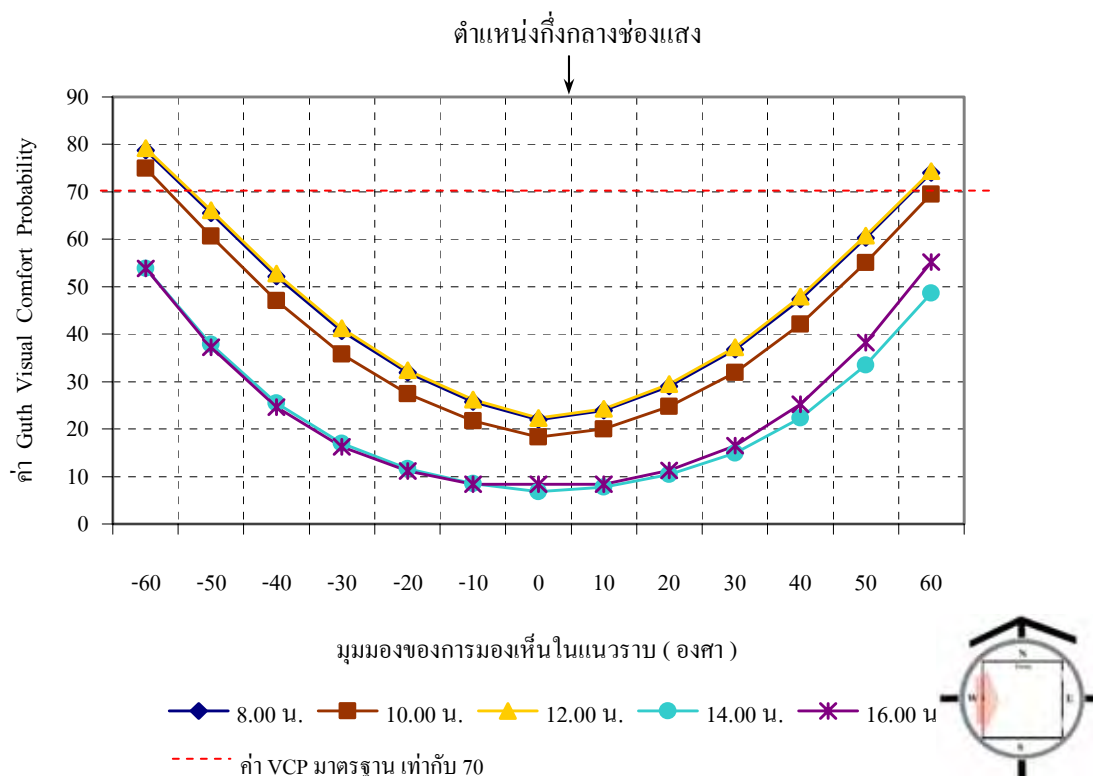
จากภาพจำลอง แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด (Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 1,444, 1,588, 2,355 และ 5,542 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 16.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 96, 106, 128 และ 117 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 88 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 22 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

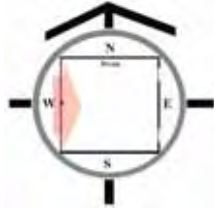
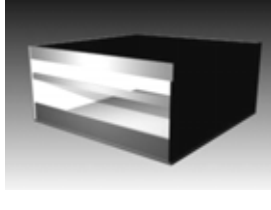
จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ค่า Daylight Factor ของทุกช่วงเวลาที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

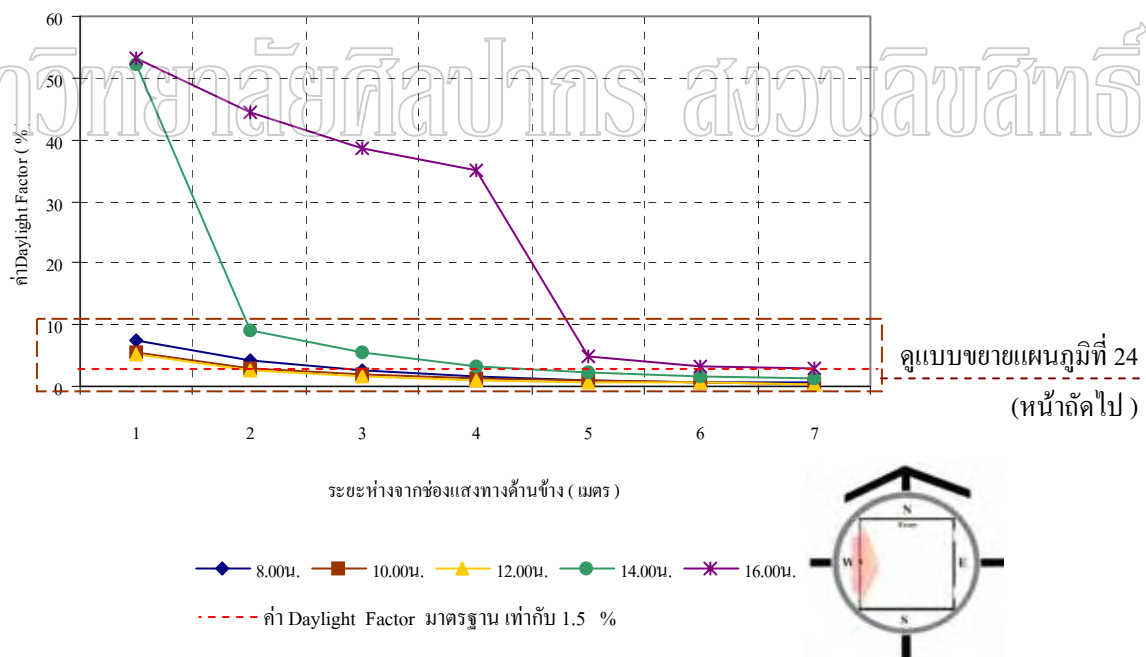
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างเท่ากับ 44.50 %, 46.60 % และ 47.00 % ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลา 14.00 และ 16.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของระดับส่องสว่างแตกต่างจากช่วงเวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. คือมีค่าเท่ากับ 43.70 % และ 41.60 % ซึ่งต่ำกว่าช่วงเวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น.

ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีค่า VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น

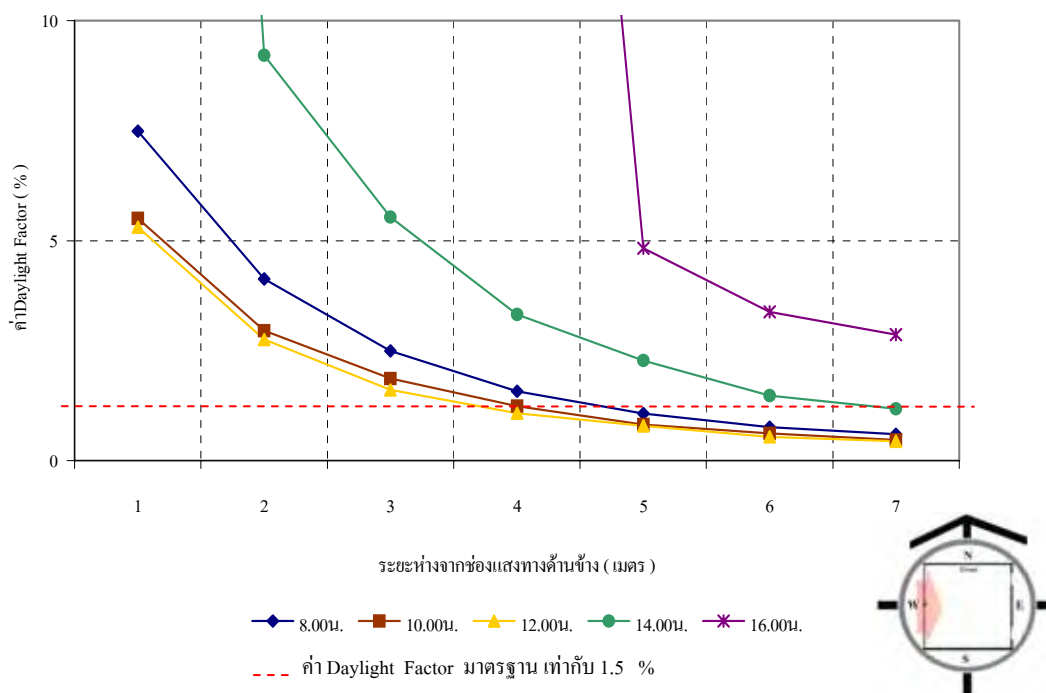
6.1.1.2 ผลการทดลองของห้องเรียนแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มี การเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 29 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.1.2 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศ ตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

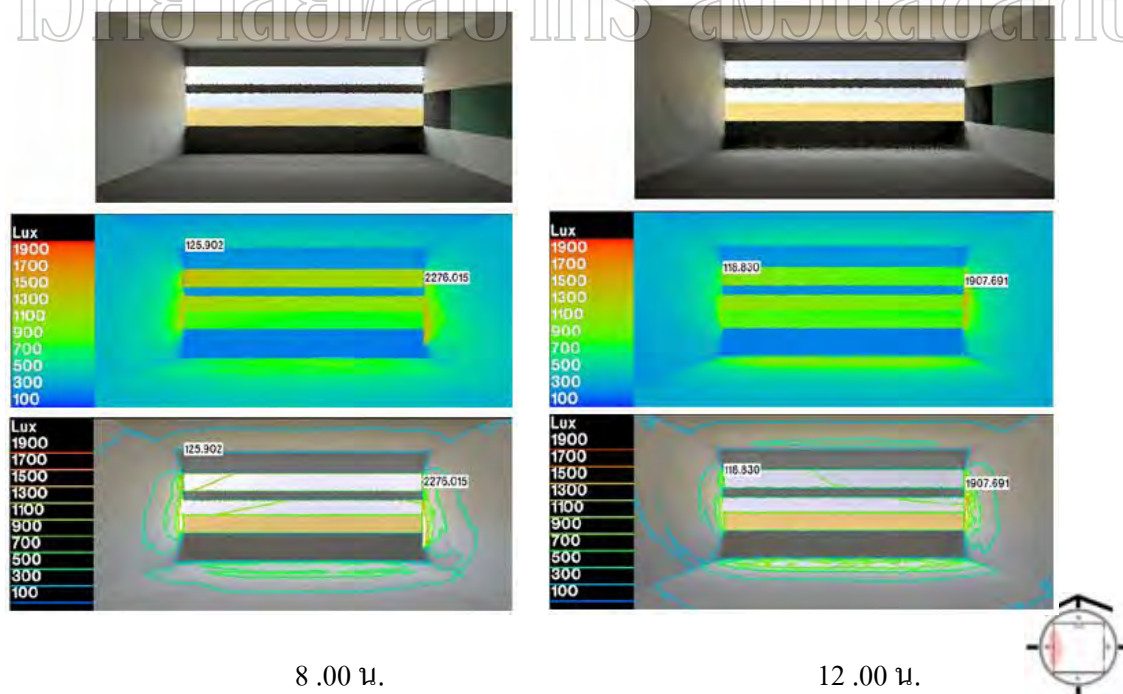
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศเหนือ	 แบบที่ 2	 ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	



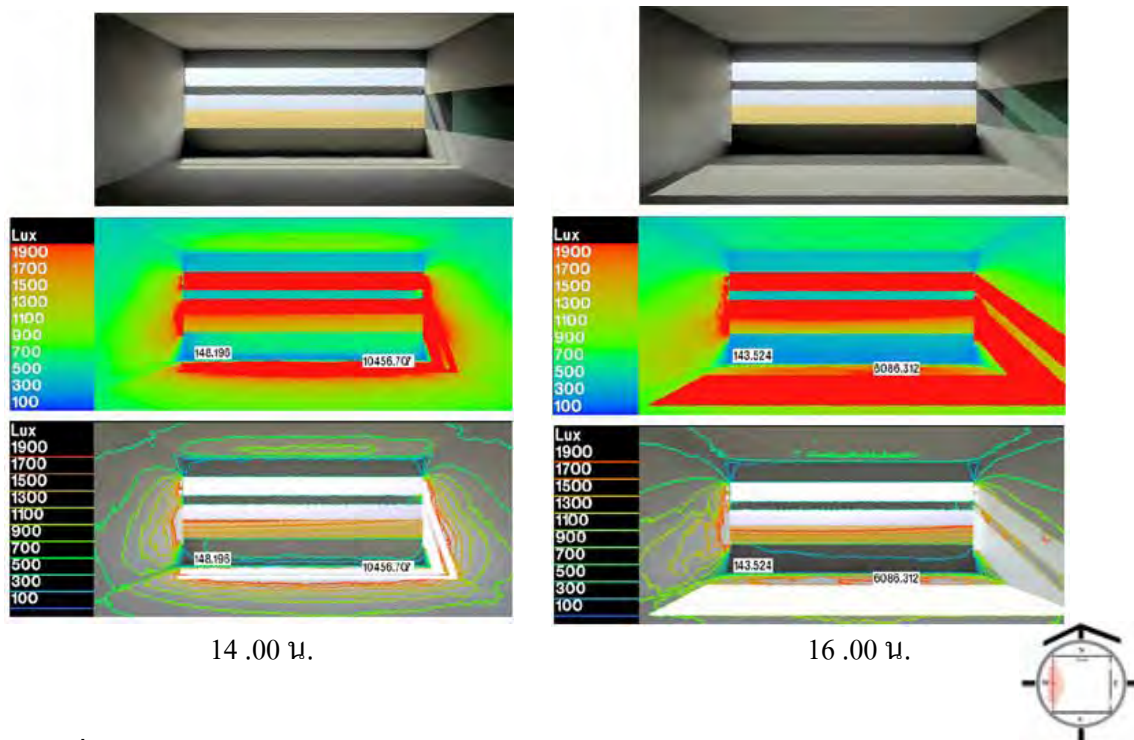
แผนภูมิที่ 23 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศ ตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 24 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 10 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23

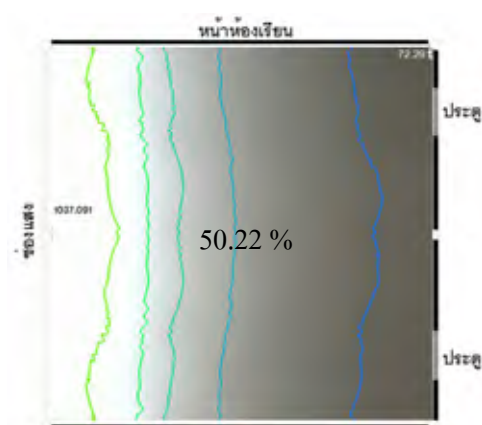


ภาพที่ 89 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

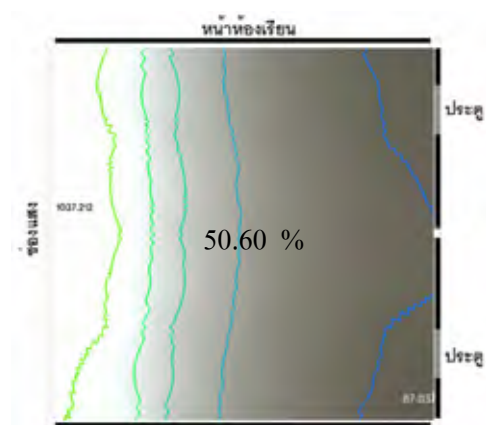


ภาพที่ 89 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

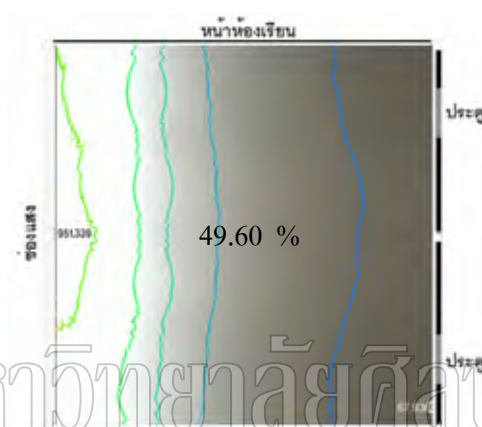
จากภาพจำลอง แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด (Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 2,275, 1,908, 10,457 และ 6,086 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 16.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 126, 119, 148 และ 144 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



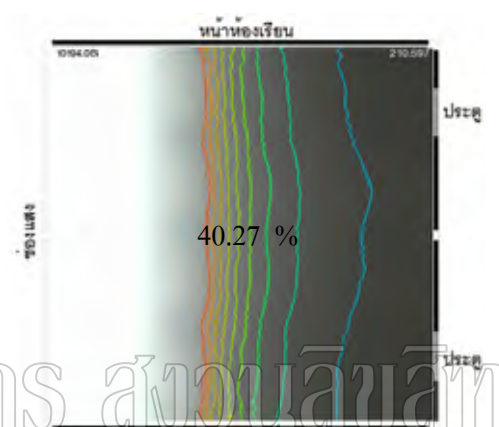
8.00 น.



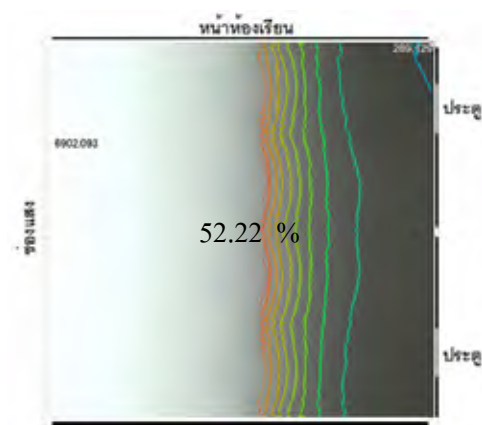
10.00 น.



12.00 น.

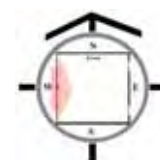


14.00 น.

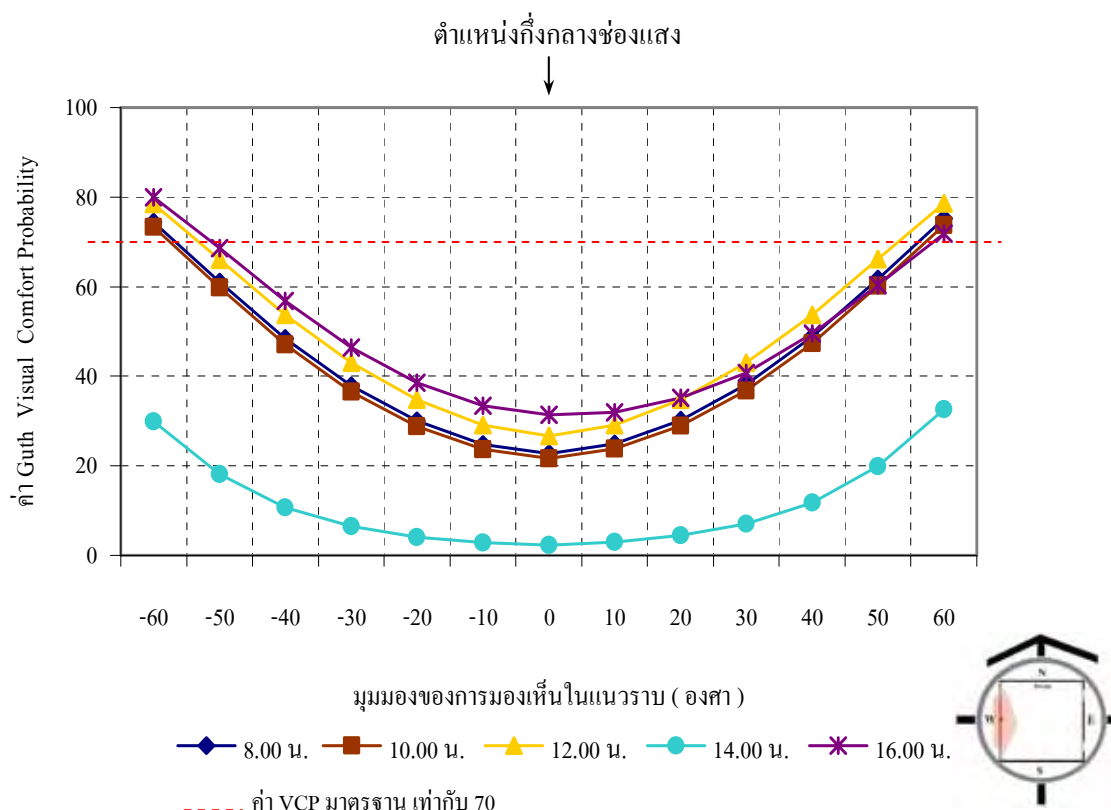


16.00 น.

ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 90 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียน ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 25 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

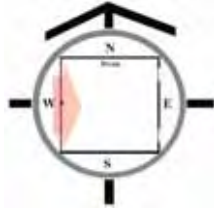
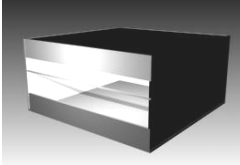
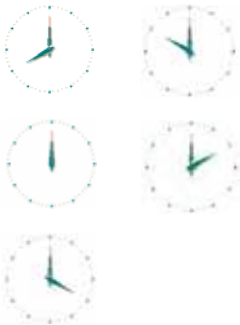
จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ค่า Daylight Factor ของทุกช่วงเวลาที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

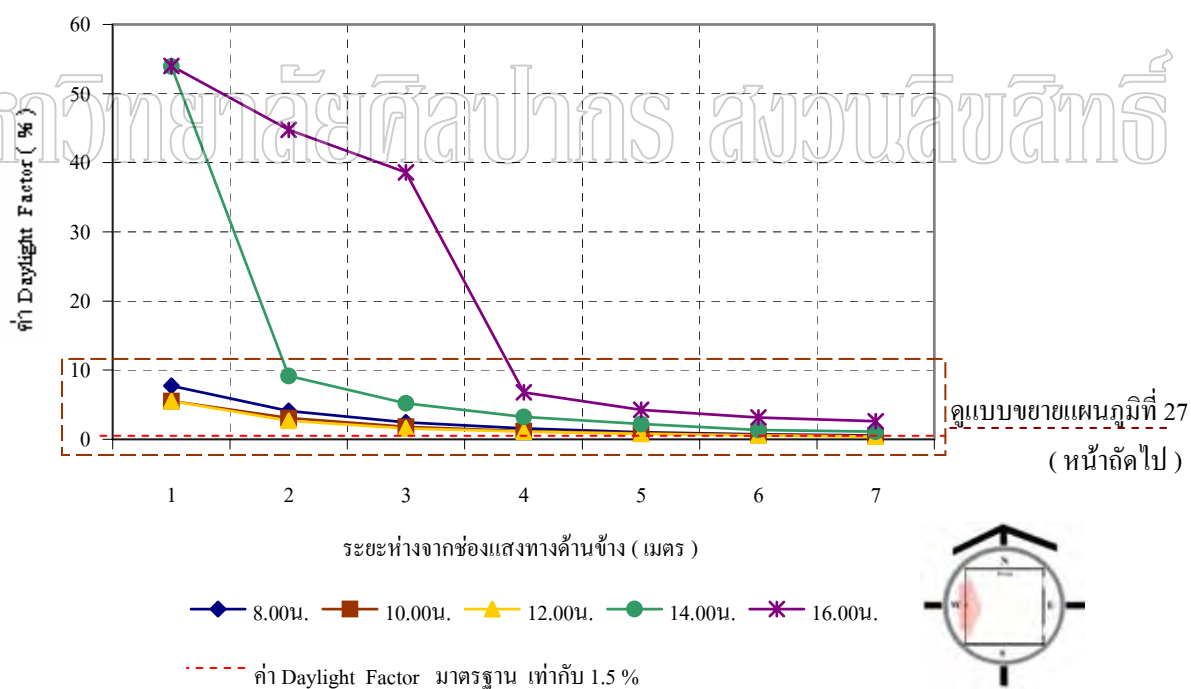
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง เท่ากับ 50.22 %, 50.60 %, 49.60 %, 40.27 % และ 52.22 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 14.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุดคือ 40.27 % และเวลา 16.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด คือ 52.22 %

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น

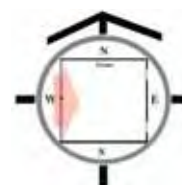
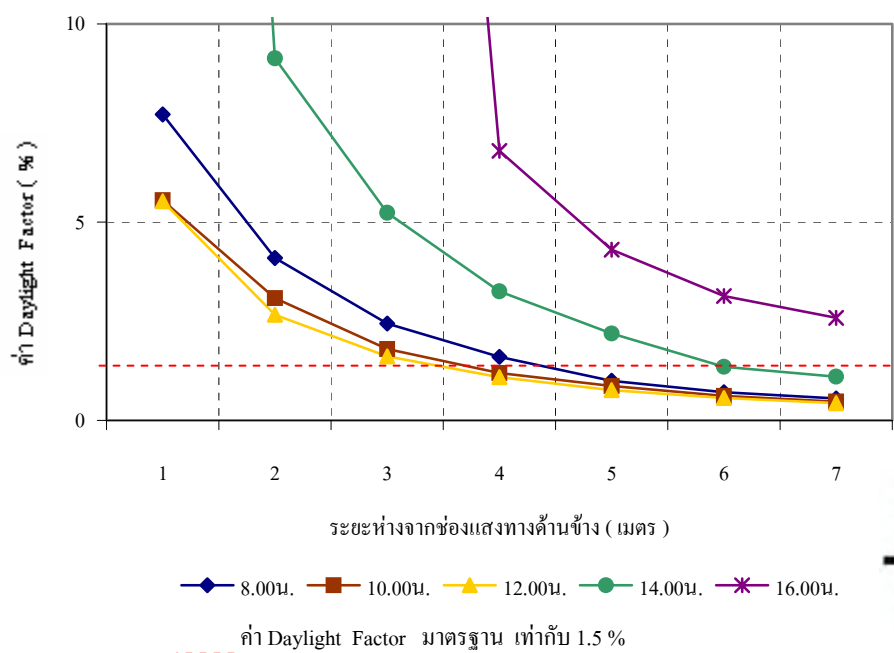
6.1.1.3 ผลการทดลองของห้องเรียนแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 30 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.1.3 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตกโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

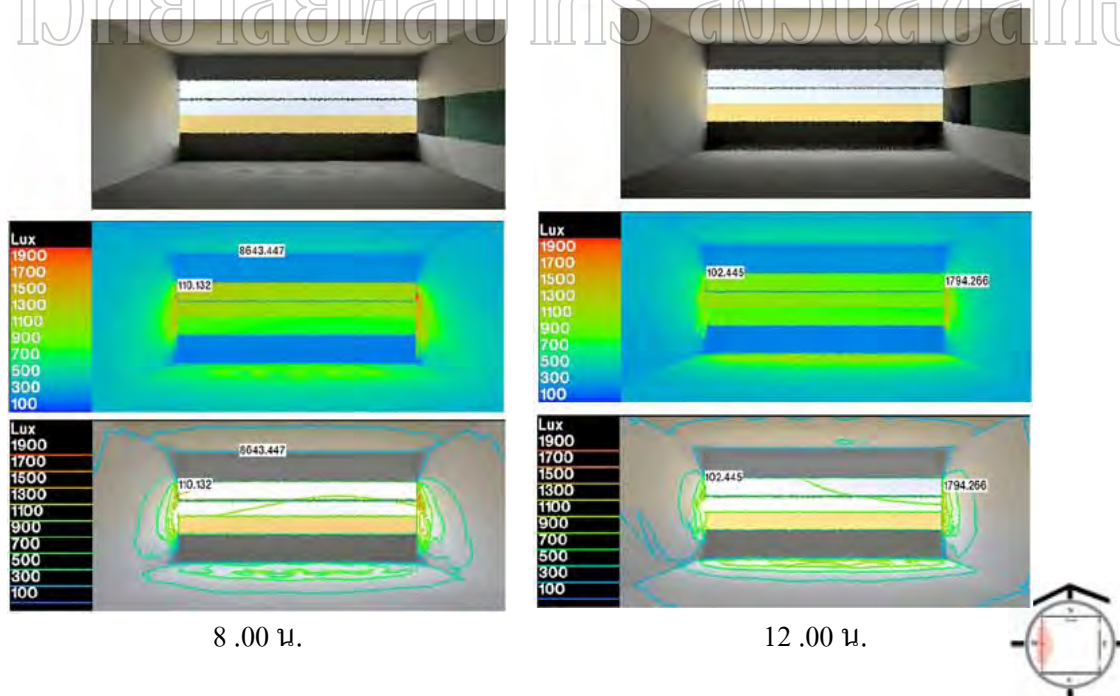
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
			
ทิศเหนือ	แบบที่ 3	ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	



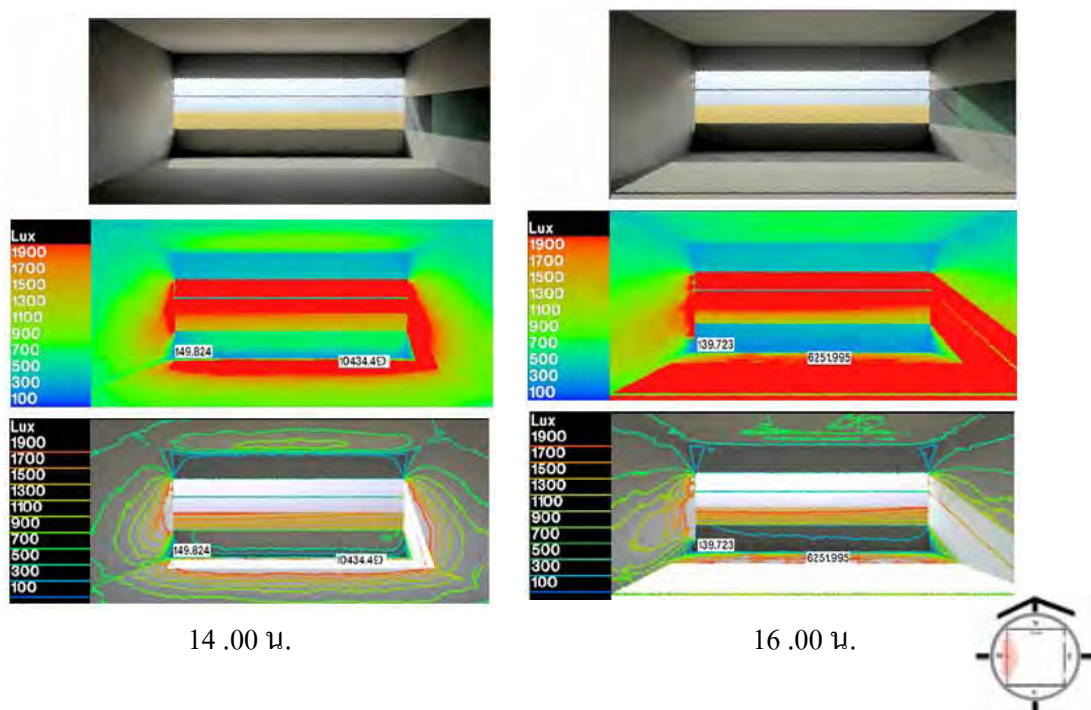
แผนภูมิที่ 26 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 27 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 10 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

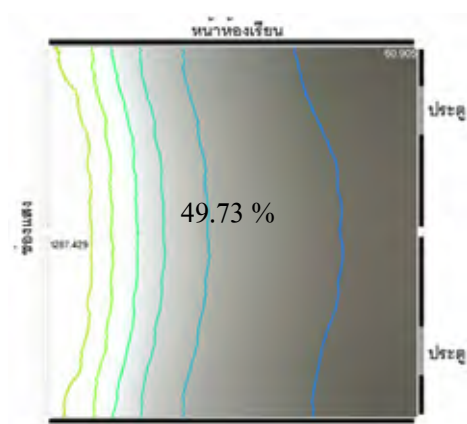


ภาพที่ 91 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

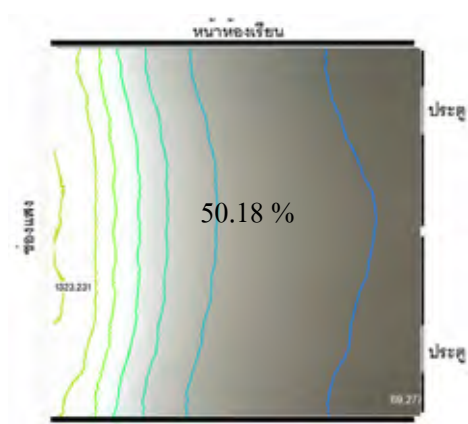


ภาพที่ 91(ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

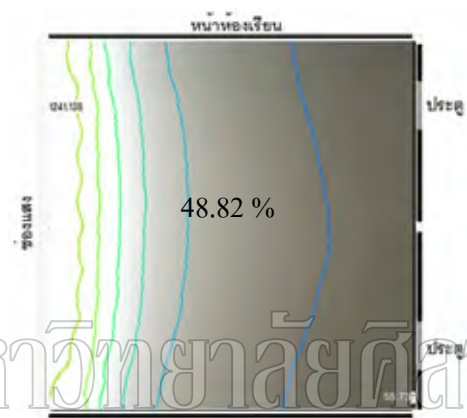
จากภาพจำลอง แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด (Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 8,643, 1,794, 10,434 และ 6,252 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 16.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 110, 102, 150 และ 140 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



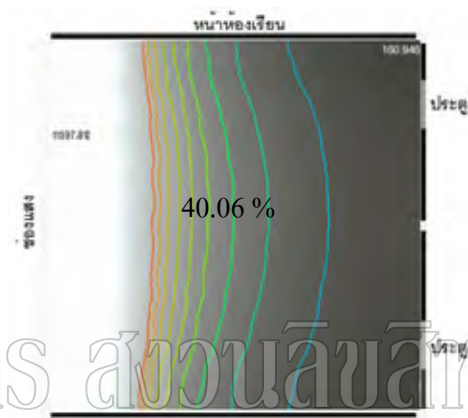
8.00 น.



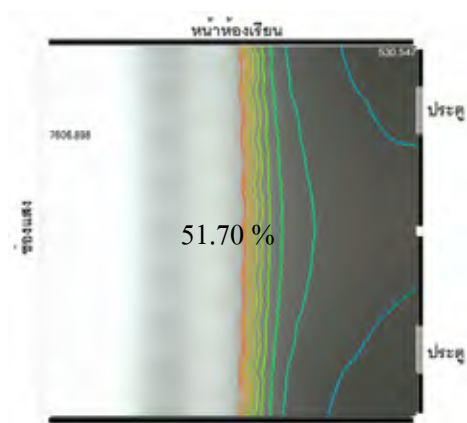
10.00 น.



12.00 น.

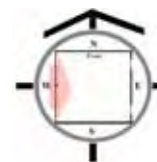


14.00 น.

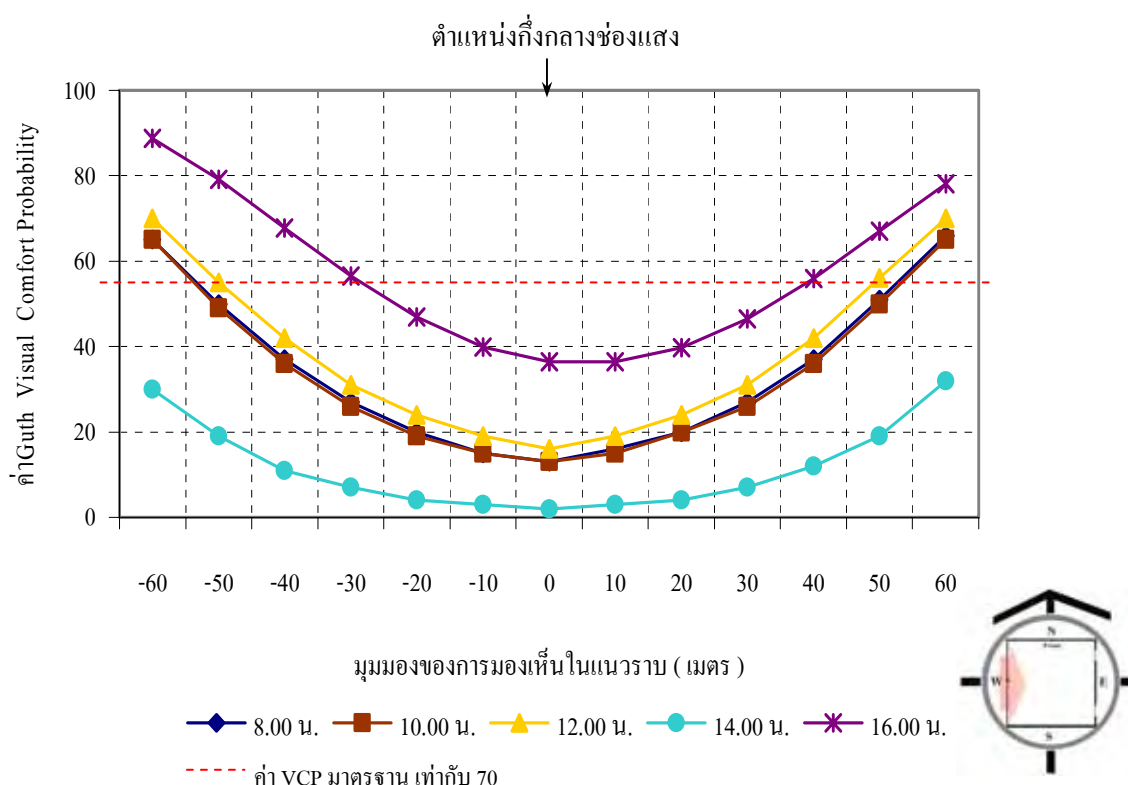


16.00 น.

ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 92 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 28 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

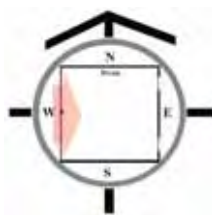
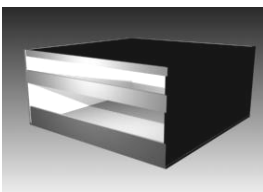
จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ค่า Daylight Factor ของทุกช่วงเวลาที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

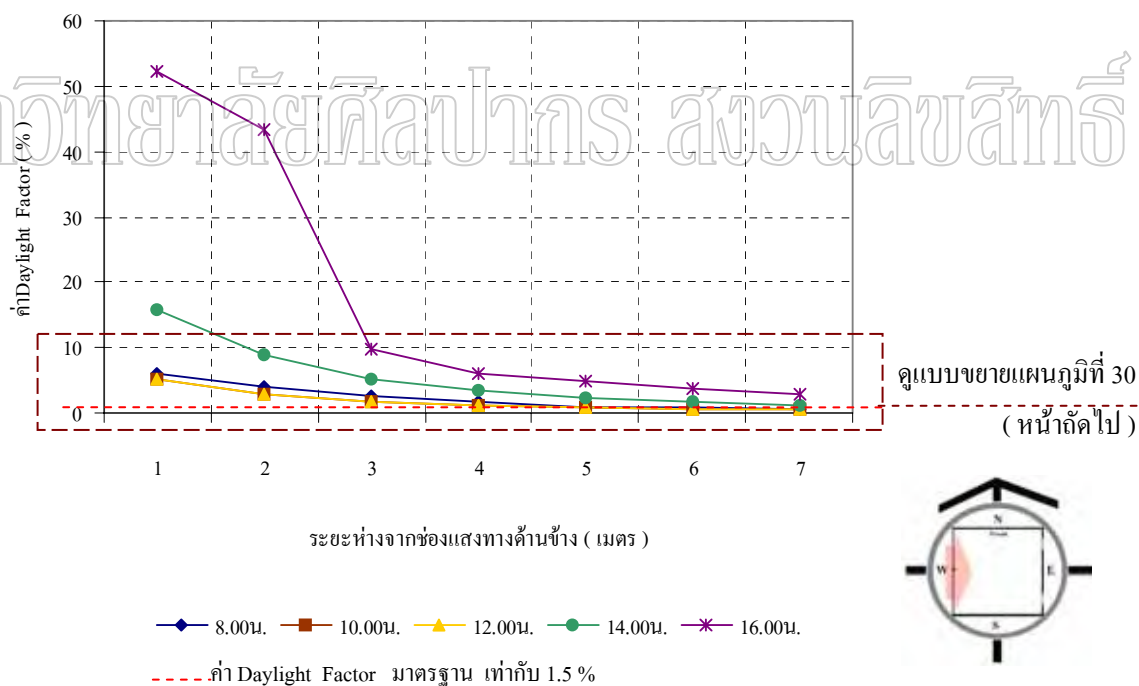
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างเท่ากับ 49.73 %, 50.18 %, 48.82 %, 40.06 % และ 51.70 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 14.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุดคือ 40.06 % และ เวลา 16.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด คือ 51.70 %

ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 มีค่า VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° กับ ตำแหน่งที่ 60° และ ณ เวลา 16.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° , -50° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น

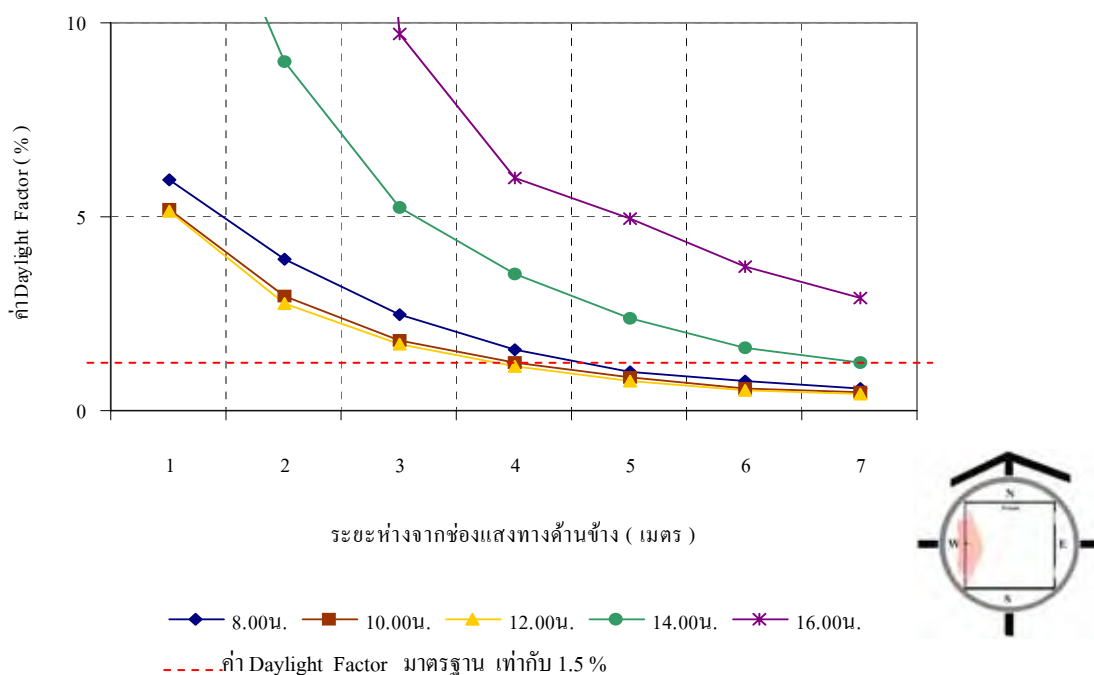
6.1.1.4 ผลการทดลองของห้องเรียนแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 31 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.1.4 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

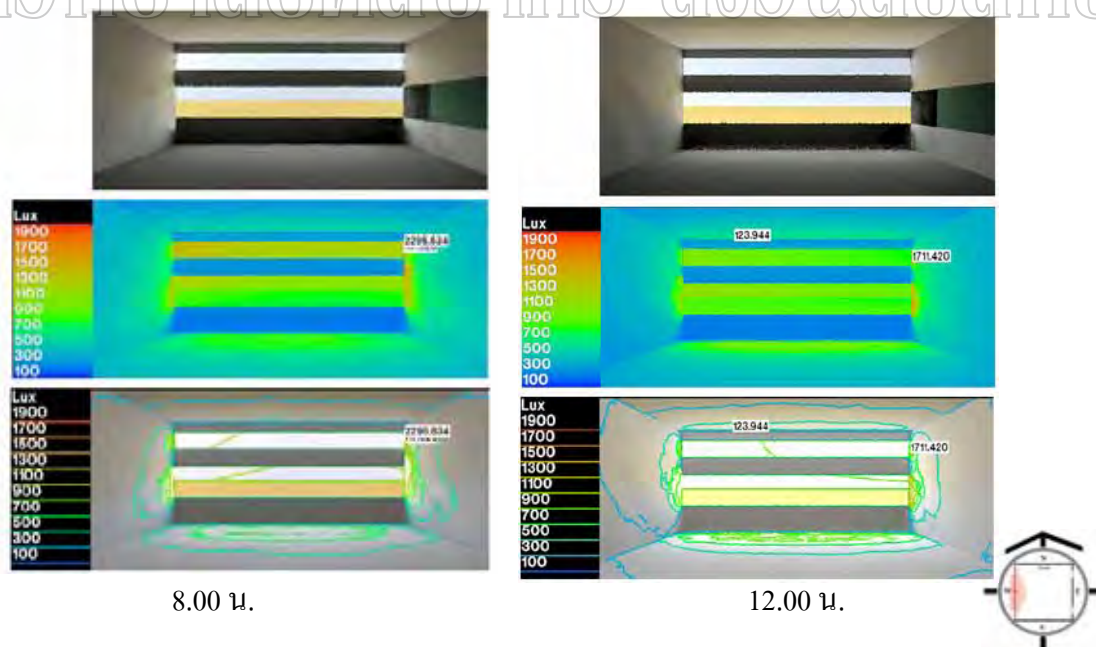
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
			
ทิศเหนือ	แบบที่ 4	ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	



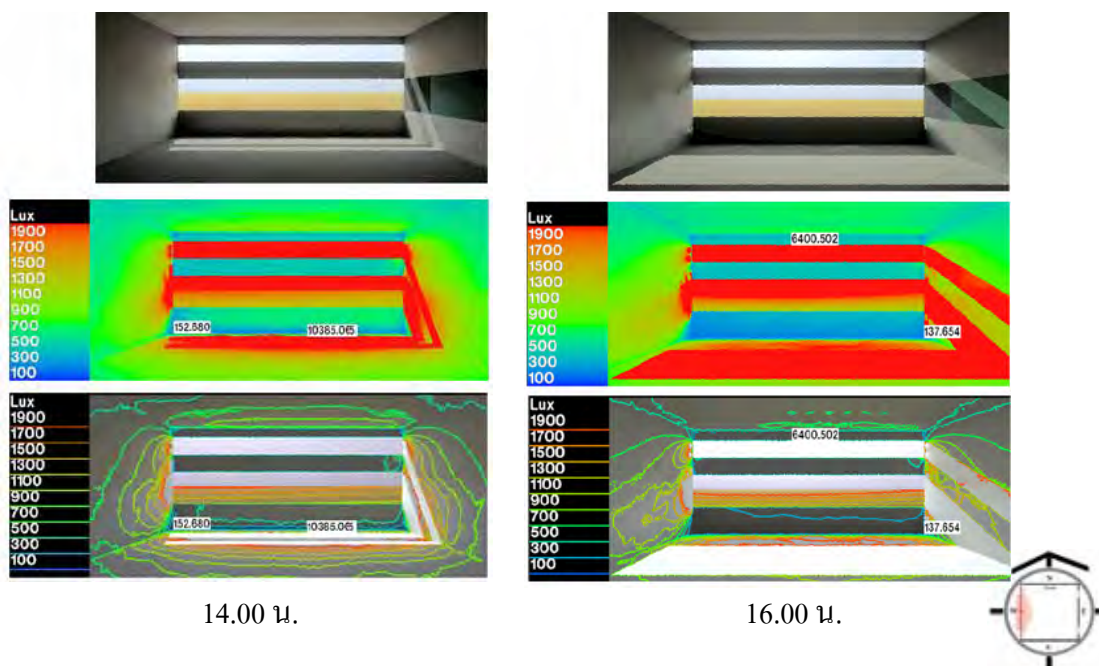
แผนภูมิที่ 29 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 30 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ในช่วง 0 – 10 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน



ภาพที่ 93 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

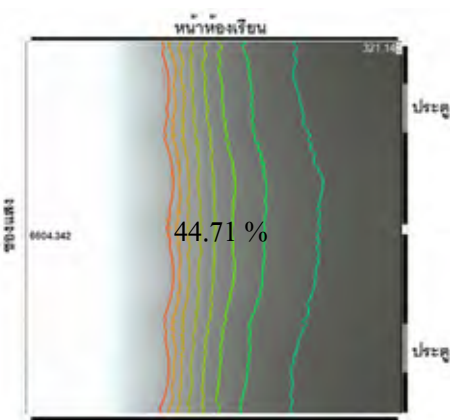
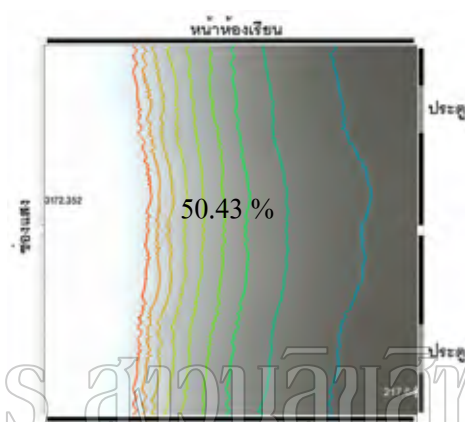
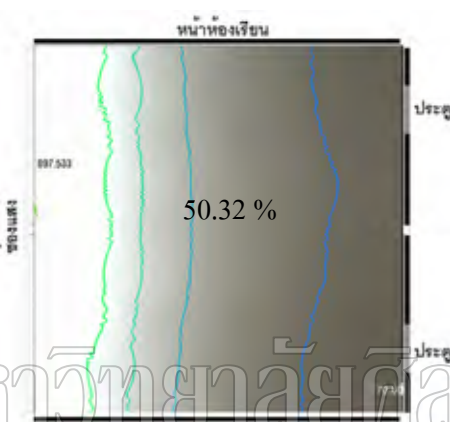
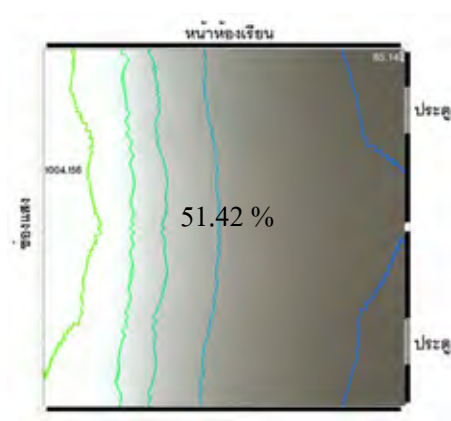
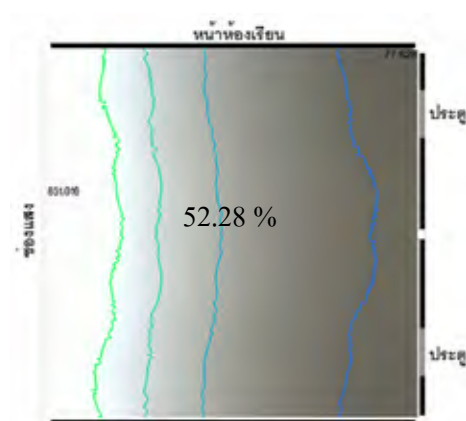


ภาพที่ 93 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

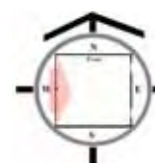
จากภาพจำลอง

แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด

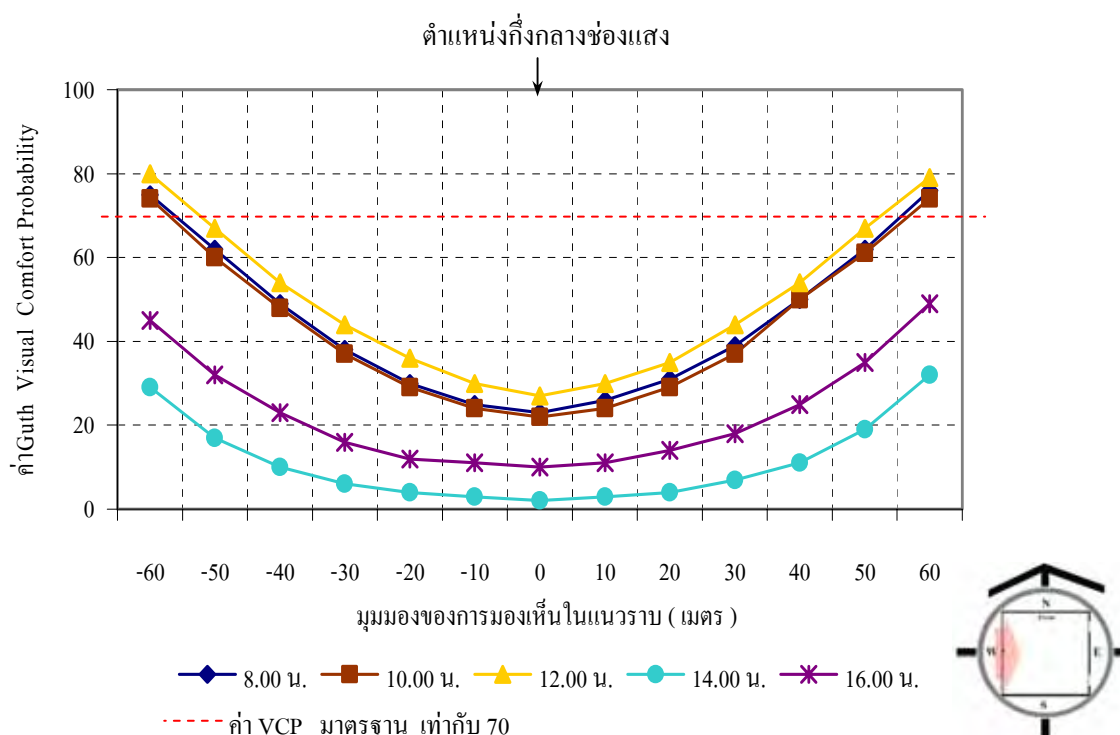
(Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 2,297, 1,711, 10,385 และ 6,401 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 16.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 117, 123, 153 และ 138 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 94 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 31 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ค่า Daylight Factor ของทุกช่วงเวลาที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

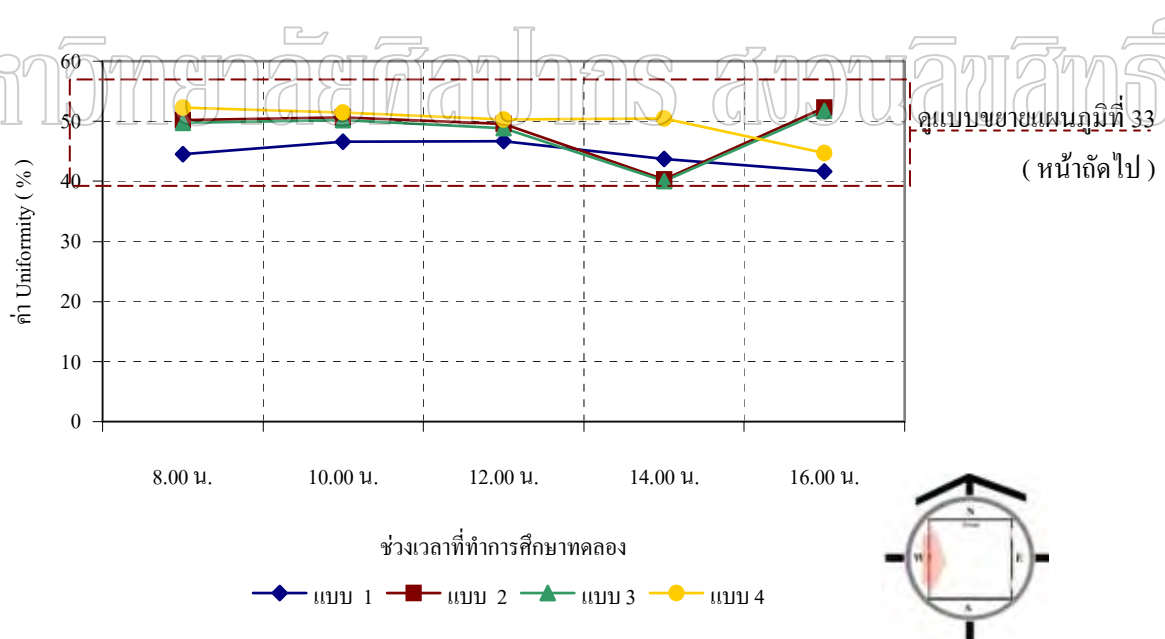
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00 และ 14.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากกว่าค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 3 คือมีค่าเท่ากับ 52.28 %, 51.42 %, 50.32 % และ 50.43 % ตามลำดับ ส่วนในช่วงเวลา 16.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างเท่ากับ 44.71 % ซึ่งเป็นค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างที่ต่ำที่สุดของช่วงเวลาที่ทำการศึกษาของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่า VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° กับตำแหน่งที่ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น

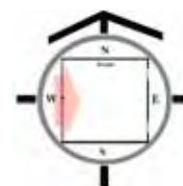
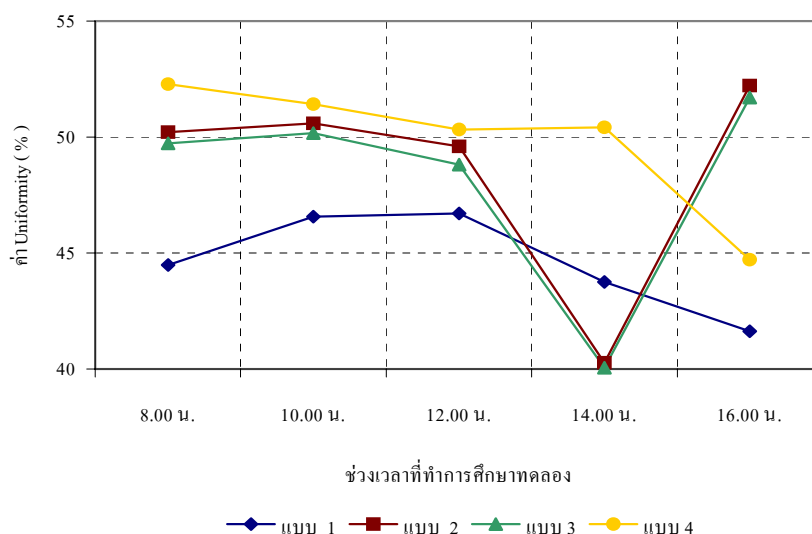
6.1.1.5 การวิเคราะห์ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด

จากผลการทดลองพบว่า ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. ค่า Daylight Factor ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ณ วันที่ 23 กันยายน ณ เวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 เมตร ซึ่งให้ค่า Daylight Factor ในระยะที่ลึกกว่าลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 จากตำแหน่งช่องแสงทางด้านข้าง และในช่วงเวลา 14.00 น. ลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 4 มีค่า Daylight Factor เพียงพอต่อการใช้งานในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 เมตร จากตำแหน่งช่องแสงทางด้านข้าง และในช่วงเวลา 16.00 น. มีค่า Daylight Factor เพียงพอต่อการใช้งาน ในช่วงระยะห่างไม่เกิน 7 เมตร



แผนภูมิที่ 32 เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ทั้ง 4 แบบ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น



แผนภูมิที่ 33 เปรียบเทียบค่า Uniformity ในช่วง 40 – 55 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้าง อยู่ทางทิศตะวันตก ทั้ง 4 แบบโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น.

จากแผนภูมิที่ 33 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 – 4 ซึ่งลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด และให้ค่าที่คงที่มากที่สุดทุก ๆ ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาทดลอง ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 และ 3 ให้ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยกว่าแบบที่ 4 แต่ไม่ให้ค่าที่คงที่ และลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ให้ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุด แต่ให้ค่าที่คงที่ เช่นเดียวกับแบบที่ 4

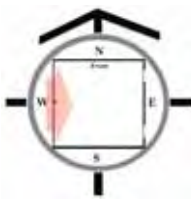
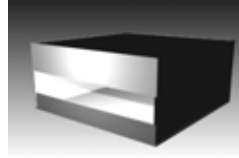
ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1, 2 และ 4 มีค่า VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° กับ ตำแหน่งที่ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น

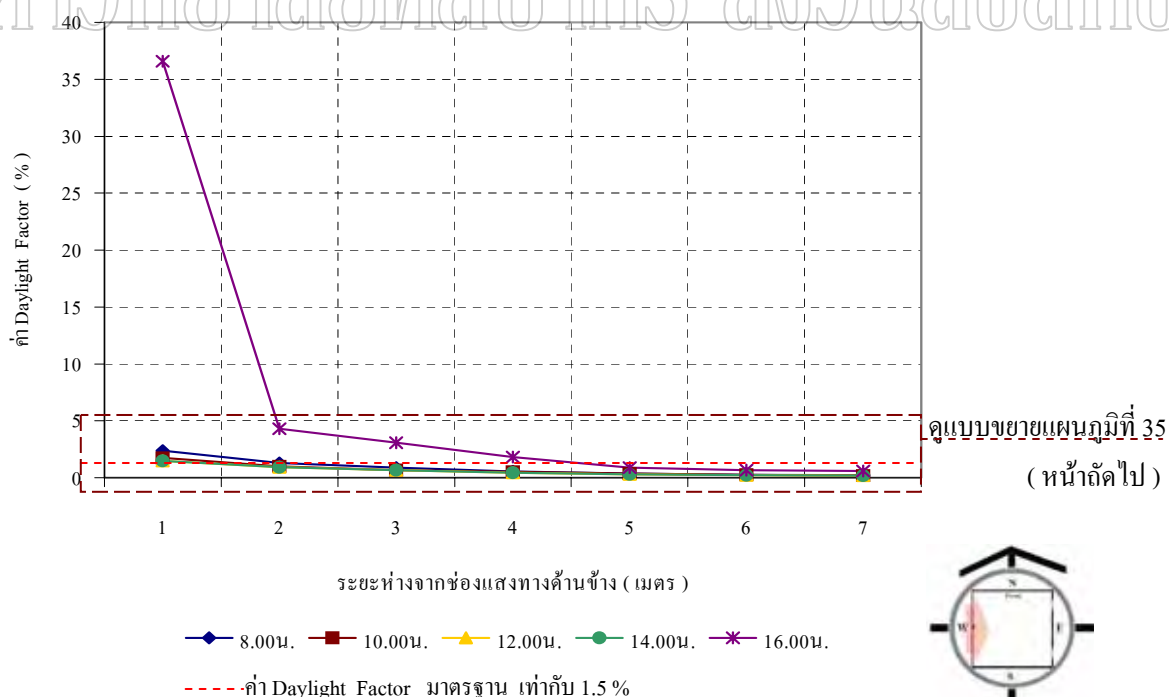
ส่วนค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 มีค่า VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° กับ ตำแหน่งที่ 60° และ ณ เวลา 16.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60°, - 50° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น

6.1.2 ผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงแตกต่างกันทั้ง 4 แบบโดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน

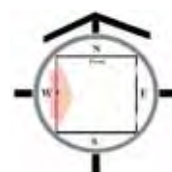
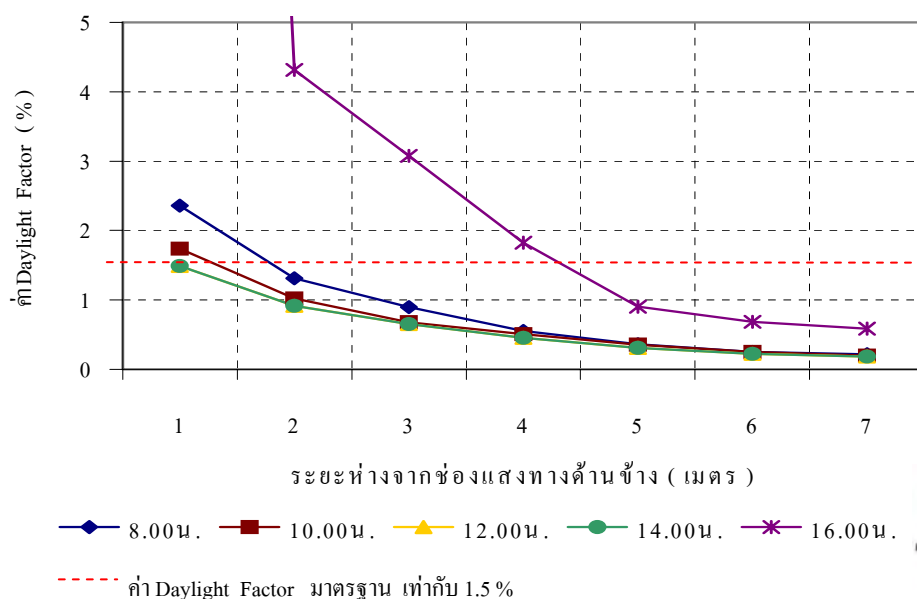
6.1.2.1 ผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 32 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.2.1 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตกโดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศเหนือ	 แบบที่ 1	 อุปกรณ์บังแดดแนวนอน	

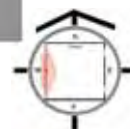
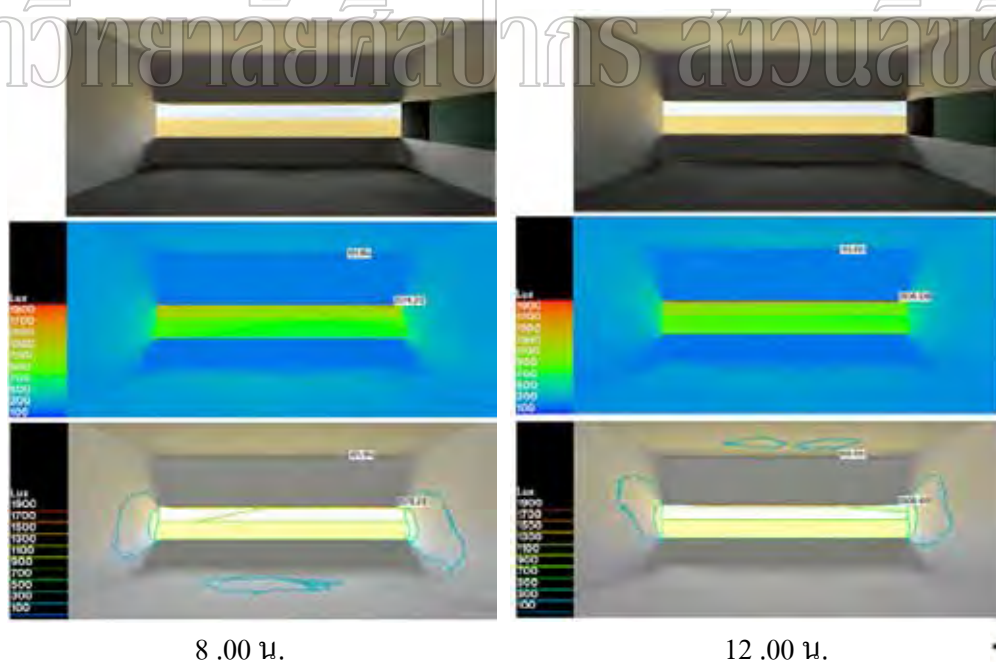


แผนภูมิที่ 34 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

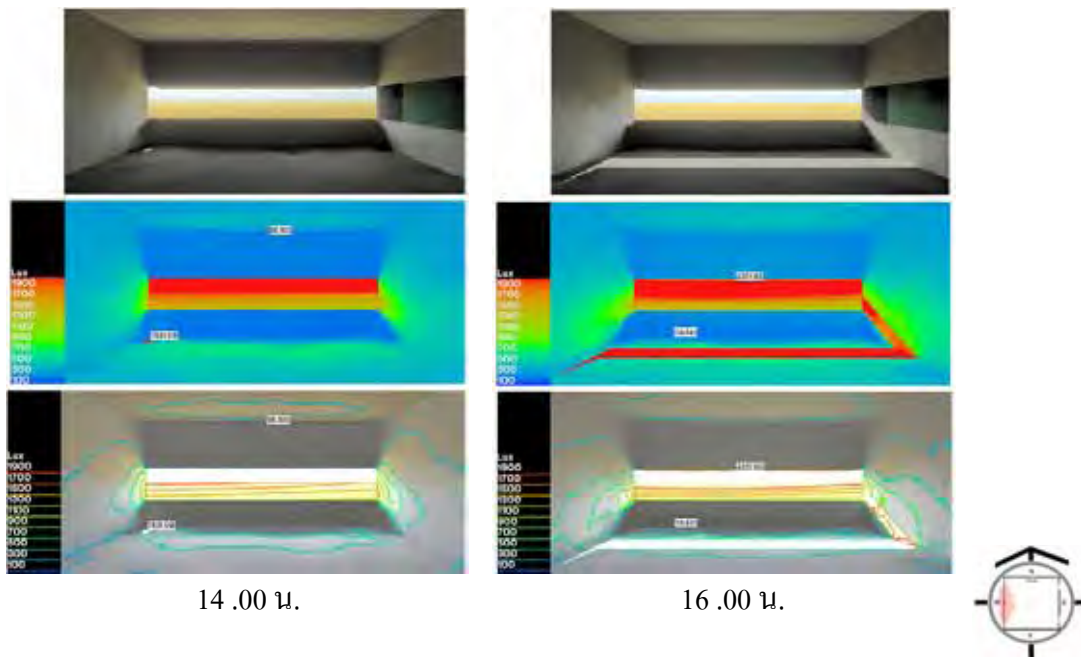


แผนภูมิที่ 35 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

มหาวิทยาลัยศิลปากร ส่วนลิขสิทธิ์



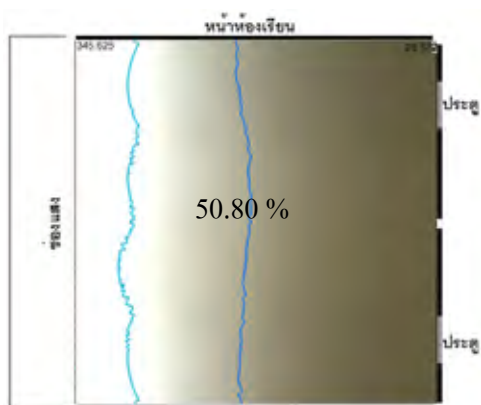
ภาพที่ 95 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



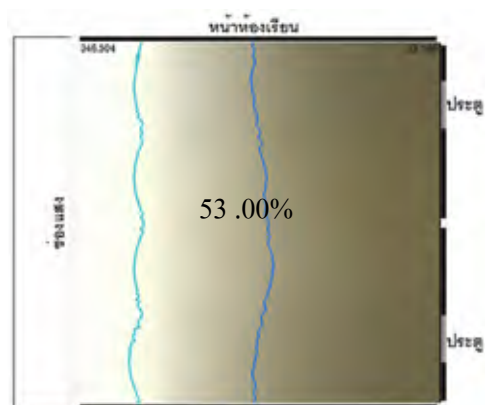
ภาพที่ 95 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

จากภาพจำลอง แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด

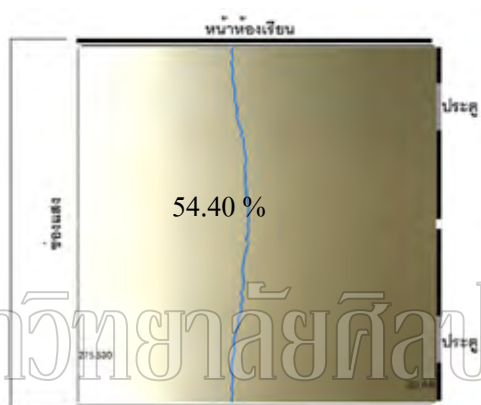
(Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 2,076, 2,606, 7,632 และ 4,321 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 16.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 101, 105, 96 และ 114 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



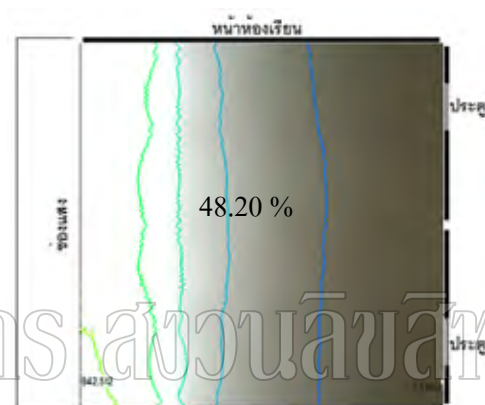
8.00 น.



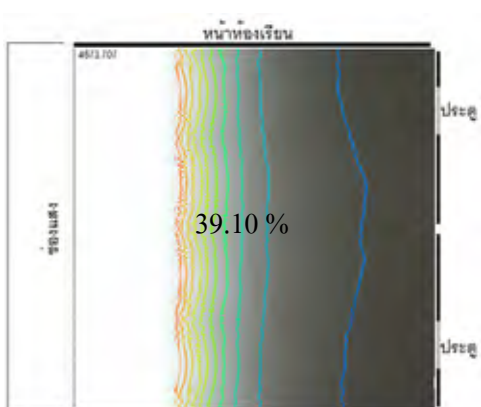
10.00 น.



12.00 น.

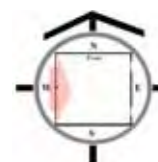


14.00 น.

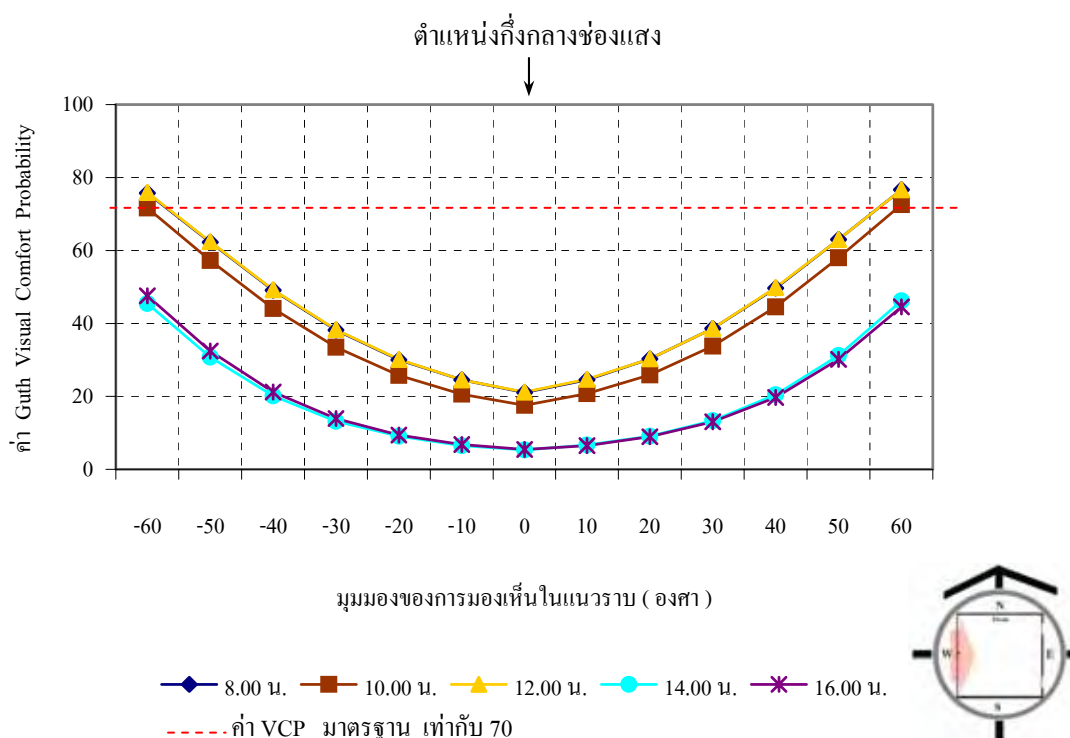


16.00 น.

ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 96 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 36 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ค่า Daylight Factor เวลา 8.00, 10.00, 12.00 และ 14.00 น. ที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 1 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง ส่วน ณ เวลา 16.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

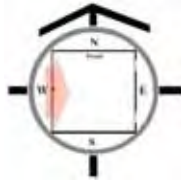
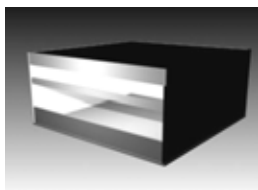
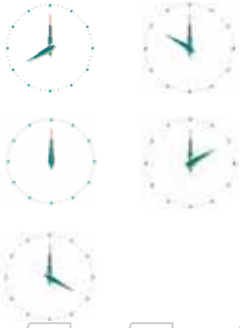
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างเท่ากับ 50.80 %, 53.00 %, 54.40 %, 48.20 % และ 39.10 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 16.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุดคือ 39.10 % และเวลา 12.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity Of Illumination) มากที่สุด คือ 54.40 %

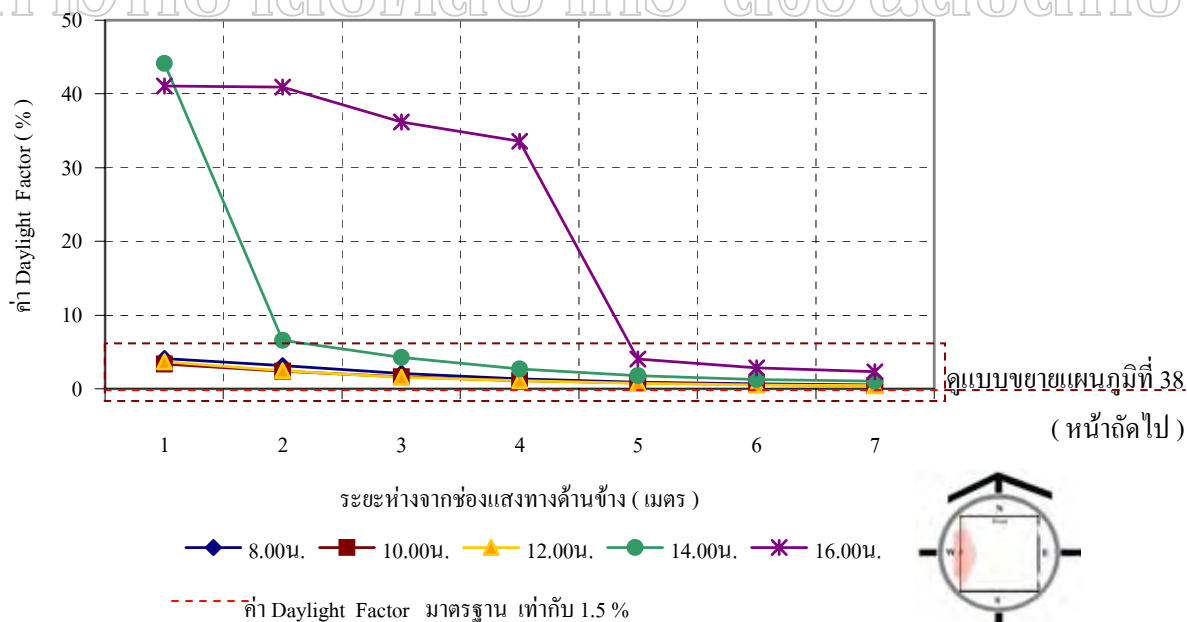
ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีค่า VCP ในเวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° และ 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 50° จนถึง 50° มีค่าต่ำกว่า

มาตรฐานที่กำหนด ส่วนในเวลา 14.00 และ 16.00 น. ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดทุกตำแหน่งมุมมองของการมองเห็น

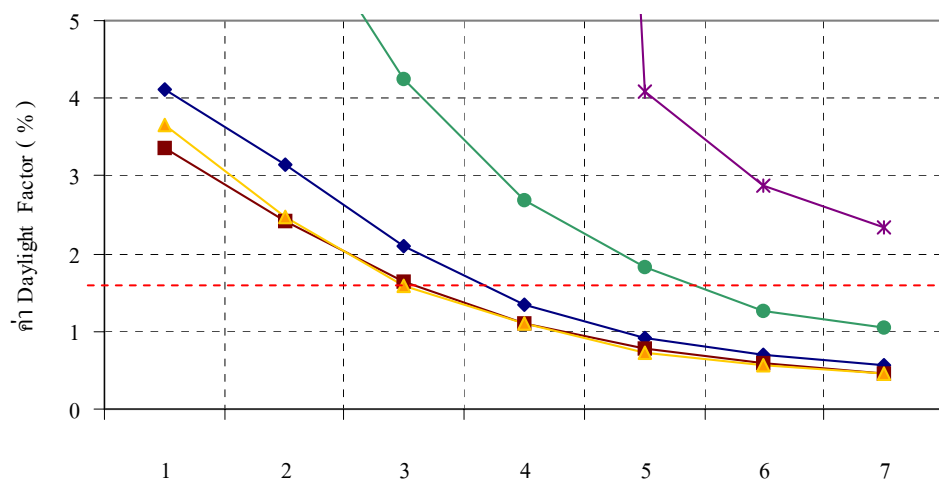
6.1.2.2 ผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 33 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.2.2 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศเหนือ	 แบบที่ 2	 อุปกรณ์บังแดดแนวนอน	



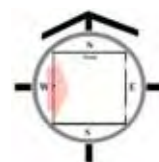
แผนภูมิที่ 37 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



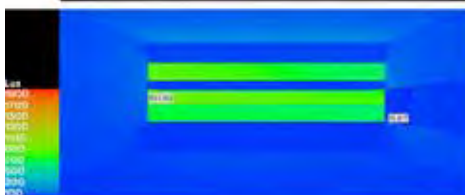
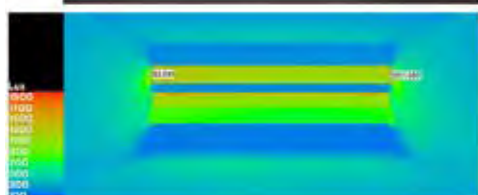
ระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง (เมตร)

—◆— 8.00น. —■— 10.00น. —▲— 12.00น. —●— 14.00น. —*— 16.00น.

----- ค่า Daylight Factor มาตรฐาน เท่ากับ 1.5 %

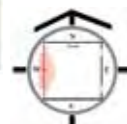


แผนภูมิที่ 38 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

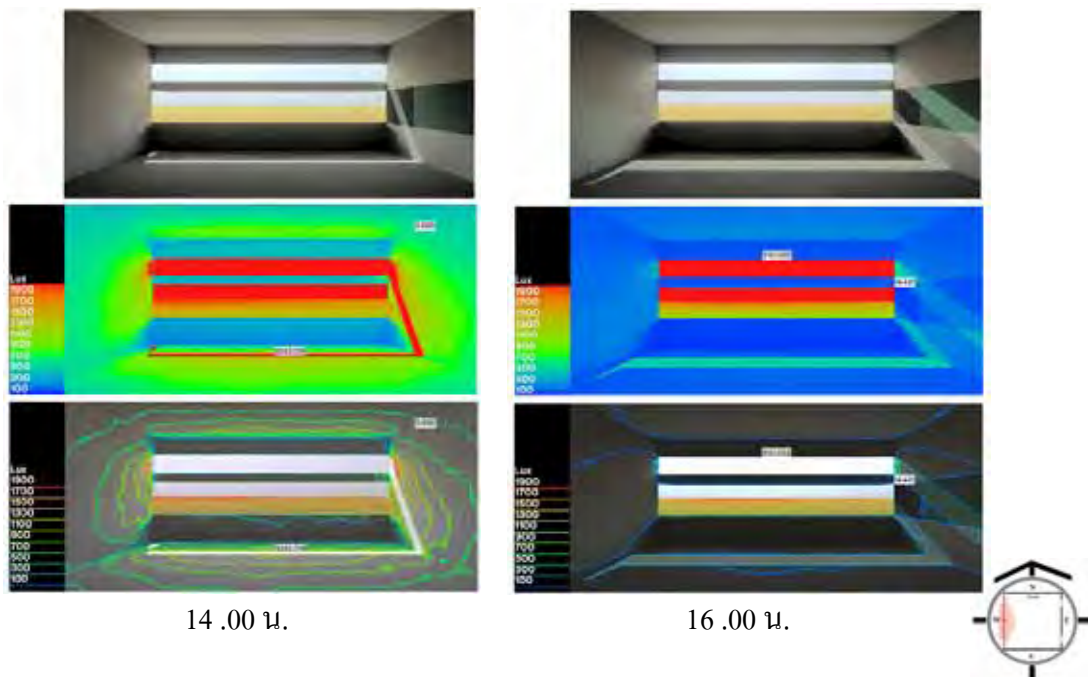


8.00 น.

12.00 น.



ภาพที่ 97 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

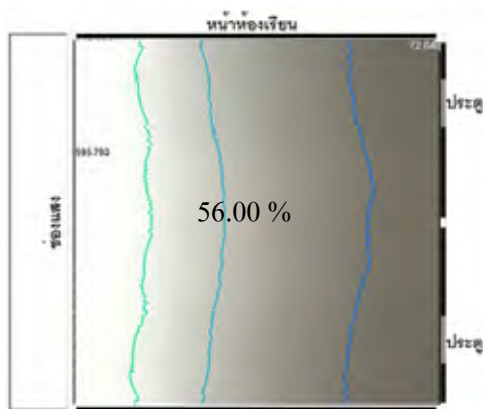


ภาพที่ 97 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

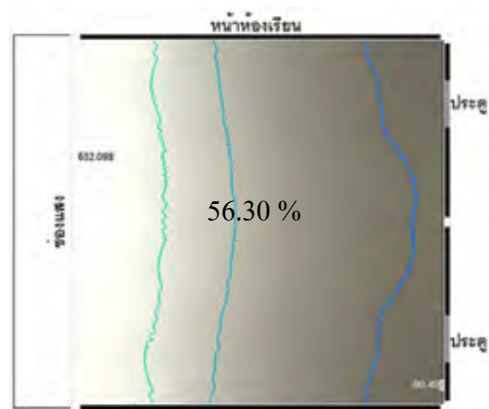
จากภาพจำลอง

แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด

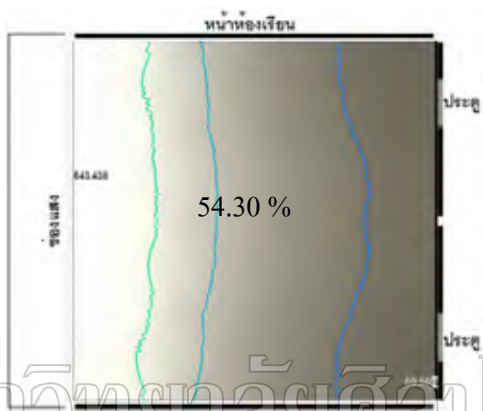
(Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 2,221, 951, 8,392 และ 5,151 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 16.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 93, 15, 0 และ 14 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 10.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



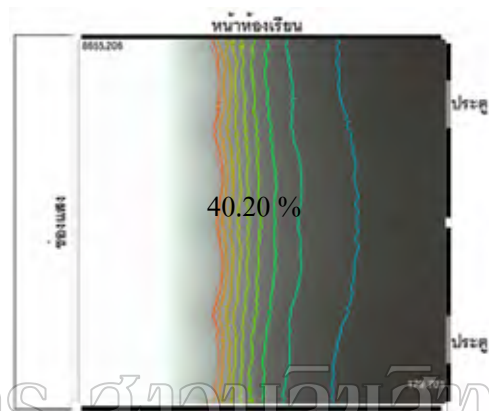
8.00 น.



