

แนวทางการออกแบบแสงสว่างในห้องเรียนสื่อผสม
Guidelines for Lighting Design in Multimedia Classroom

น้ำผึ้ง สายหงษ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ
Numphung Saihong and Assistant Professor Awiroot Srisutapan



แนวทางการออกแบบแสงสว่างในห้องเรียนสื่อผสม

Guidelines for Lighting Design in Multimedia Classroom

นำผึ้ง สายหงษ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรณ

Numphung Saihong and Assistant Professor Awirut Srisutapan

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University

บทคัดย่อ

จากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ทำให้ห้องเรียนในปัจจุบันไม่สามารถตอบสนองต่อการใช้งานสื่อการสอนแบบใหม่ได้อย่างเต็มที่ โดยเฉพาะเรื่องคุณภาพและปริมาณแสงสว่าง การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางการออกแบบแสงสว่างสำหรับห้องเรียนสื่อผสม โดยอาศัยการทดลองทั้งจากการวัดค่าในห้องเรียนจริง และการจำลองสภาพแสงในห้องเรียนโดยใช้โปรแกรม DIALux ผลการวิจัยพบว่า การปรับมุมลิ้นห้อยในมุม 30 – 60 องศา ช่วยให้เกิดความสบายตาและสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้งานได้ การปรับปรุงแผงกันแดดและหิ้งสะท้อนแสงให้สอดคล้องกับทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์ สามารถช่วยให้แสงธรรมชาติ สามารถส่องเข้ามาในอาคารได้ลึกขึ้น และมีความสม่ำเสมอของแสงมากขึ้น การวางผังและการควบคุมการเปิด-ปิด แสงประดิษฐ์ที่เหมาะสม ช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้งานได้สูงสุดและช่วยลดการบริโภคพลังงานไฟฟ้าได้ การควบคุมอัตราส่วนความเปรียบต่างของพื้นที่ข้างเคียงจอภาพและจอภาพให้มีค่าน้อย 1 : 5 และการเลือกใช้วัสดุของพื้นที่ข้างเคียงจอภาพที่มีค่าการสะท้อนแสงไม่เกิน 40 เปอร์เซ็นต์ ช่วยให้การมองเห็นสื่อการสอนชัดเจนยิ่งขึ้น ผลที่ได้จากการวิจัยนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางการออกแบบห้องเรียนสื่อผสมเพื่อให้เกิดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเรียนการสอน

Abstract

Due to the technological development, the conventional classroom cannot fully support the use of new teaching media, especially in terms of quality and quantity of light. This research aims to propose lighting design guidelines for multimedia classroom through experimental study in real classroom and lighting simulation by using DIALux program. The research found that the blind could be adjusted from 30 – 60 degree to achieve visual comfort and benefit of daylight. Installing shading device and light shelf related to the sun position can reflect daylight deeply and stably. The appropriate artificial lighting plan and control increase lighting efficiency and reduce energy consumption. For better vision, brightness ratio between side area and screen should be 1:5 and the reflectance property of the side area should not exceed 40%. The results of this research can be used for lighting design in multimedia classroom to create suitable learning environment.

คำสำคัญ (Keywords)

ห้องเรียนสื่อผสม (Multimedia Classroom)
อัตราส่วนความเปรียบต่าง (Brightness Ratio)
การออกแบบแสง (Lighting Design)
แสงธรรมชาติ (Daylighting)
มู่ลี่ (Blind)
แผงกันแดด (Shading Device)

1. บทนำ

การที่เทคโนโลยีการเรียนการสอนมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ทำให้สภาพของห้องเรียนในปัจจุบันไม่สามารถตอบสนองต่อการใช้งานได้อย่างเต็มที่ ดังจะเห็นได้จากช่องแสงซึ่งจากเดิมมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้รับแสงธรรมชาติ แต่ในการใช้งานจริง กลับต้องปิดม่านหรือมู่ลี่ไว้ตลอดเวลา เนื่องจากแสงที่เข้ามาไม่มีความสม่ำเสมอ และมีระดับความส่องสว่างมากเกินไปจนความต้องการ ยากต่อการควบคุม ทำให้ไม่สามารถมองเห็นสื่อการสอนได้อย่างชัดเจน อีกทั้งยังก่อให้เกิดความไม่สบายตาแก่ผู้เรียนอีกด้วย การแก้ปัญหาเบื้องต้นมักจะทำโดยการใช้มู่ลี่และใช้แสงประดิษฐ์ ซึ่งการใช้มู่ลี่ทำให้ห้องมืดลง จึงทำให้ต้องใช้แสงประดิษฐ์ ซึ่งการใช้แสงประดิษฐ์แม้ว่าจะสามารถควบคุมได้ง่าย แต่ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้น ดังนั้น จึงควรมีการปรับปรุงห้องเรียนเพื่อให้สามารถใช้แสงธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสนอแนวทางการออกแบบห้องเรียนเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับสื่อการสอนประกอบกันไปด้วย

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาลักษณะและปัญหาของสภาพแสงในห้องเรียนสื่อผสม
2. เพื่อหาแนวทางการใช้แสงในห้องเรียนสื่อผสมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
3. เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงและออกแบบห้องเรียนสื่อผสม

3. ขอบเขตการวิจัย

1. การวิจัยครั้งนี้ ใช้ห้องเรียนสื่อผสมของอาคารในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต เป็นห้องเรียนตัวอย่าง
2. ช่วงเวลาที่ทำการศึกษาคือ เวลา 8.00–16.00 น. ของวันที่ 21 เดือนมีนาคม มิถุนายน กันยายน และธันวาคม ภายใต้สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน
3. กำหนดให้ช่องเปิดหันไปทางทิศใต้ และไม่มีอิทธิพลจากสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร
4. ศึกษาเฉพาะเรื่องคุณภาพของแสงสว่าง ไม่ครอบคลุมถึงเรื่องการถ่ายเทความร้อน

4. ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้ทราบถึงสภาพปัญหาด้านแสงที่เกิดขึ้นในห้องเรียนสื่อผสม
2. ทราบแนวทางการนำแสงมาใช้ในห้องเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. ทราบแนวทางการปรับปรุงและออกแบบห้องเรียนสื่อผสมที่มีประสิทธิภาพ

5. วิธีการวิจัย

การวิจัยดำเนินการโดยอาศัยการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของมาตรฐานการกำหนดระดับความส่องสว่างของห้องเรียน การวิเคราะห์และประเมินห้องเรียนตัวอย่าง การทำการทดลองในสถานที่จริงและการจำลองสภาพการณ์ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และดำเนินการวิเคราะห์ สรุปผล และเสนอแนวทางการออกแบบห้องเรียนสื่อผสม

6. เครื่องมือในการวิจัย

1. เครื่องวัดแสง ยี่ห้อ INS รุ่น DX-200 ใช้วัดปริมาณแสงที่ตกกระทบบนระนาบทำงาน
2. ลูมิแนนซ์ มิเตอร์ ยี่ห้อ Konica Minolta รุ่น LS-100 ใช้วัดแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุ
3. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ DIALux เพื่อใช้ในการจำลองสภาพการณ์

7. การศึกษาแนวความคิดที่เกี่ยวข้อง

โดยทั่วไป การพิจารณาเรื่องแสงสว่างภายในอาคาร มีประเด็นสำคัญ คือ

1. ความส่องสว่าง คือ ปริมาณแสงที่ตกกระทบบนพื้นที่ใด ๆ แบ่งออกเป็น [1, 2]
 - แสงในแนวระนาบ เช่น ความส่องสว่างบนโต๊ะเรียน มีค่า 300–500 ลักซ์
 - แสงในแนวตั้ง เช่น ความส่องสว่างที่กระดาน มีค่า 300–500 ลักซ์ ทั้งนี้ อาจขึ้นอยู่กับประเภทสื่อในการสอนด้วย

