การปรับปรุงคุณภาพแสงธรรมชาติของห้องปฏิบัติการสถาปัตยกรรมในคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Enhance Daylighting Quality of Architecture Studio in Faculty of Architecture, Urban Design and Creative Arts, Mahasarakham University

บริรักษ์ อินทรกุลไชย

Borirak Intarakulchai

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150

Faculty of Architecture, Urban Design and Creative Arts, Mahasarakham University, Maha Sarakham, 44150, Thailand

E-mail: boririntara@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอผลการวิจัยการปรับปรุงห้องปฏิบัติการสถาปัตยกรรมของอาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติให้เหมาะสมสำหรับนำมาใช้งานภายในห้องปฏิบัติการสถาปัตยกรรมโดยอ้างอิงตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย (สฟสท.) รวมถึงช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการส่องสว่างในเวลากลางวัน งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ลักษณะของห้องปฏิบัติการสถาปัตยกรรมจากแบบก่อสร้าง เพื่อกำหนดแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องโดยไม่ให้ส่งผลกระทบกับโครงสร้างหลักของอาคารและนำมาสร้างเป็นห้องอ้างอิง 3 มิติ ในโปรแกรม DIALux สำหรับจำลองสภาพแสงธรรมชาติ ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการปรับปรุงสภาพห้องโดยผสานทั้ง 4 แนวทาง ประกอบด้วย การปรับปรุงส่วนฝ้าเพดาน การปรับปรุงส่วนผนังภายใน การปรับปรุงส่วนช่องเปิด และการติดตั้งระบบท่อนำแสงแนวนอนเพิ่มเติมเป็นแนวทางการปรับปรุงที่ดีที่สุด ถึงแม้ว่าค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปีต่ำกว่า 750 ลักซ์ ตามข้อแนะนำของ สฟสท. แต่แนวทางการปรับปรุงนั้นสามารถเพิ่มปริมาณความส่องสว่างได้สูงถึง 70.02% และมีคุณภาพของแสงภายในสม่ำเสมอดีกว่าแนวทางการปรับปรุงรูปแบบอื่น โดยองค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยนี้จะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการส่องสว่างในช่วงเวลากลางวันได้และจะนำไปใช้เป็นแนวทางอ้างอิงในการพัฒนาอาคารต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนนโยบาย Going Green ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Abstract

This paper outlines the results of an empirical investigation for improving an architecture studio in the Faculty of Architecture, Urban Design and Creative Arts, Mahasarakham University. The main objective of this research is to increase an appropriate amount of natural-light for the mentioned room, mindful of recommendations of Illuminating Engineering Association of Thailand (TIEA), as well as to reduce electric energy consumption of artificial lighting throughout the day. Notably, the construction drawings of this room have been analyzed in order to identify the characteristics and to determine developing guidelines for the most suitable improving conditions, bearing in mild the main building structure should not be affected – 3D model of the room represented in DIALux lighting simulation software. The result shows that the modification of four main components together including ceiling, interior partitions, voids and adding horizontal light pipe system may well stimulate possible improvements. The recommended average annual illuminance referred to TIEA is lower than 750 LUX. This modification could increase illuminance up to 70.02% and the light-quality is better than

other guidelines. In the light of finding, the knowledge of this research can be applied to use for reduce electric energy consumption for artificial lighting during daytime, and can be used as a reference for building development supporting “Going Green” policy of Mahasarakham University.

คำสำคัญ (Keywords)

แสงธรรมชาติ (Daylight)
ห้องปฏิบัติการสถาปัตยกรรม (Architecture Studio)
การจำลองแสงธรรมชาติ (Daylighting Simulation)
โปรแกรม DIALux (DIALux Software)
การอนุรักษ์พลังงาน (Energy Conservation)