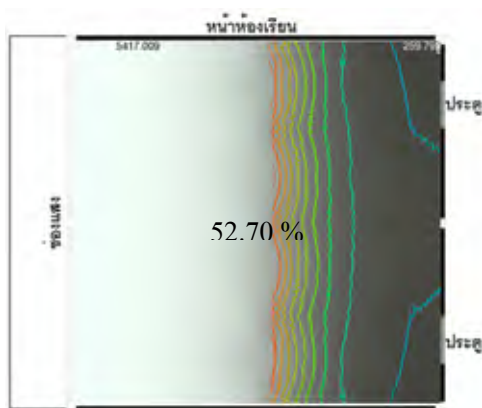
10.00 น.



12.00 น.

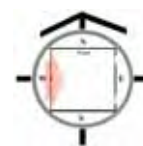


14.00 น.

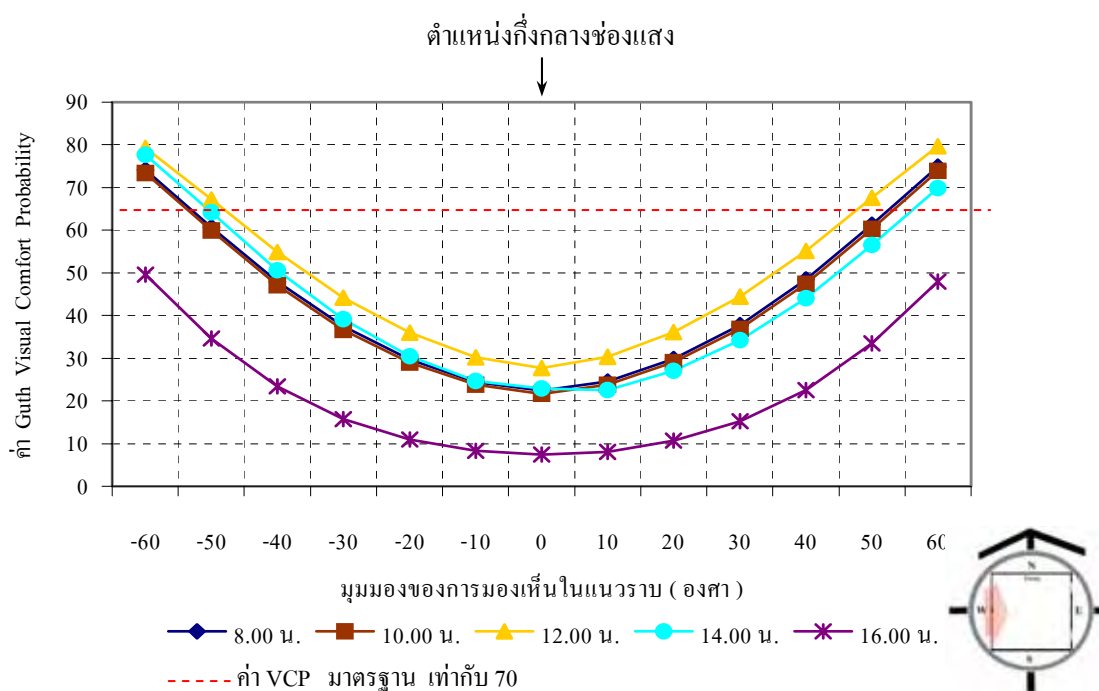


16.00 น.

ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 98 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 39 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดด

ในแนวนอน ค่า Daylight Factor เวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. ที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง ส่วน ณ เวลา 14.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 เมตร และ ณ เวลา 16.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณเพียงพอตลอดระยะ 7 เมตรจากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

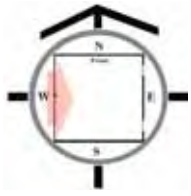
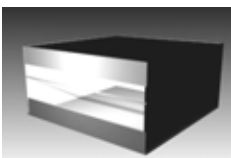
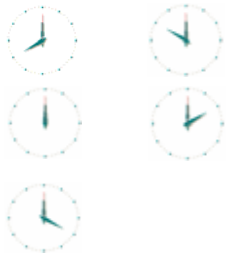
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง เท่ากับ 56.00 %, 56.30 %, 54.30 %, 40.20 % และ 52.70 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 14.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุดคือ 40.20 % และเวลา 10.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด คือ 56.30 %

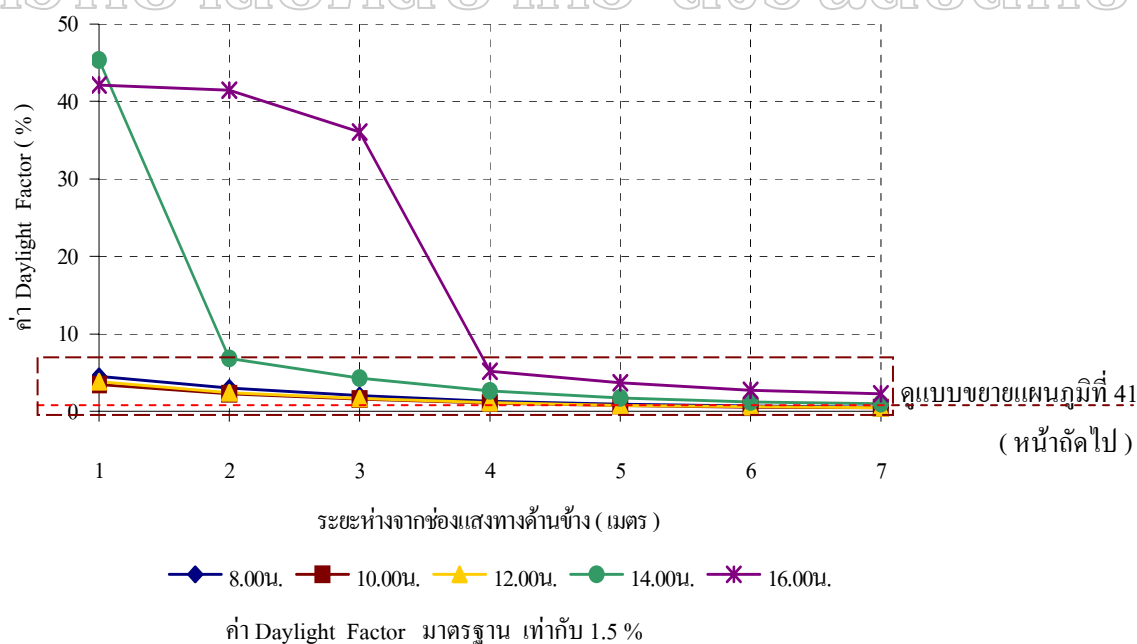
ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 มีค่า VCP ในเวลา 8.00 , 10.00 และ 12.00 น. มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° และ 60° แต่ มุมมองตำแหน่งที่ - 50° จนถึง 50° มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด ส่วนในเวลา เวลา 14.00 น. มี

สภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง- 60° เพียงตำแหน่งเดียว แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 50° จนถึง 60° มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด และในเวลา 16.00 น. ค่า Glare แบบ VCP มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดทุกตำแหน่งมุมมองของการมองเห็น

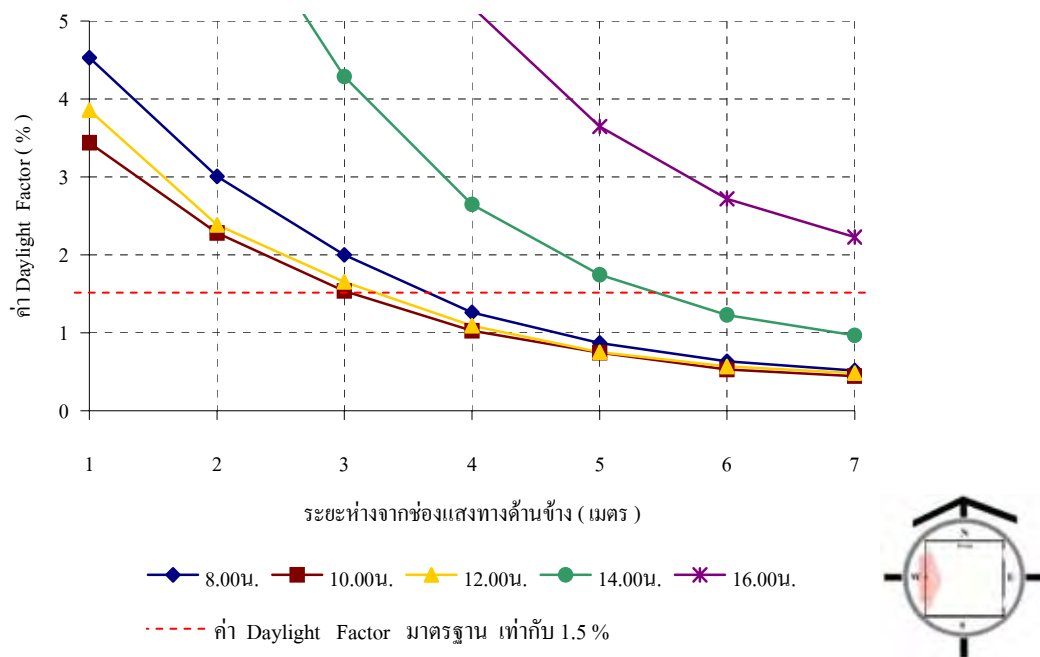
6.1.2.3 ผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 34 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.2.3 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตกโดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

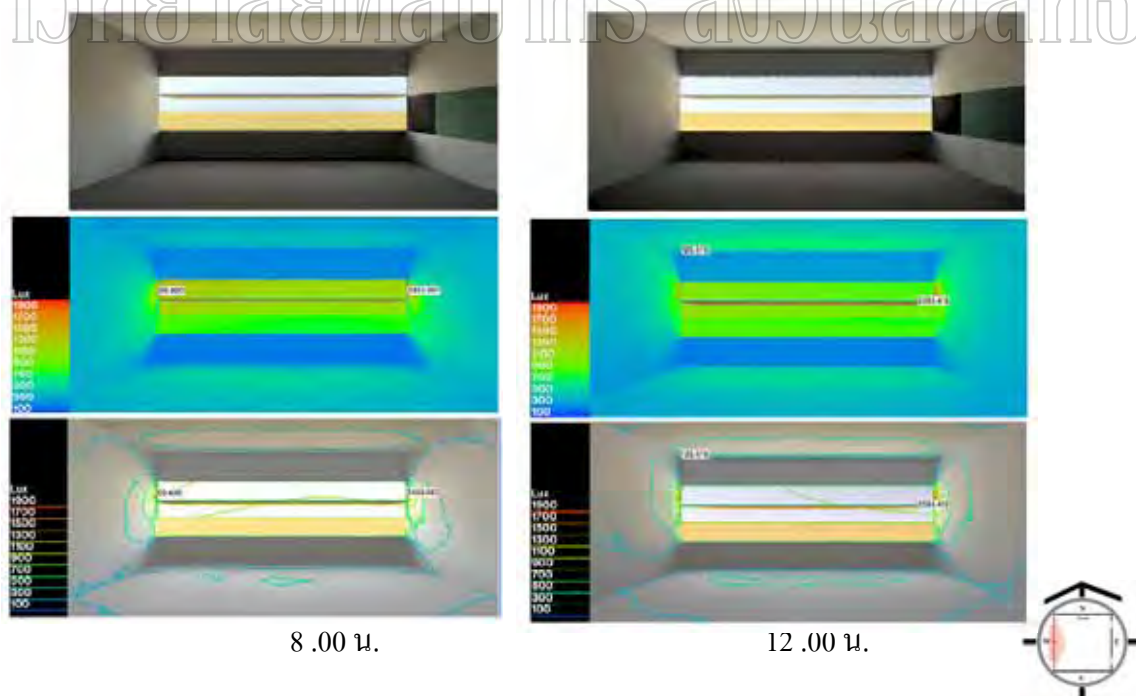
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศเหนือ	 แบบที่ 3	 อุปกรณ์บังแดดแนวนอน	



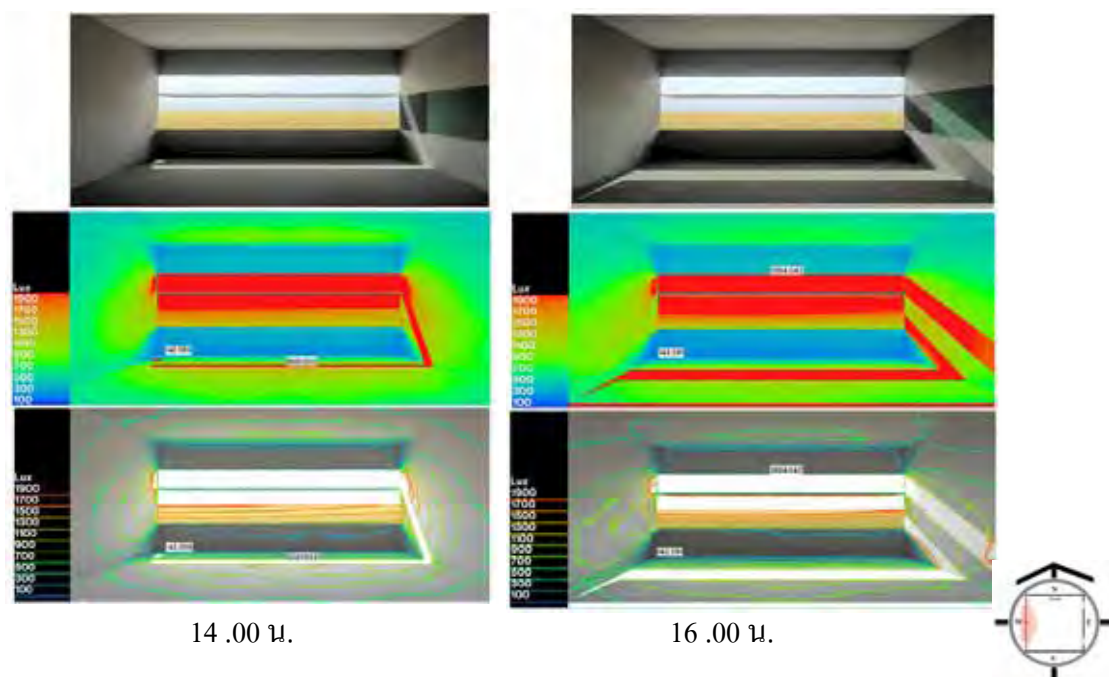
แผนภูมิที่ 40 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 41 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



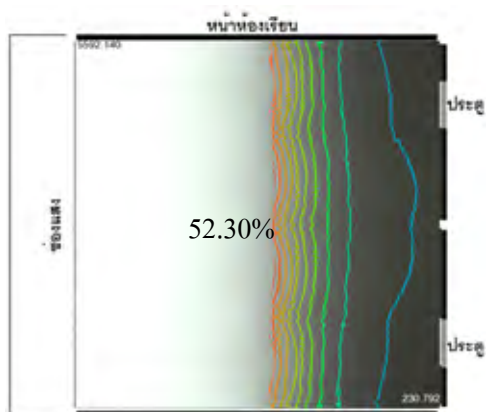
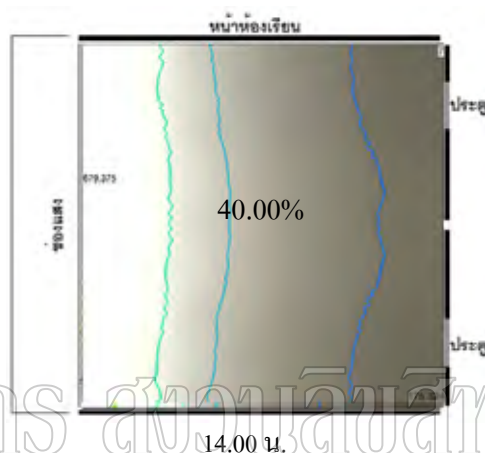
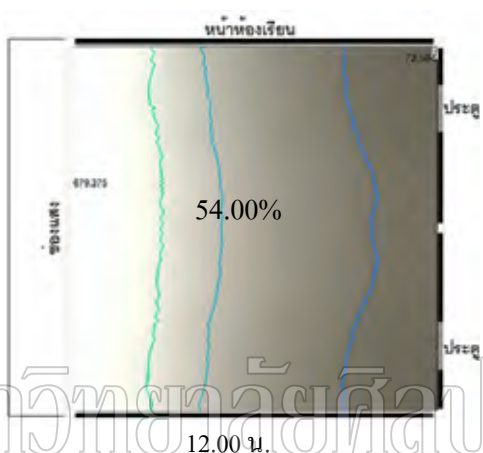
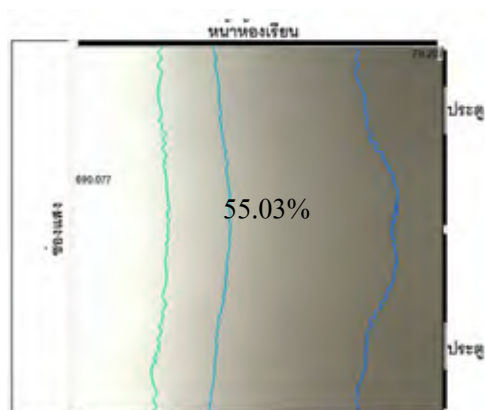
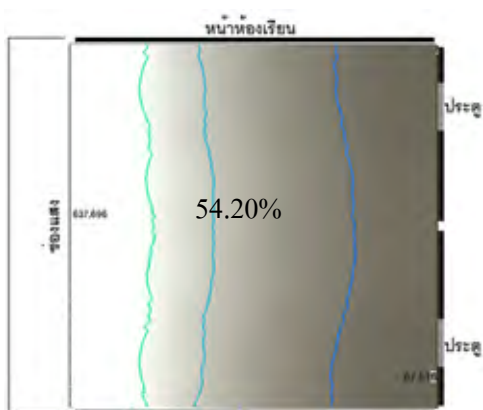
ภาพที่ 99 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



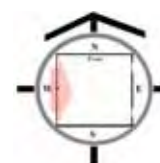
ภาพที่ 99 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

จากภาพจำลอง แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด

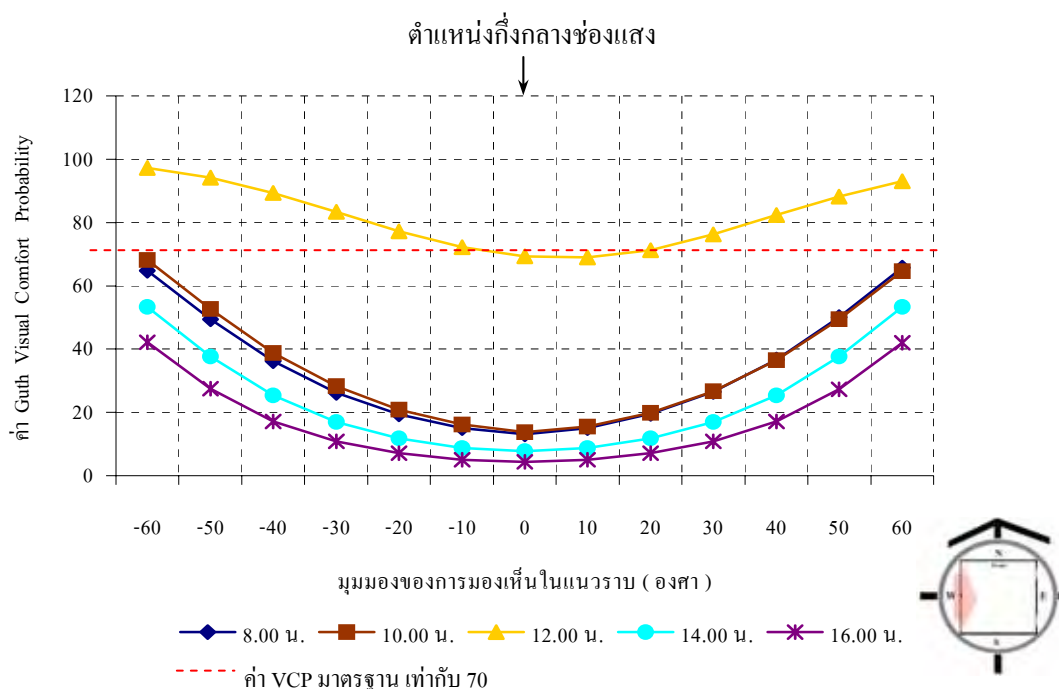
(Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 2,454, 2,295, 8,581 และ 5,684 Lux ตามลำดับ และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 89, 130, 142 และ 144 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 100 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 42 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ค่า Daylight Factor เวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. ที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง ส่วน ณ เวลา 14.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 เมตร และ ณ เวลา 16.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณเพียงพอตลอดระยะ 7 เมตรจากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

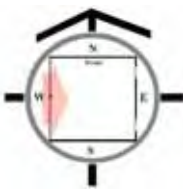
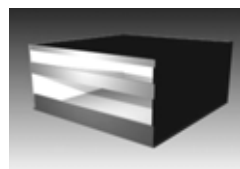
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง เท่ากับ 54.20 %, 55.03 %, 54.00 %, 40.00 % และ 52.30 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 14.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุดคือ 40.00 % และเวลา 10.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง มากที่สุด คือ 55.03 %

ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 มีค่า VCP ในเวลา 8.00, 10.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดทุกๆตำแหน่งมุมมองของการมองเห็น ส่วนในเวลา 12.00 น. มีสภาวะที่สบายตาต่อการ

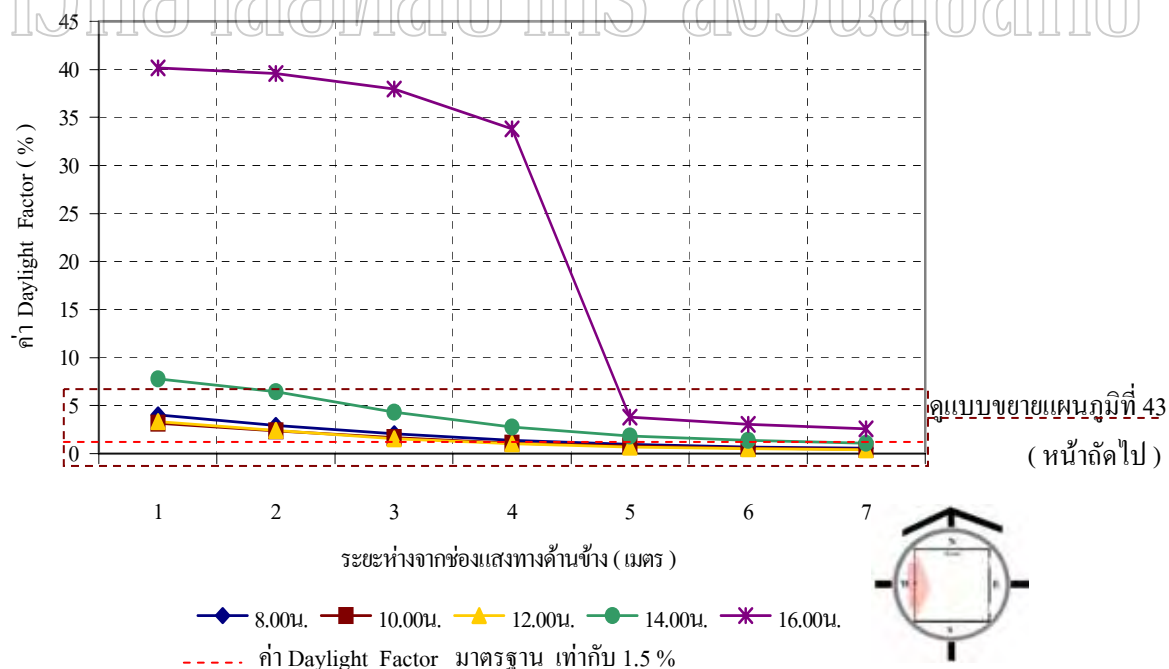
มองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง -60° จนถึง -10° และ ที่ตำแหน่ง 20° จนถึง 60° แต่ตำแหน่งมุมมอง ที่ $0^{\circ} - 10^{\circ}$ มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด

6.1.2.4 ผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

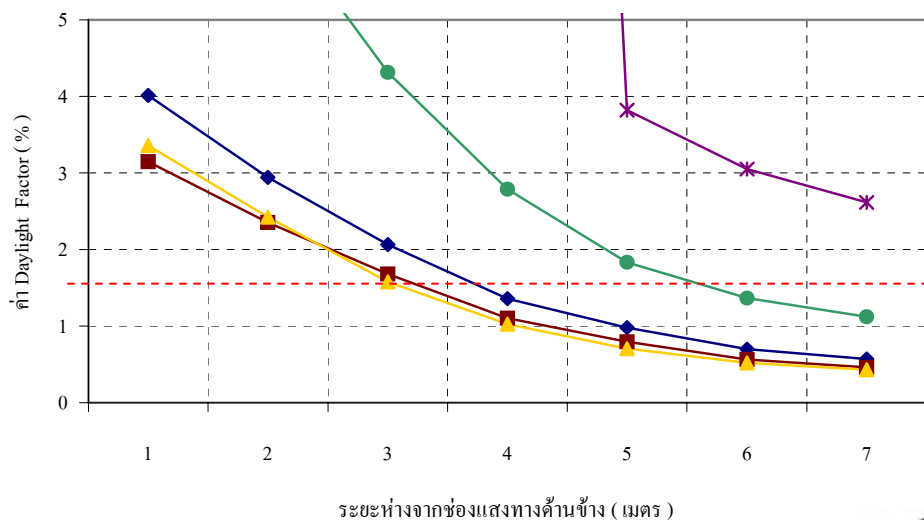
ตารางที่ 35 แสดงรายละเอียดของการทดลองในห้องข้อ 6.1.2.4 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศเหนือ	 แบบที่ 4	 อุปกรณ์บังแดดแนวนอน	

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

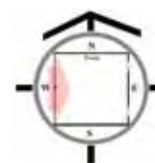


แผนภูมิที่ 43 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

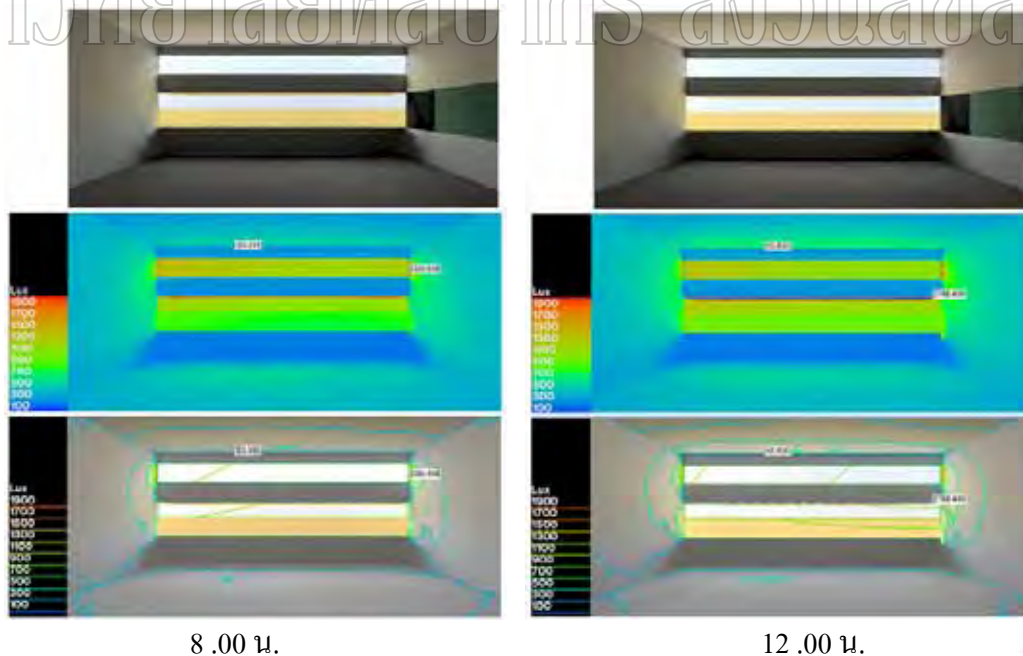


—◆— 8.00น. —■— 10.00น. —▲— 12.00น. —●— 14.00น. —✱— 16.00น.

--- ค่า Daylight Factor มาตรฐาน เท่ากับ 1.5 %

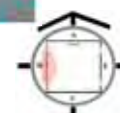


แผนภูมิที่ 43 (ต่อ) เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

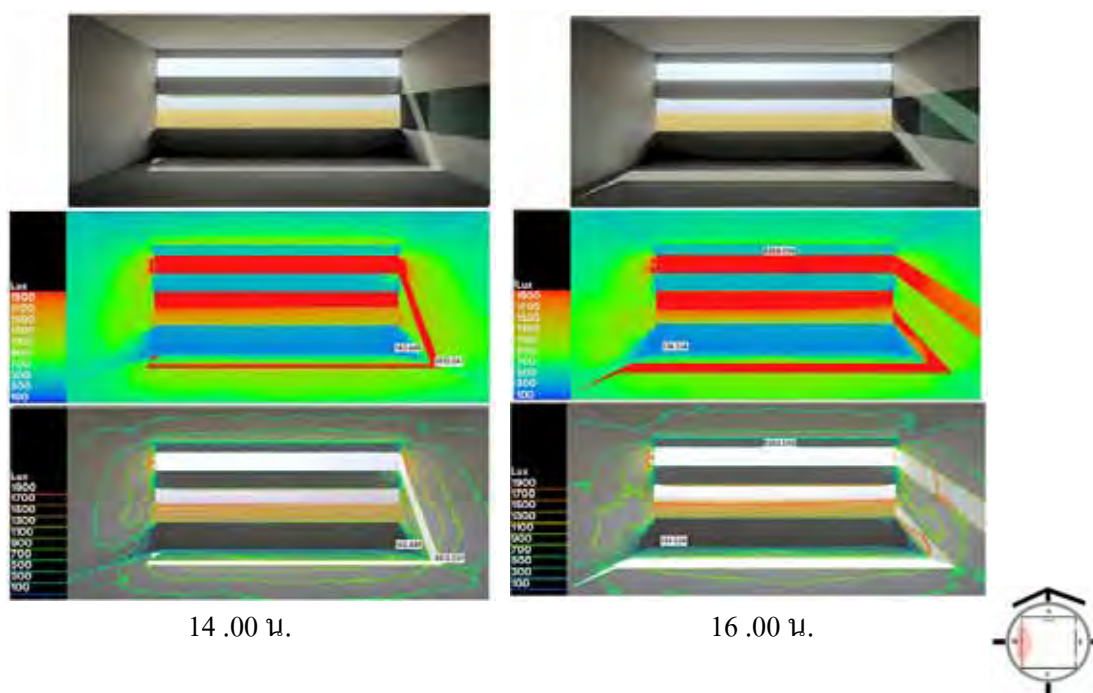


8.00 น.

12.00 น.



ภาพที่ 101 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

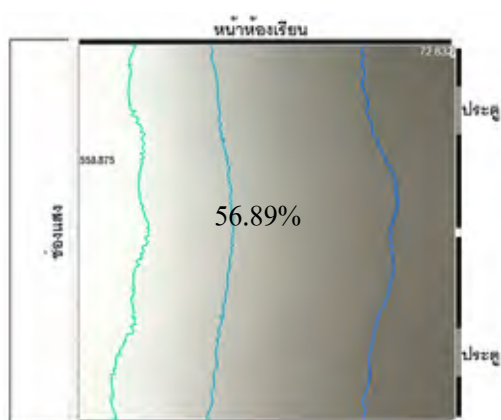


ภาพที่ 101 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

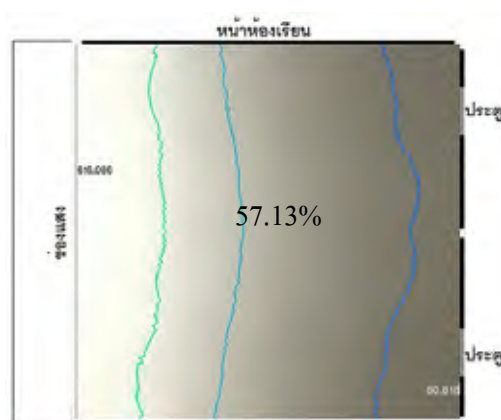
จากภาพจำลอง

แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด

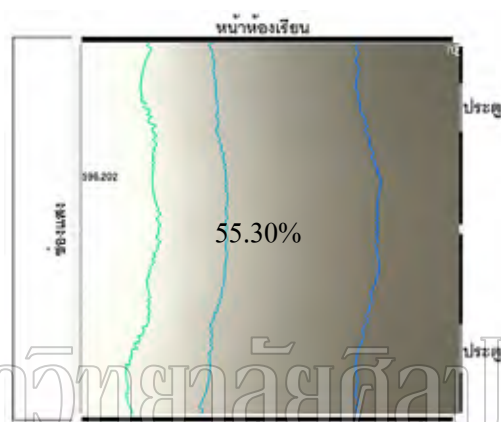
(Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 2,352, 2,768, 8,613 และ 6,384 Lux ตามลำดับ และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 124, 113, 143 และ 135 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



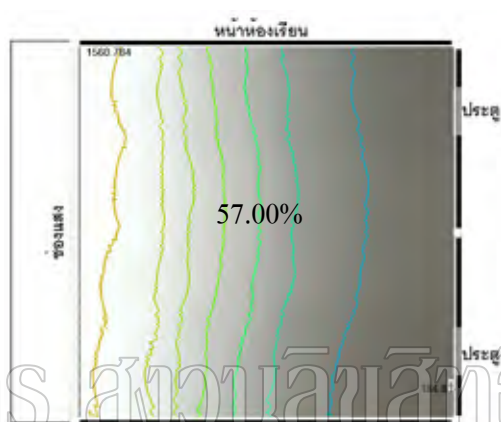
8.00 น.



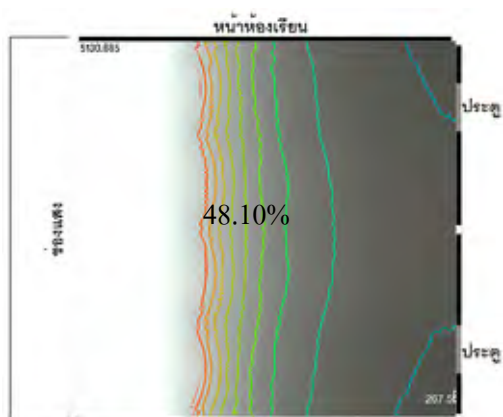
10.00 น.



12.00 น.

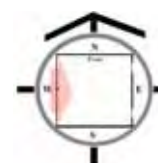


14.00 น.

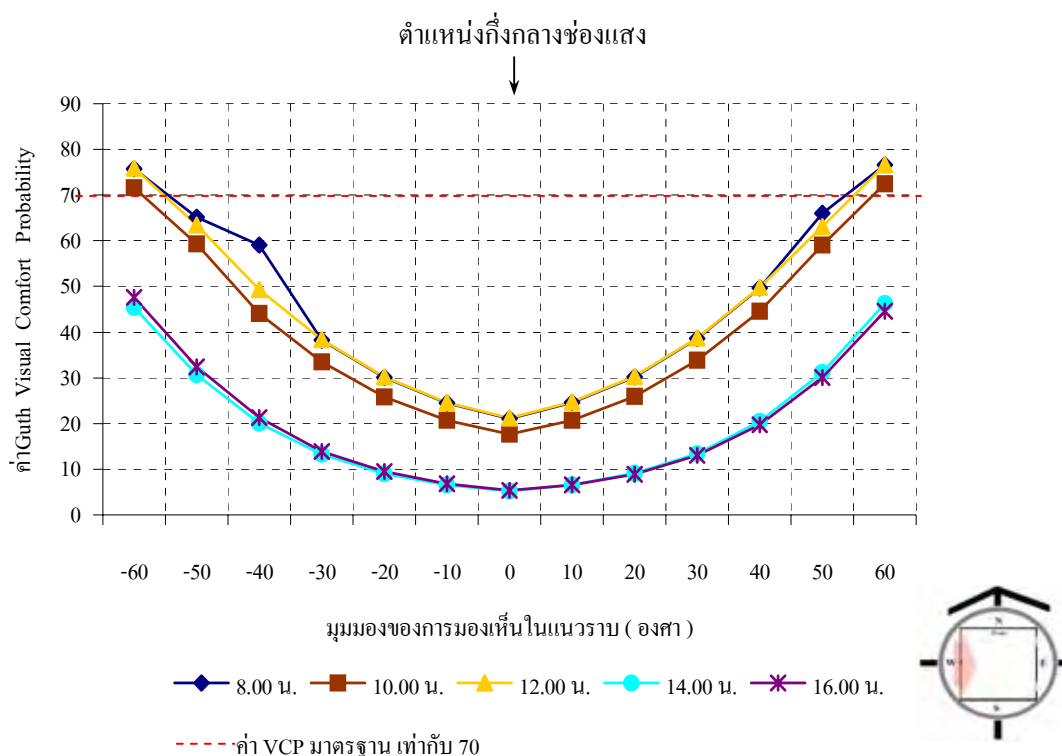


16.00 น.

ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 102 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 44 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ค่า Daylight Factor เวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. ที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง ส่วน ณ เวลา 14.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 เมตร และ ณ เวลา 16.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณเพียงพอตลอดระยะ 7 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง เท่ากับ 56.89 %, 57.13 %, 55.30 %, 57.00 % และ 48.10% ตามลำดับ ซึ่งเวลา 16.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุดคือ 45.10 % และเวลา 10.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด คือ 57.13 %

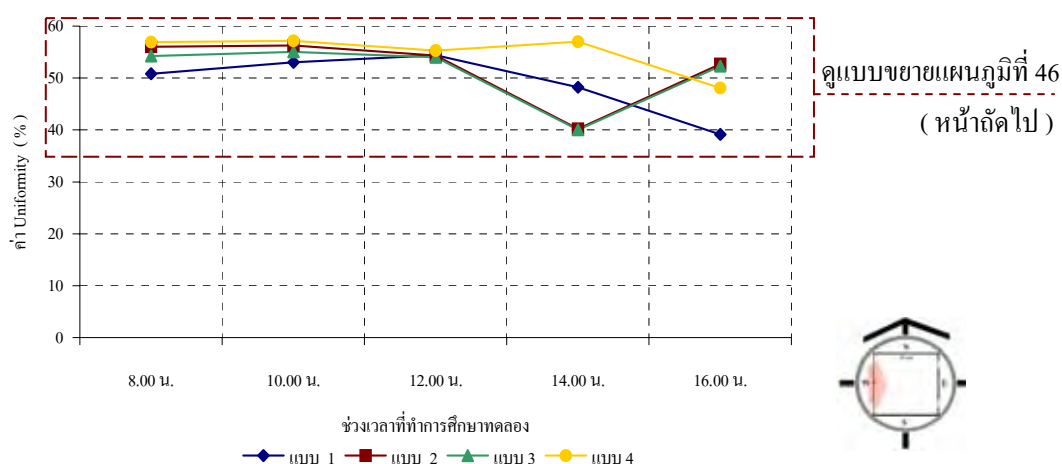
ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่า VCP ในเวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น

ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° และ 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 50° จนถึง 50° มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด ส่วนในเวลา 14.00 และ 16.00 น. ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดทุกตำแหน่งมุมมองของการมองเห็น

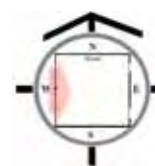
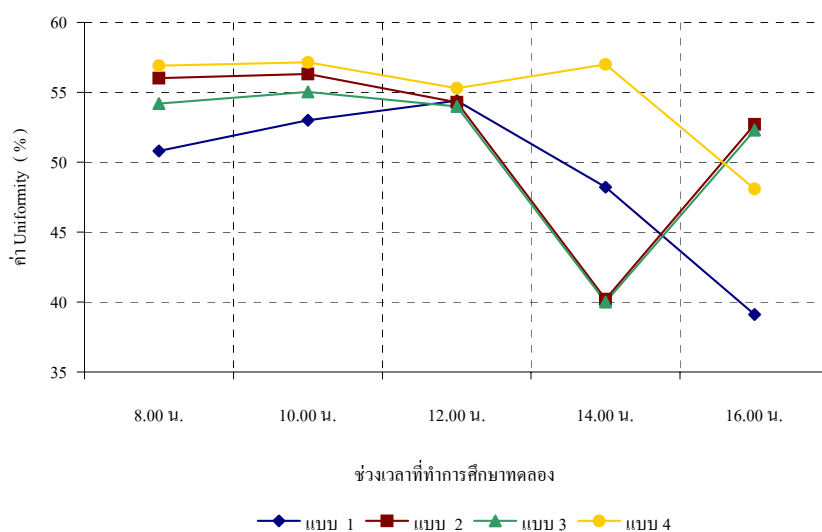
6.1.2.5 การวิเคราะห์ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1- 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน

จากผลการทดลองพบว่า ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 ค่า Daylight Factor ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 1 เมตร ส่วน ณ เวลา 16.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 เมตร และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ณ วันที่ 23 กันยายน ณ เวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร ซึ่งให้ค่า Daylight Factor ในระยะที่ลึกกว่าลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 จากตำแหน่งช่องแสงทางด้านข้าง และ ณ เวลา 14.00 น. ลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 4 มีค่า Daylight Factor เพียงพอต่อการใช้งานในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 เมตร จากตำแหน่งช่องแสงทางด้านข้าง และ ณ เวลา 16.00 น. มีค่า Daylight Factor เพียงพอต่อการใช้งาน ในช่วงระยะห่างไม่เกิน 7 เมตร และมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น



แผนภูมิที่ 45 เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น



แผนภูมิที่ 46 เปรียบเทียบค่า Uniformity ในช่วง 35 – 60 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้าง อยู่ทางทิศตะวันตก ทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วง เวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น.

จากแผนภูมิที่ 46 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 – 4 ซึ่งลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด และให้ค่าที่คงที่มากที่สุดทุก ๆ ช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ทดลอง ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 1, 2 และ 3 ให้ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยกว่า แบบที่ 4 และให้ค่าที่ไม่คงที่

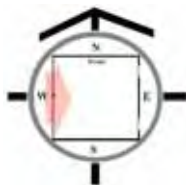
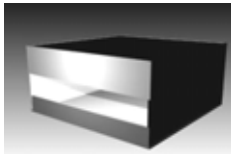
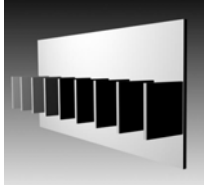
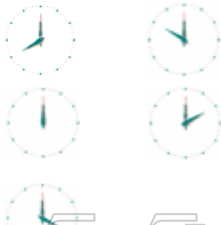
ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของลักษณะ ช่องแสงแบบที่ 1, 2 และ 4 มีค่า VCP ในเวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. มีสถานะที่สบายตาต่อการ มองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° และ 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 50° จนถึง 50° มีค่าต่ำกว่า มาตรฐานที่กำหนด ส่วนในเวลา 14.00 น. ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° เพียงตำแหน่งเดียว ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 และ 4 มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดทุก ๆ ตำแหน่งมุมมองของการมองเห็น และในเวลา 16.00 น. ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1, 2 และ 4 มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดทุก ๆ ตำแหน่งมุมมองของการมองเห็น ส่วนค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 มีค่า VCP ในเวลา 8.00, 10.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าต่ำกว่า มาตรฐานที่กำหนดทุก ๆ ตำแหน่งมุมมองของการมองเห็น ยกเว้นในเวลา 12.00 น. มีสถานะที่สบาย

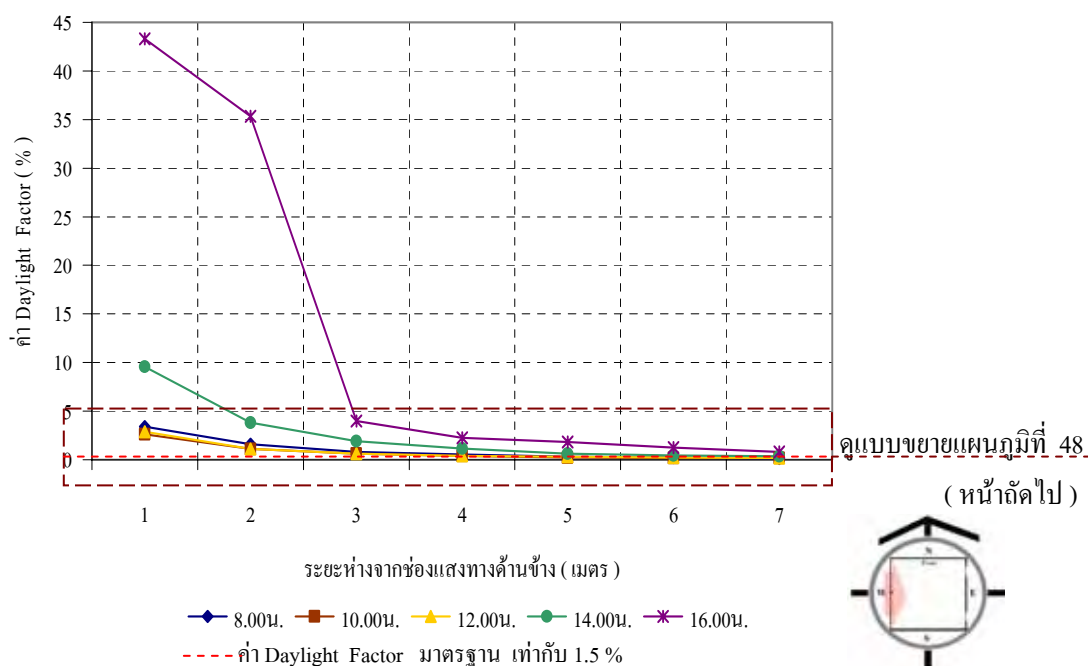
ค่าต่อการมองเห็นที่ตำแหน่งมุมมอง -60° จนถึง -10° และ ที่ตำแหน่ง 20° จนถึง 60° แต่ตำแหน่งมุมมองที่ 0° จนถึง 10° มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด

6.1.3 ผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงแตกต่างกันทั้ง 4 แบบโดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง

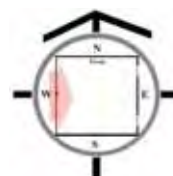
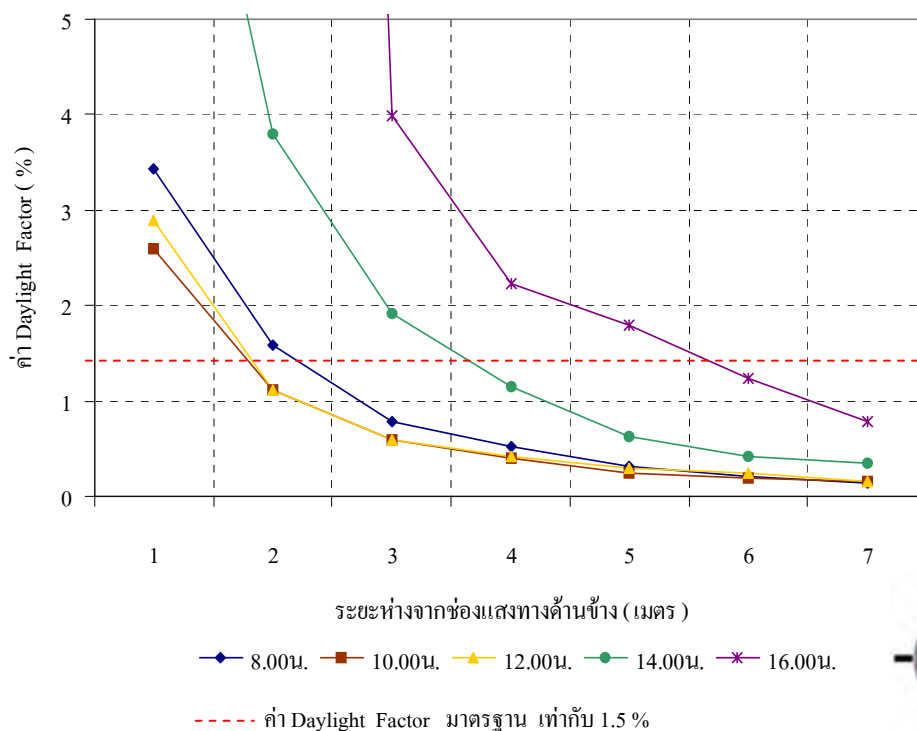
6.1.3.1 ผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 36 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.3.1 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตกโดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

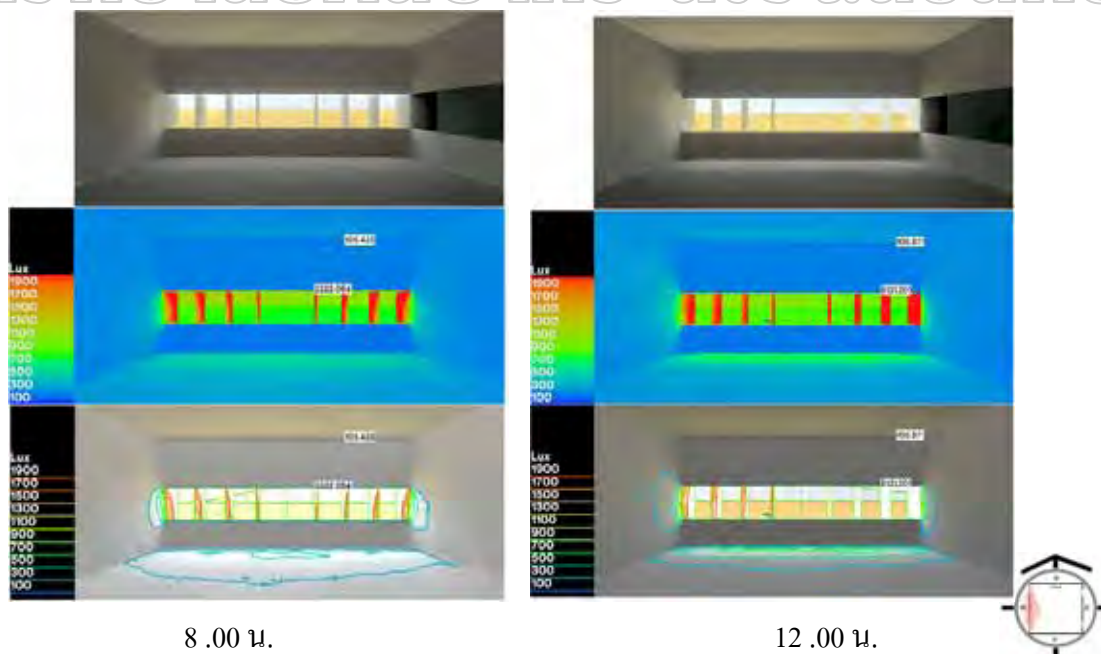
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศเหนือ	 แบบที่ 1	 อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง	



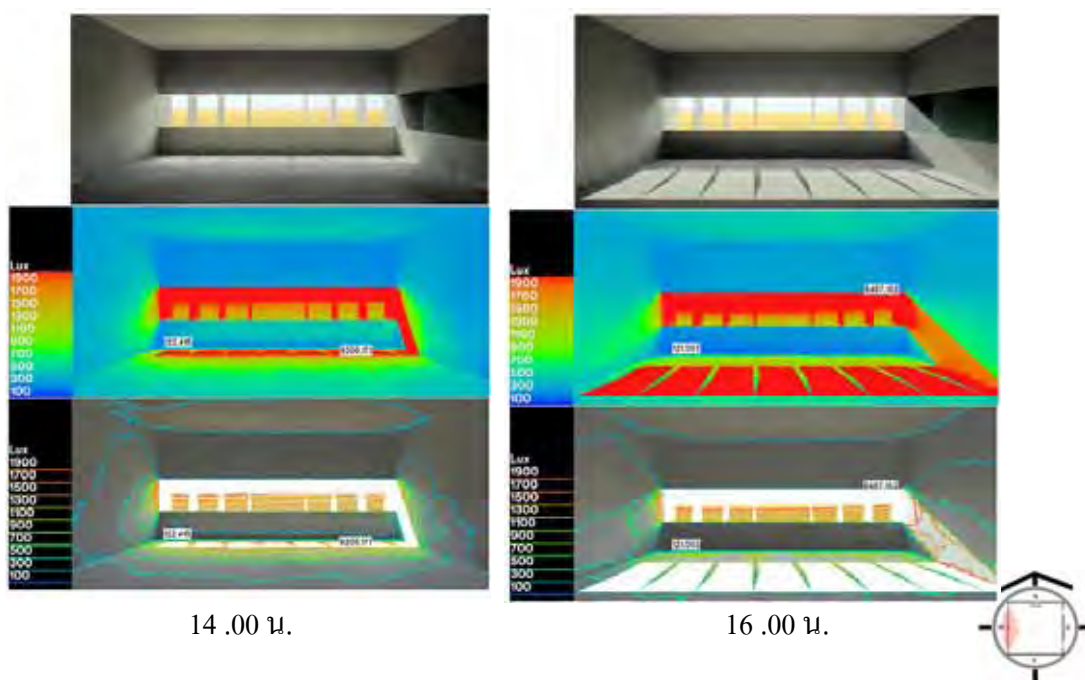
แผนภูมิที่ 47 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 48 เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



ภาพที่ 103 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

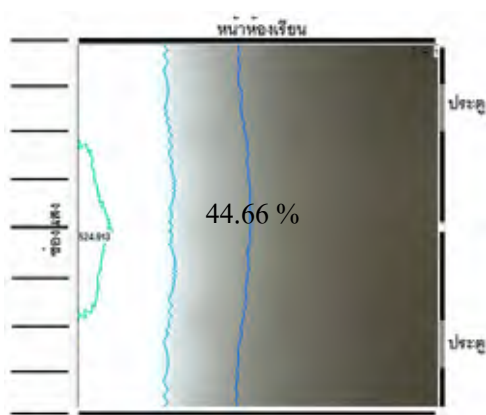


ภาพที่ 103 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวดิ่ง ณ วันที่ 23 กันยายน

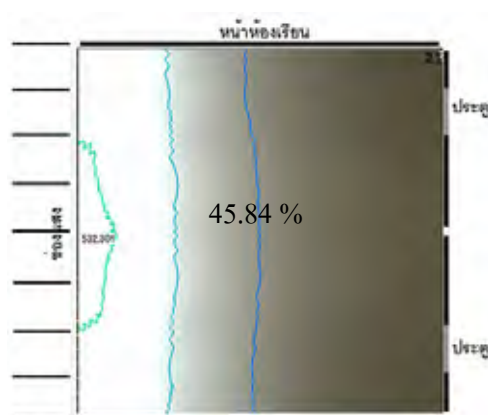
จากภาพจำลอง

แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด

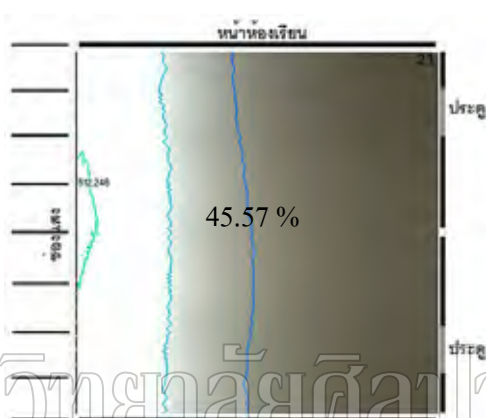
(Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวดิ่ง ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 3,382, 6,131, 9,306 และ 6,467 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 16.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 105, 106, 122 และ 121 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



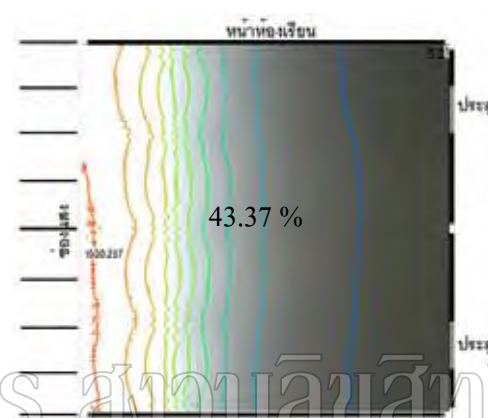
8.00 น.



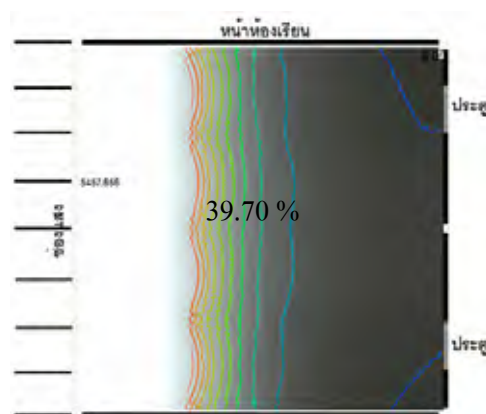
10.00 น.



12.00 น.

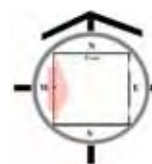


14.00 น.

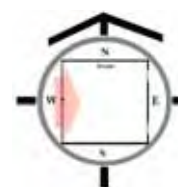
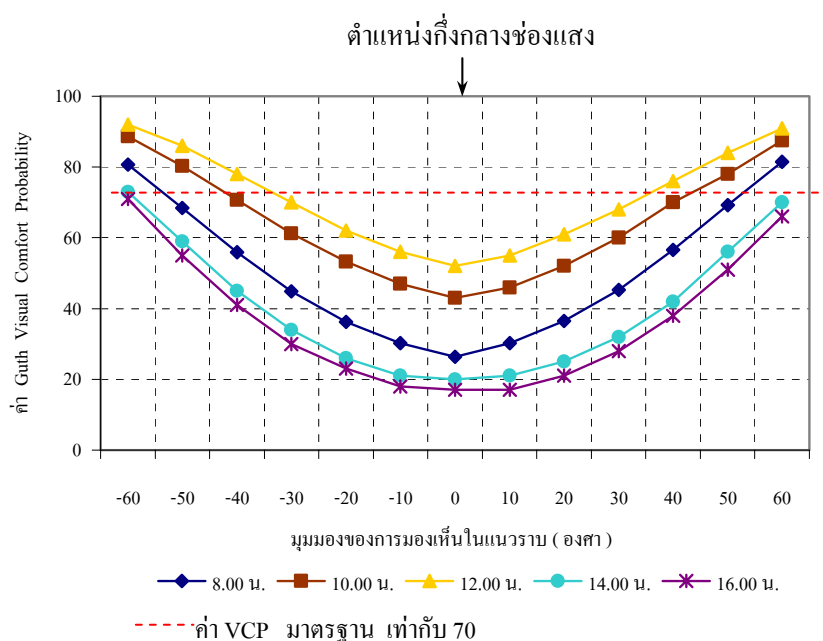


16.00 น.

ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 104 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 49 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ค่า Daylight Factor เวลา 8.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 ม. ณ เวลา 10.00 และ 12.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 1 ม. ณ เวลา 14.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 ม. ส่วน ณ เวลา 16.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

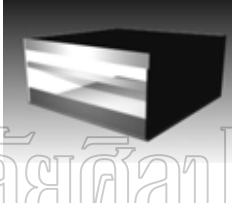
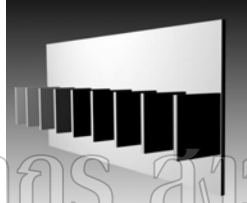
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างเท่ากับ 44.66 %, 45.84 %, 45.57 %, 43.37 % และ 39.70 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 16.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุดคือ 39.70 % และเวลา 10.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด คือ 45.84 %

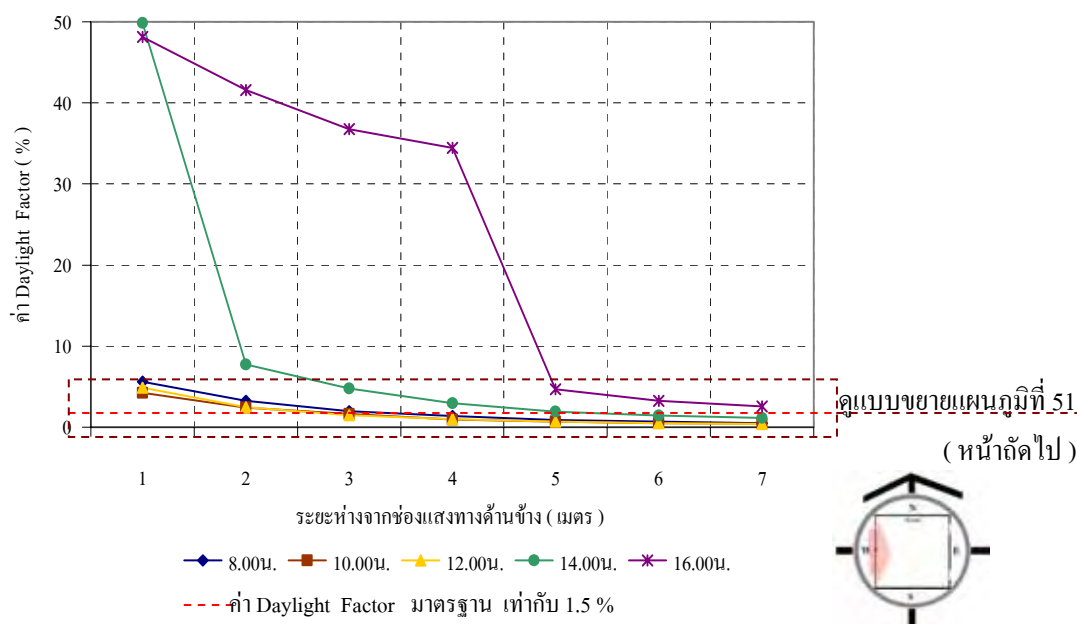
ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ในเวลา 8.00 น. มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60°, - 50°, 50° และ 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 40° จนถึง 40° มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ในเวลา 10.00 น. ค่า Glare แบบ VCP มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60°, - 50°, - 40°, 40°, 50° และ 60° แต่มุมมอง

ตำแหน่งที่ - 30° จนถึง 30° มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ในเวลา 12.00 น. ค่า Glare แบบ VCP มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° จนถึง -30° และ 30° จนถึง 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 20° จนถึง 20° มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ส่วนในเวลา 14.00 และ 16.00 น. ค่า Glare แบบ VCP มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็นที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° และ 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 50° จนถึง 50° มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน

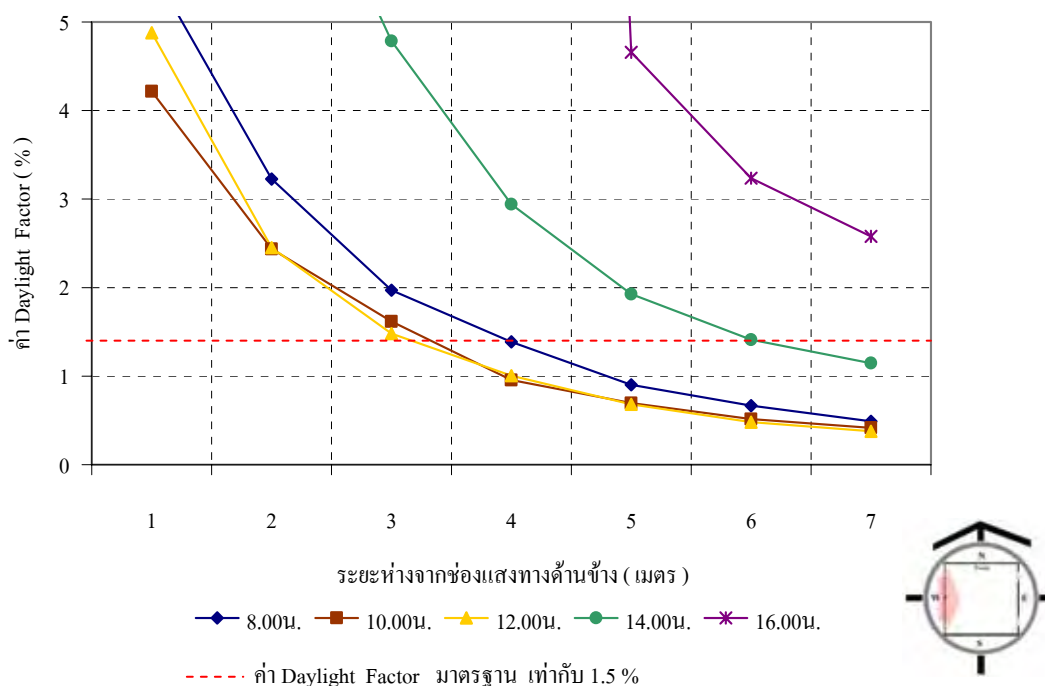
6.1.3.2 ผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 37 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.3.2 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

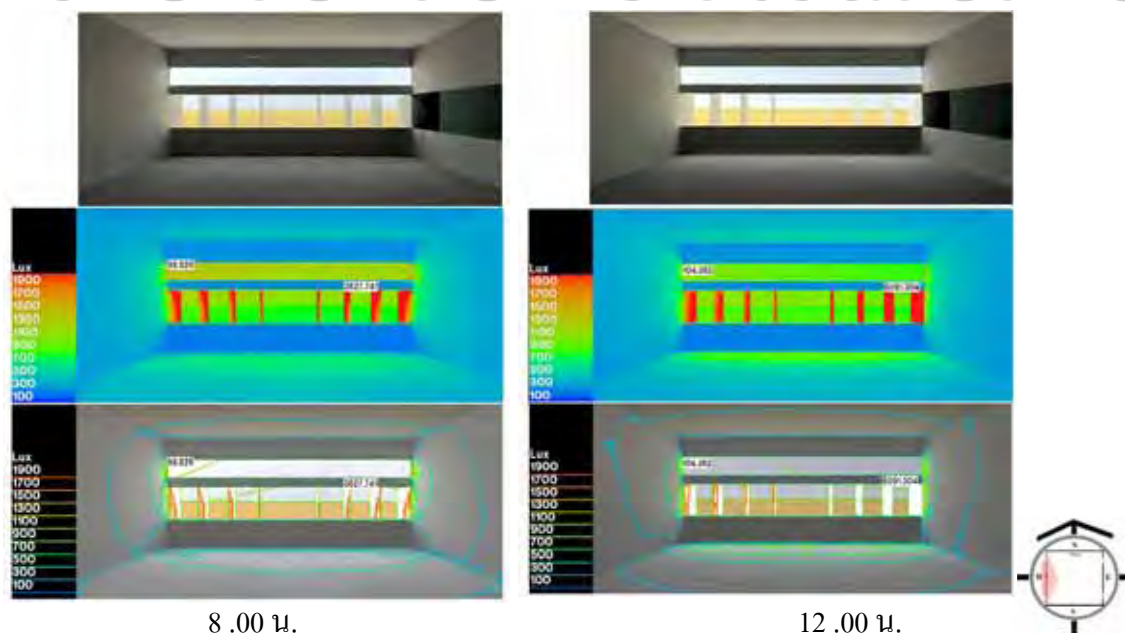
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศเหนือ	 แบบที่ 2	 อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง	



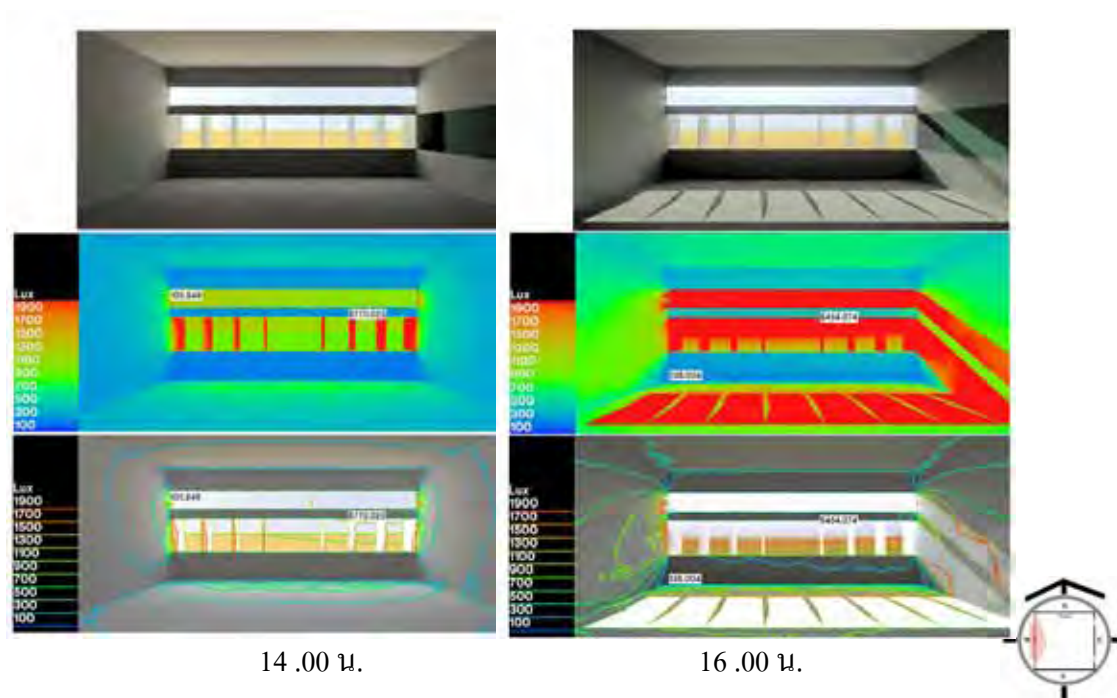
แผนภูมิที่ 50 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 51 เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทาง
ด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ
วันที่ 23 กันยายน

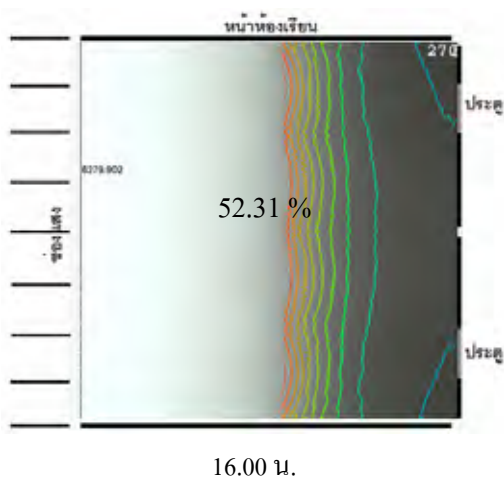
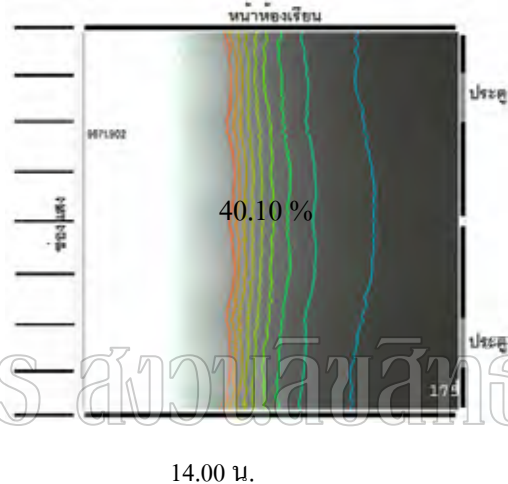
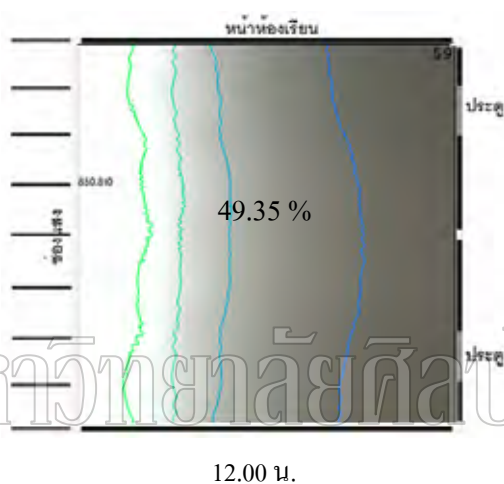
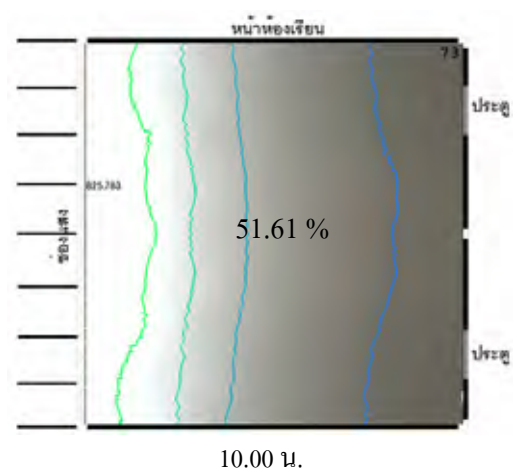
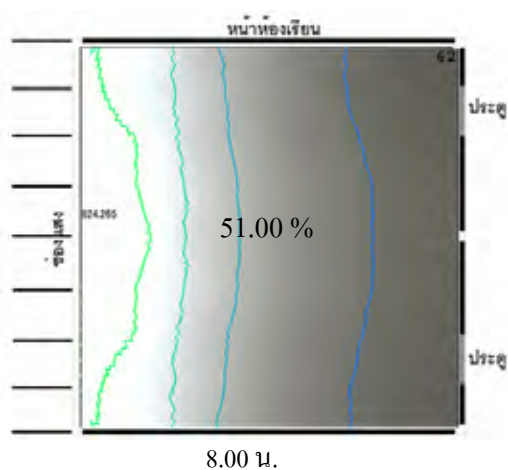


ภาพที่ 105 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มี
ช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดใน
แนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

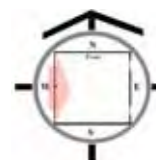


ภาพที่ 105 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

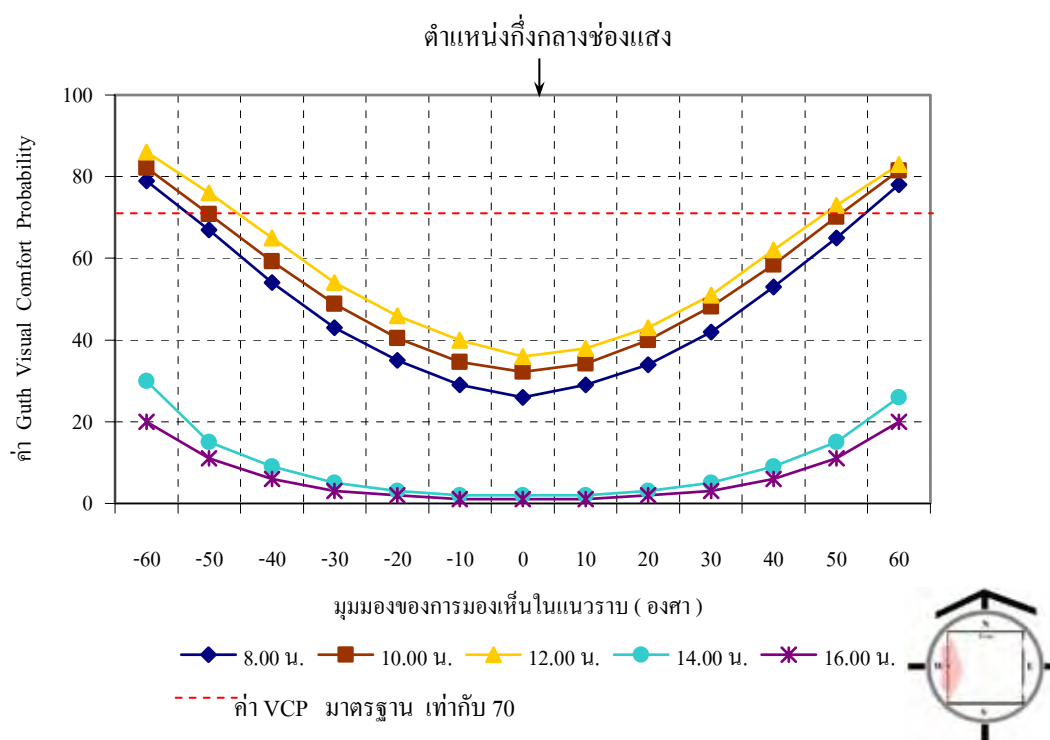
จากภาพจำลอง แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด (Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุดเท่ากับ 3,628, 6,091, 6,770 และ 6,454 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 16.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 99, 104, 106 และ 136 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 106 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 52 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ค่า Daylight Factor เวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. ที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 ม. ส่วน ณ เวลา 14.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 ม. และ ณ เวลา 16.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณเพียงพอตลอดระยะ 7 ม. จากช่องแสงทางด้านข้างและมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

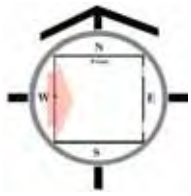
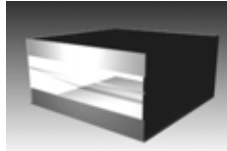
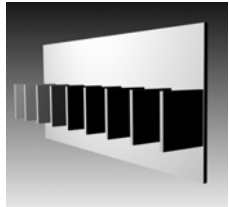
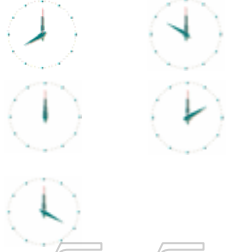
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง เท่ากับ 51.00 %, 51.61 %, 49.35 %, 40.10 % และ 52.31 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 14.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุดคือ 40.10 % และเวลา 16.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด คือ 52.31 %

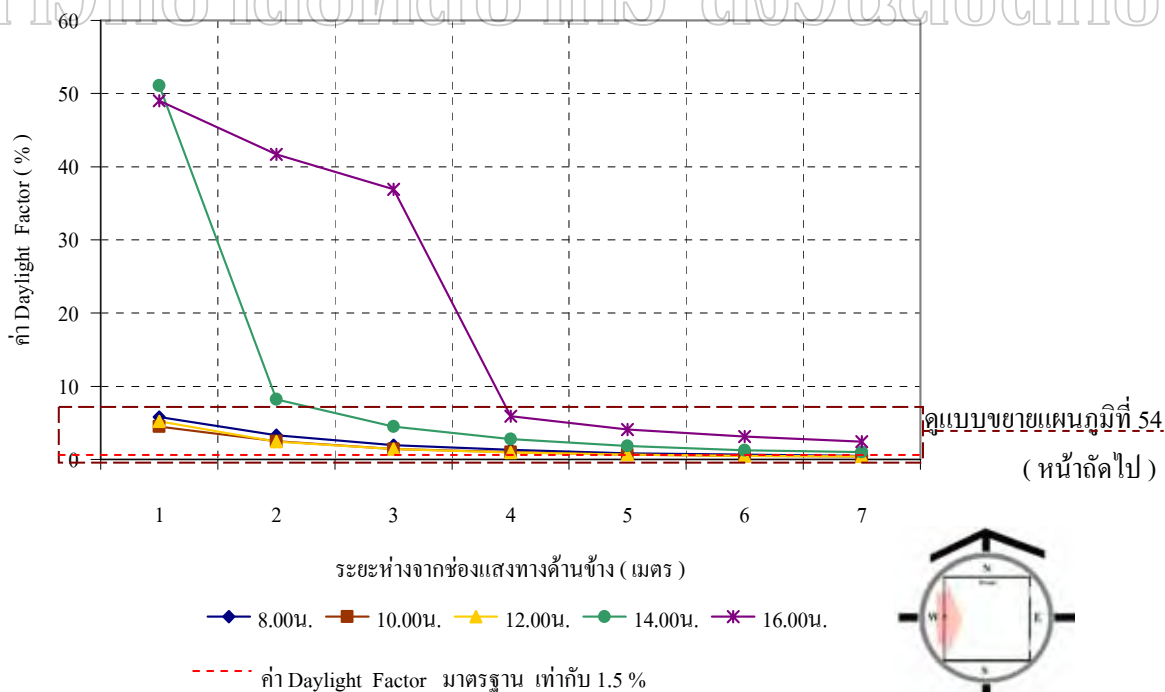
ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 มีค่า VCP ในเวลา 8.00 น. มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็นที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° และ 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 50° จนถึง 50° มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด ในเวลา 10.00 และ 12.00 น. ค่า Glare

แบบ VCP มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60°, - 50°, 50° และ 60° แต่ มุมมองตำแหน่งที่ - 40° จนถึง 40° มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด ส่วนในเวลา 14.00 และ 16.00 น. ทุกตำแหน่งมุมมอง มีค่า Glare แบบ VCP ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด

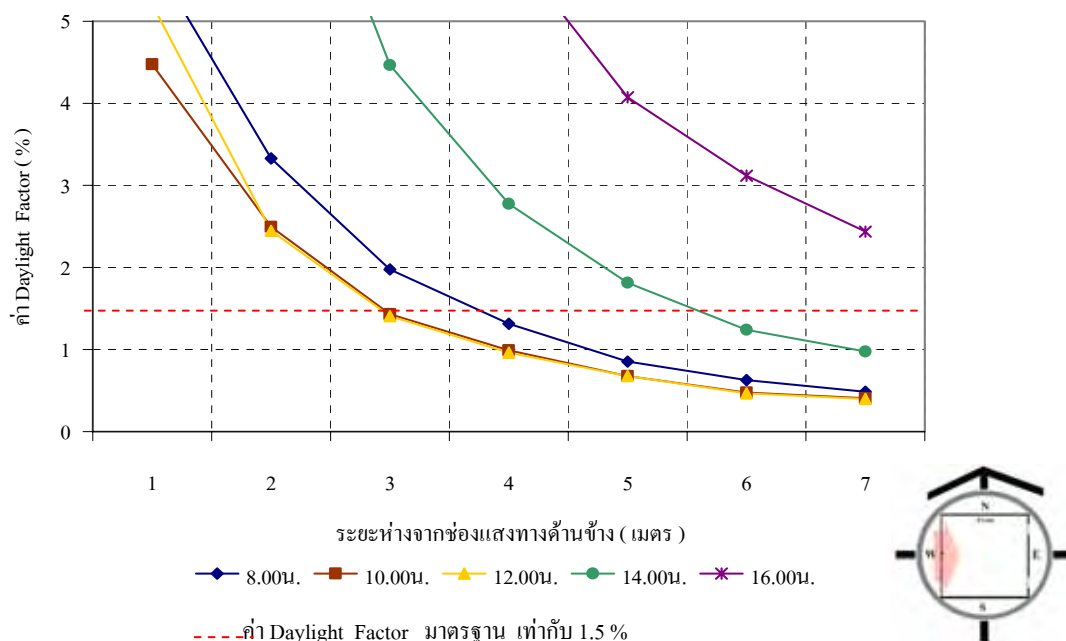
6.1.3.3 ผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 38 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.1.3.3 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศ ตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
			
ทิศเหนือ	แบบที่ 3	อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง	

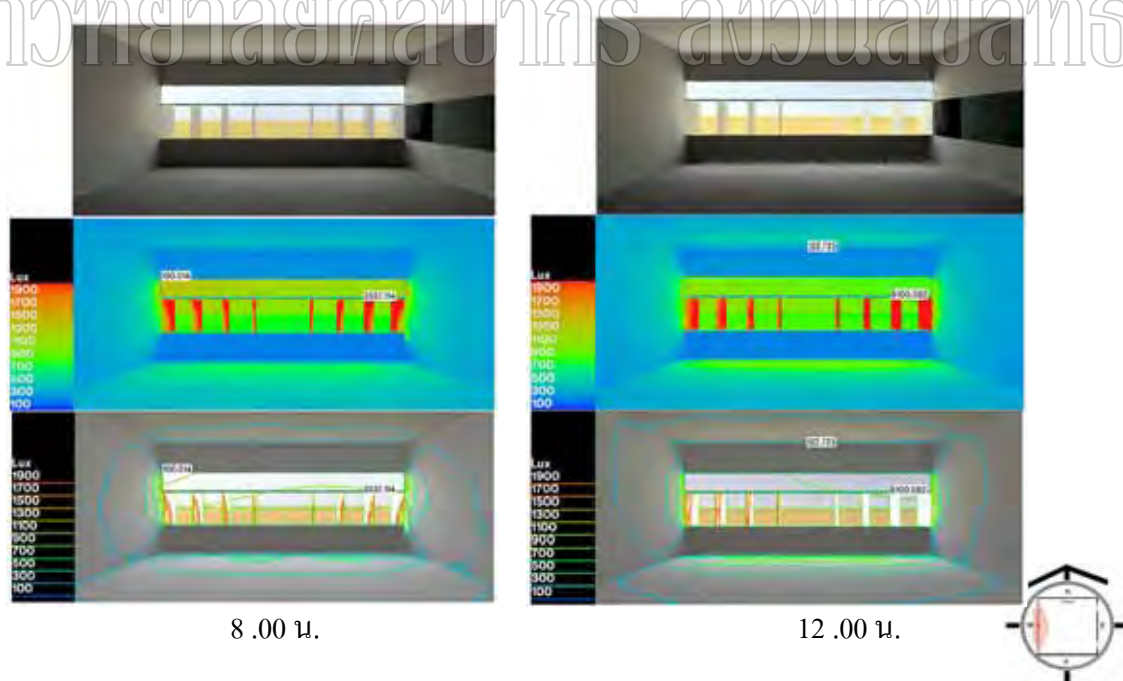


แผนภูมิที่ 53 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศ ตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

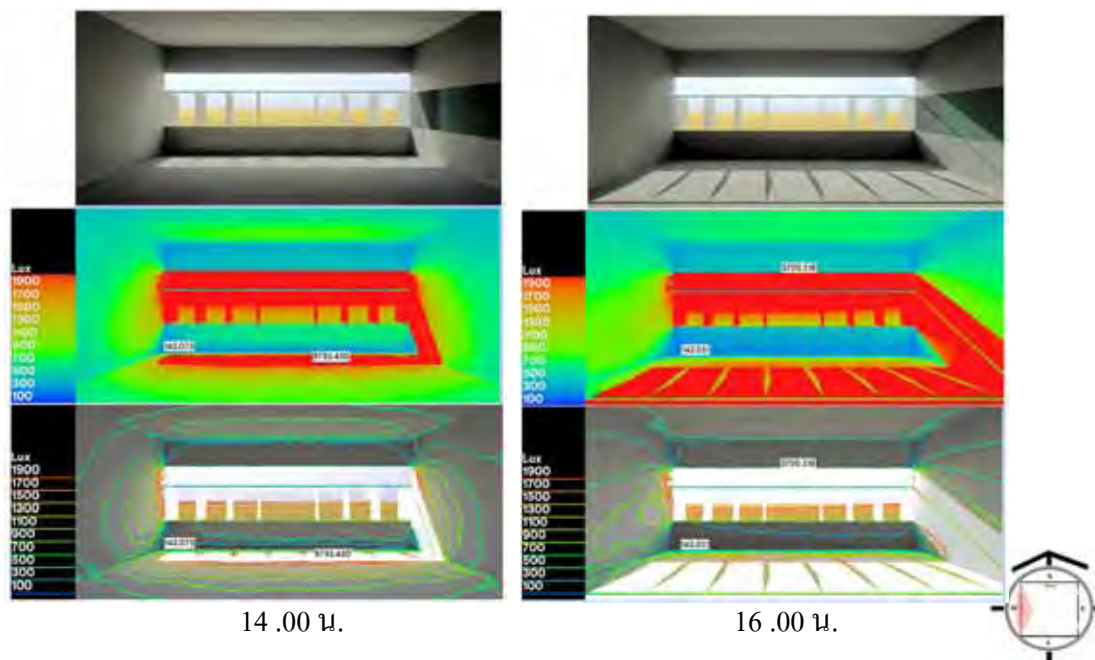


แผนภูมิที่ 54 เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 107 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

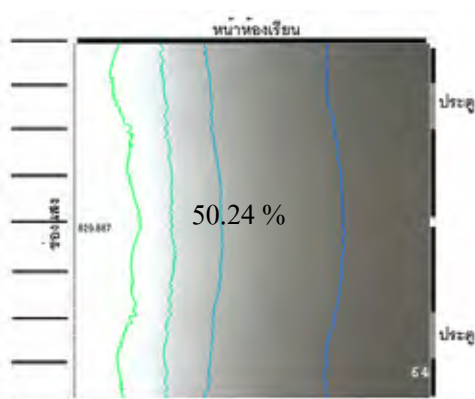


ภาพที่ 107 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

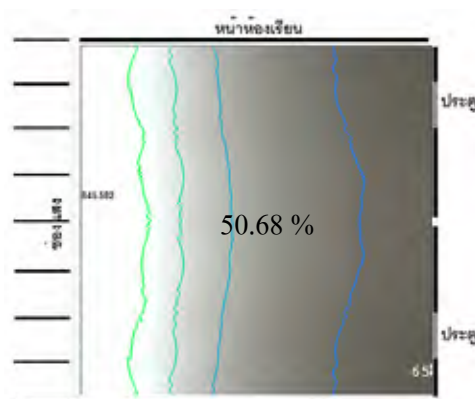
จากภาพจำลอง

แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด

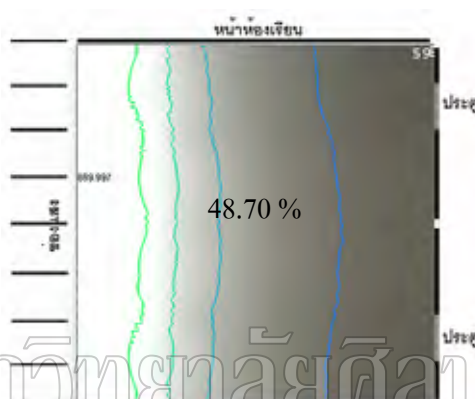
(Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุดเท่ากับ 3,537, 6,100, 9,795 และ 5,701 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 16.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 100, 123, 143 และ 143 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



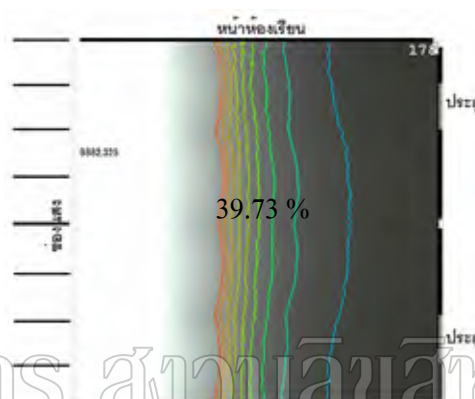
8.00 น.