2. ความสม่ำเสมอของแสง เป็นค่าที่เกิดจากค่าความเข้มแสงที่ต่ำที่สุดต่อความเข้มแสงเฉลี่ยในพื้นที่ที่พิจารณา ค่าความสม่ำเสมอของแสงในห้องเรียนไม่ควรต่ำกว่า 0.5 โดยค่าที่สูงขึ้นแสดงว่าความสม่ำเสมอของแสงมีมากขึ้น

3. ความเปรียบต่างของแสง คือ ความสว่างของวัตถุที่ต้องการมอง เปรียบเทียบกับความสว่างของพื้นที่รอบข้างหรือสภาพแวดล้อม หากค่าความเปรียบต่างมาก จะทำให้มองเห็นวัตถุได้ยากขึ้น แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้ดวงตาเกิดความเมื่อยล้าได้ เนื่องจากต้องมีการปรับสายตาตามาก อัตราส่วนความเปรียบต่างที่ทำให้เกิดความสบายตาในการมองเห็นระหว่างชิ้นงานและพื้นที่ข้างเคียงซึ่งมีค่า 3:1 [1]

8. ข้อมูลเบื้องต้นของห้องเรียนตัวอย่าง

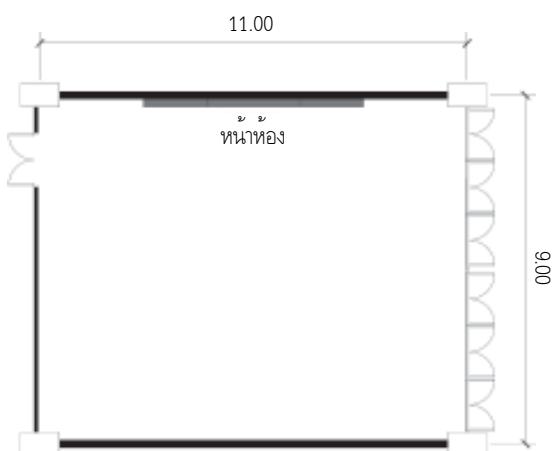
ลักษณะของห้องเรียนตัวอย่างที่ใช้เป็นกรณีศึกษาเป็นห้องที่มีการใช้สื่อการสอนหลายรูปแบบ เช่น กระดานไวท์บอร์ด เครื่องฉายโปรเจคเตอร์ เครื่องฉายแผ่นทึบ เป็นต้น โดยคัดเลือกจากอาคารเรียนในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ซึ่งจากการสำรวจเบื้องต้นพบว่า ห้องเรียนส่วนใหญ่ที่มีปัญหาจะอยู่ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของอาคาร ซึ่งลักษณะของห้องเรียนที่พบมากที่สุดเป็นห้องเรียนขนาด 50 ที่นั่ง กว้าง 9 เมตร ยาว 11 เมตร สูง 3 เมตร ลักษณะของช่องแสงเป็นช่องแสงด้านเดียวยาวตลอดแนว



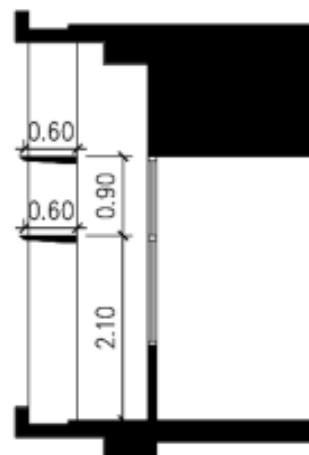
รูปที่ 1 ลักษณะภายนอกของอาคาร



รูปที่ 2 ลักษณะภายในห้องเรียน



รูปที่ 3 ผังพื้นของห้องเรียน



รูปที่ 4 รูปตัดแสดงองค์ประกอบบริเวณช่องเปิด

และเป็นช่องแสงด้านบนร่วมกับช่องแสงในระดับสายตา ความสูงของช่องแสง 2.1 เมตร และสูงจากพื้น 0.9 เมตร กระจกที่ใช้เป็นกระจกชั้นเดียว สีเขียว หนา 6 มิลลิเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา (Shading Coefficient: SC) = 0.67 ค่าการส่องผ่านของแสงในช่วงที่ตามองเห็น (Visible Light Transmission: VT) = 0.7 ภายนอกตัวอาคารมีการติดตั้งแผงกันแดดทั้งในแนวระดับและแนวตั้ง

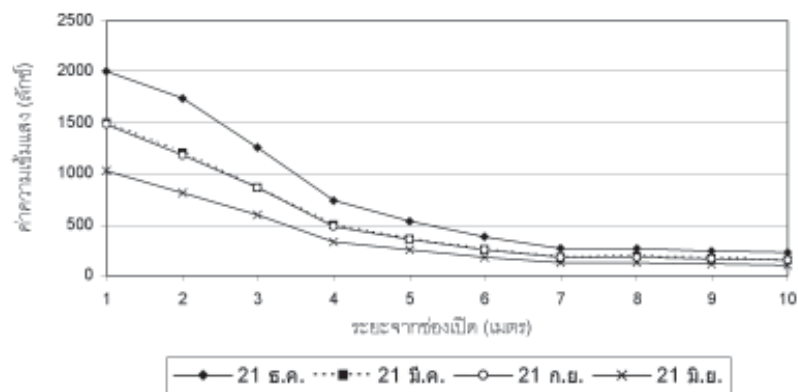
จากการวัดค่าความเข้มแสงในห้องเรียน ได้ผลดังนี้ ณ ตำแหน่งใกล้ช่องเปิด ค่าความเข้มแสงสูงสุดที่วัดได้มีค่าถึง 2,373 ลักซ์ ตำแหน่งที่ห่างที่สุดจากช่องเปิด ค่าความเข้มแสงต่ำสุดมีค่า 203 ลักซ์ ความสม่ำเสมอของแสงต่ำสุดมีค่า 0.28 ค่าความเปรียบต่างระหว่างช่องเปิดกับตำแหน่งที่ห่างจากช่องเปิดมากที่สุดมีค่าเท่ากับ 13:1

9. ผลการวิจัย

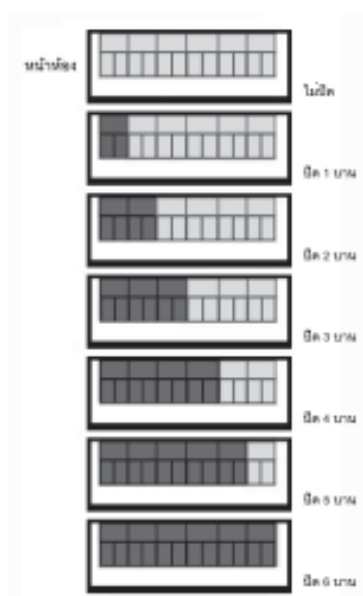
9.1 การหาอัตราส่วนความเปรียบต่างที่เหมาะสม

