# การบูรณาการแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ในห้องเรียนภาคปฏิบัติ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

# Integrating Daylighting and Artificial Lighting of Design Studio in Faculty of Architecture, Urban Design and Creative Arts, Mahasarakham University

บริรักษ์ อินทรกุลไชย[1]
Borirak Intarakulchai[1]

## บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการวิจัยการปรับปรุงสภาพห้องเรียนภาคปฏิบัติของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มีวัตถุประสงค์ในการเปรียบเทียบแบบจำลองการบูรณาการแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์บนระนาบทำงานภายในห้องเพื่อวิเคราะห์หาแนวทางที่มีระดับความส่องสว่างที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานจริง โดยอ้างอิงตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย ซึ่งวิธีการศึกษาจะใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณแบบจำลองภายใต้สภาพแสงเสมือนจริง ผลการศึกษาพบว่าการปรับปรุงสภาพห้องโดยเปลี่ยนแปลงรูปแบบฝ้าเพดาน รื้อถอนผนังภายในออก เพิ่มจำนวนและขนาดช่องเปิดรับแสง และเปลี่ยนหลอดไฟทุกหลอดเป็น T5 28 วัตต์ ทำให้ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยบนระนาบทำงานอยู่ที่ 962.17 ลักซ์ เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพห้องก่อนการปรับปรุงสามารถเพิ่มค่าความส่องสว่างได้ 27.07% และลดพลังงานที่ใช้ลงเหลือ 77.78% แต่เมื่อปรับเปลี่ยนหลอดไฟเป็น T5 28 วัตต์ และ 14 วัตต์ ทำให้ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยบนระนาบทำงานอยู่ที่ 907.25 ลักซ์ เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพห้องก่อนการปรับปรุงสามารถเพิ่มค่าความส่องสว่างได้ 19.82% และลดพลังงานที่ใช้ลงเหลือ 69.76% ซึ่งค่าความส่องสว่างที่เพียงพอในการเขียนแบบคือ 750 ลักซ์ ดังนั้นการปรับปรุงห้องโดยการออกแบบการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ผสมระหว่างหลอดไฟ T5 28 วัตต์ และ 14 วัตต์ จึงเป็นแนวทางที่เหมาะสมทั้งด้านการใช้งานและการประหยัดพลังงาน

**คำสำคัญ:** แสงธรรมชาติ แสงประดิษฐ์ การจำลองแสงสว่าง โปรแกรม DIALux การอนุรักษ์พลังงาน

## Abstract

This paper presents the research results for improving a design studio of Faculty of Architecture, Urban Design and Creative Arts, Mahasarakham University. The objective of this research is to compare models of integrating natural light with artificial light on a work plane inside a studio room in order to determine a suitable approach of illuminance levels for practical usage, in accordance with the reference of Illuminating Engineering Association of Thailand (TIEA). The computer simulation has been employed as a main research method to support in calculation models under virtual lighting conditions. The revealed results demonstrated that improving conditions by changing ceiling forms, removing interior partitions out, increasing a number and size of void openings, and replacing all fluorescent light bulbs to T5 28 watt improved an illuminance average value on a work plane to 962.17 lux. The illuminance was improved to 27.07% and reduced energy use to 77.78% comparing to the room's conditions before the improvement. However, in the condition of changing fluorescent light bulbs to T5 28 watt and 14 watt, an illuminance average on a work plane improved to 907.25 lux. The illuminance was improved to 19.82% and reduced energy use to 69.76% comparing to the room's conditions before the improvement. In addition, the sufficient illuminance value for architectural drawings

[1] *อาจารย์ประจำ, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150*

[1] *Lecturer, Faculty of Architecture, Urban Design and Creative Arts, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand. E-mail: boririntara@hotmail.com*

according to TIEA is 750 lux. Therefore, a guideline for an improvement by lighting design integrating of artificial light, fluorescent T5 28 watt and 14 watt is suitable approach for both practical usage as well as energy conservation point of views.

**Keywords:** daylight, artificial light, lighting simulation, DIALux software, energy conservation

## บทนำ

มหาวิทยาลัยมหาสารคามได้วางแผนนโยบายและเป้าหมายเพื่อมุ่งสู่ความเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว (Green university)[1] และกำหนดเป็นส่วนหนึ่งของยุทธศาสตร์ เพื่อให้ทุกหน่วยงานมีส่วนร่วมในการพัฒนามหาวิทยาลัยให้อนุรักษ์พลังงานและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อาคารในมหาวิทยาลัยเป็นอาคารสาธารณะที่มีการใช้งานในเวลากลางวันเป็นส่วนใหญ่ แต่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการส่องสว่างถึง 25% ของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดในอาคาร[2] การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดการใช้พลังงาน โดยการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในช่วงเวลากลางวันร่วมกับการใช้แสงประดิษฐ์ในพื้นที่ใช้สอยหลักของอาคาร ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการส่องสว่างได้ถึง 20-30% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของอาคารนั้นๆ[3]

การปรับปรุงอาคารเป็นแนวทางหนึ่งตามหลักการในการอนุรักษ์พลังงานของมหาวิทยาลัยคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ จึงได้ศึกษาการปรับปรุงอาคาร เพื่อให้การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อการพัฒนาองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการบูรณาการแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ในห้องเรียนภาคปฏิบัติ โดยเป็นการศึกษาต่อยอดองค์ความรู้จากงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้แสงธรรมชาติ ภายในห้องเรียนภาคปฏิบัติของคณะ[4-6] เพื่อกำหนดเป็นแนวทางต้นแบบในการออกแบบและติดตั้งระบบแสงประดิษฐ์ในการเสริมปริมาณความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติให้เพียงพอตามเกณฑ์ความส่องสว่างขั้นต่ำที่เหมาะสมสำหรับการเขียนแบบ คือ 750 ลักซ์[7] อ้างอิงจากข้อแนะนำที่สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย: สฟสท (Illuminating Engineering Association of Thailand: TIEA) รวมถึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและปรับปรุงอาคารภายในมหาวิทยาลัยสำหรับพัฒนาสู่มหาวิทยาลัยสีเขียวต่อไป

## วิธีการศึกษา

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองโดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณแบบจำลองแสงสว่างผ่านโปรแกรม DIALux ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ทางด้านแสงสว่างด้วยการจำลองสภาพเสมือนจริงของแหล่งกำเนิดแสงและสภาพสิ่งแวดล้อม ของพื้นที่ที่ศึกษา ในส่วนของการจำลองสภาพแสงธรรมชาติ โปรแกรมได้ใช้ค่าความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติตามข้อกำหนดในมาตรฐานของ CIE 110-1994 และ DIN 5034-1983[8] ทั้งนี้ในส่วนของการจำลองสภาพแสงประดิษฐ์สามารถปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ (parameter) ที่เกี่ยวข้องได้อย่างอิสระโดยอ้างอิงตามข้อมูลทางเทคนิคจากบริษัทผู้ผลิตหลอดและดวงโคมไฟฟ้า

โดยการศึกษานี้ใช้โปรแกรม DIALux version 4.12.0.0 เพื่อช่วยในการจำลองและคำนวณค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงาน (work plane) ภายในห้องเรียนภาคปฏิบัติของอาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ทำการปรับปรุงสภาพห้องสำหรับศึกษาการบูรณาการแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ให้เหมาะสมต่อการใช้งาน

### การกำหนดลักษณะของแบบจำลอง

**1. แบบจำลองห้องเรียนต้นแบบ (base case)**

ห้องเรียนภาคปฏิบัติของอาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ใช้ในการศึกษาคือห้อง studio AR408 โดยอ้างอิงลักษณะตามแบบก่อสร้างอาคารเป็นหลัก กิจกรรมหลักที่เกิดขึ้นในห้องคือปฏิบัติการเขียนแบบของนิสิต ลักษณะของห้องจะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าอยู่ทางด้านทิศตะวันตกของอาคารเรียนคณะมีแนวแกนตามยาวใกล้เคียงแนวทิศเหนือ-ใต้ ตาม Figure 1