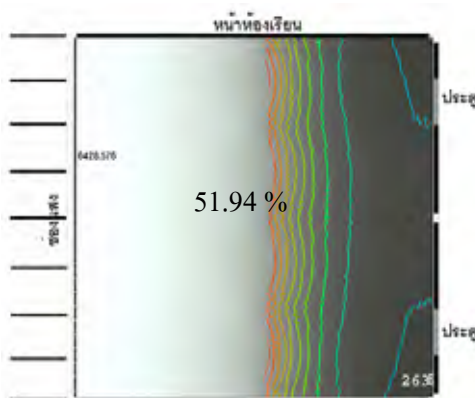
10.00 น.



12.00 น.

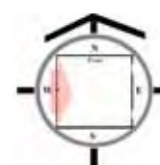


14.00 น.

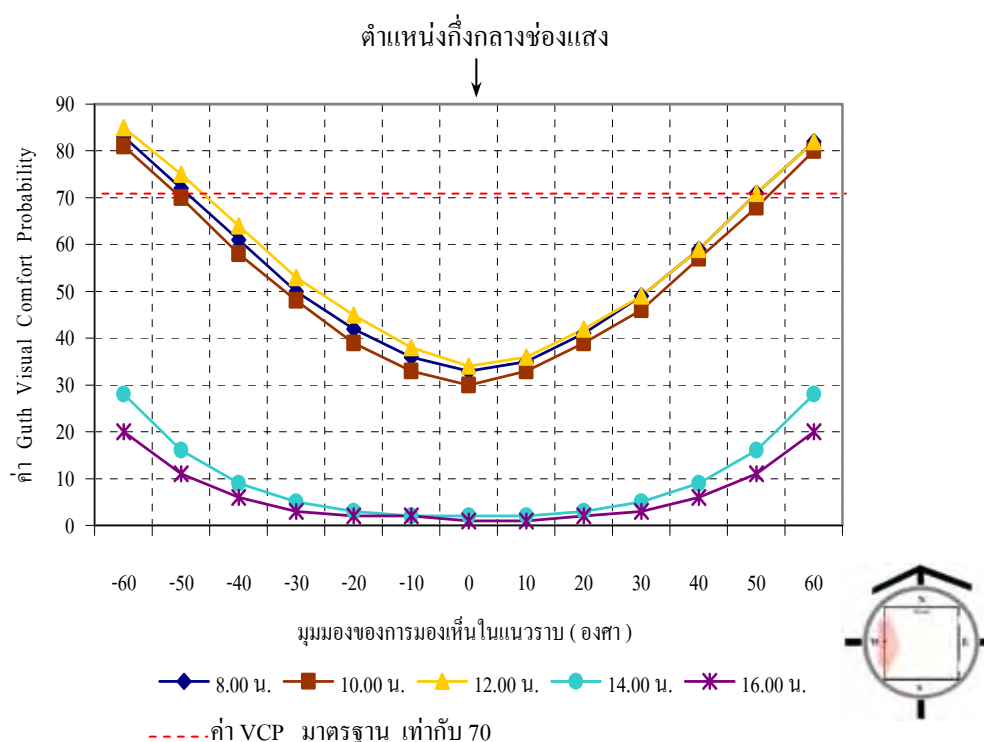


16.00 น.

ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 108 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 55 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 ม. เวลา 14.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 ม. และเวลา 16.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณเพียงพอตลอดระยะ 7 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

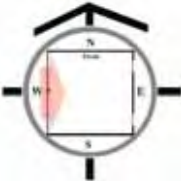
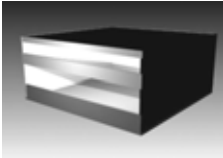
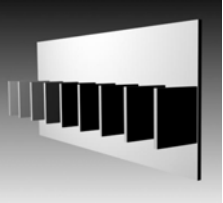
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างเท่ากับ 50.24 %, 50.68 %, 48.70 %, 39.73 % และ 51.94 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 14.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุดคือ 39.73 % และเวลา 16.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด คือ 51.94 %

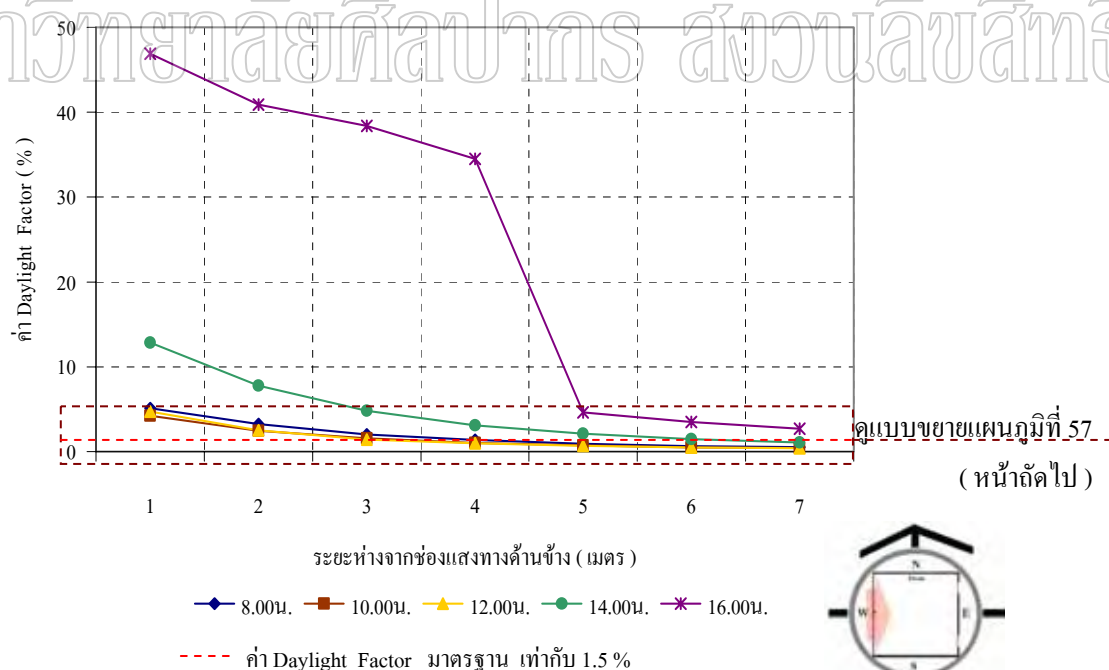
ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 มีค่า Glare แบบ VCP ในเวลา 8.00 และ 12.00 น. มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็นที่ตำแหน่งมุมมอง -60°, -50°, 50° และ 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ -40° จนถึง 40° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ในเวลา 10.00 น. ค่า Glare แบบ VCP มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง -60°, -50° และ 60°

แต่มุมมองตำแหน่งที่ -40° จนถึง 50° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนเวลา 14.00 และ 16.00 น. ทุกตำแหน่งมุมมอง มีค่า Glare แบบ VCP ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

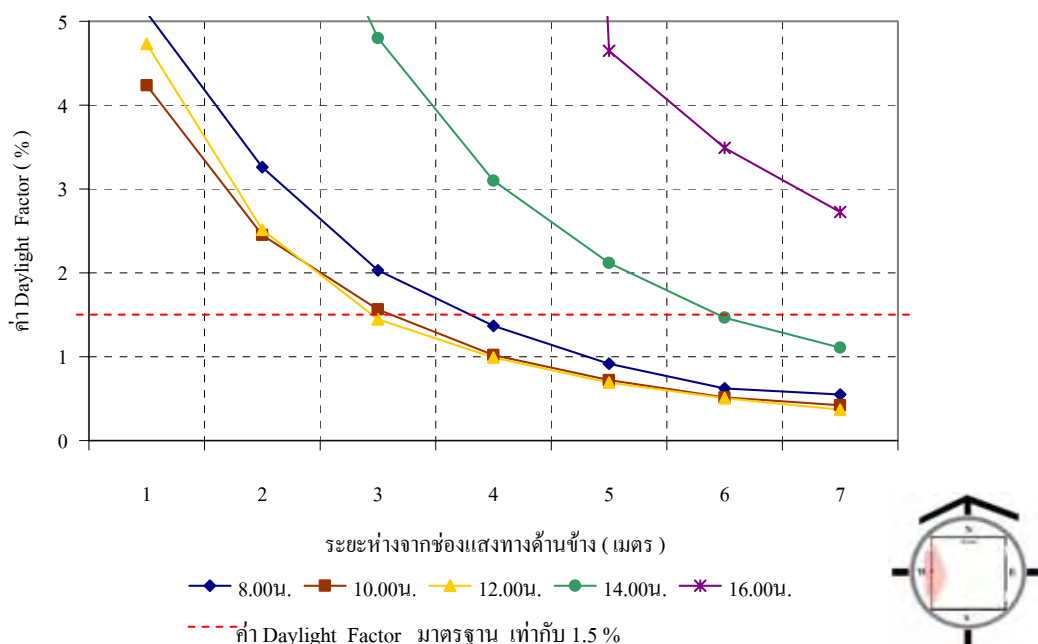
6.1.3.4 ผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 39 แสดงรายละเอียดของการทดลองในห้องเรียน 6.1.3.4 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

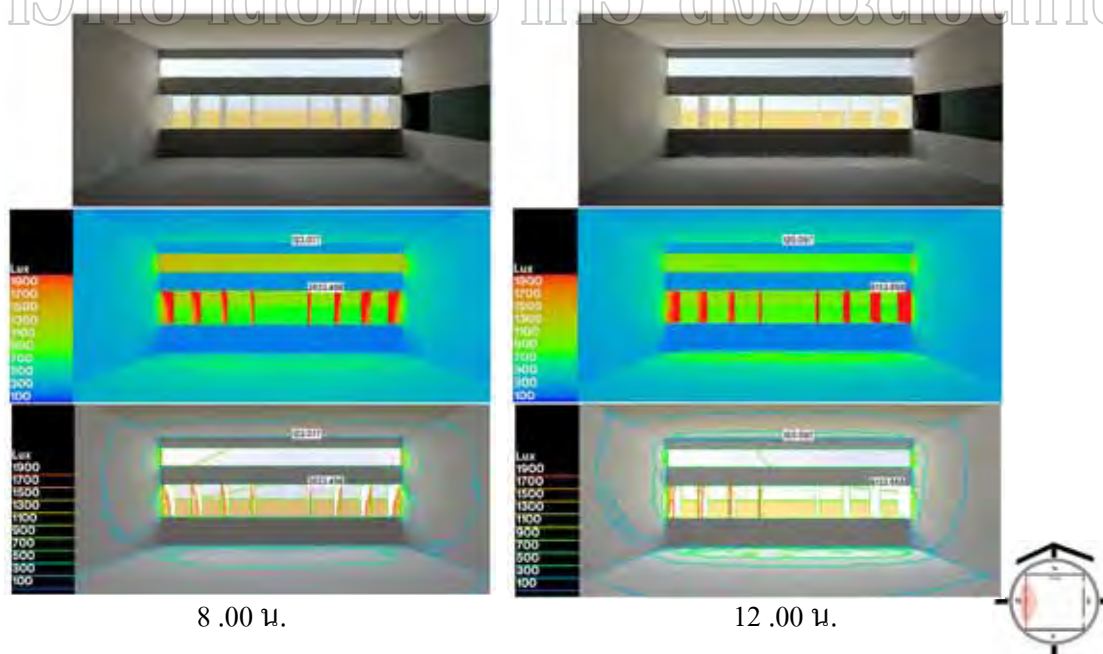
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศเหนือ	 แบบที่ 4	 อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง	



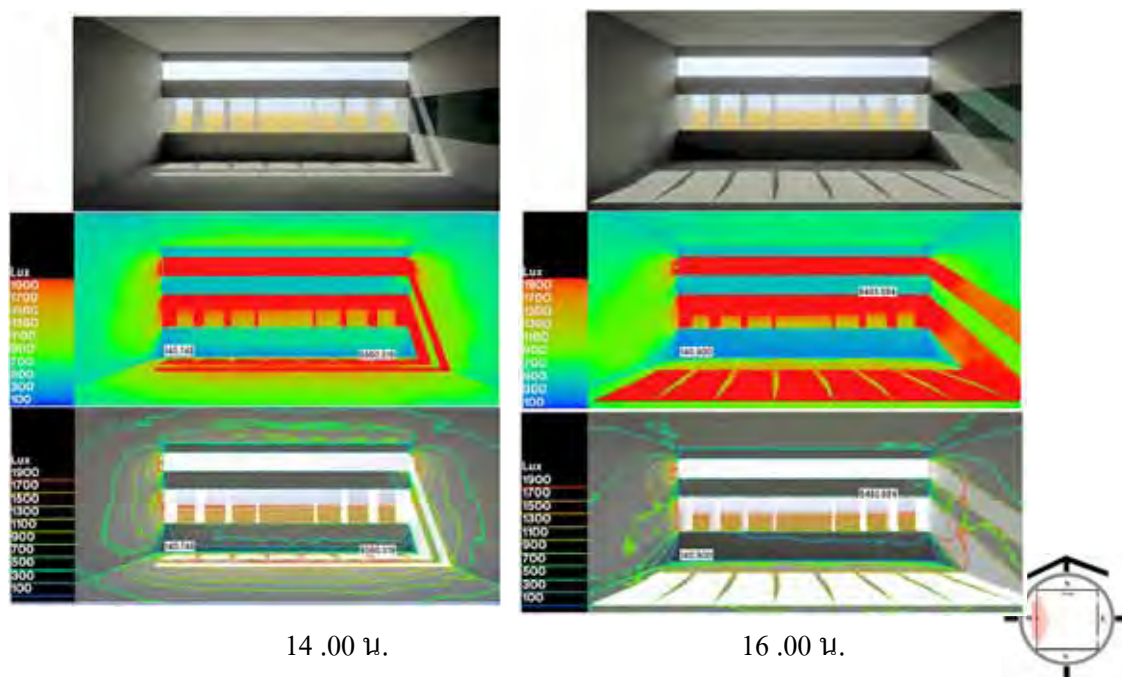
แผนภูมิที่ 56 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 57 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



ภาพที่ 109 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



14 .00 น.

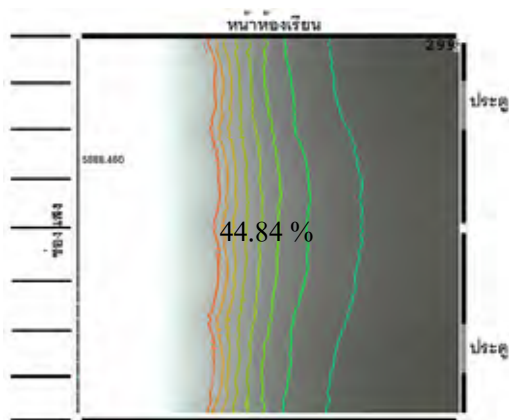
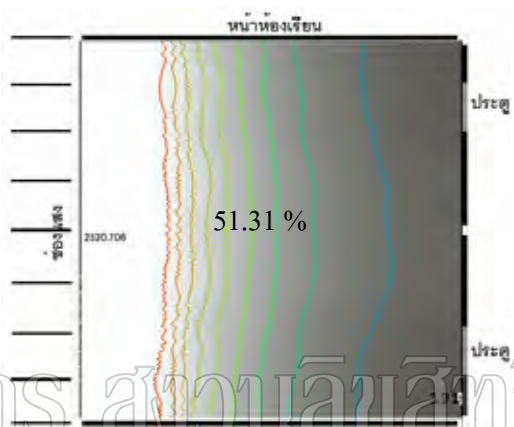
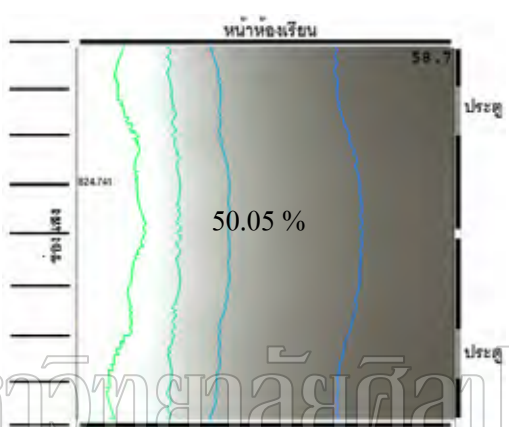
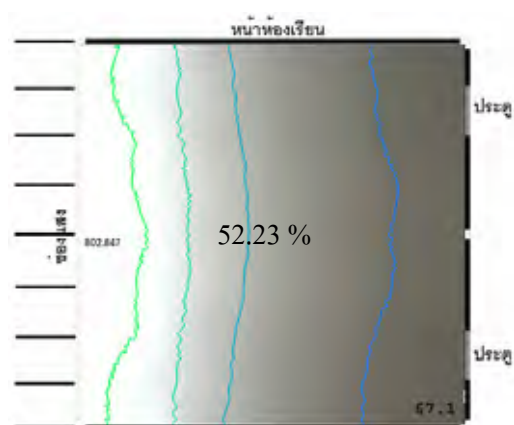
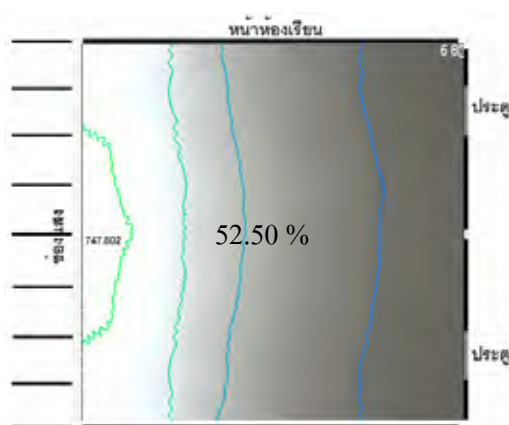
16 .00 น.

ภาพที่ 109 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

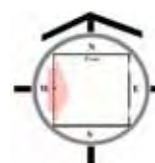
จากภาพจำลอง

แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด

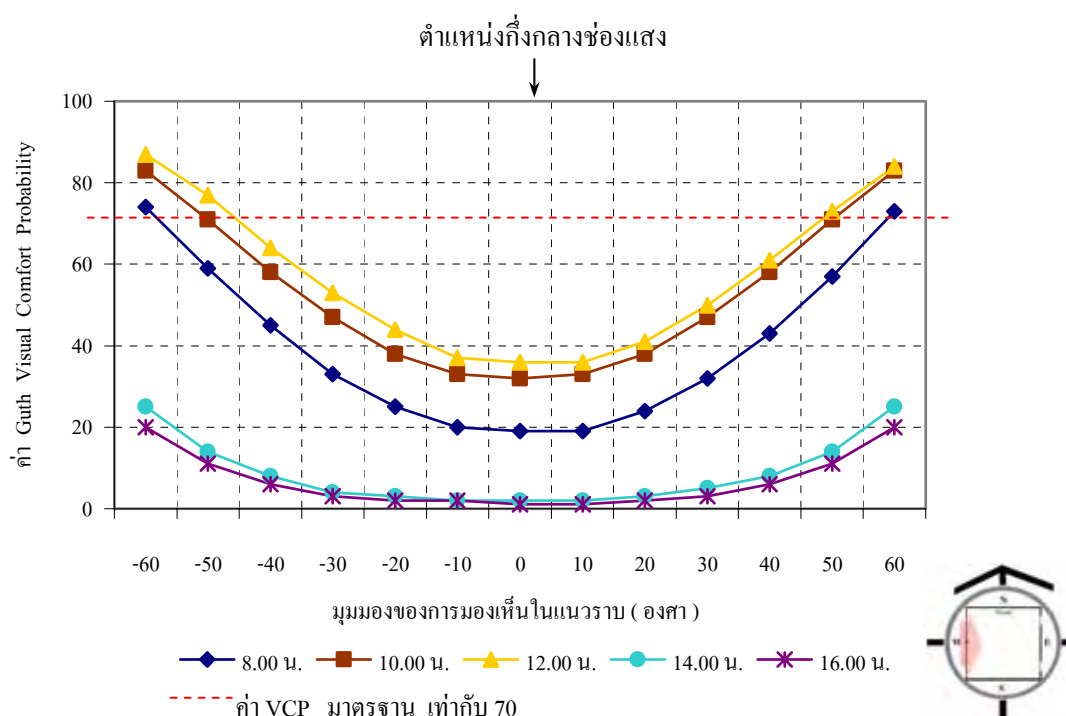
(Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 3,623, 6,154, 9,561 และ 6,486 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 16.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 123, 120, 141 และ 141 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 110 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 58 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ค่า Daylight Factor เวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. ที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง ส่วน ณ เวลา 14.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 6 เมตร และ ณ เวลา 16.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณเพียงพอตลอดระยะ 7 เมตรจากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

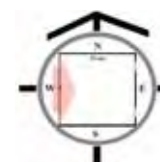
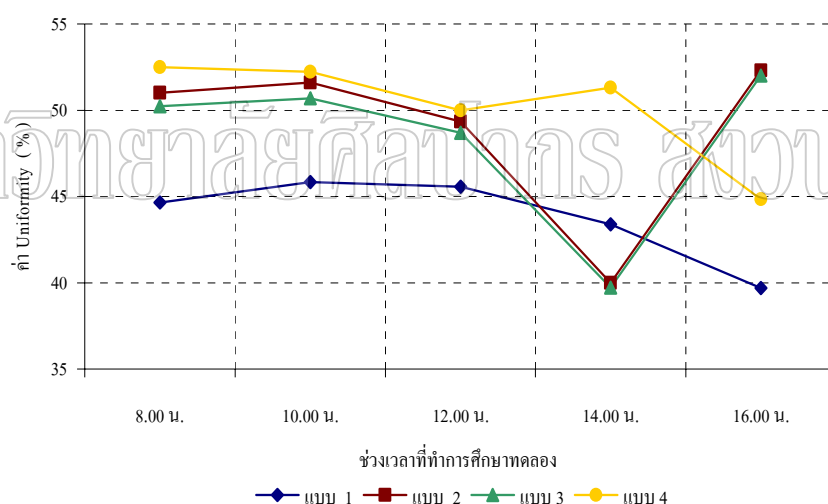
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง เท่ากับ 52.50 %, 52.23 %, 50.05 %, 51.31 % และ 44.84 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 16.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุดคือ 44.84 % และเวลา 8.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด คือ 52.50 %

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่า VCP ในเวลา 8.00 น. มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° และ 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 50° จนถึง 50° มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด ในเวลา 10.00 และ 12.00 น. ค่า Glare แบบ

VCP มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60°, - 50°, 50° และ 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 40° จนถึง 40° มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด ส่วนในเวลา 14.00 และ 16.00 น. ทุกตำแหน่งมุมมอง มีค่า Glare แบบ VCP ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด

6.1.3.5 การวิเคราะห์ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1- 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ค่า Daylight Factor เวลา 8.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 ม. ณ เวลา 10.00 และ 12.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 1 ม. ณ เวลา 14.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 ม. ณ เวลา 16.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น



แผนภูมิที่ 59 เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น. , 10.00 น. , 12.00 น. , 14.00 น. และ 16.00 น.

ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ณ วันที่ 23 กันยายน ณ เวลา 8.00, 10.00 และ 12.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 ม. ซึ่งให้ค่า Daylight Factor ในระยะที่ต่ำกว่าลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 จากตำแหน่งช่องแสงทางด้านข้าง และ ณ เวลา 14.00 น. ลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 และ 3 มีค่า Daylight Factor เพียงพอต่อการใช้

งานในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 ม. แต่ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่า Daylight Factor เพียงพอต่อการใช้งานในช่วงระยะห่างไม่เกิน 6 ม. จากตำแหน่งช่องแสงทางด้านข้าง และ ณ เวลา 16.00 น. ทั้ง 3 ลักษณะช่องแสง มี ค่า Daylight Factor เพียงพอต่อการใช้งาน ในช่วงระยะห่างไม่เกิน 7 ม. และมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

จากแผนภูมิที่ 56 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 – 4 ซึ่งลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด และให้ค่าที่คงที่มากที่สุดทุก ๆ ช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ทดลอง ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 และ 3 ให้ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยกว่าแบบที่ 4 แต่ไม่ให้ค่าที่คงที่ และลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ให้ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุด แต่ให้ค่าที่คงที่เช่นเดียวกับแบบที่ 4

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีค่า Glare แบบ VCP เวลา 8.00 น. มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60°, - 50°, 50° และ 60° แต่ตำแหน่งมุมมองอื่นมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ในเวลา 10.00 น. ค่า Glare แบบ VCP มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60°, - 50°, - 40°, 40°, 50° และ 60° แต่ตำแหน่งมุมมองอื่น มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ในเวลา 12.00 น. ค่า Glare แบบ VCP มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° จนถึง - 30° และ 30° จนถึง 60° แต่ตำแหน่งมุมมองอื่น มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ส่วนเวลา 14.00 และ 16.00 น. ค่า Glare แบบ VCP มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° และ 60° แต่ตำแหน่งมุมมองอื่น มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 และ 4 มีค่า VCP ในเวลา 8.00 น. มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° และ 60° แต่ตำแหน่งอื่น มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ในเวลา 10.00 และ 12.00 น. ค่า Glare VCP มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60°, - 50°, 50° และ 60° แต่ตำแหน่งมุมมองอื่น มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 มีค่า Glare แบบ VCP ในเวลา 8.00 และ 12.00 น. มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60°, - 50°, - 50° และ 60° แต่ตำแหน่งมุมมองอื่นมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ในเวลา 10.00 น. ค่า Glare แบบ VCP มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60°, - 50° และ 60° แต่ตำแหน่งมุมมองอื่น มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน

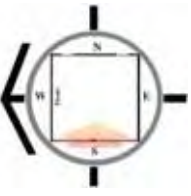
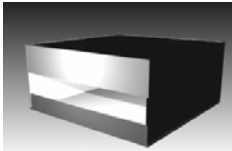
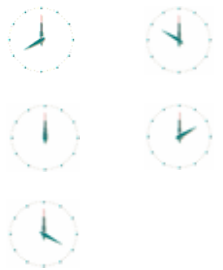
ส่วนในเวลา 14.00 และ 16.00 น. ลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 4 ทุกตำแหน่งมุมมอง มีค่า Glare แบบ VCP ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด

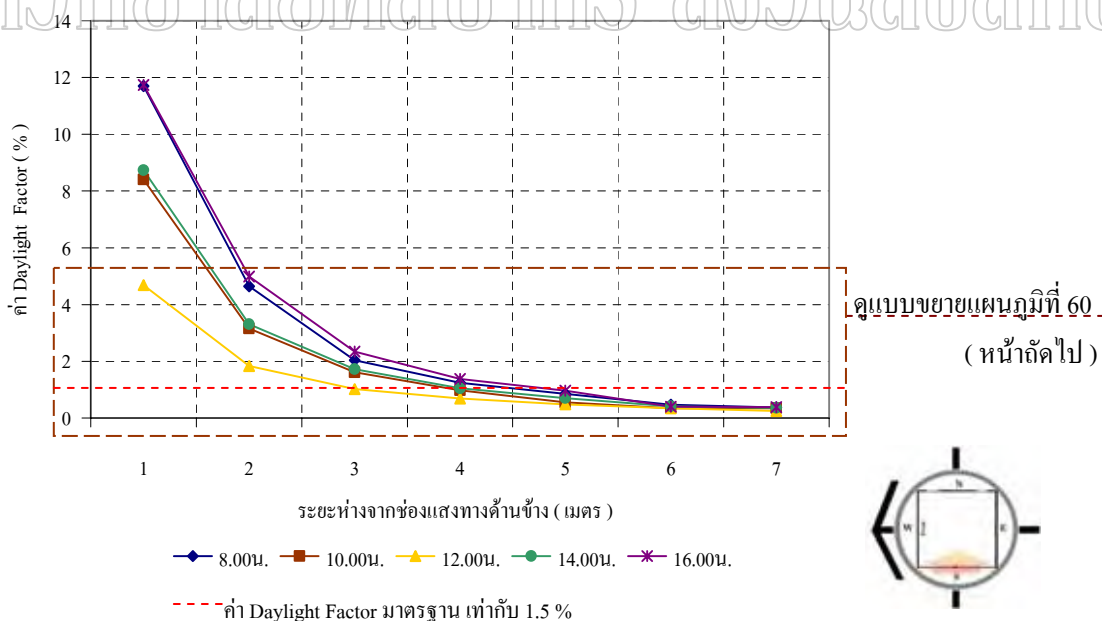
6.2 ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้

6.2.1 ผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงแตกต่างกันทั้ง 4 แบบโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด

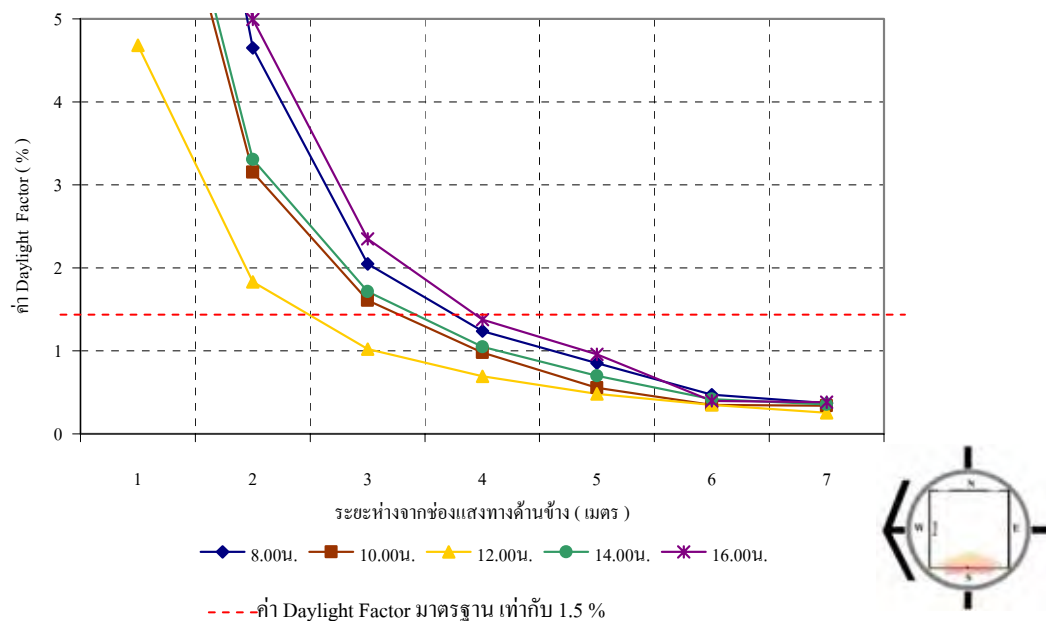
6.2.1.1 ผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 40 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.2.1.1 ที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
			
ทิศตะวันตก	แบบที่ 1	ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	

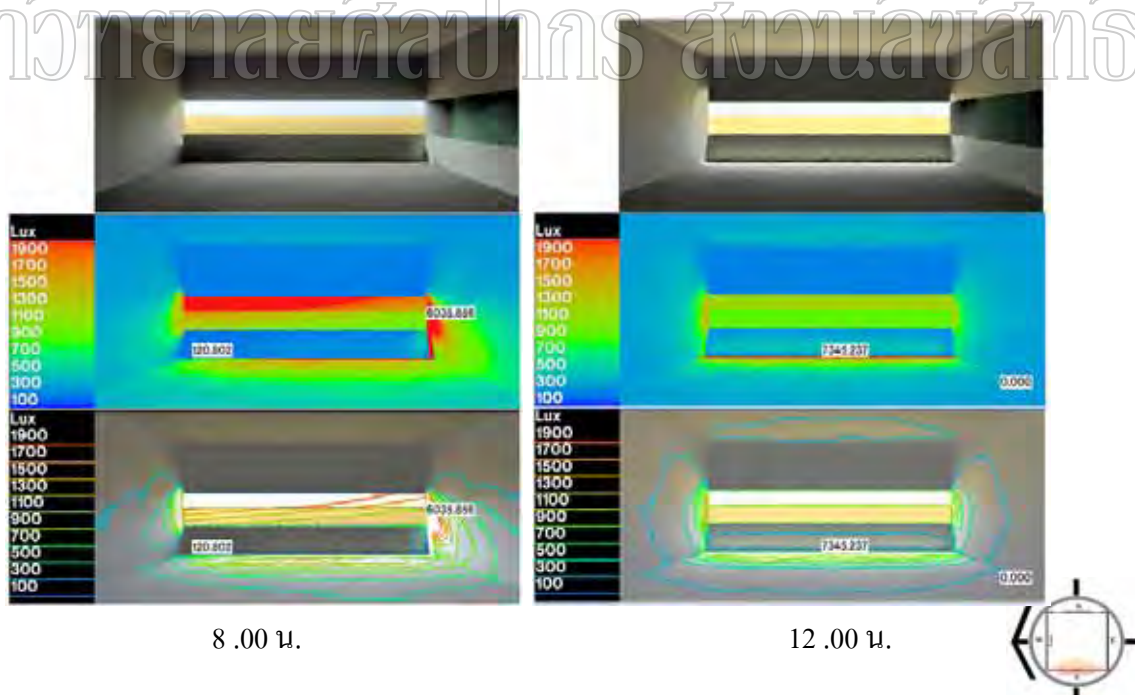


แผนภูมิที่ 60 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

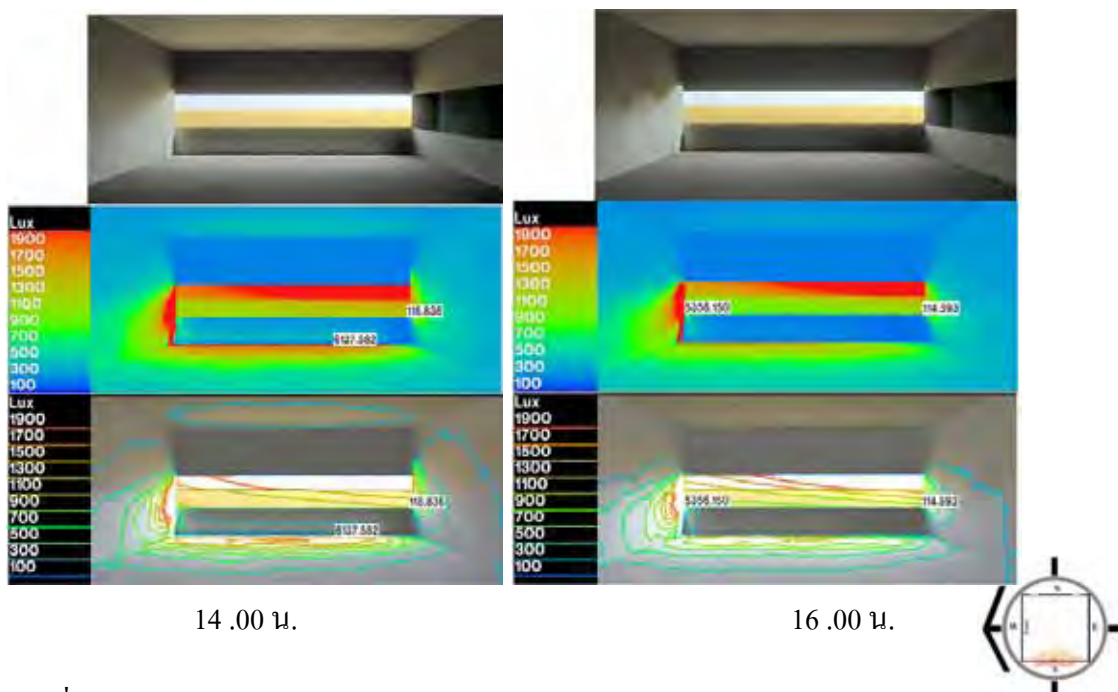


แผนภูมิที่ 60 (ต่อ) เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

มหาวิทยาลัยศิลปากร ส่วนลิขสิทธิ์



ภาพที่ 111 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

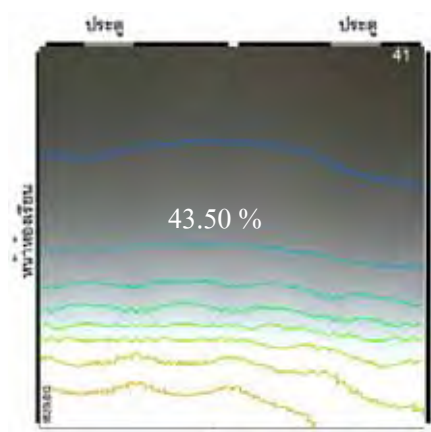


ภาพที่ 111 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

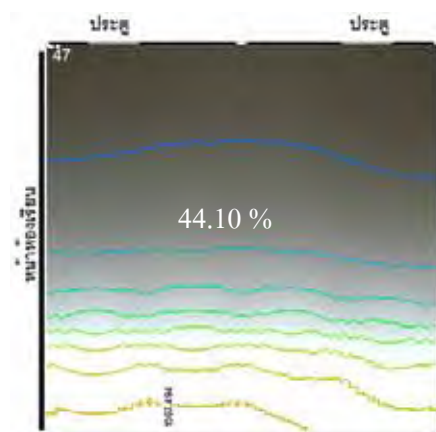
มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

จากภาพจำลอง แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด

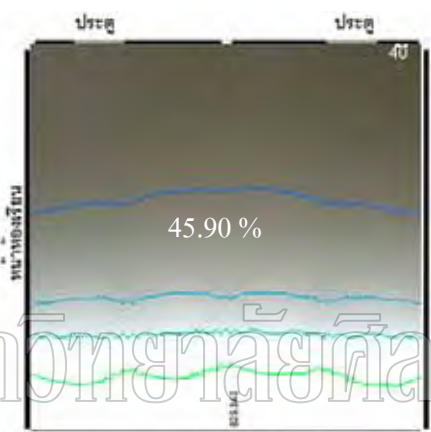
(Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 6,036, 7,345, 6,138 และ 5,356 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 14.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 121, 0, 119 และ 115 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 12.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



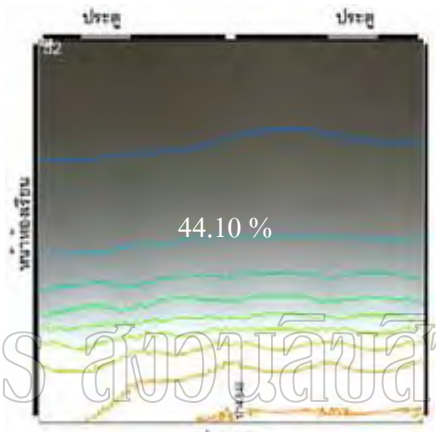
8.00 น.



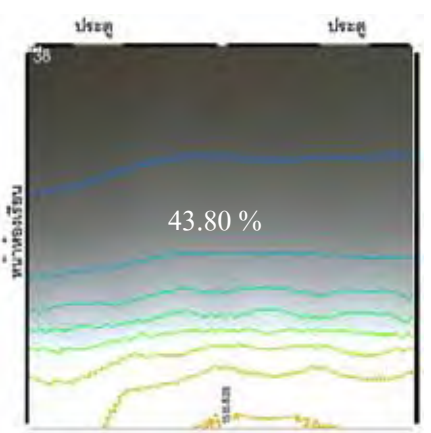
10.00 น.



12.00 น.

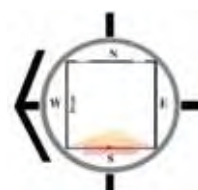


14.00 น.

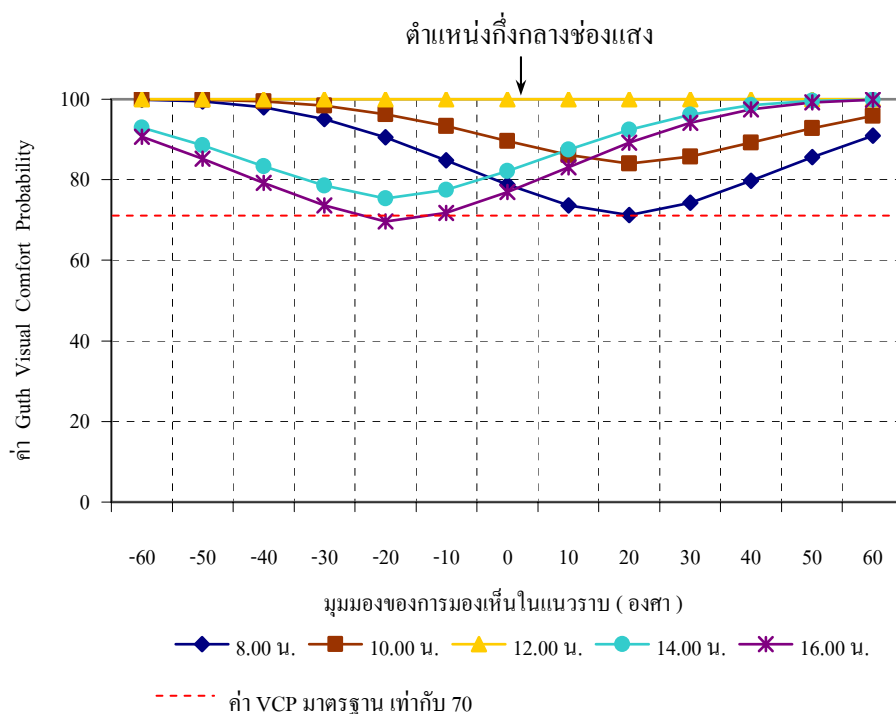


16.00 น.

ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 112 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 61 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23

กันยายน

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บัง

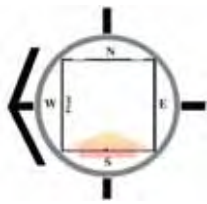
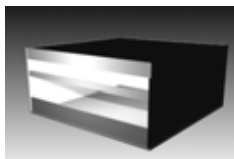
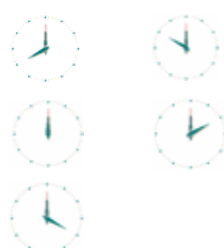
แดด ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00, 10.00, 14.00 และ 16.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง ณ เวลา 12.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

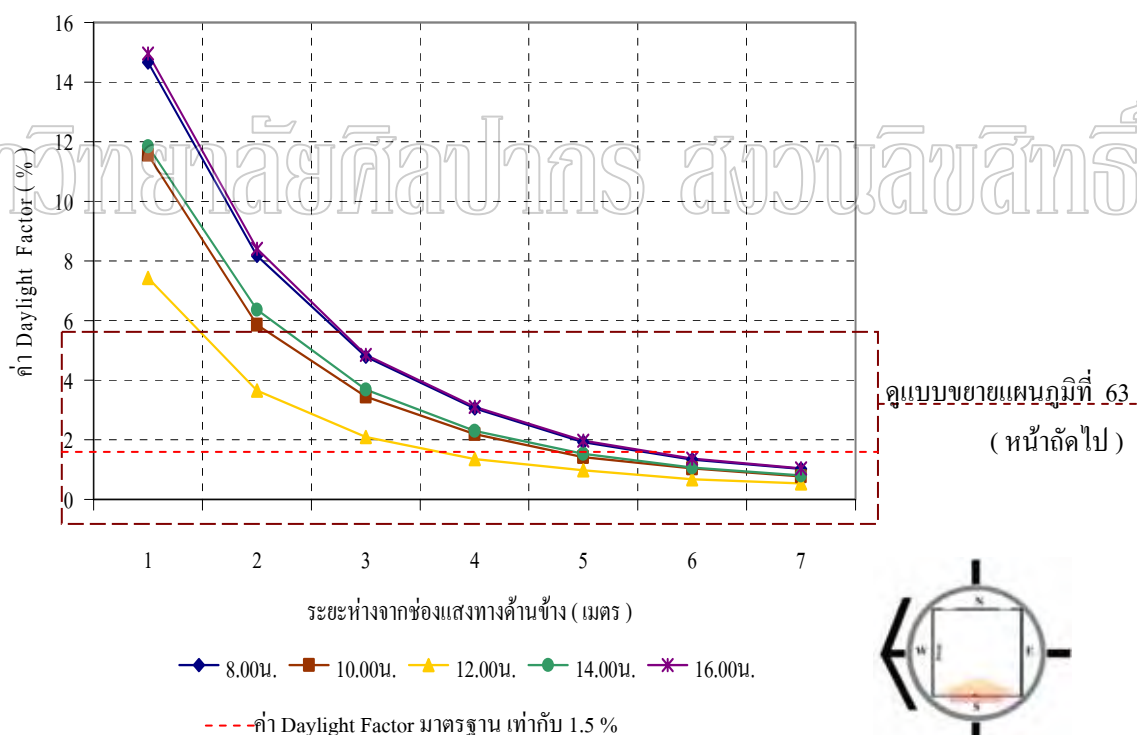
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างเท่ากับ 43.50%, 44.10 %, 45.90 %, 44.10 % และ 43.80 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 8.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุด คือ 43.50 % และเวลา 12.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด คือ 45.90 %

ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีค่า Glare แบบ VCP ทุกๆช่วงเวลาที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ ทุกตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นในแนวราบ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

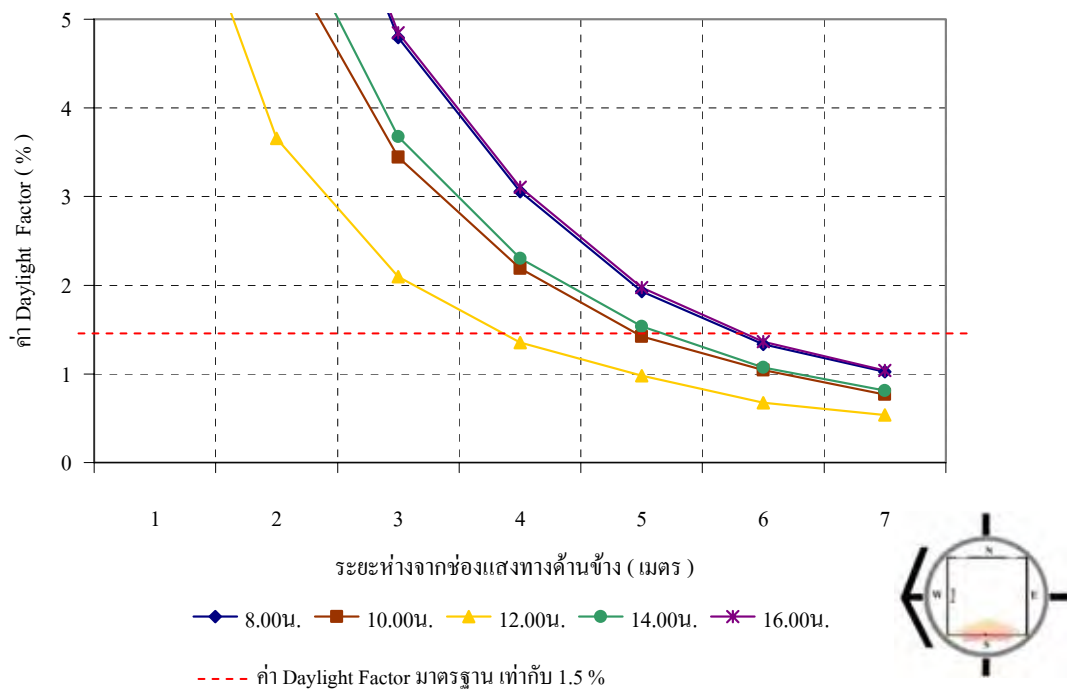
6.2.1.2 ผลการทดลองของห้องเรียนแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 41 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.2.1.2 ที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

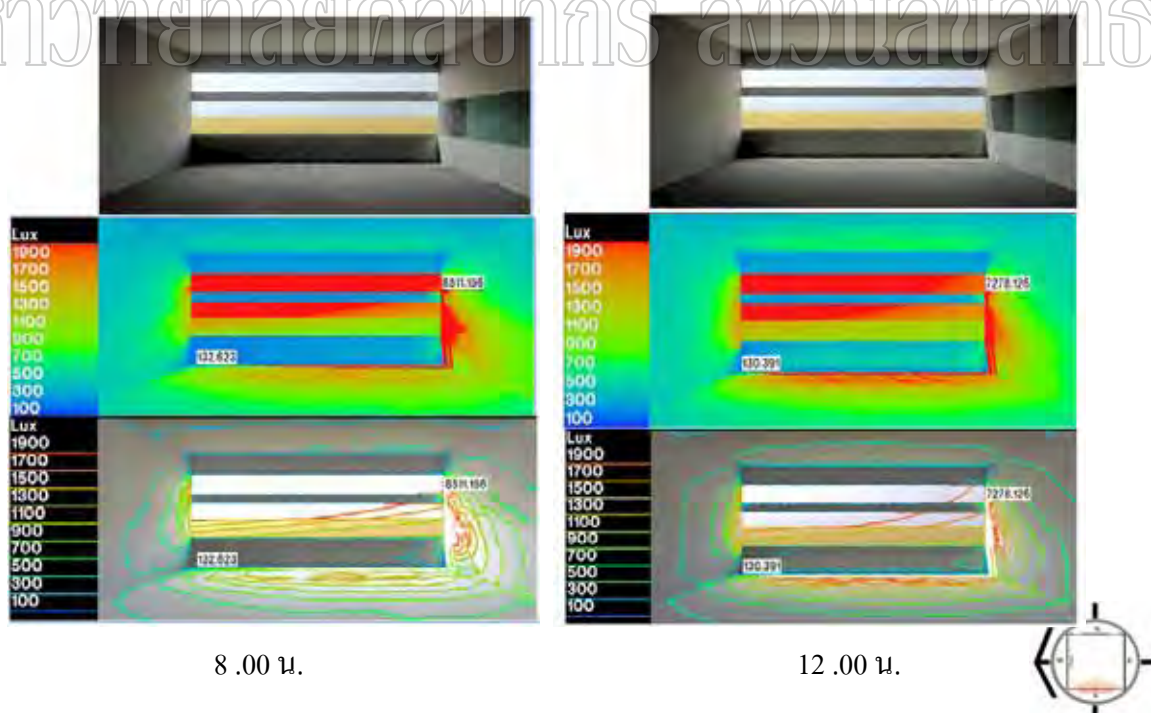
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศตะวันออก	 แบบที่ 2	 ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	



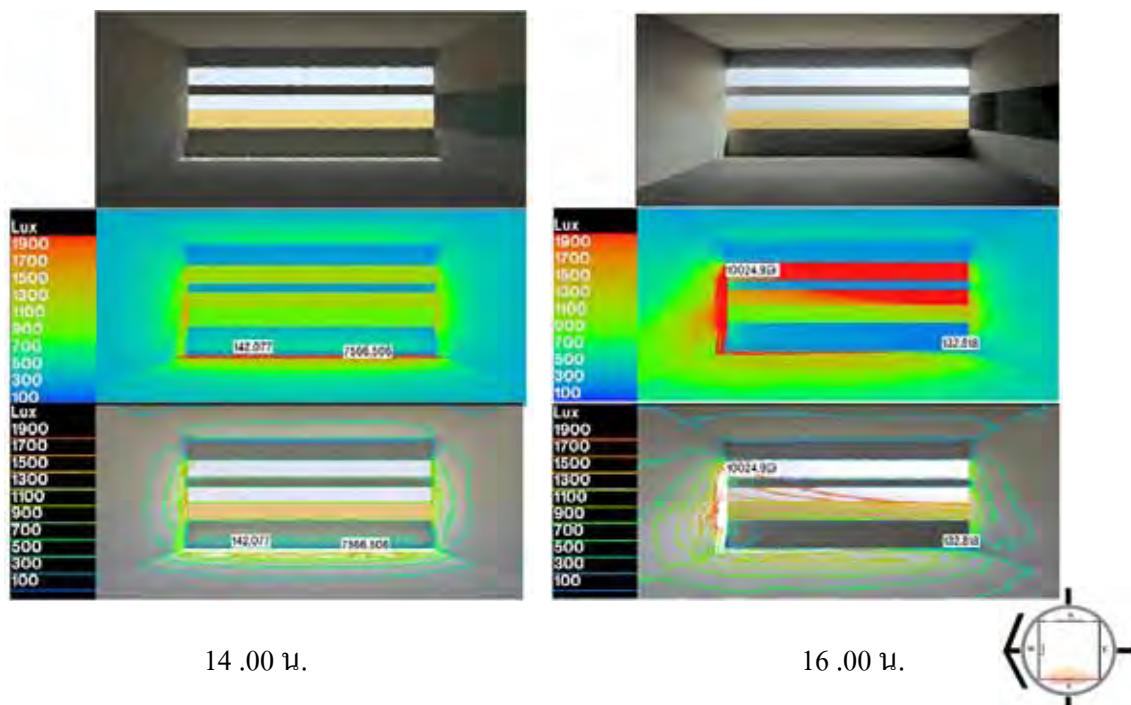
แผนภูมิที่ 62 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 63 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้าง อยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

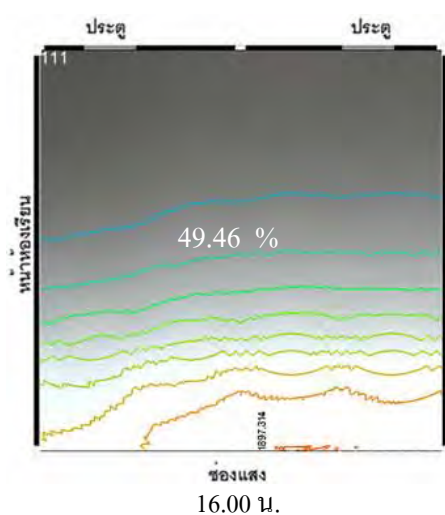
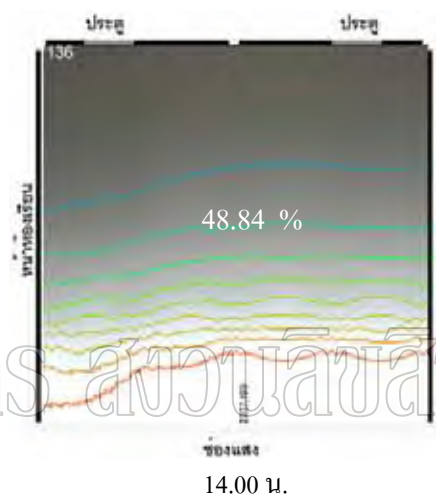
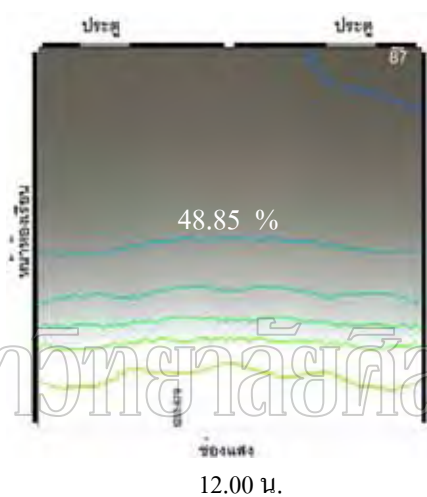
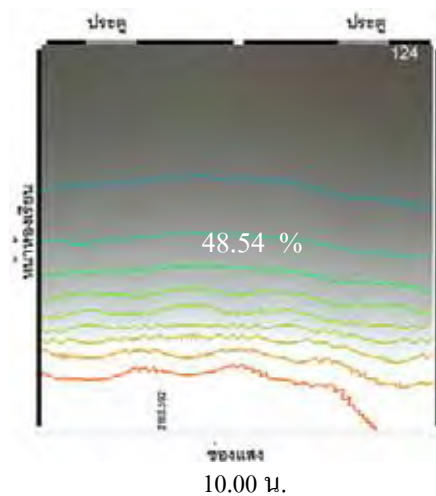
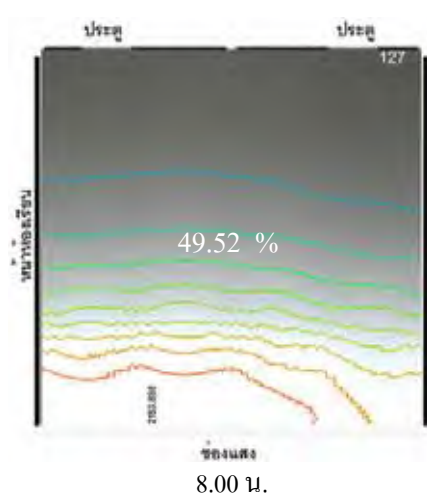


ภาพที่ 113 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มี ช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

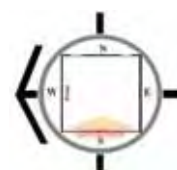


ภาพที่ 113 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

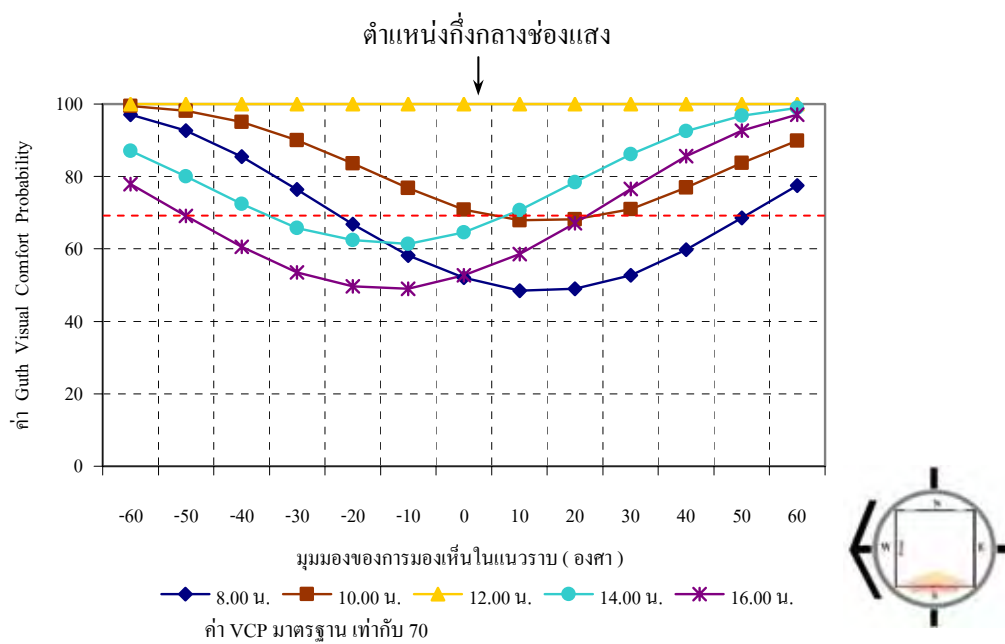
จากภาพจำลอง แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด (Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 8,511, 7,278, 7,566 และ 10,025 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 16.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 133, 130, 142 และ 133 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 14.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 114 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 64 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00 และ 16.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 เมตร ณ เวลา 10.00 และ 14.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 เมตร ส่วนเวลา 12.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

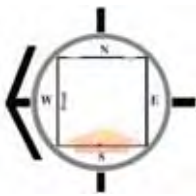
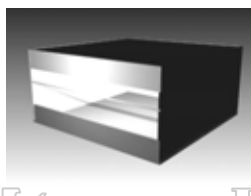
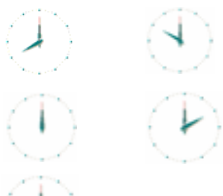
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างเท่ากับ 49.52 %, 48.54 %, 48.85 %, 48.84 % และ 49.46 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 10.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง น้อยที่สุดคือ 48.54 % และเวลา 8.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด คือ 49.52 %

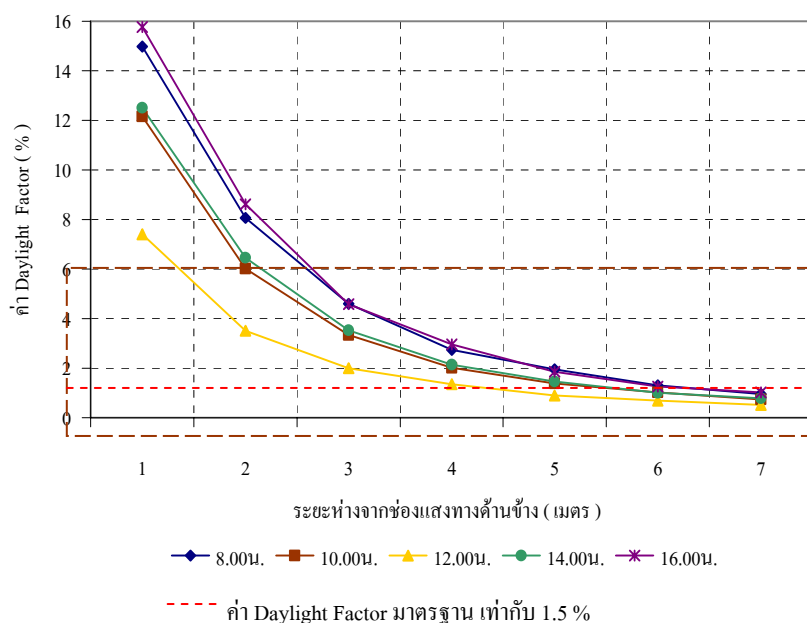
ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 ณ เวลา 8.00 น. มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็นที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° จนถึง - 30° และ ที่ตำแหน่งมุมมอง 60° แต่ที่ตำแหน่งมุมมอง - 20° จนถึง 50° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนเวลา 10.00 น. มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็นที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° จนถึง 0° และ ที่ตำแหน่งมุมมอง 30° จนถึง 60° แต่ที่ตำแหน่งมุมมอง 10° และ 20° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เวลา 14.00 น. มีสภาวะที่สบายตา

ต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° จนถึง - 40° และ 10° จนถึง 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ -30° จนถึง 0° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เวลา 16.00 น. มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° และ 30° จนถึง 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ -50° จนถึง 20° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนในเวลา 12.00 น. ทุกตำแหน่งมุมมองมีค่า Glare แบบ VCP อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

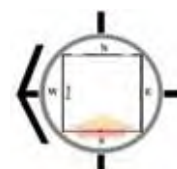
6.2.1.3 ผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 42 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.2.1.3 ที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

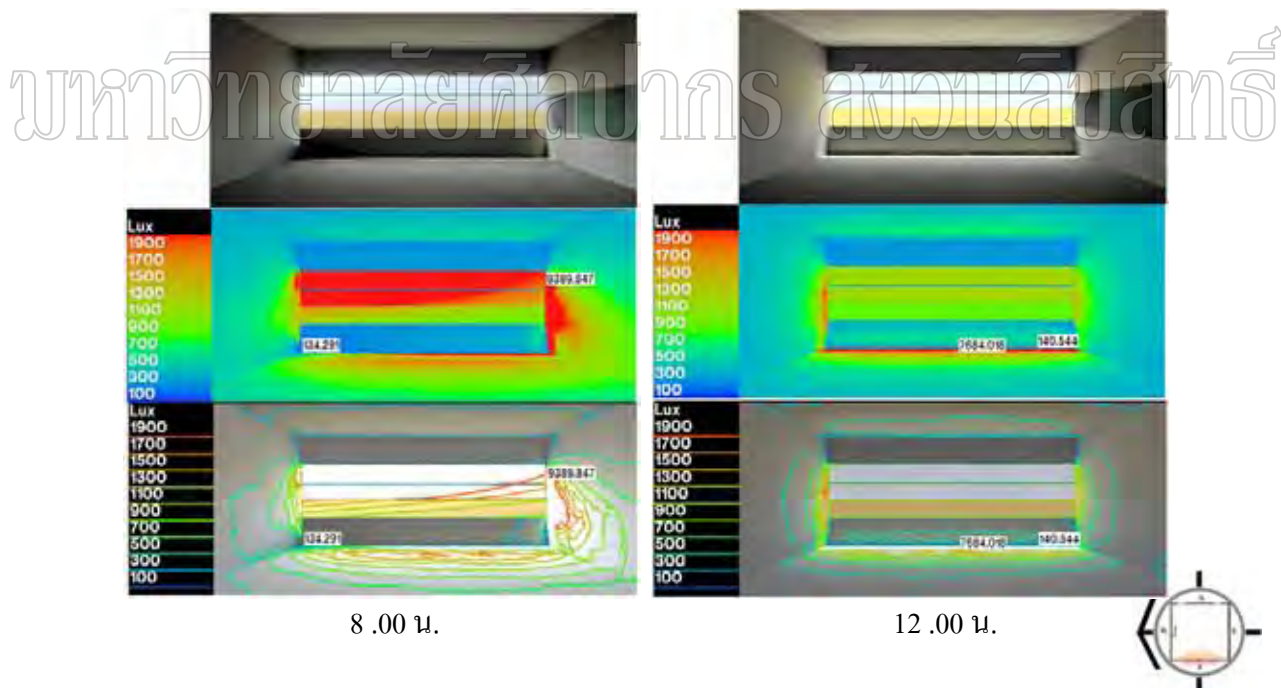
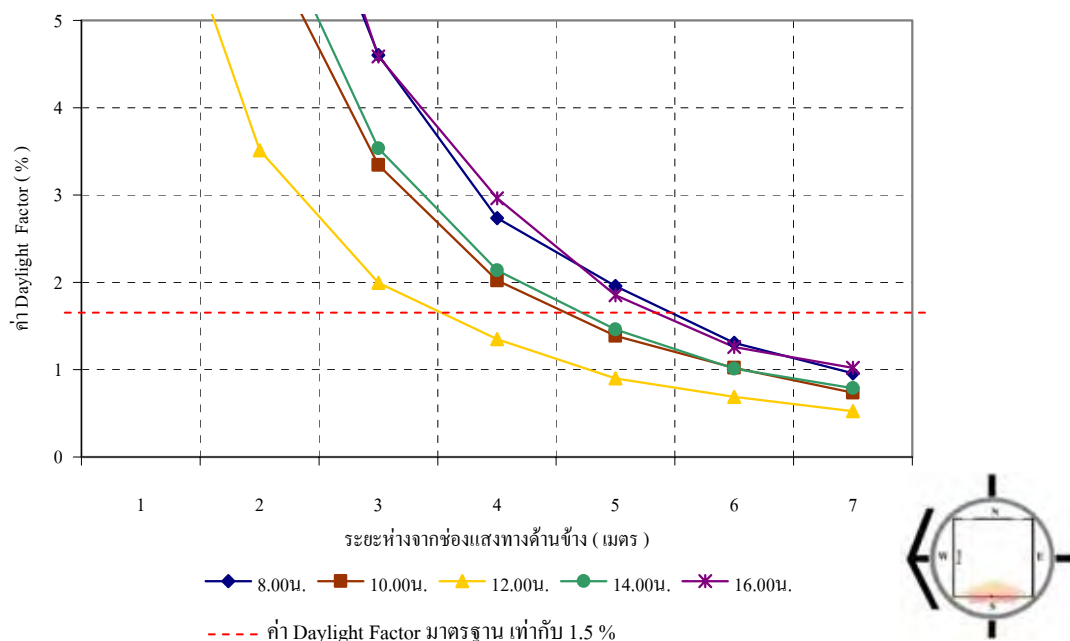
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
			
ทิศตะวันตก	แบบที่ 3	ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	

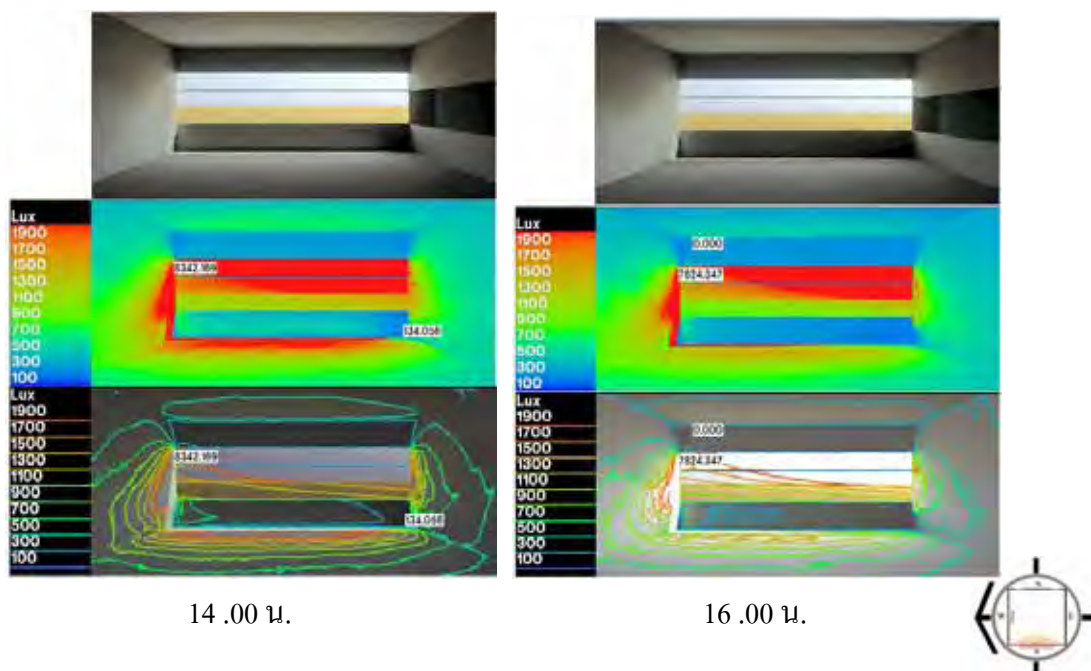


ดูแบบขยายแผนภูมิที่ 66
(หน้าถัดไป)



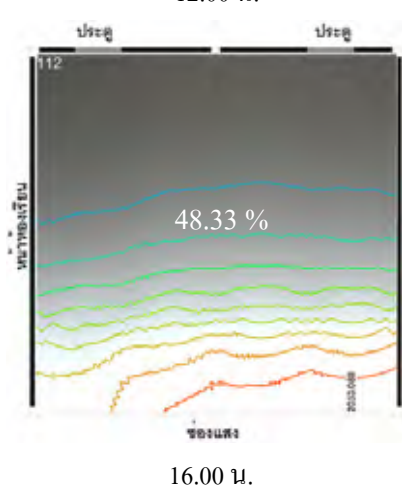
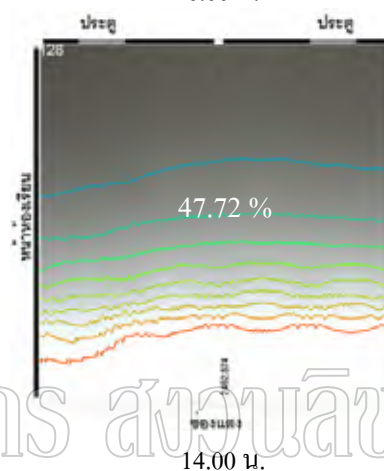
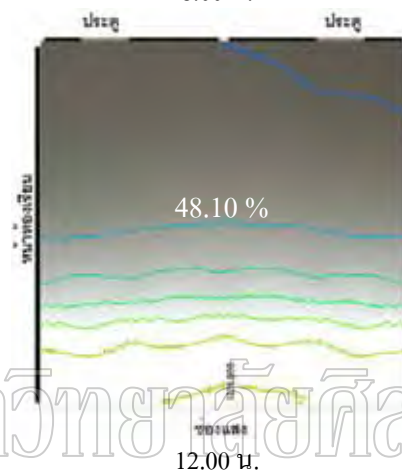
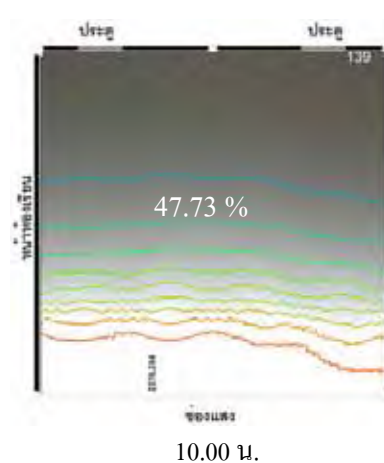
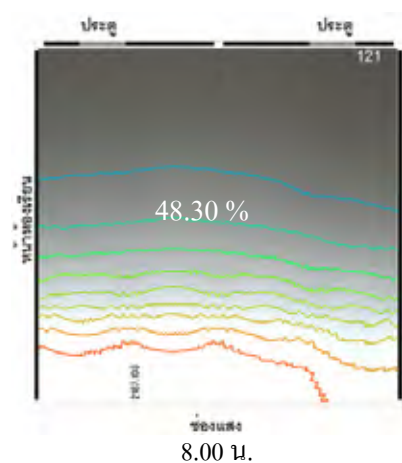
แผนภูมิที่ 65 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน



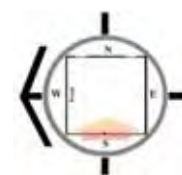


ภาพที่ 115 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

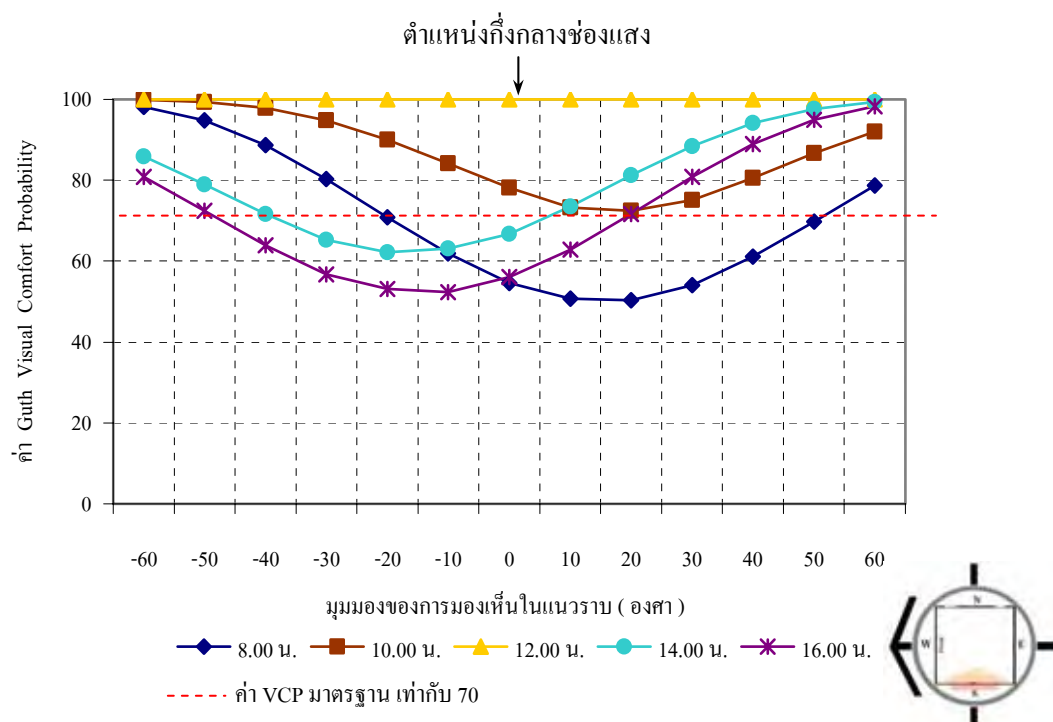
จากภาพจำลอง แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด (Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น.โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 9,390, 7,684, 8,342 และ 7,824 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 134, 141, 134 และ 0 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 12.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 116 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 67 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00 และ 16.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 5 ม. ณ เวลา 10.00 และ 14.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 4 ม. ส่วน ณ เวลา 12.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 3 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

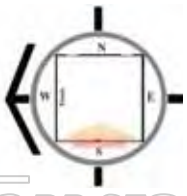
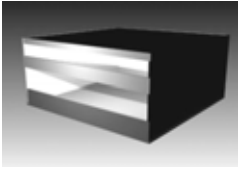
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างเท่ากับ 48.30 %, 47.73 %, 48.10 %, 47.72 % และ 48.33 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 14.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุดคือ 47.72 % และเวลา 16.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุดคือ 48.33 %

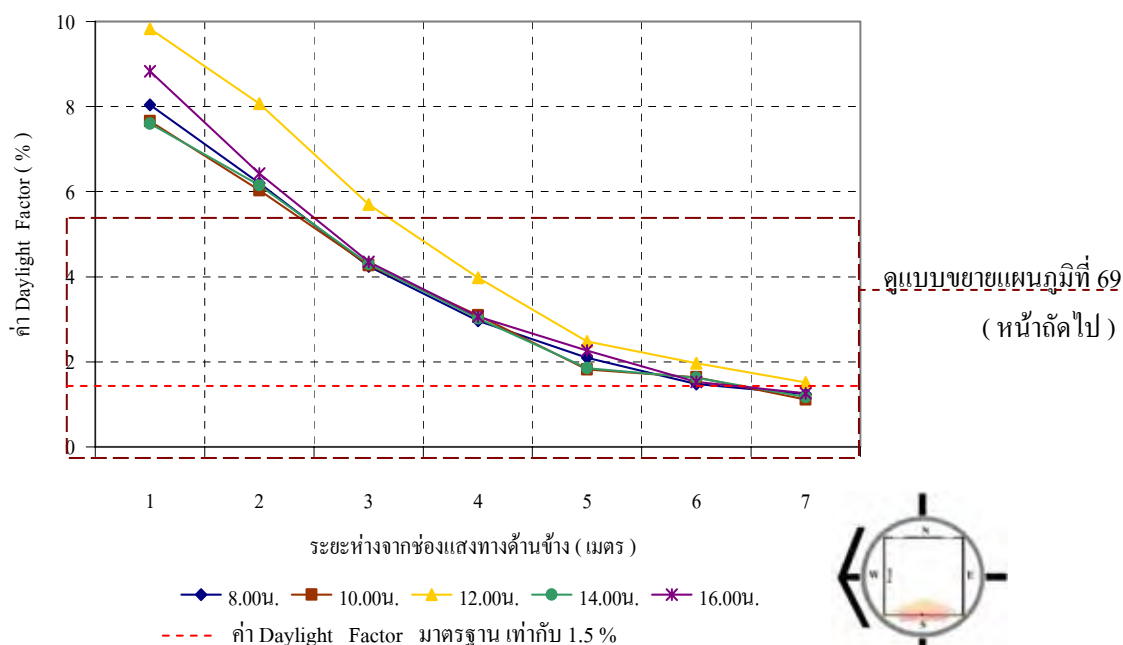
ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 มีค่า Glare แบบ VCP ณ เวลา 8.00 น. มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็นที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° จนถึง - 20° และ ที่ตำแหน่งมุมมอง 50° และ 60° แต่ที่ตำแหน่งมุมมอง - 10° จนถึง 40° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนเวลา 14.00 น. มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็นที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° จนถึง - 40° และ 10°

จนถึง 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ -30° จนถึง 0° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เวลา 16.00 น. มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง -50° , -60° และ 20° จนถึง 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ -40° จนถึง 10° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนในเวลา 10.00 และ 12.00 น. ทุกตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นมีค่า Glare แบบ VCP อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

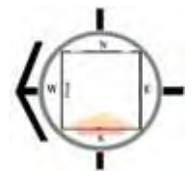
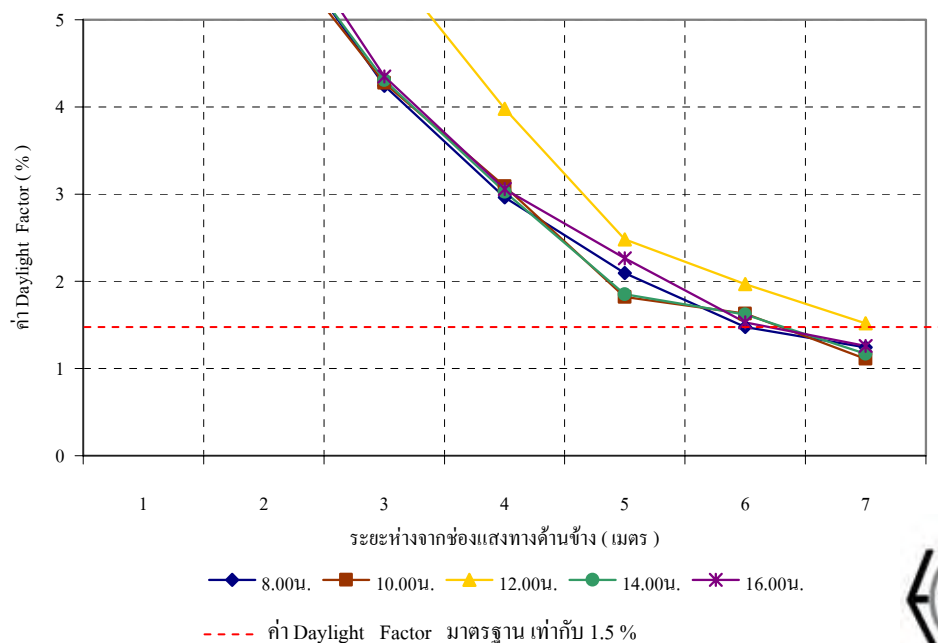
6.2.1.4 ผลการทดลองของห้องเรียนแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 43 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.2.1.4 ที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

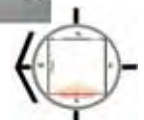
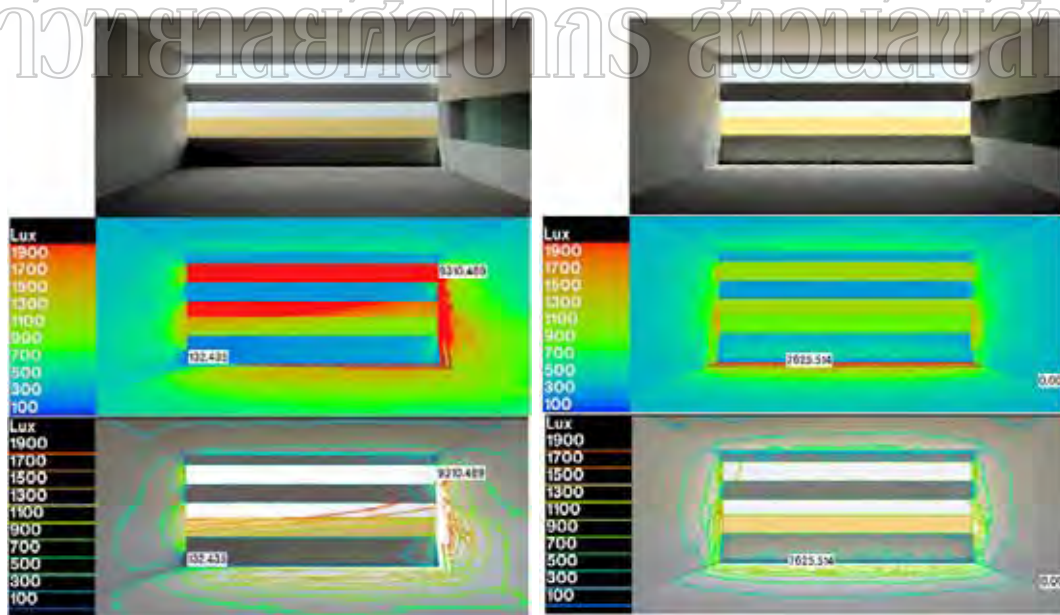
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศตะวันตก	 แบบที่ 4	 ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	



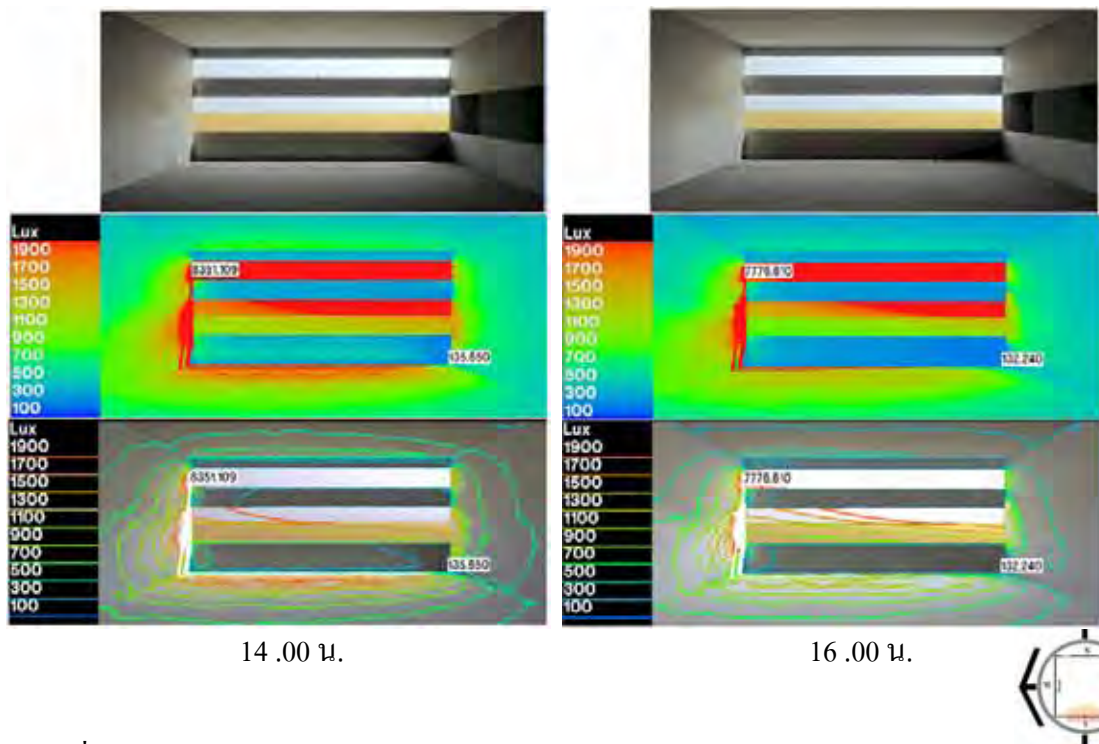
แผนภูมิที่ 68 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 69 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

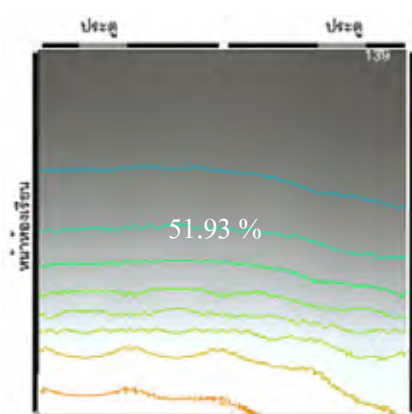


ภาพที่ 117 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

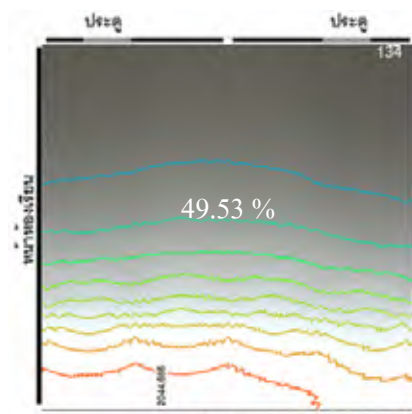


ภาพที่ 117 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

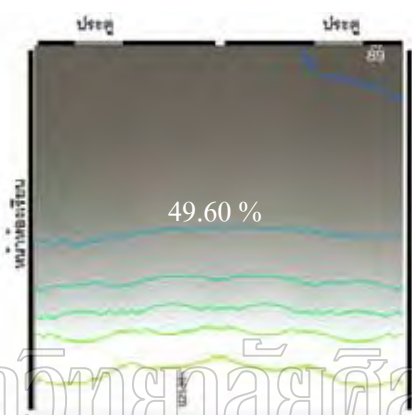
จากภาพจำลอง แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด (Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 9,310, 7,626, 8,351 และ 7,777 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 132, 0, 1136 และ 132 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 12.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



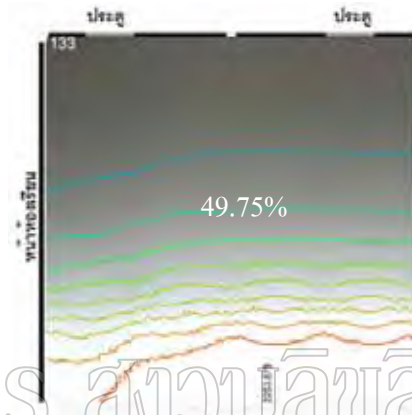
8.00 น.