การทดลองนี้เป็นการศึกษาอัตราส่วนความเปรียบต่างที่เหมาะสมที่สามารถทำให้มองเห็นภาพที่ฉายได้อย่างชัดเจน การทดลองดำเนินการโดยให้กลุ่มผู้ทดลองซึ่งเป็นนักศึกษานั่งในตำแหน่งต่าง ๆ ของห้องเรียน ฉายภาพบนระนาบการสอน โดยที่จะมีการปิดมู่ลี่ให้ที่บแสงที่ละบานเพื่อปรับเปลี่ยนสภาพของแสงภายในห้อง และให้กลุ่มผู้ทดลองประเมินผลด้วยแบบสอบถามเรื่องความชัดเจนในการมองเห็นแต่ละกรณี

ผลการทดลองพบว่า การปิดมู่ลี่ตั้งแต่ 4 บานขึ้นไป จากระนาบของจอฉายภาพ ทำให้กลุ่มผู้ทดลองมองเห็นสิ่งที่ฉายได้โดยไม่ต้องเพ่งสายตา โดยการปิดทั้ง 6 บานทำให้เกิด



รูปที่ 5 ตัวอย่างความเข้มแสงที่วัดได้ภายในห้องเรียน



รูปที่ 6 รูปแบบการปิดมู่ลี่



รูปที่ 7 ลักษณะการทดลอง

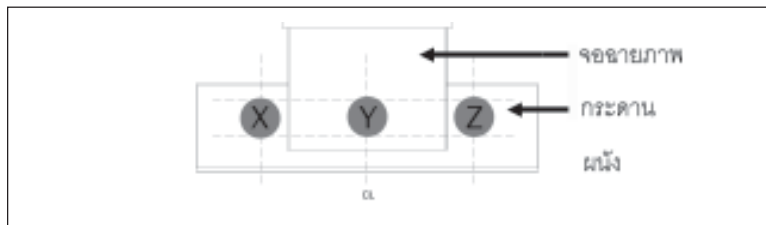
ความชัดเจนในการมองเห็นมากที่สุด เนื่องจากแสงสว่างภายนอกเข้ามาได้น้อย ส่วนการปิดมู่ลี่ตั้งแต่ 3 บานลงมา ทำให้แสงเข้ามามากขึ้น จึงทำให้กลุ่มผู้ทดลองต้องใช้สายตาในการเพ่งมองมากขึ้นเช่นกัน

เมื่อพิจารณาความแตกต่างของพื้นที่ที่ติดกับจอฉายภาพและจอฉายภาพพบว่า การปิดมู่ลี่ 4 บาน ทำให้เกิดความแตกต่าง 1 : 5 การปิดมู่ลี่ 5 บาน ทำให้เกิดความแตกต่าง 1 : 6.5 และการปิดมู่ลี่ 6 บาน ทำให้เกิดความแตกต่าง 1 : 18 หากพิจารณาเฉพาะค่าความแตกต่างที่ต่ำที่สุด คือ 1 : 5 จะเห็นว่าค่าสูงกว่ามาตรฐาน คือ 1 : 3 แสดงให้เห็นว่า การควบคุมปริมาณแสงสว่างภายในห้องเรียนให้อยู่

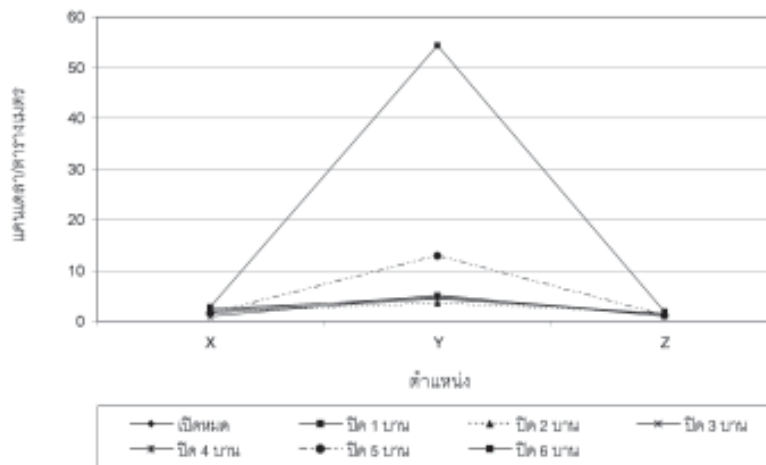
ในสภาพที่เหมาะสม มีผลต่อความชัดเจนในการมองเห็นสื่อการสอน

เมื่อวัดความสว่างของการฉายภาพโดยโปรเจกเตอร์พบว่า มีค่าความสว่างเฉลี่ยอยู่ที่ 122 แคนเดลา/ตารางเมตร หากต้องการอัตราส่วนความแตกต่างระหว่างพื้นที่ที่ติดกับจอฉายภาพและจอฉายภาพ 1 : 5 แล้ว พื้นที่ที่ติดกับจอฉายภาพควรมีความสว่างเฉลี่ย 20-30 แคนเดลา/ตารางเมตร

เมื่อนำค่าที่ได้มาจำลองสภาพการณ์ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยกำหนดให้ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุพื้นผิวมีค่า 20, 40, 60 และ 80 เปอร์เซนต์ พบว่า ค่าการสะท้อนแสง



รูปที่ 8 ตำแหน่งการวัดอัตราส่วนความแตกต่างบนจอฉายภาพ โดยตำแหน่ง X และ Z คือพื้นที่ที่ติดกับจอฉายภาพ ส่วน Y คือ พื้นที่จอฉายภาพ



รูปที่ 9 ความสว่างในแต่ละตำแหน่งบนจอฉายภาพ

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบอัตราส่วนความแตกต่างบนระนาบการสอน

ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุพื้นผิวบนระนาบการสอน (เปอร์เซ็นต์)	อัตราส่วนความแตกต่างบนระนาบการสอนโดยประมาณ					
	เดือนมิถุนายน			เดือนธันวาคม		
	X	Y	Z	X	Y	Z
80	1	6	1	1	3	1
60	1	9	1	1	4	1
40	1	15	1	1	7	1
20	1	30	1	1	15	1

ของพื้นผิวบนระนาบการส่อง 40 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมที่สุดเพราะสามารถทำให้มีอัตราส่วนแปรปรวนต่างมากกว่า 1 : 5 ได้ตลอดทั้งปี อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนของพื้นผิวน้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ บนระนาบการส่องจะทำให้มีอัตราส่วนแปรปรวนต่างสูงขึ้นก็ตาม แต่อาจทำให้ห้องเรียนมีบรรยากาศที่มืดทึบและอึดอัดมากเกินไป

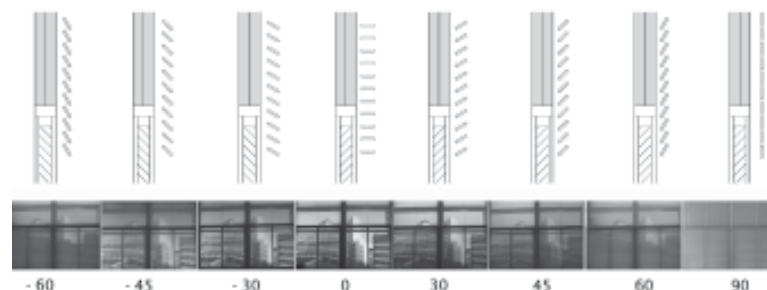
9.2 การปรับองศาของมู่ลี่

การทดลองนี้ดำเนินการโดยการปรับมู่ลี่ในองศาที่แตกต่างกัน คือ -30, -45, -60, 0, 30, 45, 60 และ 90 องศา ภายในห้องเรียนมีการควบคุมสภาพแวดล้อมโดยการปิดไฟ ทำการฉายสื่อการสอนที่มีทั้งตัวอักษรและรูปภาพจากโปรเจคเตอร์ โดยให้กลุ่มทดลองนั่งมองไปยังจอภาพ และทำการประเมินผลด้านความสบายตาโดยใช้แบบสอบถาม และวัดค่าความเข้มแสงที่ระนาบทำงาน