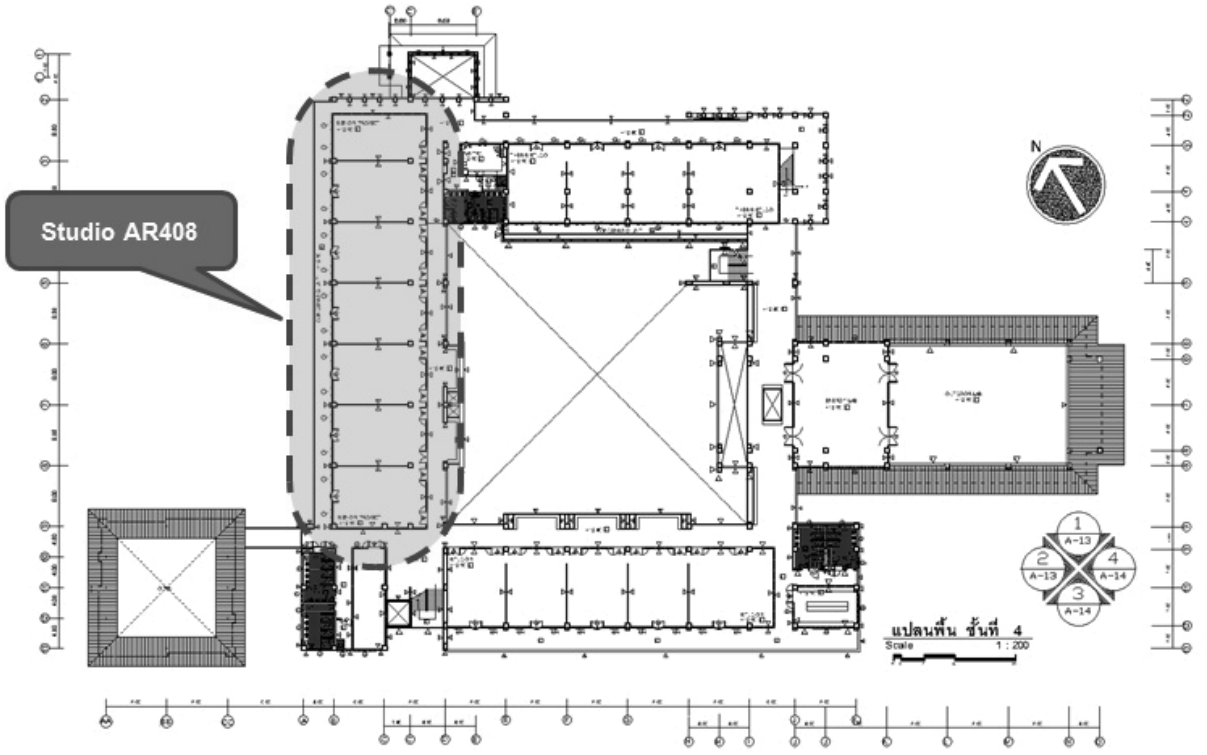


**Figure 1** Location and size of studio AR408

ห้อง AR408 มีขนาดประมาณ 12 x 54 ตารางเมตร ระดับความสูงของห้องเท่ากับ 3.1 เมตร เป็นห้องที่ไม่มีฝ้าเพดานแต่มีคานขนาดหน้าตัด 0.3 x 0.6 ตารางเมตร พาดผ่านบางส่วน (Figure 2, Figure 3 และ Figure 4) บริเวณรอบห้องมีระเบียงทางเดินที่มีชายคาปกคลุมทั้ง 4 ด้าน ภายในแบ่งเป็นห้องย่อย 7 ห้อง วัสดุที่ใช้ในส่วนของผนังภายนอก คือ ผนังก่ออิฐสองชั้น เว้นช่องว่างอากาศตรงกลาง ฉาบปูนเรียบทาสี ส่วนผนังภายในอาคาร คือ ผนังยิปซัมแผ่นเรียบยึดกับโครงเคร่าอลูมิเนียม

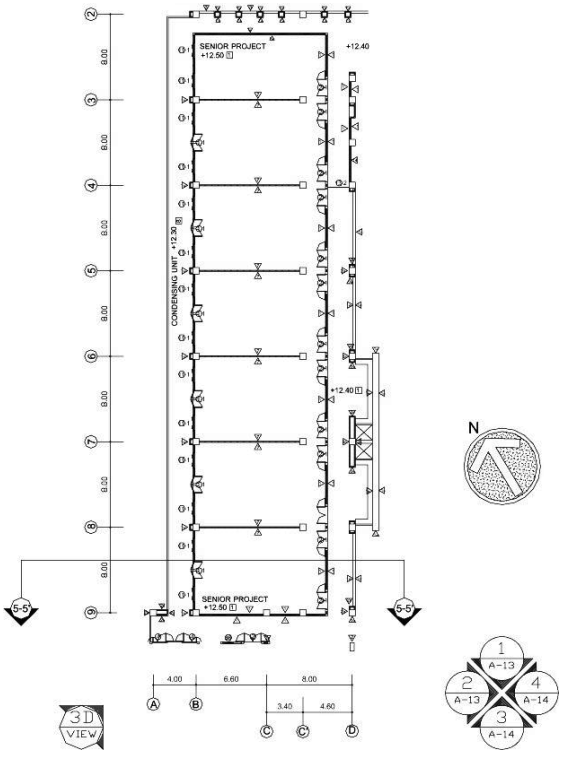


**Figure 2** Floor plan of studio AR408

ห้อง AR408 มีช่องเปิด 2 ด้าน คือ ตำแหน่งมุมมองรูปด้าน 2 และ 4 (Figure 2) ช่องเปิดในตำแหน่งมุมมองรูปด้านที่ 2 ประกอบด้วยประตูกระจกใสและหน้าต่างกระจกใสตลอดแนวผนัง โดยมีสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดของด้านนี้ เท่ากับ 50.18% ส่วนช่องเปิดในตำแหน่งมุมมองรูปด้าน 4 ประกอบด้วยประตูไม้พร้อมช่องแสงขนาดเล็กบนบาน โดยมีสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดของด้านนี้ เท่ากับ 1.24%

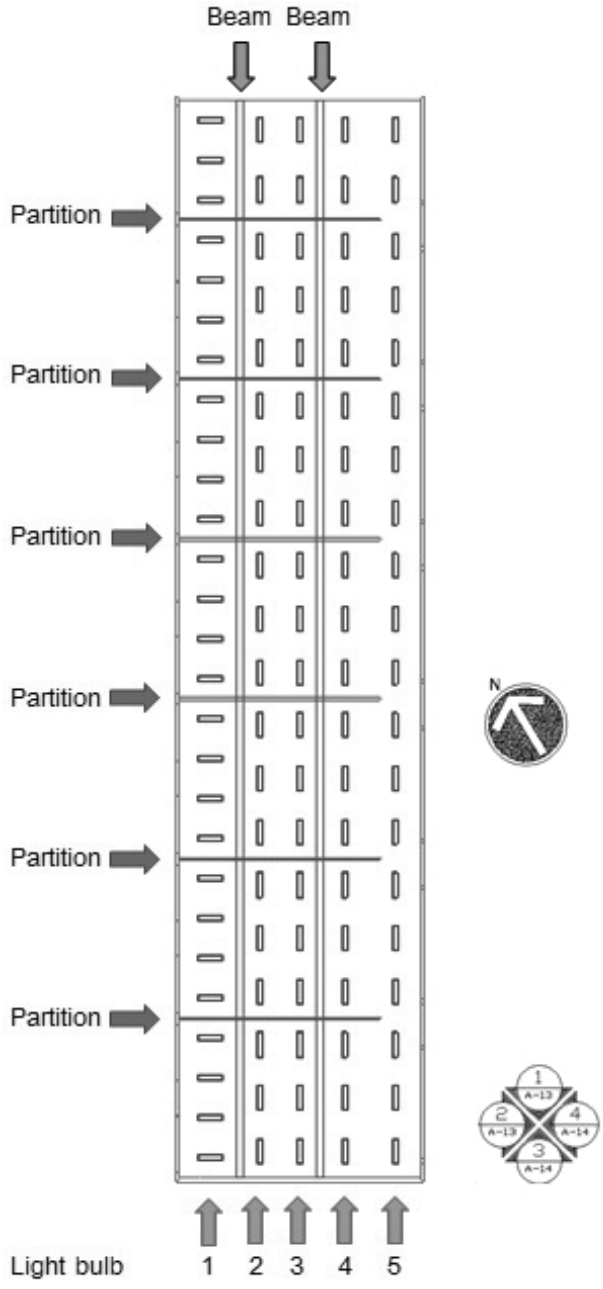


**Figure 3** Demonstrate a position and orientation of existing light bulb AR408

ระบบส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ใช้แหล่งกำเนิดแสงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์และติดตั้งด้วยการยึดกับเพดานของห้อง AR408 ซึ่งรูปแบบการติดตั้งจะเป็นแถวตามแนวยาวของห้อง แบ่งเป็น 5 แถว เพื่อหลีกเลี่ยงแนวคานที่เป็นโครงสร้างหลักของอาคารและทำให้สามารถติดตั้งสวิตช์แยกย่อยสำหรับควบคุมหลอดไฟฟ้าตามระยะห่างจากช่องเปิดของห้องได้ โดยมีจำนวนหลอดไฟฟ้าทั้งหมด 131 ชุด ประกอบด้วย แถวที่ 1 ติดตั้งชิดกับประตูกระจกใสและหน้าต่างกระจกใส (ด้านมุมมองรูปด้านที่ 2) มีแนวหลอดไฟฟ้าขวางกับแนวยาวของห้อง จำนวน 27 ชุด แถวที่ 2 กับ 3 ติดตั้งบริเวณกึ่งกลางของห้อง (ระหว่างแนวคาน) มีแนวหลอดไฟฟ้าขนานกับแนวยาวของห้อง จำนวนแถวละ 26 ชุด และแถวที่ 4 กับ 5 ติดตั้งชิดกับประตูไม้พร้อมช่องแสงขนาดเล็กบนบาน (ด้านมุมมองรูปด้านที่ 4) มีแนวหลอดไฟฟ้าขนานกับแนวยาวของห้อง จำนวนแถวละ 26 ชุด ผังการติดตั้งหลอดไฟฟ้าของห้อง AR408 แสดงใน Figure 3