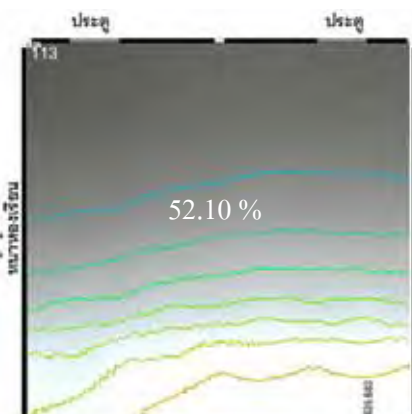
10.00 น.



12.00 น.

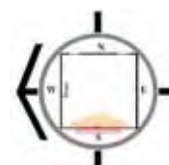


14.00 น.

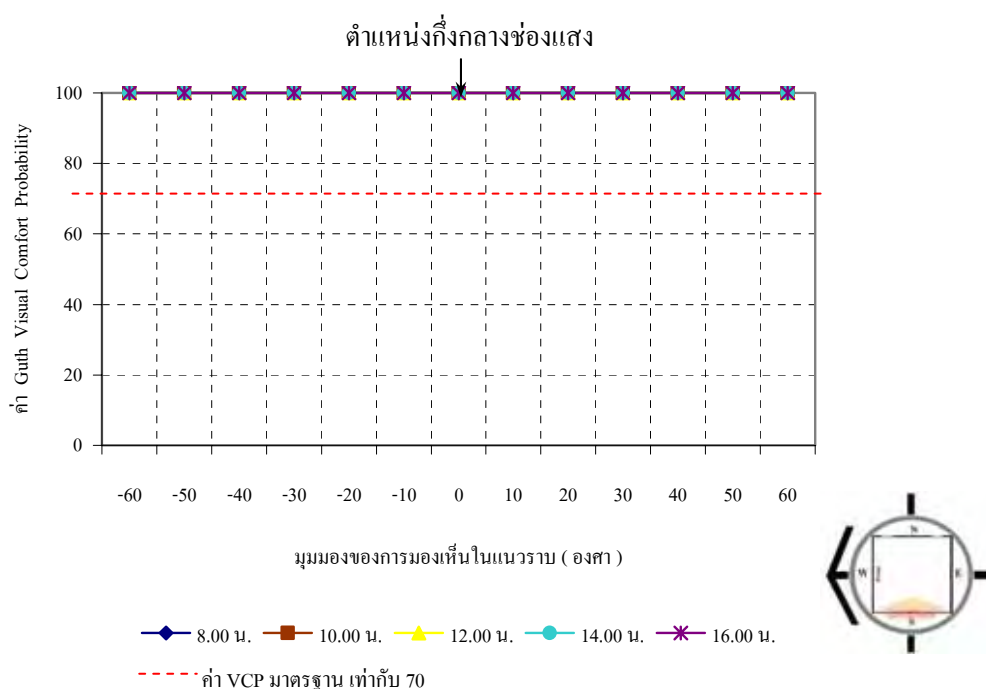


16.00 น.

ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 118 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 70 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บัง

แดด ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00, 10.00, 14.00 และ 16.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 6 ม. และ เวลา 12.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณเพียงพอตลอดระยะ 7 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

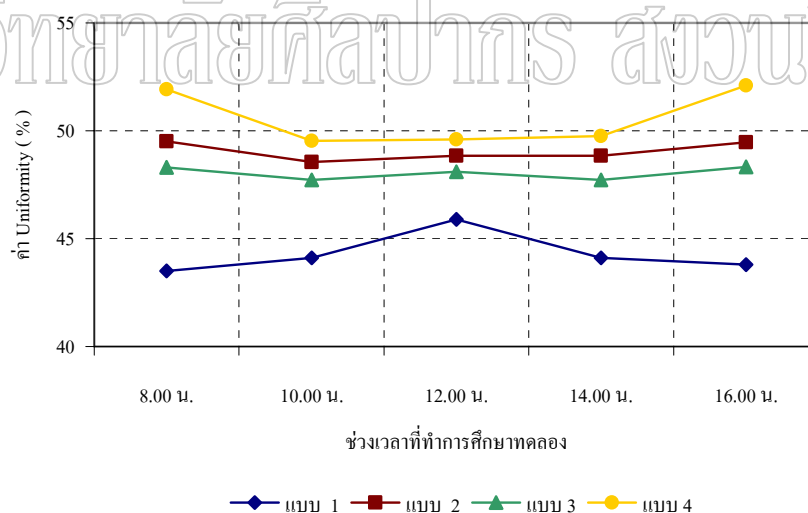
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างเท่ากับ 51.93 %, 49.53 %, 49.60 %, 49.75 % และ 52.10 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 10.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง น้อยที่สุดคือ 49.53 % และเวลา 16.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด คือ 52.10 %

ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่า Glare แบบ VCP ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. ทุกตำแหน่งมุมมองมีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

6.2.1.5 การวิเคราะห์ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00, 10.00, 14.00 และ 16.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 ม. ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 6 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง ณ เวลา 12.00 น. ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 และ 4 มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 และ 7 ม. จากช่องแสงทางด้านข้างและมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 และ 3 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00 และ 16.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 5 ม. ณ เวลา 10.00 และ 14.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 4 ม. ส่วน ณ เวลา 12.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 3 ม. จากช่องแสงทางด้านข้างและมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น



แผนภูมิที่ 71 เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ทั้ง 4 แบบ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น

จากแผนภูมิที่ 71 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 ซึ่งลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด และให้ค่าที่คงที่มากที่สุดทุก ๆ ช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

ทดลอง ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 1 ให้ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างให้ค่าที่คงที่ลดลงตามลำดับ

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 และ 4 มีค่า Glare แบบ VCP ทุกๆช่วงเวลาในทุกตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นในแนวนอน อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

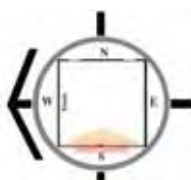
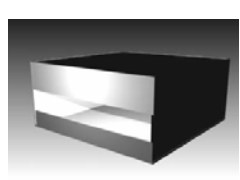
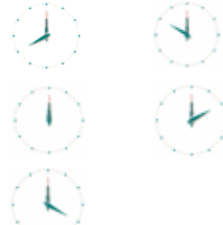
ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 มีค่า Glare แบบ VCP ณ เวลา 8.00 น. มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็นที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° จนถึง - 30° และที่ตำแหน่งมุมมอง 60° แต่ที่ตำแหน่งมุมมอง - 20° จนถึง 50° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนเวลา 10.00 น. มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็นที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° จนถึง 0° และที่ตำแหน่งมุมมอง 30° จนถึง 60° แต่ที่ตำแหน่งมุมมอง 10° และ 20° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เวลา 14.00 น. มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็นที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° จนถึง - 40° และ 10° จนถึง 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ -30° จนถึง 0° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เวลา 16.00 น. มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็นที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° และ 30° จนถึง 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ -50° จนถึง 20° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนในเวลา 12.00 น. ทุกตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นมีค่า Glare แบบ VCP อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

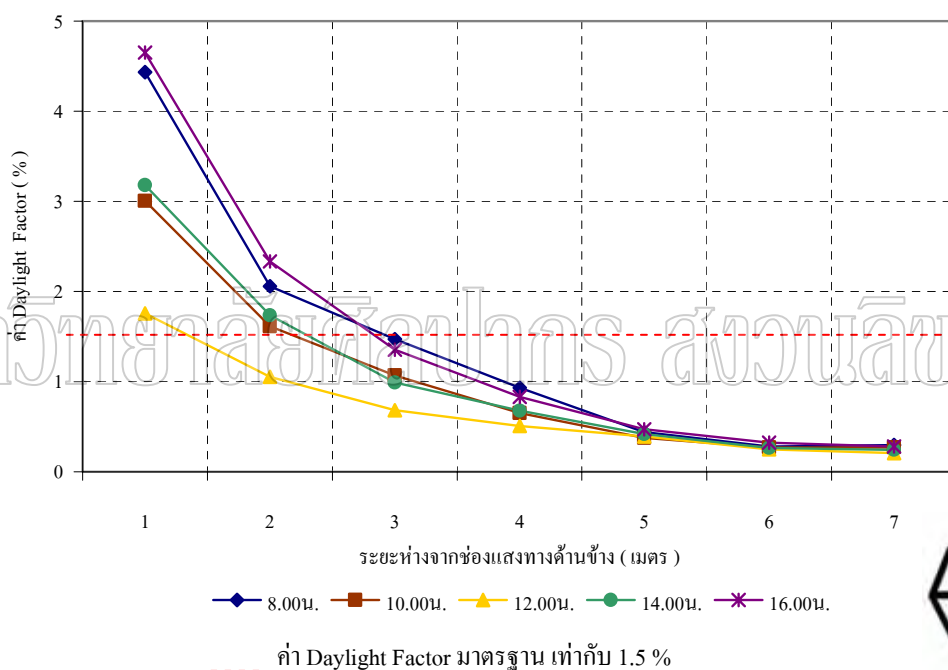
ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 มีค่า Glare แบบ VCP ณ เวลา 8.00 น. มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็นที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° จนถึง - 20° และที่ตำแหน่งมุมมอง 50° และ 60° แต่ที่ตำแหน่งมุมมอง -10° จนถึง 40° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วน เวลา 14.00 น. มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็นที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° จนถึง - 40° และ 10° จนถึง 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ -30° จนถึง 0° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน เวลา 16.00 น. มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็นที่ตำแหน่งมุมมอง -50°, -60° และ 20° จนถึง 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ -40° จนถึง 10° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนในเวลา 10.00 และ 12.00 น. ทุกตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นมีค่า Glare แบบ VCP อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

6.2.2 ผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงแตกต่างกันทั้ง 4 แบบโดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน

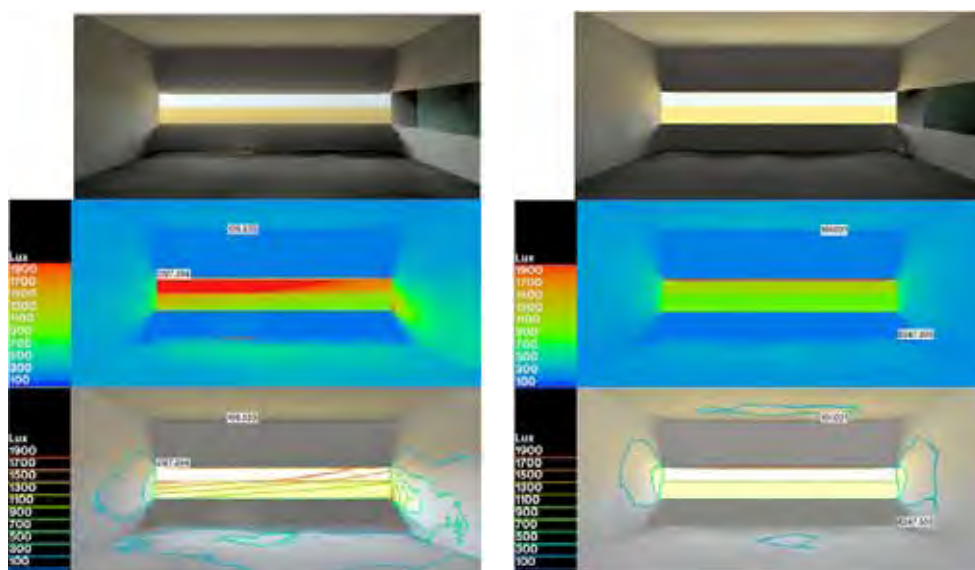
6.2.2.1 ผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 44 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.2.2.1 ที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
ทิศตะวันตก			
ทิศตะวันตก	แบบที่ 1	อุปกรณ์บังแดดแนวนอน	

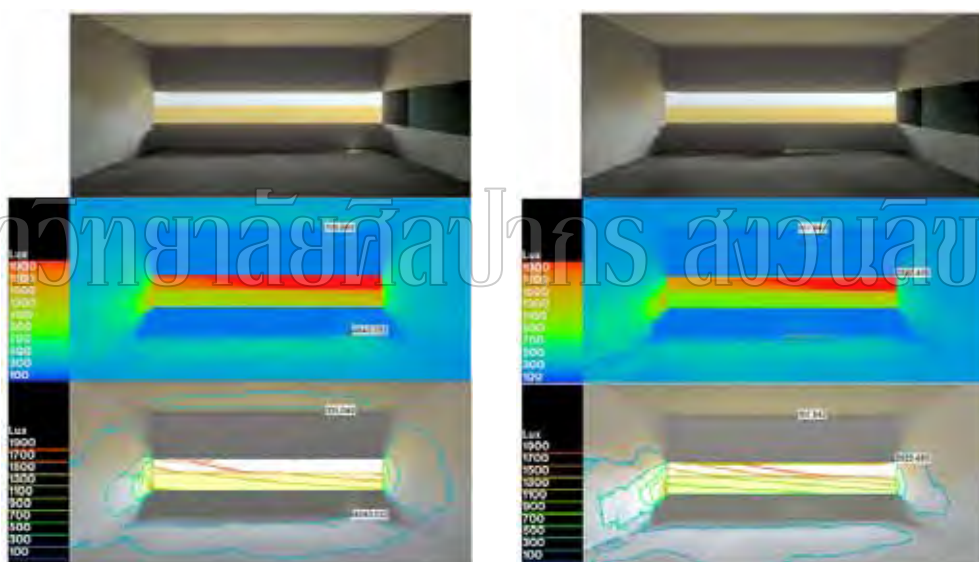


แผนภูมิที่ 72 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



8.00 น.

12.00 น.

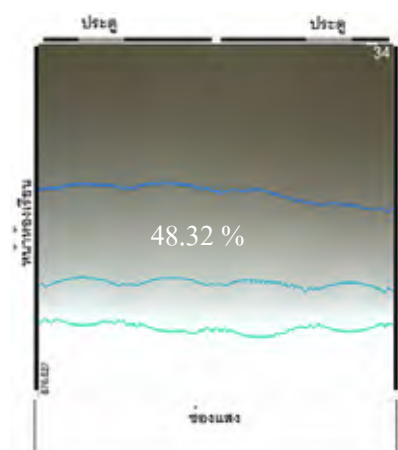


14.00 น.

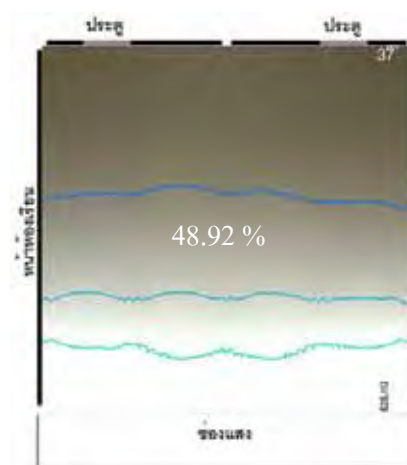
16.00 น.

ภาพที่ 119 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

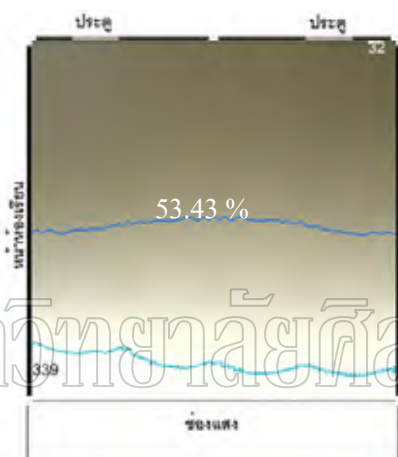
จากภาพจำลองแสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด (Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุดเท่ากับ 3,127, 6,248, 4,840 และ 2,822 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 14.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างมากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุดเท่ากับ 110, 101, 105 และ 108 Lux ตามลำดับ



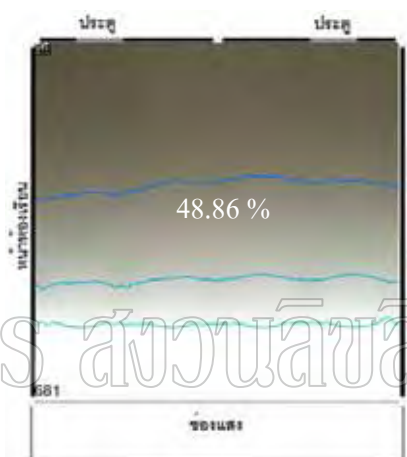
8.00 น.



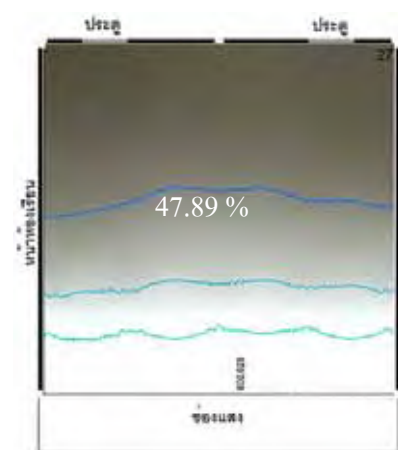
10.00 น.



12.00 น.

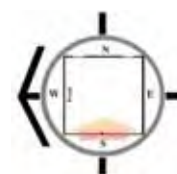


14.00 น.

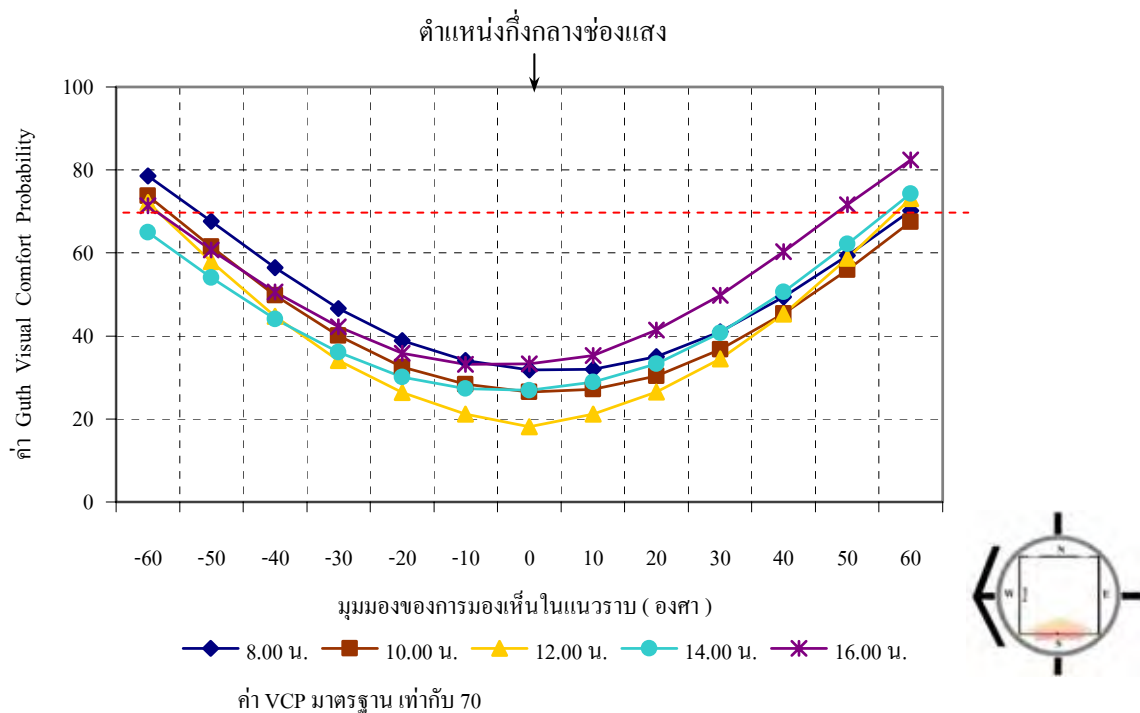


16.00 น.

ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 120 แสดงค่าความสม่ำเสมอของระดับส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 73 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

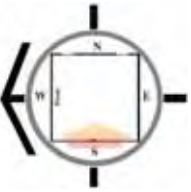
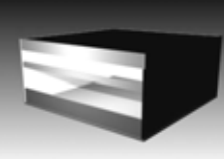
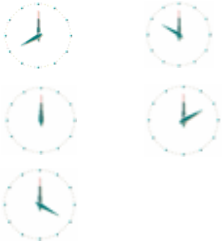
จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00, 10.00, 14.00 และ 16.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 ม. ส่วน เวลา 12.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 1 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

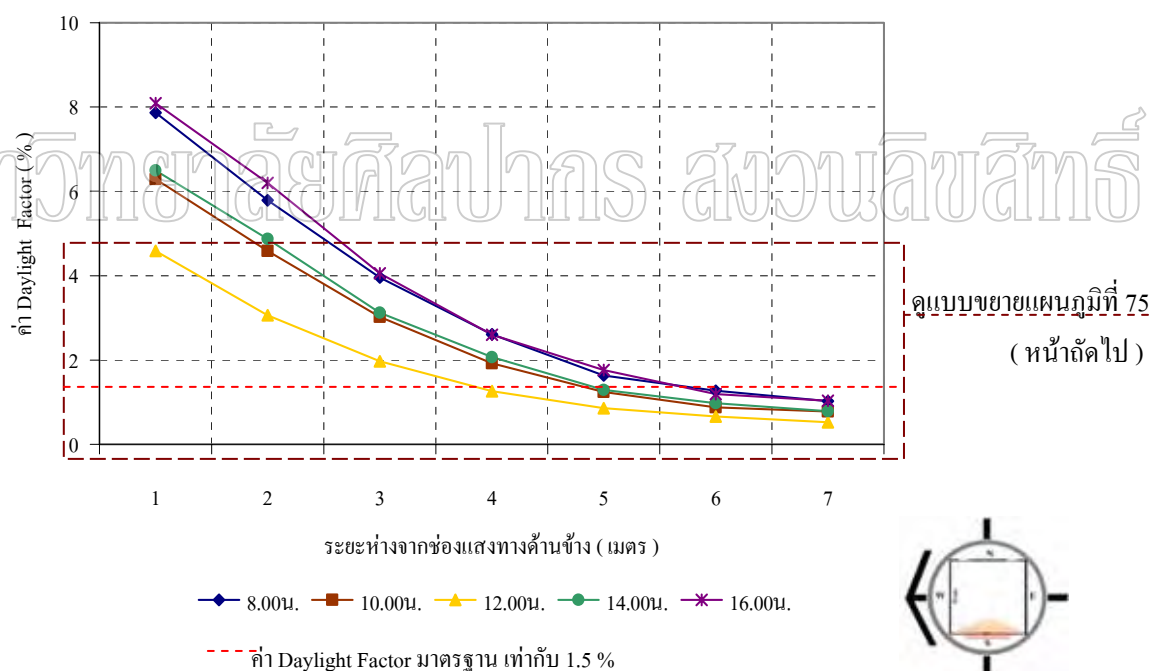
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างเท่ากับ 48.32 %, 48.92 %, 53.43 %, 48.86 % และ 47.89 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 8.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง น้อยที่สุดคือ 48.32 % และเวลา 12.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด คือ 53.43 %

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 8.00 และ 12.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° และ 60° ณ เวลา 10.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° ณ เวลา 14.00 น. ที่ตำแหน่ง 60° และ ณ เวลา 16.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° , 50° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น

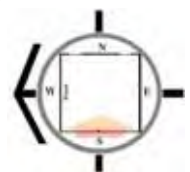
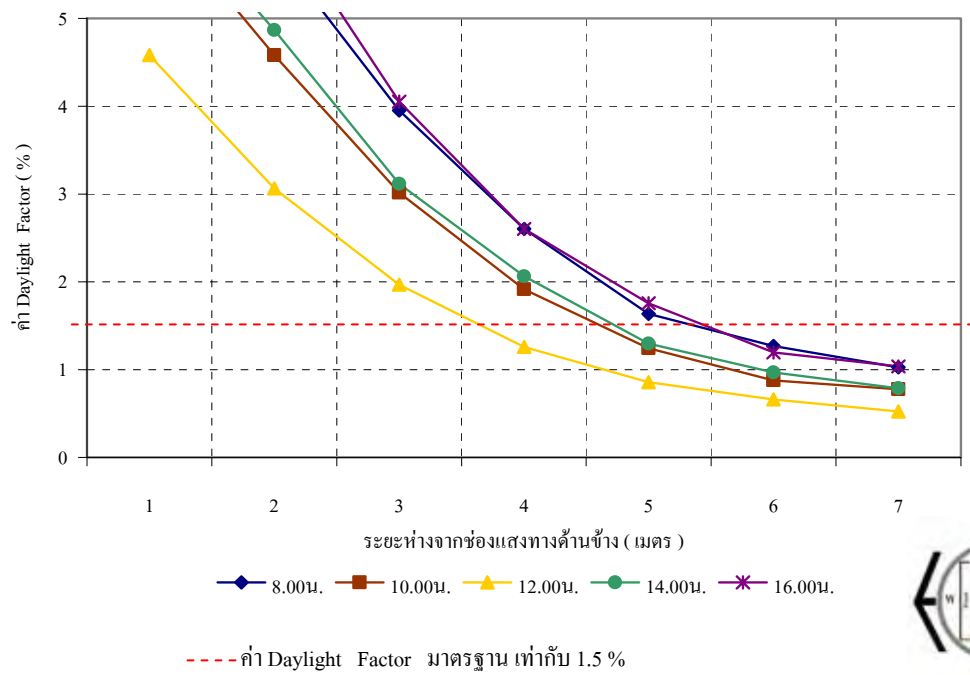
6.2.2.2 ผลการทดลองของห้องเรียนแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 45 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.2.2.2 ที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

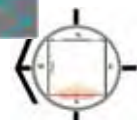
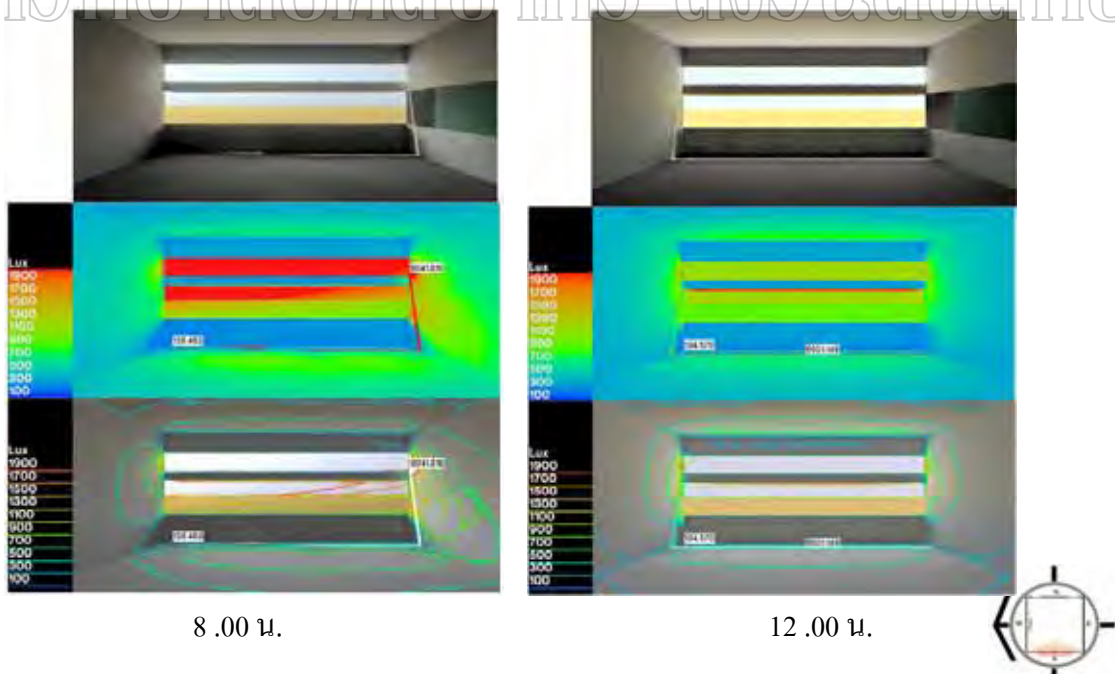
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศตะวันตก	 แบบที่ 2	 อุปกรณ์บังแดดแนวนอน	



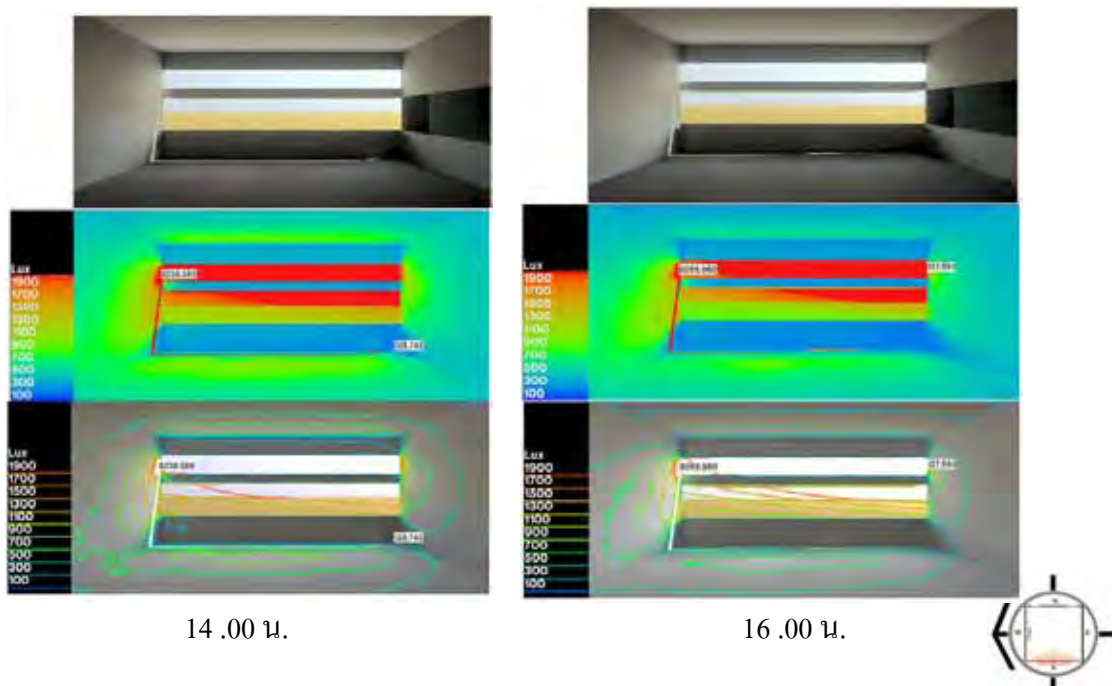
แผนภูมิที่ 74 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 74 (ต่อ) เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



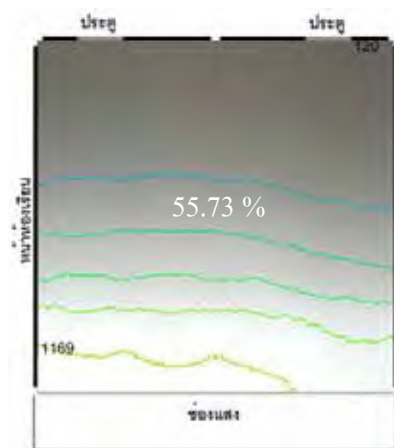
ภาพที่ 121 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



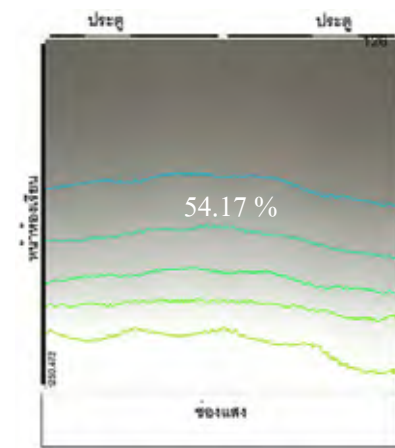
ภาพที่ 121 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

จากภาพจำลองแสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด

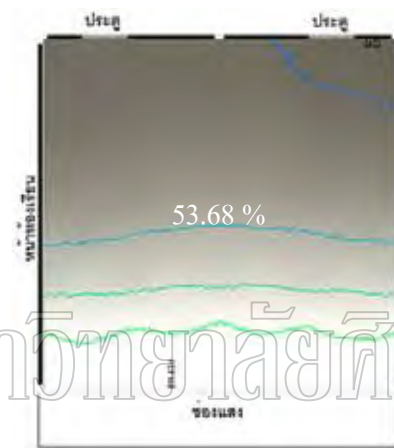
(Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 9,042, 6,601, 8,259 และ 8,070 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 138, 135, 139 และ 128 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 12.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



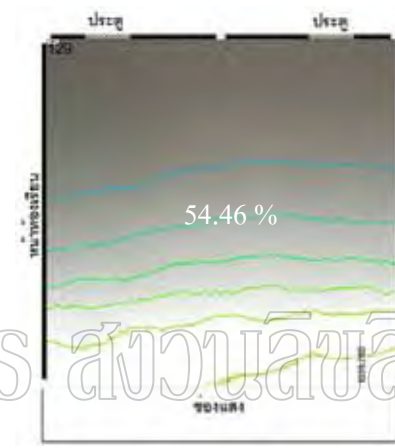
8.00 น.



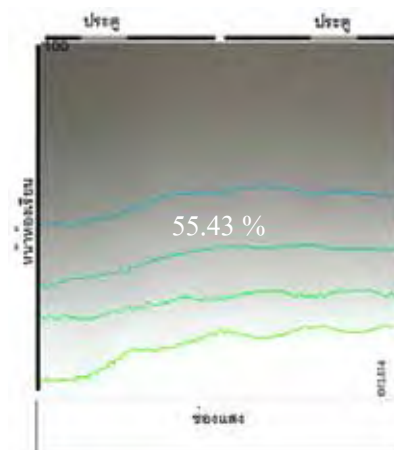
10.00 น.



12.00 น.

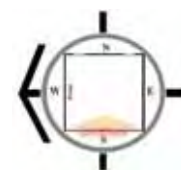


14.00 น.

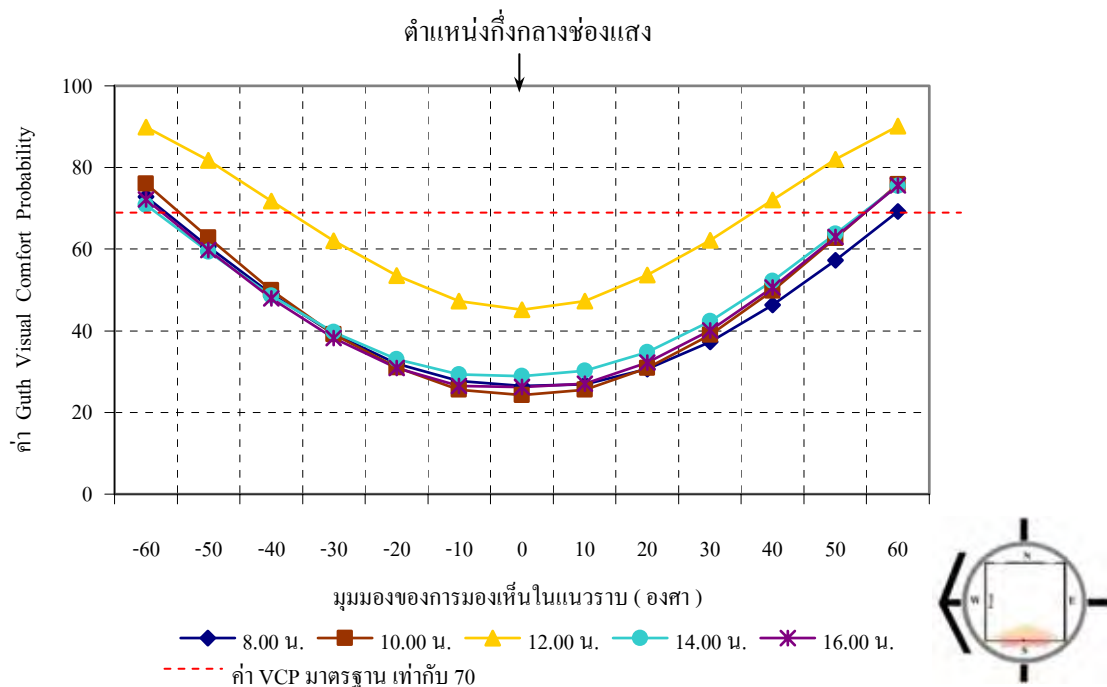


16.00 น.

ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 122 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 75 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

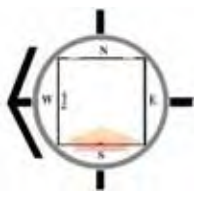
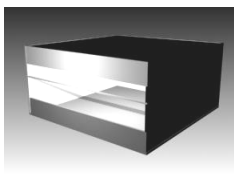
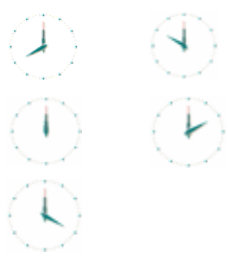
จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00 และ 16.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 5 ม. ณ เวลา 10.00 และ 14.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 4 ม. ณ เวลา 12.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 3 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

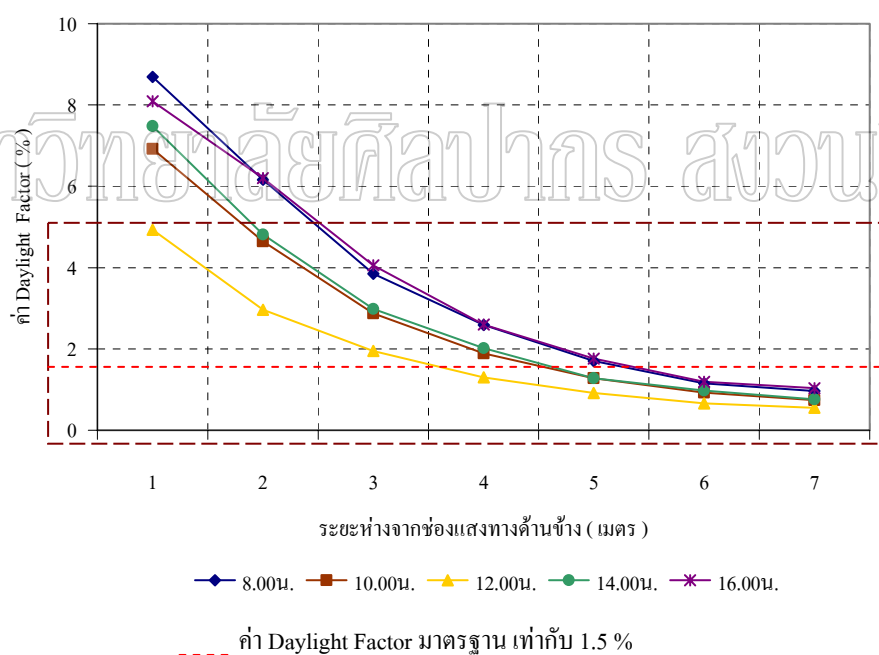
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง เท่ากับ 55.73 %, 54.17 %, 53.68 %, 54.46 % และ 55.43 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 12.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุดคือ 53.68 % และเวลา 8.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด คือ 55.73 %

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 8.00 , 10.00 , 14.00 และ 16.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° และ 60° และ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° จนถึง - 40° และ 40° จนถึง 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น

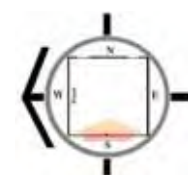
6.2.2.3 ผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 46 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.2.2.3 ที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

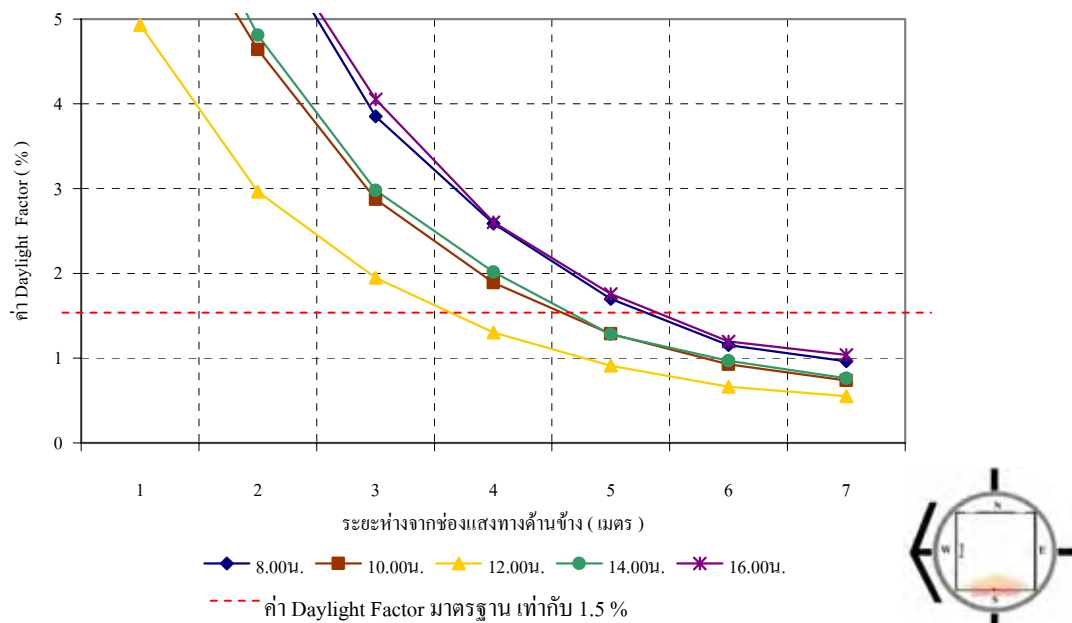
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศตะวันตก	 แบบที่ 3	 อุปกรณ์บังแดดแนวนอน	



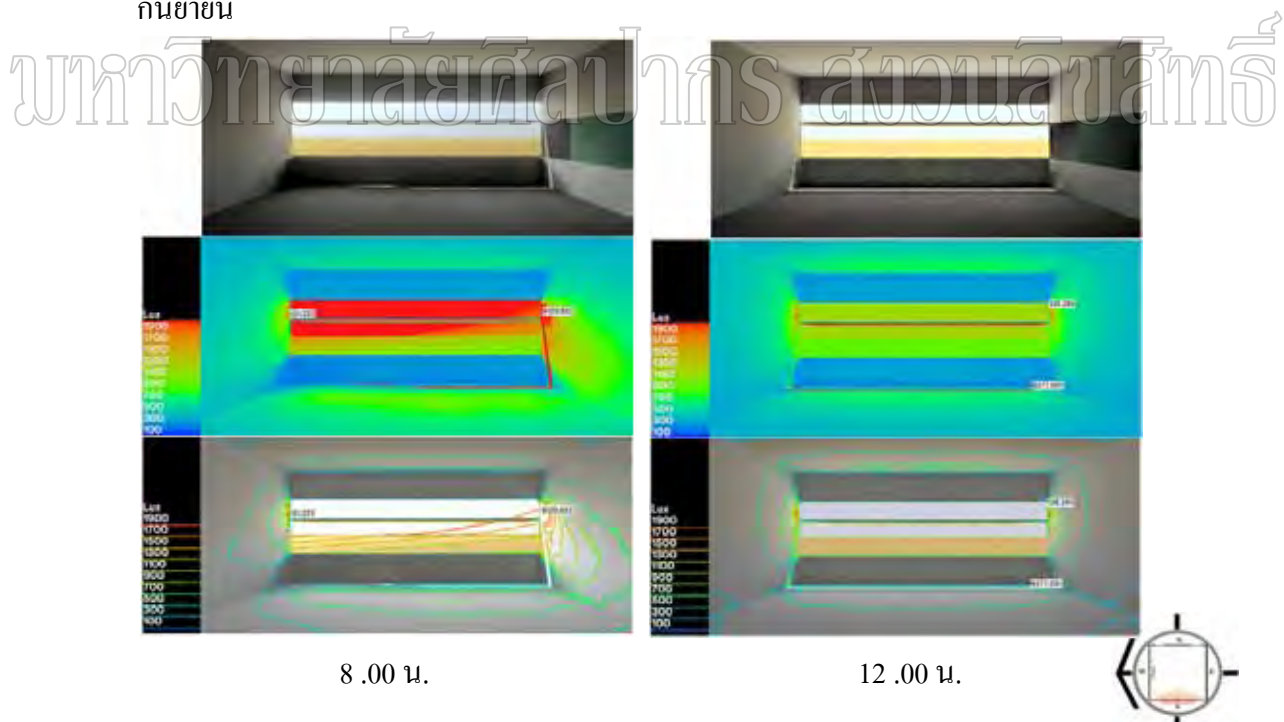
ดูแบบขยายแผนภูมิที่ 77..
(หน้าถัดไป)



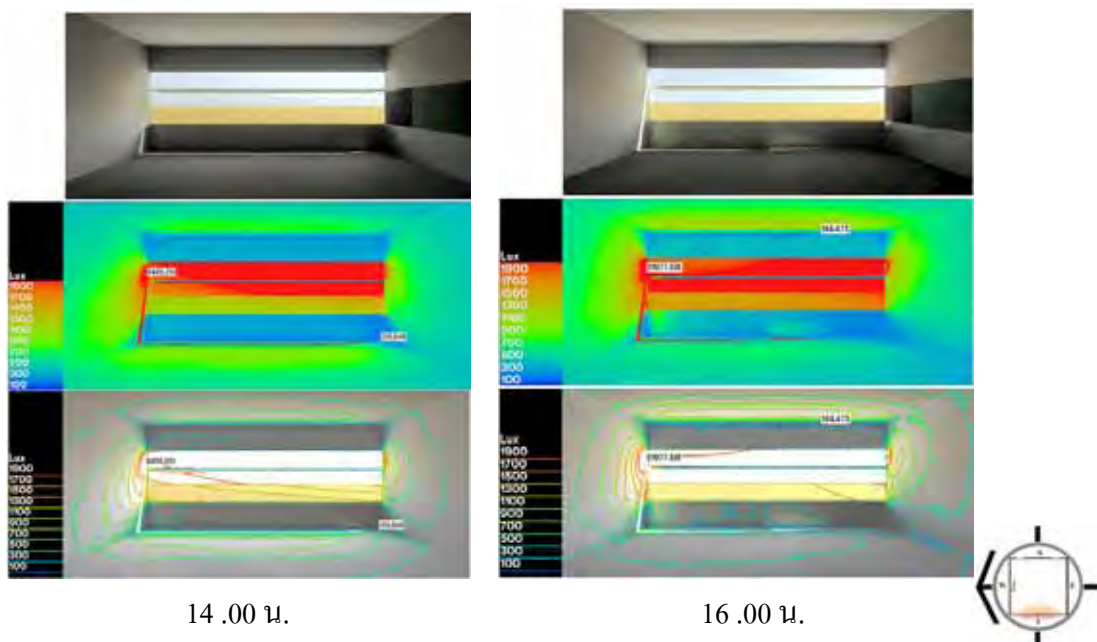
แผนภูมิที่ 76 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 77 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



ภาพที่ 123 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



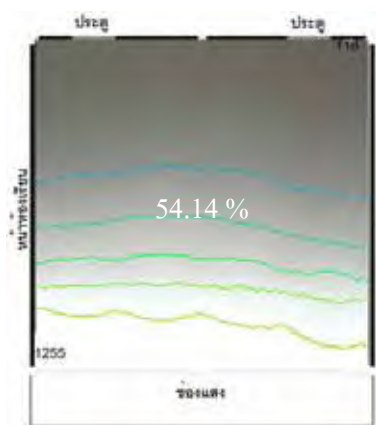
14.00 น.

16.00 น.

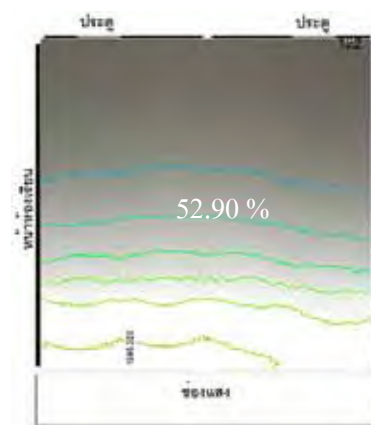
ภาพที่ 123 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

จากภาพจำลอง แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด

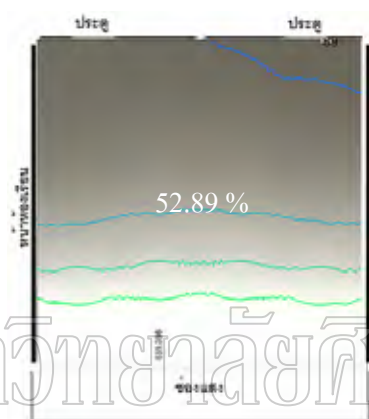
(Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 9,120, 6,577, 6,495 และ 21,978 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 16.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 121, 136, 140 และ 144 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 12.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



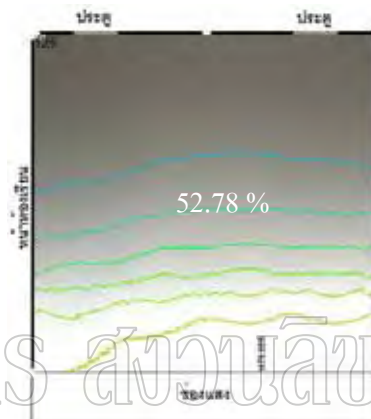
8.00 น.



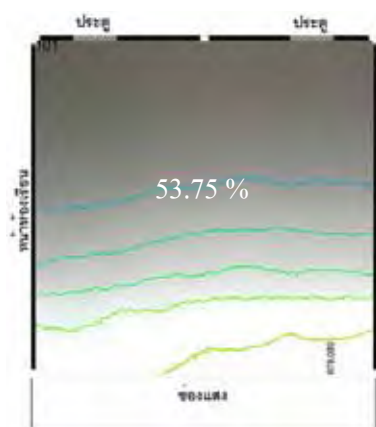
10.00 น.



12.00 น.

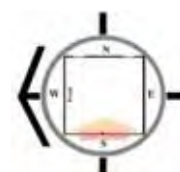


14.00 น.

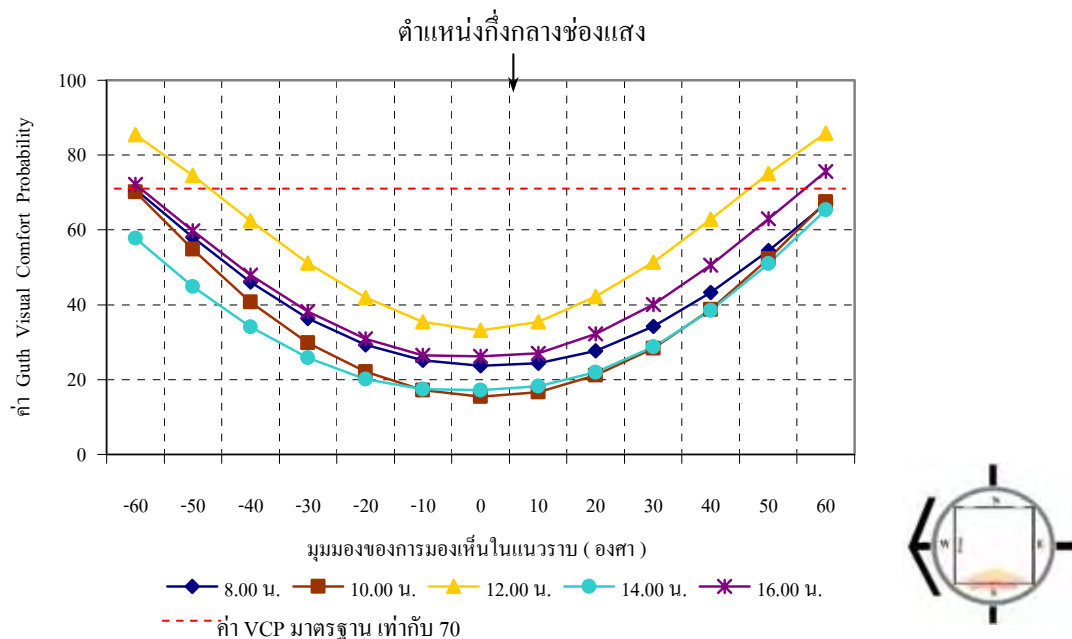


16.00 น.

ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 124 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 78 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดด

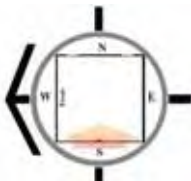
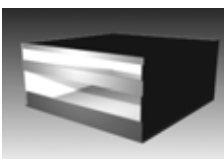
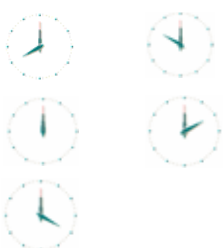
ในแนวนอน ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00 และ 16.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 5 ม. ณ เวลา 10.00 และ 14.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 4 ม. ณ เวลา 12.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 3 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

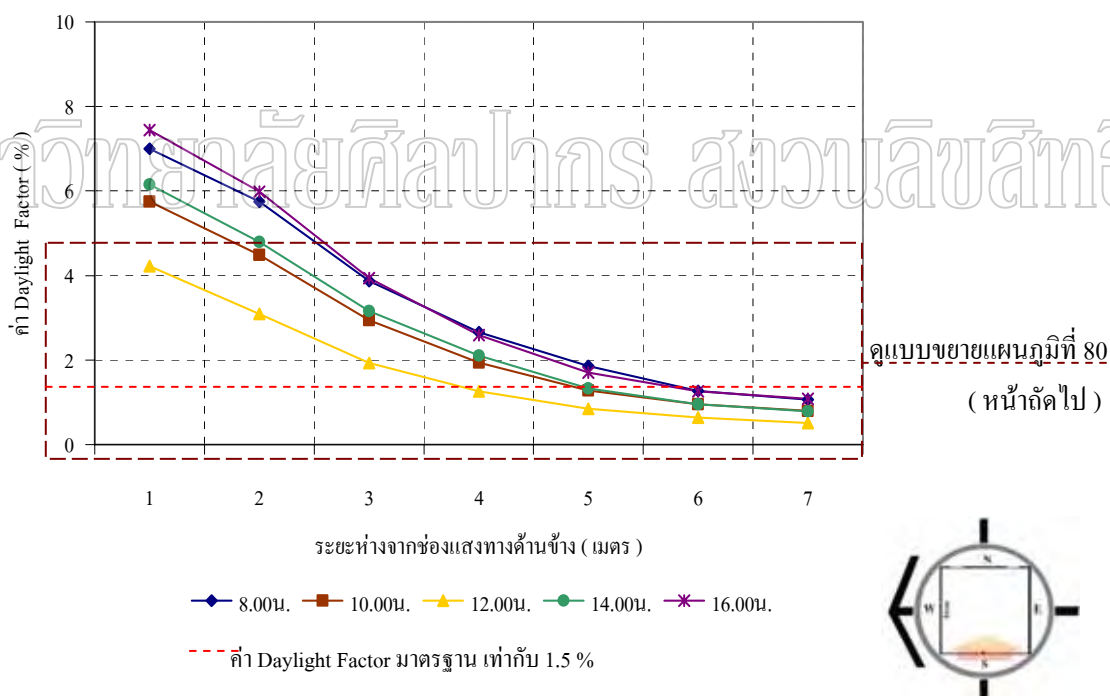
ค่าความสม่ำเสมอของระดับส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของระดับส่องสว่างเท่ากับ 54.14 %, 52.90 %, 52.89 %, 52.78 % และ 53.75 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 14.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของระดับส่องสว่าง น้อยที่สุดคือ 52.78 % และเวลา 8.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของระดับส่องสว่างมากที่สุด คือ 54.14 %

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 8.00 และ 10.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° ณ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° , -50° , 50° และ 60° และ ณ เวลา 16.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น

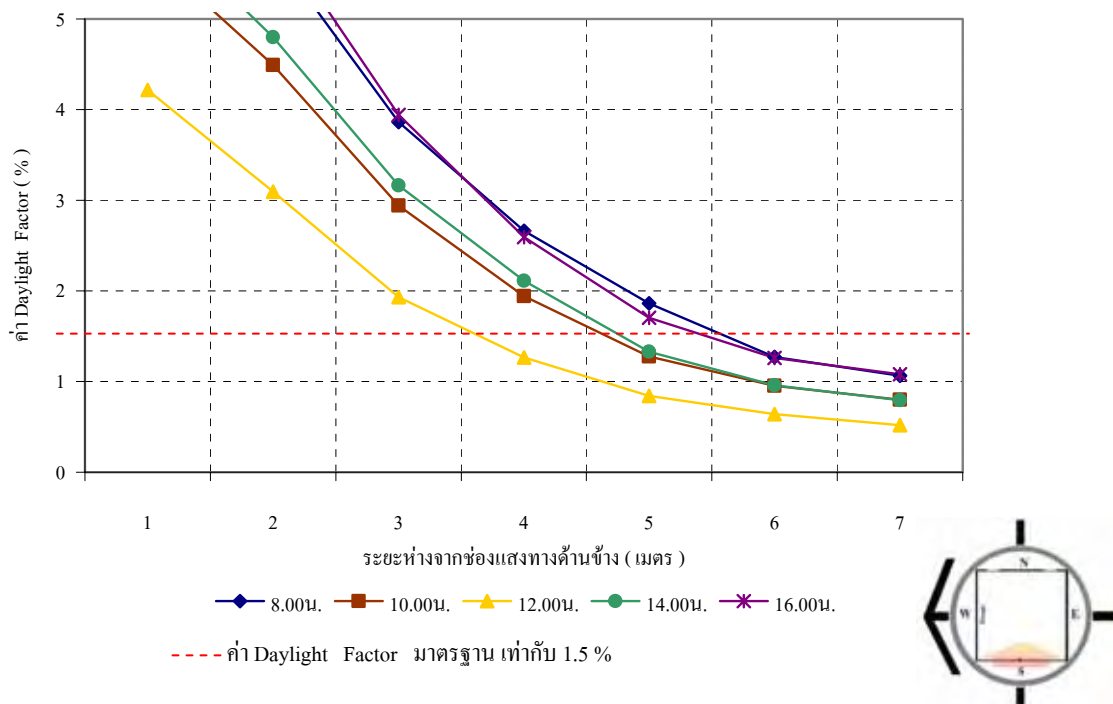
6.2.2.4 ผลการทดลองของห้องเรียนแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 47 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.2.2.4 ที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศตะวันตก	 แบบที่ 4	 รูปแบบอุปกรณ์บังแดดแนวนอน	 ช่วงเวลาของการทดลอง

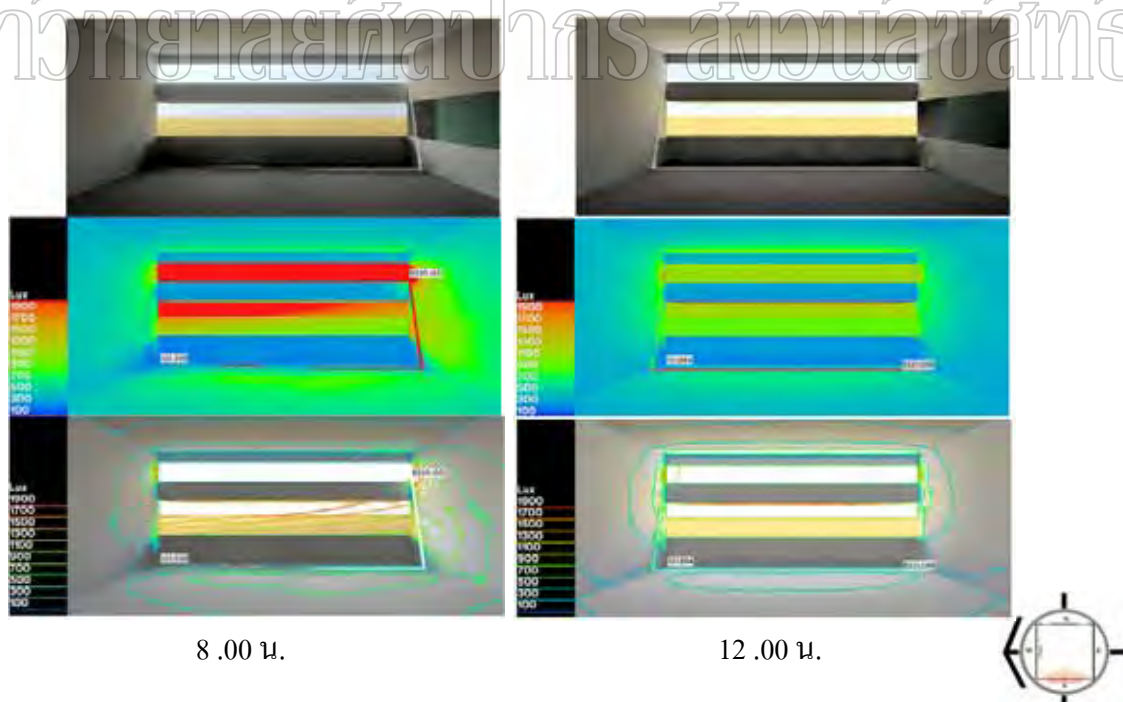


แผนภูมิที่ 79 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

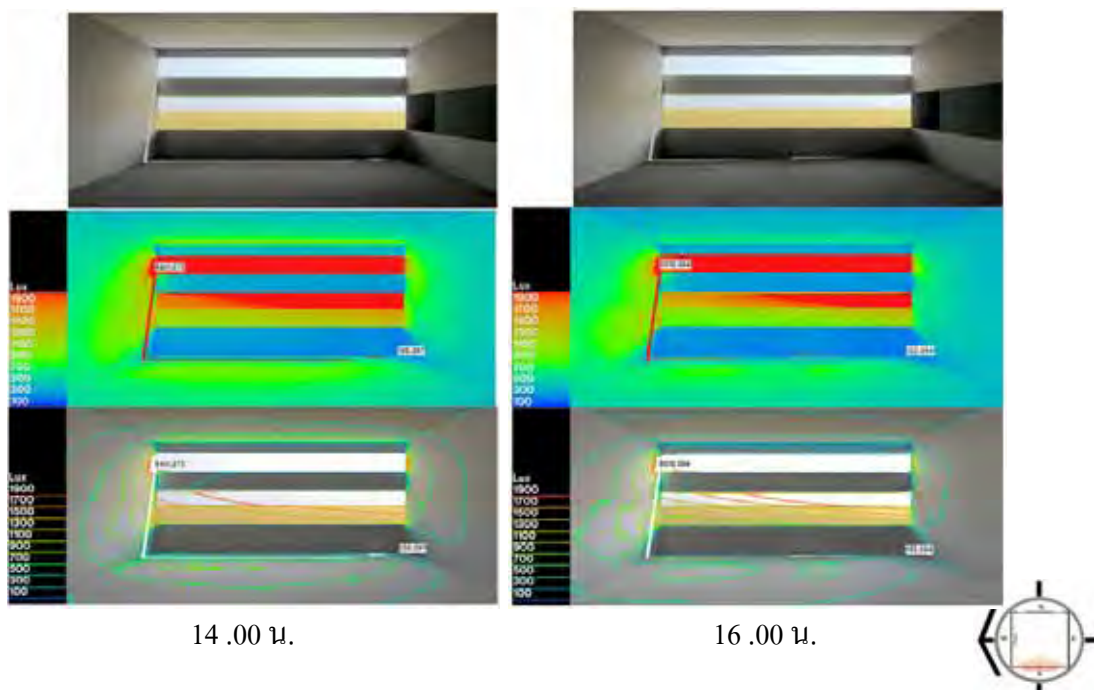


แผนภูมิที่ 80 เปรียบเทียบค่า Daylight Factor ในช่วง 0 - 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

มหาวิทยาลัยศิลปากร ส่วนลิขสิทธิ์



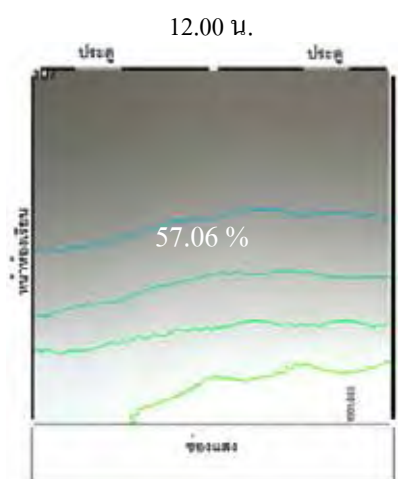
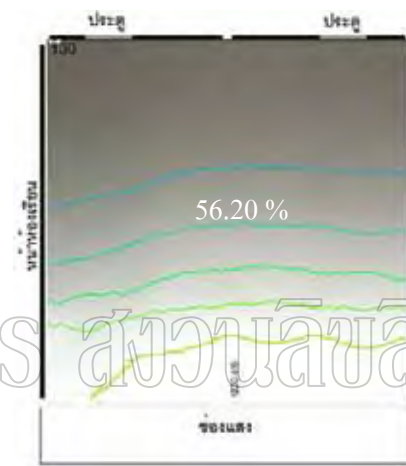
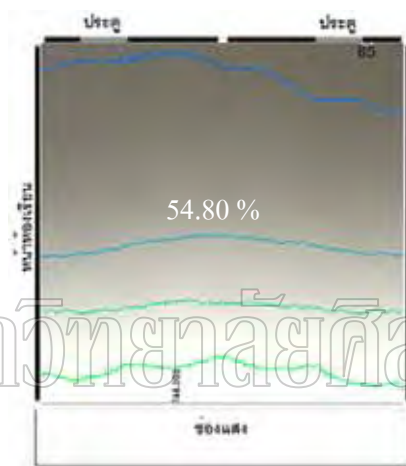
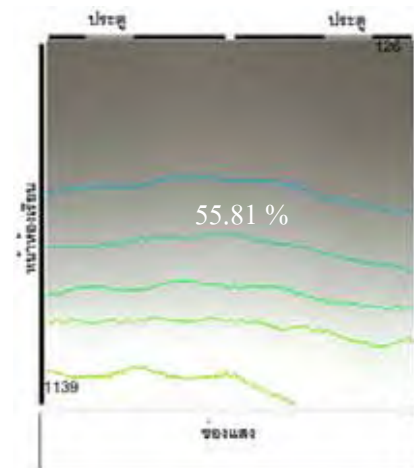
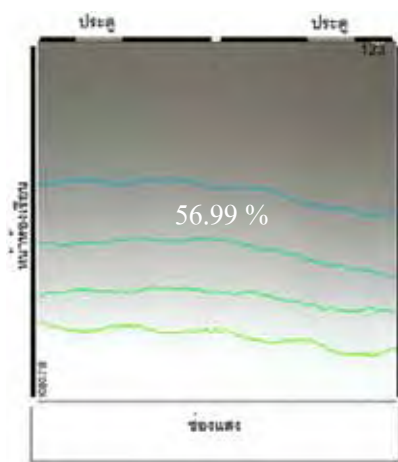
ภาพที่ 125 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



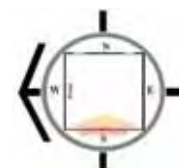
ภาพที่ 125 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

จากภาพจำลอง แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด

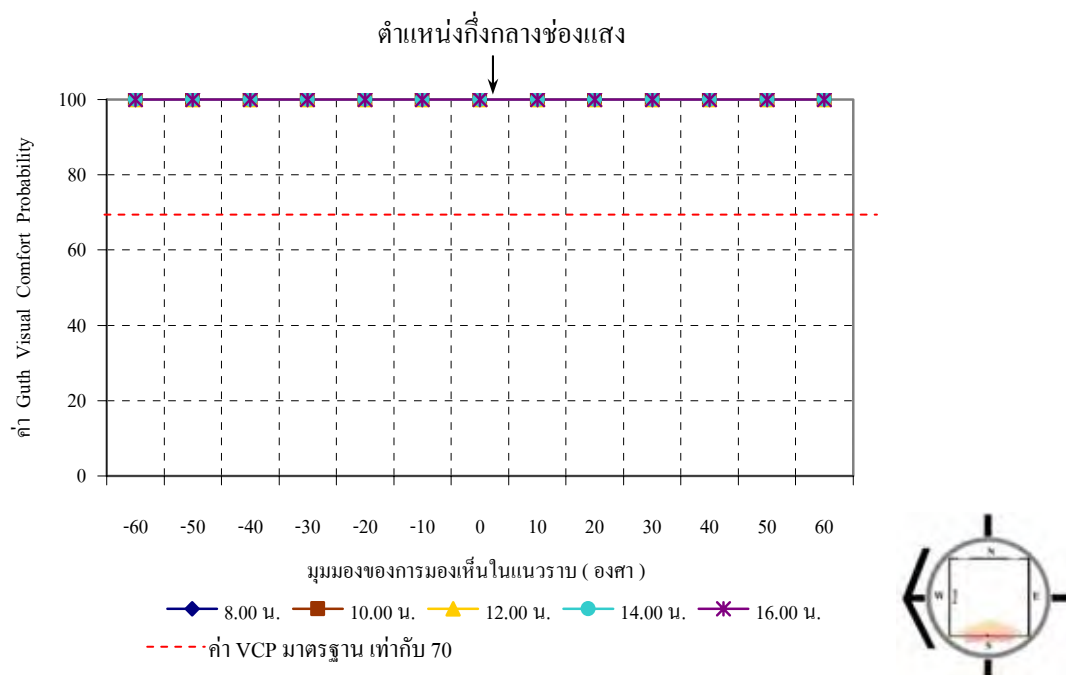
(Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 9,350, 6,531, 8,451 และ 8,012 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 135, 132, 136 และ 133 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 12.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 126 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 81 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00 และ 16.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 5 ม. ณ เวลา 10.00 และ 12.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 4 ม. ณ เวลา 12.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 3 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

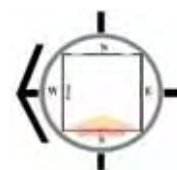
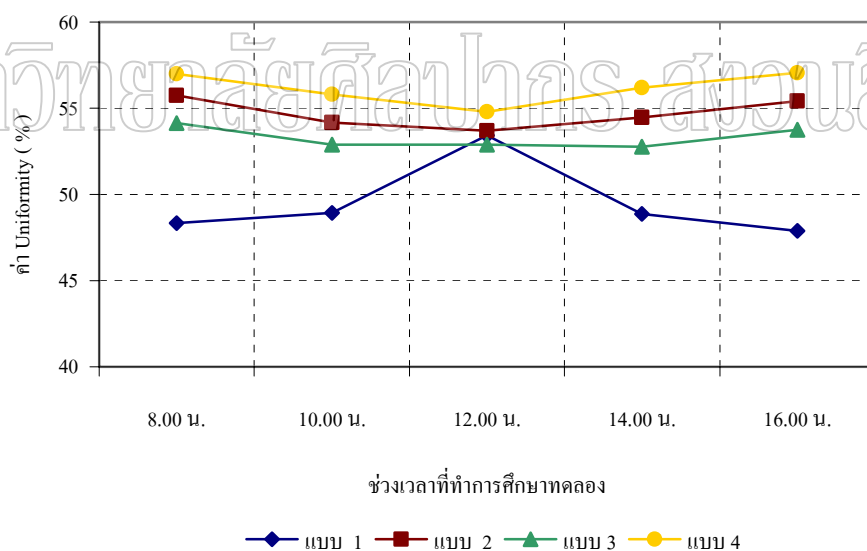
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง เท่ากับ 56.99 %, 55.81 %, 54.80 %, 56.20 % และ 57.06 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 12.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุดคือ 54.80 % และเวลา 16.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด คือ 57.06 %

ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่า Glare แบบ VCP ทุกตำแหน่งมุมมองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และมีค่าเท่ากับ 100 ทุกตำแหน่งมุมมอง

6.2.2.5 การวิเคราะห์ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00, 10.00, 14.00 และ 16.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง ส่วน เวลา 12.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 1 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00 และ 16.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 5 ม. ณ เวลา 10.00 และ 14.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 4 ม. ณ เวลา 12.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 3 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น



แผนภูมิที่ 82 เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ทั้ง 4 แบบ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น

จากแผนภูมิที่ 82 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 ซึ่งลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มี

ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด และลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 1 จะให้ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างลดหลั่นลงไปตามลำดับ

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 8.00 และ 12.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° และ 60° ณ เวลา 10.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° ณ เวลา 14.00 น. ที่ตำแหน่ง 60° และ ณ เวลา 16.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° , 50° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 8.00, 10.00, 14.00 และ 16.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° และ 60° และ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° จนถึง -40° และ 40° จนถึง 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น

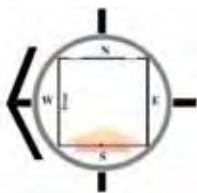
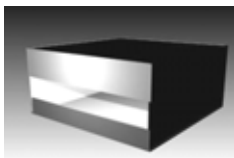
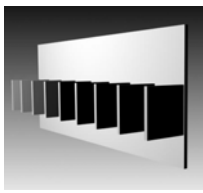
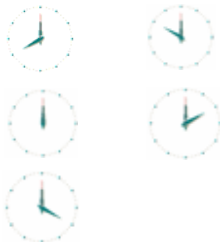
ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 8.00 และ 10.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° ณ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° , -50° , 50° และ 60° และ ณ เวลา 16.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น

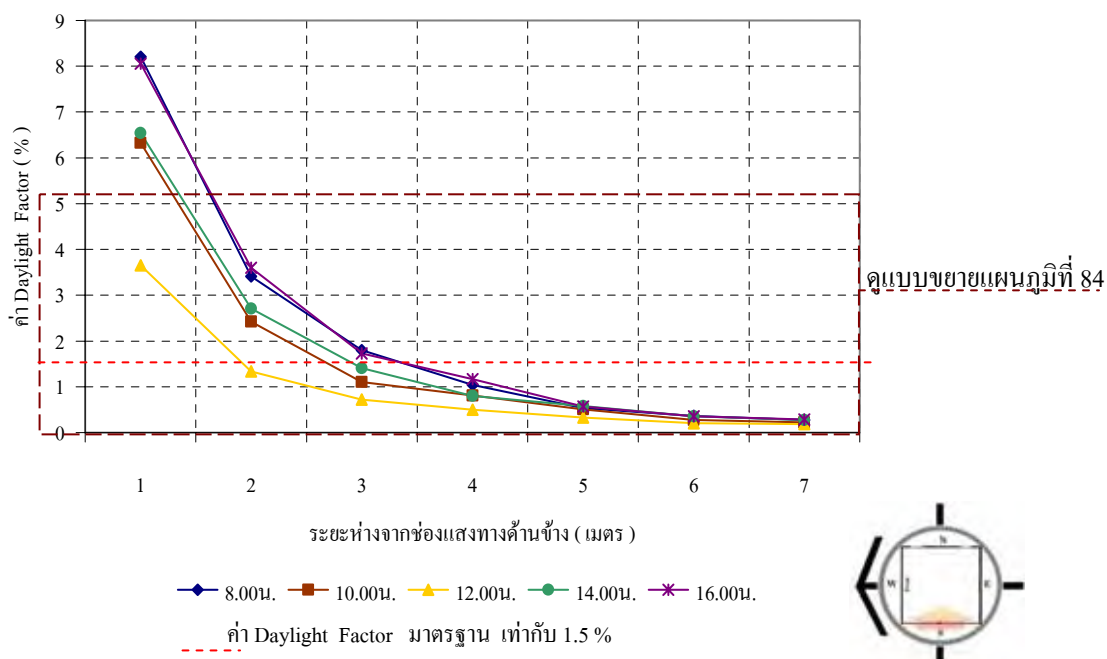
ส่วนค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่า Glare แบบ VCP ทุกตำแหน่งมุมมองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานและมีค่าเท่ากับ 100 ทุกตำแหน่งมุมมอง

6.2.3 ผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงแตกต่างกันทั้ง 4 แบบโดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง

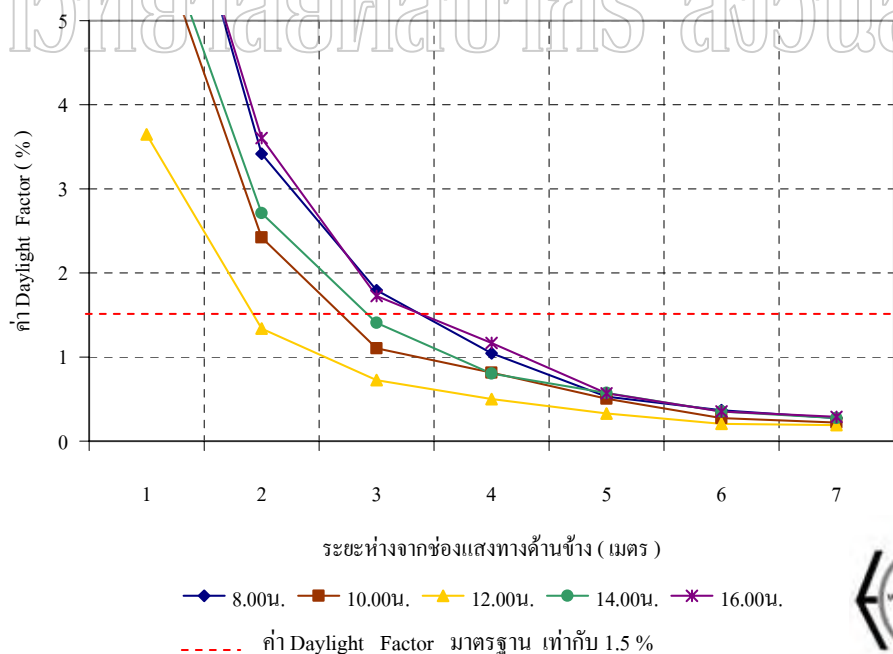
6.2.3.1 ผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 48 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.2.3.1 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

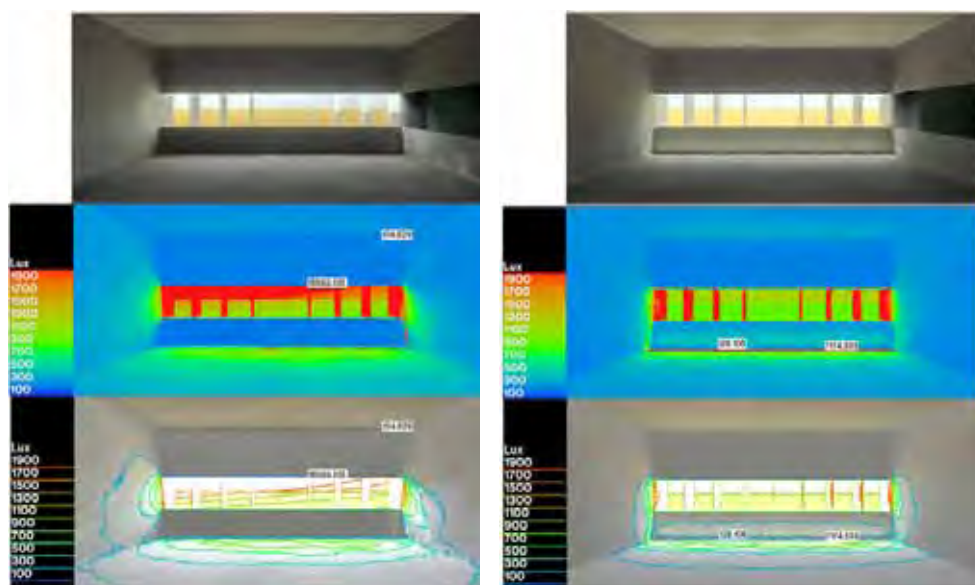
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศตะวันตก	 แบบที่ 1	 อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง	



แผนภูมิที่ 83 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

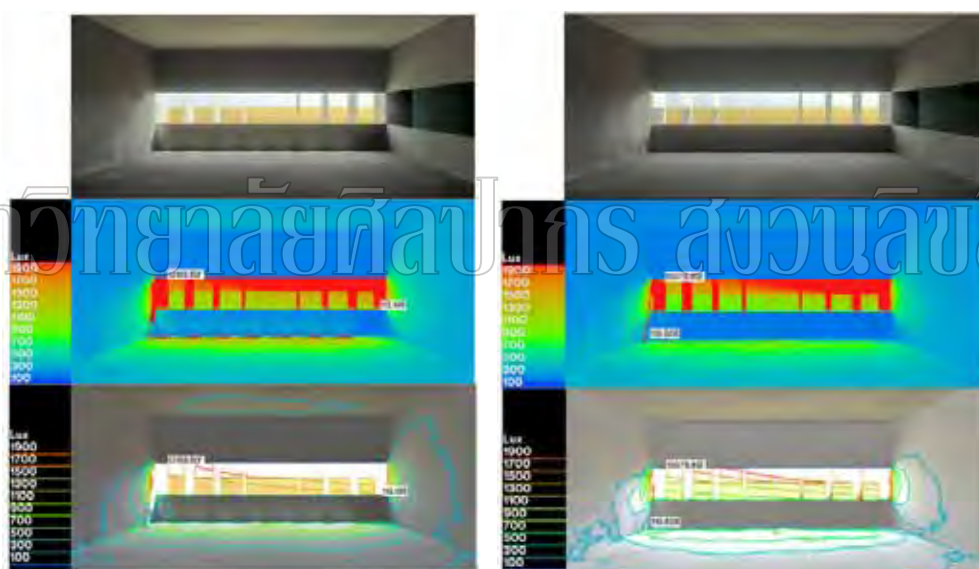


แผนภูมิที่ 84 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



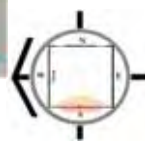
8.00 น.

12.00 น.



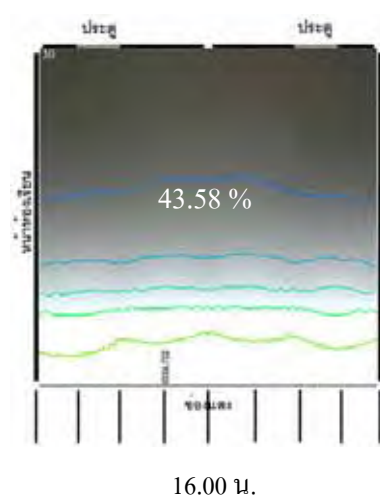
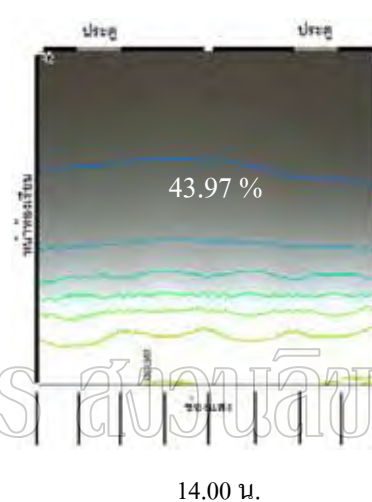
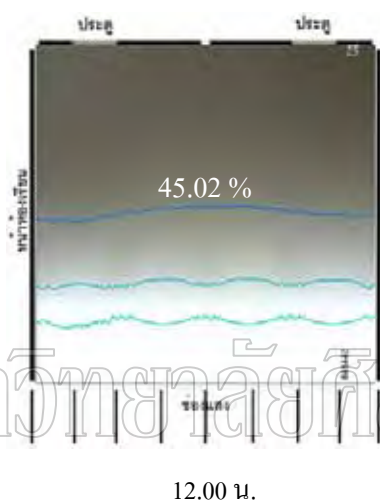
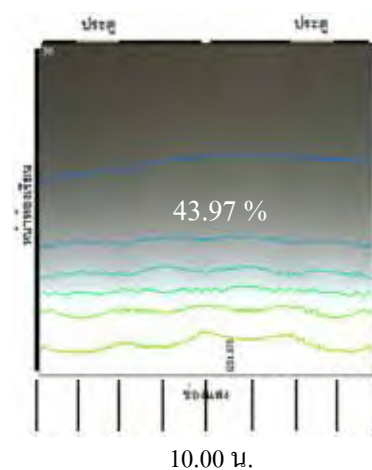
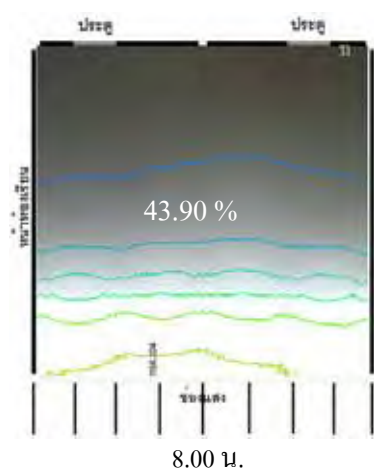
14.00 น.