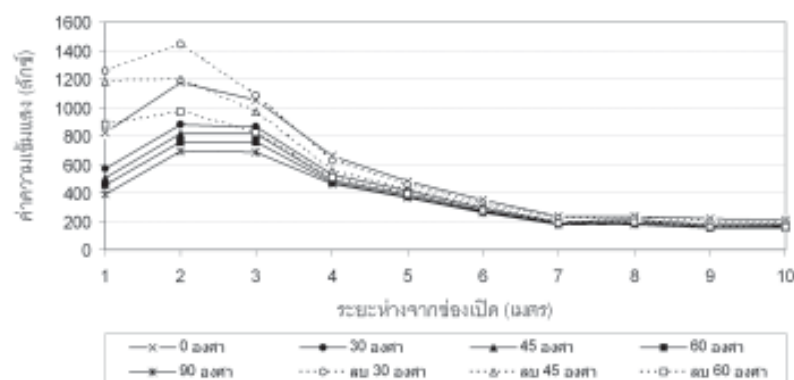
ผลการทดลองด้านความสบายตาพบว่า การที่ปรับมู่ลี่ 90 องศา (ปิดมู่ลี่หมด) ทำให้เกิดความสบายตามากที่สุด แต่ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้ การปรับ

มู่ลี่ในมุม 30, 45 และ 60 องศา เกิดความสบายตาในระดับดีตามลำดับ เนื่องจากแสงจากภายนอกตกกระทบกับมู่ลี่ก่อนที่จะสะท้อนเข้าสู่ภายในห้อง จึงทำให้ความเข้มแสงบริเวณใกล้ช่องแสงลดลง จึงไม่รบกวนผู้ใช้งานมาก และยังสามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้ ส่วนการปรับองศาของมู่ลี่แบบ -30, -45 และ -60 องศา ทำให้เกิดความสบายตาในระดับปานกลาง เนื่องจากแสงจะตกกระทบระนาบทำงานโดยตรง จึงก่อให้เกิดปัญหาความไม่สบายตา ขณะที่การปรับมู่ลี่ 0 องศา (ปรับขนานกับพื้น) มีความสบายตาน้อยที่สุด

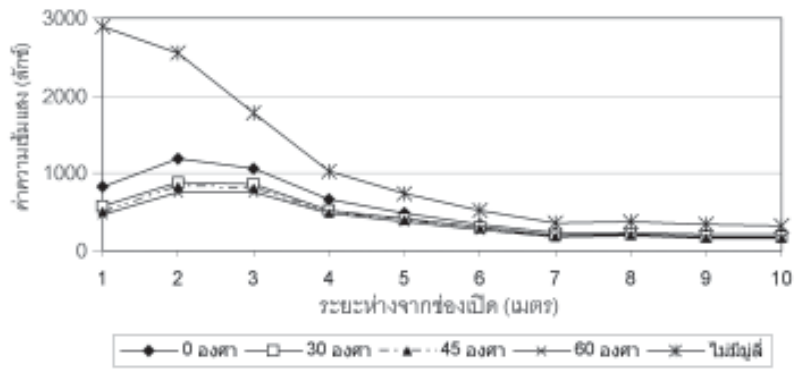
เมื่อพิจารณาถึงความเข้มแสงพบว่า การปรับองศาของมู่ลี่แบบ -30, -45 และ -60 องศา ทำให้บริเวณใกล้ช่องเปิดมีความเข้มแสงเพิ่มขึ้นมาก แต่ไม่สามารถทำให้ความเข้มแสงในส่วนในสุดของห้องเพิ่มขึ้นได้ ทำให้มีค่าความสม่ำเสมอของแสงน้อย ไม่เหมาะสมต่อการใช้งาน ในขณะที่การปรับมู่ลี่ในมุม 30, 45 และ 60 องศา นอกจากจะทำให้เกิดความสบายตาแล้ว ยังช่วยลดความแตกต่างของความเข้มแสงระหว่างบริเวณใกล้ช่องเปิดและบริเวณส่วนในสุดของห้องได้อีกด้วย



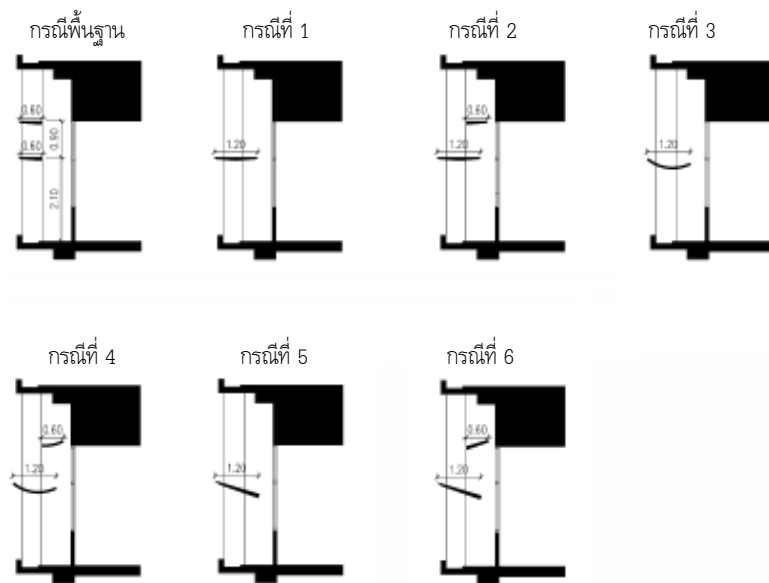
รูปที่ 10 วิธีการปรับมู่ลี่ในแต่ละองศา



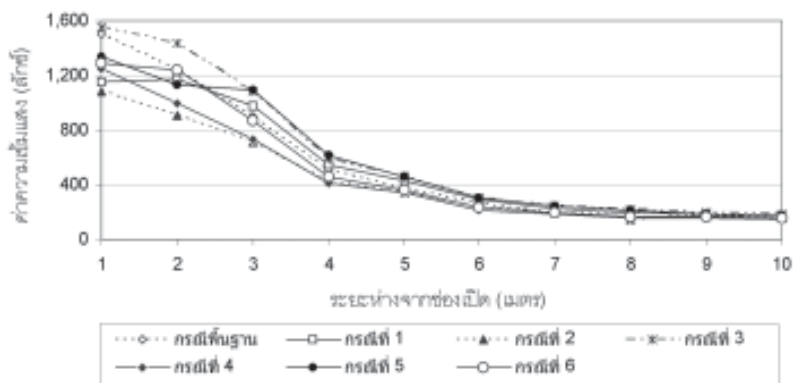
รูปที่ 11 ความเข้มแสงในแต่ละตำแหน่งเมื่อมีการปรับองศาของมู่ลี่



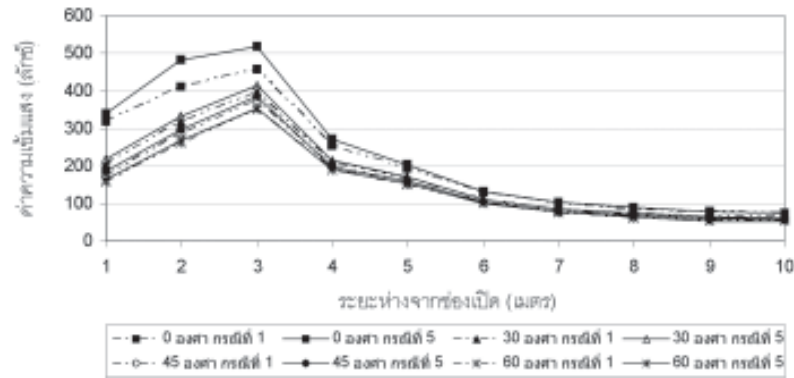
รูปที่ 12 การเปรียบเทียบความเข้มแสงของการปรับมู่ลี่ในมุม 0, 30, 45, 60 และไม่มีมู่ลี่