ลักษณะห้อง AR408 ดังกล่าวสามารถนำมาตั้งค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญในแบบจำลองของห้องเสมือนจริงสำหรับโปรแกรม DIALux ได้ดังนี้

**Table 1** Parameters input

| Factor | Value |
|---|---|
| Room Parameters | |
| Maintenance Factor | 0.67 |
| Ceiling Reflection Factor | 70% |
| Walls Reflection Factor | 50% |
| Floor Reflection Factor | 20% |
| Windows Parameters | |
| Degree of Transmission | 90% |
| Pollution Factor | 0.80 |
| Framing Factor | 0.85 |
| Reflection Factor | 10% |
| Transparency | 90% |
| Roughness | 0% |

ส่วนค่าพารามิเตอร์อื่นใช้ค่าเริ่มต้น (default) ของโปรแกรม แบบจำลองห้องเรียนต้นแบบก่อนทำการปรับปรุงมีลักษณะ 3 มิติ ดังแสดงใน Figure 4

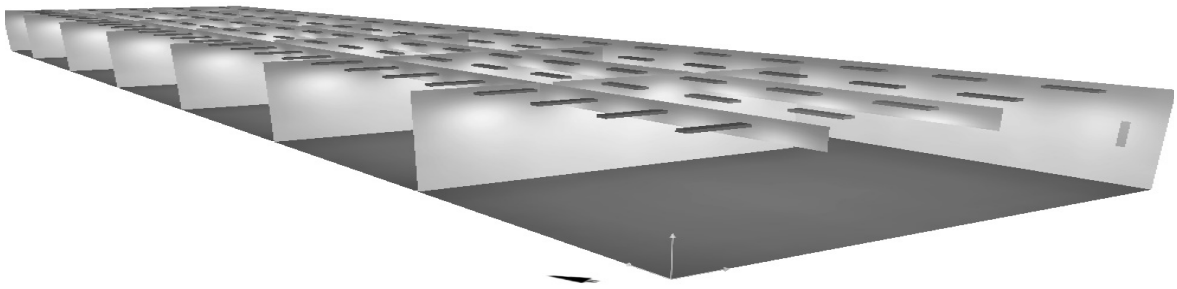

**Figure 4** 3D computer simulation of base case

2. แบบจำลองห้องเรียนหลังทำการปรับปรุง (alternative case)

จากงานวิจัยการประเมินการปรับปรุงระบบเปลือกอาคารและการใช้แสงธรรมชาติของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม[4] และงานวิจัยการปรับปรุงห้องเรียนภาคปฏิบัติของอาคารเรียน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติให้เหมาะสมสำหรับนำมาใช้งาน[5] ซึ่งงานวิจัยทั้งสองได้ศึกษาเฉพาะแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติเท่านั้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ต่อยอดองค์ความรู้ด้านแสงสว่างโดยใช้รูปแบบการปรับปรุงสภาพห้องจากงานวิจัยข้างต้น มาศึกษาการบูรณาการแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์โดยพิจารณาจากแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องที่มีความสมดุลทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพของแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในห้องที่มีความเหมาะสมมากที่สุด กล่าวคือ สภาพห้องที่ประกอบด้วยการผสมผสานการเปลี่ยนแปลงของการปรับปรุงฝ้าเพดาน การปรับปรุงผนังภายใน และการปรับปรุงช่องเปิด[6] ดังแสดงใน Figure 5 ซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ มีรายละเอียด ดังนี้

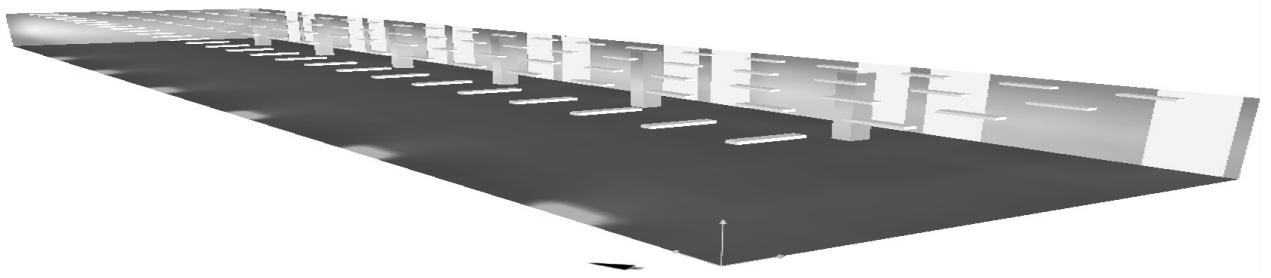

**Figure 5** 3D computer simulation of alternative case

*การปรับปรุงฝ้าเพดาน* - ทำให้ห้องเรียนมีความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดานลดลงเป็น 2.5 เมตร สัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดในตำแหน่งมุมมองรูปด้านที่ 2 เพิ่มขึ้นเป็น 62.22% และสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดในตำแหน่งมุมมองรูปด้านที่ 4 เพิ่มขึ้นเป็น 1.54% (พื้นที่ผนังลดลง)

*การปรับปรุงผนังภายใน* – ทำให้ห้องเรียนเปลี่ยนแปลงเป็นห้องขนาดใหญ่เพียงห้องเดียว

*การปรับปรุงช่องเปิด* - ทำให้ห้องเรียนมีสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดในตำแหน่งมุมมองรูปด้านที่ 4 เพิ่มขึ้นเป็น 33.00%

## การกำหนดลักษณะจำลองของสภาพท้องฟ้า

แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติที่ศึกษาเป็นสภาพท้องฟ้าโปร่งที่มีแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ของจังหวัดมหาสารคาม บริเวณเส้นรุ้งที่ 16.0 องศา เหนือ และเส้นแวงที่ 103.2 องศาตะวันออก สำหรับวันและเวลาที่ศึกษาพิจารณาจากวันที่โลกได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์มากที่สุดร่วมกับเวลาที่นิสิตใช้ในการทำงานภายในห้อง AR408 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. วันครีษมายัน (Summer solstice)

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 10:00 น., 12:00 น., 14:00 น. และ 16:00 น.

2. วันศารทวิษุวัต (Autumnal equinox)

วันที่ 21 กันยายน เวลา 10:00 น., 12:00 น., 14:00 น. และ 16:00 น.

3. วันเหมายัน (Winter solstice)

วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 10:00 น., 12:00 น., 14:00 น. และ 16:00 น.

การกำหนดลักษณะจำลองของแสงประดิษฐ์

สำหรับการตั้งค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองแสงประดิษฐ์จะใช้ข้อมูลทางเทคนิคจากบริษัทผู้ผลิตหลอดไฟฟ้าและดวงโคมไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้สำหรับศึกษาดังนี้

1. หลอดไฟฟ้า

*1.1 ผู้ผลิตยี่ห้อ A*

ระบบส่องสว่างของห้อง AR408 ตามแบบก่อสร้างจะติดตั้งด้วยหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T8 ของผู้ผลิตยี่ห้อ A รุ่น LUMILUX T8 ขนาด 36 วัตต์ เพื่อเป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่างภายในห้อง ดังนั้นข้อมูลของแบบจำลองแสงประดิษฐ์ที่ใช้ในการศึกษาจึงอ้างอิงรายละเอียดและคุณสมบัติทางเทคนิคตามที่ผู้ผลิตหลอดไฟยี่ห้อ A ได้ระบุไว้ และกำหนดให้เป็นแบบจำลองตั้งต้นในการเป็นต้นแบบสำหรับเปรียบเทียบผลที่ได้จากการปรับปรุงสภาพห้องเพื่อศึกษาการบูรณาการแสงธรรมชาติกับแสงประดิษฐ์

*1.2 ผู้ผลิตยี่ห้อ B*

หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T5 เป็นหลอดไฟที่ทางมหาวิทยาลัยมหาสารคามเลือกใช้ในการปรับปรุงระบบส่องสว่างสำหรับทุกหน่วยงานในมหาวิทยาลัย เนื่องจากประหยัดพลังงานมากกว่าหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T8 ซึ่งห้อง AR408 ก็ได้ปรับเปลี่ยนเป็นหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T5 ของผู้ผลิตยี่ห้อ B รุ่น FHE-5/28Z ขนาด 28 วัตต์ ทั้งห้อง แต่งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาเปรียบเทียบประเภทหลอดไฟที่แตกต่างกัน จึงพิจารณาหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T5 ของผู้ผลิตยี่ห้อ B รุ่น FHE-5/14Z ขนาด 14 วัตต์ เป็นตัวเลือกเพิ่มเติมและอ้างอิงข้อมูลทางเทคนิคตามที่ผู้ผลิตหลอดไฟยี่ห้อ B ระบุไว้เดียวเช่นกัน