16.00 น.

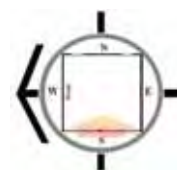


ภาพที่ 127 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่างของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

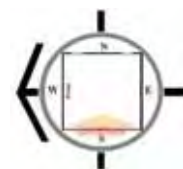
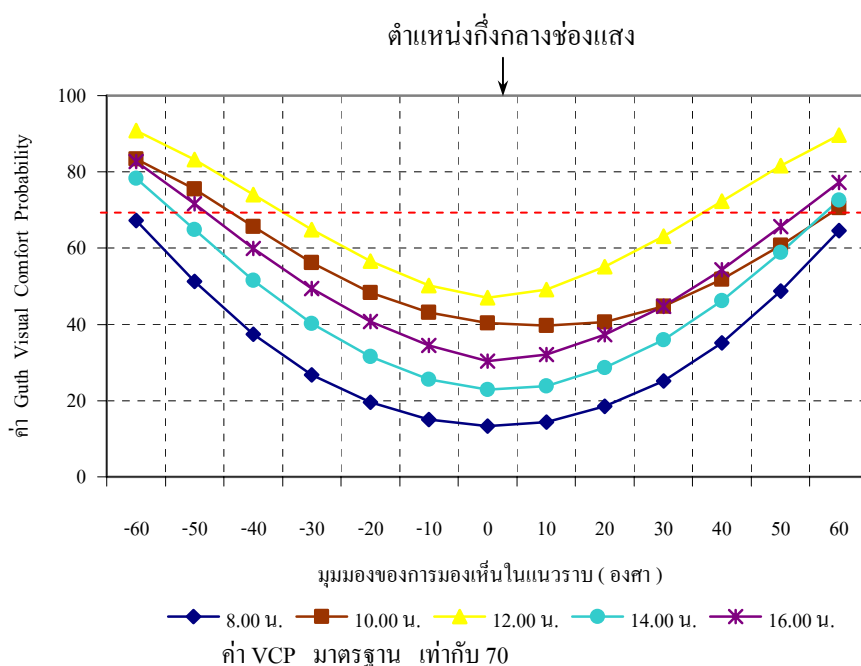
จากภาพจำลองแสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุดของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุดเท่ากับ 16,084, 7,8175, 13,190 และ 15,080 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างมากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 105, 128, 113 และ 111 Lux ตามลำดับ



ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 128 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 85 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

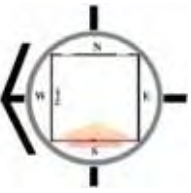
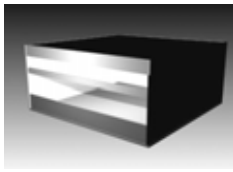
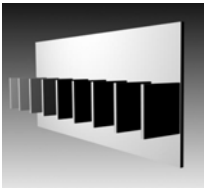
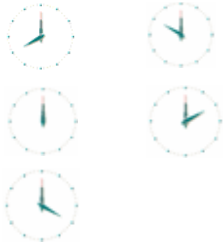
จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ค่า Daylight Factor เวลา 8.00 และ 16.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร ณ เวลา 10.00 และ 14.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 เมตร ส่วน ณ เวลา 12.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 1 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

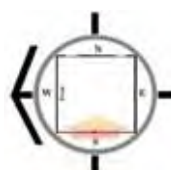
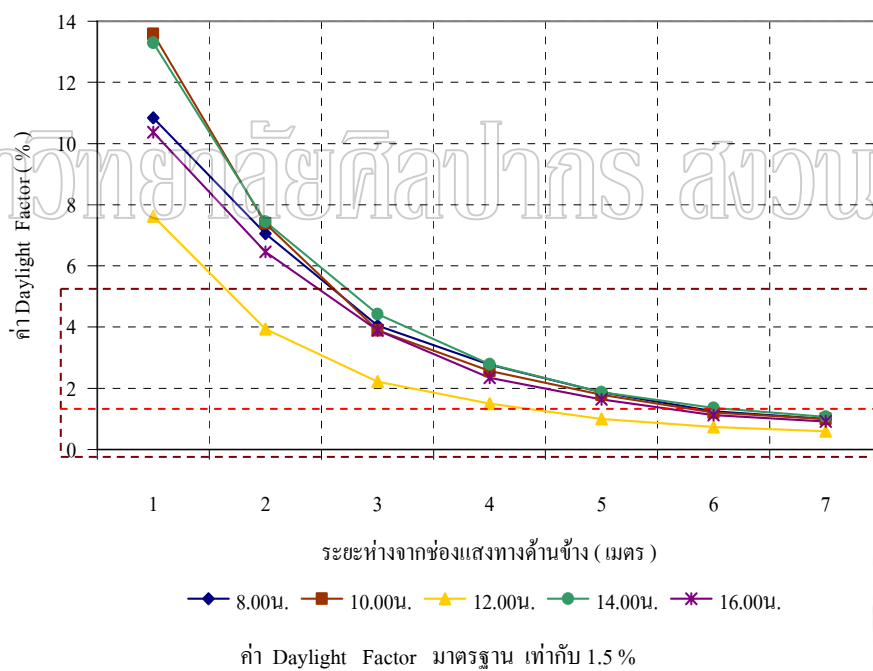
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างเท่ากับ 43.90 %, 43.97 %, 45.02 %, 43.97 % และ 43.58 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 16.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุดคือ 43.58 % และเวลา 12.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด คือ 45.02 %

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 10.00 และ 16.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° , -50° และ 60° ณ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° จนถึง -40° และ 40° และ 60° และ ณ เวลา 14.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น

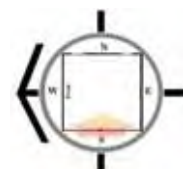
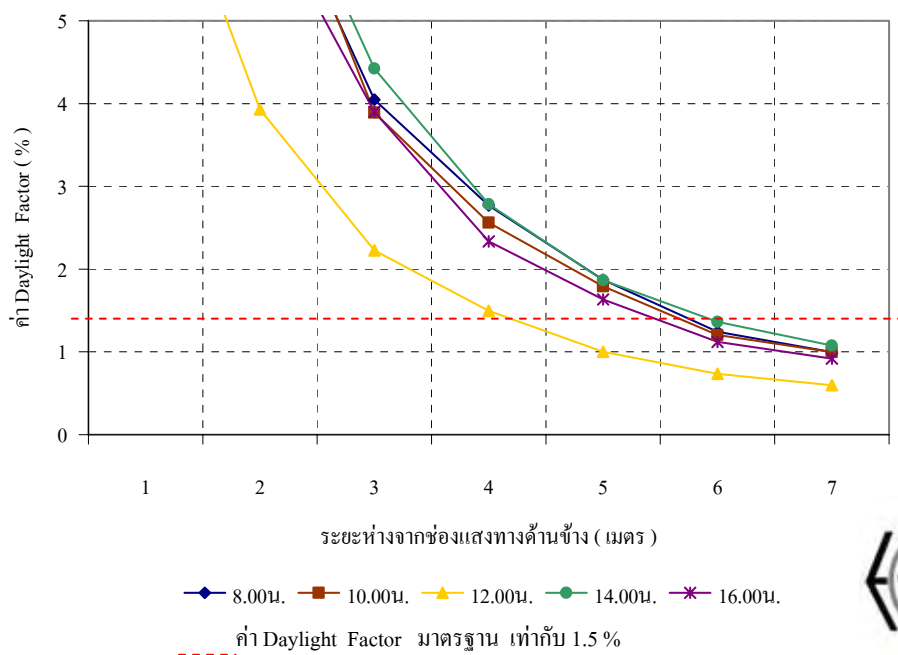
6.2.3.2 ผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 49 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 6.2.3.2 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

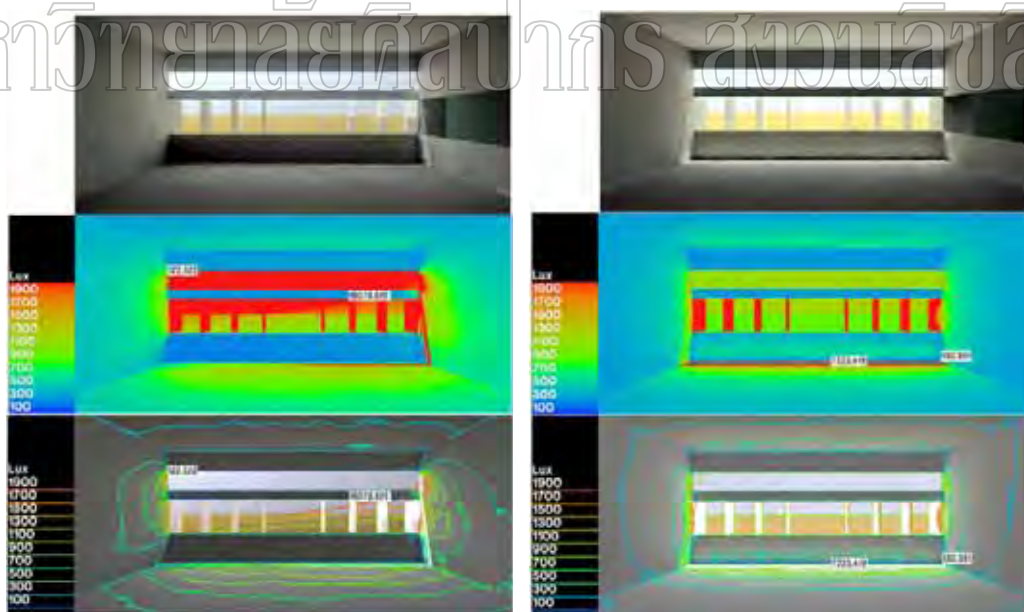
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศตะวันตก	 แบบที่ 2	 อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง	



แผนภูมิที่ 86 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

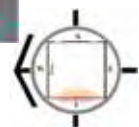


แผนภูมิที่ 87 เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้าง อยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

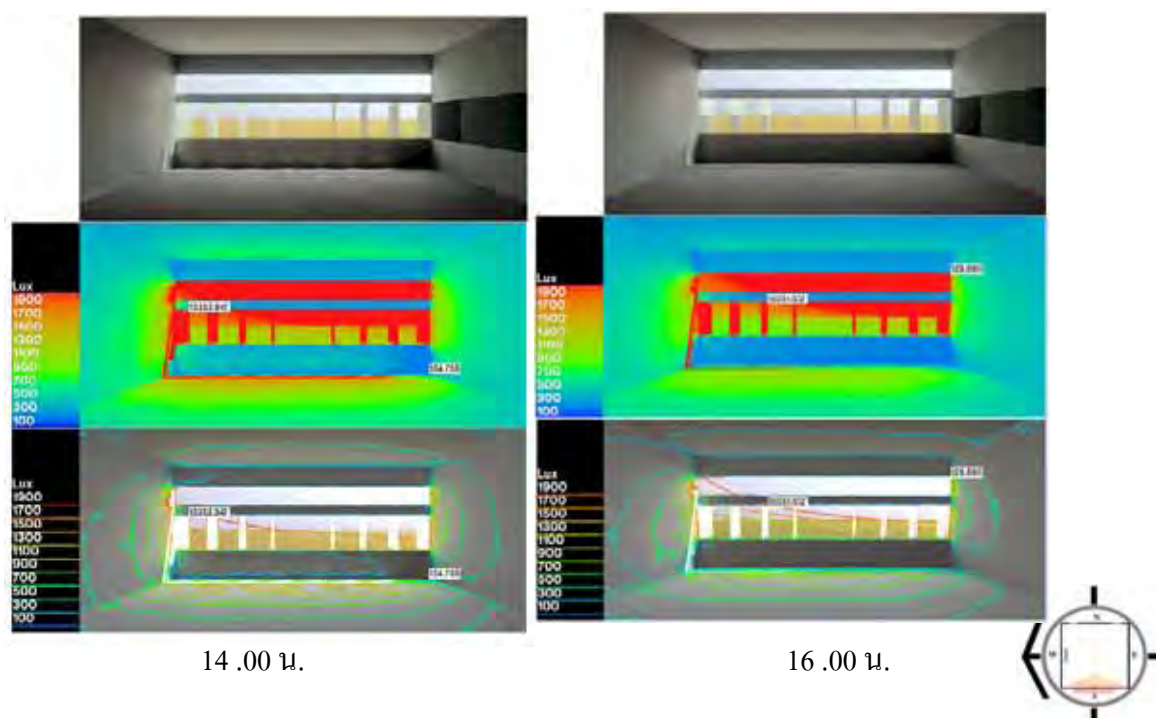


8.00 น.

12.00 น.

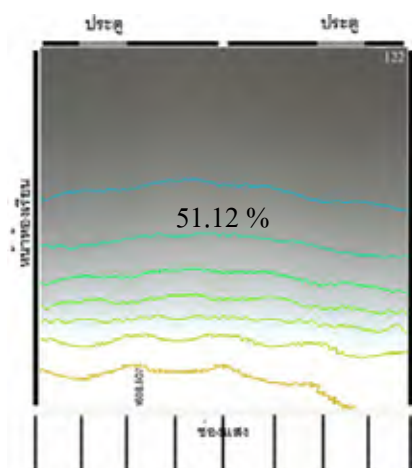


ภาพที่ 129 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

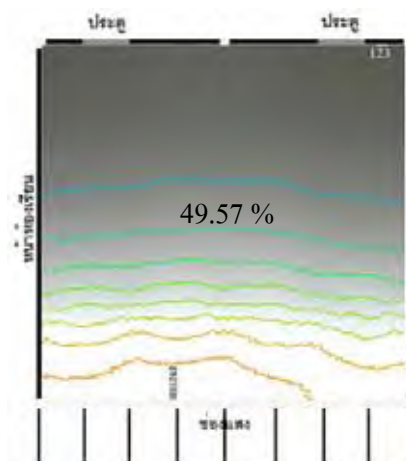


ภาพที่ 129 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทรงด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

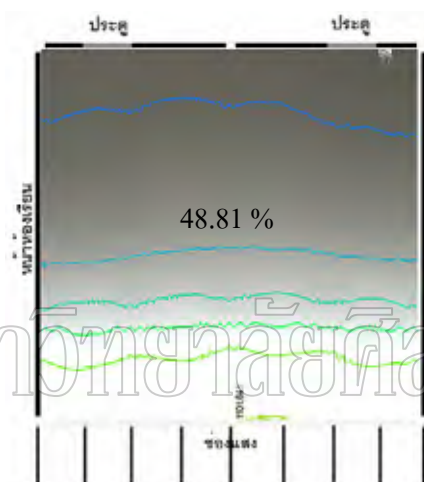
จากภาพจำลอง แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด (Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 16,079, 7,323, 13,354 และ 15,051 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 123, 130, 135 และ 130 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 12.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



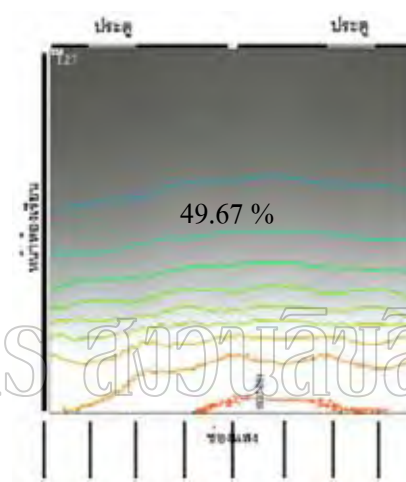
8.00 น.



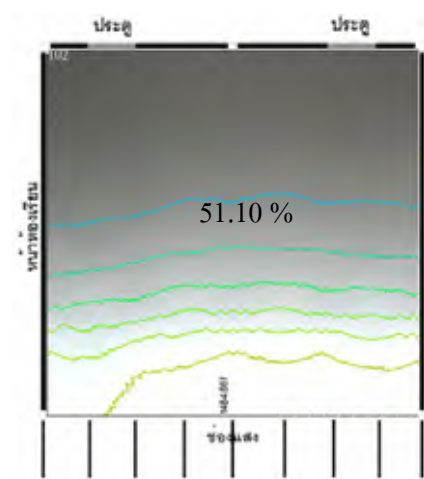
10.00 น.



12.00 น.

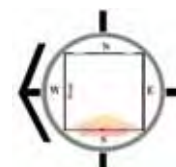


14.00 น.

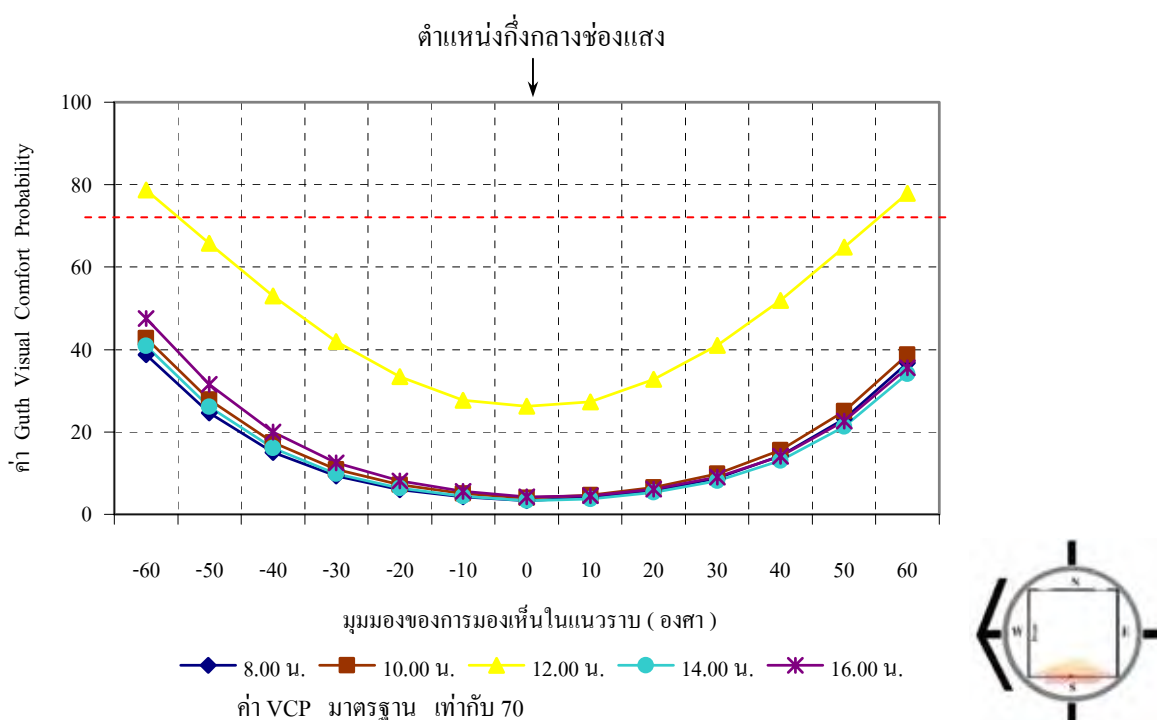


16.00 น.

ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 130 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวดิ่ง ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 88 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

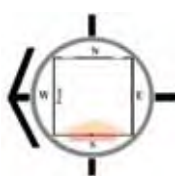
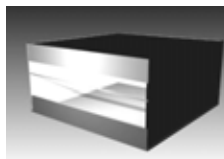
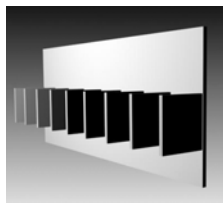
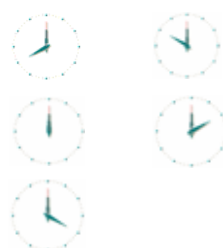
จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ค่า Daylight Factor เวลา 8.00, 10.00, 14.00 และ 16.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 เมตร และ ณ เวลา 12.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

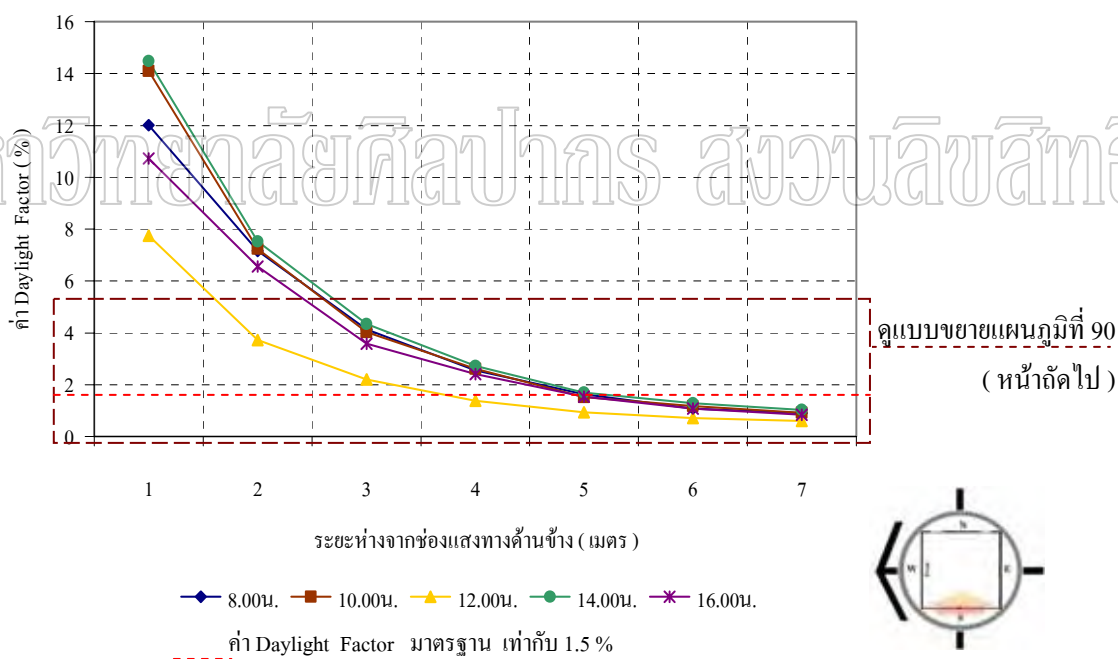
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง เท่ากับ 51.12 %, 49.57 %, 48.81 %, 49.67 % และ 51.10 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 12.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุดคือ 48.81 % และเวลา 8.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของระดับส่องสว่างมากที่สุด คือ 51.12 %

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น

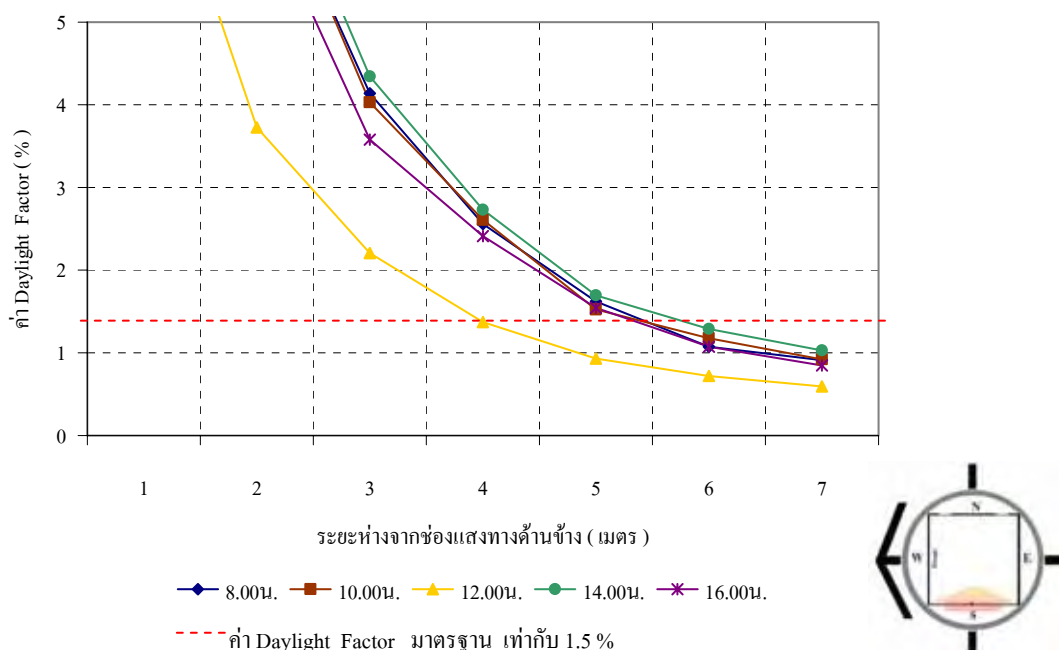
6.2.3.3 ผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 50 แสดงรายละเอียดของการทดลองในห้องข้อ 6.2.3.3 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

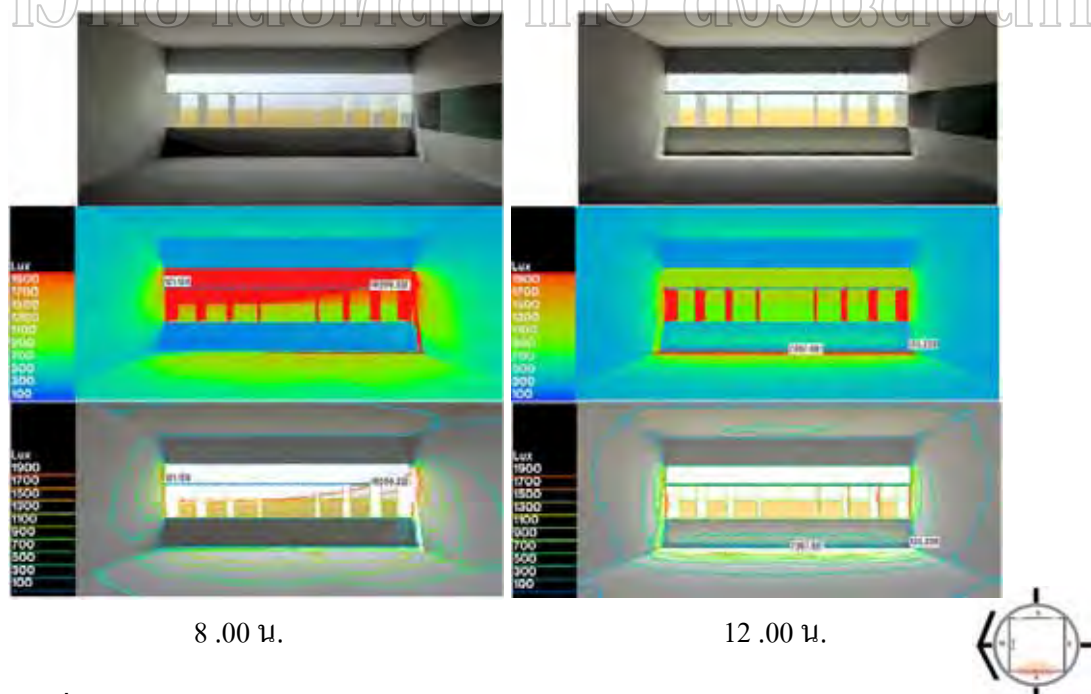
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศตะวันตก	 แบบที่ 3	 อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง	



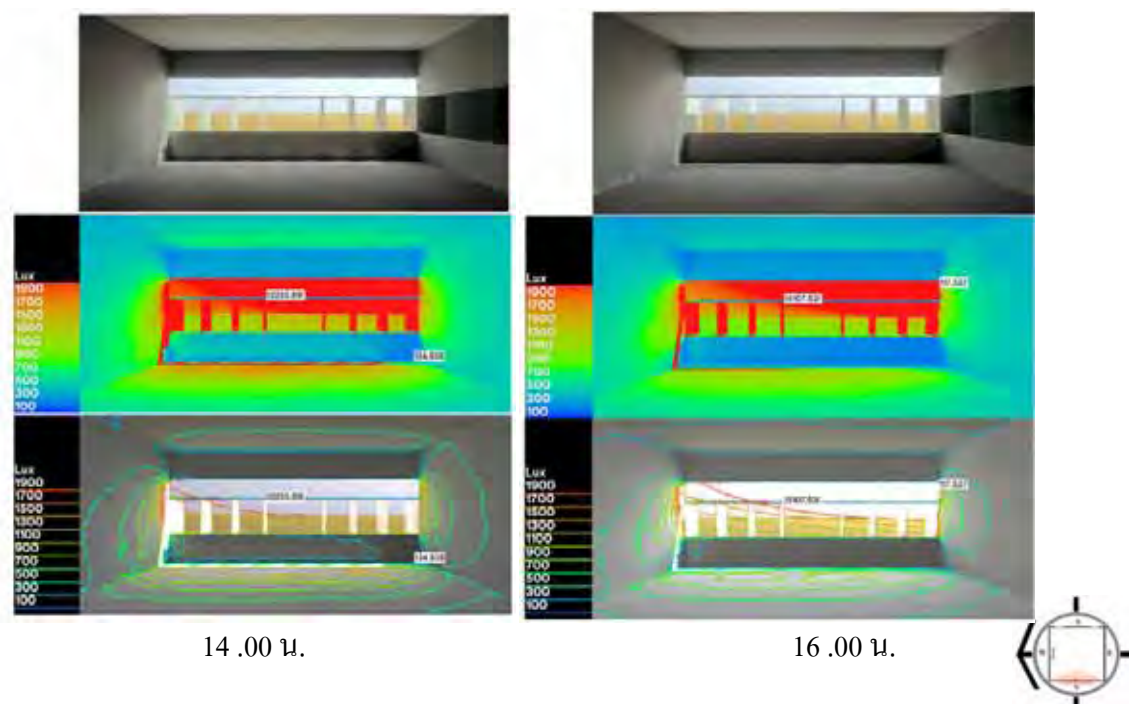
แผนภูมิที่ 89 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 90 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



ภาพที่ 131 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



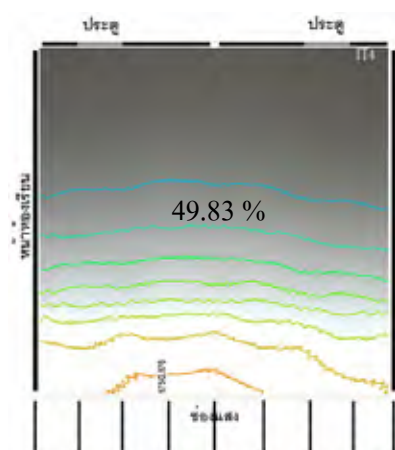
14 .00 น.

16 .00 น.

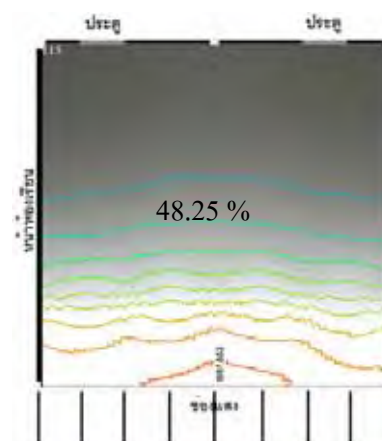
ภาพที่ 131 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวดิ่ง ณ วันที่ 23 กันยายน

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

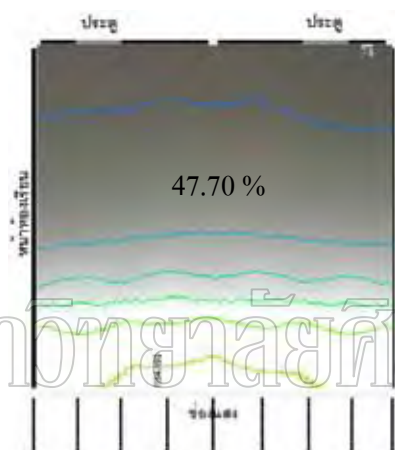
จากภาพจำลอง แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด (Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวดิ่ง ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 15,209, 7,368, 13,256 และ 15,108 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 121, 135, 135 และ 118 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 12.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด



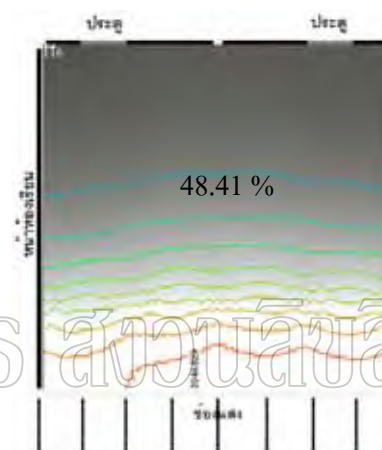
8.00 น.



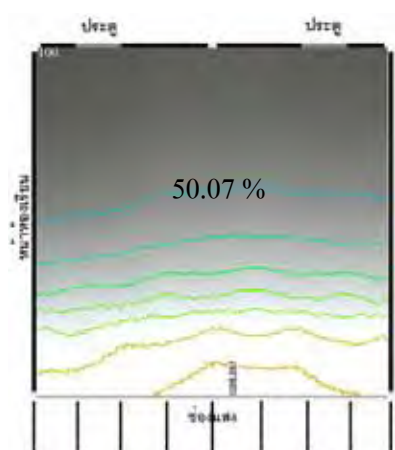
10.00 น.



12.00 น.

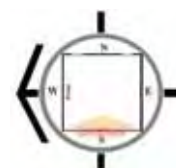


14.00 น.

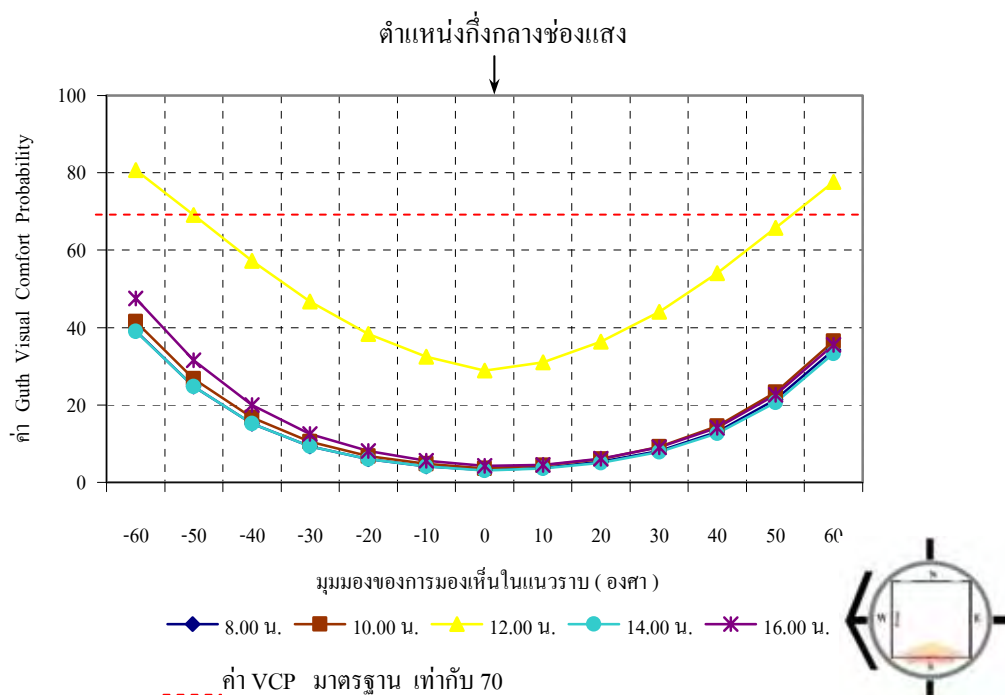


16.00 น.

ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



ภาพที่ 132 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวดิ่ง ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 91 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

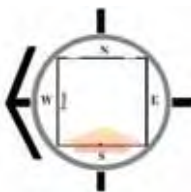
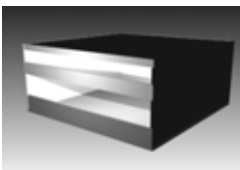
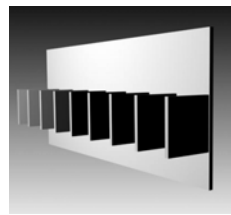
จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ค่า Daylight Factor เวลา 8.00, 10.00, 14.00 และ 16.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 เมตร และ ณ เวลา 12.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

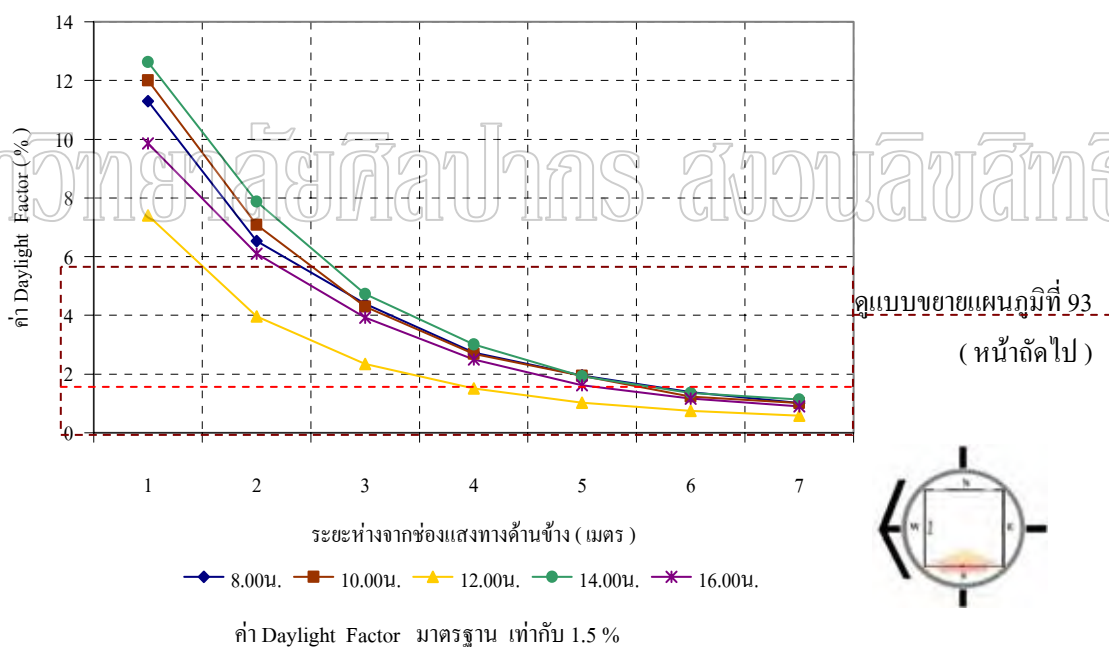
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างเท่ากับ 49.83 %, 48.25 %, 47.70 %, 48.41 % และ 50.07 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 12.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุดคือ 47.70 % และเวลา 16.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง มากที่สุด คือ 50.07 %

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น

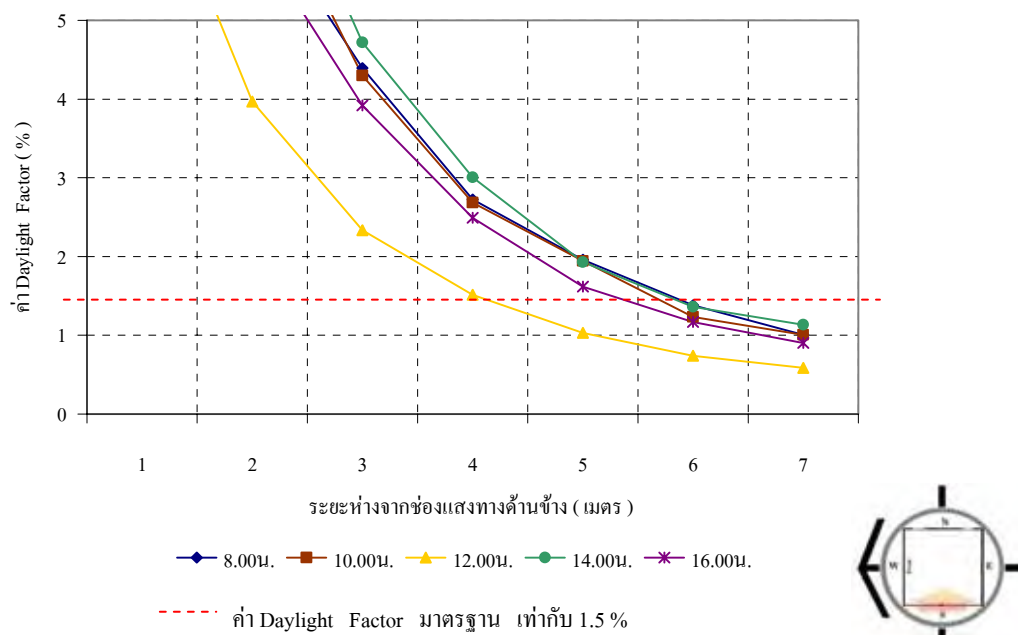
6.2.3.4 ผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 51 แสดงรายละเอียดของการทดลองในห้องข้อ 6.2.3.4 ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

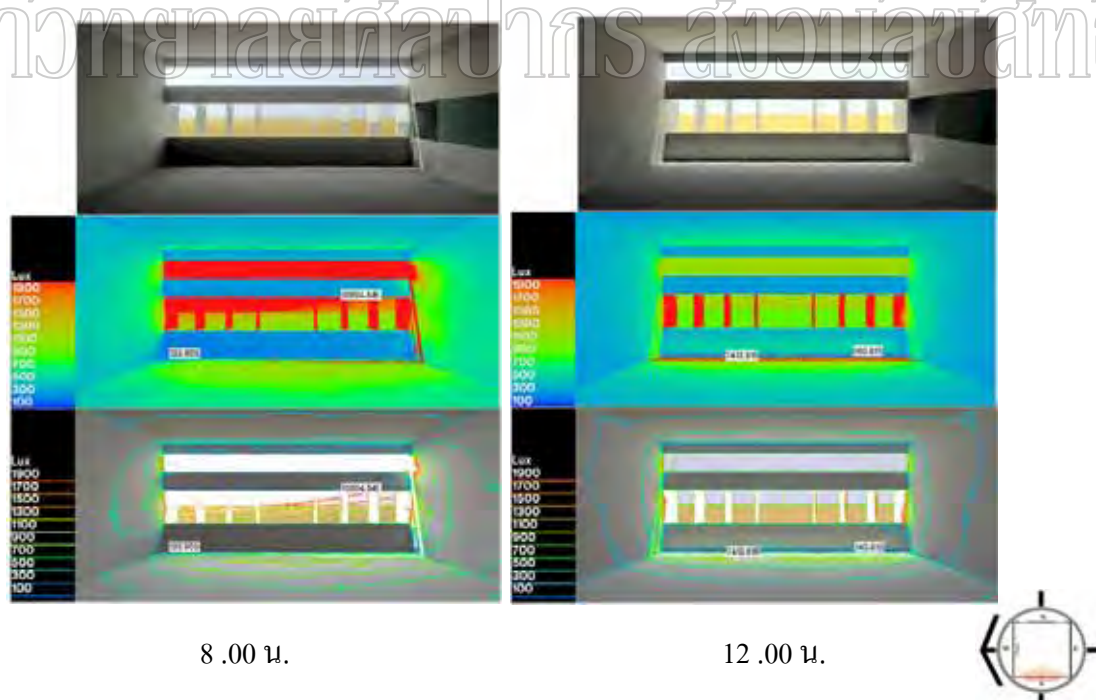
ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศตะวันตก	 แบบที่ 4	 อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง	



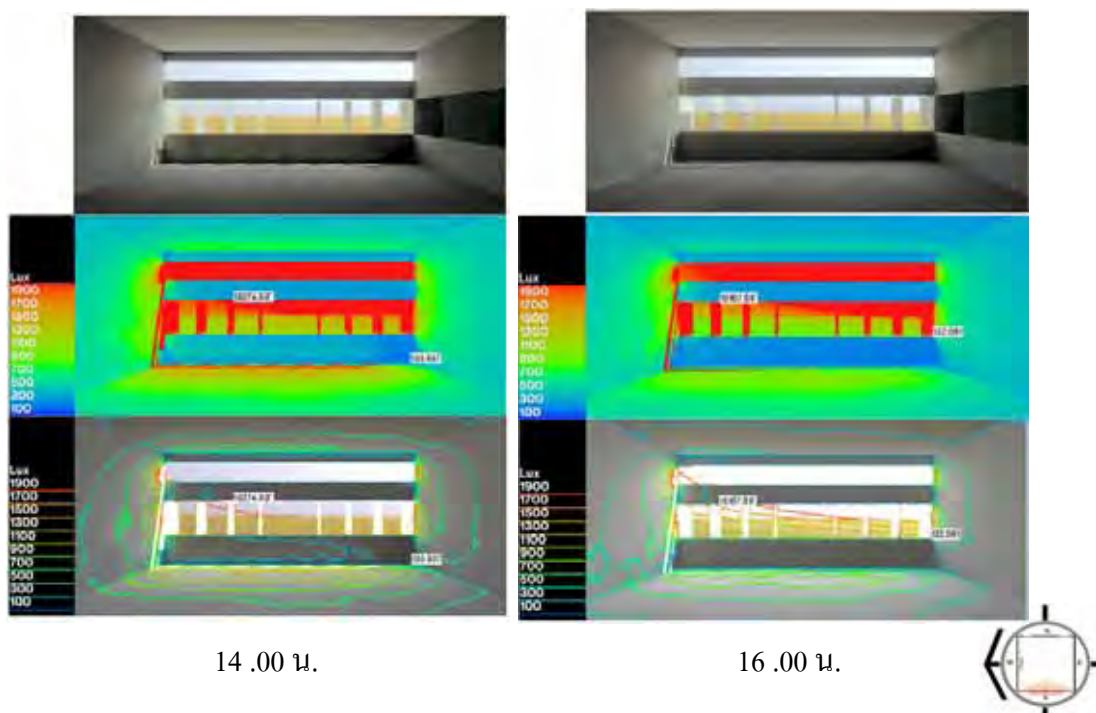
แผนภูมิที่ 92 เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 93 เปรียบเทียบ ค่าDaylight Factor ในช่วง 0 – 5 % ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

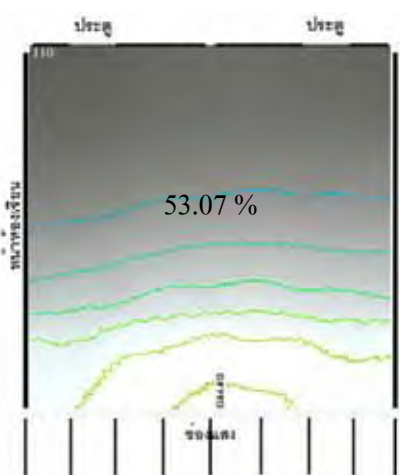
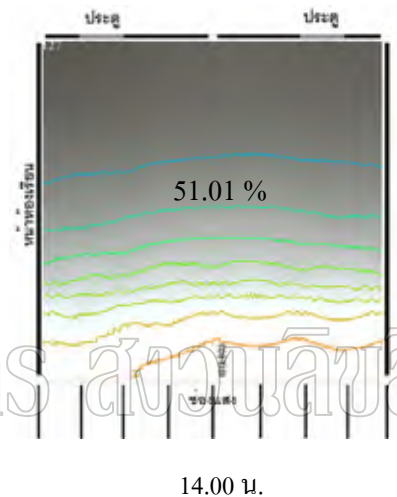
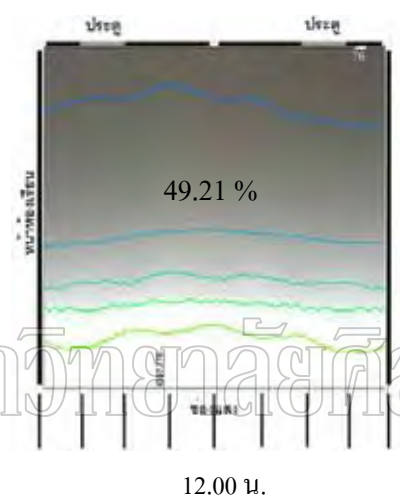
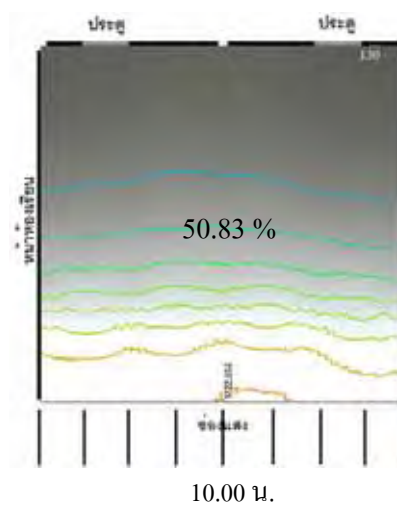
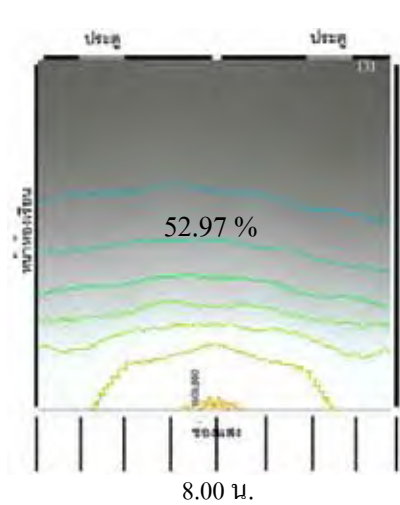


ภาพที่ 133 ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

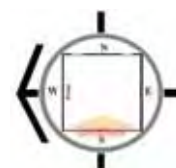


ภาพที่ 133 (ต่อ) ภาพจำลองเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

จากภาพจำลอง แสดงตำแหน่งและค่าความส่องสว่างมากที่สุด (Maximum Illuminance) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ ช่วงเวลา 8.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยมีค่าความส่องสว่างมากที่สุด เท่ากับ 15,905, 7,414, 13,275 และ 15,108 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 8.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่มากที่สุด และมีค่าความส่องสว่างน้อยที่สุด เท่ากับ 134, 141, 136 และ 132 Lux ตามลำดับ ซึ่งในเวลา 10.00 น. สภาพส่วนใหญ่ในห้องเรียนมีค่าระดับความส่องสว่างที่น้อยที่สุด

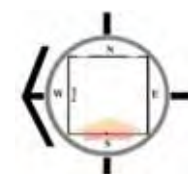
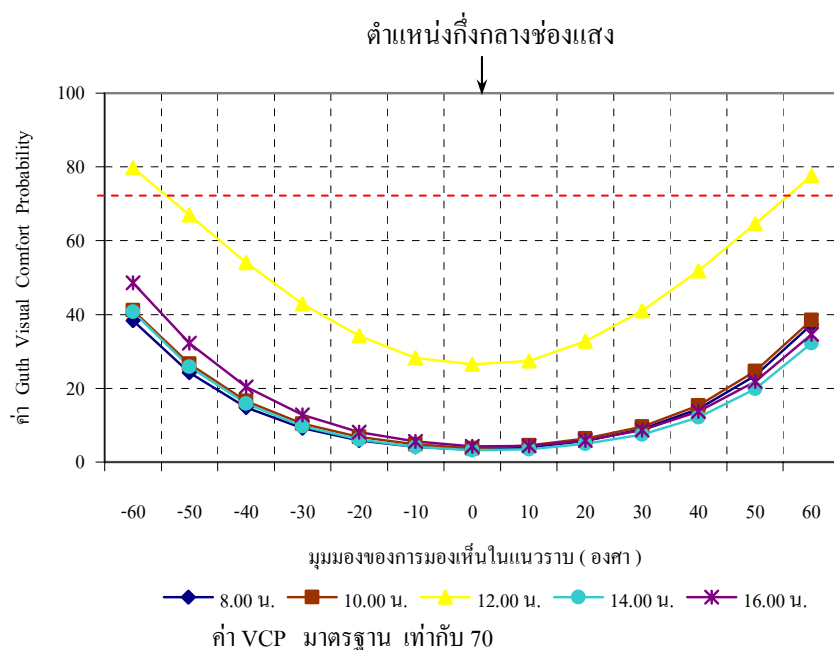


ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance Level)



16.00 น.

ภาพที่ 134 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



แผนภูมิที่ 94 แสดงค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ค่า Daylight Factor เวลา 8.00, 10.00, 14.00 และ 16.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 ม. และ ณ เวลา 12.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

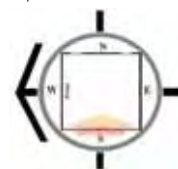
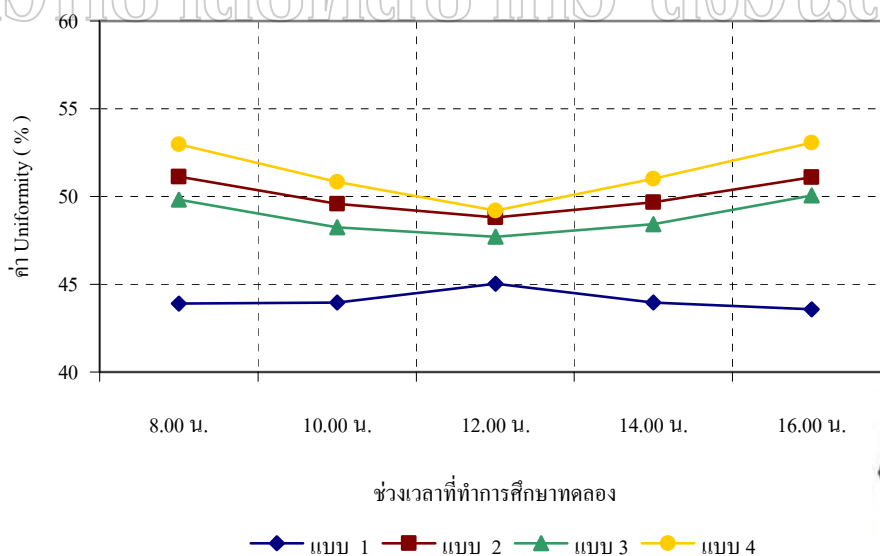
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ในช่วงเวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง เท่ากับ 52.97 %, 50.83 %, 49.21%, 51.01 % และ 53.07 % ตามลำดับ ซึ่งเวลา 12.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุดคือ 49.21 % และเวลา 16.00 น. จะมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด คือ 53.07 %

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น

6.2.3.5 การวิเคราะห์ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1- 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ค่า Daylight Factor เวลา 8.00 และ 16.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร ณ เวลา 10.00 และ 14.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 เมตร ส่วน ณ เวลา 12.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 1 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 , 3 และ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ค่า Daylight Factor เวลา 8.00, 10.00, 14.00 และ 16.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 เมตร และ ณ เวลา 12.00 น. ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 และ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 เมตร ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น



แผนภูมิที่ 95 เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น.

จากแผนภูมิที่ 95 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 – 4 ซึ่งลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด และลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 1 จะให้ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างลดหลั่นลงมาตามลำดับ

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 10.00 และ 16.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60°, - 50° และ 60° ณ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° จนถึง - 40° และ 40° และ 60° และ ณ เวลา 14.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น

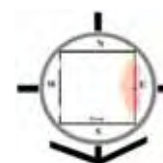
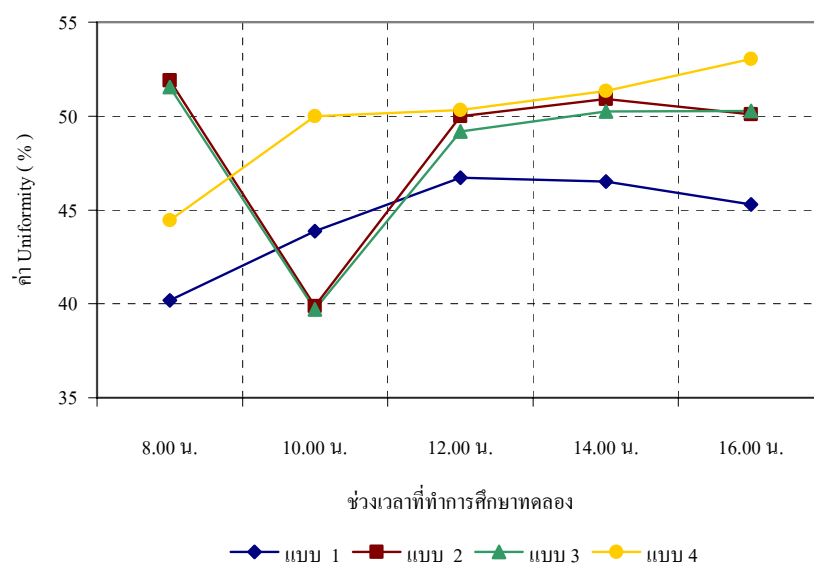
ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 4 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น

6.3 ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก

6.3.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00 และ 10.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 และ 3 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง ตามลำดับ ณ เวลา 14.00 และ 16.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 ม. ส่วน เวลา 12.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 1 ม. จากช่องแสงทางด้านข้างและมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00 น. มีปริมาณเพียงพอตลอดระยะ 7 ม. ณ เวลา 10.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 5 ม. ส่วน ณ เวลา 12.00 และ 14.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 3 ม. และเวลา 16.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 4 ม. และมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น ซึ่ง ค่า Daylight Factor ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง น้อยกว่าลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 4



แผนภูมิที่ 96 เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ทั้ง 4 แบบโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น.

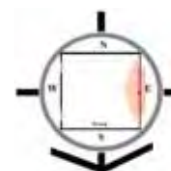
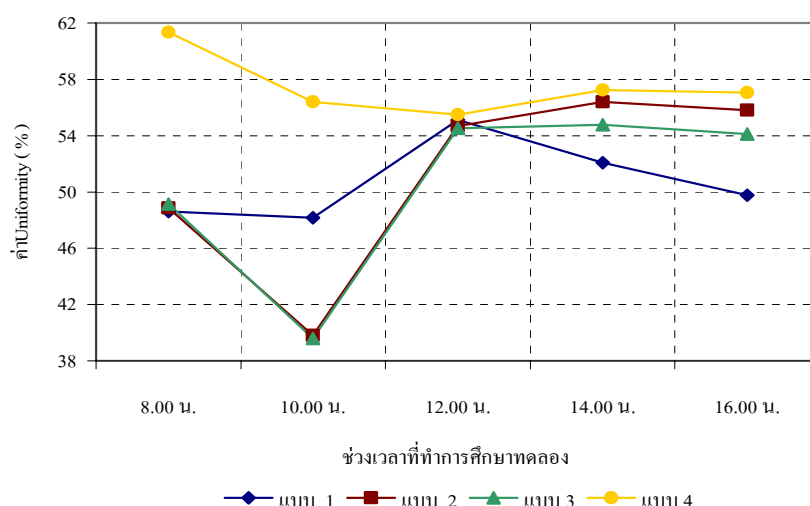
จากแผนภูมิที่ 96 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 – 4 ซึ่งลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุดและให้ค่าที่คงที่มากที่สุดในทุกๆ ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาทดลอง ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 และ 3 ให้ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยกว่าแบบที่ 4 แต่ไม่ให้ค่าที่คงที่ และลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ให้ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุดแต่ให้ค่าที่คงที่ เช่นเดียวกับแบบที่ 4

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1, 2 และ 4 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 12.00, 14.00 และ 16.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° กับ ตำแหน่งที่ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ส่วนค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° กับ ตำแหน่งที่ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น

6.3.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง ณ เวลา 10.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง ส่วนเวลา 12.00 น. มีปริมาณไม่เพียงพอตลอดระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง และ ณ เวลา 14.00 และ 16.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 1 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00 น. มีปริมาณเพียงพอตลอดระยะ 7 ม. ณ เวลา 12.00 และ 14.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 3 ม. และเวลา 16.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 4 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น ซึ่ง ค่า Daylight Factor ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง น้อยกว่าลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 4 ส่วนค่า Daylight Factor ณ เวลา 10.00 น. ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 และ 3 มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 5 ม. แต่ค่า Daylight Factor ณ เวลา 10.00 น. ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 6 ม.



แผนภูมิที่ 97 เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น.

จากแผนภูมิที่ 97 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 – 4 ซึ่งลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด และให้ค่าที่คงที่มากที่สุดในทุก ๆ ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาทดลอง ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 1, 2 และ 3 ให้ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยกว่าแบบที่ 4 และไม่ให้ค่าที่คงที่

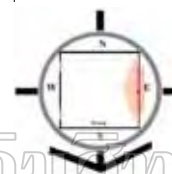
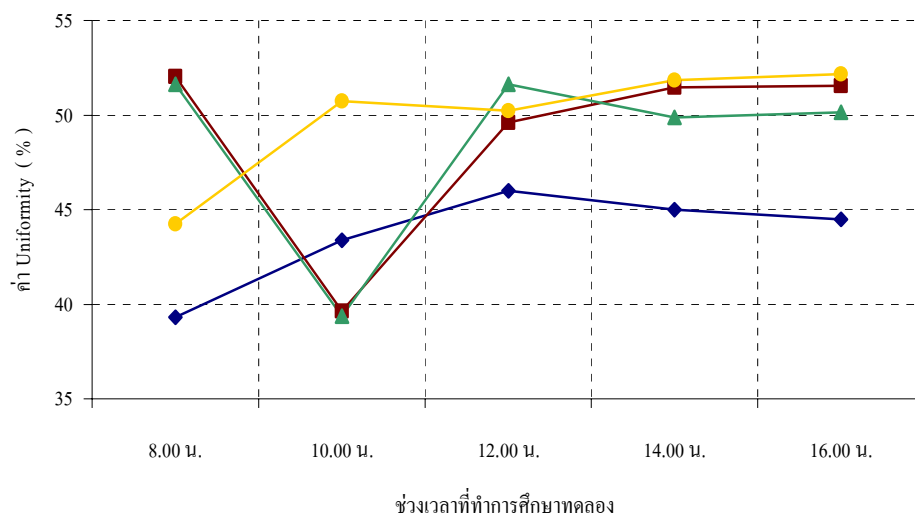
ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ณ เวลา 12.00 และ 14.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° กับ ตำแหน่งที่ 60° และ ณ เวลา 16.00 น. ที่ตำแหน่ง - 20° จนถึง 20° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 และ 4 มีค่า Glare แบบ VCP ณ เวลา 14.00 และ 16.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° กับ ตำแหน่งที่ 60° และ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° , 50° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 มีค่า Glare แบบ VCP ณ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° กับ ตำแหน่งที่ 60° และ ณ เวลา 16.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น

6.3.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ค่า Daylight Factor เวลา 8.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 ม. ณ เวลา 10.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 ม. ณ เวลา 12.00 และ 14.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 1 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง ส่วน ณ เวลา 16.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ค่า Daylight Factor เวลา 8.00 น. มีปริมาณเพียงพอตลอดระยะ 7 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง ณ เวลา 10.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 ม. ณ เวลา 12.00 น. ค่า Daylight Factor ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 และ 3 มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 ม. ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 ม. ณ เวลา 14.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่าง

ไม่เกิน 3 ม. และ ณ เวลา 16.00 น. ค่า Daylight Factor ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 และ 3 มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 ม. ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น



แผนภูมิที่ 98 เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น. , 10.00 น. , 12.00 น. , 14.00 น. และ 16.00 น.

จากแผนภูมิที่ 98 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 – 4 ซึ่งลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด และให้ค่าที่คงที่มากที่สุดทุก ๆ ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาทดลอง ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 และ 3 ให้ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยกว่าแบบที่ 4 แต่ไม่ให้ค่าที่คงที่และลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ให้ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างน้อยที่สุด แต่ให้ค่าที่คงที่เช่นเดียวกับแบบที่ 4

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 เวลา 8.00 และ 10.00 น. มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° และ 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 50° จนถึง 50° มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน แต่ลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 , 3 และ 4 มีค่า Glare แบบ VCP ทุกตำแหน่งมุมมอง มีค่า Glare แบบ VCP ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด

ในเวลา 12.00 น. ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° จนถึง -40° และ 40° จนถึง 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 30° จนถึง 30° มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° , - 50° , 40° , 50° และ 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 40° จนถึง 30° มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน และลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 และ 4 มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° , - 50° , 50° และ 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 40° จนถึง 40° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

ในเวลา 14.00 และ 16.00 น. ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° , - 50° , 50° และ 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 40° จนถึง 40° มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° , - 50° และ 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 40° จนถึง 50° มีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° และ 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 50° จนถึง 50° มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด

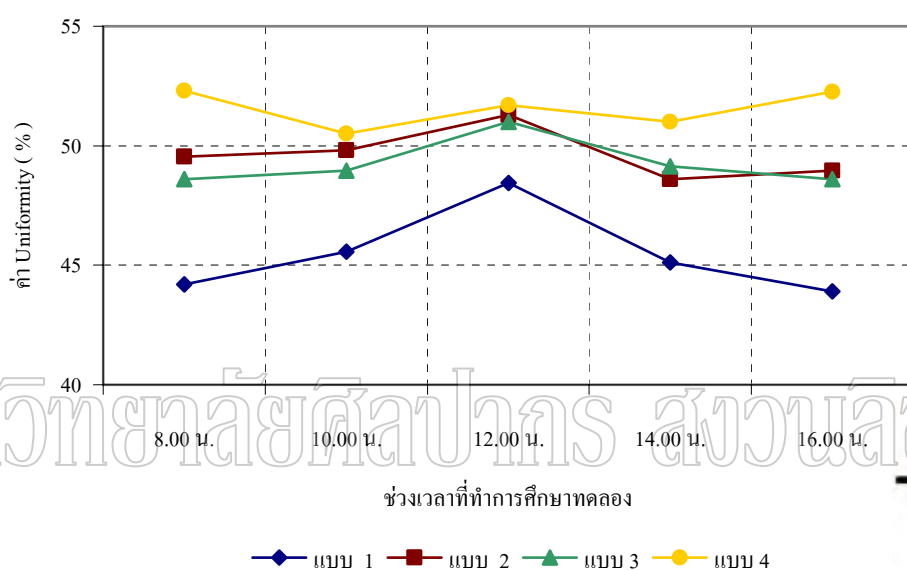
ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 ในเวลา 14.00 น. ค่า Glare แบบ VCP มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° , - 50° และ 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 40° จนถึง 50° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน และในเวลา 16.00 น. ค่า Glare แบบ VCP มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° , - 50° , 50° และ 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 40° จนถึง 40° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

6.4 ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ

6.4.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00 น. และ 16.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง ณ เวลา 10.00 น. และ 14.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง ส่วนเวลา 12.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 1 ม. ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ค่า Daylight Factor ณ เวลา

8.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 ม. ณ เวลา 10.00 และ 14.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 ม. ส่วนเวลา 12.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 ม. และ เวลา 16.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 ม. ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 และ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00 และ 16.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 5 ม. ณ เวลา 10.00 และ 14.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 4 ม. ส่วน ณ เวลา 12.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 2 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น



แผนภูมิที่ 99 เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ทั้ง 4 แบบ โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น.

จากแผนภูมิที่ 99 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 – 4 ซึ่งลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด และให้ค่าที่คงที่มากที่สุดในทุก ๆ ช่วงเวลาที่ทำการทดลอง ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 1 ให้ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างให้ค่าที่คงที่ลดลงตามลำดับ

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีค่า Glare แบบ VCP ณ เวลา 8.00 และ 16.00 น. ตามมาตรฐานที่กำหนดทุกตำแหน่งมุมมอง ส่วนเวลา 10.00 และ 14.00 น. ค่า Glare แบบ VCP มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็นที่ตำแหน่งมุมมอง -60° และ 60° แต่

มุมมองตำแหน่งที่ - 50° จนถึง 50° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนเวลา 12.00 น. ทุกตำแหน่งมุมมอง มีค่า Glare แบบ VCP ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 มีค่า Glare แบบ VCP ณ เวลา 8.00 น. มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็นที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° , - 50° และ 20° จนถึง 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ - 40° จนถึง 10° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนเวลา 10.00, 12.00 และ 14.00 น. ทุกตำแหน่งมุมมอง มีค่า Glare แบบ VCP ตามมาตรฐาน และเวลา 16.00 น. มีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็นที่ตำแหน่งมุมมอง - 60° จนถึง - 10° และ 40° จนถึง 60° แต่มุมมองตำแหน่งที่ 0° จนถึง 30° มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

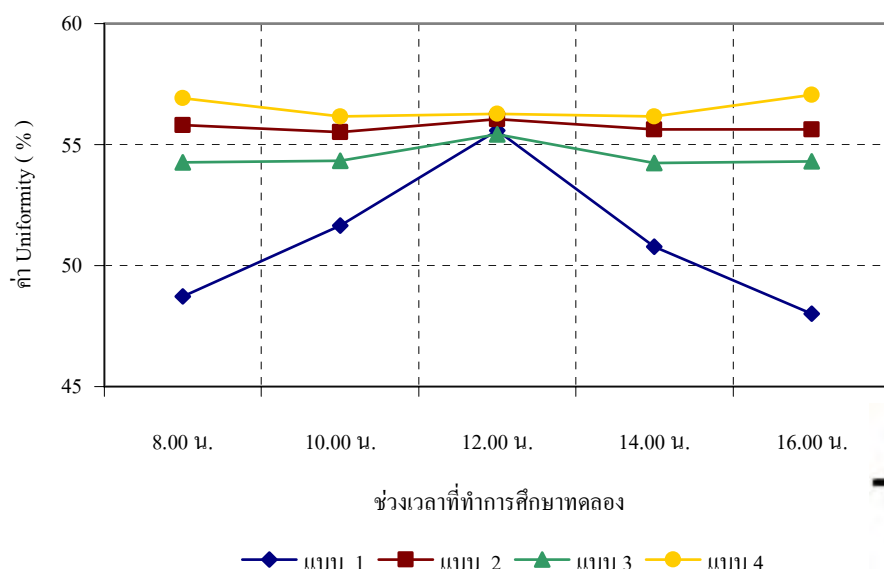
ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 8.00 น. ที่ตำแหน่ง - 30° จนถึง 0° และ ณ เวลา 16.00 น. ที่ตำแหน่ง 0° จนถึง 30° ค่า Glare แบบ VCP มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่า Glare แบบ VCP ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีค่าตามมาตรฐานทุกตำแหน่งมุมมอง

6.4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1-4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00 และ 16.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง ณ เวลา 10.00 และ 14.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 1 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง ส่วนเวลา 12.00 น. มีปริมาณที่ไม่เพียงพอตลอดระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 และ 3 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 4 ม. ณ เวลา 10.00 และ 14.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 3 ม. ณ เวลา 12.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 2 ม. และเวลา 16.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 5 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น

แต่ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00 และ 16.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 5 ม. ณ เวลา 10.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 3 ม. ณ เวลา 12.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่าง

ไม่เกิน 2 ม. และเวลา 14.00 น. มีปริมาณเพียงพอในระยะห่างไม่เกิน 4 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง และมีแนวโน้มลดลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น



แผนภูมิที่ 100 เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น.

จากแผนภูมิที่ 100 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 – 4 ซึ่งลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด และลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 1 จะให้ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างลดหลั่นลงตามลำดับ

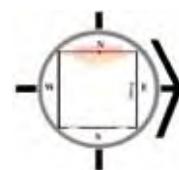
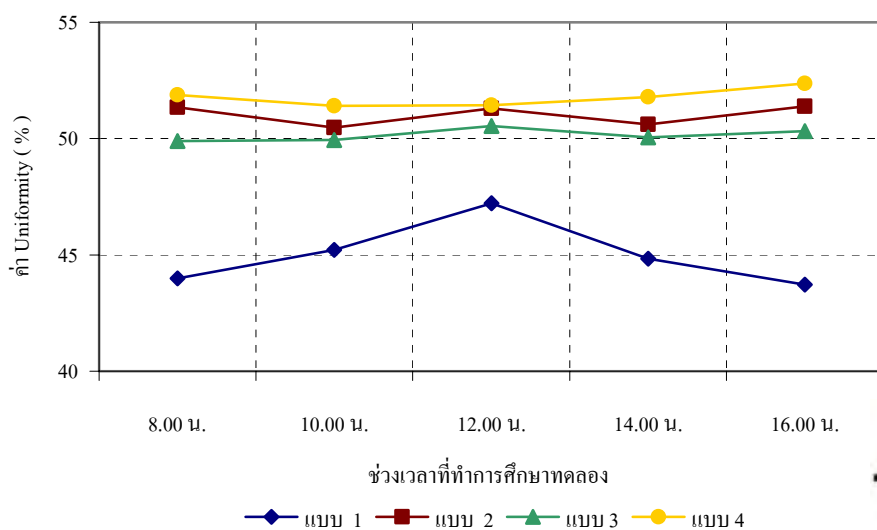
ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1, 2 และ 3 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ณ เวลา 8.00 และ 12.00 น. ที่ตำแหน่ง -60°, -50°, 50° และ 60° และ ณ เวลา 10.00 น. ที่ตำแหน่ง 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 ณ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° จนถึง -40° และ ตำแหน่งที่ 40° จนถึง 60° เวลา 14.00 น. ที่ตำแหน่ง -60°, 50° และ 60° และเวลา 16.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมีสถานะที่สบายตาต่อการมองเห็น ส่วนลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 ณ เวลา 8.00 น. ที่ตำแหน่ง 60° ณ เวลา 10.00 น. ที่ตำแหน่ง -60°, 50° และ 60° ณ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง -

60° จนถึง - 40° และ ตำแหน่งที่ 40° จนถึง 60° เวลา 14.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° และ 60° และเวลา 16.00 น. ที่ตำแหน่ง - 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่า Glare แบบ VCP ทุกตำแหน่งมุมมองอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และมีค่าเท่ากับ 100 ทุกตำแหน่งมุมมอง

6.4.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์ บังแดดในแนวตั้ง

จากผลการทดลองของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ค่า Daylight Factor เวลา 8.00, 10.00, 14.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 ม. ณ เวลา 12.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 1 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง ส่วน ณ เวลา 16.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 ม. ลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 ค่า Daylight Factor เวลา 8.00, 12.00 และ 16.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4, 2 และ 5 ม. ตามลำดับ และ ณ เวลา 10.00 และ 14.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 ม. ลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 ค่า Daylight Factor ณ เวลา 8.00 และ 16.00 น. มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 ม. เวลา 10.00 และ 14.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 ม. และ เวลา 12.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 ม. และลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ค่า Daylight Factor เวลา 8.00, 12.00 และ 16.00 น. ที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง ส่วน ณ เวลา 10.00 และ 14.00 น. ค่า Daylight Factor มีปริมาณที่เพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 ม. จากช่องแสงทางด้านข้างและมีแนวโน้มน้อยลง เมื่อระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเพิ่มมากขึ้น



แผนภูมิที่ 101 เปรียบเทียบค่า Uniformity ของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ทั้ง 4 แบบ โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน ในช่วงเวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น.

จากแผนภูมิที่ 101 แสดงค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniformity of Illumination) ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 ซึ่งลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างมากที่สุด และลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 1 จะให้ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างลดหลั่นลงมาตามลำดับ

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 10.00, 14.00 และ 16.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° และ 60° และ ณ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° , -50° , 50° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น

ค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 และ 3 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้น ณ เวลา 10.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° และ 60° และ ณ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° , -50° , 50° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานมีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น ส่วนค่า Glare แบบ VCP ของลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่า Glare แบบ VCP ส่วนใหญ่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเช่นเดียวกัน ยกเว้น ณ เวลา 10.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° และ 60° และ ณ เวลา 12.00 น. ที่ตำแหน่ง -60° , -50° , 40° , 50° และ 60° อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีสภาวะที่สบายตาต่อการมองเห็น

7. หลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง

7.1 หลักเกณฑ์ในการพิจารณาค่าแฟกเตอร์น้ำหนัก

พิจารณาค่าแฟกเตอร์น้ำหนักโดยให้ลำดับความสำคัญของ ค่า Daylight Factor, ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare และ ค่า Uniformity of Illumination ตามลำดับ (ตารางที่ 52)

ตารางที่ 52 แสดงการพิจารณาค่าแฟกเตอร์น้ำหนัก

หลักเกณฑ์การพิจารณา	ค่าแฟกเตอร์น้ำหนัก (Weighting Factor)
1. ค่า Daylight Factor	4
2. ค่า Uniformity of Illumination	2
3. ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare	3

7.2 การกำหนดการให้คะแนนของ ค่า Daylight Factor ค่า Uniformity of Illumination และ ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare

7.2.1 การกำหนดการให้คะแนนของ ค่า Daylight Factor

การกำหนดค่า Daylight Factor ที่พอเพียงต่อพื้นที่การใช้งาน (ตารางที่ 53)

ตารางที่ 53 แสดงค่า Daylight Factor ที่พอเพียงต่อการใช้งานในลักษณะต่างๆ

การใช้งาน	ค่า DF (%)
การอ่านหนังสือ การทำงานปกติในช่วงเวลาปกติ ที่ไม่ได้มีการใช้สายตาในกิจกรรมหนึ่งๆนานเกินไป	1.5 - 2.5
การอ่านหนังสือ หรือการใช้สายตาในการทำงานในช่วงเวลานานพอสมควร หรือการทำงานที่ไม่มีอันตรายต่อร่างกาย	2.5 – 4.0
การทำงานที่ต้องการความละเอียดสูง หรือการใช้เครื่องจักร หรืออุปกรณ์ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้	4.0 – 8.0

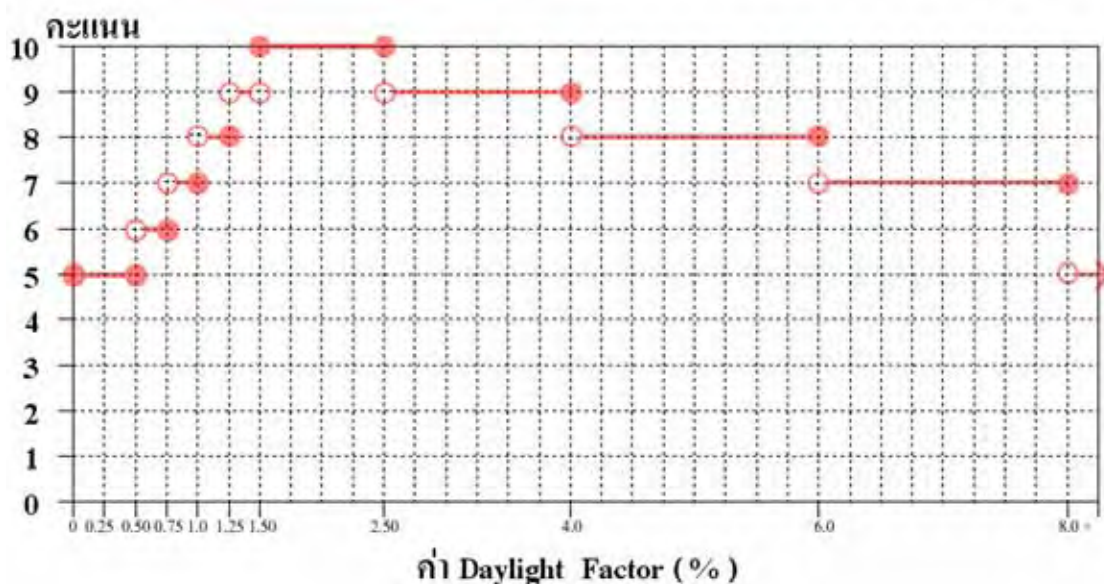
ที่มา : Millet and Bedrick, quoted in B. Stein and J. Reynolds, Mechanical and Electrical Equipment for Building, 11th ed. (New York : John Wiley & Sons Co., 1998), 237.