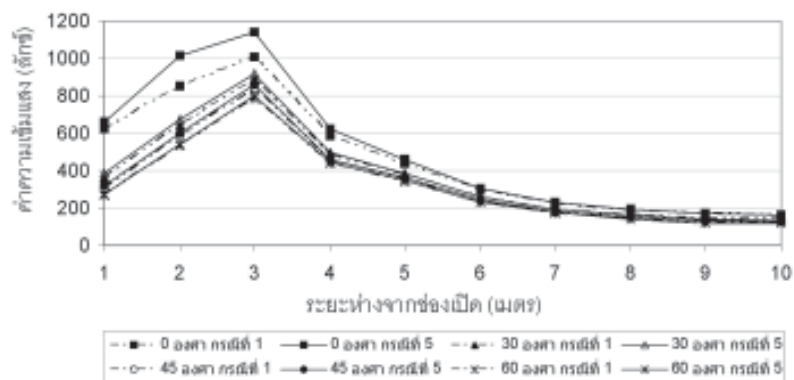
รูปที่ 13 รูปแบบของแผงกันแดดและทิศสะท้อนแสงที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 14 ความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งปีในแต่ละตำแหน่ง



รูปที่ 15 ความเข้มแสงเฉลี่ยในเดือนมิถุนายน



รูปที่ 16 ความเข้มแสงเฉลี่ยในเดือนธันวาคม

9.3 การปรับปรุงแผงกันแดดและหิ้งสะท้อนแสง

จากข้อมูลเบื้องต้นจะเห็นว่า แผงกันแดดและหิ้งสะท้อนแสงรูปแบบเดิม ไม่สามารถป้องกันแสงจ้า และไม่สามารถสะท้อนแสงเข้ามาในส่วนลึกของห้องได้ จึงได้เสนอแนวทางการปรับปรุงรูปแบบแผงกันแดด และหิ้งสะท้อนแสงรูปแบบอื่น คือ แบบเรียบ แบบโค้งเว้า และแบบเอียง โดยทุกแบบสามารถกันแสงแดดตรงตั้งแต่ 8.00–16.00 น. ได้ตลอดทั้งปี กำหนดให้แผงกันแดดมีสีขาว ค่าการสะท้อนแสง 80 เปอร์เซ็นต์ โดยนำรูปแบบแผงกันแดดและหิ้งสะท้อนแสงทั้งหมดมาทำการจำลองสภาพการณ์ในคอมพิวเตอร์

ผลการทดลองพบว่า รูปแบบแผงกันแดดและหิ้งสะท้อนแสงกรณีที่ 1 (แบบเรียบ) และกรณีที่ 5 (แบบเอียง) มีประสิทธิภาพโดยรวมที่สามารถลดแสงจ้าในพื้นที่บริเวณช่องเปิดสะท้อนแสงเข้ามาในห้องได้มากขึ้น และทำให้มีความสม่ำเสมอของแสงเพิ่มขึ้นจาก 0.27 เป็น 0.30 เมื่อเปรียบเทียบกับห้องที่ไม่ได้มีการปรับปรุง ในขณะที่กรณีอื่น ๆ แม้ว่าจะช่วยลดแสงจ้าในพื้นที่บริเวณช่องเปิดได้ แต่ก็ทำให้ความ

เข้มแสงในส่วนในสุดของห้องลดลงตามไปด้วย จึงมีความเข้มแสงที่ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน

9.4 การใช้แผงกันแดดและหิ้งสะท้อนแสงร่วมกับการปรับมุม

การทดลองนี้ เป็นการจำลองสภาพการณ์ในคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาผลของการปรับปรุงอาคารโดยวิธีการปรับองศามุมลิ้นมุม 0, 30, 45 และ 60 องศา ร่วมกับการใช้แผงกันแดดและหิ้งสะท้อนแสงแบบเรียบ และแบบเอียง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติมาใช้งานภายในห้องเรียน ช่วงเวลาที่ใช้ในการจำลองสภาพการณ์ คือ เดือนธันวาคม ซึ่งเป็นเดือนที่มีความเข้มแสงสูงที่สุด และเดือนมิถุนายน ซึ่งเป็นเดือนที่มีความเข้มแสงน้อยที่สุดสำหรับช่องเปิดทางทิศใต้

ผลการทดลองพบว่า แผงกันแดดและหิ้งสะท้อนแสงแบบเรียบและแบบเอียงมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกันและสามารถช่วยให้สภาพแสงภายในห้องดีขึ้น โดยในเดือนมิถุนายน การใช้แผงกันแดดและหิ้งสะท้อนแสงร่วมกับการ

ปรับมุมที่ 0 องศา มีความเหมาะสมที่สุด เพราะทำให้แสงเข้ามาภายในได้มากและลึกที่สุด โดยมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 210 ลักซ์ และมีค่าความสม่ำเสมอของแสงเท่ากับ 0.36 ส่วนในเดือนธันวาคม การใช้แผงกันแดดและหิ้งสะท้อนแสงร่วมกับการปรับมุมที่ 60 องศา มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากลดแสงจาบริเวณช่องเปิดได้ โดยมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยเท่ากับ 314 ลักซ์ มีค่าความสม่ำเสมอของแสงเท่ากับ 0.38 และสำหรับในเดือนกันยายนและมิถุนายน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์ทำมุมสูงกับผนังทางทิศใต้ มีค่าความเข้มแสงอยู่ระหว่างค่าในเดือนธันวาคมและมิถุนายน ดังนั้น สามารถใช้แผงกันแดดและหิ้งสะท้อนแสงร่วมกับการปรับองศามุมได้ตั้งแต่ 0–60 องศา

9.5 การใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์

จากการพิจารณาการออกแบบระบบแสงประดิษฐ์ภายในห้องเรียนพบว่า ยังไม่เกิดความเหมาะสมและสอดคล้องกับพฤติกรรมของแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในห้องเรียน ดังนั้น จึงได้เสนอแนวทางการปรับปรุงการใช้แสงประดิษฐ์ออกเป็น 3 วิธี คือ

9.5.1 การปรับเปลี่ยนผังการวางดวงโคม

จากการวิเคราะห์พบว่า การจัดผังดวงโคมแบบเดิมมีโอกาสที่จะทำให้เกิดแสงจ้าได้ง่าย เนื่องจากลำแสงของหลอดไฟอยู่ในสนามการมองเห็น (field of view) ของผู้เรียน นอกจากนี้ การจัดผังดวงโคมในลักษณะนี้ยังทำให้แสงไฟตกกระทบลงบนระนาบการสอนโดยตรง ทำให้อัตราส่วนความเปรียบต่างและความชัดเจนในการมองเห็นลดลง เมื่อปรับปรุงแล้ว จะเห็นว่า ทั้งสองกรณียังคงมีความเข้มแสงอยู่ในช่วง 400–600 ลักซ์ และมีค่าความสม่ำเสมอของแสงประมาณ