2. ดวงโคมไฟฟ้า

ชุดดวงโคมไฟฟ้าที่ห้อง AR408 ติดตั้งประกอบกับหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นของผู้ผลิตยี่ห้อ C รุ่น DLI2-240 มีลักษณะเป็นชุดดวงโคมสำหรับติดตั้งหลอดไฟ 2 หลอด และมีแผ่นสะท้อนแสงบริเวณด้านข้างของชุดดวงโคมที่ทำจากแผ่นอลูมิเนียมที่มีค่าความบริสุทธิ์มากกว่า 99.85% เพื่อเพิ่มปริมาณความส่องสว่างให้กับพื้นที่ใต้ชุดดวงโคม รูปแบบการติดตั้งเป็นการยึดติดกับเพดานหรือฝ้าของห้อง

## การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลของงานวิจัยที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม DIALux จะเป็นตัวเลขแสดงค่าความส่องสว่างในหน่วยลักซ์ แสดงปริมาณความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์บนระนาบทำงานขนาด 12 x 54 ตารางเมตร (เท่ากับขนาดของห้อง AR408) และมีความสูงเหนือระดับพื้นห้อง 0.75 เมตร (Figure 6 left) โดยแบ่งระนาบทำงานเป็นส่วนย่อย เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่ในการคำนวณ ซึ่งแต่ละส่วนมีขนาด 1 x 1 ตารางเมตร (1 ส่วนต่อ 1 ค่าการคำนวณ) เพราะฉะนั้นจึงมีทั้งหมด 12 x 54 = 648 ส่วน (648 ค่าการคำนวณ) (Figure 6 right) และนำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลในรูปแบบของแผนภูมิพื้นผิวแสดงความสัมพันธ์ของค่าความส่องสว่างกับระยะความกว้างและความยาวของห้อง

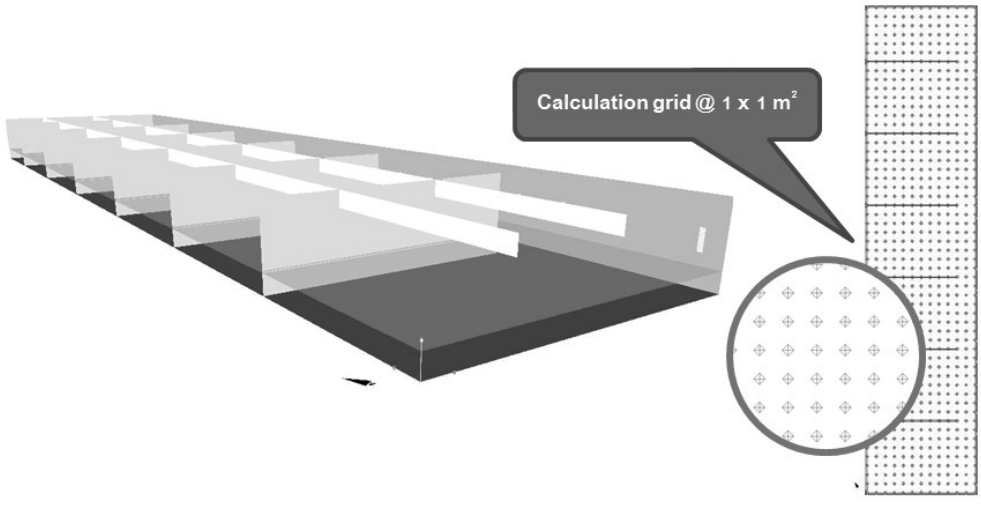


**Figure 6** Location of work plane (left) and a divided of calculation area (right) in studio AR408

ลักษณะของแบบจำลองเสมือนจริง ประกอบด้วยสภาพห้อง AR408 ทั้งหมด 2 รูปแบบ (ห้องก่อนและหลังการปรับปรุงอย่างละ 1 รูปแบบ) สภาพจำลองท้องฟ้าเสมือนจริง 12 รูปแบบ (วันที่ 21 มิถุนายน 4 รูปแบบ วันที่ 21 กันยายน 4 รูปแบบ และวันที่ 21 ธันวาคม 4 รูปแบบ) และสภาพจำลองแสงประดิษฐ์เสมือนจริง 3 รูปแบบ (หลอดไฟ 36 วัตต์ และหลอดไฟ 28 วัตต์ อย่างละ 1 รูปแบบ และหลอดไฟแบบผสม 28 วัตต์ กับ 14 วัตต์ 1 รูปแบบ) ทำให้มีชุดข้อมูลสำหรับใช้คำนวณด้วยโปรแกรม DIALux จำนวน 2 x 12 x 3 = 72 ชุดข้อมูล ซึ่งเป็นจำนวนที่มากเพียงพอและเหมาะสมต่อการวิเคราะห์

## ผลการศึกษา

แบบจำลองที่ 1 สภาพห้อง AR408 ก่อนทำการปรับปรุง และติดตั้งหลอดไฟ 36 วัตต์

แบบจำลองนี้มีรูปแบบเหมือนกับแบบก่อสร้าง ซึ่งมีรายละเอียดตามที่กล่าวไปแล้ว และติดตั้งชุดหลอดไฟ T8 36 วัตต์ จำนวน 131 ชุดๆ ละ 2 หลอด รวมเป็น 262 หลอด บริโภคพลังงานในส่วนของหลอดไฟฟ้าประมาณ 9,432 วัตต์ ให้ค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานเฉลี่ยตลอดทั้งปี 757.17 ลักซ์ โดยมีค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดเท่ากับ 367.83 ลักซ์ และ 1,624.42 ลักซ์ ตามลำดับ มีรายละเอียดตามแสดงใน Figure 7

แบบจำลองที่ 2 สภาพห้อง AR408 ก่อนทำการปรับปรุง และติดตั้งหลอดไฟ 28 วัตต์

แบบจำลองนี้มีรูปแบบของสภาพห้องเหมือนกับแบบก่อสร้างเช่นเดียวกับแบบจำลองที่ 1 แต่เปลี่ยนหลอดไฟจาก T8 36 วัตต์ เป็นหลอดไฟ T5 28 วัตต์ ทั้งหมด ซึ่งทำให้การบริโภคพลังงานในส่วนของหลอดไฟฟ้ามีค่าประมาณ 7,336 วัตต์ ให้ค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานเฉลี่ยตลอดทั้งปี 655.67 ลักซ์ โดยมีค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดเท่ากับ 309.67 ลักซ์ และ 1,542.75 ลักซ์ ตามลำดับ มีรายละเอียดตามแสดงใน Figure 8

แบบจำลองที่ 3 สภาพห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุง และติดตั้งหลอดไฟ 28 วัตต์

แบบจำลองนี้เปลี่ยนแปลงลักษณะของสภาพห้องตามที่กล่าวในหัวข้อการกำหนดลักษณะของแบบจำลอง ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเหมาะสมที่สุดทั้งด้านประสิทธิภาพและคุณภาพของแสง และติดตั้งชุดหลอดไฟ T5 28 วัตต์ เหมือนแบบจำลองที่ 2 (การบริโภคพลังงานในส่วนของหลอดไฟฟ้ามีค่าประมาณ 7,336 วัตต์) ให้ค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานเฉลี่ยตลอดทั้งปี 962.17 ลักซ์ โดยมีค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดเท่ากับ 575.67 ลักซ์ และ 1,830.50 ลักซ์ ตามลำดับ มีรายละเอียดตามแสดงใน Figure 9

แบบจำลองที่ 4 สภาพห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุง และติดตั้งหลอดไฟ 28 และ 14 วัตต์

ลักษณะของแบบจำลองนี้เป็นการพัฒนาต่อเนื่องจากแบบจำลองที่ 3 กล่าวคือ สภาพห้องเหมือนกับแบบจำลองที่ 3 แต่ปรับเปลี่ยนประเภทของหลอดไฟที่ใช้จากที่เป็นชุดหลอดไฟ T5 28 วัตต์ ทั่วทั้งห้องให้เป็นชุดหลอดไฟ T5 28 วัตต์ และ 14 วัตต์ โดยชุดหลอดไฟ 14 วัตต์ จะติดตั้งชิดริมหน้าต่าง (ชุดหลอดไฟแถวที่ 1 ใน Figure 3) จำนวน 27 ชุด ส่วนชุดหลอดไฟที่เหลืออีก 104 ชุด จะเป็นหลอดไฟ 28 วัตต์ ทั้งหมด เนื่องจากบริเวณพื้นที่ริมหน้าต่างของห้องจะได้รับปริมาณแสงธรรมชาติมากอยู่แล้วทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้ชุดหลอดไฟที่ให้ความส่องสว่างปริมาณมากในบริเวณนี้ การบริโภคพลังงานในส่วนของหลอดไฟฟ้ามีค่าประมาณ 6,580 วัตต์ ให้ค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานเฉลี่ยตลอดทั้งปี 907.25 ลักซ์ โดยมีค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดเท่ากับ 568.00 ลักซ์ และ 1,845.83 ลักซ์ ตามลำดับ มีรายละเอียดตามแสดงใน Figure 10