1. บทนำ

การปรับปรุงอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานเป็นแนวทางหนึ่งในการพัฒนามหาวิทยาลัยมหาสารคามสู่ความเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียว ตามแผนพัฒนาภายใต้นโยบาย Going Green ที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ ได้กำหนดนโยบายและเป้าหมายในการปรับปรุงอาคารต่าง ๆ โดยใช้แนวความคิดในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารเนื่องจากการใช้แสงธรรมชาติที่มีอยู่แล้วในช่วงเวลากลางวันจะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการส่องสว่างได้ถึง 20–30% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของอาคารนั้น ๆ (Oakley, Riffat & Shao, 2000) ซึ่งอาคารส่วนใหญ่ในมหาวิทยาลัยเป็นอาคารสาธารณะที่มีการใช้งานในเวลากลางวันเป็นส่วนใหญ่ เช่น อาคารเรียน อาคารสำนักงาน เป็นต้น และจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการส่องสว่างคิดเป็น 25% ของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดในอาคาร (Jindawanik, 2003) แสดงให้เห็นว่าการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารช่วงเวลากลางวันจะช่วยประหยัดพลังงานในส่วนการส่องสว่างได้ถึง 80–120% ของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดในอาคาร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ จึงได้ศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคาร เพื่อให้สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารได้อย่างเหมาะสม ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการปรับปรุงห้องปฏิบัติการสถาปัตย-กรรมของอาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ ที่นิสิตใช้ฝึกปฏิบัติการเขียนแบบเป็นหลัก โดยอ้างอิงเกณฑ์ความส่องสว่างขั้นต่ำตามข้อแนะนำที่สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทยกำหนดไว้ เพื่อเป็นต้นแบบนำไปประยุกต์ในการออกแบบและปรับปรุงอาคารอื่น ๆ ที่มีการใช้งานในลักษณะเดียวกันภายในมหาวิทยาลัยมหาสารคามต่อไป

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายในการเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาเรื่องระดับความส่องสว่างที่ไม่เหมาะสมในการเขียนแบบของนิสิตคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม รวมถึงพัฒนาแนวทางการปรับคุณภาพของแสงธรรมชาติภายในห้องบนระนาบทำงาน (work plane) โดยอ้างอิงตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย สำหรับเป็นองค์ความรู้เพื่อต่อยอดและประยุกต์ใช้เป็นแนวทางอ้างอิงในการนำไปพัฒนาเทคนิคการอนุรักษ์พลังงานของอาคารเรียน อาคารสำนักงาน หรืออาคารอื่น ๆ ภายในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ด้วยการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานในช่วงเวลากลางวันร่วมกับการใช้แสงประดิษฐ์

3. ค่าความส่องสว่างภายในอาคาร

ค่าความส่องสว่างภายในอาคารของกิจกรรมต่าง ๆ ถูกกำหนดขึ้นจากการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกัน เช่น ลักษณะผู้ใช้ ลักษณะกิจกรรม สภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ เป็นต้น และนำการศึกษาดังกล่าวมากำหนดเป็นมาตรฐานความส่องสว่างที่เหมาะสมกับกิจกรรมนั้น ๆ ซึ่งในปัจจุบันมาตรฐานที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย คือ มาตรฐาน IES และมาตรฐาน CIE ที่ทำการศึกษาในประเทศกลุ่มอเมริกาและยุโรป ทำให้ค่าความส่องสว่างมีข้อจำกัดในการนำไปใช้กับประเทศอื่นที่มีลักษณะผู้ใช้ ลักษณะกิจกรรม สภาพภูมิอากาศ สภาพ-ภูมิประเทศ ที่แตกต่างออกไป

ประเทศไทยได้จัดตั้งสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย: สฟสท. (Illuminating Engineering Association of Thailand: TIEA) เพื่อทำการศึกษาค่าความส่องสว่างที่เหมาะสมกับกิจกรรมต่าง ๆ ภายในประเทศ และได้เผยแพร่เป็นข้อแนะนำระดับความส่องสว่างภายในอาคารของประเทศไทย เพื่อใช้อ้างอิงในการออกแบบ ติดตั้ง ปรับปรุงและบำรุงรักษาระบบแสงสว่างที่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยโดยเฉพาะ ซึ่ง สฟสท.ได้กำหนดค่าความส่องสว่างขั้นต่ำในการเขียนแบบไว้ที่ 750 ลักซ์ (LUX) (Illuminating Engineering Association of Thailand [TIEA], 2003)