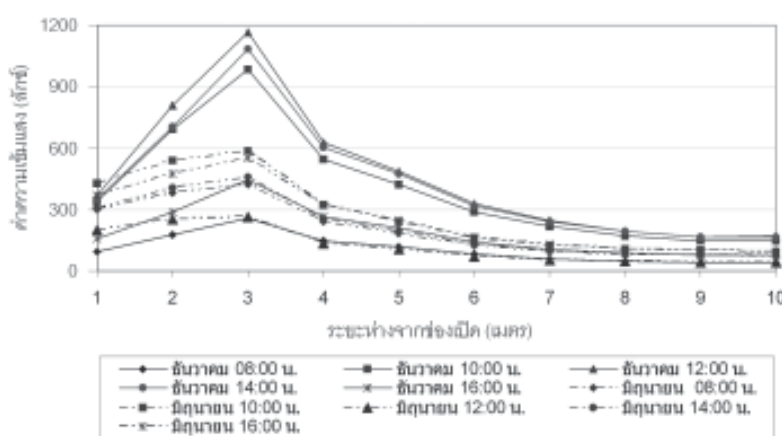
0.75 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับความเข้มแสงจากวิธีการจัดดวงโคมแบบเดิม แต่สามารถลดแสงสะท้อนจากระนาบการสอนได้

9.5.2 การจัดผังการเปิด-ปิดดวงโคม

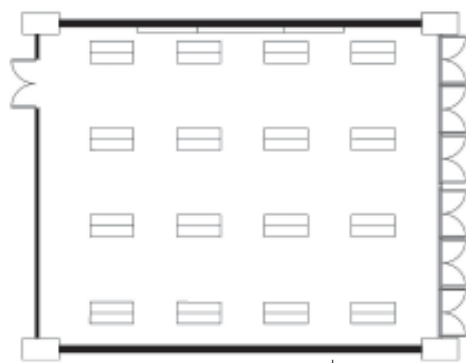
ในปัจจุบัน วิธีการวางผังการเปิด-ปิดดวงโคม มีลักษณะที่กระจายไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมของแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในห้องเรียน จึงเสนอแนวทางในการปรับปรุงโดยการจัดวางผังการเปิด-ปิดดวงโคมใหม่ ให้มีการแยกการเปิด-ปิดตามพฤติกรรมของแสงธรรมชาติ โดยการปรับปรุงดังกล่าวยังคงรักษาอัตราส่วนความเปรียบต่างบนระนาบการสอน และไม่ส่งผลกระทบต่อความชัดเจนในการมองเห็นจอภาพ

9.5.3 การแยกการเปิด-ปิดหลอดไฟในแต่ละดวงโคม

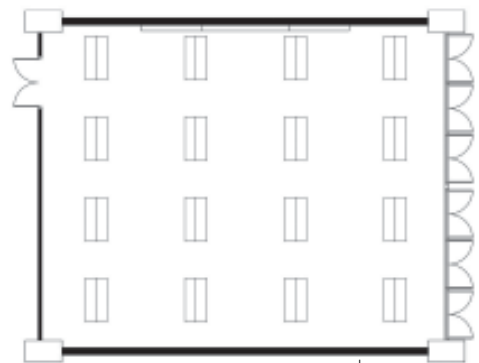
ลักษณะเดิมของแต่ละดวงโคมจะมีหลอดไฟ 2 หลอด โดยที่การเปิด-ปิดแต่ละครั้งจะเป็นการเปิด-ปิดพร้อมกันครั้งละ 2 หลอด เมื่อพิจารณาค่าความสว่างแล้วพบว่า การเปิดดวงโคมชุดละ 1 หลอดในทุกตำแหน่ง มีค่าความสว่างเฉลี่ยภายในห้อง 300 ลักซ์ และการเปิดดวงโคมชุดละ 2 หลอดในทุกตำแหน่ง มีค่าความสว่างเฉลี่ยภายในห้อง 500 ลักซ์ ซึ่งทั้ง 2 กรณี หากนำมาใช้งานร่วมกับแสงธรรมชาติแล้ว จะสามารถให้ความสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งาน ดังนั้น วิธีการเปิด-ปิด หลอดไฟครั้งละ 1 หลอดต่อดวงโคมจะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนที่ไม่จำเป็นลงได้ เช่น พื้นที่ในส่วนที่ 1 ซึ่งเป็นพื้นที่ริมช่องเปิด การใช้แสงธรรมชาติร่วมกับการเปิดหลอดไฟ 1 หลอดไฟต่อดวงโคมก็เพียงพอต่อการใช้งาน ในขณะที่พื้นที่ส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นส่วนที่ลึกเข้ามา จำเป็นต้องเปิดหลอดไฟ 2 หลอดต่อดวงโคมเนื่องจากไม่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้อย่างเต็มที่ เป็นต้น



รูปที่ 17 ความเข้มแสงของแสงธรรมชาติภายในห้อง ในเวลาต่าง ๆ

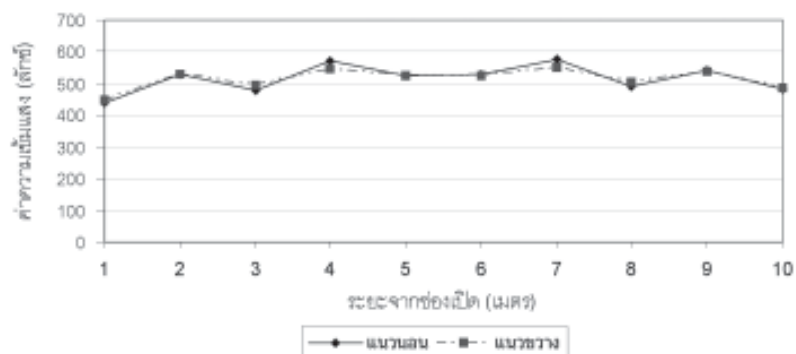


ผังการวางดวงโคมแบบเก่า

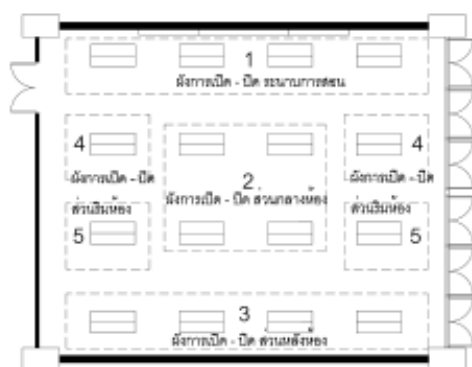


ผังการวางดวงโคมแบบใหม่

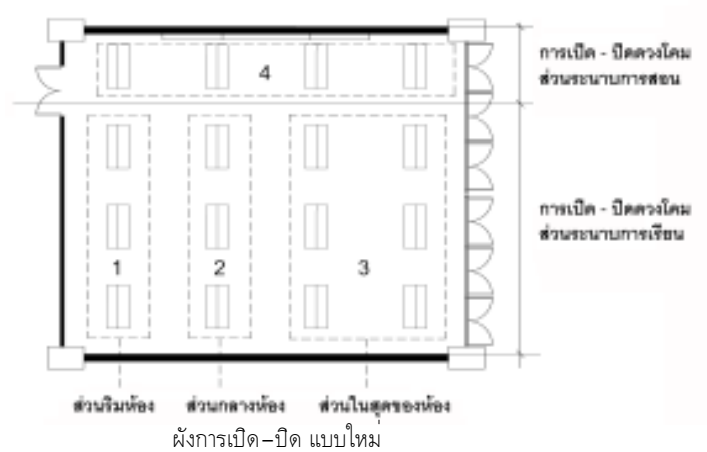
รูปที่ 18 แนวทางการปรับเปลี่ยนผังการวางดวงโคม