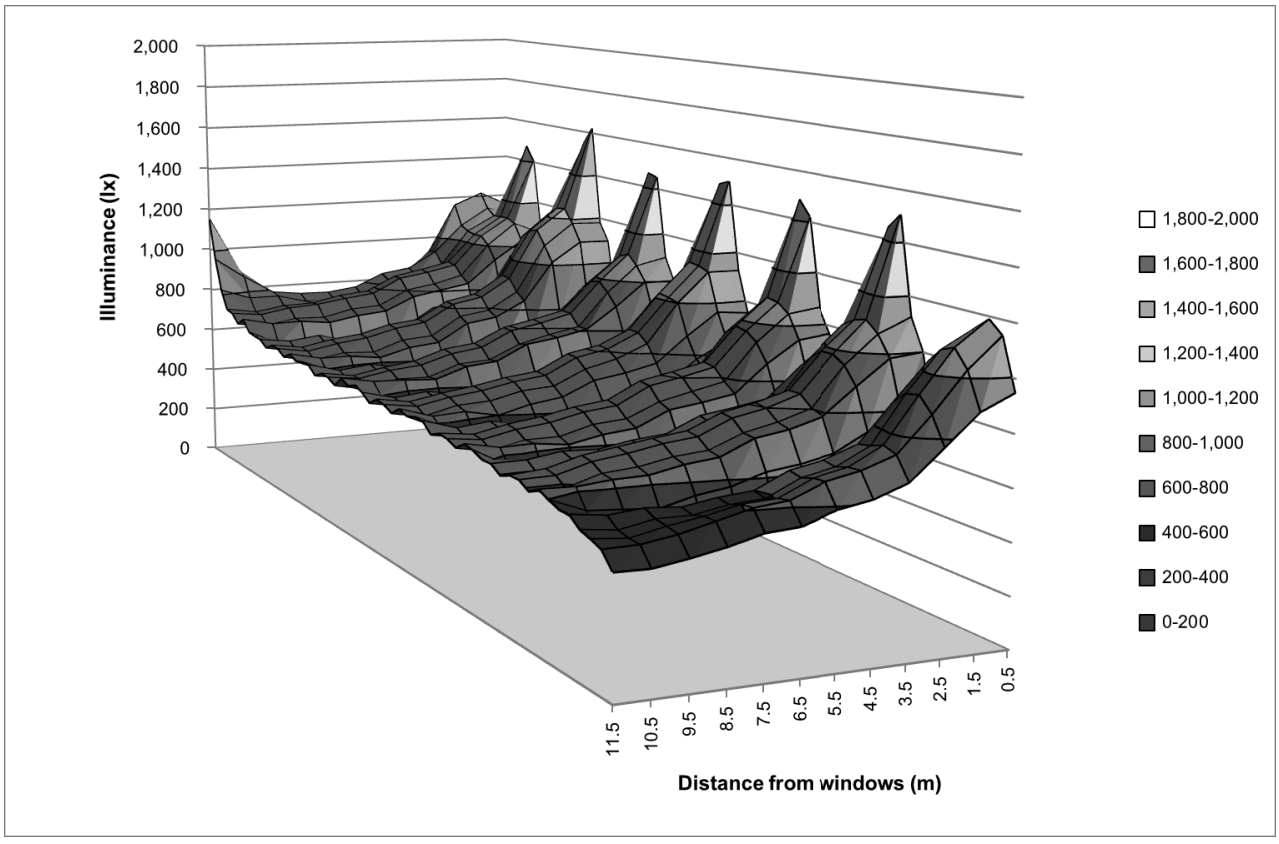


**Figure 7** 3D surface chart shows an annual illuminance average value of base case with 36 watt fluorescent light bulbs

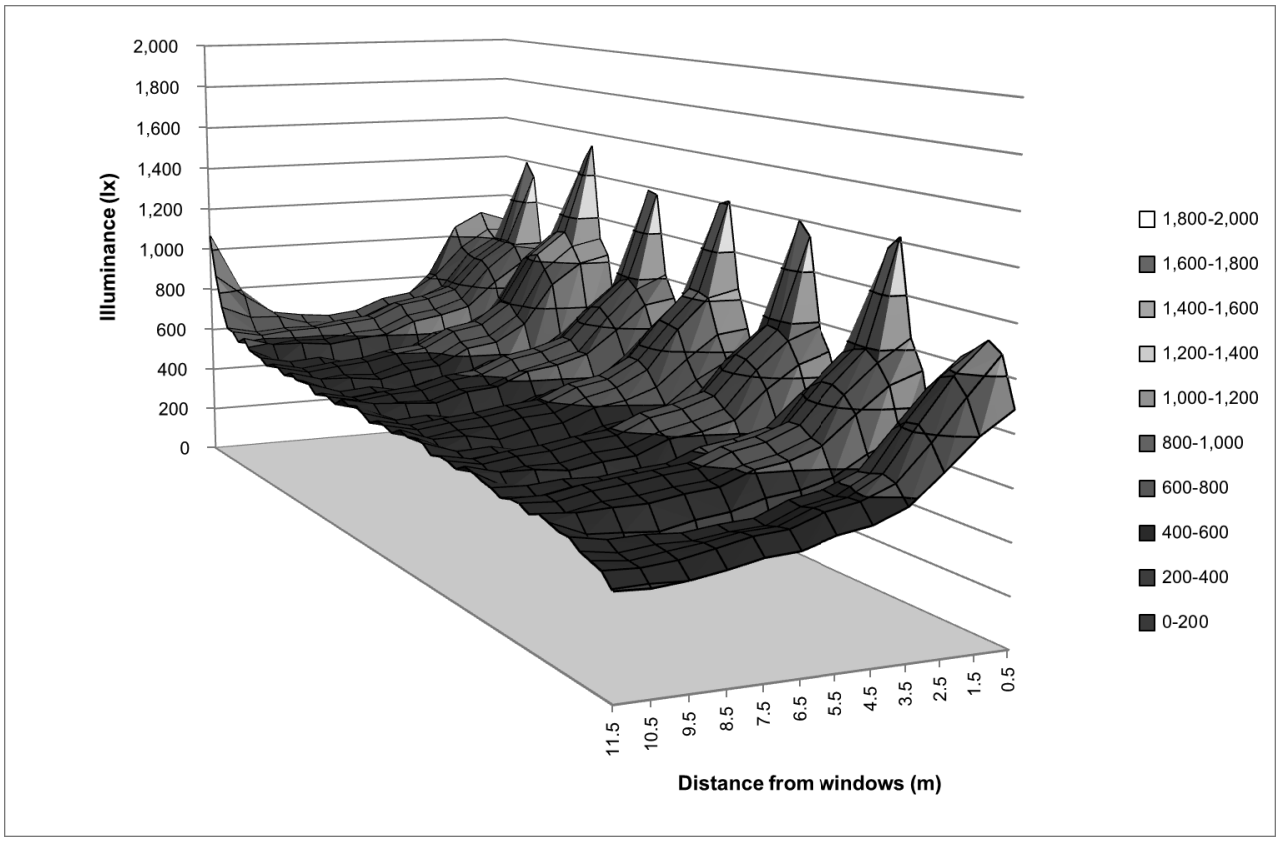


**Figure 8** 3D surface chart shows an annual illuminance average value of base case with 28 watt fluorescent light bulbs