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองโดยใช้คอมพิว-เตอร์ช่วยในการจำลองสภาพแสงธรรมชาติ และรูปแบบการปรับปรุงสภาพห้องเสมือนจริงทำให้ลดระยะเวลาและงบประมาณในการศึกษาแนวทางที่เหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบกับการปรับปรุงสภาพห้องโดยการปรับเปลี่ยนในสถานที่จริงของห้องที่ศึกษา ทั้งนี้ในการคาดการณ์ผลลัพธ์จากแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องแต่ละรูปแบบ งานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม DIALux version 4.10.0.2 ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สมการทางคณิตศาสตร์ในการวางฐานราก

สถาปัตยกรรมพื้นฐานของตัวโปรแกรม สำหรับใช้คำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านแสงสว่างทั้งจากแสงประดิษฐ์และแสงธรรมชาติด้วยการจำลองสภาพเสมือนจริงของแหล่งกำเนิดแสงและสภาพสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ที่ใช้พิจารณาศึกษา

ในส่วนของการจำลองสภาพแสงประดิษฐ์จะใช้ข้อมูลจากผู้ผลิตเป็นพื้นฐานในการคำนวณ แต่ในส่วนของการจำลองสภาพแสงธรรมชาติเสมือนจริงโปรแกรมจะใช้ค่าความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติตามข้อกำหนดในมาตรฐานของ CIE 110-1994 และ DIN 5034-1983 (DIALux Light Building Siftware, 2012) เป็นหลักและในส่วนของการจำลองสภาพห้องสามารถปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ (parameter) ต่าง ๆ ได้ ทำให้การสร้างแบบจำลองเสมือนจริงมีความใกล้เคียงเทียบเท่าสภาพห้องในสภาวะจริง