จากตารางที่ 53 แสดงค่า Daylight Factor ที่พอเพียงต่อการใช้งานในลักษณะต่างๆ การศึกษาวิจัยในครั้งนี้กำหนดให้กิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในห้องเรียนเป็นการใช้งานในลักษณะ

การทำงานปกติในช่วงเวลาปกติ ที่กำหนดค่า Daylight Factor 1.5 – 2.5 % หากข้อมูลจากการทดลองอยู่ในช่วงของค่า Daylight Factor ดังกล่าวจะมีคะแนนเท่ากับ 10 สำหรับค่า DF ที่ต่ำหรือสูงกว่านั้น จะให้ค่าคะแนนที่ลดหลั่นกันลงมาตามตารางที่ 54 ค่า DF ที่ต่ำหรือสูงเกินไป จะให้ค่าคะแนนที่ต่ำ เนื่องจากปริมาณแสงที่น้อยไม่เพียงพอต่อพื้นที่การใช้งาน หรือ สภาพที่มีค่าความส่องสว่างมากเกินไป จนเกิดสภาวะมีแสงบาดตามารบกวน โดยการกำหนดการให้คะแนนให้มีความเหมาะสมกับค่า Daylight Factor ตามตารางที่ 54 ดังนี้

ตารางที่ 54 แสดงช่วงของค่า Daylight Factor กับระดับคะแนนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ช่วงของค่า Daylight Factor (%)	คะแนน
0 – 0.50	5
$0.50 < X \leq 0.75$	6
$0.75 < X \leq 1.00$	7
$1.00 < X \leq 1.25$	8
$1.25 < X < 1.50$	9
$1.50 \leq X \leq 2.50$	10
$2.50 < X \leq 4.00$	9
$4.00 < X \leq 6.00$	8
$6.00 < X \leq 8.00$	7
8.00 ขึ้นไป	5



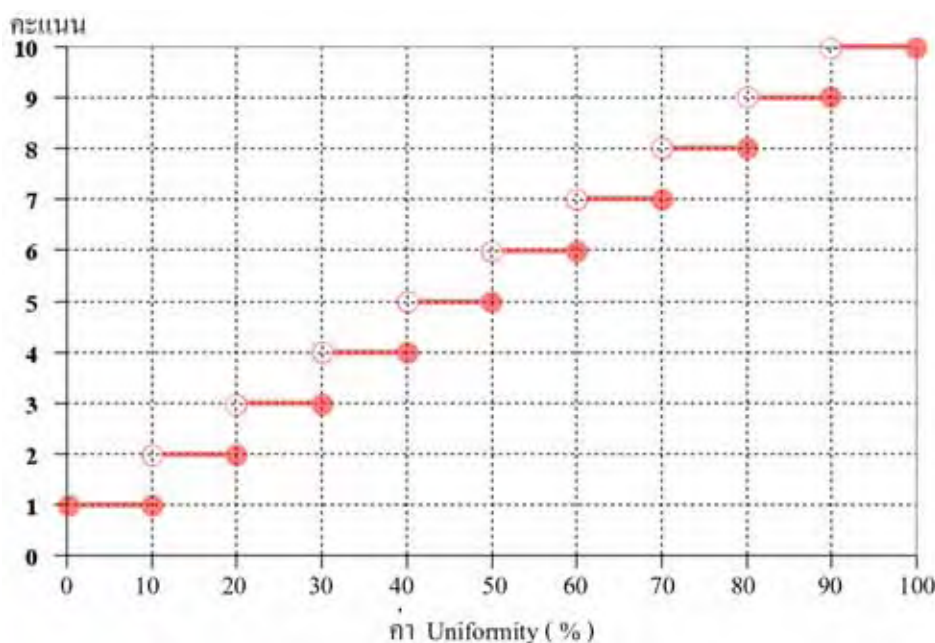
แผนภูมิที่ 102 ช่วงของค่า Daylight Factor กับระดับคะแนนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

7.2.2 การกำหนดการให้คะแนนของค่า Uniformity of Illumination

เนื่องจากค่า Uniformity of Illumination มีค่าเท่ากับ 100% ซึ่งถือว่ามีความสม่ำเสมอของความส่องสว่างดีที่สุด เพราะฉะนั้นการศึกษานี้จึงพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ของค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างเทียบเป็นคะแนน (ตารางที่ 55) ดังนี้

ตารางที่ 55 แสดงช่วงของค่า Uniformity of Illumination กับระดับคะแนนที่ใช้ในการศึกษานี้

ช่วงของค่า Uniformity of Illumination (%)	คะแนน
0 – 10	1
$10 < X \leq 20$	2
$20 < X \leq 30$	3
$30 < X \leq 40$	4
$40 < X \leq 50$	5
$50 < X \leq 60$	6
$60 < X \leq 70$	7
$70 < X \leq 80$	8
$80 < X \leq 90$	9
$90 < X \leq 100$	10



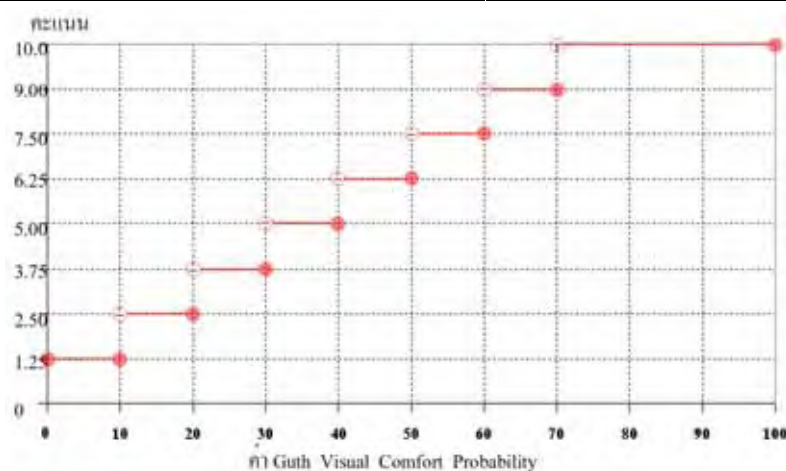
แผนภูมิที่ 103 ช่วงของค่า Uniformity of Illumination กับระดับคะแนนที่ใช้ในการศึกษานี้

7.2.3 การกำหนดการให้คะแนนของ ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare

เนื่องจาก ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare ให้ผลการทดลองเป็นค่า ณ ตำแหน่งของมุมมองในการมองเห็นในแนวราบ ซึ่งกำหนดการแสดงผลค่า Glare ในการศึกษาครั้งนี้เป็นมุมมอง 120° โดยแสดงทุกมุมมอง 10° ในแนวราบ รวมทั้งสิ้น 13 ตำแหน่งใน 1 เวลาของแต่ละกรณีที่ทำการศึกษา หากค่า Guth Visual Comfort Probability ณ ตำแหน่งของมุมมองในการมองเห็นในแนวราบมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด (Millet and Bedrick 1992 : 259) คือ 70 ให้ถือว่ามีความสบายเท่ากับ 9 และหากมากกว่าเกณฑ์ให้ถือว่ามีความสบายเท่ากับ 10 ซึ่งหากค่า Glare มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ ให้คะแนนดังนี้

ตารางที่ 56 แสดงช่วงของค่า Guth Visual Comfort Probability กับระดับคะแนนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ช่วงของค่า Guth Visual Comfort Probability	คะแนน
0 – 10	1.25
$10 < X \leq 20$	2.50
$20 < X \leq 30$	3.75
$30 < X \leq 40$	5.00
$40 < X \leq 50$	6.25
$50 < X \leq 60$	7.50
$60 < X \leq 70$	9.00
70 ขึ้นไป	10.00



แผนภูมิที่ 104 ช่วงของค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare กับระดับคะแนนที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

จากนั้นพิจารณาคะแนนรวมของแต่ละกรณี ตามสูตร ดังนี้

$$\text{คะแนนรวม 1 กรณี} = \frac{(WF_1 \times M_1) + (WF_2 \times M_2) + (WF_3 \times M_3)}{WF_1 + WF_2 + WF_3}$$

โดยกำหนดให้ WF_1 = ค่าแฟกเตอร์น้ำหนักของค่า Daylight Factor ซึ่งการศึกษาครั้งนี้มีค่าเท่ากับ 4

WF_2 = ค่าแฟกเตอร์น้ำหนักของค่า Uniformity of Illumination ซึ่งการศึกษาครั้งนี้มีค่าเท่ากับ 2

WF_3 = ค่าแฟกเตอร์น้ำหนักของค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare ซึ่งการศึกษาครั้งนี้มีค่าเท่ากับ 3

M_1 = คะแนนของค่า Daylight Factor ของแต่ละกรณี

M_2 = คะแนนของค่า Uniformity of Illumination ของแต่ละกรณี

M_3 = คะแนนของค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare ของแต่ละกรณี

8. การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง

8.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก

8.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

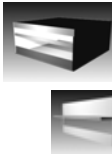
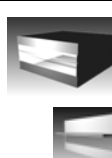
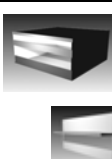
8.1.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 57 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก																			
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Daylight Factor (%)							คะแนนจากการพิจารณาค่า Daylight Factor (คะแนน)							รวม	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF x M)
			ระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง (ม.)																
			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7			
1	-	8.00น.	4.00	3.00	2.00	1.00	0.90	0.70	0.56	9	9	10	8	7	6	6	55	7.86	31.44
		10.00น.	3.80	1.58	0.90	0.60	0.40	0.27	0.22	9	10	7	6	5	5	5	47	6.71	26.84
		12.00น.	3.50	1.35	0.80	0.52	0.42	0.26	0.19	9	9	7	6	5	5	5	46	6.57	26.28
		14.00น.	13.16	4.90	2.50	1.60	0.90	0.60	0.40	5	8	10	10	7	6	5	51	7.29	26.16
		16.00น.	49.18	38.13	5.25	3.30	2.26	1.27	0.93	5	5	8	9	10	9	7	53	7.58	30.32
2	-	8.00น.	7.49	4.12	2.49	1.58	1.07	0.76	0.60	7	8	10	10	8	7	6	56	8.00	32.00
		10.00น.	5.50	2.95	1.86	1.24	0.81	0.61	0.46	8	9	10	8	7	6	5	53	7.58	30.32
		12.00น.	5.30	2.75	1.61	1.08	0.78	0.54	0.44	8	9	10	8	7	6	5	53	7.58	30.32
		14.00น.	52.29	9.21	5.53	3.32	2.27	1.48	1.18	5	5	7	9	10	9	8	53	7.58	30.32
		16.00น.	53.32	44.30	38.57	35.18	4.83	3.38	2.86	5	5	5	5	8	9	9	46	6.57	26.28
3	-	8.00น.	7.72	4.10	2.44	1.60	1.00	0.71	0.56	7	8	10	10	8	6	6	55	7.86	31.44
		10.00น.	5.55	3.09	1.80	1.20	0.87	0.62	0.47	8	9	10	8	7	6	5	53	7.58	30.32
		12.00น.	5.53	2.67	1.61	1.09	0.76	0.56	0.43	8	9	10	8	7	6	5	53	7.58	30.32
		14.00น.	53.96	9.14	5.23	3.25	2.19	1.35	1.10	5	5	8	9	10	9	8	54	7.71	30.84
		16.00น.	54.00	44.80	38.60	6.80	4.30	3.14	2.58	5	5	5	7	8	9	9	58	8.29	33.16
4	-	8.00น.	5.94	3.90	2.46	1.59	0.99	0.75	0.59	8	9	10	10	8	7	6	59	8.43	33.72
		10.00น.	5.19	2.93	1.83	1.24	0.84	0.55	0.46	8	9	10	8	7	6	5	53	7.58	30.32
		12.00น.	5.12	2.74	1.70	1.12	0.75	0.54	0.45	8	9	10	8	7	6	5	53	7.58	30.32
		14.00น.	15.92	9.02	5.25	3.52	2.39	1.62	1.24	5	5	8	9	10	10	8	55	7.86	31.44
		16.00น.	52.32	43.39	9.72	6.00	4.93	3.72	2.92	5	5	5	8	9	9	9	50	7.14	28.56

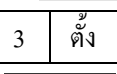
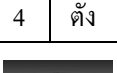
8.1.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 58 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก																			
ลักษณะช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Daylight Factor (%)							คะแนนจากการพิจารณาค่า Daylight Factor (คะแนน)							รวม	คะแนนเฉลี่ย(เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF _f x M _f)
			ระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง (ม.)																
			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7			
1	นอน	8.00น.	2.36	1.31	0.89	0.56	0.37	0.25	0.22	10	9	7	6	5	5	5	47	6.71	26.84
		10.00น.	1.74	1.02	0.68	0.51	0.36	0.25	0.20	10	8	6	6	5	5	5	45	6.43	25.72
		12.00น.	1.49	0.91	0.65	0.46	0.31	0.22	0.19	9	7	6	5	5	5	5	42	6.00	24.00
		14.00น.	1.49	0.91	0.66	0.46	0.31	0.22	0.19	9	7	6	5	5	5	5	42	6.00	24.00
		16.00น.	36.59	4.31	3.08	1.82	0.90	0.19	0.59	5	8	9	10	7	5	6	50	7.14	28.56
2	นอน	8.00น.	4.11	3.13	2.08	1.34	0.91	0.71	0.56	8	9	10	9	7	6	6	55	7.86	31.44
		10.00น.	3.36	2.41	1.64	1.11	0.80	0.58	0.47	9	10	10	8	7	6	5	55	7.86	31.44
		12.00น.	3.65	2.48	1.59	1.10	0.72	0.55	0.47	9	10	10	8	6	6	5	54	7.71	30.84
		14.00น.	44.12	6.62	4.24	2.69	1.82	1.26	1.04	5	7	8	9	10	9	8	56	8.00	32.00
		16.00น.	41.06	40.95	36.24	33.57	4.07	2.88	2.34	5	5	5	5	8	9	10	47	6.71	26.84
3	นอน	8.00น.	4.53	3.00	3.86	1.26	0.87	0.64	0.51	8	9	9	9	7	6	6	54	7.71	30.84
		10.00น.	3.44	2.28	1.80	1.03	0.74	0.53	0.44	9	10	10	8	6	6	5	54	7.71	30.84
		12.00น.	3.86	2.39	1.61	1.09	0.75	0.57	0.48	9	10	10	8	7	6	5	55	7.86	31.44
		14.00น.	45.37	9.14	6.80	2.64	1.75	1.23	0.97	5	5	7	9	10	8	7	51	7.29	26.16
		16.00น.	42.13	44.80	41.44	5.19	3.65	2.72	2.23	5	5	5	8	9	9	10	51	7.29	26.16
4	นอน	8.00น.	4.01	2.94	2.06	1.36	0.98	0.70	0.57	8	9	10	9	7	6	6	55	7.86	31.44
		10.00น.	3.15	2.35	1.68	1.10	0.80	0.56	0.46	9	10	10	8	7	6	5	55	7.86	31.44
		12.00น.	3.36	2.43	1.58	1.03	0.71	0.52	0.43	9	10	10	8	6	6	5	54	7.71	30.84
		14.00น.	7.77	6.44	4.31	2.79	1.83	1.36	1.12	7	7	8	9	10	9	8	58	8.29	33.16
		16.00น.	40.17	39.60	37.99	33.82	3.82	1.12	2.62	5	5	5	5	9	8	9	56	8.00	32.00

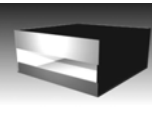
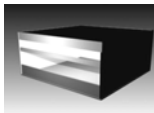
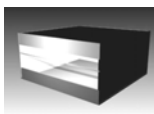
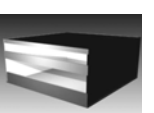
8.1.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 59 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

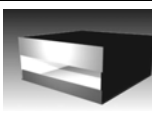
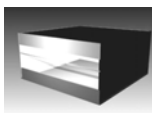
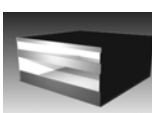
ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก																			
ลักษณะช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Daylight Factor (%)							คะแนนจากการพิจารณาค่า Daylight Factor (คะแนน)							รวม	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF _f x M _f)
			ระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง (ม.)																
			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7			
1	ตั้ง	8.00น.	3.43	1.59	0.79	0.52	0.32	0.22	0.13	9	10	7	6	5	5	5	47	6.71	26.84
		10.00น.	2.60	1.12	0.60	0.40	0.24	0.19	0.16	9	8	6	5	5	5	5	43	6.14	24.59
		12.00น.	2.88	1.12	0.60	0.42	0.29	0.24	0.16	9	8	6	5	5	5	5	43	6.14	24.59
		14.00น.	9.55	3.79	1.92	1.15	0.63	0.42	0.34	5	9	10	8	6	5	5	48	6.86	27.44
		16.00น.	43.32	35.33	3.99	2.24	1.80	1.24	0.79	5	5	9	10	10	8	7	54	7.71	30.84
2	ตั้ง	8.00น.	5.60	3.23	1.97	1.39	0.90	0.67	0.49	8	9	10	9	7	6	5	54	7.71	30.84
		10.00น.	4.22	2.44	1.62	0.95	0.69	0.51	0.42	8	10	10	7	6	6	5	52	7.43	29.72
		12.00น.	4.88	2.45	1.48	1.01	0.68	0.48	0.38	8	10	9	8	6	5	5	51	7.29	26.16
		14.00น.	49.83	7.71	4.78	2.94	1.92	1.41	1.15	5	7	8	9	10	9	8	56	8.00	32.00
		16.00น.	48.12	41.56	36.77	34.47	4.66	3.24	2.58	5	5	5	5	8	9	9	46	6.57	26.28
3	ตั้ง	8.00น.	5.77	3.33	1.98	1.31	0.85	0.63	0.48	8	9	10	9	7	6	5	54	7.71	30.84
		10.00น.	4.47	2.49	1.43	0.99	0.68	0.47	0.41	8	10	9	7	6	5	5	55	7.86	31.44
		12.00น.	5.21	2.45	1.41	0.96	0.68	0.47	0.40	8	10	9	7	6	5	5	55	7.86	31.44
		14.00น.	51.06	8.19	4.46	2.77	1.81	1.24	0.98	5	5	6	9	10	8	7	50	7.14	28.56
		16.00น.	49.05	41.67	36.90	5.92	4.07	3.12	2.44	5	5	5	8	8	9	10	50	7.14	28.56
4	ตั้ง	8.00น.	5.10	3.26	2.03	1.37	0.92	0.62	0.55	8	9	10	9	7	6	6	55	7.86	31.44
		10.00น.	4.23	2.45	1.57	1.02	0.72	0.51	0.42	8	10	10	8	7	6	5	54	7.71	30.84
		12.00น.	4.73	2.51	1.45	0.99	0.69	0.51	0.37	8	9	9	7	6	6	5	50	7.14	28.56
		14.00น.	12.85	7.77	4.80	3.10	2.12	1.47	1.11	5	7	8	9	10	9	8	54	7.71	30.84
		16.00น.	46.92	40.89	38.39	34.51	4.65	3.49	2.73	5	5	5	5	8	9	9	46	6.57	26.28

8.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

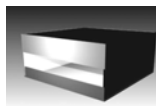
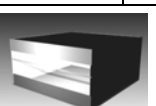
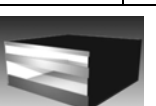
ตารางที่ 60 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก					
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Uniformity of Illumination (%)	คะแนนจากการพิจารณาค่า Uniformity of Illumination (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)
1		-			
		8.00น.	44.49	5	10
		10.00น.	46.57	5	10
		12.00น.	46.70	5	10
		14.00น.	43.75	5	10
2		16.00น.	41.63	5	10
		8.00น.	50.22	6	12
		10.00น.	50.60	6	12
		12.00น.	49.60	5	10
		14.00น.	40.27	5	10
3		16.00น.	52.22	6	12
		8.00น.	49.73	5	10
		10.00น.	50.18	6	12
		12.00น.	48.82	5	10
		14.00น.	40.06	5	10
4		16.00น.	51.70	6	12
		8.00น.	52.28	6	12
		10.00น.	51.42	6	12
		12.00น.	50.32	6	12
		14.00น.	50.43	6	12
		16.00น.	44.71	5	10

ตารางที่ 61 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของ
ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4
โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก					
ลักษณะของ ช่องแสง	รูปแบบของ อุปกรณ์บังแดด	เวลาของ การทดลอง	ค่า Uniformity of Illumination (%)	คะแนนจากการพิจารณาค่า Uniformity of Illumination (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)
1	นอน	8.00น.	50.80	6	12
 		10.00น.	53.00	6	12
		12.00น.	54.40	6	12
		14.00น.	48.20	5	10
		16.00น.	39.10	4	12
2	นอน	8.00น.	56.00	6	12
 		10.00น.	56.30	6	12
		12.00น.	54.30	6	12
		14.00น.	40.00	4	8
		16.00น.	52.70	6	12
3	นอน	8.00น.	54.20	6	12
 		10.00น.	55.03	6	12
		12.00น.	54.00	6	12
		14.00น.	40.00	4	8
		16.00น.	52.30	6	12
4	นอน	8.00น.	56.89	6	12
 		10.00น.	57.13	6	12
		12.00น.	55.30	6	12
		14.00น.	57.00	6	12
		16.00น.	48.10	5	10

ตารางที่ 62 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก					
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Uniformity of Illumination (%)	คะแนนจากการพิจารณาค่า Uniformity of Illumination (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)
1	ตั้ง	8.00น.	44.66	5	10
 		10.00น.	45.84	5	10
		12.00น.	45.57	5	10
		14.00น.	43.37	5	10
		16.00น.	39.70	4	8
2	ตั้ง	8.00น.	51.00	6	12
 		10.00น.	51.60	6	12
		12.00น.	49.35	5	10
		14.00น.	40.00	4	8
		16.00น.	52.31	6	12
3	ตั้ง	8.00น.	50.24	6	12
 		10.00น.	50.68	6	12
		12.00น.	48.70	5	10
		14.00น.	39.73	4	8
		16.00น.	52.00	6	12
4	ตั้ง	8.00น.	52.50	6	12
 		10.00น.	52.23	6	12
		12.00น.	50.00	5	10
		14.00น.	51.31	6	12
		16.00น.	44.84	4	8

8.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

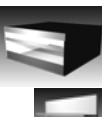
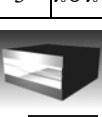
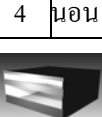
8.1.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 63 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก																		
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการพิจารณาค่า Guth Visual Comfort Probability (คะแนน)													รวม	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)
			ตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นในแนวราบ															
			- 60°	- 50°	- 40°	- 30°	- 20°	- 10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°			
1	-	8.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	9.00	10.00	86.75	6.67	20.01
		10.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	3.75	3.75	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	70.50	5.42	16.26
		12.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	9.00	10.00	83.00	6.38	19.14
		14.00น.	7.50	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	45.00	3.46	10.38
		16.00น.	7.50	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	5.00	7.50	46.25	3.56	10.68
2	-	8.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	6.25	9.00	10.00	81.75	6.29	18.87
		10.00น.	10.00	7.50	7.50	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	9.00	10.00	69.00	5.31	15.93	
		12.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	86.75	6.67	20.01
		14.00น.	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	5.00	27.50	2.12	6.36	
		16.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.25	6.25	9.00	10.00	89.25	6.87	20.61
3	-	8.00น.	9.00	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	7.50	9.00	61.75	4.75	14.25	
		10.00น.	9.00	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	9.00	60.50	4.65	13.95	
		12.00น.	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	70.50	5.42	16.26
		14.00น.	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	5.00	27.50	2.12	6.36	
		16.00น.	10.00	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	5.00	6.25	9.00	9.00	10.00	97.00	7.46	22.38
4	-	8.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	6.25	9.00	10.00	80.50	6.19	18.57
		10.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	9.00	10.00	77.75	5.98	17.94	
		12.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	86.75	6.67	20.01
		14.00น.	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	5.00	26.25	2.02	6.06	
		16.00น.	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	1.25	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	46.25	3.56	10.68

8.1.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 64 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอนที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก																		
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการพิจารณาค่า Guth Visual Comfort Probability (คะแนน)													รวม	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)
			ตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นในแนวราบ															
			-60°	-50°	-40°	-30°	-20°	-10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°			
1	นอน	8.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	6.25	9.00	10.00	81.75	6.29	18.87
		10.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	2.50	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	10.00	75.00	5.77	17.31
		12.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	6.25	9.00	10.00	81.75	6.29	18.87
		14.00น.	6.25	5.00	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	6.25	41.25	3.17	9.51
		16.00น.	6.25	5.00	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	5.00	6.25	40.00	3.08	9.24
2	นอน	8.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	9.00	10.00	79.25	6.10	18.30
		10.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	9.00	10.00	77.75	5.98	17.94
		12.00น.	10.00	7.50	7.50	6.25	5.00	5.00	3.75	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	88.00	6.76	20.28
		14.00น.	10.00	9.00	7.50	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	7.50	9.00	78.00	6.00	18.00
		16.00น.	6.25	6.25	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	2.50	5.00	6.25	43.75	3.37	10.11
3	นอน	8.00น.	9.00	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	7.50	9.00	61.75	4.75	14.25
		10.00น.	9.00	7.50	5.00	3.75	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	9.00	63.00	4.85	14.55
		12.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	128.00	9.85	29.55
		14.00น.	7.50	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	5.00	7.50	46.25	3.56	10.68
		16.00น.	6.25	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	6.25	36.25	2.79	8.37
4	นอน	8.00น.	10.00	9.00	7.50	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	6.25	9.00	10.00	83.00	6.39	19.17
		10.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	2.50	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	10.00	75.00	5.77	17.31
		12.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	7.50	9.00	10.00	83.00	6.39	19.17
		14.00น.	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	6.25	42.50	3.27	9.81
		16.00น.	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	5.00	6.25	42.50	3.27	9.81

8.1.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 65 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก																		
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการพิจารณาค่า Guth Visual Comfort Probability (คะแนน)													รวม	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)
			ตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นในแนวราบ															
			- 60°	- 50°	- 40°	- 30°	- 20°	- 10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°			
1		8.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	3.75	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	89.25	6.87	20.61
		10.00น.	10.00	10.00	10.00	9.00	7.50	6.25	6.25	6.25	7.50	7.50	9.00	10.00	10.00	109.25	8.40	25.20
		12.00น.	10.00	10.00	10.00	9.00	9.00	7.50	7.50	7.50	9.00	9.00	10.00	10.00	10.00	118.50	9.12	27.36
		14.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	2.50	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	10.00	75.00	5.77	17.31
		16.00น.	10.00	7.50	6.25	3.75	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	3.75	5.00	7.50	9.00	67.75	5.21	15.63
2		8.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	86.75	6.67	20.01
		10.00น.	10.00	10.00	7.50	6.25	6.25	5.00	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	10.00	10.00	93.75	7.21	21.63
		12.00น.	10.00	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	10.00	100.50	7.73	23.19
		14.00น.	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	23.75	1.83	5.49
		16.00น.	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	21.25	1.63	4.89
3		8.00น.	10.00	10.00	9.00	6.25	6.25	5.00	5.00	5.00	6.25	6.25	7.50	10.00	10.00	96.50	7.42	22.26
		10.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	3.75	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	89.25	6.87	20.61
		12.00น.	10.00	10.00	9.00	7.50	5.00	5.00	5.00	5.00	6.25	6.25	7.50	10.00	10.00	96.50	7.42	22.26
		14.00น.	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	23.75	1.83	5.49
		16.00น.	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	21.25	1.63	4.89
4		8.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	10.00	72.50	5.58	16.74
		10.00น.	10.00	10.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	10.00	10.00	92.50	7.12	21.36
		12.00น.	10.00	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	10.00	100.50	7.73	23.19
		14.00น.	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	23.75	1.83	5.49
		16.00น.	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	21.25	1.63	4.89

8.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูลจากเกณฑ์การพิจารณาคะแนนทั้ง 3 ส่วน

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทั้งหมดของกรณีของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน จึงรวมคะแนน 3 ส่วน คือ ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity of Illumination และ ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare เพื่อหากรณีที่ลักษณะของช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่มีความเหมาะสมกับทิศทางของช่องแสงทางทิศตะวันตก (ตารางที่ 66) ดังนี้

ตารางที่ 66 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก											
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนนเฉลี่ยใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)	ลำดับที่
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare		คะแนนเฉลี่ยใน 1 ช่วงเวลา (เต็ม 10)		
			คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₁ x M ₁)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม10)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)			
1	-	8.00 น.	7.86	31.44	5	10.00	6.67	20.01	6.83	5.95	11
		10.00 น.	6.71	26.84	5	10.00	5.42	16.26	5.90		
		12.00 น.	6.57	26.28	5	10.00	6.38	19.14	6.16		
		14.00 น.	7.29	26.16	5	10.00	3.46	10.38	5.17		
		16.00 น.	7.58	30.32	5	10.00	3.56	10.68	5.67		
2	-	8.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	6.29	18.87	6.99	6.38	5
		10.00 น.	7.58	30.32	6	12.00	5.31	15.93	6.47		
		12.00 น.	7.58	30.32	5	10.00	6.67	20.01	6.70		
		14.00 น.	7.58	30.32	5	10.00	2.12	6.36	5.19		
		16.00 น.	6.57	26.28	6	12.00	6.87	20.61	6.54		
3	-	8.00 น.	7.86	31.44	5	10.00	4.75	14.25	6.19	6.29	6
		10.00 น.	7.58	30.32	6	12.00	4.65	13.95	6.25		
		12.00 น.	7.58	30.32	5	10.00	5.42	16.26	6.29		
		14.00 น.	7.71	30.84	5	10.00	2.12	6.36	5.24		
		16.00 น.	8.29	33.16	6	12.00	7.46	22.38	7.50		

ตารางที่ 66 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทาง
ด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก											
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนนเฉลี่ยใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)	ลำดับที่
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare		คะแนนเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง (เต็ม 10)		
			คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₁ x M ₁)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม10)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)			
4	-	8.00 น.	8.43	33.72	6	12.00	6.19	18.57	7.14	6.39	4
		10.00 น.	7.58	30.32	6	12.00	5.98	17.94	6.70		
		12.00 น.	7.58	30.32	6	12.00	6.67	20.01	6.93		
		14.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	2.02	6.06	5.50		
		16.00 น.	7.14	28.56	5	10.00	3.56	12.68	5.69		
1	นอน	8.00 น.	6.71	26.84	6	12.00	6.29	18.87	6.41	5.71	12
		10.00 น.	6.43	25.72	6	12.00	5.77	17.31	6.11		
		12.00 น.	6.00	24.00	6	12.00	6.29	18.87	6.10		
		14.00 น.	6.00	24.00	5	10.00	3.17	9.51	4.83		
		16.00 น.	7.14	28.56	4	8.00	3.08	9.24	5.09		
2	นอน	8.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	6.10	18.30	6.86	6.49	2
		10.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	5.98	17.94	6.82		
		12.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	6.76	20.28	7.01		
		14.00 น.	8.00	32.00	4	8.00	6.00	17.00	6.33		
		16.00 น.	6.71	26.84	6	12.00	3.37	10.11	5.44		
3	นอน	8.00 น.	7.716	30.84	6	12.00	4.75	14.25	6.34	6.20	8
		10.00 น.	7.716	30.84	6	12.00	4.85	14.55	6.38		
		12.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	9.85	29.55	8.11		
		14.00 น.	7.29	26.16	4	8.00	3.56	10.68	4.98		
		16.00 น.	7.29	26.16	6	12.00	2.79	8.37	5.17		

ตารางที่ 66 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทาง
ด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก											
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนน	ลำดับที่
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare		คะแนนเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง (เต็ม 10)	เฉลี่ยใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)	
			คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₁ x M ₁)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม10)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)			
4	นอน	8.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	6.39	19.17	6.96	6.51	1
		10.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	5.77	17.31	6.75		
		12.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	6.39	19.17	6.89		
		14.00 น.	8.29	33.16	6	10.00	3.27	10.11	5.92		
		16.00 น.	8.00	32.00	5	12.00	3.27	10.11	6.01		
1	ตั้ง	8.00 น.	6.71	26.84	5	10.00	6.87	20.61	6.38	6.41	3
		10.00 น.	6.14	24.59	5	10.00	8.40	25.20	6.64		
		12.00 น.	6.14	24.59	5	10.00	9.12	27.36	6.88		
		14.00 น.	6.86	27.44	5	10.00	5.77	17.31	6.08		
		16.00 น.	7.71	30.84	4	8.00	5.21	15.63	6.05		
2	ตั้ง	8.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	6.67	20.01	6.98	6.09	9
		10.00 น.	7.43	29.72	6	12.00	7.21	21.63	7.04		
		12.00 น.	7.29	26.16	5	10.00	7.73	23.19	6.59		
		14.00 น.	8.00	32.00	4	8.00	1.83	5.49	5.05		
		16.00 น.	6.57	26.28	6	12.00	1.63	4.89	4.80		
3	ตั้ง	8.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	7.42	22.26	7.23	6.23	7
		10.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	6.87	20.61	7.12		
		12.00 น.	7.86	31.44	5	10.00	7.42	22.26	7.07		
		14.00 น.	7.14	28.56	4	8.00	1.83	5.49	4.67		
		16.00 น.	7.14	28.56	6	12.00	1.63	4.89	5.05		

ตารางที่ 66 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก											
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนนเฉลี่ยใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)	ลำดับที่
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare		คะแนนเฉลี่ยใน 1		
			คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₁ x M ₁)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)	ช่วงเวลา (เต็ม 10)		
4	คิง	8.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	5.58	16.74	6.69	6.08	10
		10.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	7.12	21.36	7.13		
		12.00 น.	7.14	28.56	5	10.00	7.73	23.19	6.86		
		14.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	1.83	5.49	5.37		
		16.00 น.	6.57	26.28	4	8.00	1.63	4.89	4.35		

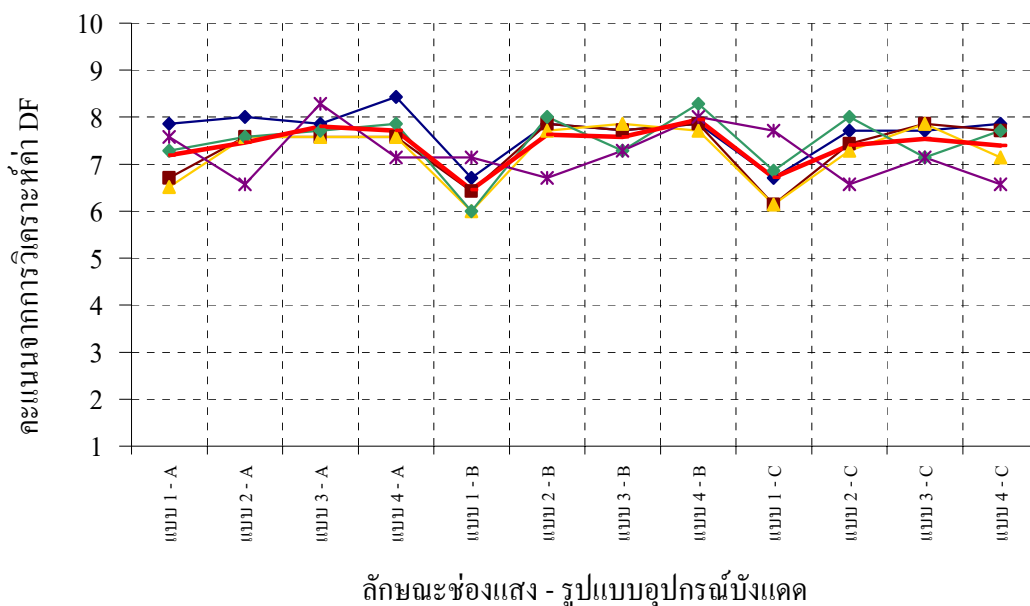
กรณีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันตก ได้นำข้อมูลค่าคะแนนจากการวิเคราะห์นำมาเปรียบเทียบกัน

โดยกำหนดให้มีการใช้สัญลักษณ์ในการเปรียบเทียบ คือ แบบ X - x หมายถึง ลักษณะของช่องแสง - รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด

แบบ X คือ ลักษณะของช่องแสง ได้แก่ แบบที่ 1, 2, 3 และ 4

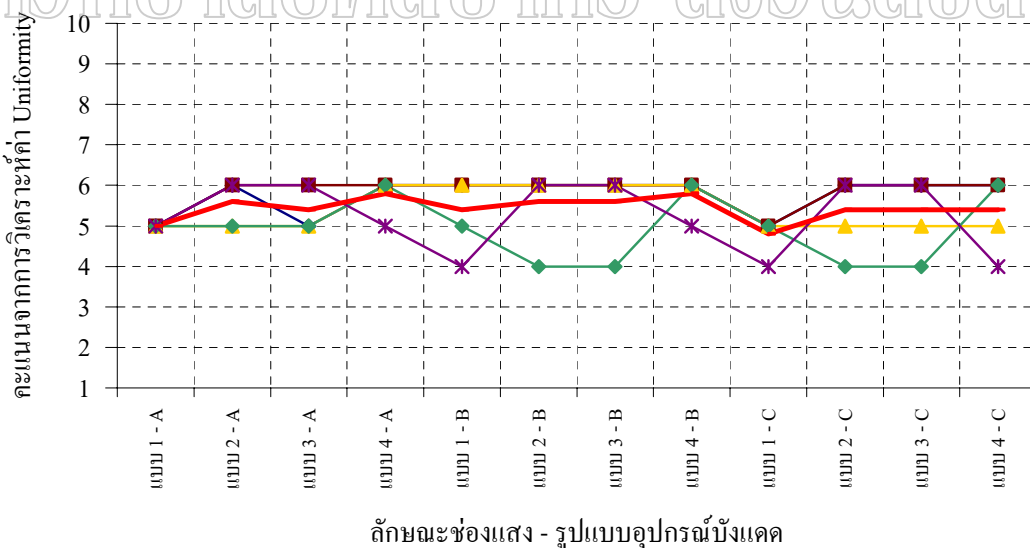
x คือ รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดโดย A หมายถึง ไม่มีอุปกรณ์บังแดด , B หมายถึง มีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน และ C หมายถึง มีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง แบ่งเป็นการวิเคราะห์ ดังนี้

8.1.4.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Daylight Factor , ค่า Uniformity และ ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน



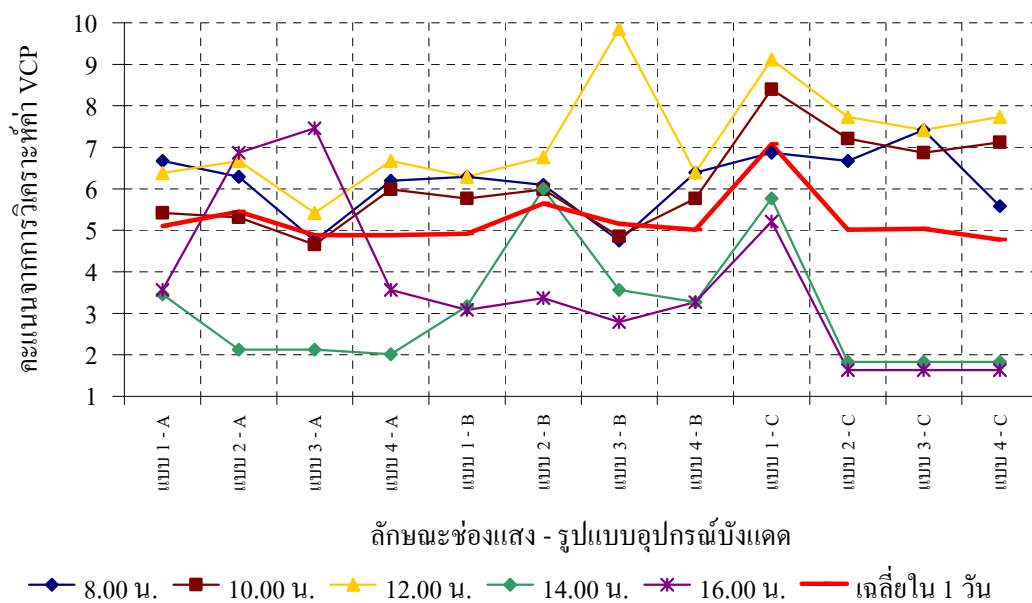
◆ 8.00 น. ■ 10.00 น. ▲ 12.00 น. ◆ 14.00 น. * 16.00 น. — เฉลี่ยใน 1 วัน

แผนภูมิที่ 105 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Daylight Factor กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. และค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน



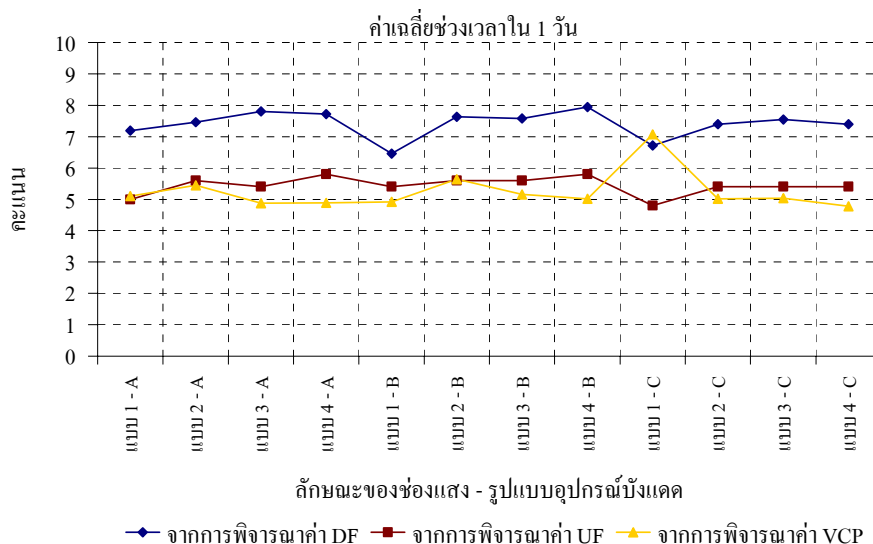
◆ 8.00 น. ■ 10.00 น. ▲ 12.00 น. ◆ 14.00 น. * 16.00 น. — เฉลี่ยใน 1 วัน

แผนภูมิที่ 106 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Uniformity กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. และค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน



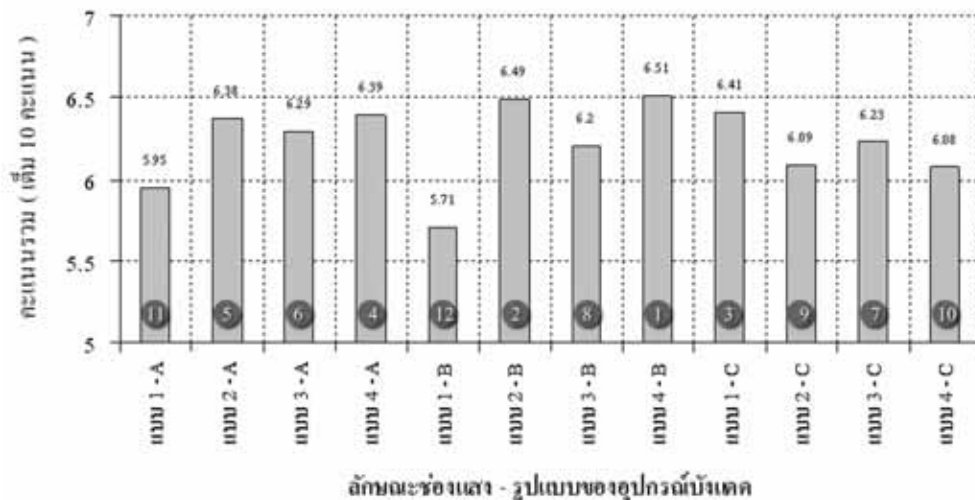
แผนภูมิที่ 107 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับ ลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน

8.1.4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ ค่า Daylight Factor , ค่า Uniformity และ ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของ อุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน



แผนภูมิที่ 108 เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ ค่า Daylight Factor , ค่า Uniformity และ ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

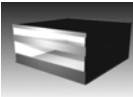
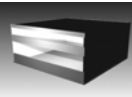
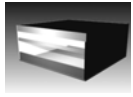
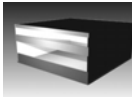
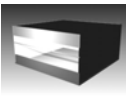
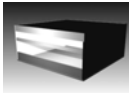
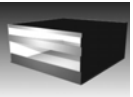
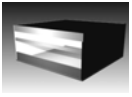
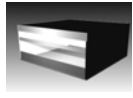
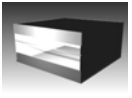
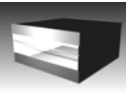
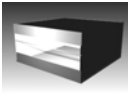
8.1.4.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันตก



แผนภูมิที่ 109 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันตก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

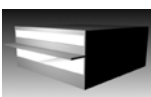
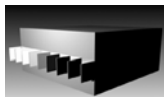
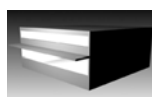
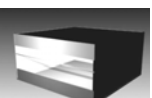
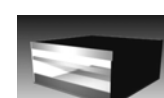
จากแผนภูมิที่ 109 เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ทั้ง 3 ส่วนของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก กับลักษณะช่องแสงโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน แสดงให้เห็นว่าลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ให้ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมดีที่สุด

ตารางที่ 67 แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

ลำดับที่	การวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา			
	ค่า Daylight Factor	ค่า Uniformity	ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare	ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม
1	 แบบ 4	 แบบ 4	 แบบ 2	 แบบ 4
2	 แบบ 3	 แบบ 2	 แบบ 4	 แบบ 2
3	 แบบ 2	 แบบ 3	 แบบ 3	 แบบ 3

และพิจารณาเปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ทั้ง 3 ส่วนของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน แสดงให้เห็นว่าลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ให้ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมดีที่สุด

ตารางที่ 68 แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงประกอบอุปกรณ์บังแดดจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

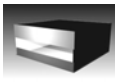
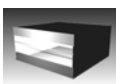
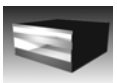
ลำดับที่	การวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา			
	ค่า Daylight Factor	ค่า Uniformity	ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare	ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม
1	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B	 แบบ 1 - C	 แบบ 4 - B
2	 แบบ 4 - A	 แบบ 4 - A	 แบบ 2 - B	 แบบ 2 - B
3	 แบบ 3 - A	 แบบ 3 - B	 แบบ 2 - A	 แบบ 1 - C

8.2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก

8.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

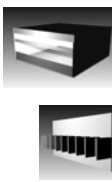
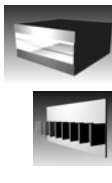
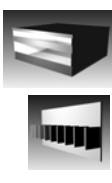
8.2.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 69 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก																			
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Daylight Factor (%)							คะแนนจากการพิจารณาค่า Daylight Factor (คะแนน)							รวม	คะแนนเฉลี่ย(เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF x M _i)
			ระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง (ม.)																
			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7			
1	-	8.00น.	49.84	38.73	4.82	2.93	2.00	1.17	0.94	5	5	8	9	10	8	7	52	7.43	29.72
		10.00น.	11.42	4.09	2.10	1.29	0.89	0.53	0.40	5	8	10	9	7	6	5	50	7.14	28.56
		12.00น.	3.21	1.31	0.77	0.52	0.36	0.25	0.20	8	9	7	6	5	5	5	45	6.43	25.72
		14.00น.	3.98	1.67	0.95	0.66	0.40	0.29	0.22	9	10	7	6	5	5	5	47	6.71	26.84
		16.00น.	5.67	2.42	1.21	0.82	0.51	0.35	0.24	8	10	8	7	6	5	5	49	7.00	28.00
2	-	8.00น.	54.26	44.82	39.23	6.70	4.82	3.27	2.50	5	5	5	7	8	9	10	49	7.00	28.00
		10.00น.	51.18	38.02	4.57	2.98	1.94	1.36	1.04	5	5	8	9	10	9	8	54	7.71	30.84
		12.00น.	4.90	2.61	1.55	1.03	0.71	0.52	0.43	8	9	10	8	6	6	5	52	7.43	29.72
		14.00น.	5.52	3.17	1.83	1.23	0.85	0.62	0.48	8	9	10	8	7	6	5	53	7.58	30.32
		16.00น.	7.46	4.35	2.43	1.67	1.11	0.74	0.62	7	8	10	10	8	6	6	55	7.86	31.44
3	-	8.00น.	55.46	45.60	38.38	6.35	4.30	3.18	2.50	5	5	5	7	8	9	10	49	7.00	28.00
		10.00น.	52.06	38.03	4.46	2.87	1.82	1.34	0.97	5	5	8	9	10	9	7	53	7.58	30.32
		12.00น.	5.14	2.53	1.51	1.06	0.71	0.51	0.42	8	9	10	8	6	6	5	52	7.43	29.72
		14.00น.	5.79	3.13	1.89	1.24	0.85	0.62	0.47	8	9	10	8	7	6	5	53	7.58	30.32
		16.00น.	7.94	4.33	2.58	1.62	1.09	0.76	0.57	7	8	9	10	8	7	6	55	7.86	31.44
4	-	8.00น.	53.29	43.47	39.8	36.00	4.76	3.40	2.81	5	5	5	5	8	9	9	46	6.57	26.28
		10.00น.	14.19	7.90	4.61	3.15	2.07	1.40	1.14	5	7	8	9	10	9	8	56	8.00	32.00
		12.00น.	4.71	2.60	1.56	1.05	0.75	0.52	0.43	8	9	10	8	6	6	5	52	7.43	29.72
		14.00น.	5.45	3.10	1.94	1.30	0.87	0.62	0.51	8	9	10	9	7	6	6	55	7.86	31.44
		16.00น.	6.18	4.23	2.56	1.70	1.09	0.78	0.65	7	8	9	10	8	7	6	55	7.86	31.44

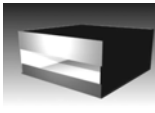
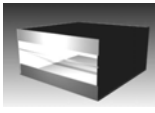
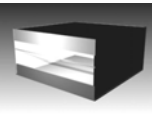
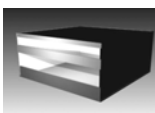
8.2.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 71 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

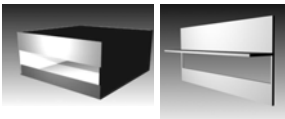
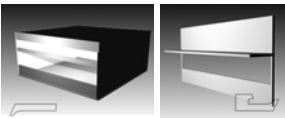
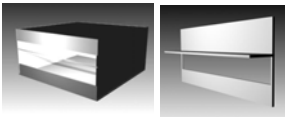
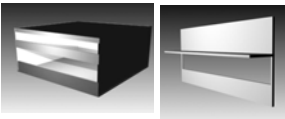
ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก																			
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Daylight Factor (%)							คะแนนจากการพิจารณาค่า Daylight Factor (คะแนน)							รวม	คะแนนเฉลี่ย(เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₁ x M ₁)
			ระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง (ม.)																
			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7			
1	ตั้ง	8.00น.	43.96	36.42	3.46	2.32	1.42	0.90	0.61	5	5	9	10	9	7	6	51	6.71	26.84
		10.00น.	8.45	3.03	1.71	1.09	0.59	0.43	0.33	5	9	10	8	6	5	5	48	6.86	27.44
		12.00น.	2.61	1.01	0.57	0.42	0.32	0.20	0.14	9	8	6	5	5	5	5	43	6.14	24.59
		14.00น.	2.67	1.29	0.61	0.42	0.26	0.19	0.15	9	9	6	5	5	5	5	44	6.29	25.16
		16.00น.	3.66	1.60	0.75	0.48	0.31	0.18	0.15	9	10	6	5	5	5	5	45	6.43	25.72
2	ตั้ง	8.00น.	49.10	42.59	37.56	6.08	4.22	3.03	2.41	5	5	5	7	8	9	10	49	7.00	28.00
		10.00น.	48.78	7.18	4.14	2.67	1.66	1.23	0.95	5	7	8	9	10	8	7	54	7.72	30.88
		12.00น.	4.51	2.32	1.40	0.90	0.65	0.49	0.39	8	10	9	7	6	5	5	50	7.14	28.56
		14.00น.	4.15	2.75	1.63	1.03	0.74	0.51	0.41	8	9	10	8	6	6	5	52	7.43	29.72
		16.00น.	5.82	3.42	2.02	1.41	0.92	0.65	0.55	8	9	10	9	7	6	6	55	7.86	31.44
3	ตั้ง	8.00น.	50.43	43.29	37.28	5.66	3.68	2.58	2.36	5	5	5	8	9	9	10	51	6.71	26.84
		10.00น.	50.04	7.05	3.95	2.46	1.61	1.13	0.94	5	7	9	10	10	8	7	56	8.00	32.00
		12.00น.	4.65	2.28	1.36	0.90	0.61	0.48	0.38	8	10	9	7	6	5	5	50	7.14	28.56
		14.00น.	4.63	2.54	1.52	1.04	0.69	0.50	0.41	8	9	10	8	6	5	5	51	6.71	26.84
		16.00น.	6.07	3.55	2.08	1.30	0.89	0.63	0.51	7	9	10	9	7	6	6	54	7.72	30.88
4	ตั้ง	8.00น.	47.99	41.49	38.00	34.98	4.14	3.15	2.68	5	5	5	5	8	9	9	46	6.57	26.28
		10.00น.	12.70	7.05	4.03	2.80	1.83	1.32	1.07	5	7	8	9	10	9	8	56	8.00	32.00
		12.00น.	4.35	2.36	1.44	0.94	0.63	0.47	0.38	8	10	9	7	6	5	5	50	7.14	28.56
		14.00น.	4.30	2.52	1.62	1.06	0.76	0.56	0.41	8	9	10	8	7	6	5	53	7.57	30.28
		16.00น.	5.56	3.33	2.16	1.43	0.91	0.68	0.52	8	9	10	9	7	6	6	55	7.86	31.44

8.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

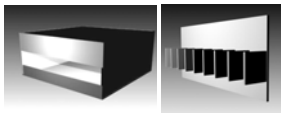
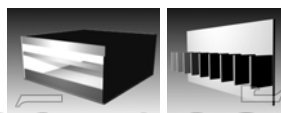
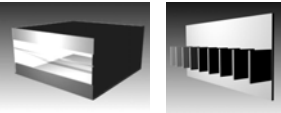
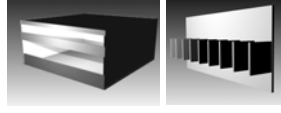
ตารางที่ 72 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก					
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Uniformity of Illumination(%)	คะแนนจากการพิจารณาค่า Uniformity of Illumination (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)
1	 	8.00น.	40.18	5	10
		10.00น.	43.87	5	10
		12.00น.	46.72	5	10
		14.00น.	46.50	5	10
		16.00น.	45.30	5	10
2	 	8.00น.	51.90	6	12
		10.00น.	39.88	4	8
		12.00น.	50.00	5	10
		14.00น.	50.90	6	12
		16.00น.	50.10	6	12
3	 	8.00น.	51.54	6	12
		10.00น.	39.70	4	8
		12.00น.	49.17	5	10
		14.00น.	50.25	6	12
		16.00น.	50.28	6	12
4	 	8.00น.	44.46	5	10
		10.00น.	50.00	5	10
		12.00น.	50.33	6	12
		14.00น.	51.33	6	12
		16.00น.	53.05	5	10

ตารางที่ 73 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของ
ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4
โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก					
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Uniformity of Illumination (%)	คะแนนจากการพิจารณาค่า Uniformity of Illumination (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)
	นอน	8.00น.	48.60	5	10
		10.00น.	48.18	5	10
		12.00น.	55.13	6	12
		14.00น.	52.08	6	12
		16.00น.	49.78	5	10
	นอน	8.00น.	48.85	5	10
		10.00น.	39.81	4	8
		12.00น.	54.69	6	12
		14.00น.	56.39	6	12
		16.00น.	55.80	6	12
	นอน	8.00น.	49.14	5	10
		10.00น.	39.61	4	8
		12.00น.	54.53	6	12
		14.00น.	54.78	6	12
		16.00น.	54.10	6	12
	นอน	8.00น.	61.35	7	14
		10.00น.	56.41	6	12
		12.00น.	55.50	6	12
		14.00น.	57.23	6	12
		16.00น.	57.05	6	12

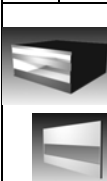
ตารางที่ 74 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก						
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Uniformity of Illumination (%)	คะแนนจากการพิจารณาค่า Uniformity of Illumination (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)	
1		ตั้ง	8.00น.	39.30	4	8
		10.00น.	43.37	5	10	
		12.00น.	46.00	5	10	
		14.00น.	45.00	5	10	
		16.00น.	44.50	5	10	
2		ตั้ง	8.00น.	52.04	6	12
		10.00น.	39.63	4	8	
		12.00น.	49.61	5	10	
		14.00น.	51.48	6	12	
		16.00น.	51.54	6	12	
3		ตั้ง	8.00น.	51.62	6	12
		10.00น.	39.37	4	8	
		12.00น.	51.62	6	12	
		14.00น.	49.89	5	10	
		16.00น.	50.14	6	12	
4		ตั้ง	8.00น.	44.25	5	10
		10.00น.	50.73	6	12	
		12.00น.	50.24	6	12	
		14.00น.	51.85	6	12	
		16.00น.	52.17	6	12	

8.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

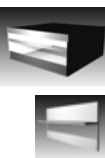
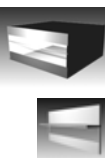
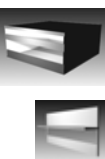
8.2.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 75 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก																		
ลักษณะช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการพิจารณาค่า Guth Visual Comfort Probability (คะแนน)													รวม	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)
			ตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นในแนวราบ															
			- 60°	- 50°	- 40°	- 30°	- 20°	- 10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°			
1	-	8.00น.	7.50	5.00	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	6.25	40.00	3.08	9.24
		10.00น.	7.50	6.25	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	5.00	7.50	47.50	3.65	10.95
		12.00น.	10.00	9.00	7.50	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	85.50	6.58	19.74
		14.00น.	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	10.00	76.50	5.88	17.64
		16.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	86.75	6.67	20.01
2	-	8.00น.	6.25	5.00	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	42.50	3.27	9.81	
		10.00น.	5.00	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	38.75	2.98	8.94	
		12.00น.	10.00	9.00	7.50	5.00	5.00	3.75	3.75	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	76.25	5.87	17.61
		14.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	10.00	76.25	5.87	17.61	
		16.00น.	10.00	9.00	7.50	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	90.50	6.96	20.88
3	-	8.00น.	5.00	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	26.25	2.02	6.06	
		10.00น.	5.00	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	38.75	2.98	8.94	
		12.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	10.00	77.50	5.96	17.88
		14.00น.	9.00	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	9.00	65.50	5.04	15.12
		16.00น.	9.00	7.50	5.00	3.75	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	3.75	5.00	7.50	9.00	65.50	5.04	15.12
4	-	8.00น.	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	21.25	1.63	4.89	
		10.00น.	5.00	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	31.25	2.40	7.20	
		12.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	3.75	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	89.25	6.87	20.61
		14.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	10.00	76.25	5.87	17.61	
		16.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	86.75	6.67	20.01

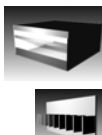
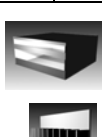
8.2.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 – 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 76 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก																		
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการพิจารณาค่า Guth Visual Comfort Probability (คะแนน)													รวม	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)
			ตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นในแนวนอน															
			60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°			
1	นอน	8.00น.	9.00	7.50	5.00	3.75	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	3.75	5.00	7.50	9.00	65.50	5.04	15.12
		10.00น.	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	5.00	7.50	45.00	3.46	10.38
		12.00น.	10.00	9.00	7.50	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	84.50	6.50	19.50
		14.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	10.00	72.50	5.58	16.74
		16.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00	7.50	7.50	7.50	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	120.50	9.27	27.81
2	นอน	8.00น.	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	5.00	46.25	3.56	10.68	
		10.00น.	5.00	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	33.75	2.60	7.80	
		12.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	3.75	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	89.25	6.87	20.61
		14.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	10.00	76.25	5.87	17.61
		16.00น.	10.00	9.00	7.50	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	85.50	6.58	19.74
3	นอน	8.00น.	5.00	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	26.25	2.02	6.06	
		10.00น.	5.00	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	27.50	2.12	6.36	
		12.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	2.50	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	10.00	75.00	5.77	17.31
		14.00น.	9.00	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	9.00	60.50	4.65	13.95
		16.00น.	9.00	7.50	5.00	3.75	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	3.75	5.00	7.50	9.00	65.50	5.04	15.12
4	นอน	8.00น.	5.00	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	2.50	2.50	2.50	3.75	3.75	6.25	42.50	3.27	9.81
		10.00น.	7.50	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	3.75	5.00	7.50	55.00	4.23	12.69
		12.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	10.00	10.00	91.50	7.04	21.12
		14.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	9.00	10.00	77.75	5.98	17.94
		16.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	86.75	6.67	20.01

8.2.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 77 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก																		
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการพิจารณาค่า Guth Visual Comfort Probability (คะแนน)													รวม	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x Ma)
			ตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นในแนวราบ															
			- 60°	- 50°	- 40°	- 30°	- 20°	- 10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°			
1	ตั้ง	8.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	85.50	6.58	19.74
		10.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	76.75	5.90	17.70
		12.00น.	10.00	10.00	10.00	9.00	7.50	7.50	6.25	6.25	6.25	9.00	10.00	10.00	10.00	111.75	8.60	25.80
		14.00น.	10.00	9.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	6.25	6.25	7.50	10.00	10.00	96.75	7.44	22.32
		16.00น.	10.00	10.00	7.50	6.25	5.00	5.00	3.75	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	90.25	6.94	20.82
2	ตั้ง	8.00น.	6.25	5.00	3.75	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	48.75	3.75	11.25
		10.00น.	5.00	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	31.25	2.40	7.20
		12.00น.	10.00	10.00	9.00	7.50	7.50	7.50	6.25	7.50	7.50	9.00	10.00	10.00	10.00	111.75	8.60	25.80
		14.00น.	10.00	10.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	91.50	7.04	21.12
		16.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	88.00	6.77	20.31
3	ตั้ง	8.00น.	5.00	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	27.50	2.12	6.48
		10.00น.	5.00	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	31.25	2.40	7.20
		12.00น.	10.00	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	94.25	7.25	21.75
		14.00น.	10.00	10.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	91.50	7.04	21.12
		16.00น.	10.00	10.00	9.00	7.50	7.50	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	7.50	10.00	10.00	100.25	7.71	23.13
4	ตั้ง	8.00น.	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	45.00	3.46	10.38
		10.00น.	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	69.00	5.31	15.93
		12.00น.	10.00	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	10.00	100.50	7.73	23.19
		14.00น.	10.00	10.00	7.50	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	5.00	7.50	7.50	9.00	10.00	90.25	6.94	20.82
		16.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	10.00	77.75	5.98	17.94

8.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลจากเกณฑ์การพิจารณาคะแนนทั้ง 3 ส่วน

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทั้งหมดของกรณีของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน จึงรวมคะแนนทั้ง 3 ส่วน คือ ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity of Illumination และ ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare เพื่อหากรณีที่ลักษณะของช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่มีความเหมาะสมกับทิศทางของช่องแสงทางทิศตะวันออก (ตารางที่ 78) ดังนี้

ตารางที่ 78 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก											
ลักษณะช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนนเฉลี่ยใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)	ลำดับที่
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare		คะแนนเฉลี่ยใน 1 ช่วงเวลา		
			คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₁ x M ₁)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม10)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)	(เต็ม10)		
1	-	8.00 น.	7.43	29.72	5	10.00	3.08	9.24	5.44	5. 58	12
		10.00 น.	7.14	28.56	5	10.00	3.65	10.95	3.81		
		12.00 น.	6.43	25.72	5	10.00	6.58	19.74	6.16		
		14.00 น.	6.71	26.84	5	10.00	5.88	17.64	6.05		
		16.00 น.	7.00	28.00	5	10.00	6.67	20.01	6.45		
2	-	8.00 น.	7.00	28.00	6	12.00	3.27	9.81	5.53	6.204	6
		10.00 น.	7.71	30.84	4	8.00	2.98	8.94	5.31		
		12.00 น.	7.43	29.72	5	10.00	5.87	17.61	6.37		
		14.00 น.	7.58	30.32	6	12.00	5.87	17.61	6.66		
		16.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	6.96	20.88	7.15		
3	-	8.00 น.	7.00	28.00	6	12.00	2.02	6.06	5.12	5.93	10
		10.00 น.	7.58	30.32	4	8.00	2.98	8.94	5.25		
		12.00 น.	7.43	29.72	5	10.00	5.96	17.88	6.40		
		14.00 น.	7.58	30.32	6	12.00	5.04	15.12	6.38		
		16.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	5.04	15.12	6.51		

ตารางที่ 78 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทาง
ด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก											
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนนเฉลี่ยใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)	ลำดับที่
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare		คะแนนเฉลี่ยใน 1 ช่วงเวลา (เต็ม 10)		
			คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₁ x M ₁)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม10)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)			
4	-	8.00 น.	6.57	26.28	5	10.00	1.63	4.89	4.57	6.12	8
		10.00 น.	8.00	32.00	5	10.00	2.40	7.20	5.47		
		12.00 น.	7.43	29.72	6	12.00	6.87	20.61	6.93		
		14.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	5.87	17.61	6.78		
		16.00 น.	7.86	31.44	5	10.00	6.67	20.01	6.83		
1	นอน	8.00 น.	7.86	31.44	5	10.00	5.04	15.12	6.28	6.24	5
		10.00 น.	7.14	28.56	5	10.00	3.46	10.38	5.44		
		12.00 น.	6.14	24.56	6	12.00	6.50	19.50	6.23		
		14.00 น.	6.43	25.72	6	12.00	5.58	16.74	6.05		
		16.00 น.	6.71	26.84	5	10.00	9.27	27.81	7.18		
2	นอน	8.00 น.	7.58	30.32	5	10.00	3.56	10.68	5.67	6.37	4
		10.00 น.	8.00	32.00	4	8.00	2.60	7.80	5.31		
		12.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	6.87	20.61	7.05		
		14.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	5.87	17.61	6.78		
		16.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	6.58	19.74	7.02		
3	นอน	8.00 น.	7.716	30.84	5	10.00	2.02	6.06	5.21	5.98	9
		10.00 น.	8.14	32.56	4	8.00	2.12	6.36	5.21		
		12.00 น.	7.716	30.84	6	12.00	5.77	17.31	6.68		
		14.00 น.	7.716	30.84	6	12.00	4.65	13.95	6.31		
		16.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	5.04	15.12	6.51		

ตารางที่ 78 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทาง
ด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก											
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนนเฉลี่ยใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)	ลำดับที่
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare		คะแนนเฉลี่ยใน 1 ช่วงเวลา (เต็ม 10)		
			คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₁ x M ₁)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม10)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)			
4	นอน	8.00 น.	8.14	32.56	7	14.00	3.27	9.81	6.26	6.71	1
		10.00 น.	8.14	32.56	6	12.00	4.23	12.69	6.36		
		12.00 น.	7.43	29.72	6	12.00	7.04	21.12	6.98		
		14.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	5.98	17.94	6.82		
		16.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	6.67	20.01	7.11		
1	ตั้ง	8.00 น.	6.71	26.84	4	8.00	6.58	19.74	6.06	5.90	11
		10.00 น.	6.86	27.44	5	10.00	5.90	17.70	6.13		
		12.00 น.	6.14	24.59	5	10.00	8.60	25.80	4.66		
		14.00 น.	6.29	25.16	5	10.00	7.44	22.32	6.39		
		16.00 น.	6.43	25.72	5	10.00	6.94	20.82	6.28		
2	ตั้ง	8.00 น.	7.00	28.00	6	12.00	3.75	11.25	5.69	6.40	3
		10.00 น.	7.72	30.88	4	8.00	2.40	7.20	5.12		
		12.00 น.	7.14	28.56	5	10.00	8.60	25.80	7.15		
		14.00 น.	7.43	29.72	6	12.00	7.04	21.12	6.98		
		16.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	6.77	20.31	7.08		
3	ตั้ง	8.00 น.	6.71	26.84	6	12.00	2.12	6.48	5.04	6.19	7
		10.00 น.	8.00	32.00	4	8.00	2.40	7.20	5.24		
		12.00 น.	7.14	28.56	6	12.00	7.25	21.75	6.92		
		14.00 น.	6.71	26.84	5	10.00	7.04	21.12	6.44		
		16.00 น.	7.72	30.88	6	12.00	7.71	23.13	7.33		

ตารางที่ 78 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก											
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนนเฉลี่ยใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)	ลำดับที่
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare		คะแนนเฉลี่ยใน 1 ช่วงเวลา (เต็ม 10)		
			คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₁ x M ₁)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม10)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)			
4	ตั้ง	8.00 น.	6.57	26.28	5	10.00	3.46	10.38	5.18	6.46	2
		10.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	5.31	15.93	6.21		
		12.00 น.	7.14	28.56	6	12.00	7.73	23.19	7.08		
		14.00 น.	7.57	30.28	6	12.00	6.94	20.82	7.01		
		16.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	5.98	17.94	6.82		

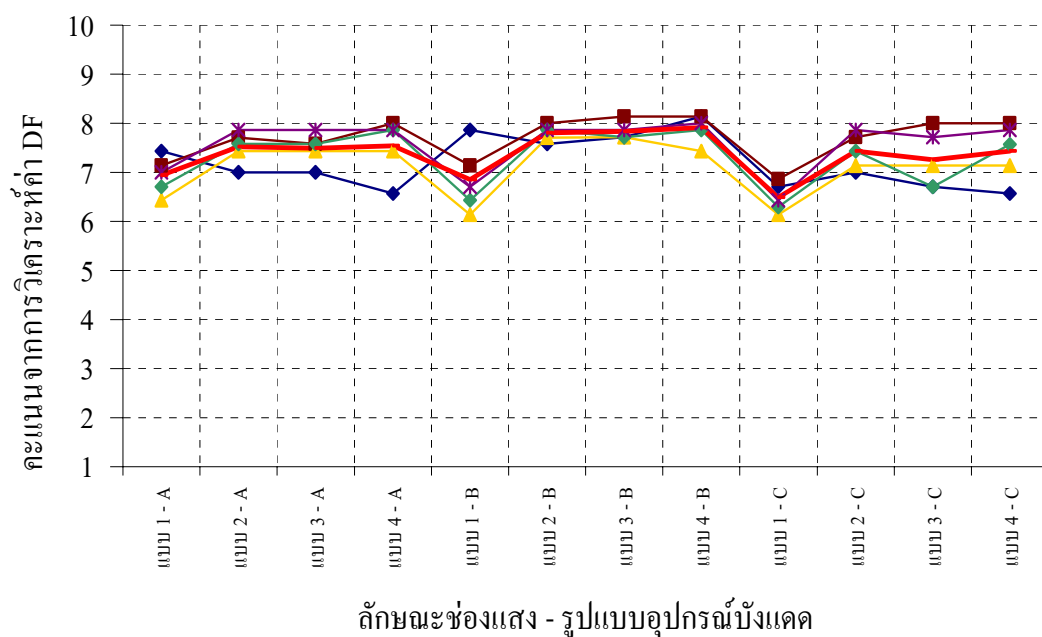
กรณีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันตก ได้นำข้อมูลค่าคะแนนจากการวิเคราะห์นำมาเปรียบเทียบกัน โดยกำหนดให้มีการใช้สัญลักษณ์ในการเปรียบเทียบ คือ แบบ X - x

หมายถึง ลักษณะของช่องแสง – รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด

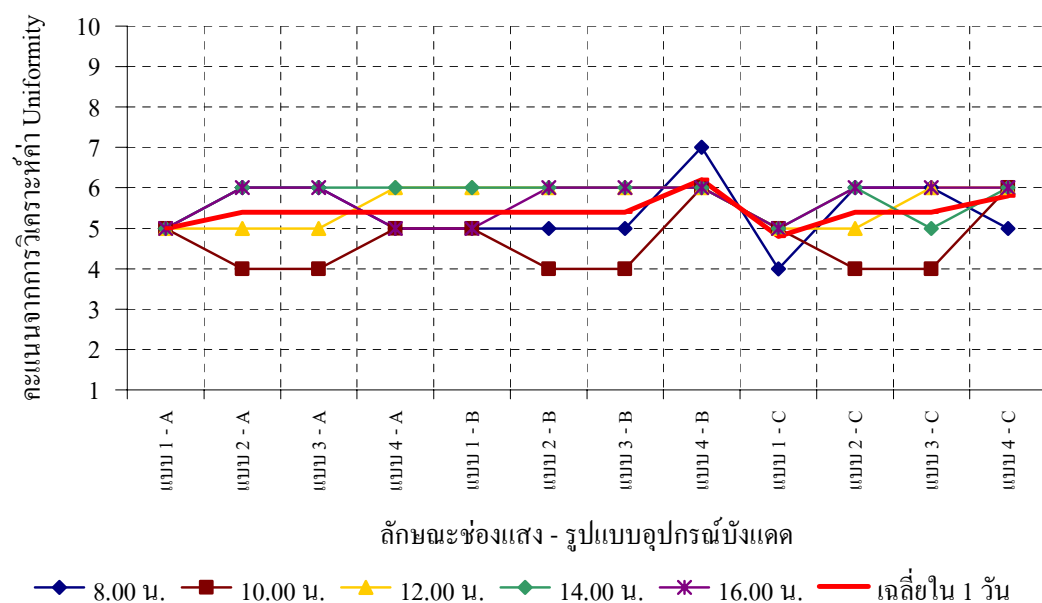
แบบ X คือ ลักษณะของช่องแสง ได้แก่ แบบที่ 1 , 2 , 3 และ 4

x คือ รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดโดย A หมายถึง ไม่มีอุปกรณ์บังแดด , B หมายถึง มีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน และ C หมายถึง มีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง แบ่งเป็นการวิเคราะห์ ดังนี้

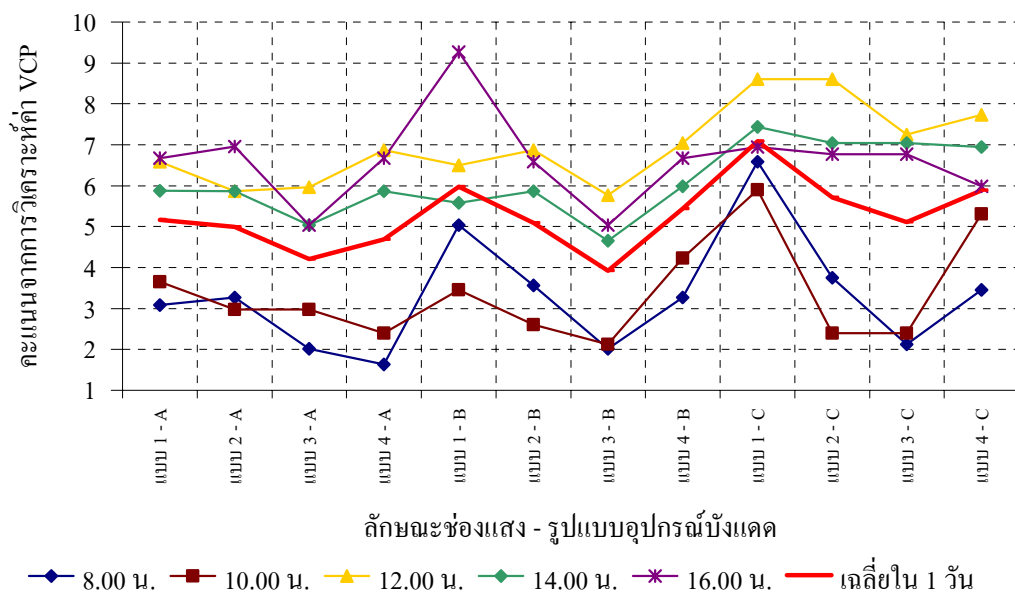
8.2.4.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Daylight Factor , ค่า Uniformity และ ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน



แผนภูมิที่ 110 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Daylight Factor กับลักษณะช่องแสง และรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน

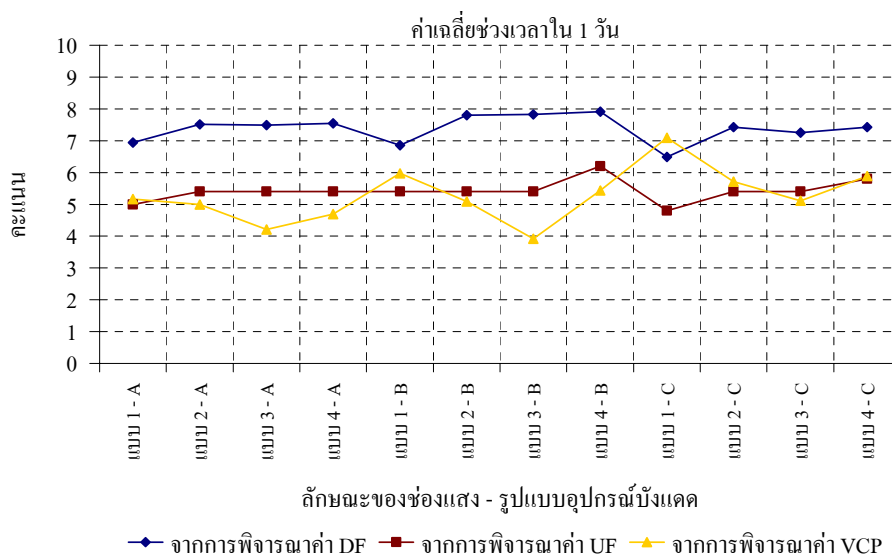


แผนภูมิที่ 111 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Uniformity กับลักษณะช่องแสงและ รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ย ช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน



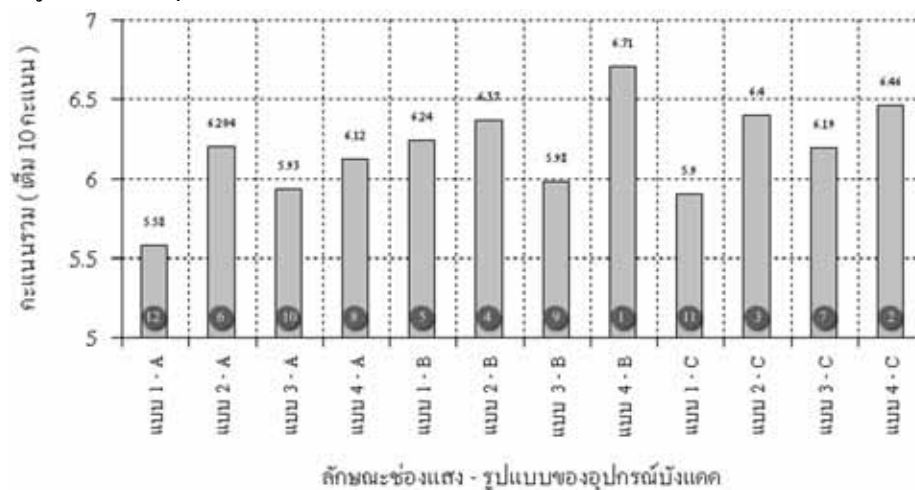
แผนภูมิที่ 112 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับ ลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน

8.2.4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ ค่า Daylight Factor , ค่า Uniformity และ ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของ อุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ที่มีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน



แผนภูมิที่ 113 เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ ค่า Daylight Factor , ค่า Uniformity และ ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

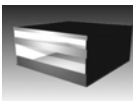
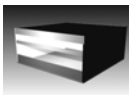
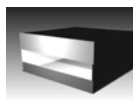
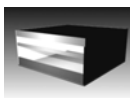
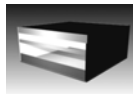
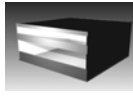
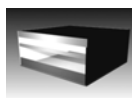
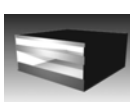
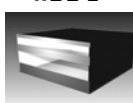
8.2.4.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันออก



แผนภูมิที่ 114 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันออก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

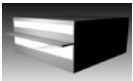
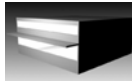
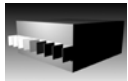
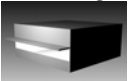
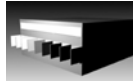
จากแผนภูมิที่ 114 เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ทั้ง 3 ส่วนของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันออก กับลักษณะช่องแสงโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน แสดงให้เห็นว่าลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 ให้ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมดีที่สุด

ตารางที่ 79 แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

ลำดับที่	การวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา			
	ค่า Daylight Factor	ค่า Uniformity	ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare	ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม
1	 แบบ 4	 แบบ 2	 แบบ 1	 แบบ 2
2	 แบบ 2	 แบบ 4	 แบบ 2	 แบบ 4
3	 แบบ 3	 แบบ 3	 แบบ 4	 แบบ 3

และพิจารณาเปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ทั้ง 3 ส่วนของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน แสดงให้เห็นว่าลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ให้ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมดีที่สุด

ตารางที่ 80 แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงประกอบอุปกรณ์บังแดดจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

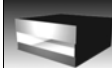
ลำดับที่	การวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา			
	ค่า Daylight Factor	ค่า Uniformity	ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare	ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม
1	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B	 แบบ 1 - C	 แบบ 4 - B
2	 แบบ 3 - B	 แบบ 3 - B	 แบบ 1 - B	 แบบ 4 - C
3	 แบบ 2 - B	 แบบ 2 - B	 แบบ 4 - C	 แบบ 2 - C

8.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ

8.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

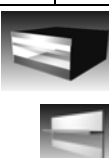
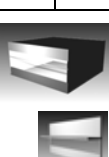
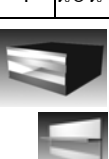
8.3.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 81 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ																			
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Daylight Factor (%)							คะแนนจากการพิจารณาค่า Daylight Factor (คะแนน)							รวม	คะแนนเฉลี่ย(เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF x Mi)
			ระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง (ม.)																
			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7			
1	-	8.00น.	9.30	4.01	1.97	1.15	0.90	0.75	0.29	5	8	10	8	7	6	5	49	7.00	28.00
		10.00น.	4.98	2.02	1.11	0.71	0.42	0.31	0.21	8	9	8	6	5	5	5	46	6.57	26.28
		12.00น.	2.44	1.05	0.68	0.48	0.36	0.25	0.19	10	8	6	5	5	5	5	44	6.29	25.16
		14.00น.	5.63	2.26	1.18	0.70	0.49	0.34	0.24	8	10	8	6	5	5	5	47	6.71	26.84
		16.00น.	10.14	3.89	2.10	1.10	0.68	0.42	0.29	5	9	10	8	6	5	5	48	6.86	27.44
2	-	8.00น.	11.73	6.83	3.88	2.42	1.51	1.08	0.85	5	7	9	10	10	8	7	56	8.00	32.00
		10.00น.	6.98	3.81	2.25	1.47	0.92	0.70	0.55	7	9	10	9	7	6	6	54	7.71	30.84
		12.00น.	3.84	2.10	1.30	0.93	0.65	0.48	0.39	9	10	9	7	6	5	5	51	7.29	29.16
		14.00น.	7.48	4.07	2.52	1.62	1.08	0.77	0.61	7	9	9	10	8	7	6	56	8.00	32.00
		16.00น.	10.14	3.89	2.10	1.10	0.68	0.42	0.29	5	9	10	8	6	5	5	48	6.86	27.44
3	-	8.00น.	12.37	6.84	3.92	2.36	1.49	1.04	0.88	5	7	9	10	9	8	7	55	7.86	31.44
		10.00น.	7.30	3.85	2.19	1.42	0.94	0.68	0.53	7	9	10	9	7	6	6	54	7.71	30.84
		12.00น.	3.90	2.02	1.29	0.92	0.65	0.48	0.33	9	10	9	7	6	5	5	51	7.29	29.16
		14.00น.	8.11	4.11	2.41	1.56	0.99	0.76	0.59	5	8	10	10	7	7	6	53	7.58	30.32
		16.00น.	13.41	7.02	4.01	2.54	1.60	1.07	0.84	5	7	8	9	10	8	7	54	7.71	30.84
4	-	8.00น.	9.70	6.61	4.02	2.58	1.54	1.18	0.96	5	7	8	9	10	8	7	54	7.71	30.84
		10.00น.	6.60	3.77	2.33	1.49	0.95	0.72	0.56	7	9	10	9	7	7	6	55	7.86	31.44
		12.00น.	3.69	2.05	1.31	0.90	0.90	0.47	0.38	9	10	9	7	7	5	5	52	7.43	29.72
		14.00น.	7.23	4.04	2.42	1.62	1.62	0.73	0.63	7	8	10	10	10	6	6	57	8.14	32.56
		16.00น.	10.25	6.91	4.12	2.72	2.72	1.19	0.94	5	7	8	9	9	8	7	53	7.58	30.32

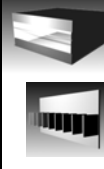
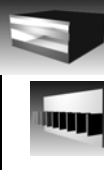
8.3.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 82 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ																				
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Daylight Factor (%)							คะแนนจากการพิจารณาค่า Daylight Factor (คะแนน)							รวม	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF _i x M _i)	
			ระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง (ม.)																	
			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7				
1	นอน	8.00น.	3.79	2.02	1.34	0.80	0.49	0.31	0.25	9	10	9	7	5	5	5	50	7.14	28.56	
		10.00น.	2.12	1.19	0.83	0.56	0.38	0.24	0.22	10	8	7	6	5	5	5	46	6.57	26.28	
		12.00น.	1.23	0.79	0.57	0.43	0.29	0.23	0.19	9	7	6	5	5	5	5	42	6.00	24.00	
		14.00น.	2.30	1.23	0.86	0.52	0.36	0.28	0.20	10	8	7	6	5	5	5	46	6.57	26.28	
		16.00น.	3.95	1.82	1.22	0.80	0.49	0.33	0.28	9	10	8	7	5	5	5	49	7.00	28.00	
2	นอน	8.00น.	6.40	4.96	3.46	2.16	1.46	1.00	0.83	7	8	9	10	9	7	7	57	8.14	32.56	
		10.00น.	4.13	3.00	2.00	1.29	0.93	0.67	0.54	8	9	10	9	7	6	6	55	7.86	31.44	
		12.00น.	2.72	1.92	1.30	0.90	0.63	0.49	0.40	9	10	9	7	6	5	5	51	7.29	29.16	
		14.00น.	4.47	3.22	2.27	1.49	1.00	0.69	0.59	8	9	10	9	7	6	6	55	7.86	31.44	
		16.00น.	7.00	5.12	3.56	2.22	1.51	0.59	0.40	7	8	9	10	10	6	5	55	7.86	31.44	
3	นอน	8.00น.	7.08	5.06	3.37	2.04	1.37	1.07	0.81	7	8	9	10	9	8	7	58	8.29	33.16	
		10.00น.	4.47	2.95	1.95	1.26	0.91	0.66	0.54	8	9	10	9	7	6	6	55	7.86	31.44	
		12.00น.	2.76	1.80	1.27	0.90	0.63	0.48	0.33	9	10	9	7	6	5	5	51	7.29	29.16	
		14.00น.	4.85	3.24	2.10	1.42	0.96	0.67	0.57	8	9	10	9	7	6	6	55	7.86	31.44	
		16.00น.	7.29	5.18	3.23	2.09	1.43	1.02	0.88	7	8	9	10	9	8	7	58	8.29	33.16	
4	นอน	8.00น.	9.14	4.59	3.32	2.15	1.50	1.11	0.89	5	8	9	10	10	8	7	57	8.14	32.56	
		10.00น.	3.89	2.94	1.95	1.29	0.91	0.66	0.46	9	9	10	9	7	6	5	55	7.86	31.44	
		12.00น.	2.63	1.93	1.25	0.88	0.61	0.44	0.37	9	10	8	7	7	5	5	51	7.29	29.16	
		14.00น.	4.30	3.22	2.11	1.53	0.97	0.71	0.48	8	9	10	10	7	6	6	55	7.86	31.44	
		16.00น.	6.28	4.96	3.61	2.24	1.49	1.12	0.91	7	8	9	10	9	8	7	58	8.29	33.16	

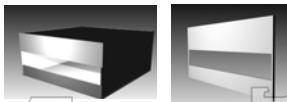
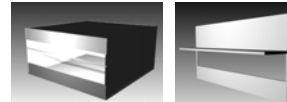
8.3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 83 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

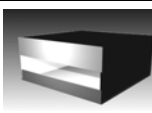
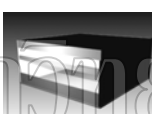
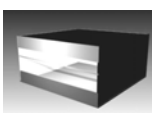
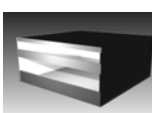
ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ																					
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Daylight Factor (%)								คะแนนจากการพิจารณาค่า Daylight Factor (คะแนน)								รวม	คะแนนเฉลี่ย(เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF _i x M _i)
			ระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง (ม.)																		
			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7					
1	ตั้ง	8.00น.	6.09	2.91	1.41	0.74	0.44	0.30	0.25	7	9	9	6	5	5	5	46	6.57	26.28		
		10.00น.	3.51	1.50	0.79	0.53	0.29	0.23	0.16	9	10	7	6	5	5	5	47	6.71	26.84		
		12.00น.	1.79	0.73	0.45	0.31	0.22	0.15	0.12	10	6	5	5	5	5	5	41	5.86	23.44		
		14.00น.	3.89	1.66	0.87	0.50	0.33	0.22	0.19	9	10	7	5	5	5	5	46	6.57	26.28		
		16.00น.	6.55	2.55	1.52	0.91	0.53	0.32	0.22	7	9	10	7	6	5	5	49	7.00	28.00		
2	ตั้ง	8.00น.	8.87	5.55	3.22	2.13	1.40	1.02	0.81	5	8	9	10	9	8	7	56	8.00	32.00		
		10.00น.	5.54	3.32	1.96	1.26	0.83	0.60	0.52	8	9	10	9	7	6	6	55	7.86	31.44		
		12.00น.	3.24	1.78	1.09	0.77	0.54	0.39	0.34	9	10	8	7	6	5	5	50	7.14	28.56		
		14.00น.	6.19	3.52	1.63	1.43	0.93	0.64	0.52	7	9	10	9	7	6	5	53	7.57	30.28		
		16.00น.	9.77	5.75	3.35	2.20	1.55	1.00	0.87	5	8	9	10	10	7	7	56	8.00	32.00		
3	ตั้ง	8.00น.	9.42	5.90	3.36	2.03	1.37	0.98	0.79	5	8	9	10	9	7	7	55	7.86	31.44		
		10.00น.	5.83	3.17	1.90	1.25	0.81	0.61	0.49	8	9	10	8	7	6	5	53	7.57	30.28		
		12.00น.	3.21	1.64	1.08	0.74	0.51	0.37	0.30	9	10	8	6	6	5	5	49	7.00	28.00		
		14.00น.	6.18	3.47	2.12	1.37	0.92	0.63	0.53	7	9	10	9	6	6	6	53	7.57	30.28		
		16.00น.	9.96	6.03	3.36	2.16	1.35	0.97	0.80	5	7	9	10	9	7	7	54	7.72	30.88		
4	ตั้ง	8.00น.	5.91	4.28	2.84	2.14	1.54	1.28	0.96	8	8	9	10	10	9	7	61	8.72	34.88		
		10.00น.	4.64	3.45	2.92	2.13	1.26	1.12	0.89	8	9	9	10	9	8	7	60	8.57	34.28		
		12.00น.	5.43	3.69	3.23	2.04	1.69	1.35	1.12	8	9	9	10	10	9	8	63	9.00	36.00		
		14.00น.	5.18	3.17	2.67	2.00	1.22	1.09	0.90	8	9	10	10	8	8	7	60	8.57	34.28		
		16.00น.	6.05	4.33	3.36	2.08	1.52	1.13	0.97	7	8	9	10	10	8	7	59	8.43	33.72		

8.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

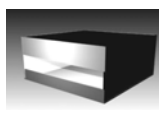
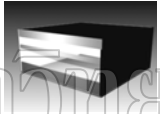
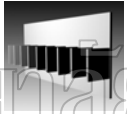
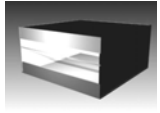
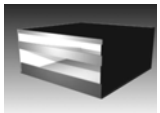
ตารางที่ 84 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ					
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Uniformity of Illumination(%)	คะแนนจากการพิจารณาค่า Uniformity of Illumination (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)
1		8.00น.	44.20	5	10
		10.00น.	45.58	5	10
		12.00น.	48.45	5	10
		14.00น.	45.13	5	10
		16.00น.	43.90	5	10
2		8.00น.	49.54	5	10
		10.00น.	49.82	5	10
		12.00น.	51.30	6	12
		14.00น.	48.60	5	10
		16.00น.	48.96	5	10
3		8.00น.	48.60	5	10
		10.00น.	48.96	5	10
		12.00น.	51.00	6	12
		14.00น.	49.15	5	10
		16.00น.	48.60	5	10
4		8.00น.	52.30	6	12
		10.00น.	50.50	6	12
		12.00น.	51.70	6	12
		14.00น.	51.00	6	12
		16.00น.	52.25	6	12

ตารางที่ 85 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของ
ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดย
มีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ					
ลักษณะของ ช่องแสง	รูปแบบของ อุปกรณ์บังแดด	เวลาของ การทดลอง	ค่า Uniformity of Illumination (%)	คะแนนจากการพิจารณาค่า Uniformity of Illumination (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)
1	นอน	8.00น.	48.72	5	10
 		10.00น.	51.65	6	12
		12.00น.	55.58	6	12
		14.00น.	52.76	6	12
		16.00น.	48.01	5	10
2	นอน	8.00น.	55.81	6	12
 		10.00น.	55.51	6	12
		12.00น.	56.06	6	12
		14.00น.	55.62	6	12
		16.00น.	55.63	6	12
3	นอน	8.00น.	54.27	6	12
 		10.00น.	54.34	6	12
		12.00น.	55.43	6	12
		14.00น.	54.25	6	12
		16.00น.	54.30	6	12
4	นอน	8.00น.	56.92	6	12
 		10.00น.	56.15	6	12
		12.00น.	56.28	6	12
		14.00น.	56.17	6	12
		16.00น.	57.05	6	12

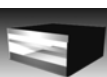
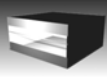
ตารางที่ 86 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ					
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Uniformity of Illumination (%)	คะแนนจากการพิจารณาค่า Uniformity of Illumination (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)
1	ตั้ง	8.00น.	44.00	5	10
 		10.00น.	45.22	5	10
		12.00น.	47.22	5	10
		14.00น.	44.84	5	10
		16.00น.	43.72	5	10
2	ตั้ง	8.00น.	51.34	6	12
 		10.00น.	50.48	6	12
		12.00น.	51.29	6	12
		14.00น.	50.62	6	12
		16.00น.	51.40	6	12
3	ตั้ง	8.00น.	49.90	5	10
 		10.00น.	49.93	5	10
		12.00น.	50.55	6	12
		14.00น.	50.05	6	12
		16.00น.	50.31	6	12
4	ตั้ง	8.00น.	51.88	6	12
 		10.00น.	51.42	6	12
		12.00น.	51.44	6	12
		14.00น.	51.80	6	12
		16.00น.	52.37	6	12