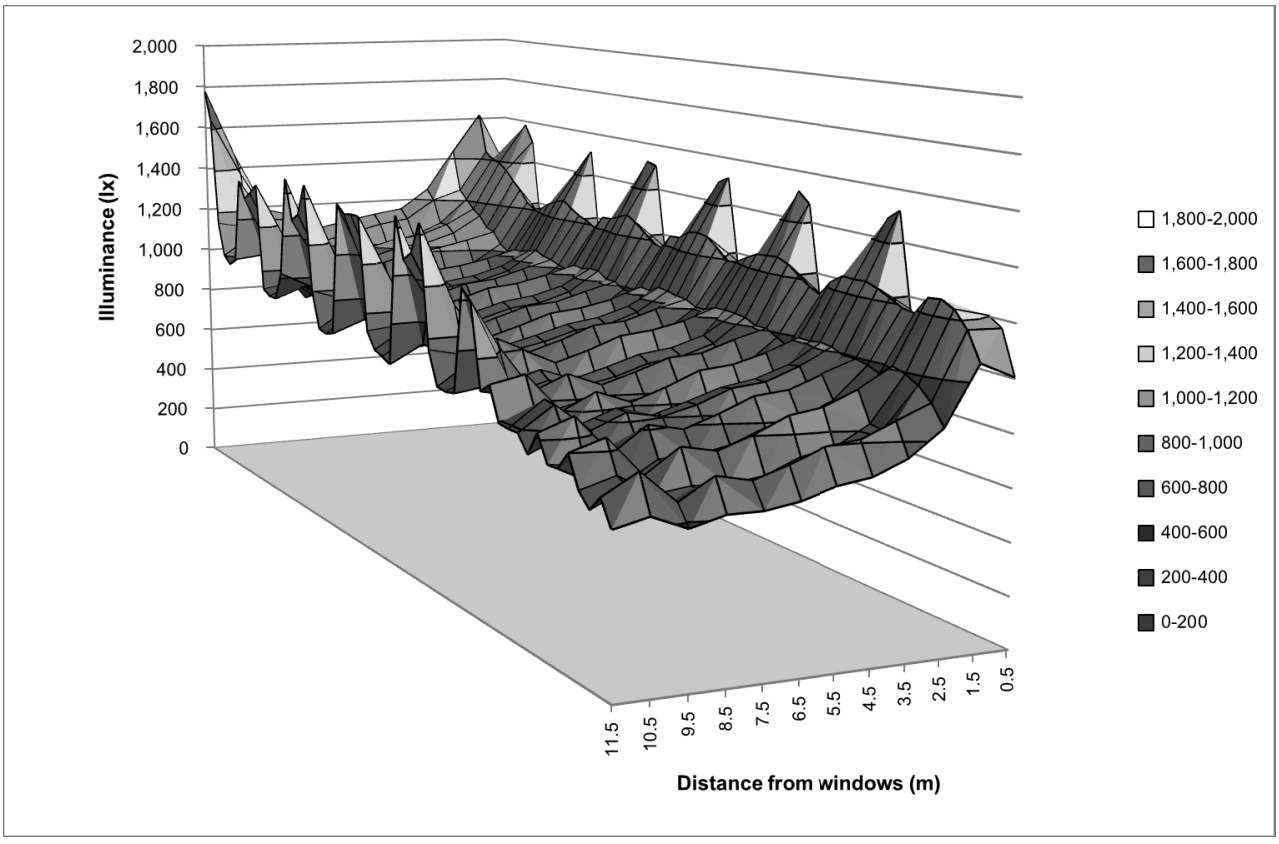


**Figure 9** 3D surface chart shows an annual illuminance average value of alternative case with 28 watt fluorescent light bulbs

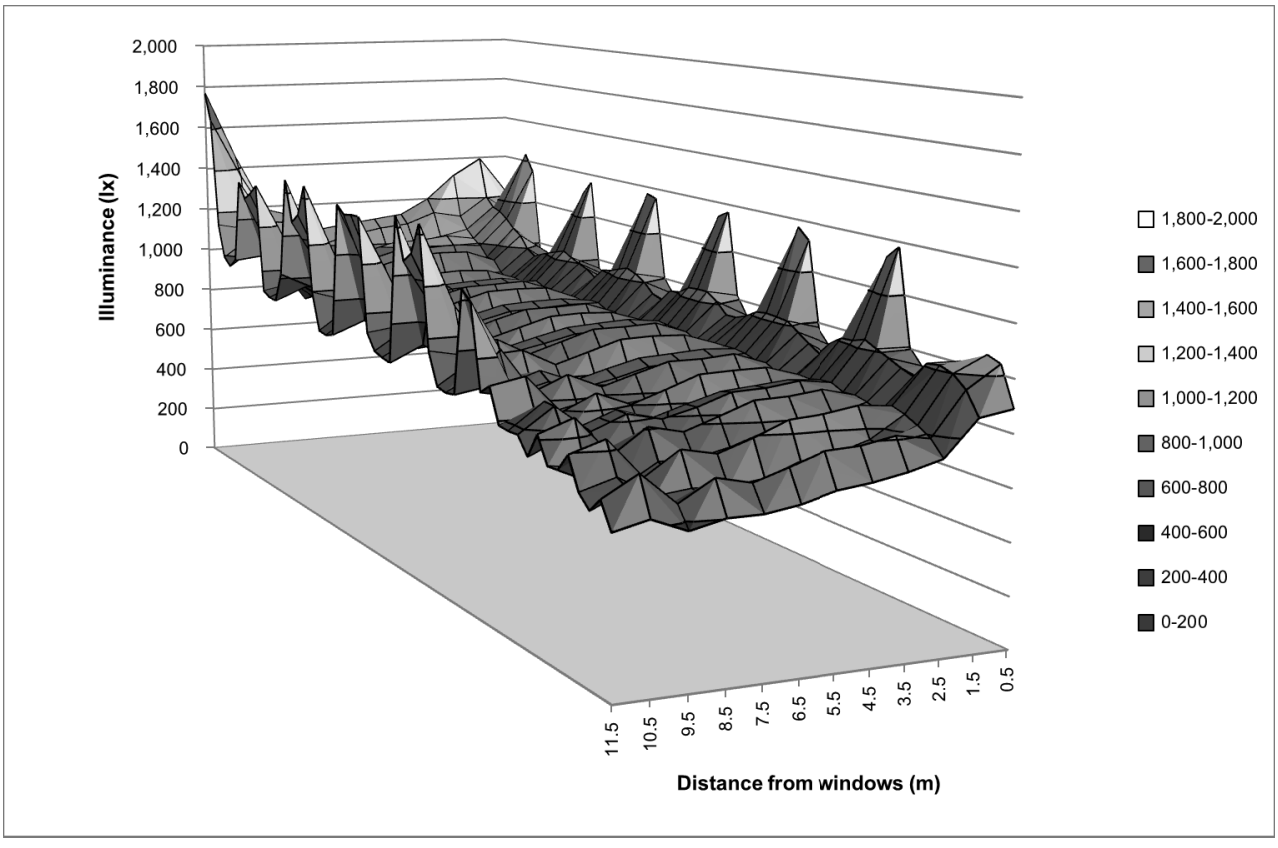


**Figure 10** 3D surface chart shows an annual illuminance average value of alternative case with 28 and 14 watt fluorescent light bulbs

## ปริมาณพลังงานที่ใช้ในการส่องสว่าง

งานวิจัยนี้วิเคราะห์การใช้พลังงานจากการพิจารณาอัตรากำลัง (power) ของหลอดไฟฟ้า โดยพิจารณาเฉพาะพลังงานที่ใช้กับหลอดไฟเท่านั้นไม่ได้พิจารณาพลังงานจากส่วนประกอบอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น บัลลาสต์ สตาร์ทเตอร์ เป็นต้น ซึ่งการวิเคราะห์แบบจำลองต่างๆ จะใช้แบบจำลองที่ 1 เป็นมาตรฐานตั้งต้นสำหรับเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าพลังงานที่ใช้ของหลอดไฟฟ้าในรูปแบบร้อยละหรือ % สำหรับรายละเอียดของปริมาณพลังงานที่ใช้แสดงใน Table 2 และ Table 3

## ปริมาณความส่องสว่างที่เกิดขึ้นภายในห้อง

ปริมาณความส่องสว่างจากการบูรณาการแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ที่เกิดขึ้นภายในห้อง AR408 ที่เหมาะสมในการใช้งาน สามารถพิจารณาได้จากเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานเฉลี่ยทั่วทั้งห้องตลอดทั้งปีที่ได้จากการแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องแต่ละรูปแบบเทียบกับแนวทางการปรับปรุงต้นแบบ (แบบจำลองที่ 1) ในรูปแบบร้อยละหรือ % สำหรับรายละเอียดของปริมาณความส่องสว่างที่เกิดขึ้นภายในห้องแสดงใน Table 4

**Table 2** Compare physical condition of model study in this research

| Model | Case study | Type of light bulb | Amount of luminaire | Amount of light bulb |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Base Case | T8 36W | 131 | 262 |
| 2 | Base Case | T5 28W | 131 | 262 |
| 3 | Alternative Case | T5 28W | 131 | 262 |
| 4 | Alternative Case | T5 28W<br>T5 14W | 104<br>27 | 208<br>54 |

**Table 3** Compare percentage of lumen per square meter ($lm/m^2$) and percentage of power (watt)

| Model | Lumen per square meter ($lm/m^2$) | Percentage of $lm/m^2$ (%) | Power (watt) | Percentage of power (%) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,314.04 | 100.00 | 9,432 | 100.00 |
| 2 | 1,051.23 | 79.99 | 7,336 | 77.78 |
| 3 | 1,051.23 | 79.99 | 7,336 | 77.78 |
| 4 | 942.90 | 71.76 | 6,580 | 69.76 |