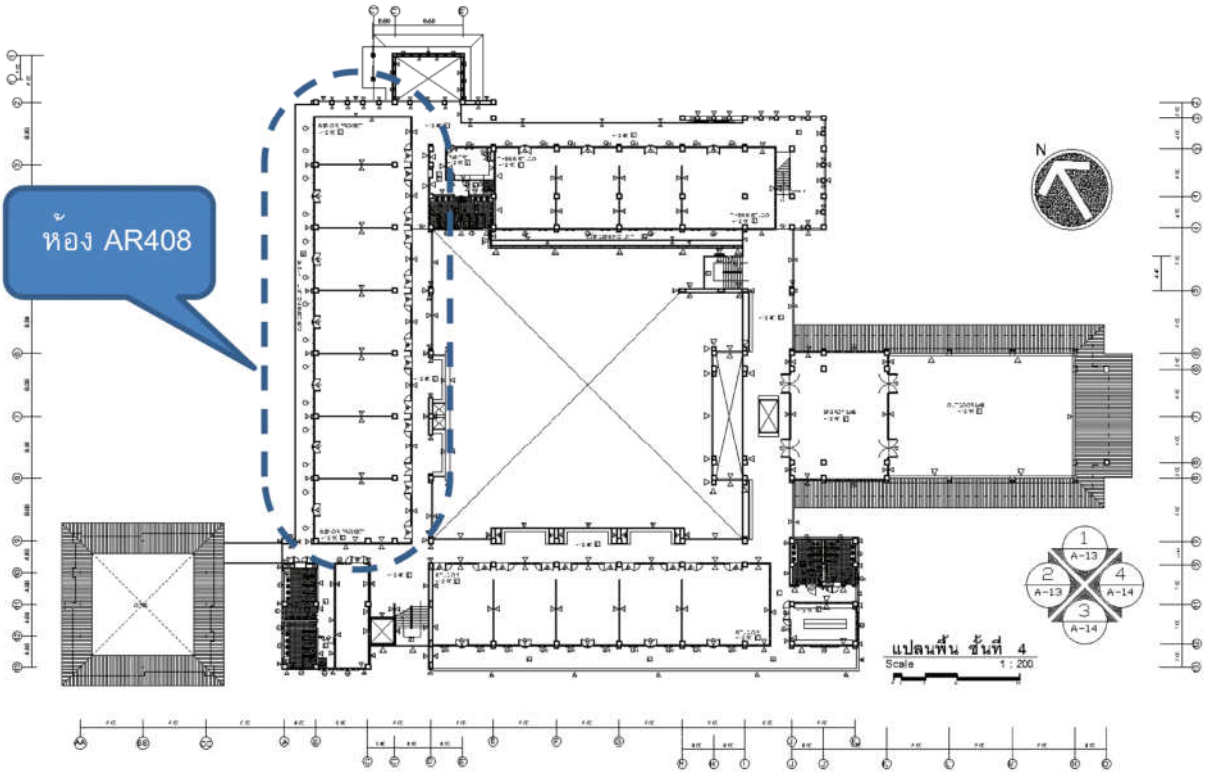
5. การกำหนดลักษณะของแบบจำลอง

แนวทางการปรับปรุงสภาพห้องปฏิบัติการเขียนแบบแต่ละรูปแบบ คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในห้องเป็นหลัก เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อโครงสร้างหลักของอาคารและประหยัดทรัพยากรในการปรับปรุงทั้งเรื่องของเวลาและงบประมาณในการปรับปรุงแก้ไขสภาพห้องจริง รวมถึงเป็นรูปแบบที่มีความยืดหยุ่นสูง สามารถก่อสร้างและรองรับการปรับเปลี่ยนสภาพห้องต่อไปภายในอนาคตได้รวดเร็วและง่ายดาย และไม่ส่งผลกระทบต่อส่วนอื่น ๆ ของอาคาร ซึ่งรายละเอียดสภาพห้องและองค์ประกอบต่าง ๆ อ้างอิงจากแบบก่อสร้างเป็นหลักโดยมีรูปแบบต่าง ๆ ดังนี้

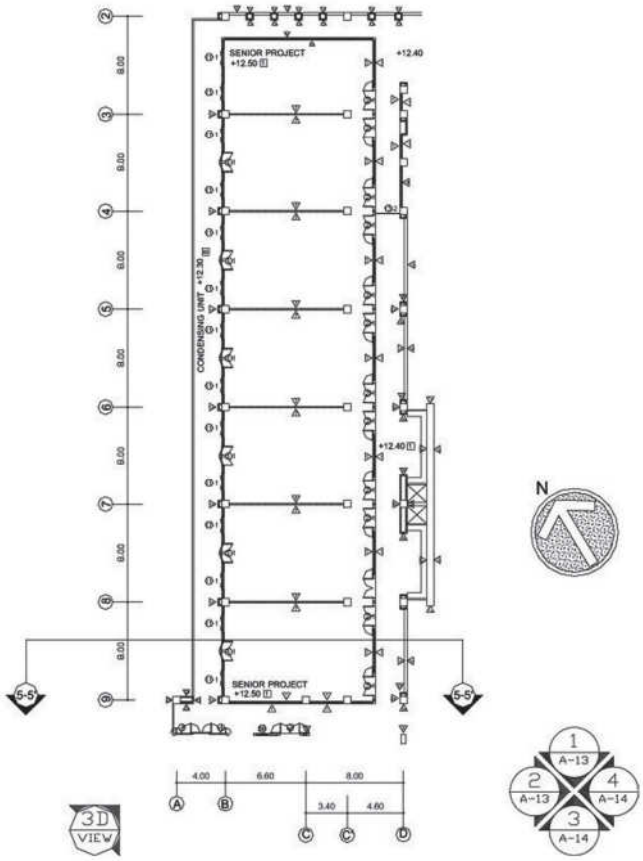
5.1 แบบจำลองห้องก่อนทำการปรับปรุง

ห้องปฏิบัติการเขียนแบบของอาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ใช้ในการศึกษา คือ ห้อง AR408 ซึ่งลักษณะของห้องตามแบบก่อสร้างเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยอยู่บนชั้น 4 ของอาคารเรียนคณะฯ มีการวางแนวด้านยาวใกล้เคียงแกนทิศเหนือ-ใต้ และมีตำแหน่งของห้องอยู่ทางด้านทิศตะวันตกของอาคารเรียนคณะฯ ตามรูปที่ 1

ห้อง AR408 มีขนาดประมาณ 12 x 54 ตารางเมตร ระดับความสูงจากพื้นชั้น 4 ถึงท้องพื้นชั้น 5 เท่ากับ 3.1 เมตร เป็นห้องที่ไม่มีฝ้าเพดานแต่มีคานขนาดหน้าตัด 0.3 x 0.6 ตารางเมตร พาดผ่านพื้นที่กลางห้องตามแนวเสา