รูปที่ 19 การเปรียบเทียบความเข้มแสงก่อนและหลังการปรับเปลี่ยนผังการวางดวงโคม



ผังการเปิด-ปิด แบบเก่า



ผังการเปิด-ปิด แบบใหม่

รูปที่ 20 การปรับเปลี่ยนผังการเปิด-ปิดดวงโคม

10. สรุป

จากผลการทดลองการปรับปรุงแผงกันแดดและ หีงสะท้อนแสงรวมกับการปรับมุมลิ้นพบว่า แนวทางการปรับปรุง หีงเรียนโดยการปรับมุมลิ้นให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม และการปรับปรุงแผงกันแดดและหีงสะท้อนแสงให้สอดคล้องกับ ทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์ สามารถช่วยให้แสงธรรมชาติ ส่องเข้ามาในอาคารได้มากขึ้น และมีความสม่ำเสมอของแสง มากขึ้น อย่างไรก็ตาม วิธีการข้างต้นยังไม่สามารถช่วยให้ ในหีงเรียนมีความส่องสว่างเพียงพอ จึงต้องใช้แสงประดิษฐ์ ประกอบกันไปด้วย ซึ่งการวางผังและควบคุมการเปิด-ปิด แสงประดิษฐ์ที่เหมาะสม ช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้ งานได้สูงสุด อีกทั้งยังช่วยลดการบริโภคพลังงานไฟฟ้าได้ มากถึง 64 เปอร์เซ็นต์ [3] นอกจากนี้เรื่องของพลังงานไฟฟ้าแล้ว การควบคุมอัตราส่วนความเปรียบต่างให้เกิดความเหมาะสม ช่วยให้ผู้เรียนมองเห็นสื่อการสอนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผลการ วิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงหีงเรียนใน อาคารเก่าและการออกแบบหีงเรียนใหม่ เพื่อให้เกิดประ-สิทธิภาพในการเรียนการสอนมากยิ่งขึ้น

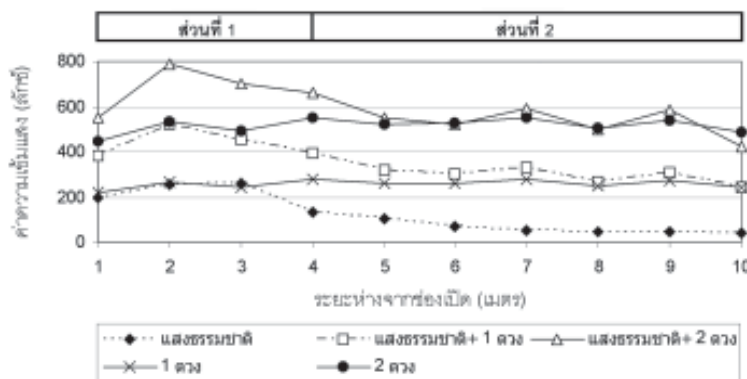
11. แนวทางการออกแบบหีงเรียนสื่อผสม

11.1 การนำแนวความคิดเรื่องแสงมาใช้ในการออกแบบ

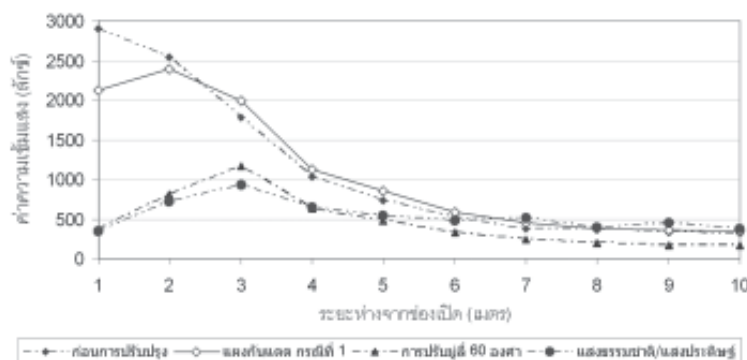
วิธีการที่เหมาะสมควรจะเริ่มจากการนำแนวความคิดเรื่องการใช้แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์มาใช้ตั้งแต่ เริ่มต้นการออกแบบเพื่อให้เกิดผลลัพธ์ตามที่ต้องการ มิฉะนั้น แล้วก็จะเป็นการออกแบบในลักษณะของการลองผิดลองถูก เมื่อนำไปประเมินผลของการออกแบบแล้วผลลัพธ์ไม่เป็นไปตาม วัตถุประสงค์ ทำให้ต้องมาแก้ไขงานออกแบบจนให้ได้ผลลัพธ์ ตามที่ต้องการ วนอย่างนี้เรื่อยไป [4] เห็นได้จากอาคารหลาย อาคารที่แม้ว่าจะมีการนำองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรม เช่น แผงกันแดด หีงสะท้อนแสงมาติดตั้ง แต่ก็ไม่สามารถใช้ ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจาก เป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุ

11.2 การออกแบบพื้นที่สอนและพื้นที่เรียน

พื้นที่สอนจะเป็นพื้นที่ที่ไม่ต้องการแสงธรรมชาติ มากนัก จึงไม่จำเป็นต้องมีช่องแสงในบริเวณนี้ หรือหาก ต้องการช่องแสง ควรจะมีวิธีการควบคุมแสงที่มีประสิทธิภาพ



รูปที่ 21 การเปรียบเทียบความเข้มแสงของแต่ละวิธีการเปิด-ปิด (เดือนมิถุนายน)



รูปที่ 22 การเปรียบเทียบความเข้มแสงของแต่ละวิธีการปรับปรุง (เดือนธันวาคม)

เพื่อไม่ให้รบกวนสื่อการสอน ส่วนพื้นที่เรียนเป็นพื้นที่ที่ยอมให้แสงธรรมชาติเข้ามาได้บางส่วน และควรจะมีการควบคุมไม่ให้เกิดแสงจ้า

11.3 การควบคุมความส่องสว่างของพื้นที่สอนและพื้นที่เรียน

วิธีการทั่วไปสามารถทำได้โดยการติดตั้งแผงกันแดดหึ่งสะท้อนแสง หรือการใช้มู่ลี่ เพื่อที่จะให้แสงสะท้อนเข้ามาได้ลึกและมีความสม่ำเสมอที่สุด ทั้งนี้

- การออกแบบแผงกันแดดและหึ่งสะท้อนแสงควรคำนึงถึงตำแหน่งและทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปี เพื่อป้องกันแสงอาทิตย์ที่จะส่องเข้ามาในอาคารได้โดยตรง และควรกำหนดขนาดและรูปแบบของแผงกันแดดให้สอดคล้องกับทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์เพื่อที่จะใช้งานได้จริง รวมถึงรูปแบบของแผงกันแดดในแต่ละทิศของอาคาร ไม่มีความจำเป็นต้องมีลักษณะเหมือนกัน