**Table 4** Compare maximum, minimum, average and percentage of work plane's illuminance

| Model | Illuminance (lux) | | | Percentage of average illuminance (%) |
|---|---|---|---|---|
| | Max | Min | Mean | |
| 1 | 1,624.42 | 367.83 | 757.17 | 100.00 |
| 2 | 1,542.75 | 309.67 | 655.67 | 86.59 |
| 3 | 1,830.50 | 575.67 | 962.17 | 127.07 |
| 4 | 1,845.83 | 568.00 | 907.25 | 119.82 |

## วิจารณ์และสรุปผล

แนวทางการเลือกรูปแบบเพื่อนำไปใช้งานจริง

1. แบบจำลองที่ 1

ใช้เป็นต้นแบบในการพิจารณาเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่นเท่านั้น ไม่มีการวิเคราะห์ข้อมูลความเหมาะสมในการนำมาใช้งานใดๆ ทั้งสิ้นจากแบบจำลองนี้

2. แบบจำลองที่ 2

เมื่อพิจารณาปริมาณพลังงานที่ใช้เป็นหลักแบบจำลองนี้มีความเหมาะสมอยู่ในลำดับที่ 2 (เท่ากับแบบจำลองที่ 3) และเมื่อพิจารณาปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยเป็นหลักแบบจำลองนี้มีความเหมาะสมอยู่ในลำดับที่ 3

3. แบบจำลองที่ 3

เมื่อพิจารณาปริมาณพลังงานที่ใช้เป็นหลักแบบจำลองนี้มีความเหมาะสมอยู่ในลำดับที่ 2 (เท่ากับแบบจำลองที่ 2) และเมื่อพิจารณาปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยเป็นหลักแบบจำลองนี้มีความเหมาะสมอยู่ในลำดับที่ 1

4. แบบจำลองที่ 4

เมื่อพิจารณาปริมาณพลังงานที่ใช้เป็นหลักแบบ

จำลองนี้มีความเหมาะสมอยู่ในลำดับที่ 1 และเมื่อพิจารณาปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยเป็นหลักแบบจำลองนี้มีความเหมาะสมอยู่ในลำดับที่ 2

จากลำดับความเหมาะสมของแนวทางการปรับปรุงสภาพห้อง AR408 ตามแบบจำลองข้างต้น หากต้องนำไปใช้อ้างอิงในการปรับปรุงอาคารจริง พบว่า ลำดับความเหมาะสมของรูปแบบการปรับปรุงอาคารที่เป็นอันดับ 1 มี 2 รูปแบบ ซึ่งไม่ใช่แบบจำลองรูปแบบเดียวกัน กล่าวคือแบบจำลองที่ 3 อยู่ในลำดับที่ 1 เมื่อพิจารณาปริมาณความส่องสว่างเป็นหลัก และแบบจำลองที่ 4 อยู่ในลำดับที่ 1 เมื่อพิจารณาปริมาณพลังงานที่ใช้เป็นหลัก โดยในการนำข้อมูลไปใช้อ้างอิงเพื่อปรับปรุงอาคารภายใต้สภาวะจริงนั้น ต้องพิจารณาถึงปริมาณความส่องสว่างเป็นอันดับแรก เพราะในการทำกิจกรรมใดๆ บนพื้นที่ที่มีแสงสว่างไม่เพียงพออาจจะส่งผลให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานได้ ดังนั้นการออกแบบระบบส่องสว่างภายในอาคารจึงควรให้ความสำคัญกับปริมาณความส่องสว่างเป็นอันดับแรก สำหรับการเปรียบเทียบระดับของค่าปริมาณความส่องสว่างของแบบจำลองทั้ง 4 รูปแบบ จะใช้การพิจารณาจากแนวกึ่งกลางของห้องเป็นหลัก เนื่องจากเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากการสะท้อนแสงจากผนังภายนอกของห้องน้อยที่สุด (Figure 11) จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลในรูปของกราฟเส้น ดังแสดงใน Figure 12