8.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

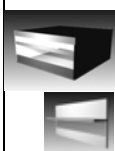
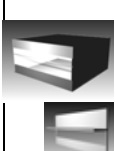
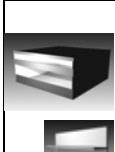
8.3.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 87 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ																		
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการพิจารณาค่า Guth Visual Comfort Probability (คะแนน)													รวม	คะแนนเฉลี่ย (เดิม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)
			ตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นในแนวราบ															
			- 60°	- 50°	- 40°	- 30°	- 20°	- 10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°			
1	-	8.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		10.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	10.00	76.50	5.88	17.64
		12.00น.	9.00	7.50	7.50	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	3.75	5.00	7.50	9.00	69.25	5.33	16.00
		14.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	86.75	6.67	20.01
		16.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
2	-	8.00น.	10.00	10.00	9.00	7.50	7.50	7.50	7.50	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	118.00	9.08	27.24
		10.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		12.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		14.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		16.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00	9.00	7.50	7.50	9.00	9.00	10.00	10.00	121.00	9.31	27.93
3	-	8.00น.	10.00	10.00	9.00	9.00	7.50	7.50	9.00	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	121.00	9.31	27.93
		10.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		12.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		14.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		16.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00	9.00	9.00	9.00	10.00	10.00	10.00	126.00	9.69	29.07
4	-	8.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		10.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		12.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		14.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		16.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00

8.3.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอนที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 88 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ																			
ลักษณะช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการพิจารณา Guth Visual Comfort Probability (คะแนน)														รวม	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)
			ตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นในแนวราบ																
			60°	50°	40°	30°	20°	10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°				
	นอน	8.00น.	10.00	9.00	7.50	7.50	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	7.50	9.00	10.00	10.00	101.75	7.83	23.49	
		10.00น.	9.00	7.50	5.00	3.75	3.75	3.75	2.50	2.50	3.75	3.75	5.00	7.50	9.00	66.75	5.13	15.39	
		12.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	88.00	6.77	20.31	
		14.00น.	9.00	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	9.00	10.00	60.50	4.65	13.95	
		16.00น.	9.00	7.50	5.00	3.75	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	9.00	63.00	4.85	14.55	
	นอน	8.00น.	7.50	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	9.00	60.25	4.63	13.89	
		10.00น.	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	70.50	5.42	16.26	
		12.00น.	10.00	10.00	10.00	9.00	7.50	6.25	6.25	6.25	7.50	9.00	10.00	10.00	10.00	89.25	6.87	20.61	
		14.00น.	10.00	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	6.25	6.25	7.50	9.00	10.00	111.75	8.60	25.80	
		16.00น.	10.00	9.00	7.50	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	6.25	9.00	10.00	83.00	6.38	19.14	
	นอน	8.00น.	9.00	7.50	5.00	3.75	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	10.00	69.00	5.31	15.93	
		10.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	10.00	95.50	7.35	22.05	
		12.00น.	10.00	10.00	10.00	9.00	7.50	6.25	6.25	6.25	6.25	9.00	10.00	10.00	10.00	110.50	8.50	25.50	
		14.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	3.75	3.75	2.50	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	10.00	76.50	5.88	17.64	
		16.00น.	10.00	9.00	7.50	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	94.25	7.25	21.75	
	นอน	8.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00	9.00	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	127.00	9.76	29.28	
		10.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00	9.00	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	129.00	9.76	29.28	
		12.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00	
		14.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00	9.00	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	129.00	9.76	29.28	
		16.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00	9.00	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	127.00	9.76	29.28	

8.3.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 89 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ																			
ลักษณะช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการพิจารณาค่า Guth Visual Comfort Probability (คะแนน)														รวม	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)
			ตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นในแนวราบ																
			-60°	-50°	-40°	-30°	-20°	-10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°				
1	ตั้ง	8.00น.	9.00	7.50	5.00	3.75	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	9.00	63.00	4.85	14.55	
		10.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	71.50	5.50	16.50	
		12.00น.	10.00	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	10.00	100.50	7.73	23.19	
		14.00น.	9.00	7.50	5.00	3.75	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	68.00	5.23	15.69	
		16.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	76.50	5.88	17.64	
2	ตั้ง	8.00น.	9.00	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	9.00	60.50	4.65	13.95		
		10.00น.	9.00	7.50	6.25	6.25	3.75	3.75	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	73.00	5.62	16.86	
		12.00น.	10.00	10.00	9.00	9.00	7.50	6.25	6.25	6.25	7.50	9.00	9.00	10.00	10.00	111.75	8.60	25.80	
		14.00น.	9.00	7.50	5.00	3.75	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	3.75	5.00	7.50	9.00	109.75	8.44	25.32	
		16.00น.	9.00	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	9.00	60.50	4.65	13.95	
3	ตั้ง	8.00น.	7.50	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	45.00	3.46	10.38	
		10.00น.	7.50	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	57.50	4.42	13.26		
		12.00น.	10.00	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	10.00	100.50	7.73	23.19	
		14.00น.	7.50	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	2.50	2.50	2.50	3.75	6.25	7.50	48.75	3.75	11.25	
		16.00น.	7.50	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	5.00	7.50	46.25	3.56	10.68	
4	ตั้ง	8.00น.	9.00	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	9.00	60.50	3.46	10.38		
		10.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	6.25	9.00	10.00	79.00	6.08	18.24	
		12.00น.	10.00	10.00	9.00	7.50	7.50	6.25	6.25	7.50	7.50	9.00	10.00	10.00	10.00	110.50	8.50	25.50	
		14.00น.	9.00	7.50	5.00	3.75	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	68.00	5.23	15.69	
		16.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	75.25	5.79	17.37	

8.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูลจากเกณฑ์การพิจารณาคะแนนทั้ง 3 ส่วน

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทั้งหมดของกรณีของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน จึงรวมคะแนนทั้ง 3 ส่วน คือ ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity of Illumination และ ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare เพื่อหากรณีที่ลักษณะของช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่มีความเหมาะสมกับทิศทางของช่องแสงทางทิศเหนือ (ตารางที่ 90) ดังนี้

ตารางที่ 90 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ											
ลักษณะช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนนเฉลี่ยใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)	ลำดับที่
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare		คะแนนเฉลี่ยใน 1 ช่วงเวลา (เต็ม 10)		
			คะแนนเฉลี่ย (เต็ม10)	คะแนนรวม (WF ₁ x M ₁)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม10)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)			
1	-	8.00 น.	7.00	28.00	5	10.00	10.00	30.00	7.56	5.70	12
		10.00 น.	6.57	26.28	5	10.00	5.88	17.64	5.99		
		12.00 น.	6.29	25.16	5	10.00	5.33	16.00	5.68		
		14.00 น.	6.71	26.84	5	10.00	6.67	20.01	4.08		
		16.00 น.	6.86	27.44	5	10.00	10.00	30.00	5.21		
2	-	8.00 น.	8.00	32.00	5	10.00	9.08	27.24	7.69	7.84	4
		10.00 น.	7.71	30.84	5	10.00	10.00	30.00	7.87		
		12.00 น.	7.29	29.16	6	12.00	10.00	30.00	7.91		
		14.00 น.	8.00	32.00	5	12.00	10.00	30.00	8.22		
		16.00 น.	6.86	27.44	5	12.00	9.31	27.93	7.49		
3	-	8.00 น.	7.86	31.44	5	10.00	9.31	27.93	8.04	7.88	3
		10.00 น.	7.71	30.84	5	10.00	10.00	30.00	7.87		
		12.00 น.	7.29	29.16	6	12.00	10.00	30.00	7.91		
		14.00 น.	7.58	30.32	5	10.00	10.00	30.00	7.81		
		16.00 น.	7.71	30.84	5	10.00	9.69	29.07	7.77		

ตารางที่ 90 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทาง
ด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ											
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนนเฉลี่ยใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)	ลำดับที่
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare		คะแนนเฉลี่ยใน 1 ช่วงเวลา (เต็ม 10)		
			คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₁ x M ₁)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)			
4	-	8.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	10.00	30.00	8.10	8.12	1
		10.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	10.00	30.00	8.16		
		12.00 น.	7.43	29.72	6	12.00	10.00	30.00	7.97		
		14.00 น.	8.14	32.56	6	12.00	10.00	30.00	8.29		
		16.00 น.	7.58	30.32	6	12.00	10.00	30.00	8.04		
1	นอน	8.00 น.	7.14	28.56	6	12.00	7.83	23.49	7.12	6.24	9
		10.00 น.	6.57	26.28	6	12.00	5.13	15.39	5.96		
		12.00 น.	6.00	24.00	6	12.00	6.77	20.31	6.26		
		14.00 น.	6.57	26.28	6	12.00	4.65	13.95	5.80		
		16.00 น.	7.00	28.00	6	12.00	4.85	14.55	6.06		
2	นอน	8.00 น.	8.14	32.56	6	12.00	4.65	13.89	6.49	6.92	7
		10.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	5.62	16.26	6.63		
		12.00 น.	7.29	29.16	6	12.00	8.60	20.61	6.86		
		14.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	8.44	25.80	7.69		
		16.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	4.65	19.14	6.95		
3	นอน	8.00 น.	8.29	33.16	6	12.00	5.31	15.93	6.79	7.14	5
		10.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	7.35	22.05	7.28		
		12.00 น.	7.29	29.16	6	12.00	8.50	25.50	7.41		
		14.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	5.88	17.64	6.79		
		16.00 น.	8.29	33.16	6	12.00	7.25	21.75	7.43		

ตารางที่ 90 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทาง
ด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ											
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนนเฉลี่ยใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)	ลำดับที่
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare		คะแนนเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงเวลา (เต็ม 10)		
			คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₁ x M ₁)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม10)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)			
4	นอน	8.00 น.	8.14	32.56	6	12.00	9.76	29.28	8.20	8.11	2
		10.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	9.76	29.28	8.08		
		12.00 น.	7.29	29.16	6	12.00	10.00	30.00	7.91		
		14.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	9.76	29.28	8.08		
		16.00 น.	8.29	33.16	6	12.00	9.76	29.28	8.27		
1	ตั้ง	8.00 น.	6.57	26.28	5	10.00	4.85	14.55	5.65	5.96	11
		10.00 น.	6.71	26.84	5	10.00	5.50	16.50	5.93		
		12.00 น.	5.86	23.44	5	10.00	7.73	23.19	6.29		
		14.00 น.	6.57	26.28	5	10.00	5.23	15.69	5.77		
		16.00 น.	7.00	28.00	5	10.00	5.88	17.64	6.18		
2	ตั้ง	8.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	4.65	13.95	6.44	6.89	8
		10.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	5.62	16.86	6.70		
		12.00 น.	7.14	28.56	6	12.00	8.60	25.80	7.37		
		14.00 น.	7.57	30.28	6	12.00	8.44	25.32	7.51		
		16.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	4.65	13.95	6.44		
3	ตั้ง	8.00 น.	7.86	31.44	5	10.00	3.46	10.38	5.76	6.13	10
		10.00 น.	7.57	30.28	5	10.00	4.42	13.26	5.95		
		12.00 น.	7.00	28.00	6	12.00	7.73	23.19	7.02		
		14.00 น.	7.57	30.28	6	12.00	3.75	11.25	5.95		
		16.00 น.	7.72	30.88	6	12.00	3.56	10.68	5.95		

ตารางที่ 90 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทาง
ด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ											
ลักษณะช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนน	ลำดับที่
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare		คะแนนเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมงเวลา (เต็ม 10)	เฉลี่ยใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)	
			คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF1 x M1)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF2 x M2)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF3 x M3)			
4	ตั้ง	8.00 น.	8.72	34.88	6	12.00	3.46	10.38	6.36	7.12	6
		10.00 น.	8.57	34.28	6	12.00	6.08	18.24	7.17		
		12.00 น.	9.00	36.00	6	12.00	8.50	25.50	8.17		
		14.00 น.	8.57	34.28	6	12.00	5.23	15.69	6.89		
		16.00 น.	8.43	33.72	6	12.00	5.79	17.37	7.01		

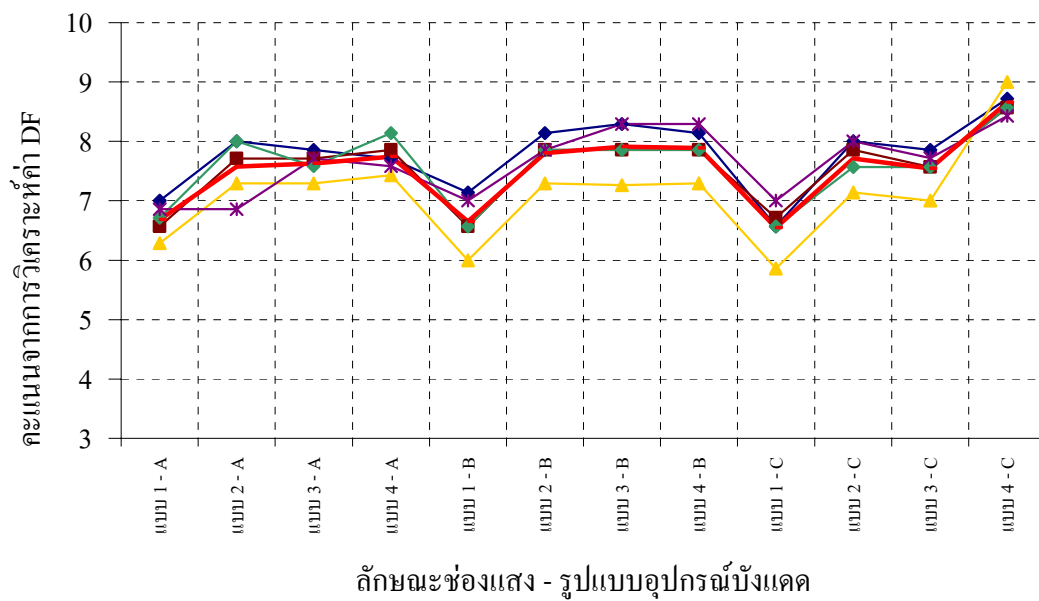
กรณีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มี
ช่องแสงทางด้านข้างทางทิศเหนือ ได้นำข้อมูลค่าคะแนนจากการวิเคราะห์นำมาเปรียบเทียบกัน

โดยกำหนดให้มีการใช้สัญลักษณ์ในการเปรียบเทียบ คือ แบบ X - x
หมายถึง ลักษณะของช่องแสง - รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด

แบบ X คือ ลักษณะของช่องแสง ได้แก่ แบบที่ 1 , 2 , 3 และ 4

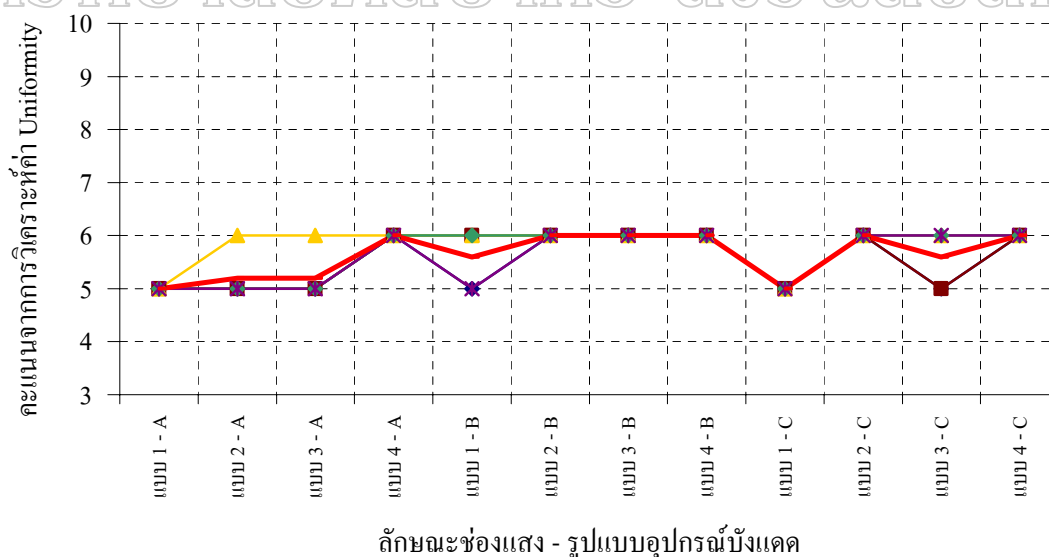
x คือ รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดโดย A หมายถึง ไม่มีอุปกรณ์บังแดด , B หมายถึง มีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน และ C หมายถึง มีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง
แบ่งเป็นการวิเคราะห์ ดังนี้

8.3.4.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Daylight Factor , ค่า Uniformity และ ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน



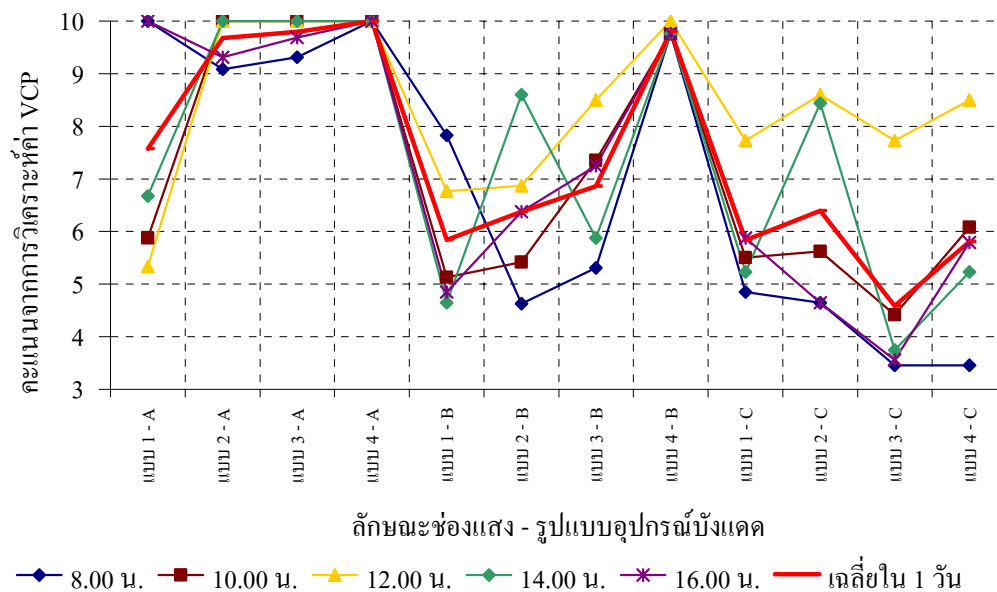
8.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. 16.00 น. เฉลี่ยใน 1 วัน

แผนภูมิที่ 115 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Daylight Factor กับลักษณะช่องแสง และรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน



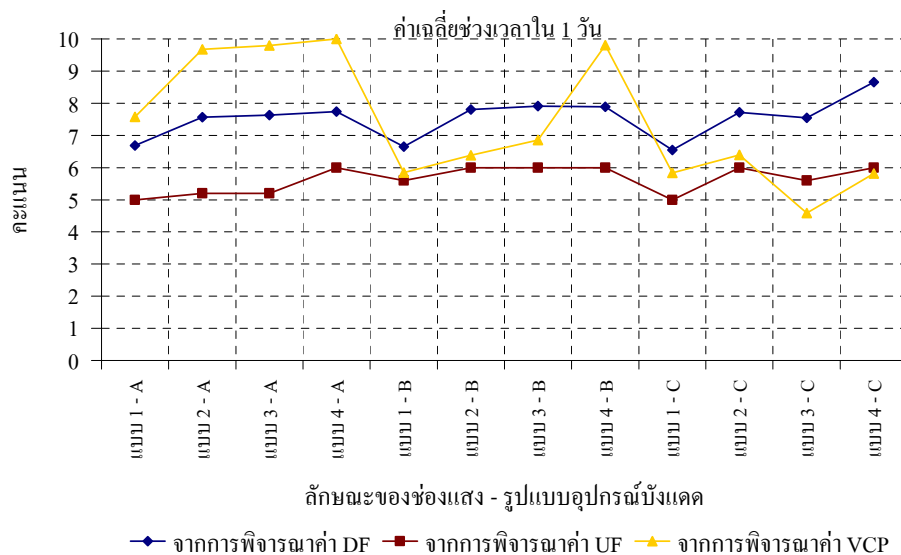
8.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. 16.00 น. เฉลี่ยใน 1 วัน

แผนภูมิที่ 116 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Uniformity กับลักษณะช่องแสงและ รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ย ช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน



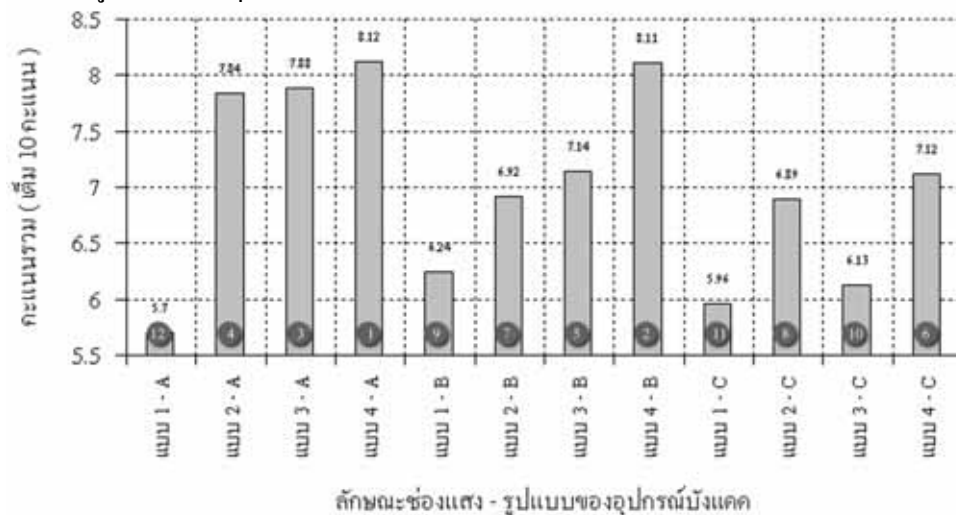
แผนภูมิที่ 117 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับ ลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน

8.3.4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ ค่า Daylight Factor , ค่า Uniformity และ ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ที่มีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน



แผนภูมิที่ 118 เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity และ ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

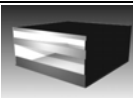
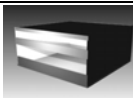
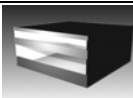
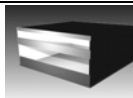
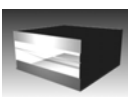
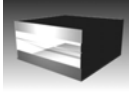
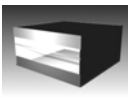
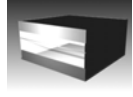
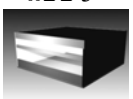
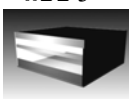
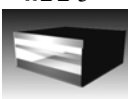
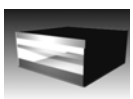
8.3.4.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศเหนือ



แผนภูมิที่ 119 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศเหนือ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

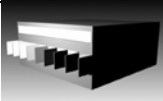
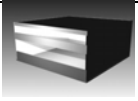
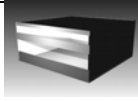
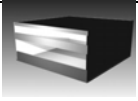
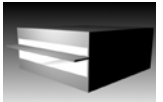
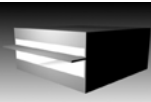
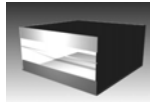
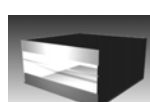
จากแผนภูมิที่ 119 เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ทั้ง 3 ส่วนของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางเหนือ กับลักษณะช่องแสงโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน แสดงให้เห็นว่าลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ให้ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมดีที่สุด

ตารางที่ 91 แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

ลำดับที่	การวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา			
	ค่า Daylight Factor	ค่า Uniformity	ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare	ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม
1	 แบบ 4	 แบบ 4	 แบบ 4	 แบบ 4
2	 แบบ 3	 แบบ 3	 แบบ 3	 แบบ 3
3	 แบบ 2	 แบบ 2	 แบบ 2	 แบบ 2

และพิจารณาเปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ทั้ง 3 ส่วนของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน แสดงให้เห็นว่าลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีไม่มีอุปกรณ์บังแดด ให้ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมดีที่สุด

ตารางที่ 92 แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงประกอบอุปกรณ์บังแดดจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

ลำดับที่	การวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา			
	ค่า Daylight Factor	ค่า Uniformity	ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare	ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม
1	 แบบ 4 - C	 แบบ 4 - A	 แบบ 4 - A	 แบบ 4 - A
2	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B
3	 แบบ 3 - B	 แบบ 3 - B	 แบบ 3 - A	 แบบ 3 - A

8.4 การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้

8.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

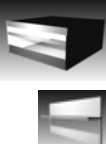
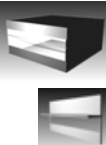
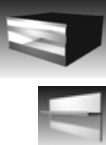
8.4.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 93 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้																				
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Daylight Factor (%)							คะแนนจากการพิจารณาค่า Daylight Factor (คะแนน)							รวม	คะแนนเฉลี่ย(เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF x M _i)	
			ระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง (ม.)																	
			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7				
	-	8.00น.	11.70	4.65	2.05	1.24	0.85	0.47	0.37	5	8	10	8	7	5	5	48	6.86	27.44	
		10.00น.	8.40	3.15	1.61	0.98	0.56	0.35	0.34	5	9	10	7	6	5	5	47	6.71	26.84	
		12.00น.	4.68	1.83	1.02	0.69	0.48	0.35	0.25	8	10	8	6	5	5	5	47	6.71	26.84	
		14.00น.	8.74	3.30	1.72	1.05	0.70	0.42	0.35	5	9	10	8	6	5	5	48	6.86	27.44	
		16.00น.	11.74	5.00	2.35	1.37	0.96	0.40	0.38	5	8	10	9	7	5	5	49	7.00	28.00	
	-	8.00น.	14.66	8.17	4.79	3.05	1.93	1.33	1.03	5	5	8	9	10	9	8	54	7.71	30.84	
		10.00น.	11.56	5.85	3.45	2.19	1.42	1.04	0.77	5	8	9	10	9	8	7	56	8.00	32.00	
		12.00น.	7.43	3.66	2.10	1.36	0.98	0.67	0.53	7	9	10	9	7	6	6	54	7.71	30.84	
		14.00น.	11.84	6.36	3.68	2.30	1.53	1.07	0.81	5	7	9	10	10	8	7	56	8.00	32.00	
		16.00น.	14.95	8.40	4.85	3.11	1.97	1.37	1.04	5	5	8	9	10	9	8	54	7.71	30.84	
	-	8.00น.	14.97	8.06	4.60	2.73	1.96	1.31	0.96	5	5	8	9	10	9	7	53	7.58	30.32	
		10.00น.	12.15	6.01	3.35	2.02	1.38	1.02	0.74	5	7	9	10	9	8	6	54	7.71	30.84	
		12.00น.	7.40	3.51	2.00	1.35	0.90	0.69	0.52	7	9	10	9	7	6	6	54	7.71	30.84	
		14.00น.	12.51	6.46	3.53	2.14	1.46	1.01	0.79	5	7	9	10	9	8	7	55	7.86	31.44	
		16.00น.	15.76	8.61	4.59	2.96	1.85	1.26	1.02	5	5	8	9	10	9	8	54	7.71	30.84	
	-	8.00น.	8.04	6.20	4.24	2.96	2.10	1.48	1.24	5	7	8	9	10	9	8	56	8.00	32.00	
		10.00น.	7.66	6.03	4.27	3.09	1.82	1.63	1.11	7	7	8	9	10	10	8	60	8.57	34.28	
		12.00น.	9.83	8.07	5.70	3.98	2.48	1.97	1.48	5	5	8	9	10	10	9	56	8.00	32.00	
		14.00น.	7.60	6.15	4.31	3.03	1.85	1.62	1.17	7	7	8	9	10	10	8	60	8.57	34.28	
		16.00น.	8.83	6.43	4.35	3.06	2.27	1.53	1.26	5	7	8	9	10	10	9	58	8.30	33.20	

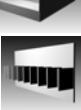
8.4.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 94 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้																			
ลักษณะช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Daylight Factor (%)							คะแนนจากการพิจารณาค่า Daylight Factor (คะแนน)							รวม	คะแนนเฉลี่ย(เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF1 x M1)
			ระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง (ม.)																
			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7			
	นอน	8.00น.	4.44	2.06	1.47	0.93	0.44	0.28	0.30	8	10	9	8	5	5	5	50	7.14	28.56
		10.00น.	3.00	1.62	1.07	0.65	0.38	0.27	0.27	9	10	8	6	5	5	5	48	6.86	27.44
		12.00น.	1.75	1.05	0.68	0.51	0.39	0.25	0.21	10	8	6	6	5	5	5	45	6.43	25.72
		14.00น.	3.18	1.74	1.00	0.68	0.42	0.27	0.24	9	10	7	6	5	5	5	47	6.71	26.84
		16.00น.	4.65	2.33	1.35	0.83	0.47	0.32	0.28	8	10	9	7	5	5	5	49	7.00	28.00
	นอน	8.00น.	7.86	5.79	3.95	2.60	1.63	1.27	1.03	7	8	9	9	10	9	8	60	8.57	34.28
		10.00น.	6.29	4.58	3.02	1.92	1.24	0.88	0.78	7	8	9	10	8	7	7	56	8.00	32.00
		12.00น.	4.58	3.07	1.97	1.26	0.86	0.66	0.52	8	9	10	9	7	6	6	55	7.86	31.44
		14.00น.	6.50	4.87	3.11	2.07	1.29	0.97	0.79	7	8	9	10	9	7	7	57	8.14	32.56
		16.00น.	8.09	6.20	4.05	2.60	1.76	1.19	1.04	5	7	8	9	10	8	8	55	7.86	31.44
	นอน	8.00น.	8.69	6.16	3.85	2.59	1.70	1.16	0.96	5	7	9	9	10	8	7	55	7.86	31.44
		10.00น.	6.92	4.64	2.87	1.89	1.28	0.93	0.74	7	8	9	10	9	7	6	56	8.00	32.00
		12.00น.	4.93	2.96	1.95	1.30	0.91	0.66	0.55	8	9	10	9	7	6	6	55	7.86	31.44
		14.00น.	7.48	4.81	2.98	2.02	1.28	0.97	0.76	7	8	9	10	9	7	7	57	8.14	32.56
		16.00น.	8.09	6.20	4.05	2.60	1.76	1.19	1.04	5	7	8	9	10	8	8	55	7.86	31.44
	นอน	8.00น.	7.00	5.75	3.86	2.66	1.86	1.27	1.06	7	8	9	9	10	9	8	60	8.57	34.28
		10.00น.	5.75	4.50	2.94	1.94	1.28	0.95	0.80	8	8	9	10	9	7	7	55	8.29	33.16
		12.00น.	4.22	3.10	1.93	1.26	0.84	0.64	0.52	8	9	10	9	7	6	6	55	7.86	31.44
		14.00น.	6.15	4.80	3.16	2.11	1.33	0.96	0.79	7	8	9	10	9	7	7	57	8.14	32.56
		16.00น.	7.44	5.99	3.94	2.59	1.70	1.26	1.08	7	8	9	9	10	9	8	60	8.57	34.28

8.4.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 95 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

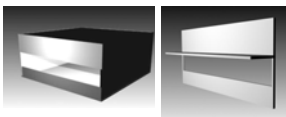
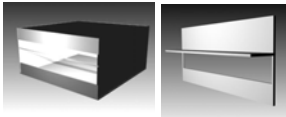
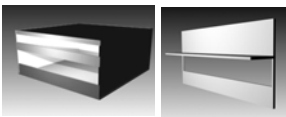
ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้																			
ลักษณะช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Daylight Factor (%)							คะแนนจากการพิจารณาค่า Daylight Factor (คะแนน)							รวม	คะแนนเฉลี่ย(เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF x M ₁)
			ระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง (ม.)																
			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7			
1	ตั้ง	8.00น.	8.21	3.41	1.80	1.04	0.53	0.37	0.28	5	9	10	8	6	5	5	48	6.86	27.44
		10.00น.	6.33	2.42	1.10	0.81	0.51	0.28	0.22	7	10	8	7	6	5	5	48	6.86	27.44
		12.00น.	3.65	1.34	0.72	0.50	0.33	0.20	0.19	9	9	6	5	5	5	5	44	6.29	25.16
		14.00น.	6.54	2.71	1.41	0.80	0.58	0.35	0.27	7	9	9	7	6	5	5	48	6.86	27.44
		16.00น.	8.05	3.60	1.73	1.17	0.57	0.35	0.29	5	9	10	8	6	5	5	48	6.86	27.44
2	ตั้ง	8.00น.	10.84	7.05	4.05	2.77	1.87	1.25	1.00	5	7	8	9	10	9	7	55	7.86	31.44
		10.00น.	13.58	7.38	3.89	2.56	1.79	1.21	0.97	5	7	9	9	10	8	7	55	7.86	31.44
		12.00น.	7.63	3.93	2.22	1.50	1.00	0.74	0.60	7	9	10	10	7	6	6	55	7.86	31.44
		14.00น.	13.29	7.45	4.42	2.78	1.87	1.36	1.07	5	7	8	9	10	9	8	56	8.00	32.00
		16.00น.	10.37	6.45	3.90	2.34	1.63	1.12	0.92	5	7	9	10	10	8	7	56	8.00	32.00
3	ตั้ง	8.00น.	12.01	7.16	4.14	2.56	1.62	1.07	0.91	5	7	8	9	10	8	7	54	7.72	30.88
		10.00น.	14.10	7.24	4.03	2.61	1.53	1.18	0.92	5	7	8	9	10	8	7	54	7.72	30.88
		12.00น.	7.75	3.73	2.21	1.37	0.93	0.72	0.59	7	9	10	9	7	6	6	54	7.72	30.88
		14.00น.	14.49	7.53	4.34	2.73	1.70	1.29	1.03	5	7	8	9	10	9	8	56	8.00	32.00
		16.00น.	10.73	6.56	3.58	2.41	1.54	1.07	0.85	5	7	9	10	10	8	7	56	8.00	32.00
4	ตั้ง	8.00น.	11.29	6.53	4.39	2.73	1.96	1.38	1.01	5	7	8	9	10	9	8	56	8.00	32.00
		10.00น.	12.00	7.09	4.30	2.69	1.94	1.23	1.01	5	7	8	9	10	8	8	55	7.86	31.44
		12.00น.	7.40	3.97	2.34	1.51	1.03	0.74	0.59	7	9	10	9	8	6	6	55	7.86	31.44
		14.00น.	12.63	7.87	4.72	3.01	1.93	1.36	1.14	5	7	8	9	10	9	8	56	8.00	32.00
		16.00น.	9.85	6.10	3.92	2.49	1.62	1.17	0.90	5	7	9	10	10	8	7	56	8.00	32.00

8.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออกโดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

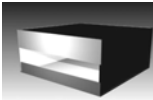
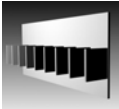
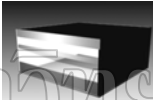
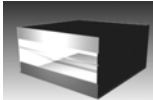
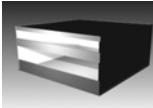
ตารางที่ 96 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้					
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Uniformity of Illumination(%)	คะแนนจากการพิจารณาค่า Uniformity of Illumination (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)
1	-	8.00น.	43.50	5	10
		10.00น.	44.10	5	10
		12.00น.	45.90	5	10
		14.00น.	44.10	5	10
		16.00น.	43.80	5	10
2	-	8.00น.	49.52	5	10
		10.00น.	48.54	5	10
		12.00น.	48.85	5	10
		14.00น.	48.84	5	10
		16.00น.	49.46	5	10
3	-	8.00น.	48.30	5	10
		10.00น.	47.73	5	10
		12.00น.	48.10	5	10
		14.00น.	47.72	5	10
		16.00น.	48.33	5	10
4	-	8.00น.	51.93	6	12
		10.00น.	49.53	6	12
		12.00น.	49.60	6	12
		14.00น.	49.75	6	12
		16.00น.	52.10	6	12

ตารางที่ 97 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของ
ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมี
อุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้					
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Uniformity of Illumination (%)	คะแนนจากการพิจารณาค่า Uniformity of Illumination (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)
1 	นอน	8.00น.	48.32	5	10
		10.00น.	48.92	5	10
		12.00น.	53.43	6	12
		14.00น.	48.86	5	10
		16.00น.	47.89	5	10
2 	นอน	8.00น.	55.73	6	12
		10.00น.	54.17	6	12
		12.00น.	53.68	6	12
		14.00น.	54.46	6	12
		16.00น.	55.43	6	12
3 	นอน	8.00น.	54.14	6	12
		10.00น.	52.90	6	12
		12.00น.	52.89	6	12
		14.00น.	52.78	6	12
		16.00น.	53.75	6	12
4 	นอน	8.00น.	56.99	6	12
		10.00น.	55.81	6	12
		12.00น.	54.80	6	12
		14.00น.	56.20	6	12
		16.00น.	57.06	6	12

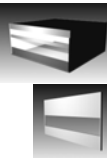
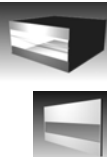
ตารางที่ 98 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้งที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้					
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Uniformity of Illumination (%)	คะแนนจากการพิจารณาค่า Uniformity of Illumination (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)
1	ตั้ง	8.00น.	43.90	5	10
 		10.00น.	43.97	5	10
		12.00น.	45.02	5	10
		14.00น.	43.97	5	10
		16.00น.	43.58	5	10
2	ตั้ง	8.00น.	51.12	6	12
 		10.00น.	49.57	5	10
		12.00น.	48.81	5	10
		14.00น.	49.67	6	12
		16.00น.	51.10	6	12
3	ตั้ง	8.00น.	49.83	6	12
 		10.00น.	48.25	5	10
		12.00น.	47.70	5	10
		14.00น.	48.41	5	10
		16.00น.	50.07	6	12
4	ตั้ง	8.00น.	52.97	6	12
 		10.00น.	50.83	6	12
		12.00น.	49.21	6	12
		14.00น.	51.01	6	12
		16.00น.	53.07	6	12

8.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางใต้ โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

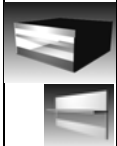
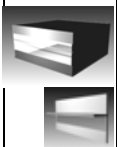
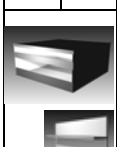
8.4.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 99 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้																		
ลักษณะช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการพิจารณา Guth Visual Comfort Probability (คะแนน)													รวม	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)
			ตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นในแนวราบ															
			- 60°	- 50°	- 40°	- 30°	- 20°	- 10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°			
1	-	8.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		10.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		12.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		14.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		16.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	129.00	9.93	29.79
2	-	8.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00	7.50	7.50	6.25	6.25	7.50	7.50	9.00	10.00	110.50	8.50	25.50
		10.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	128.00	9.85	29.55
		12.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		14.00น.	10.00	10.00	10.00	9.00	9.00	9.00	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	126.00	9.69	29.07
		16.00น.	10.00	9.00	9.00	7.50	6.25	6.25	7.50	7.50	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	112.00	8.62	25.86
3	-	8.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00	7.50	7.50	7.50	7.50	9.00	9.00	10.00	117.00	9.00	27.00
		10.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		12.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		14.00น.	10.00	10.00	10.00	9.00	9.00	9.00	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	126.00	9.69	29.07
		16.00น.	10.00	10.00	9.00	7.50	7.50	7.50	7.50	9.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	118.00	9.08	27.24
4	-	8.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		10.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		12.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		14.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		16.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00

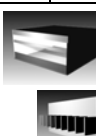
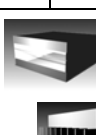
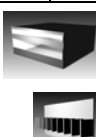
8.4.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอนที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 100 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้																		
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการพิจารณาค่า Guth Visual Comfort Probability (คะแนน)													รวม	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)
			ตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นในแนวราบ															
			- 60°	- 50°	- 40°	- 30°	- 20°	- 10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°			
	1 นอน	8.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.25	6.25	7.50	10.00	87.75	6.75	20.25
		10.00น.	10.00	9.00	6.25	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	80.50	6.19	18.57
		12.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	2.50	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	10.00	75.00	5.77	17.31
		14.00น.	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	81.75	6.29	18.87
		16.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	5.00	6.25	6.25	9.00	10.00	10.00	94.25	7.25	21.75
	2 นอน	8.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	79.25	6.10	18.30
		10.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	6.25	9.00	10.00	81.75	6.29	18.87
		12.00น.	10.00	10.00	10.00	9.00	7.50	6.25	6.25	6.25	7.50	9.00	10.00	10.00	10.00	111.75	8.60	25.80
		14.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	84.00	6.46	19.38
		16.00น.	10.00	7.50	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	82.75	6.37	19.11
	3 นอน	8.00น.	10.00	7.50	2.50	6.25	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	72.75	5.60	16.80
		10.00น.	10.00	7.50	2.50	6.25	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	3.75	5.00	7.50	9.00	66.50	5.12	15.36
		12.00น.	10.00	10.00	6.25	9.00	6.25	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	7.50	10.00	96.75	7.44	22.32
		14.00น.	7.50	6.25	5.00	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	3.75	3.75	5.00	7.50	9.00	64.00	4.92	14.76
		16.00น.	10.00	6.25	6.25	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	77.75	5.98	17.94
	4 นอน	8.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		10.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		12.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		14.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00
		16.00น.	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	130.00	10.00	30.00

8.4.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ตารางที่ 101 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare จากผลการทดลองของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 - 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้																			
ลักษณะช่องแสง	ตั้ง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการพิจารณาค่า Guth Visual Comfort Probability (คะแนน)												รวม	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)	
				ตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นในแนวราบ															
				- 60°	- 50°	- 40°	- 30°	- 20°	- 10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°				60°
1	ตั้ง		8.00น.	9.00	7.50	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	5.00	3.75	5.00	6.25	9.00	64.25	4.94	14.82
			10.00น.	10.00	10.00	9.00	7.50	6.25	6.25	6.25	5.00	6.25	6.25	7.50	9.00	10.00	99.25	7.63	22.89
			12.00น.	10.00	10.00	10.00	9.00	7.50	7.50	6.25	6.25	7.50	9.00	10.00	10.00	10.00	113.00	8.69	26.07
			14.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	10.00	81.50	6.27	18.81
			16.00น.	10.00	10.00	7.50	6.25	6.25	5.00	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	92.75	7.13	21.39
2	ตั้ง		8.00น.	5.00	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	31.25	2.40	7.20
			10.00น.	6.25	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	33.75	2.60	7.80
			12.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	86.75	6.67	20.01
			14.00น.	6.25	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	32.50	2.50	7.50
			16.00น.	6.25	5.00	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	35.00	2.69	8.07
3	ตั้ง		8.00น.	5.00	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	31.25	2.40	7.20
			10.00น.	6.25	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	33.75	2.60	7.80
			12.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	3.75	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	84.25	6.48	19.44
			14.00น.	5.00	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	31.25	2.40	7.20
			16.00น.	6.25	5.00	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	35.00	2.69	8.07
4	ตั้ง		8.00น.	5.00	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	31.25	2.40	7.20
			10.00น.	6.25	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	33.75	2.60	7.80
			12.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	86.75	6.67	20.01
			14.00น.	6.25	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	5.00	31.25	2.40	7.20
			16.00น.	6.25	5.00	3.75	2.50	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	3.75	5.00	36.25	2.79	8.37

8.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลจากเกณฑ์การพิจารณาคะแนนทั้ง 3 ส่วน

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทั้งหมดของกรณีของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ โดยมีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน จึงรวมคะแนนทั้ง 3 ส่วน คือ ค่า Daylight Factor ,ค่า Uniformity of Illumination และ ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare เพื่อหากรณีที่ลักษณะของช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่มีความเหมาะสมกับทิศทางของช่องแสงทางทิศใต้ (ตารางที่ 102) ดังนี้

ตารางที่ 102 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้											
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนนเฉลี่ยใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)	ลำดับที่
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare		คะแนนเฉลี่ยใน 1 ช่วงเวลา (เต็ม 10)		
			คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF1x M1)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม10)	คะแนนรวม (WF2x M2)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF3 xM3)			
1	-	8.00 น.	6.86	27.44	5	10.00	10.00	30.00	7.49	7.47	5
		10.00 น.	6.71	26.84	5	10.00	10.00	30.00	7.43		
		12.00 น.	6.71	26.84	5	10.00	10.00	30.00	7.43		
		14.00 น.	6.86	27.44	5	10.00	10.00	30.00	7.49		
		16.00 น.	7.00	28.00	5	10.00	9.93	29.79	7.53		
2	-	8.00 น.	7.71	30.84	5	10.00	8.50	25.50	7.37	7.70	4
		10.00 น.	8.00	32.00	5	10.00	9.85	29.55	7.95		
		12.00 น.	7.71	30.84	5	10.00	10.00	30.00	7.87		
		14.00 น.	8.00	32.00	5	10.00	9.69	29.07	7.91		
		16.00 น.	7.71	30.84	5	10.00	8.62	25.86	7.41		
3	-	8.00 น.	7.58	30.32	5	10.00	9.00	27.00	7.48	7.72	3
		10.00 น.	7.71	30.84	5	10.00	10.00	30.00	7.87		
		12.00 น.	7.71	30.84	5	10.00	10.00	30.00	7.87		
		14.00 น.	7.86	31.44	5	10.00	9.69	29.07	7.83		
		16.00 น.	7.71	30.84	5	10.00	9.08	27.24	7.56		

ตารางที่ 102 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทาง
ด้านข้างอยู่ทางทิศใต้

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้											
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนนเฉลี่ย ใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)	ลำดับที่
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการ แสดงผลค่า Glare		คะแนนเฉลี่ยใน 1 ช่วงเวลา (เต็ม 10)		
			คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม ($WF_1 \times M_1$)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม ($WF_2 \times M_2$)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม ($WF_3 \times M_3$)			
4	-	8.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	10.00	30.00	8.22	8.35	2
		10.00 น.	8.57	34.28	6	12.00	10.00	30.00	8.48		
		12.00 น.	8.14	32.00	6	12.00	10.00	30.00	8.22		
		14.00 น.	8.57	34.28	6	12.00	10.00	30.00	8.48		
		16.00 น.	8.30	33.20	6	12.00	10.00	30.00	8.36		
1	นอน	8.00 น.	7.14	28.56	5	10.00	6.75	20.25	6.53	6.34	9
		10.00 น.	6.86	27.44	5	10.00	6.19	18.57	6.22		
		12.00 น.	6.43	25.72	6	12.00	5.77	17.31	6.11		
		14.00 น.	6.71	26.84	5	10.00	6.29	18.87	6.19		
		16.00 น.	7.00	28.00	5	10.00	7.25	21.75	6.64		
2	นอน	8.00 น.	8.57	34.28	6	12.00	6.10	18.30	7.18	7.17	6
		10.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	6.29	18.87	6.99		
		12.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	8.60	25.80	7.05		
		14.00 น.	8.14	32.56	6	12.00	6.46	19.38	7.69		
		16.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	6.37	19.11	6.95		
3	นอน	8.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	5.60	16.80	6.69	6.80	7
		10.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	5.12	15.36	6.60		
		12.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	7.44	22.32	7.31		
		14.00 น.	8.14	32.56	6	12.00	4.92	14.76	6.59		
		16.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	5.98	17.94	6.82		

ตารางที่ 102 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทาง
ด้านข้างอยู่ทางทิศใต้

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้											
ลักษณะของช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนนเฉลี่ย ใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)	ลำดับที่
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการ แสดงผลค่า Glare		คะแนน เฉลี่ยใน 1 ช่วงเวลา (เต็ม 10)		
			คะแนน เฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₁ x M ₁)	คะแนน เฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₂ xM ₂)	คะแนน เฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)			
4	นอน	8.00 น.	8.57	34.28	6	12.00	10.00	30.00	8.48	8.36	1
		10.00 น.	7.86	33.16	6	12.00	10.00	30.00	8.36		
		12.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	10.00	30.00	8.16		
		14.00 น.	8.14	32.56	6	12.00	10.00	30.00	8.28		
		16.00 น.	8.57	34.28	6	12.00	10.00	30.00	8.48		
1	ตั้ง	8.00 น.	6.86	27.44	5	10.00	4.94	14.82	5.81	6.42	8
		10.00 น.	6.86	27.44	5	10.00	7.63	22.89	6.70		
		12.00 น.	6.29	25.16	5	10.00	8.69	26.07	6.80		
		14.00 น.	6.86	27.44	5	10.00	6.27	18.81	6.25		
		16.00 น.	6.86	27.44	5	10.00	7.13	21.39	6.54		
2	ตั้ง	8.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	2.40	7.20	5.63	5.89	11
		10.00 น.	7.86	31.44	5	10.00	2.60	7.80	5.47		
		12.00 น.	7.86	31.44	5	10.00	6.67	20.01	6.93		
		14.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	2.50	7.50	5.61		
		16.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	2.69	8.07	5.79		
3	ตั้ง	8.00 น.	7.72	30.88	6	12.00	2.40	7.20	5.56	5.79	12
		10.00 น.	7.72	30.88	5	10.00	2.60	7.80	5.41		
		12.00 น.	7.72	30.88	5	10.00	6.48	19.44	6.71		
		14.00 น.	8.00	32.00	5	10.00	2.40	7.20	5.47		
		16.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	2.69	8.07	5.79		

ตารางที่ 102 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้

ห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้											
ลักษณะช่องแสง	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนนเฉลี่ย ใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)	ลำดับที่
			ค่า Daylight Factor		ค่าUniformity of Illumination		ค่า VCP ในการ แสดงผลค่า Glare		คะแนนเฉลี่ยใน1 ชั่วโมงเวลา (เต็ม 10)		
			คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₁ x M ₁)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม10)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)			
4	ดิ่ง	8.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	2.40	7.20	5.69	5.99	10
		10.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	2.60	7.80	5.69		
		12.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	6.67	20.01	7.05		
		14.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	2.40	7.20	5.69		
		16.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	2.79	8.37	5.82		

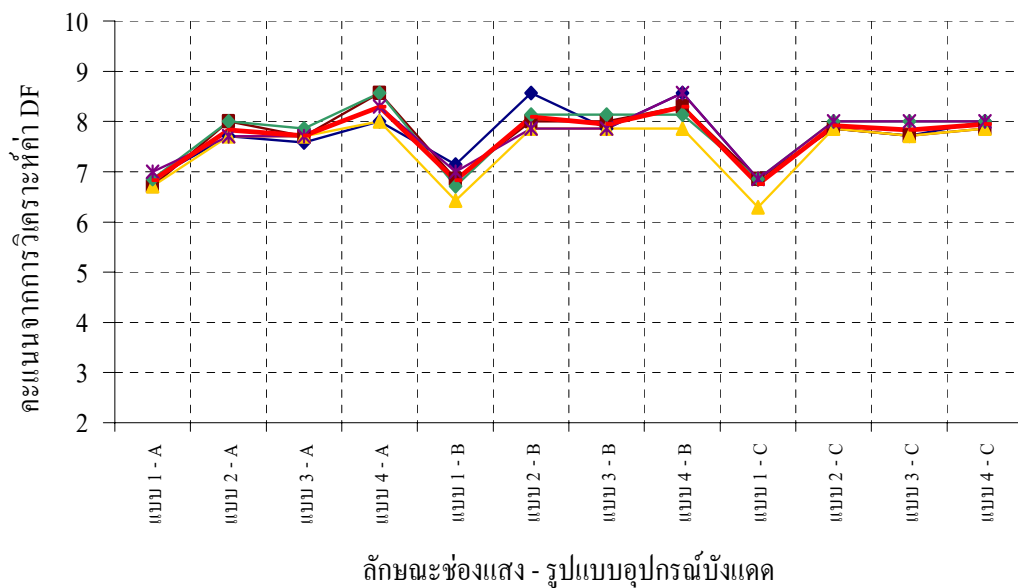
กรณีลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ได้นำข้อมูลค่าคะแนนจากการวิเคราะห์นำมาเปรียบเทียบกัน

โดยกำหนดให้มีการใช้สัญลักษณ์ในการเปรียบเทียบ คือ แบบ X - x หมายถึง ลักษณะของช่องแสง - รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด

แบบ X คือ ลักษณะของช่องแสง ได้แก่ แบบที่ 1 , 2 , 3 และ 4

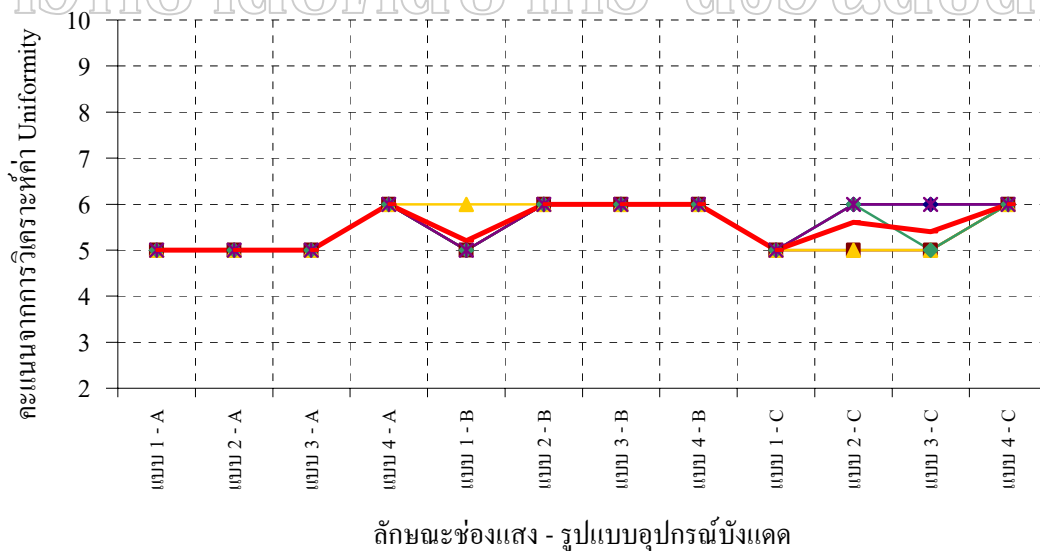
x คือ รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดโดย A หมายถึง ไม่มีอุปกรณ์บังแดด , B หมายถึง มีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน และ C หมายถึง มีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง แบ่งเป็นการวิเคราะห์ ดังนี้

8.4.4.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Daylight Factor , ค่า Uniformity และ ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน



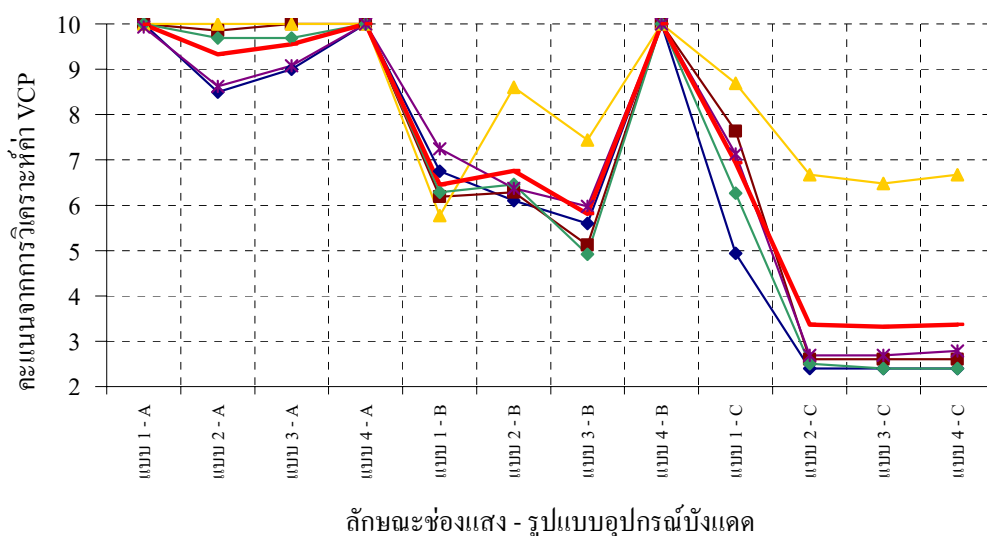
8.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. 16.00 น. เฉลี่ยใน 1 วัน

แผนภูมิที่ 120 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Daylight Factor กับลักษณะช่องแสง และรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน



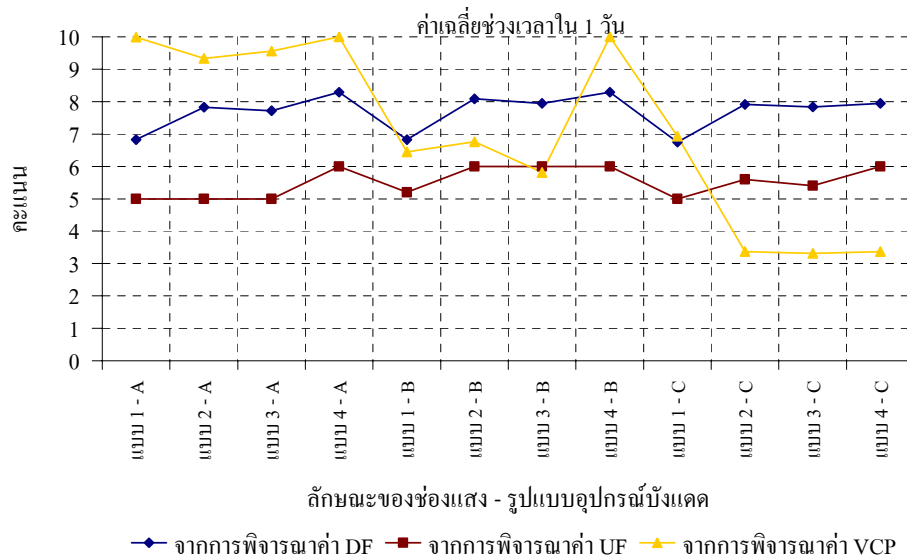
8.00 น. 10.00 น. 12.00 น. 14.00 น. 16.00 น. เฉลี่ยใน 1 วัน

แผนภูมิที่ 121 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า Uniformity กับลักษณะช่องแสงและ รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ย ช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน



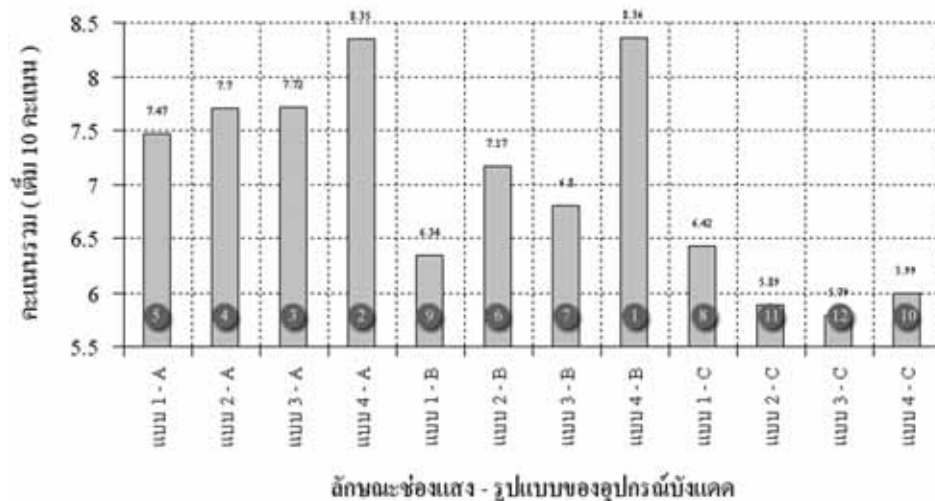
แผนภูมิที่ 122 เปรียบเทียบ ค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับ ลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00, 16.00 น. และ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน ณ วันที่ 23 กันยายน

8.4.4.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ ค่า Daylight Factor , ค่า Uniformity และ ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ที่มีการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยช่วงเวลาใน 1 วัน



แผนภูมิที่ 123 เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity และ ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

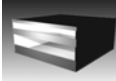
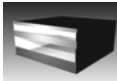
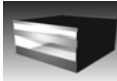
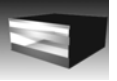
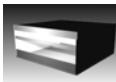
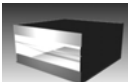
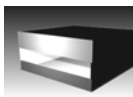
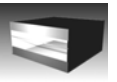
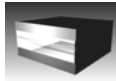
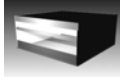
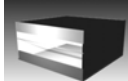
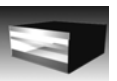
8.4.4.3 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศใต้



แผนภูมิที่ 124 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศใต้ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

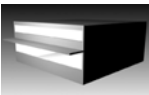
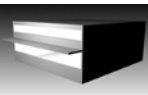
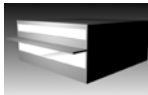
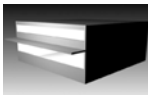
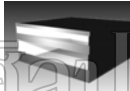
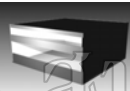
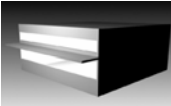
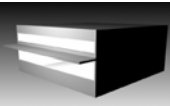
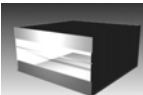
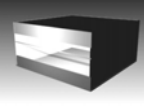
จากแผนภูมิที่ 124 เปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ทั้ง 3 ส่วนของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางใต้ กับลักษณะช่องแสงโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน แสดงให้เห็นว่าลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ให้ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมดีที่สุด

ตารางที่ 103 แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

ลำดับที่	การวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา			
	ค่า Daylight Factor	ค่า Uniformity	ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare	ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม
1	 แบบ 4	 แบบ 4	 แบบ 4	 แบบ 4
2	 แบบ 2	 แบบ 3	 แบบ 1	 แบบ 3
3	 แบบ 3	 แบบ 2	 แบบ 3	 แบบ 2

และพิจารณาเปรียบเทียบค่าคะแนนจากการวิเคราะห์ทั้ง 3 ส่วนของห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ กับลักษณะช่องแสงและรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน แสดงให้เห็นว่าลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ให้ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมดีที่สุด

ตารางที่ 104 แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงประกอบอุปกรณ์บังแดดจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

ลำดับที่	การวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา			
	ค่า Daylight Factor	ค่า Uniformity	ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare	ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม
1	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B
2	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - A
3	 แบบ 2 - B	 แบบ 2 - B	 แบบ 3 - A	 แบบ 3 - A

หลังจากวิเคราะห์ผลการทดลองทั้งหมดแล้ว ได้ทำการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลองเพิ่มเติมโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่องสว่างห้องเรียนในทั้ง 4 ชั้น โดยเลือกลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ในการศึกษากรณีตัวอย่างของการทดลอง เพราะลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีประสิทธิภาพการส่องสว่างดีที่สุด ศึกษาตำแหน่งของห้องเรียน เพียง 1 ทิศ โดยหน้าห้องเรียนอยู่ในทิศเหนือ และมีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก เพราะเป็นทิศที่ได้รับแสงแดดมาก (ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อ 9)

9. การทดลองเพิ่มเติมโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่องสว่างในห้องเรียน (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น

9.1 ผลการทดลองในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่องสว่างในห้องเรียน (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น

ได้ทำการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์กับลักษณะของห้องเรียนที่อยู่ในชั้นที่ 1 (บริเวณพื้นดิน) ผู้ศึกษาจึงทำการเปรียบเทียบกับลักษณะของห้องเรียนที่อยู่ในชั้นที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งอาคารเรียนตามโครงการจัดตั้งโรงเรียนมัธยมศึกษาเฉลิมพระเกียรติทั้ง 4 โครงการมีลักษณะของอาคารเรียนเหมือนกันคือ อาคารเรียนมีความสูง 4 ชั้น ซึ่งการศึกษาเปรียบเทียบในครั้งนี้จะส่งผลให้ข้อมูลจากผลการทดลองมีความชัดเจน และใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

ขั้นตอนของการศึกษาในส่วนนี้ มีดังนี้คือ

- หลังจากที่ได้ข้อสรุปรูปแบบของลักษณะช่องแสงที่อยู่ด้านข้างประกอบกับช่องแสงทางด้านบนที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพดีที่สุด คือ ห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 จึงเลือกลักษณะห้องเรียนดังกล่าว ในการทำการทดลองเพื่อศึกษาค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียน ค่าความสม่ำเสมอของการส่องสว่าง และค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare ของห้องเรียนที่อยู่ในชั้นที่ 1 (บริเวณพื้นดิน) เปรียบเทียบกับห้องเรียนที่อยู่ในชั้นที่ 2, 3 และ 4

- จากการเปรียบเทียบลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ทั้ง 4 ชั้น ในลักษณะของช่องแสงโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ได้ทำการทดลองเพิ่มเติมกับลักษณะของช่องแสงประกอบกับอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน และแนวตั้งเพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียน ค่าความสม่ำเสมอของการส่องสว่าง และค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare มีความแตกต่างในแต่ละชั้นของห้องเรียนต่างกันมาก-น้อยเพียงใด

ขอบเขตของการศึกษาทดลอง มีดังนี้คือ

- ทำการศึกษาทดลองกับห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ที่ให้ประสิทธิภาพการส่องสว่างดีที่สุด ทั้ง 4 ชั้น คือชั้นที่ 1, 2, 3 และ 4

- กำหนดการทดลองและเก็บข้อมูลในตำแหน่งละติจูดที่ 14°N

- ตำแหน่งของห้องเรียน ศึกษาเพียง 1 ทิศ โดยหน้าห้องเรียนอยู่ในทิศเหนือ และมีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก เพราะเป็นทิศที่ได้รับแสงแดดมาก

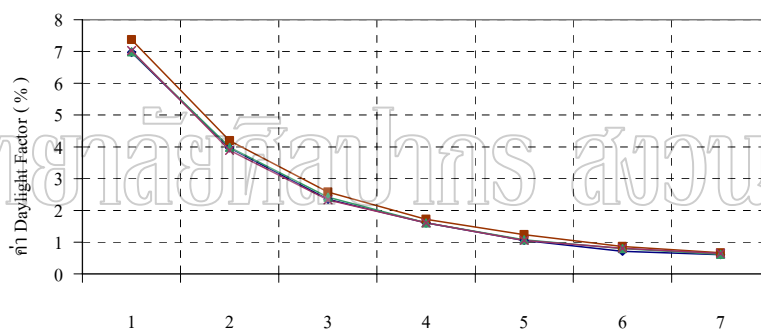
- ทำการศึกษาทดลองในวันที่ 23 กันยายน

9.1.1 ผลการทดลองเปรียบเทียบห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด

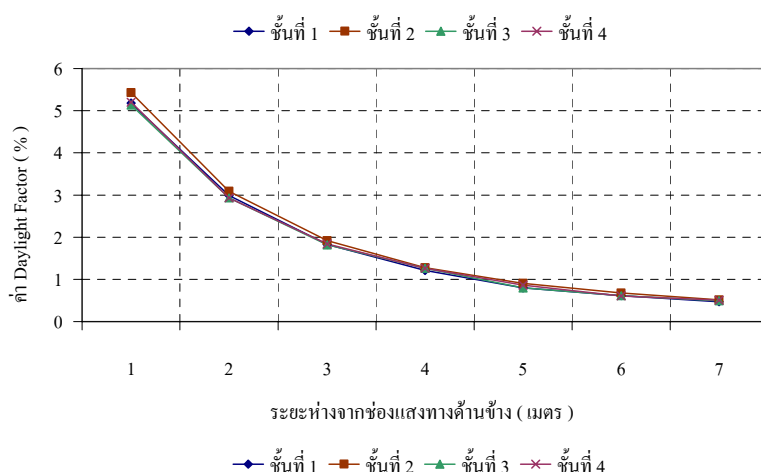
ตารางที่ 105 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 9.1.1 ที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศเหนือ	 ชั้น 4 ชั้น	 ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	

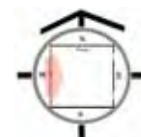
9.1.1.1 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์ของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้นโดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ช่วงเวลาใน 1 วัน



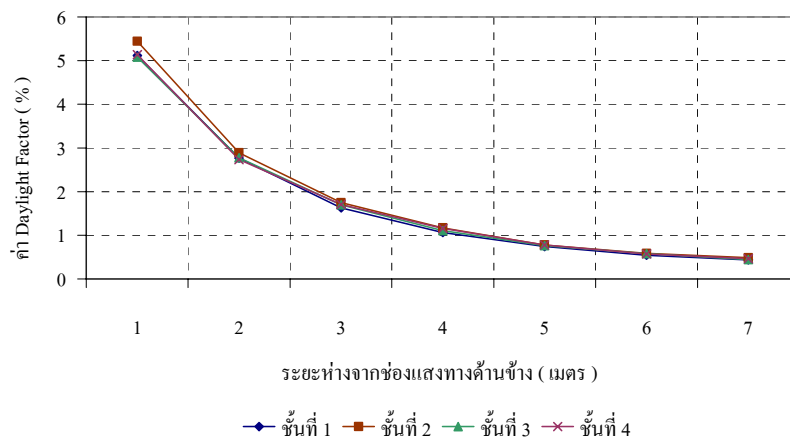
8.00 น.



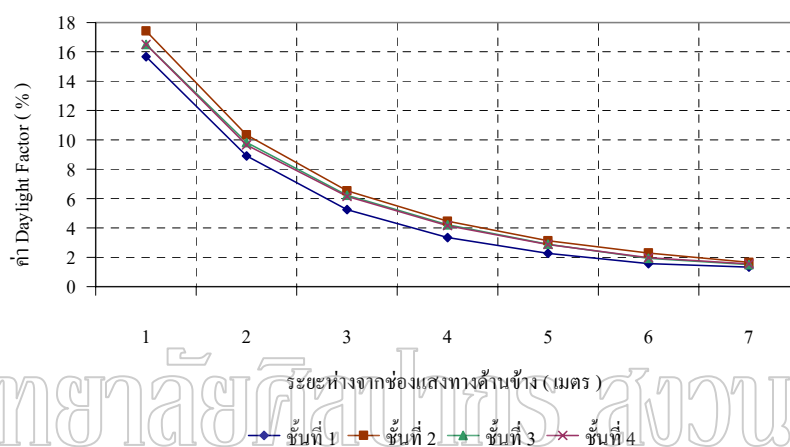
10.00 น.



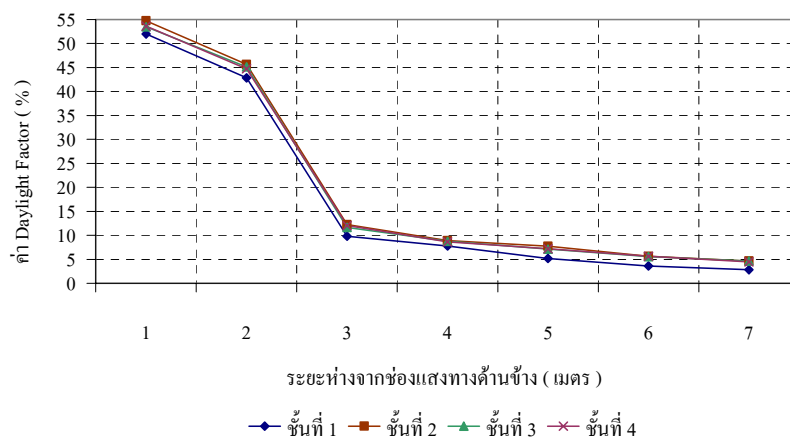
แผนภูมิที่ 125 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน



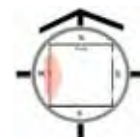
12.00 น.



14.00 น.



16.00 น.

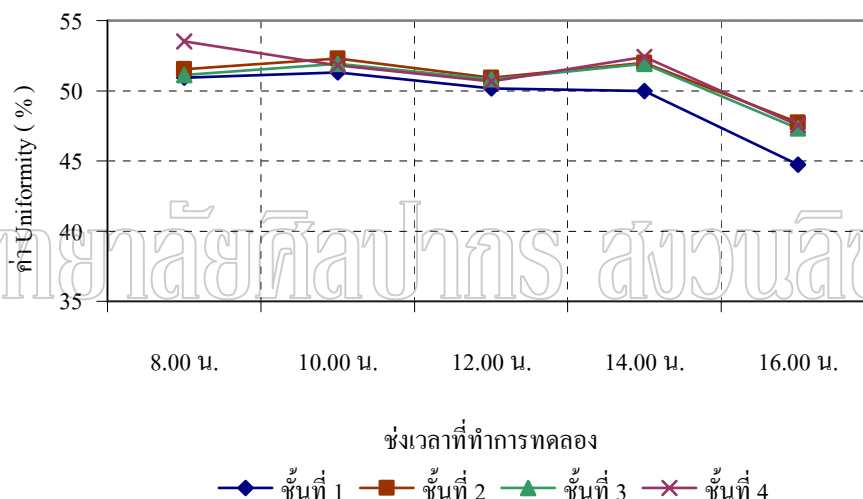


แผนภูมิที่ 125 (ต่อ) เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนจำลองทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

มีแนวโน้มของค่า Daylight Factor ที่ใกล้เคียงกันตั้งแต่ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. คือ ในระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเข้ามาประมาณ 5 เมตร ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนจำลองชั้นที่ 2 และ 1 มีค่า Daylight Factor สูงที่สุดและต่ำที่สุดตามลำดับ ส่วนค่า Daylight Factor ของห้องเรียนจำลองชั้นที่ 3 และ 4 มีค่า Daylight Factor ที่ใกล้เคียงกันและมีค่า Daylight Factor อยู่ระหว่างห้องเรียนจำลองชั้นที่ 1 และ 2 และในระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเข้ามา 6-7 เมตร ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนจำลองทั้ง 4 ชั้นมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันมาก

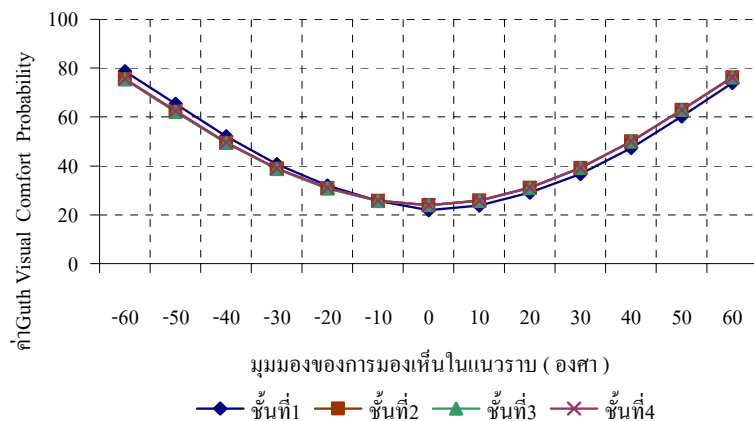
9.1.1.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ช่วงเวลาใน 1 วัน



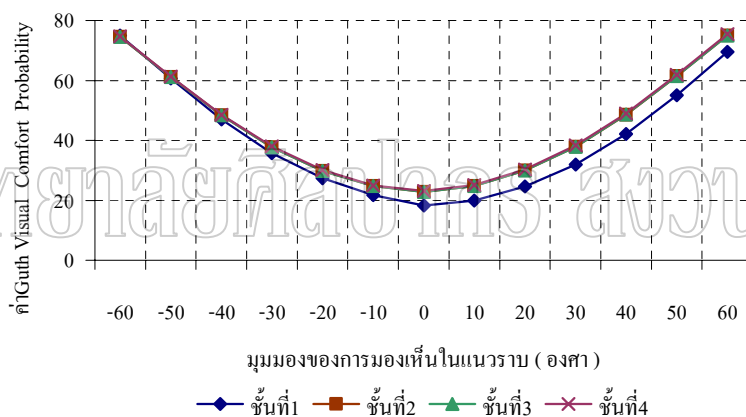
แผนภูมิที่ 126 เปรียบเทียบ ค่า Uniformity ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

ค่า Uniformity ของห้องเรียนจำลองทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน มีแนวโน้มของค่า Uniformity ที่ใกล้เคียงกันตั้งแต่ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยห้องเรียนจำลองชั้นที่ 1 มีค่า Uniformity ต่ำที่สุด ส่วนค่า Uniformity ของห้องเรียนจำลองชั้นที่ 2, 3 และ 4 มีค่า Uniformity ที่ใกล้เคียงกันและมีค่าสูงกว่าห้องเรียนจำลองในชั้นที่ 1

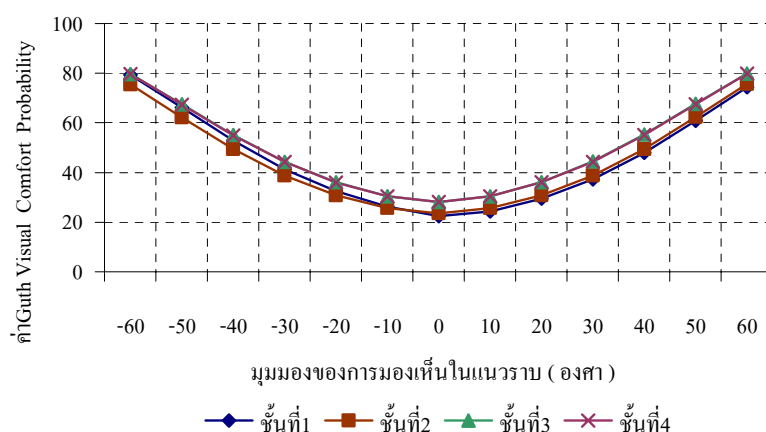
9.1.1.3 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare ของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ช่วงเวลาใน 1 วัน



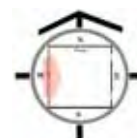
8.00 น.



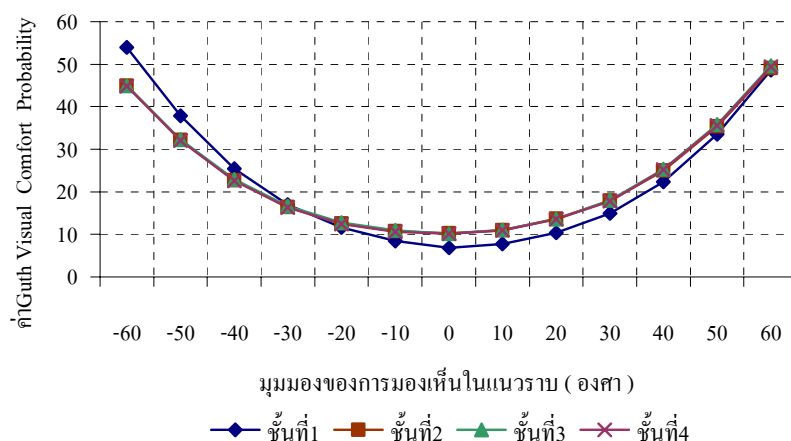
10.00 น.



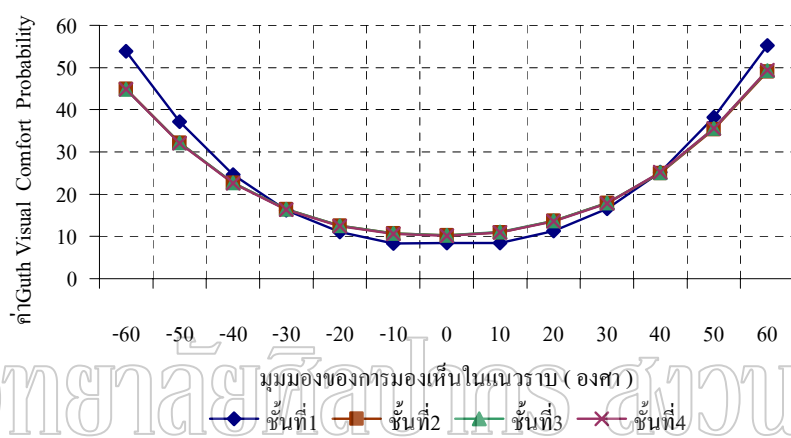
12.00 น.



แผนภูมิที่ 127 เปรียบเทียบ ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน



14.00 น.



16.00 น.



แผนภูมิที่ 127 (ต่อ) เปรียบเทียบ ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน

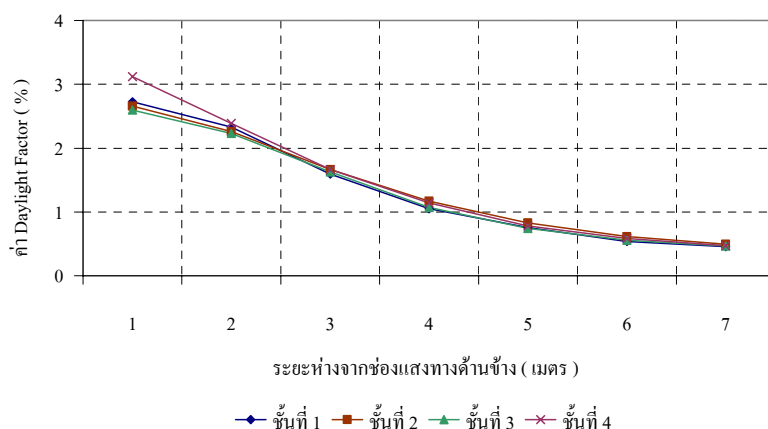
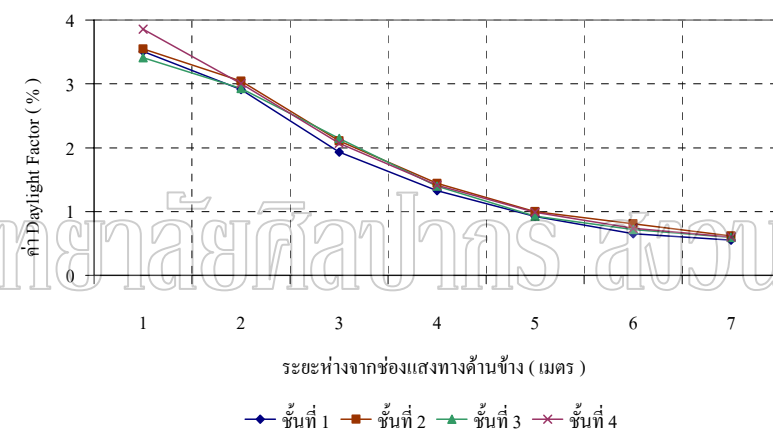
ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนจำลองทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ณ วันที่ 23 กันยายน มีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกันตั้งแต่ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น.

9.1.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน

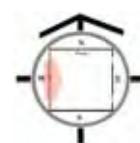
ตารางที่ 106 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 9.1.2 ที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
ทิศเหนือ	ชั้น 4 ชั้น	อุปกรณ์บังแดดแนวนอน	

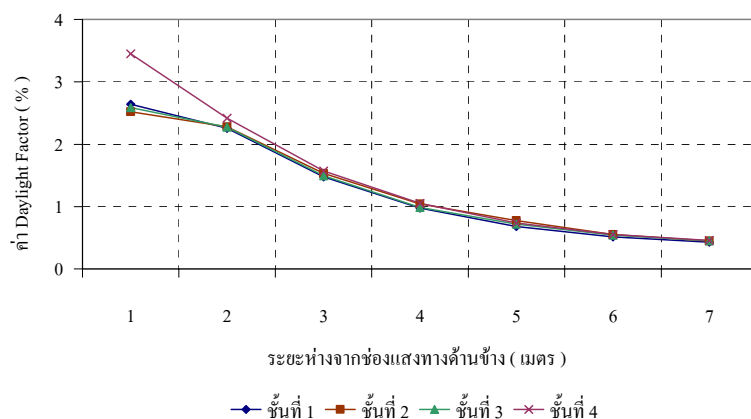
9.1.2.1 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์ของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ช่วงเวลาใน 1 วัน



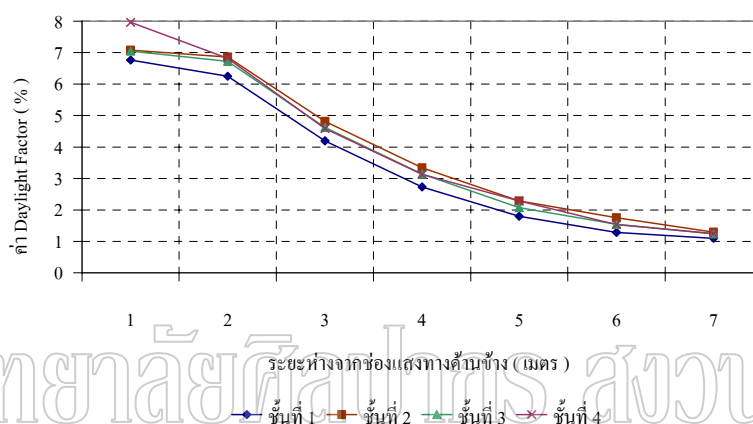
8.00 น.



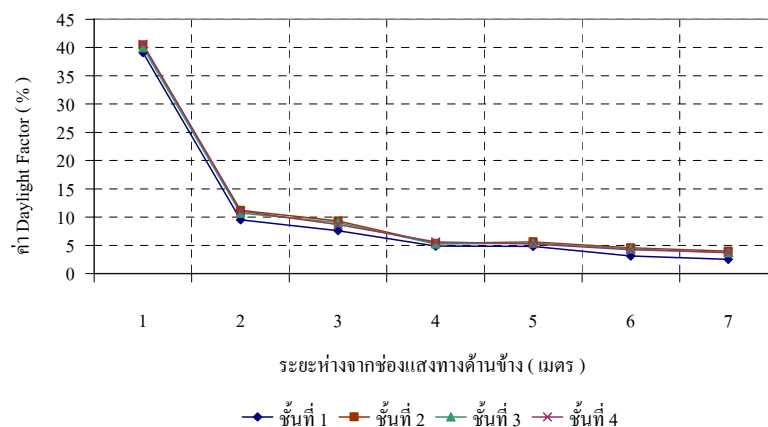
แผนภูมิที่ 128 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



12.00 น.



14.00 น.



16.00 น.