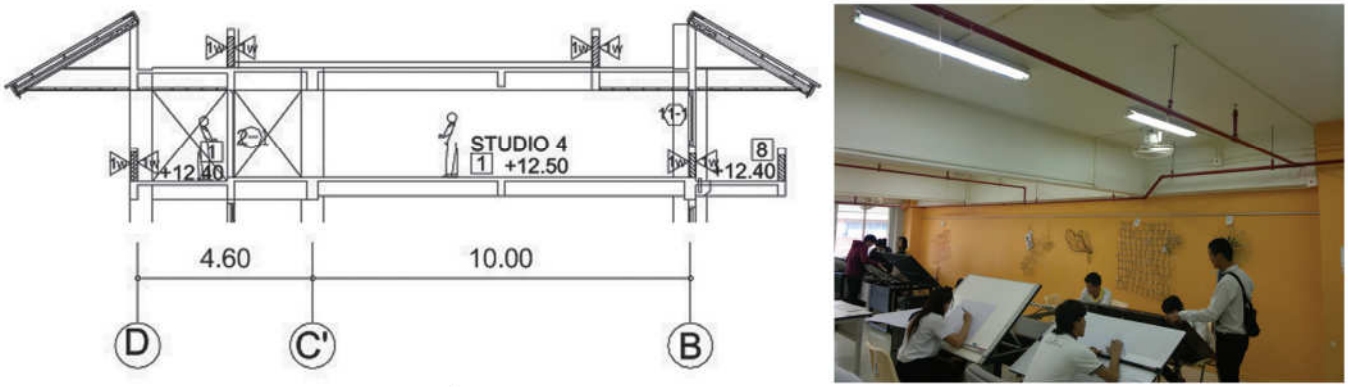
รูปที่ 1 ตำแหน่งและรูปร่างของห้องปฏิบัติการเขียนแบบที่ใช้ในการศึกษา



รูปที่ 2 รูปขยายแปลนห้อง AR408 ที่ใช้ในการศึกษา

(รูปที่ 2, 3 และ 6) บริเวณภายนอกรอบห้องมีระเบียงทางเดินล้อมทั้ง 4 ด้าน (มีชายคาปกคลุมตลอดแนวในทุกด้าน) ภายในแบ่งเป็นห้องย่อย 7 ห้อง ตามแสดงในรูปที่ 2 วัสดุที่ใช้ในส่วนของผนังภายนอก คือ ผนังก่ออิฐสองชั้น เว้นช่องว่างอากาศตรงกลาง ฉาบปูนเรียบทาสี ส่วนผนังภายในอาคาร คือ ผนังยิปซัมแผ่นเรียบขอบลาดยึดกับโครงเคร่าอลูมิเนียม

ห้อง AR408 มีช่องเปิด 2 ด้าน คือ ด้านมุมมองรูปด้านที่ 2 และด้านมุมมองรูปด้านที่ 4 (รูปที่ 2) ช่องเปิดในตำแหน่งมุมมองรูปด้านที่ 2 ประกอบไปด้วยประตูและหน้าต่างกระจกใสตลอดแนวผนัง (รูปที่ 4) คิดเป็นสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดของด้านนี้ เท่ากับ 50.18% ส่วนช่องเปิดในตำแหน่งมุมมองรูปด้าน 4 จะมีเฉพาะประตูเท่านั้น โดยเป็นประตูบานเปิดไม้มีช่องแสงติดตายขนาดเล็กบนบานประตู (รูปที่ 5) คิดเป็นสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดของด้านนี้ เท่ากับ 1.24%



รูปที่ 3 รูปตัด 5-5' (ซ้าย) และลักษณะเพดาน (ขวา) ของห้อง AR408

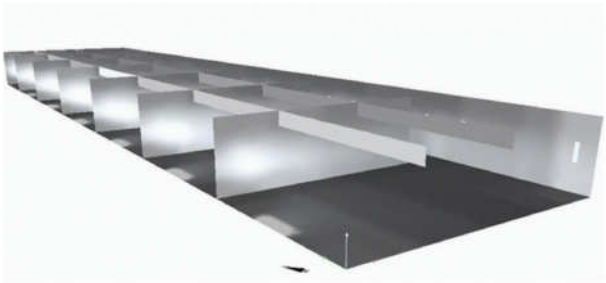
รูปที่ 4 มุมมองจากภายในห้อง (ซ้าย) และมุมมองจากภายนอกห้อง (ขวา) ของผนังด้านมุมมองรูปด้านที่ 2