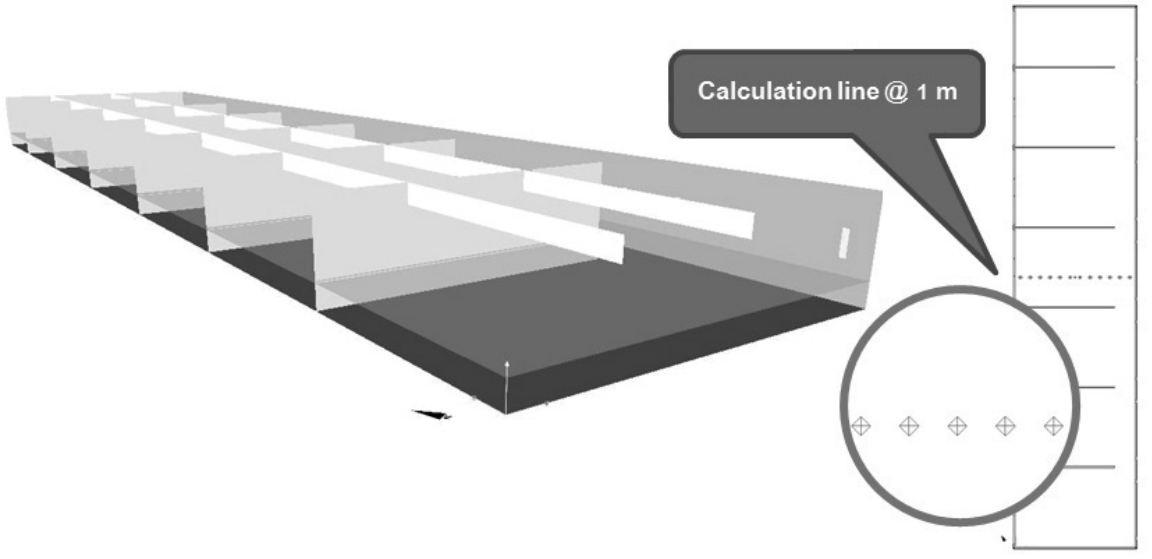


**Figure 11** Calculation areas at middle of room for compare illuminance's analysis

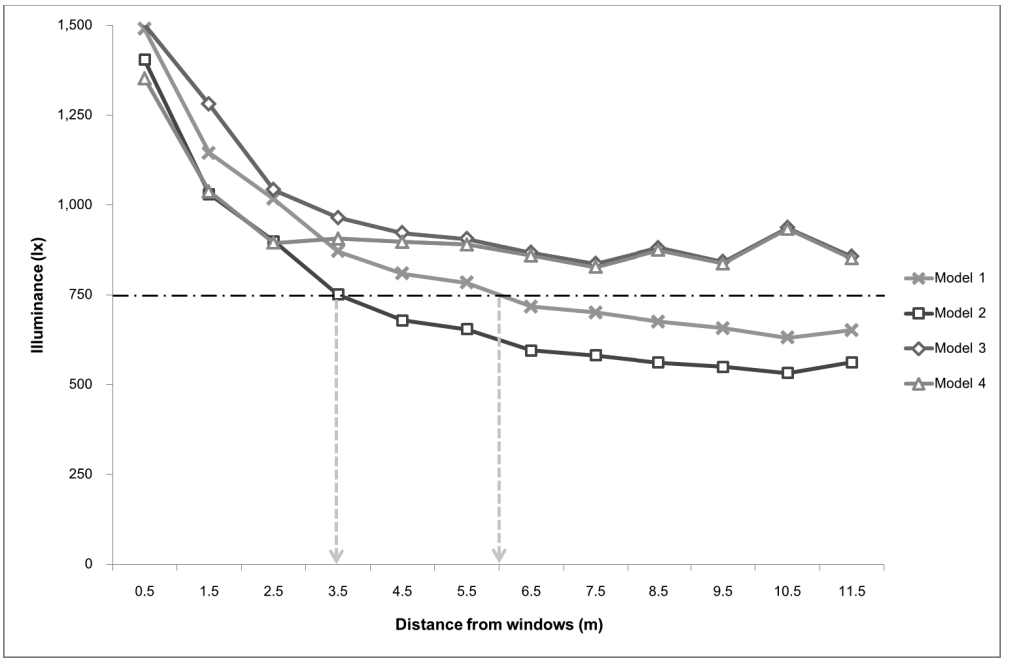


**Figure 12** Compare annual illuminance average value at middle of studio AR408 for each model study

ข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทยได้กำหนดค่าความส่องสว่างขั้นต่ำสำหรับการทำงานเขียนแบบไว้ที่ 750 ลักซ์ เมื่อเปรียบเทียบกับแผนภูมิผลลัพธ์แสดงค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานของห้อง AR408 ใน Figure 12 จะเห็นได้ว่าสภาพห้องจากแบบจำลองที่ 1 มีระดับความส่องสว่างที่เหมาะสมในการใช้งานที่ระยะห่างจากหน้าต่าง 6 เมตร ส่วนสภาพห้องจากแบบจำลองที่ 2 ที่มีการปรับเปลี่ยนประเภทของหลอดไฟโดยลดขนาดอัตรากำลังของหลอดไฟฟ้าลง เพื่อประหยัดพลังงานที่ใช้จะมีระดับความส่องสว่างที่เหมาะสมในการใช้งานที่ระยะห่างจากหน้าต่าง 3.5 เมตร เท่านั้น ซึ่งน้อยกว่าแบบจำลองที่ 1 ค่อนข้างมาก ส่วนแบบจำลองที่ 3 และ 4 จะมีระดับความส่องสว่างที่เหมาะสมในการใช้งานตลอดทั่วทั้งห้อง ทั้งนี้เป็นผลมาจากการปรับปรุงสภาพทางกายภาพของห้อง AR408 เพื่อเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติให้เข้ามาได้มากขึ้น เมื่อพิจารณาโดยละเอียดควบคู่กับปริมาณพลังงานที่ใช้ จะพบว่าแบบจำลองที่ 4 จะให้ค่าความส่องสว่างต่ำกว่า แบบจำลองที่ 3 เพียงเล็กน้อย เนื่องจากอัตรากำลังของหลอดไฟรวมจากแบบจำลองที่ 4 น้อยกว่ากล่าวคือ ใช้หลอดไฟ 28 วัตต์ ควบคู่กับหลอดไฟ 14 วัตต์ แต่แบบจำลองที่ 3 ใช้หลอดไฟ 28 วัตต์ เพียงอย่างเดียว ซึ่งจะทำให้มีการใช้พลังงานน้อยลงตามไปด้วย แต่ปริมาณความส่องสว่างบนระนาบทำงานยังอยู่ในเกณฑ์ขั้นต่ำตามที่สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทยกำหนด

ดังนั้นการเลือกรูปแบบที่เหมาะสมที่สุดในการปรับปรุงสภาพห้องไม่จำเป็นต้องเป็นรูปแบบที่ให้ค่าความส่องสว่างมากที่สุด แต่ต้องเป็นรูปแบบที่มีความสมดุลระหว่างปริมาณความส่องสว่างที่เกิดขึ้นภายในห้อง (มีความเพียงพอต่อกิจกรรม) กับปริมาณพลังงานที่ใช้ในการส่องสว่าง เช่นเดียวกับแนวทางการปรับปรุงห้องตามแบบจำลองที่ 4 ที่ไม่ได้มีค่าความส่องสว่างมากที่สุด แต่มีการบริโภคพลังงานต่ำที่สุด และเมื่อพิจารณาตามข้อกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำแล้วก็ยังสามารถให้ความส่องสว่างได้อย่างเพียงพอในการเขียนแบบ ซึ่งการออกแบบระบบส่องสว่างภายในอาคารที่มีการใช้งานในเวลากลางวันเป็นส่วนใหญ่นั้นจำเป็นต้องพิจารณาปริมาณความส่องสว่างที่ได้จากแสงธรรมชาติควบคู่กับแสงประดิษฐ์ไปพร้อมกัน โดยต้องวิเคราะห์ขอบเขตพื้นที่ที่แสงธรรมชาติสามารถให้ความส่องสว่างได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอต่อการทำกิจกรรมก่อน แล้วจึงออกแบบระบบแสงประดิษฐ์เสริมในพื้นที่ที่แสงธรรมชาติให้ความส่องสว่างไม่เพียงพอ ตามแนวความคิดที่แสดงใน Figure 13 จึงจะทำให้การใช้งานภายในห้องปลอดภัยและประหยัดพลังงานไปพร้อมกันอย่างสมดุลตามแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานในอาคารอย่างยั่งยืน

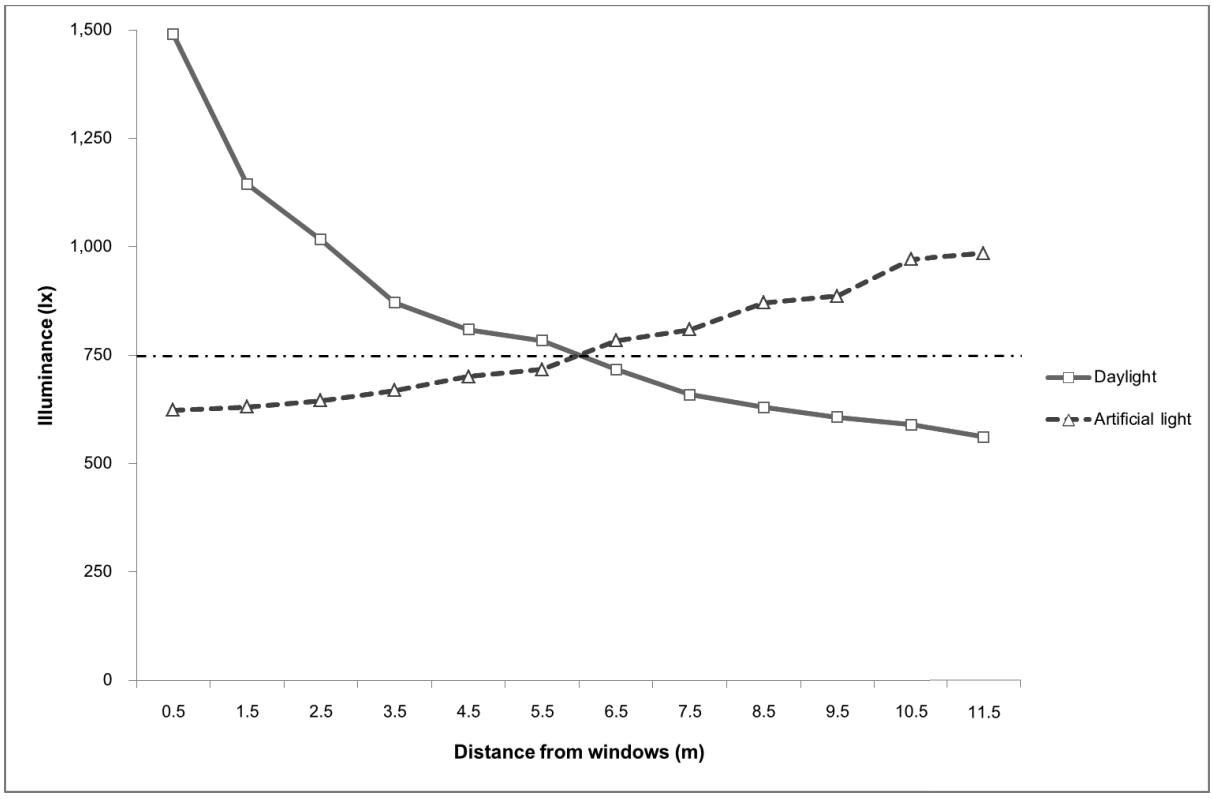


**Figure 13** Lighting design concept for integrating daylighting and artificial lighting in design studio

## ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้ศึกษาห้องปฏิบัติการเขียนแบบเท่านั้น การศึกษาขั้นต่อไปควรศึกษาห้องที่มีกิจกรรมรูปแบบอื่นเพิ่มเติม

2. งานวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะปัจจัยทางด้านแสงสว่างเท่านั้น ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงอิทธิพลจากปัจจัยอื่น เช่น ปัจจัยด้านความร้อน ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น

3. งานวิจัยนี้ศึกษาภายใต้สภาพท้องฟ้าโปร่งเพียงอย่างเดียว จึงควรมีการทดลองกับสภาพท้องฟ้าแบบอื่นในการศึกษาต่อยอด

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนสนับสนุนการวิจัย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ประจำปีงบประมาณ 2556 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

## เอกสารอ้างอิง

1. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม สู่การเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว [serial online]. สืบค้นจาก: http://www.web.msu.ac.th/ sweb/Gmsu/gmsu.php. เมื่อ 6 มีนาคม 2557.
2. ธนิต จินดาวนิค. การประหยัดพลังงานในอาคาร. Energy Today 2546;3:3.
3. Oakley G, Riffat SB, Shao L. Daylight Performance of Lightpipes. Solar Energy 2000;69:89-98.
4. บริรักษ์ อินทรกุลไชย, วรวรรณ เนตรพระ, นิลปัทม์ ศรีโสภาพ. การประเมินการปรับปรุงระบบเปลือกอาคารและการใช้แสงธรรมชาติของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. งานวิจัยสำนักสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2555.
5. บริรักษ์ อินทรกุลไชย. การปรับปรุงห้องเรียนภาคปฏิบัติของอาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติให้เหมาะสมสำหรับนำมาใช้งาน. งานวิจัยสำนักสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2555.
6. บริรักษ์ อินทรกุลไชย. การปรับปรุงคุณภาพแสงธรรมชาติของห้องปฏิบัติการสถาปัตยกรรมในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง 2556; 10(2):45-65.
7. สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. TIEA-GD003 ข้อแนะนำระดับความส่องสว่างภายในอาคารของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย; 2546.
8. DIALux light. building. software. DIALux 4 with new improved calculation kernel [serial online] Available from: http://www.dial.de/DIAL/ fileadmin/download/ dialux/wissen/Dx4_Rechenkern_eng.pdf. Accessed March 6, 2014.