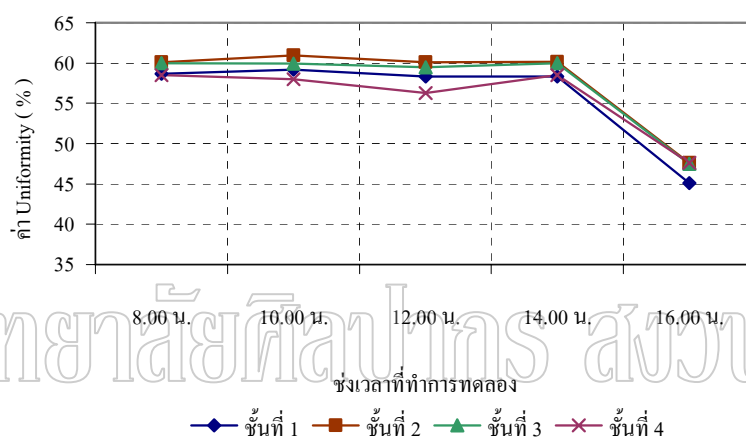


แผนภูมิที่ 128 (ต่อ) เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนจำลองทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนจำลองทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23

กันยายน มีแนวโน้มของค่า Daylight Factor ที่ใกล้เคียงกันตั้งแต่ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. คือ ในระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเข้ามาตลอด 7 เมตร ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนจำลองชั้นที่ 4 และ 1 มีค่า Daylight Factor สูงที่สุดและต่ำที่สุดตามลำดับ ส่วนค่า Daylight Factor ของห้องเรียนจำลองชั้นที่ 2 และ 3 มีค่า Daylight Factor ที่ใกล้เคียงกันและมีค่า Daylight Factor อยู่ระหว่าง ห้องเรียนจำลองชั้นที่ 1 และ 4

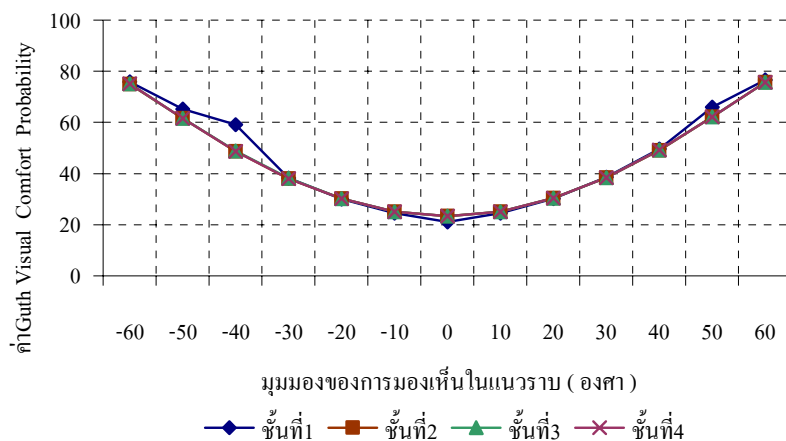
9.1.2.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ช่วงเวลาใน 1 วัน



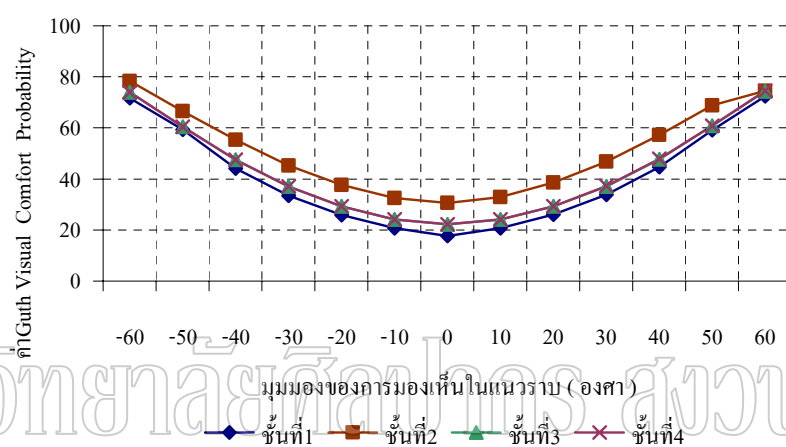
แผนภูมิที่ 129 เปรียบเทียบ ค่า Uniformity ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

ค่า Uniformity ของห้องเรียนจำลองทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน มีแนวโน้มของค่า Uniformity ที่ใกล้เคียงกันตั้งแต่ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยห้องเรียนจำลองชั้นที่ 4 มีค่า Uniformity ต่ำที่สุด ส่วนค่า Uniformity ของห้องเรียนจำลองชั้นที่ 1, 2 และ 3 มีค่า Uniformity ที่ใกล้เคียงกันและมีค่าสูงกว่าห้องเรียนจำลองในชั้นที่ 4

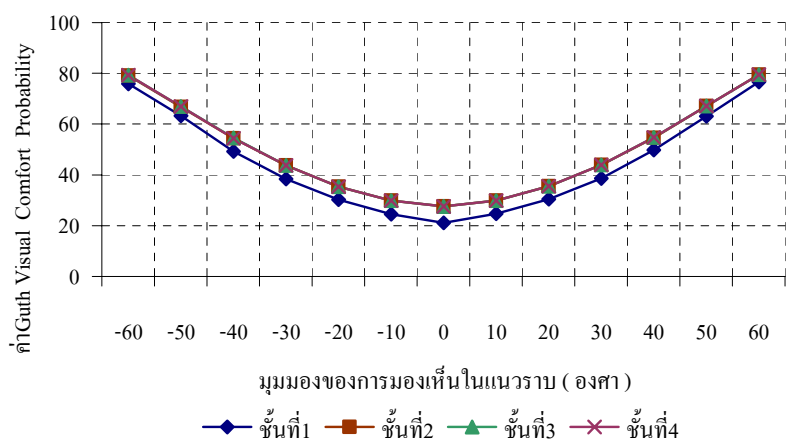
9.1.2.3 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare ของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ช่วงเวลาใน 1 วัน



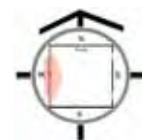
8.00 น.



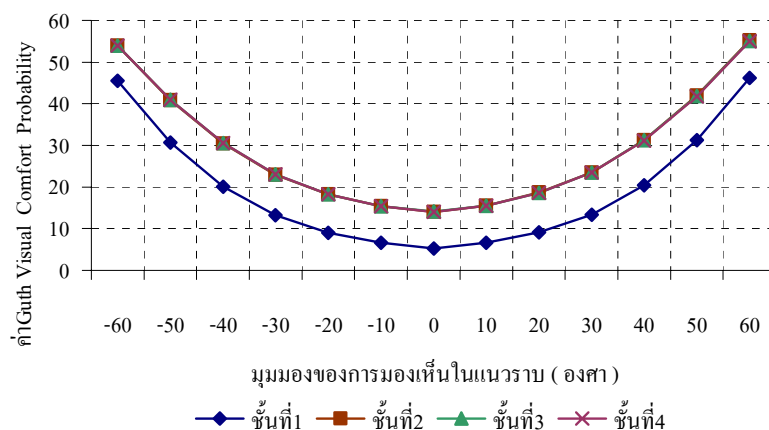
10.00 น.



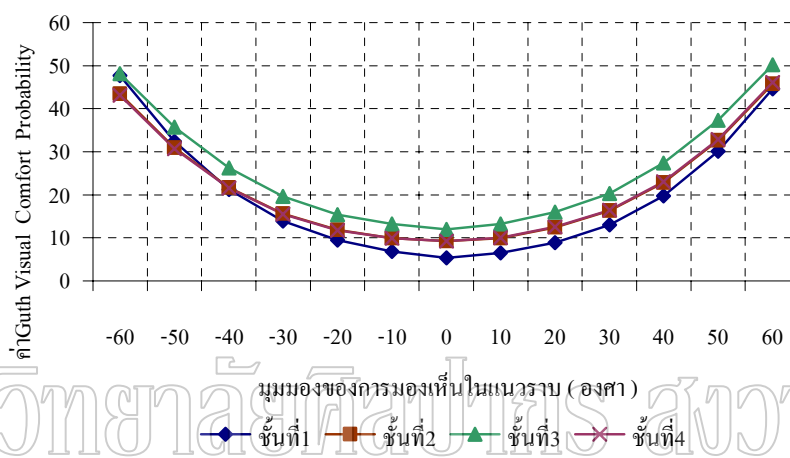
12.00 น.



แผนภูมิที่ 130 เปรียบเทียบ ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน



14.00 น.



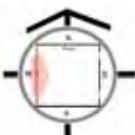
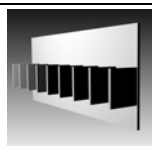
16.00 น.

แผนภูมิที่ 130 (ต่อ) เปรียบเทียบ ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน

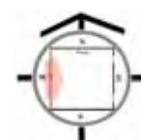
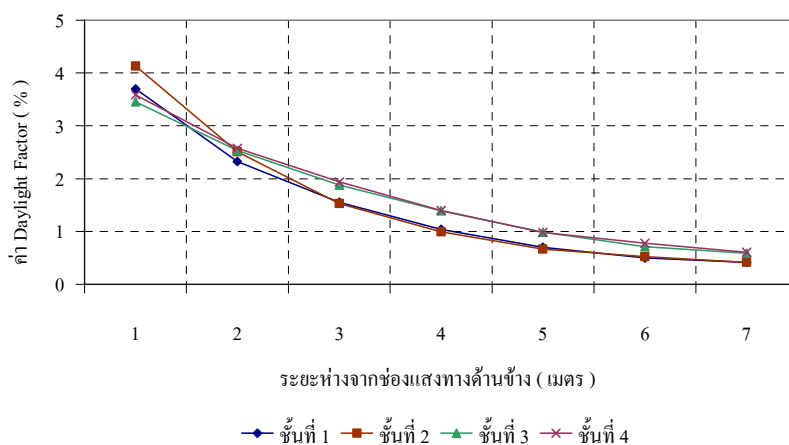
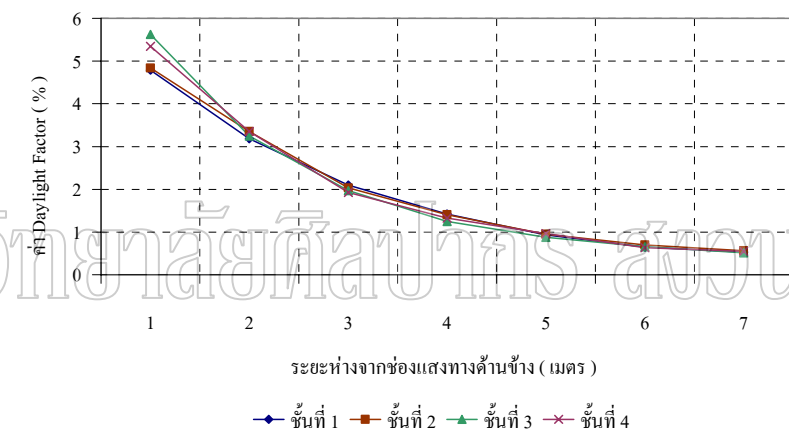
ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนจำลองทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ณ วันที่ 23 กันยายน เวลา 8.00 น. มีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกัน ส่วนในเวลา 10.00, 12.00 และ 14.00 น. ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนจำลองชั้นที่ 1 มีค่าต่ำที่สุด ส่วนห้องเรียนจำลองชั้นที่ 2 มีค่าสูงที่สุด และในเวลา 16.00 น. ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนจำลองชั้นที่ 1 มีค่าต่ำที่สุด ส่วนห้องเรียนจำลองชั้นที่ 3 มีค่าสูงที่สุด

9.1.3 ผลการทดลองเปรียบเทียบห้องเรียนจำลอง(ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง

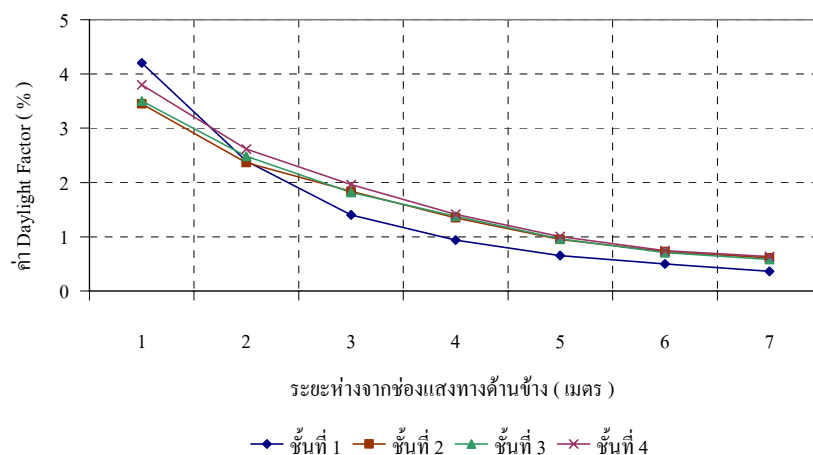
ตารางที่ 107 แสดงรายละเอียดของการทดลองในหัวข้อ 9.1.3 ที่มีช่องแสงด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

ทิศทางของห้องเรียน	ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	ช่วงเวลาของการทดลอง
 ทิศเหนือ	 ชั้น 4 ชั้น	 อุปกรณ์บังแดดแนวตั้ง	

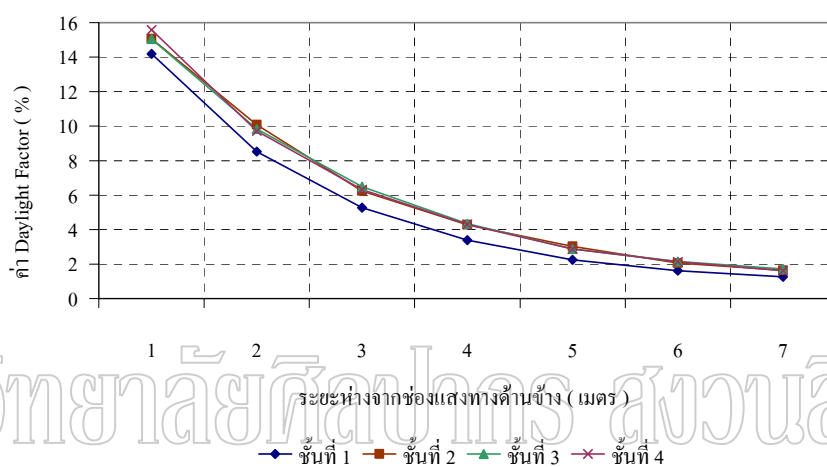
9.1.3.1 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์ของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ช่วงเวลาใน 1 วัน



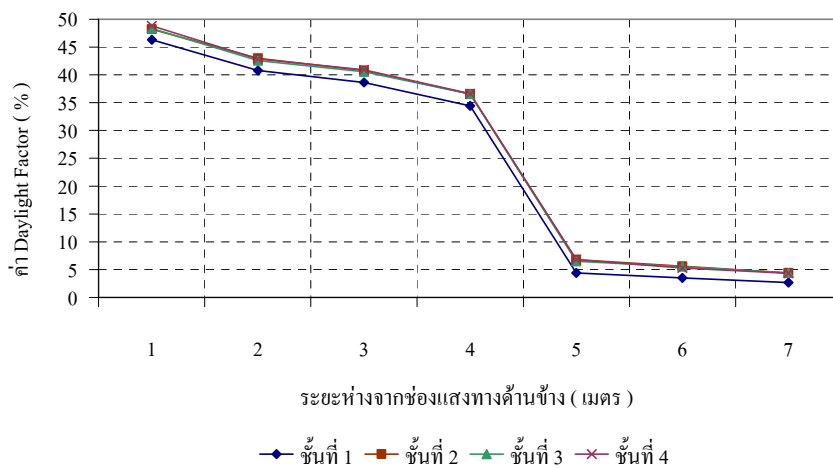
แผนภูมิที่ 131 เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



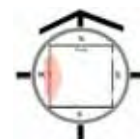
12.00 น.



14.00 น.



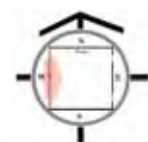
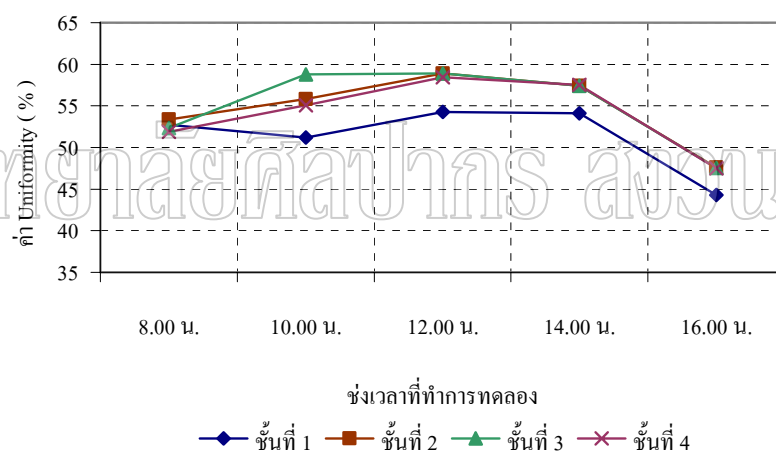
16.00 น.



แผนภูมิที่ 131 (ต่อ) เปรียบเทียบ ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนจำลองทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนจำลองทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน มีแนวโน้มของค่า Daylight Factor ที่ใกล้เคียงกัน ในเวลา 8.00 น. ระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้างเข้ามาตลอด 7 เมตร ค่า Daylight Factor ของห้องเรียนจำลองชั้นที่ 1- 4 มีค่า Daylight Factor ที่ใกล้เคียงกันมาก ส่วนค่า Daylight Factor ในเวลา 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. มีแนวโน้มของค่า Daylight Factor ที่ใกล้เคียงกัน โดยห้องเรียนจำลองชั้นที่ 1 มีค่า Daylight Factor ที่ต่ำสุด และ ห้องเรียนจำลองชั้นที่ 2 - 4 มีค่า Daylight Factor เกือบเท่าๆกัน และมีค่าที่สูงกว่าห้องเรียนจำลองชั้นที่ 1

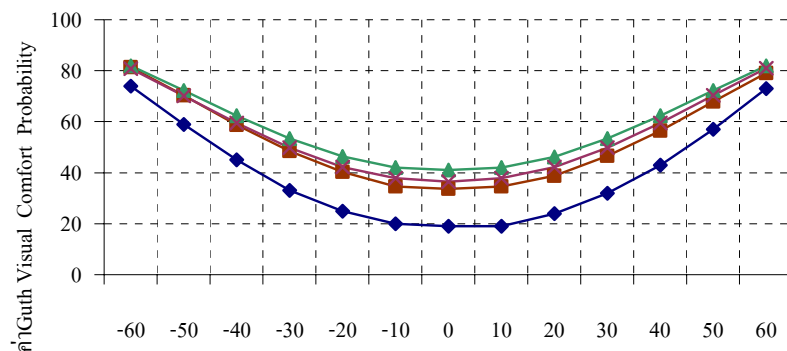
9.1.3.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ช่วงเวลาใน 1 วัน



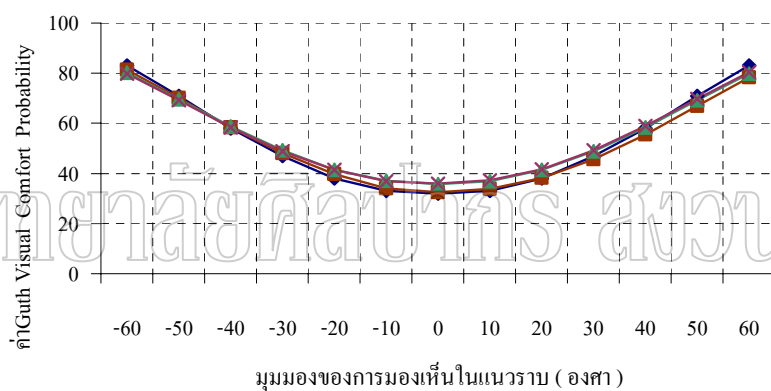
แผนภูมิที่ 132 เปรียบเทียบ ค่า Uniformity ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

ค่า Uniformity ของห้องเรียนจำลองทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน มีแนวโน้มของค่า Uniformity ที่ใกล้เคียงกันตั้งแต่ เวลา 8.00, 10.00, 12.00, 14.00 และ 16.00 น. โดยห้องเรียนจำลองชั้นที่ 1 มีค่า Uniformity ต่ำที่สุด ส่วนค่า Uniformity ของห้องเรียนจำลองชั้นที่ 2, 3 และ 4 มีค่า Uniformity ที่ใกล้เคียงกันและมีค่าสูงกว่าห้องเรียนจำลองในชั้นที่ 1

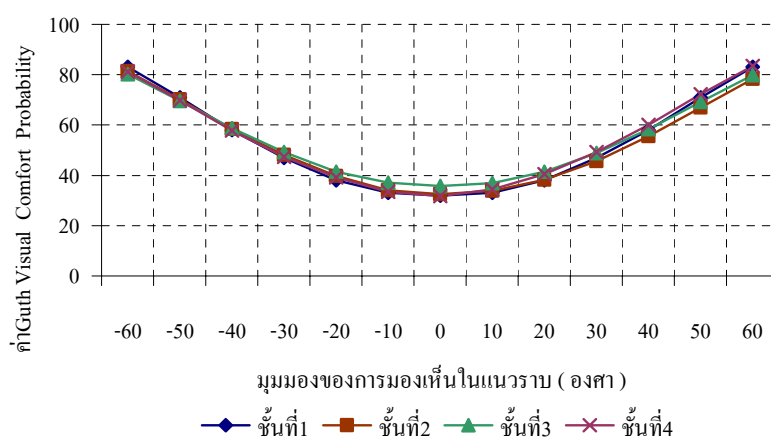
9.1.3.3 ผลการทดลองเปรียบเทียบค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare ของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้นโดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ช่วงเวลาใน 1 วัน



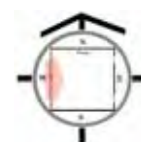
8.00 น.



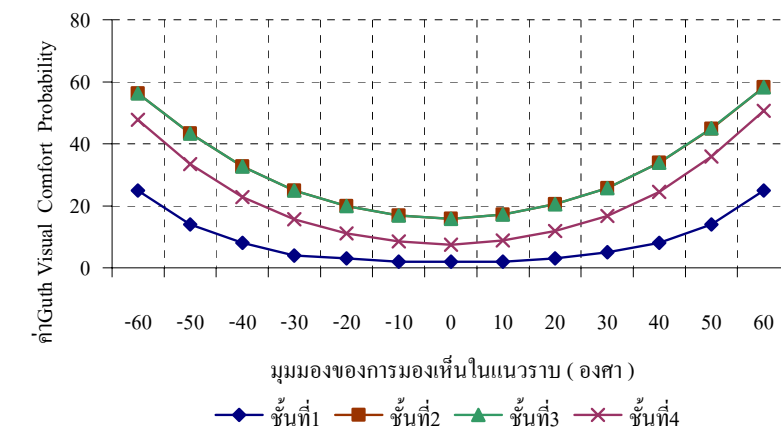
10.00 น.



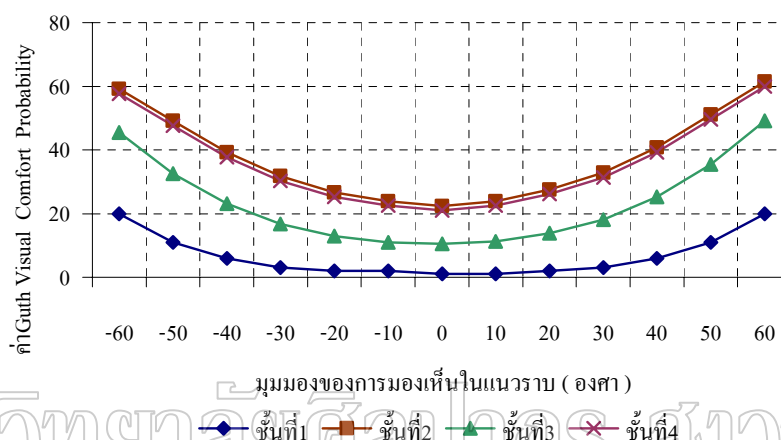
12.00 น.



แผนภูมิที่ 133 เปรียบเทียบ ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน



14.00 น.



16.00 น.



มหาวิทยาลัยศิลปากร ส่วนวนลิขสิทธิ์
 แผนภูมิที่ 133 (ต่อ) เปรียบเทียบ ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของ
 ห้องเรียนจำลอง ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4
 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน

ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของ
 ห้องเรียนจำลองทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4
 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ณ วันที่ 23 กันยายน มีความแตกต่างกัน คือ เวลา 8.00 น. ห้องเรียน
 จำลองชั้นที่ 1 มีค่าต่ำที่สุด ส่วนห้องเรียนจำลองชั้นที่ 2, 3 และ 4 มีใกล้เคียงกัน ส่วนในเวลา 10.00
 และ 12.00 น. ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของห้องเรียนจำลองชั้น
 ที่ 1 - 4 มีค่าใกล้เคียงกัน ส่วน ในเวลา 14.00 น. ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability
 (VCP) ของห้องเรียนจำลองชั้นที่ 1 มีค่าต่ำที่สุด ห้องเรียนจำลองชั้นที่ 4 มีค่าต่ำรองลงมา ส่วน
 ห้องเรียนจำลองชั้นที่ 2 และ 3 มีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าสูงกว่าห้องเรียนจำลองชั้นที่ 1 และ 4 มาก
 พอสมควร ส่วนในเวลา 16.00 น. ค่า Glare แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) ของ
 ห้องเรียนจำลองชั้นที่ 1 มีค่าต่ำที่สุด ห้องเรียนจำลองชั้นที่ 3 มีค่าต่ำรองลงมา ส่วนห้องเรียนจำลอง
 ชั้นที่ 2 และ 4 มีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าสูงกว่าห้องเรียนจำลองชั้นที่ 1 และ 3 มากพอสมควร

9.2 หลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองในหัวข้อ 9.1

9.2.1 หลักเกณฑ์ในการพิจารณาค่าแฟกเตอร์น้ำหนัก ตามลำดับความสำคัญใช้หลักเกณฑ์เดียวกันกับในหัวข้อ 7.1 ดังนี้

ตารางที่ 108 แสดงการพิจารณาค่าแฟกเตอร์น้ำหนัก ตามลำดับความสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง

หลักเกณฑ์การพิจารณา	ค่าแฟกเตอร์น้ำหนัก (Weighting Factor)
1. ค่า Daylight Factor	4
2. ค่า Uniformity of Illumination	2
3. ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare	3

9.2.2 การกำหนดการให้คะแนนของ ค่า Daylight Factor ค่า Uniformity of Illumination และ ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare

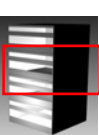
ใช้หลักเกณฑ์เดียวกันกับการกำหนดการให้คะแนนของ ค่า Daylight Factor ค่า Uniformity of Illumination และ ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare ในหัวข้อ 7.2

9.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองในหัวข้อ 9.1

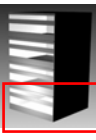
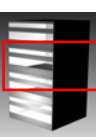
9.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก

9.3.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

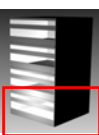
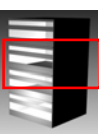
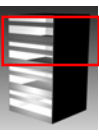
ตารางที่ 109 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก																			
ลำดับชั้นของห้องเรียน	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Daylight Factor (%)							คะแนนจากการพิจารณาค่า Daylight Factor (คะแนน)							รวม	คะแนนเฉลี่ย(เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF x M ₁)
			ระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง (ม.)																
			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7			
1	-	8.00น.	6.97	3.96	2.35	1.61	1.06	0.71	0.60	7	9	10	10	8	6	6	56	8.00	32.00
		10.00น.	5.18	2.99	1.83	1.21	0.80	0.61	0.47	8	9	10	8	7	6	5	53	7.58	30.32
		12.00น.	5.12	2.77	1.63	1.07	0.74	0.55	0.43	8	9	10	8	6	6	5	54	7.71	30.84
		14.00น.	16.67	8.90	5.25	3.35	2.27	1.56	1.33	5	5	8	9	10	10	9	56	8.00	32.00
		16.00น.	52.00	42.87	9.79	7.78	5.15	3.61	2.79	5	5	5	7	8	9	9	48	6.86	27.44
2	-	8.00น.	7.37	4.20	2.35	1.61	1.06	0.71	0.60	5	8	10	10	8	6	6	53	7.58	30.32
		10.00น.	5.43	3.09	1.92	1.28	0.90	0.68	0.52	8	9	10	9	7	6	6	55	7.86	31.44
		12.00น.	5.44	2.89	1.75	1.17	0.78	0.58	0.49	8	9	10	8	7	6	5	53	7.58	30.32
		14.00น.	17.42	10.34	6.52	4.46	3.12	2.29	1.64	5	5	7	8	9	10	10	54	7.71	30.84
		16.00น.	54.72	45.62	12.20	8.92	7.72	5.64	4.66	5	5	5	5	7	8	8	43	6.14	24.56
3	-	8.00น.	7.00	3.98	2.42	1.61	1.07	0.79	0.62	7	9	10	10	8	7	6	57	8.14	32.56
		10.00น.	5.13	2.93	1.82	1.26	0.80	0.61	0.49	8	9	10	9	7	6	5	54	7.71	30.84
		12.00น.	5.08	2.77	1.70	1.10	0.76	0.58	0.44	8	9	10	8	7	6	5	53	7.58	30.32
		14.00น.	16.50	9.83	6.23	4.22	2.89	1.92	1.50	5	5	7	8	9	10	10	54	7.71	30.84
		16.00น.	53.47	45.10	11.65	8.75	7.15	5.54	4.67	5	5	5	5	7	8	8	43	6.14	24.56
4	-	8.00น.	7.03	3.89	2.33	1.60	1.05	0.81	0.64	7	9	10	10	8	7	6	57	8.14	32.56
		10.00น.	5.20	2.93	1.84	1.26	0.87	0.60	0.51	8	9	10	9	7	6	6	55	7.86	31.44
		12.00น.	5.14	2.73	1.70	1.16	0.78	0.57	0.46	8	9	10	8	7	6	5	53	7.58	30.32
		14.00น.	16.49	9.66	6.15	4.16	2.87	1.97	1.55	5	5	7	8	9	10	10	54	7.71	30.84
		16.00น.	52.32	44.72	12.05	8.65	7.16	5.65	4.47	5	5	5	5	7	8	8	43	6.14	24.56

ตารางที่ 110 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

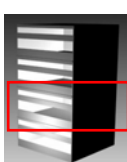
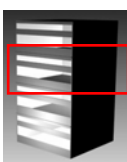
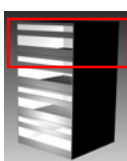
ห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก																			
ลำดับชั้นของห้องเรียน	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Daylight Factor (%)							คะแนนจากการพิจารณาค่า Daylight Factor (คะแนน)							รวม	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF x M _i)
			ระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง (ม.)																
			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7			
1	นอน	8.00น.	3.51	2.91	1.93	1.33	0.92	0.65	0.55	9	9	10	9	7	6	6	56	8.00	32.00
		10.00น.	2.73	2.33	1.59	1.05	0.75	0.54	0.45	9	9	10	8	6	6	5	53	7.58	30.32
		12.00น.	2.64	2.25	1.47	0.97	0.68	0.51	0.43	9	10	9	7	6	6	5	52	7.43	29.72
		14.00น.	6.76	6.25	4.19	2.73	1.80	1.28	1.10	7	7	8	9	10	9	8	58	8.29	33.16
		16.00น.	39.12	29.53	7.61	4.84	4.83	3.10	2.54	5	5	7	8	8	9	9	51	7.29	29.16
2	นอน	8.00น.	3.55	3.05	2.11	1.44	1.00	0.81	0.62	9	9	10	9	7	6	6	56	8.00	32.00
		10.00น.	2.66	2.26	1.66	1.17	0.83	0.61	0.50	9	10	10	8	7	6	5	55	7.86	31.44
		12.00น.	2.52	2.28	1.53	1.04	0.78	0.55	0.45	9	10	10	8	7	6	5	55	7.86	31.44
		14.00น.	7.07	6.86	4.82	3.34	2.29	1.75	1.30	7	7	8	9	9	10	9	59	8.43	33.72
		16.00น.	40.46	11.21	9.30	5.37	5.63	4.55	3.93	5	5	5	8	8	8	9	48	6.86	27.44
3	นอน	8.00น.	3.41	2.93	2.14	1.40	0.93	0.72	0.59	9	9	10	9	7	6	6	56	8.00	32.00
		10.00น.	2.60	2.23	1.63	1.07	0.74	0.56	0.47	9	10	10	8	6	6	5	54	7.71	30.84
		12.00น.	2.59	2.27	1.53	1.04	0.78	0.55	0.45	9	10	10	8	7	6	5	55	7.86	31.44
		14.00น.	7.05	6.73	4.62	3.14	2.08	1.54	1.23	7	7	8	9	10	10	8	59	8.43	33.72
		16.00น.	39.98	10.72	9.06	5.24	5.42	4.40	3.70	5	5	5	8	8	8	9	48	6.86	27.44
4	นอน	8.00น.	3.86	3.00	2.07	1.41	1.00	0.74	0.60	9	9	10	9	7	6	6	56	8.00	32.00
		10.00น.	3.12	2.39	1.66	1.14	0.80	0.59	0.47	9	10	10	8	7	6	5	55	7.86	31.44
		12.00น.	3.45	2.42	1.57	1.05	0.74	0.55	0.46	9	10	10	8	6	6	5	54	7.71	30.84
		14.00น.	7.96	6.82	4.59	3.13	2.29	1.53	1.24	7	7	8	9	10	10	8	59	8.43	33.72
		16.00น.	40.64	11.06	8.66	5.61	5.23	4.22	3.74	5	5	5	8	8	8	9	48	6.86	27.44

ตารางที่ 111 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Daylight Factor จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

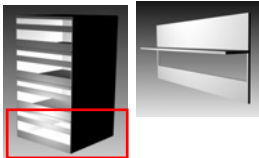
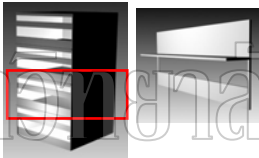
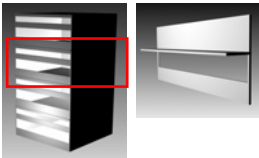
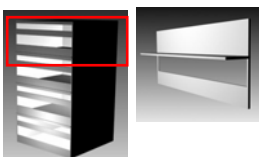
ห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก																			
ลำดับชั้นของห้องเรียน	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	ค่า Daylight Factor (%)							คะแนนจากการพิจารณาค่า Daylight Factor (คะแนน)							รวม	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF x M _i)
			ระยะห่างจากช่องแสงทางด้านข้าง (ม.)																
			1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7			
1	ตั้ง	8.00น.	4.79	3.18	2.10	1.42	0.94	0.65	0.53	9	9	10	9	7	6	6	56	8.00	32.00
		10.00น.	3.70	2.32	1.55	1.04	0.70	0.50	0.41	9	10	10	8	6	6	5	54	7.71	30.84
		12.00น.	4.20	2.39	1.40	0.94	0.66	0.50	0.36	8	10	9	7	6	5	5	50	7.14	28.56
		14.00น.	14.19	8.52	5.26	3.39	2.25	1.62	1.26	5	5	8	9	10	10	9	56	8.00	32.00
		16.00น.	46.31	40.78	38.67	34.44	4.40	3.52	2.67	5	5	5	5	8	9	9	46	6.57	26.28
2	ตั้ง	8.00น.	4.84	3.35	2.03	1.41	0.95	0.70	0.57	8	9	10	9	7	6	6	55	7.86	31.44
		10.00น.	4.13	2.51	1.53	1.00	0.67	0.52	0.42	9	10	10	7	6	6	5	53	7.57	30.28
		12.00น.	3.45	2.37	1.84	1.35	0.95	0.73	0.61	9	10	10	9	7	6	6	57	8.14	32.56
		14.00น.	15.07	10.09	6.25	4.29	3.02	2.05	1.63	5	5	7	8	9	10	10	54	7.71	30.84
		16.00น.	48.23	42.96	40.77	36.56	6.77	5.57	4.42	5	5	5	5	7	8	8	43	6.14	24.56
3	ตั้ง	8.00น.	5.62	3.25	1.97	1.25	0.88	0.66	0.51	8	9	10	8	7	6	6	54	7.71	30.84
		10.00น.	3.46	2.53	1.88	1.39	0.99	0.72	0.59	9	9	10	9	7	6	6	56	8.00	32.00
		12.00น.	3.50	2.48	1.82	1.38	0.96	0.71	0.58	9	10	10	9	7	6	6	57	8.14	32.56
		14.00น.	15.04	9.83	6.49	4.33	2.87	2.15	1.72	5	5	7	8	9	10	10	54	7.71	30.84
		16.00น.	48.33	42.59	40.57	36.58	6.50	5.54	4.43	5	5	5	5	7	8	8	43	6.14	24.56
4	ตั้ง	8.00น.	5.34	3.36	1.93	1.33	0.96	0.64	0.55	8	9	10	9	7	6	6	55	7.86	31.44
		10.00น.	3.59	2.58	1.94	1.40	0.98	0.78	0.61	9	9	10	9	7	6	6	56	8.00	32.00
		12.00น.	3.80	2.62	1.96	1.42	1.00	0.74	0.63	9	10	10	9	7	6	6	57	8.14	32.56
		14.00น.	15.58	9.72	6.31	4.30	2.88	2.13	1.62	5	5	7	8	9	10	10	54	7.71	30.84
		16.00น.	48.83	42.88	40.90	36.63	6.79	5.30	4.33	5	5	5	5	7	8	8	43	6.14	24.56

9.3.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

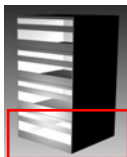
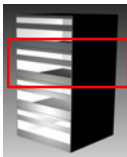
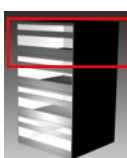
ตารางที่ 112 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก					
ลำดับชั้นของ ห้องเรียน	รูปแบบของ อุปกรณ์บังแดด	เวลาของ การทดลอง	ค่า Uniformity of Illumination(%)	คะแนนจากการพิจารณาค่า Uniformity of Illumination (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)
1	-	8.00น.	50.95	6	12
		10.00น.	51.33	6	12
		12.00น.	50.18	6	12
		14.00น.	50.00	5	10
		16.00น.	44.73	5	10
2	-	8.00น.	51.55	6	12
		10.00น.	52.31	6	12
		12.00น.	50.95	6	12
		14.00น.	52.01	6	12
		16.00น.	47.72	5	10
3	-	8.00น.	51.13	6	12
		10.00น.	51.92	6	12
		12.00น.	50.81	6	12
		14.00น.	51.92	6	12
		16.00น.	47.31	5	10
4	-	8.00น.	53.35	6	12
		10.00น.	51.79	6	12
		12.00น.	50.67	6	12
		14.00น.	52.41	6	12
		16.00น.	47.54	5	10

ตารางที่ 113 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของห้องเรียน
จำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก
โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก					
ลำดับชั้นของ ห้องเรียน	รูปแบบของ อุปกรณ์บังแดด	เวลาของ การทดลอง	ค่า Uniformity of Illumination(%)	คะแนนจากการพิจารณาค่า Uniformity of Illumination (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)
1		นอน			
		8.00น.	58.68	6	12
		10.00น.	59.17	6	12
		12.00น.	58.32	6	12
		14.00น.	58.34	6	12
		16.00น.	45.09	5	10
2		นอน			
		8.00น.	60.08	6	12
		10.00น.	60.96	6	12
		12.00น.	60.07	6	12
		14.00น.	60.07	6	12
		16.00น.	47.59	5	10
3		นอน			
		8.00น.	59.96	6	12
		10.00น.	59.94	6	12
		12.00น.	59.45	6	12
		14.00น.	59.96	6	12
		16.00น.	47.50	5	10
4		นอน			
		8.00น.	58.48	6	12
		10.00น.	57.96	6	12
		12.00น.	56.28	6	12
		14.00น.	58.48	6	12
		16.00น.	47.60	5	10

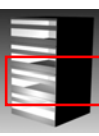
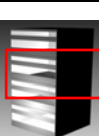
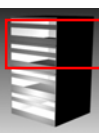
ตารางที่ 114 แสดง การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Uniformity of Illumination จากผลการทดลองของ ห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก					
ลำดับชั้นของ ห้องเรียน	รูปแบบของ อุปกรณ์บังแดด	เวลาของ การทดลอง	ค่า Uniformity of Illumination (%)	คะแนนจากการพิจารณา ค่า Uniformity of Illumination (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)
1	ตั้ง	8.00น.	52.75	6	12
 		10.00น.	51.19	6	12
		12.00น.	54.29	6	12
		14.00น.	54.12	6	12
		16.00น.	44.31	5	10
2	ตั้ง	8.00น.	53.38	6	12
 		10.00น.	55.83	6	12
		12.00น.	58.90	6	12
		14.00น.	57.41	6	12
		16.00น.	47.58	5	10
3	ตั้ง	8.00น.	52.31	6	12
 		10.00น.	58.79	6	12
		12.00น.	58.90	6	12
		14.00น.	57.39	6	12
		16.00น.	47.56	5	10
4	ตั้ง	8.00น.	51.88	6	12
 		10.00น.	55.06	6	12
		12.00น.	58.45	6	12
		14.00น.	57.50	6	12
		16.00น.	47.51	5	10

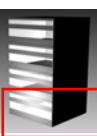
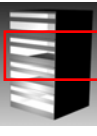
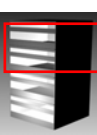
9.3.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ค่า Guth Visual Comfort Probability จากผลการทดลองของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทาง

ด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบ
ช่วงเวลาใน 1 วัน

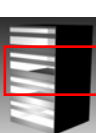
ตารางที่ 115 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability จากผลการทดลองของ
ห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่
ทางทิศตะวันตก โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก																			
ลำดับชั้นของห้องเรียน	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการพิจารณาค่า Guth Visual Comfort Probability (คะแนน)														รวม	คะแนนเฉลี่ย(เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)
			ตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นในแนวราบ																
			-60°	-50°	-40°	-30°	-20°	-10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°				
1	-	8.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	9.00	10.00	83.00	6.38	19.14	
		10.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	3.75	3.75	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	74.25	5.42	16.26	
		12.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	9.00	10.00	83.00	6.38	19.14	
		14.00น.	7.50	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	45.00	3.46	10.38	
		16.00น.	7.50	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	5.00	7.50	46.25	3.56	10.68	
2	-	8.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	6.25	9.00	10.00	91.75	7.06	21.28	
		10.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	9.00	10.00	79.25	6.10	18.30		
		12.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	79.25	6.10	18.30	
		14.00น.	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	47.50	3.65	10.95	
		16.00น.	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	47.50	3.65	10.95	
3	-	8.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	6.25	9.00	10.00	81.75	6.29	18.87	
		10.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	9.00	10.00	79.25	6.10	18.30		
		12.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	3.75	5.00	5.00	5.00	7.50	9.00	10.00	88.00	6.77	20.31	
		14.00น.	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	47.50	3.65	10.95	
		16.00น.	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	47.50	3.65	10.95	
4	-	8.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	7.50	9.00	10.00	83.00	6.38	19.14	
		10.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	6.25	9.00	10.00	81.75	6.29	18.87	
		12.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	3.75	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	89.25	6.87	20.61	
		14.00น.	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	47.50	3.65	10.95	
		16.00น.	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	47.50	3.65	10.95	

ตารางที่ 116 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability จากผลการทดลองของ
ห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศ
ตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก																			
ลำดับชั้นของห้องเรียน	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการพิจารณา Guth Visual Comfort Probability (คะแนน)													รวม	คะแนนเฉลี่ย (เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)	
			ตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นในแนวราบ																
			- 60°	- 50°	- 40°	- 30°	- 20°	- 10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°				
1	นอน	8.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	9.00	10.00	83.00	6.38	19.14	
		10.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	3.75	3.75	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	74.25	5.42	16.26	
		12.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	9.00	10.00	83.00	6.38	19.14	
		14.00น.	7.50	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	45.00	3.46	10.38	
		16.00น.	7.50	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	5.00	7.50	46.25	3.56	10.68	
2	นอน	8.00น.	9.00	9.00	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	6.25	9.00	9.00	79.75	6.13	18.39	
		10.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	95.50	6.10	18.30	
		12.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	86.75	6.67	20.01	
		14.00น.	7.50	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	57.50	4.42	13.26	
		16.00น.	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	43.75	3.37	10.11	
3	นอน	8.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	6.25	9.00	10.00	81.75	6.29	18.87	
		10.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	9.00	10.00	79.25	6.10	18.30	
		12.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	5.00	9.00	10.00	80.25	6.17	18.51	
		14.00น.	7.50	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	57.50	4.42	13.26	
		16.00น.	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	5.00	7.50	45.00	3.46	10.38	
4	นอน	8.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	5.00	5.00	7.50	9.00	10.00	83.00	6.38	19.14	
		10.00น.	10.00	9.00	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	9.00	10.00	79.25	6.10	18.30	
		12.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	86.75	6.67	20.01
		14.00น.	7.50	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	57.50	4.42	13.26	
		16.00น.	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	43.75	3.37	10.11	

ตารางที่ 117 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลค่า Guth Visual Comfort Probability จากผลการทดลองของ
ห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทาง
ทิศตะวันตก โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน

ห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก																		
ลำดับชั้นของห้องเรียน	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการพิจารณาค่า Guth Visual Comfort Probability (คะแนน)													รวม	คะแนนเฉลี่ย(เต็ม 10 คะแนน)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)
			ตำแหน่งมุมมองของการมองเห็นในแนวราบ															
			- 60°	- 50°	- 40°	- 30°	- 20°	-10°	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°			
1		8.00น.	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	9.00	10.00	83.00	6.38	19.14
10.00น.		10.00	9.00	6.25	5.00	3.75	3.75	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	76.75	5.90	17.70	
12.00น.		10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	9.00	10.00	83.00	6.38	19.14	
14.00น.		7.50	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	45.00	3.46	10.38	
16.00น.		7.50	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	5.00	7.50	46.25	3.56	10.68	
2		8.00น.	10.00	10.00	7.50	6.25	6.25	5.00	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	92.75	7.13	21.39
10.00น.		10.00	10.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	91.50	7.04	21.12	
12.00น.		10.00	10.00	9.00	7.50	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	7.50	10.00	10.00	95.25	7.33	22.00	
14.00น.		7.50	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	58.75	4.52	13.56	
16.00น.		7.50	6.25	5.00	5.00	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	9.00	70.25	5.40	16.20	
3		8.00น.	10.00	10.00	9.00	7.50	6.25	6.25	6.25	6.25	6.25	7.50	9.00	10.00	10.00	104.2	8.02	24.06
10.00น.		10.00	9.00	7.50	6.25	6.25	5.00	5.00	5.00	6.25	6.25	7.50	9.00	10.00	93.00	7.15	21.45	
12.00น.		10.00	10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	10.00	93.00	7.15	21.45	
14.00น.		7.50	6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	3.75	5.00	6.25	7.50	58.75	4.52	13.56	
16.00น.		6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	47.50	3.65	10.95	
4		8.00น.	10.00	10.00	7.50	6.25	6.25	5.00	5.00	5.00	6.25	6.25	7.50	10.00	10.00	95.00	7.31	21.93
10.00น.		10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	5.00	6.25	6.25	7.50	9.00	10.00	91.75	7.04	21.12	
12.00น.		10.00	9.00	7.50	6.25	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	6.25	7.50	9.00	10.00	90.50	6.96	20.88	
14.00น.		6.25	5.00	3.75	2.50	2.50	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	3.75	5.00	6.25	43.50	3.37	10.11	
16.00น.		7.50	6.25	5.00	5.00	3.75	1.25	1.25	1.25	1.25	5.00	5.00	6.25	7.50	56.25	4.32	12.96	

9.4 การพิจารณาวิเคราะห์เกณฑ์การให้คะแนนจากผลการทดลองในหัวข้อ 9.1

เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทั้งหมดของกรณีของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้นที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก โดยมีรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีการเปรียบเทียบช่วงเวลาใน 1 วัน จึงรวมคะแนนทั้ง 3 ส่วน เพื่อทำการเปรียบเทียบว่า ห้องเรียนในชั้นที่ 1 กับห้องเรียนในชั้นที่ 2 , 3 และ 4 ให้ค่าของคะแนนตามเกณฑ์การพิจารณา และ ค่าของคะแนนเมื่อเปรียบเทียบกับในแต่ละชั้นของห้องเรียนมีแนวโน้มที่ต่างหรือเหมือนกันกับห้องเรียนในชั้นที่ 1 ที่ได้ทำการศึกษาทดลองไปแล้ว

ตารางที่ 118 แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก

ห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก										
ลำดับชั้นของห้องเรียน	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนนเฉลี่ย ใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการ แสดงผลค่า Glare		คะแนน เฉลี่ยใน 1 ช่วงเวลา (เต็ม 10)	
			คะแนน เฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม ($WF_1 \times M_1$)	คะแนน เฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม ($WF_2 \times M_2$)	คะแนน เฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม ($WF_3 \times M_3$)		
1	-	8.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	6.38	19.14	7.02	6.32
		10.00 น.	7.58	30.32	6	12.00	5.42	16.26	6.51	
		12.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	6.38	19.14	6.89	
		14.00 น.	8.00	32.00	5	10.00	3.46	10.38	5.82	
		16.00 น.	6.86	27.44	5	10.00	3.56	10.68	5.35	
2	-	8.00 น.	7.58	30.32	6	12.00	7.06	21.28	7.07	6.34
		10.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	6.10	18.30	6.86	
		12.00 น.	7.58	30.32	6	12.00	6.10	18.30	6.74	
		14.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	3.65	10.95	5.98	
		16.00 น.	6.14	24.56	5	10.00	3.65	10.95	5.06	
3	-	8.00 น.	8.14	32.56	6	12.00	6.29	18.87	7.05	6.37
		10.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	6.10	18.30	6.79	
		12.00 น.	7.58	30.32	6	12.00	6.77	20.31	6.96	
		14.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	3.65	10.95	5.98	
		16.00 น.	6.14	24.56	5	10.00	3.65	10.95	5.06	

ตารางที่ 118 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก

ห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก										
ลำดับชั้นของห้องเรียน	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนนเฉลี่ย ใน 1 วัน (เติม 10 คะแนน)
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการ แสดงผลค่า Glare		คะแนน เฉลี่ยใน 1 ช่วงเวลา (เติม 10)	
			คะแนน เฉลี่ย (เติม10)	คะแนนรวม (WF ₁ x M ₁)	คะแนน เฉลี่ย (เติม10)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)	คะแนน เฉลี่ย (เติม 10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)		
4	-	8.00 น.	8.14	32.56	6	12.00	6.38	19.14	6.86	6.38
		10.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	6.29	18.87	6.92	
		12.00 น.	7.58	30.32	6	12.00	6.87	20.61	7.00	
		14.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	3.65	10.95	5.98	
		16.00 น.	6.14	24.56	5	10.00	3.65	10.95	5.06	
1	นอน	8.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	6.38	19.14	7.02	6.40
		10.00 น.	7.58	30.32	6	12.00	5.42	16.26	6.51	
		12.00 น.	7.43	29.72	6	12.00	6.38	19.14	6.76	
		14.00 น.	8.29	33.16	6	12.00	3.46	10.38	6.17	
		16.00 น.	7.29	29.16	5	10.00	3.56	10.68	5.54	
2	นอน	8.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	6.13	18.39	6.93	6.49
		10.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	6.10	18.30	6.86	
		12.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	6.67	20.01	7.05	
		14.00 น.	8.43	33.72	6	12.00	4.42	13.26	6.55	
		16.00 น.	6.86	27.44	5	10.00	3.37	10.11	5.28	
3	นอน	8.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	6.29	19.14	7.02	6.51
		10.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	6.10	18.30	6.57	
		12.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	6.17	20.01	7.05	
		14.00 น.	8.43	33.72	6	12.00	4.42	13.26	6.55	
		16.00 น.	6.86	27.44	5	10.00	3.46	10.11	5.28	

ตารางที่ 118 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก

ห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก										
ลำดับชั้นของห้องเรียน	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนนเฉลี่ย ใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการ แสดงผลค่า Glare		คะแนน เฉลี่ยใน 1	
			คะแนน เฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม ($WF_1 \times M_1$)	คะแนน เฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม ($WF_2 \times M_2$)	คะแนน เฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม ($WF_3 \times M_3$)	ช่วงเวลา (เต็ม 10)	
4	นอน	8.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	6.38	19.14	7.02	6.54
		10.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	6.10	18.30	6.86	
		12.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	6.67	20.01	6.98	
		14.00 น.	8.43	33.72	6	10.00	4.42	13.26	6.33	
		16.00 น.	6.86	27.44	5	12.00	3.37	10.11	5.51	
1	ตั้ง	8.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	6.38	19.14	7.02	6.34
		10.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	5.90	17.70	6.73	
		12.00 น.	7.14	28.56	6	12.00	6.38	19.14	6.63	
		14.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	3.46	10.38	6.04	
		16.00 น.	6.57	26.28	5	10.00	3.56	10.68	5.22	
2	ตั้ง	8.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	7.13	21.39	7.20	6.47
		10.00 น.	7.57	30.28	6	12.00	7.04	21.12	7.04	
		12.00 น.	8.14	32.56	6	12.00	7.33	22.00	7.40	
		14.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	4.52	13.56	6.27	
		16.00 น.	6.14	24.56	5	10.00	5.40	16.20	5.64	
3	ตั้ง	8.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	8.02	24.06	7.23	6.49
		10.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	7.15	21.45	7.14	
		12.00 น.	8.14	32.56	6	12.00	7.15	21.45	7.13	
		14.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	4.52	13.56	6.02	
		16.00 น.	6.14	24.56	5	10.00	3.65	10.95	5.01	

ตารางที่ 118 (ต่อ) แสดงการวิเคราะห์ข้อมูลในการรวมคะแนนของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก

ห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก										
ลำดับชั้นของห้องเรียน	รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด	เวลาของการทดลอง	คะแนนจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา							คะแนนเฉลี่ย ใน 1 วัน (เต็ม 10 คะแนน)
			ค่า Daylight Factor		ค่า Uniformity of Illumination		ค่า VCP ในการ แสดงผลค่า Glare		คะแนน เฉลี่ยใน 1	
			คะแนน เฉลี่ย (เต็ม 10)	คะแนนรวม (WF ₁ x M ₁)	คะแนน เฉลี่ย (เต็ม10)	คะแนนรวม (WF ₂ x M ₂)	คะแนน เฉลี่ย (เต็ม10)	คะแนนรวม (WF ₃ x M ₃)	ช่วงเวลา (เต็ม 10)	
4	ตั้ง	8.00 น.	7.86	31.44	6	12.00	7.31	21.93	7.26	6.50
		10.00 น.	8.00	32.00	6	12.00	7.04	21.12	7.24	
		12.00 น.	8.14	32.56	6	12.00	6.96	20.88	7.27	
		14.00 น.	7.71	30.84	6	12.00	3.37	10.11	5.47	
		16.00 น.	6.14	24.56	5	10.00	4.32	12.96	5.25	

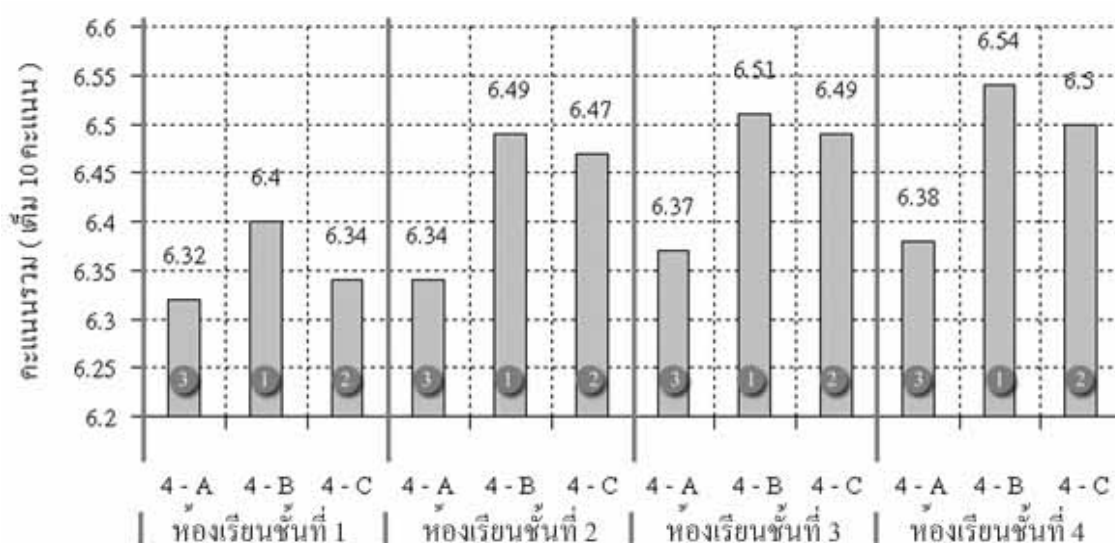
กรณีห้องเรียนจำลองที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ทั้ง 4 ชั้น และรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ได้นำข้อมูลค่าคะแนนจากการวิเคราะห์นำมาเปรียบเทียบกัน โดยแบ่งเป็นการวิเคราะห์ ดังนี้

9.4.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ในชั้นที่ 2 , 3 และ 4 และรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก เพื่อพิจารณาว่าห้องเรียนจำลองที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ในชั้นที่ 2 และรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบใดให้ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมดีที่สุด

โดยกำหนดให้มีการใช้สัญลักษณ์ในการเปรียบเทียบ คือ แบบ 4 – x หมายถึง ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 – รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด

แบบ 4 คือ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4

x คือ รูปแบบของอุปกรณ์บังแดด โดย A หมายถึง ไม่มีอุปกรณ์บังแดด , B หมายถึง มีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน และ C หมายถึง มีอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง



แผนภูมิที่ 134 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ในชั้นที่ 2, 3 และ 4 และรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันตก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

จากแผนภูมิที่ 134 เปรียบเทียบค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ในชั้นที่ 2, 3 และ 4 และรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่าง ๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันตก ณ วันที่ 23 กันยายน จะเห็นว่า ในทุกๆ ชั้น ของ การศึกษาทดลองในครั้งนี้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน มีค่า คะแนนรวมดีที่สุด แสดงว่ามีประสิทธิภาพในการส่องสว่างได้ดีที่สุด ซึ่งให้ข้อสรุปที่เหมือนกับการทดลองในบทที่ 4 ที่ทำการศึกษาดูทดลองกับลักษณะห้องเรียนจำลองแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันตก ณ วันที่ 23 กันยายน ให้ผลของ ประสิทธิภาพในการส่องสว่างได้ดีที่สุด

และจากการเปรียบเทียบในแต่ละชั้นจะเห็นว่า ห้องเรียนจำลองที่มี ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ชั้นที่ 1 – 4 มีประสิทธิภาพในการส่องสว่างที่ใกล้เคียงกัน คือ มีค่า คะแนนรวมอยู่ในช่วง 6.32 - 6.74 คะแนน แต่ในชั้นที่ 4 มีประสิทธิภาพในการส่องสว่างได้ดีที่สุด

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

1. บทสรุป

1.1 รูปแบบของช่องแสงทางด้านข้างที่เหมาะสม ที่ทำให้ภายในห้องเรียนมีระดับความส่องสว่างของแสง ลักษณะการกระจายแสงมีความสม่ำเสมอดีที่สุด และมีสภาวะแสงบาดตามารบกวนน้อยที่สุด

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ศึกษาตำแหน่งของช่องแสงเหนือหน้าต่าง โดยห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงทั้ง 4 แบบมีลักษณะตำแหน่งของช่องเปิดที่เหมือนกัน แต่มีลักษณะของช่องแสงเหนือหน้าต่างที่แตกต่างกัน โดยเกณฑ์การพิจารณาคำนี้ถึง ค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียน ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง และค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare

สรุปรูปแบบของลักษณะช่องแสงที่เหมาะสมกับทิศต่างๆทั้ง 4 ทิศของห้องเรียน ดังนี้

1.1.1 ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก

ทิศตะวันตกเป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลจากการโคจรของดวงอาทิตย์มากในช่วงเวลา 12.00 – 16.00 น. ซึ่งสามารถวิเคราะห์ตามเกณฑ์การพิจารณาได้ดังนี้

1.1.1.1 ค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียน

ค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์ของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีปริมาณเพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 3 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง ส่วนห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 4 มีปริมาณเพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง แต่ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ให้ค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์ที่เหมาะสมมากที่สุด

1.1.1.2 ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างภายในห้องเรียน

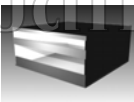
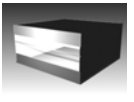
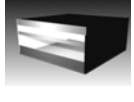
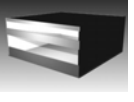
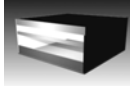
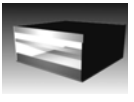
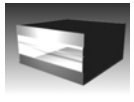
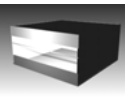
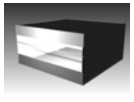
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างดีที่สุด ส่วนห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 และ 3 มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างรองลงมาตามลำดับ

1.1.1.3 ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare

ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare ของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดมากที่สุด ส่วนห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 และ 3 มีค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare รองลงมาตามลำดับ

สรุปได้ว่า ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ให้แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องเรียนมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพดีที่สุด ส่วนห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ให้แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องเรียนมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 4

ตารางที่ 119 แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

ลำดับที่	การวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา			
	ค่า Daylight Factor	ค่า Uniformity	ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare	ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม
1				
	แบบ 4	แบบ 4	แบบ 2	แบบ 4
				
2	แบบ 3	แบบ 2	แบบ 4	แบบ 2
				
3	แบบ 2	แบบ 3	แบบ 3	แบบ 3

1.1.2 ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก

ทิศตะวันออกเป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลจากการโคจรของดวงอาทิตย์มากในช่วงเวลา 8.00 – 12.00 น. ซึ่งสามารถวิเคราะห์ตามเกณฑ์การพิจารณาได้ดังนี้

1.1.2.1 ค่าเดย์ไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียน

ค่าเดย์ไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีปริมาณเพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 - 3 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง ส่วนห้องเรียนที่มี

ลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 , 3 และ 4 มีปริมาณเพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง แต่ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่เหมาะสมมากที่สุด

1.1.2.2 ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างภายในห้องเรียน

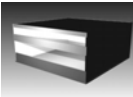
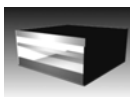
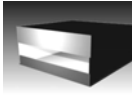
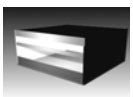
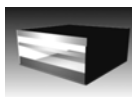
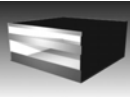
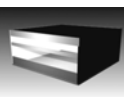
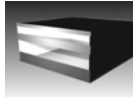
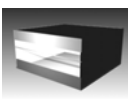
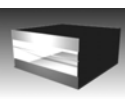
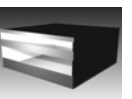
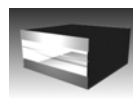
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างดีที่สุดและให้ค่าที่ใกล้เคียงกันกับลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 และ 4

1.1.2.3 ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare

ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare ของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดมากที่สุด ส่วนห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 และ 4 มีค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare รองลงมาตามลำดับ

สรุปได้ว่า ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 ให้แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องเรียนมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพดีที่สุด ส่วนห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ให้แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องเรียนมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 , 3 และ 4

ตารางที่ 120 แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

ลำดับที่	การวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา			
	ค่า Daylight Factor	ค่า Uniformity	ค่า VCPในการแสดงผลค่า Glare	ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม
1	 แบบ 4	 แบบ 2	 แบบ 1	 แบบ 2
2	 แบบ 2	 แบบ 4	 แบบ 2	 แบบ 4
3	 แบบ 3	 แบบ 3	 แบบ 4	 แบบ 3

1.1.3 ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ

ทิศเหนือเป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลจากการโคจรของดวงอาทิตย์น้อย ซึ่งสามารถวิเคราะห์ตามเกณฑ์การพิจารณาได้ดังนี้

1.1.3.1 ค่าเดย์ไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียน

ค่าเดย์ไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีปริมาณเพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 - 3 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง ส่วนห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 , 3 และ 4 มีปริมาณเพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 ม. จากช่องแสงทางด้านข้าง แต่ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ให้ค่าเดย์ไลท์แฟกเตอร์ที่เหมาะสมมากที่สุด

1.1.3.2 ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างภายในห้องเรียน

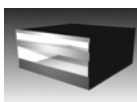
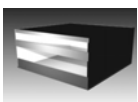
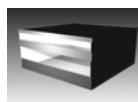
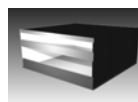
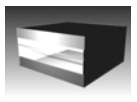
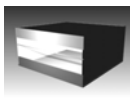
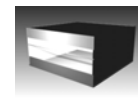
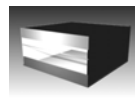
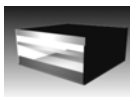
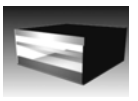
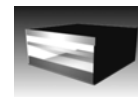
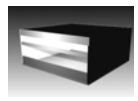
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างดีที่สุด ส่วนห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 และ 2 มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างรองลงมาตามลำดับ

1.1.3.3 ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare

ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare ของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดมากที่สุด ส่วนห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 3 และ 2 มีค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare รองลงมาตามลำดับ

สรุปได้ว่า ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ให้แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องเรียนมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพดีที่สุด ส่วนห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ให้แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องเรียนมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะช่องแสงแบบที่ 2, 3 และ 4

ตารางที่ 121 แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

ลำดับที่	การวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา			
	ค่า Daylight Factor	ค่า Uniformity	ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare	ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม
1	 แบบ 4	 แบบ 4	 แบบ 4	 แบบ 4
2	 แบบ 3	 แบบ 3	 แบบ 3	 แบบ 3
3	 แบบ 2	 แบบ 2	 แบบ 2	 แบบ 2

1.1.4 ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้

ทิศใต้เป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลจากการโคจรของดวงอาทิตย์พอสมควร ซึ่งสามารถวิเคราะห์ตามเกณฑ์การพิจารณาได้ดังนี้

1.1.4.1 ค่าเดย์ไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียน

ค่าเดย์ไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 มีปริมาณเพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 2 - 3 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง ส่วนห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 และ 3 เมตร มีปริมาณเพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 4 เมตร และห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีปริมาณเพียงพอในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 เมตร จากช่องแสงทางด้านข้าง และลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ให้ค่าเดย์ไลท์แฟกเตอร์ที่เหมาะสมมากที่สุด

1.1.4.2 ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างภายในห้องเรียน

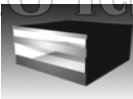
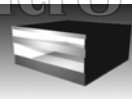
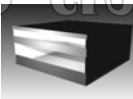
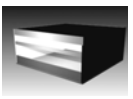
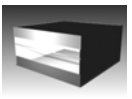
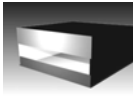
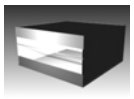
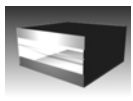
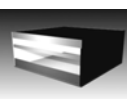
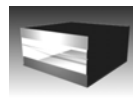
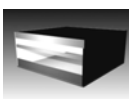
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างดีที่สุด ส่วนห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 และ 3 มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างรองลงมาตามลำดับ

1.1.4.3 ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare

ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare ของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดมากที่สุด ส่วนห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 และ 3 มีค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare รองลงมาตามลำดับ

สรุปได้ว่า ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ให้แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องเรียนมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพดีที่สุด ส่วนห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ให้แสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องเรียนมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะช่องแสงแบบที่ 2 , 3 และ 4

ตารางที่ 122 แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

ลำดับที่	การวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา			
	ค่า Daylight Factor	ค่า Uniformity	ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare	ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม
1	 แบบ 4	 แบบ 4	 แบบ 4	 แบบ 4
2	 แบบ 2	 แบบ 3	 แบบ 1	 แบบ 3
3	 แบบ 3	 แบบ 2	 แบบ 3	 แบบ 2

1.2 รูปแบบอุปกรณ์บังแดดและช่องแสงทางด้านข้าง ที่มีความเหมาะสมและสัมพันธ์กับทิศทางต่างๆของห้องเรียน รวมถึงให้ค่าระดับความส่องสว่างของแสง ลักษณะการกระจายแสงมีความสม่ำเสมอที่สุดและมีสถานะแสงบาดตามารบกวนน้อยที่สุด ซึ่งจะเหมาะสมกับลักษณะของห้องเรียน

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้แบ่งตามลักษณะการวางตัวของอุปกรณ์บังแดด (กนกวรรณ อุสันโน 2539 : 52) ออกเป็น

แบบ A คือไม่มีอุปกรณ์บังแดด

แบบ B คืออุปกรณ์บังแดดในแนวนอน (Horizontal Shading Devices)

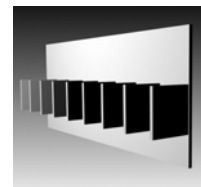
แบบ C คืออุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง (Vertical Shading Devices)



แบบ A



แบบ B



แบบ C

ภาพที่ 135 ลักษณะอุปกรณ์บังแดดทั้ง 3 แบบที่ทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

ในการพิจารณาแสงธรรมชาติเข้ามาภายในห้องเรียนที่มีความเหมาะสม และมีประสิทธิภาพดีที่สุด มีเกณฑ์การพิจารณาเช่นเดียวกับการพิจารณารูปแบบของลักษณะช่องแสงที่อยู่ด้านข้างประกอบกับช่องแสงทางด้านบน (จากหัวข้อ 1.2) โดยคำนึงถึงค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียน ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง และค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare

จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ สามารถสรุปรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดประกอบกับลักษณะช่องแสงด้านข้าง และช่องแสงเหนือหน้าต่างที่เหมาะสมกับทิศต่างๆทั้ง 4 ทิศของห้องเรียนดังนี้

1.2.1 ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก

1.2.1.1 ค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์ ภายในห้องเรียน

ค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ประกอบกับอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ให้ค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์มีประสิทธิภาพดีที่สุด

1.2.1.2 ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างภายในห้องเรียน

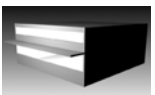
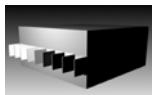
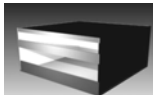
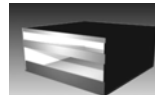
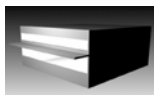
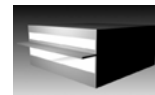
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ประกอบกับอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างดีที่สุด

1.2.1.3 ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare

ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare ของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 ไม่มีอุปกรณ์บังแดด มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดมากที่สุด

สามารถสรุปได้ว่า ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ประกอบกับอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ให้แสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในห้องเรียนมีความเหมาะสม และมีประสิทธิภาพดีที่สุด

ตารางที่ 123 แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงประกอบอุปกรณ์บังแดดจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา ค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

ลำดับที่	การวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา			
	ค่า Daylight Factor	ค่า Uniformity	ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare	ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม
1	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B	 แบบ 1 - C	 แบบ 4 - B
2	 แบบ 4 - A	 แบบ 4 - A	 แบบ 2 - B	 แบบ 2 - B
3	 แบบ 3 - A	 แบบ 3 - B	 แบบ 2 - A	 แบบ 1 - C

1.2.2 ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก

1.2.2.1 ค่าเดย์ไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียน

ค่าเดย์ไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ประกอบกับอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ให้ค่าเดย์ไลท์แฟกเตอร์มีประสิทธิภาพดีที่สุด

1.2.2.2 ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างภายในห้องเรียน

ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ประกอบกับอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างดีที่สุด

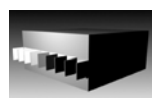
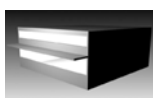
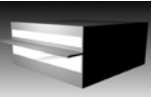
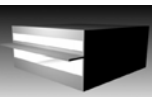
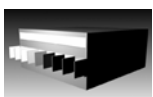
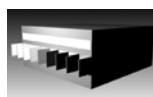
1.2.2.3 ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare

ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare

ของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 1 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดมากที่สุด

สามารถสรุปได้ว่า ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ประกอบกับอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ให้แสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในห้องเรียนมีความเหมาะสม และมีประสิทธิภาพดีที่สุด

ตารางที่ 124 แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงประกอบอุปกรณ์บังแดดจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

ลำดับที่	การวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา			
	ค่า Daylight Factor	ค่า Uniformity	ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare	ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม
1	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B	 แบบ 1 - C	 แบบ 4 - B
2	 แบบ 3 - B	 แบบ 3 - B	 แบบ 1 - B	 แบบ 4 - C
3	 แบบ 2 - B	 แบบ 2 - B	 แบบ 4 - C	 แบบ 2 - C

1.2.3 ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ

1.2.3.1 ค่าเดย์ไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียน

ค่าเดย์ไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ประกอบกับอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ให้ค่าเดย์ไลท์แฟกเตอร์มีประสิทธิภาพดีที่สุด

1.2.3.2 ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างภายในห้องเรียน

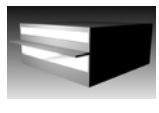
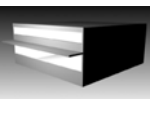
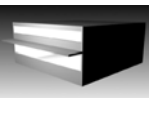
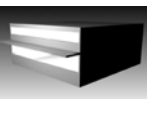
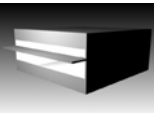
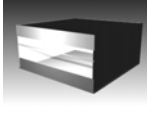
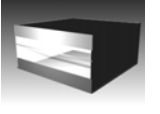
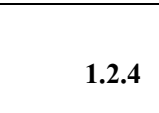
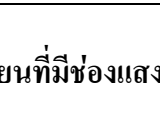
ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างดีที่สุด

1.2.3.3 ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare

ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare ของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยไม่มีอุปกรณ์บังแดด มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดมากที่สุด

สามารถสรุปได้ว่า ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ประกอบกับอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ให้แสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในห้องเรียนมีความเหมาะสม และมีประสิทธิภาพดีที่สุด

ตารางที่ 125 แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงประกอบอุปกรณ์บังแดดจากการวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ ณ วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

ลำดับที่	การวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา			
	ค่า Daylight Factor	ค่า Uniformity	ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare	ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม
1	 แบบ 4 - C	 แบบ 4 - A	 แบบ 4 - A	 แบบ 4 - A
	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B
2	 แบบ 3 - B	 แบบ 3 - B	 แบบ 3 - A	 แบบ 3 - A
	 แบบ 3 - B	 แบบ 3 - B	 แบบ 3 - A	 แบบ 3 - A

1.2.4 ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้

1.2.4.1 ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในห้องเรียน

ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มีประสิทธิภาพดีที่สุด

1.2.4.2 ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างภายในห้องเรียน

ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน มีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างดีที่สุด

1.2.4.3 ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare

ค่า Guth Visual Comfort Probability ในการแสดงผลค่า Glare ของห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน มีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดมากที่สุด

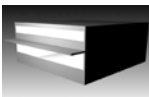
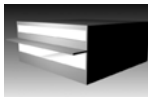
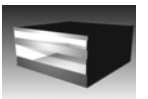
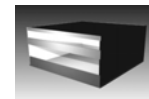
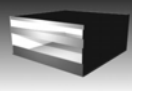
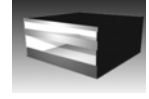
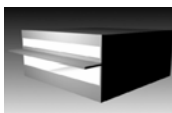
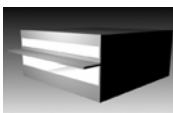
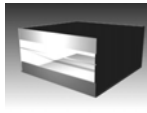
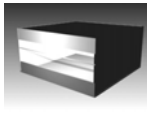
สามารถสรุปได้ว่า ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ประกอบกับอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ให้แสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในห้องเรียนมีความเหมาะสม และมีประสิทธิภาพดีที่สุด

ตารางที่ 126 แสดงลำดับของลักษณะช่องแสงประกอบอุปกรณ์บังแดดจากการวิเคราะห์เกณฑ์การ

พิจารณาค่า Daylight Factor, ค่า Uniformity, ค่า VCP ในการแสดงผลค่า Glare และ

ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมของห้องเรียนจำลองที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้

วันที่ 23 กันยายน ช่วงเวลาใน 1 วัน

ลำดับที่	การวิเคราะห์เกณฑ์การพิจารณา			
	ค่า Daylight Factor	ค่า Uniformity	ค่า VCPในการแสดงผลค่าGlare	ค่าคะแนนเฉลี่ยรวม
1	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B
2	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - B	 แบบ 4 - A
3	 แบบ 2 - B	 แบบ 2 - B	 แบบ 3 - A	 แบบ 3 - A

1.3 ระยะห่างมากที่สุดจากช่องแสงทางด้านข้างของห้องเรียนที่มีปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอ ณ ตำแหน่งพื้นที่ใช้งาน

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ นอกจากจะศึกษารูปแบบของช่องแสงทางด้านข้าง และรูปแบบอุปกรณ์บังแดดและช่องแสงทางด้านข้าง ที่มีความเหมาะสมและสัมพันธ์กับทิศทางต่างๆ ของห้องเรียนแล้ว การศึกษาวิจัยในครั้งนี้สามารถสรุประยะห่างมากที่สุดจากช่องแสงทางด้านข้างของห้องเรียนในระดับมัธยมศึกษาขนาดมาตรฐานของกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ขนาด 8.00 x 8.00 ม. สูง 3.50 ม. ที่มีปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอ ณ ตำแหน่งพื้นที่ใช้งาน โดยศึกษาปริมาณแสงสว่างจากการคำนวณค่า Daylight Factor ที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรมการเรียนรู้ และอ่านหนังสือ สามารถสรุปผลตามทิศทางต่างๆ ทั้ง 4 ทิศของห้องเรียน ดังนี้

1.3.1 ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันตก

ค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ประกอบกับอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ให้ค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์มีประสิทธิภาพดีที่สุด ณ เวลา 16.00 น. มีปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอ ณ ตำแหน่งพื้นที่ใช้งานตลอดระยะ 7 เมตรจากช่องแสงทางด้านข้าง

1.3.2 ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศตะวันออก

ค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ประกอบกับอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ให้ค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์มีประสิทธิภาพดีที่สุด ณ เวลา 8.00 น. มีปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอ ณ ตำแหน่งพื้นที่ใช้งานตลอดระยะ 7 เมตรจากช่องแสงทางด้านข้าง

1.3.3 ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศเหนือ

ค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ประกอบกับอุปกรณ์บังแดดในแนวตั้ง ให้ค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์มีประสิทธิภาพดีที่สุด ณ เวลา 8.00, 12.00 และ 16.00 น. มีปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอ ณ ตำแหน่งพื้นที่ใช้งานในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 เมตรจากช่องแสงทางด้านข้าง

1.3.4 ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างอยู่ทางทิศใต้

ค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์ภายในห้องเรียนที่มีลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 ประกอบกับอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ให้ค่าเฉลี่ยไลท์แฟกเตอร์มีประสิทธิภาพดีที่สุด ณ เวลา 8.00 และ 16.00 น. มีปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอ ณ ตำแหน่งพื้นที่ใช้งานในช่วงระยะห่างไม่เกิน 5 เมตรจากช่องแสงทางด้านข้าง

1.4 ทิศทางการวางตัวของห้องเรียนที่มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติภายในห้องเรียนดีที่สุด

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ทิศทางการวางตัวของห้องเรียนในระดับมัธยมศึกษาขนาดมาตรฐานของกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ขนาด 8.00 x 8.00 ม. สูง 3.50 ม. พิจารณาจากค่าคะแนนรวม (ค่าแฟกเตอร์น้ำหนัก) ทั้ง 3 ส่วน คือ ปริมาณความต้องการสว่างของแสง ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง และค่าแสงบาดตา ในตำแหน่งการวางตัวของห้องเรียนในทิศหลัก 4 ทิศ สามารถสรุปได้ว่า ห้องเรียนที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศใต้ ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ให้ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมดีที่สุด

1.5 บทสรุปกรณีการศึกษาห้องเรียนจำลอง (ลักษณะช่องแสงแบบที่ 4) ทั้ง 4 ชั้น และรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแบบต่างๆ ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันตก

ในทุก ๆ ชั้น ของการศึกษาทดลองในครั้งนี้ ลักษณะของช่องแสงแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน มีค่าคะแนนรวมดีที่สุด แสดงว่ามีประสิทธิภาพในการส่องสว่างได้ดีที่สุด ซึ่งให้ข้อสรุปที่เหมือนกับการทดลองในบทที่ 4 ที่ทำการศึกษาดูแลกับลักษณะห้องเรียนจำลองแบบที่ 4 โดยมีอุปกรณ์บังแดดในแนวนอน ที่มีช่องแสงทางด้านข้างทางทิศตะวันตก ณ วันที่ 23 กันยายน ให้ผลของประสิทธิภาพในการส่องสว่างได้ดีที่สุด และเรียงลำดับจากชั้นที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าคะแนนรวมจากน้อยไปมากที่สุด แสดงว่า ชั้นที่ 4 มีประสิทธิภาพในการส่องสว่างได้ดีที่สุด

2. แนวทางการวิจัยในอนาคต

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เพื่อหาแนวทางในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารเรียน เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการส่องสว่างได้ดีที่สุด โดยเป็นอาคารเรียนที่ใช้ระบบธรรมชาติ ซึ่งข้อมูลและผลของการวิจัยที่ได้จะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้อาคารเรียนที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จึงควรมีการพัฒนาการวิจัยเพิ่มเติม ดังนี้

2.1 การวิจัยโดยคำนึงถึงข้อมูลที่ได้ควรมีความครอบคลุม

โดยเก็บข้อมูลทุก ๆ สภาพของท้องฟ้าและในทุกมุมของดวงอาทิตย์ในรอบ 1 ปี เพื่อให้ข้อมูลจากผลการทดลองมีความครอบคลุมและเที่ยงตรงมากขึ้น

2.2 การวิจัยเพื่อหาแนวทางอื่นเพิ่มเติม

เช่น การวิจัยที่ให้แสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารโดยมีความร้อนเข้ามาน้อยที่สุด หรือการคำนึงถึงสภาวะน่าสบายจากการระบายอากาศตามธรรมชาติ (Natural Ventilation) ตามลักษณะของช่องแสงแบบต่างๆ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในอาคารประเภทอื่นๆ หรืออาคารสูง

2.3 การศึกษาค่าแสงบาดตา (Glare)

เนื่องจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ศึกษาค่าแสงบาดตา (Glare) โดยใช้ดัชนีบ่งชี้แบบ Guth Visual Comfort Probability (VCP) จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งหากมีการศึกษาค่าแสงบาดตา (Glare) เพิ่มเติมโดยใช้ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย โดยการสัมภาษณ์ - สอบถามนักเรียน หรือครูผู้สอน รวมถึงการทดลองโดยกำหนดตัวแปรให้ครอบคลุมกับลักษณะห้องเรียนจริง และลักษณะกิจกรรมการเรียนการสอนจริง ก็จะได้แนวทางการศึกษาค่าแสงบาดตา (Glare) มีความใกล้เคียงกับสภาพแวดล้อมจริง

หรือหากจะทำการเปรียบเทียบค่าแสงบาดตา (Glare) ที่คำนวณได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ กับการสัมภาษณ์ - สอบถามนักเรียน หรือครูผู้สอน รวมถึงการทดลองโดยกำหนดตัวแปรให้ครอบคลุมกับลักษณะห้องเรียนจริง ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและออกแบบห้องเรียน เพื่อให้เกิดความสบายในการมอง (Visual Comfort) ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการเรียนการสอนดีขึ้น

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กนกวรรณ อุสันโน. “รูปแบบของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมสำหรับห้องเรียนปรับอากาศ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2538.

กรมสามัญศึกษา. มาตรฐานอาคารทางการศึกษาระดับมัธยมศึกษา. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์กระทรวงศึกษาธิการ, 2524.

กรมสามัญศึกษา. กองออกแบบและก่อสร้าง. แบบก่อสร้างโรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัยนครปฐม จังหวัดนครปฐม. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์กระทรวงศึกษาธิการ , 2538.

กรมอุตุนิยมวิทยา. กองภูมิอากาศ. ค่าดัชนีของปริมาณเมฆในท้องฟ้าของประเทศไทย ปี 2543. กรุงเทพมหานคร, 2543.

..... ค่าดัชนีของปริมาณเมฆในท้องฟ้าของประเทศไทย ปี 2546. กรุงเทพมหานคร, 2546.
เกรียงไกร ศรีวัฒน์โรทัย. ผู้อำนวย การ กองออกแบบและก่อสร้าง กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. สัมภาษณ์, 23 มกราคม 2546.

ฐิติพัฒน์ ประทานทรัพย์. “Rendering Technique.” การอบรมระยะสั้นการใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบระบบแสงสว่าง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 1 (2546) : 29.

ตรึงใจ บุณสมภพ. การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2 . กรุงเทพมหานคร : นำอักษรการพิมพ์, 2521.

ทองใหญ่ ทองใหญ่, หม่อมราชวงศ์. แนวทางการปรับปรุงห้องเรียนระดับประถมศึกษาในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : อักษรเจริญการพิมพ์, 2524.

ทิพวัลย์ ตั้งพูนทรัพย์ศิริ. “แนวทางการปรับปรุงคุณภาพของแสงภายในห้องเรียนเพื่อความสะดวกและเป็นการออกแบบห้องเรียนในชนบท.” วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

บุญเลิศ แพรศรีเจริญ. เจ้าหน้าที่บริหาร ฝ่ายประมาณการ กองออกแบบและก่อสร้าง กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ. สัมภาษณ์, 23 มกราคม 2546.

มาลินี ศรีสุวรรณ. “การใช้แสงสว่างธรรมชาติเพื่อประหยัดพลังงานในอาคาร.” หน้าจั่ว 2, 5 (2529) : 19.

_____. การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคาร สำหรับภูมิอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2543.

วรพันธุ์ คล้ามไพบูลย์. “อาคารคอมมอนเวลธ์.” อาษา 18, 154 (มิถุนายน 2541) : 81 - 89.

สมหวัง อัดตนนา. “อาคารสาธารณะ.” Arch & Idea 4, 41 (พฤษภาคม 2539) : 114 .

สุนทร บุญญธิการ. การออกแบบอาคารเพื่อการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2536.

สุมาลี ประทุมรัตน์. “อาคารแห่งสัญลักษณ์และเอกลักษณ์.” Arch & Idea 6, 65 (พฤษภาคม 2541) : 11 - 17.

อวิรุทธิ์ อรุพงศา. “การใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องแสงด้านข้างส่วนบนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างในห้องเรียนในชนบท.” วิทยานิพนธ์ปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.

มหาวิทยาลัยศิลปากร สงวนลิขสิทธิ์

ภาษาต่างประเทศ

Building Technologies Department. Environmental Energy Technologies Divisions. Desktop Radiance 2.0 Beta User Manual. Berkeley : University of Berkeley, 2002.

Clarke, J. et al. Integrated Performance Appraisal of Daylight-Europe Case Study Buildings. Berlin : University of Strathclyde, 1996.

Compagnon, R. “The Index Visual Discomfort Analysis Program.” Daylight Europe Project Report. 2 (1996) : 9 - 16.

Kaufman, John. IES Lighting Handbook. New York : NY, 1984.

Pal, Vineeta. “Intergrated Computational Analysis of the Visual Environment in Buildings.” Ph.D. Thesis, Carnegie Mellon University, 1999.

Staffy, R. et al. Architectural Interior Systems. 3rd ed. New York : Van Nostrand Reinhold, 1992.

Stein B., and J. Reynolds. Mechanical and Electrical Equipment for Building. 11th ed. New York : John Wiley & Sons Co., 1998.

Ward , Gregory. “Visualization.” Lighting Design and Application. 20 (1990) : 99-105.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – สกุล

นางสาว ฉันทมน โพรพิทักษ์

ที่อยู่

17/154 หมู่ 5 หมู่บ้าน 2521 ถนนสะพานผัก แขวงฉิมพลี เขตตลิ่งชัน
กรุงเทพมหานคร 10170

โทรศัพท์ 0 – 2448 – 4741, 0 – 9662 – 6756

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2544

สำเร็จการศึกษาปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา

สถาปัตยกรรมศาสตร์ เกียรตินิยมอันดับ 1 จากมหาวิทยาลัยศรีปทุม

พ.ศ. 2545

ศึกษาต่อปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา

สถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2546

ครูผู้ควบคุมการสอนวิชาศิลปะสำหรับเด็ก โรงเรียน บัณฑิต อินเตอร์

สตรอม

พ.ศ. 2546 – ปัจจุบัน

สถาปนิกอิสระ

ทุนที่ได้รับระหว่างการศึกษ

พ.ศ. 2541

ทุนเรียนดียอดเยี่ยมประจำปีการศึกษา 2541 จากมหาวิทยาลัยศรีปทุม