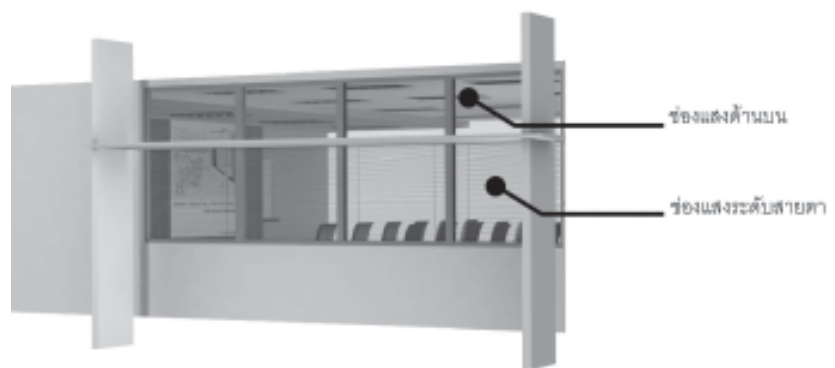
- หากมีข้อจำกัดในการใช้แผงกันแดดแล้ว การใช้มู่ลี่นับเป็นวิธีการที่สะดวกในการควบคุมความส่องสว่างภายในห้อง แต่ควรที่จะมีการปรับมู่ลี่ในองศาที่เหมาะสม เพื่อให้แสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานด้วย ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับทิศของอาคารเป็นสำคัญ

11.4 การออกแบบช่องแสง

การเลือกใช้ช่องแสงแต่ละลักษณะจะมีข้อพิจารณาแตกต่างกันไป ช่องแสงระดับสายตาจะช่วยให้การเปิดมุมมองออกสู่ภายนอก ทำให้เกิดความผ่อนคลายและลดความอึดอัด แต่อาจทำให้มีความเข้มแสงมากเกินไปในบริเวณใกล้เคียงช่องแสง จึงทำให้เกิดปัญหาเรื่องแสงจ้า และเกิดความแปรปรวนของความสว่างระหว่างภายในและภายนอกสูง สำหรับการใช้ช่องแสงด้านบนจะช่วยให้แสงธรรมชาติเข้ามาในห้องได้ลึกขึ้น และไม่ทำให้เกิดปัญหาเรื่องแสงจ้า เนื่องจากอยู่เหนือระดับสายตา จึงสามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้อย่างเต็มที่ ดังนั้น จึงควรพิจารณาความเหมาะสมของการใช้งาน

11.5 การใช้ช่องแสงสองด้าน

การที่มีช่องแสงเพียงด้านเดียวมีข้อจำกัด ทำให้ไม่สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามายังส่วนลึกของห้องได้ ดังนั้น การนำแสงธรรมชาติมาจากช่องแสงสองด้านจะช่วยให้ภายในห้องมีความเข้มแสงและความสม่ำเสมอของแสงมากขึ้น ซึ่งอาคารที่มีโถงกลางจะสามารถใช้ประโยชน์จากแนวทางนี้ได้เป็นอย่างดี



รูปที่ 23 การนำแสงธรรมชาติจากช่องแสงด้านบนและช่องแสงระดับสายตา เข้ามาใช้งานในห้องเรียนสื่อผสม



รูปที่ 24 แนวทางการนำแสงธรรมชาติเข้ามาจากช่องแสงทั้งสองด้าน

11.6 การควบคุมอัตราส่วนความเปรียบต่าง

ในการออกแบบควรวัดที่มีการควบคุมให้อัตราส่วนความเปรียบต่างระหว่างพื้นที่ที่ติดกับจอฉายภาพและจอฉายภาพมีค่าใกล้เคียงกับ 1 : 5 ซึ่งจะช่วยให้เกิดความชัดเจนในการมองเห็นมากขึ้น

11.7 ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุบนระนาบการสอน

เพื่อให้มีอัตราส่วนความเปรียบต่างที่เหมาะสม จึงควรเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงไม่เกิน 40 เปอร์เซ็นต์ เช่น วัสดุที่มีสีไม่ธรรมชาติ สีอิฐ สีคอนกรีตสีเทา เป็นต้น

11.8 การติดตั้งดวงโคม

ในการออกแบบการติดตั้งดวงโคมควรเลือกดวงโคมที่มีเกล็ดบังแสง (louver) และควรติดตั้งดวงโคมห่างจากระนาบการสอนอย่างน้อย 0.30 เมตร [5] รวมถึงการวางทิศทางของโคมเพื่อป้องกันไม่ให้แสงจากหลอดไฟตกกระทบที่ระนาบการสอนโดยตรง เพราะจะทำให้เกิดความไม่สบายตา เกิดแสงจ้า และอัตราส่วนความเปรียบต่างลดลง



การเขียนกระดาน



การฉายโปรเจคเตอร์

รูปที่ 25 การเลือกใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงที่เหมาะสม การปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้งานของระนาบการสอนให้เหมาะสมกับสื่อการสอนแต่ละประเภท เพื่อควบคุมอัตราส่วนความเปรียบต่าง

11.9 การควบคุมการเปิด-ปิดดวงโคม

เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติ จึงควรวางผังเปิด-ปิดดวงโคมขนานกับช่องเปิด เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับการกระจายแสงธรรมชาติ และต้องแยกผังไฟของพื้นที่สอนออกจากพื้นที่เรียน เพื่อความสะดวกในการควบคุมสภาพแสงภายในห้อง

11.10 การประเมินผล

ภายหลังจากการออกแบบควรวัดที่มีการประเมินผลการออกแบบ ไม่ว่าจะเป็นการทำทูลงจำลองและวัดสภาพแสงหรือการใช้คอมพิวเตอร์จำลองสภาพการณ์ เป็นต้น เพื่อให้ผลที่ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

12. ข้อเสนอแนะ

รูปแบบและแนวทางการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของห้องเรียน การปรับปรุงแสงกันแดดและวิธีการปรับมุมลิ และวิธีการจัดวางดวงโคมที่นำเสนอในงานวิจัยนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของวิธีการที่สามารถทำการปรับปรุงได้ หากอาคารมีลักษณะทางกายภาพของอาคารหรือมีการวางทิศทางที่แตกต่างจากอาคารกรณีศึกษาแล้ว วิธีการออกแบบหรือปรับปรุงอาคารอาจแตกต่างจากวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ซึ่งควรทำการศึกษาเพิ่มเติมเป็นรายการนี้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยนี้

รายการอ้างอิง (References)

- [1] Kaufman, J. E., & Haynes, H. (Eds.). (1981). IES lighting handbook: Reference volume. New York: Illuminating Engineering Society of North America.
- [2] Smith, P. H. K. (1979). Upgrading lecture rooms. London: Applied Science Publishers.
- [3] น้ำผึ้ง สายหงษ์. (2549). แนวทางการออกแบบห้องเรียนสื่อผสม. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [4] Chutarat A., & Norford L. K. (2002). A new design process using an inverse method: A genetic algorithm for daylighting design. *Journal of Architectural Research and Studies*, 1, 25-41.
- [5] สุวีพรรณ สุพรรณสมบุรณ์. (2544). อิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติด้านข้างเข้ามาใช้ภายในอาคาร. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บรรณานุกรม (Bibliography)

- สุนทร บุญญธิการ. (2541). การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร. *อาษา*, 7, 94-105.
- สุวีพรรณ สุพรรณสมบุรณ์. (2544). อิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติด้านข้างเข้ามาใช้ภายในอาคาร. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อานิก สกุลญานนท์วิทยา. (2544). การจัดวางแสงประดิษฐ์ให้สัมพันธ์กับผังห้องเรียนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Egan, M. David, & Olgyay, V. W. (2002). *Architectural lighting*. New York: McGraw-Hill.
- Lechner, N. (2001). *Heating, cooling, lighting: Design methods for architect* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Moore, F. (1986). *Concept and practice of architectural daylighting*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Neufert, E. (1982). *Architects' data* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Smith, P. H. K. (1979). *Upgrading lecture rooms*. London: Applied Science Publishers.