รูปที่ 5 มุมมองจากภายในห้อง (ซ้าย) และมุมมองจากภายนอกห้อง (ขวา) ของผนังด้านมุมมองรูปด้านที่ 4

จากลักษณะห้องดังกล่าวสามารถนำมาตั้งค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญในโปรแกรม DIALux ได้ดังนี้

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%

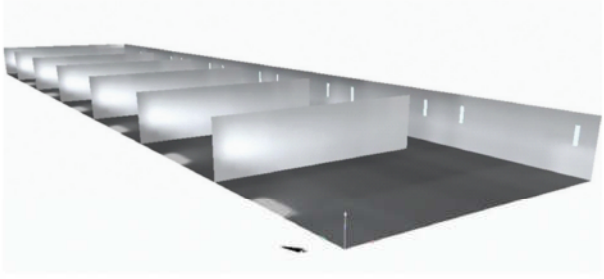
ส่วนค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่เหลือใช้ค่า Default ของโปรแกรม สภาพห้อง AR408 ก่อนทำการปรับปรุงมีลักษณะ 3 มิติ ตามรูปที่ 6



รูปที่ 6 แบบจำลอง 3 มิติ แสดงสภาพห้อง AR408 ก่อนทำการปรับปรุง

5.2 แบบจำลองห้องหลังทำการปรับปรุงส่วนฝ้าเพดาน

แนวทางการปรับปรุงส่วนฝ้าเพดานจะศึกษาสภาพห้องโดยการปรับเปลี่ยนรูปแบบฝ้าเพดาน (ท้องพื้นชั้น 5) จากลักษณะกึ่งเรียบเนื่องจากมีแนวคานพาดผ่าน (รูปที่ 3 และ 6) เป็นลักษณะฝ้าเพดานเรียบตลอดทั่วทั้งห้องโดยติดตั้งฝ้าเพดานเพิ่มเติมใต้ท้องคานเพื่อไม่ให้กระทบต่อการเปลี่ยนแปลงต่อโครงสร้างหลักของอาคาร ซึ่งจะทำให้สภาพห้องเปลี่ยนแปลงไป ดังนี้ ความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดานเปลี่ยนจาก 3.1 เมตร เป็น 2.5 เมตร สัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดในด้านมุมมองรูปด้านที่ 2 เพิ่มขึ้นจาก 50.18% เป็น 62.22% และสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดในด้านมุมมองรูปด้านที่ 4 เพิ่มขึ้นจาก 1.24% เป็น 1.54% ส่วนค่าพารามิเตอร์ที่เหลือใช้ค่าเดียวกับแบบจำลองห้องก่อนทำการปรับปรุง สภาพห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงส่วนฝ้าเพดานมีลักษณะ 3 มิติ ตามรูปที่ 7

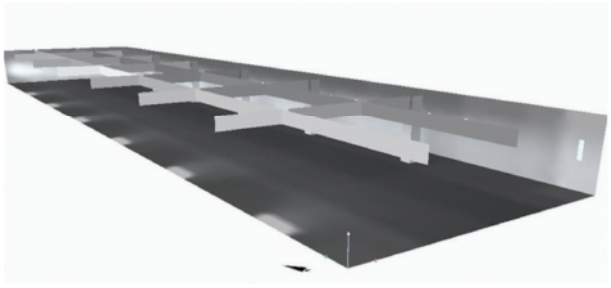


รูปที่ 7 แบบจำลอง 3 มิติแสดงสภาพห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงส่วนฝ้าเพดาน

5.3 แบบจำลองห้องหลังทำการปรับปรุงส่วนผนังภายใน

แนวทางการปรับปรุงส่วนผนังภายในจะศึกษาสภาพห้องโดยการรื้อผนังภายในออกทั้งหมด เนื่องจากลักษณะของผนังเป็นผนังเบา (แผ่นยิปซัมแผ่นเรียบยึดกับโครงเคร่า

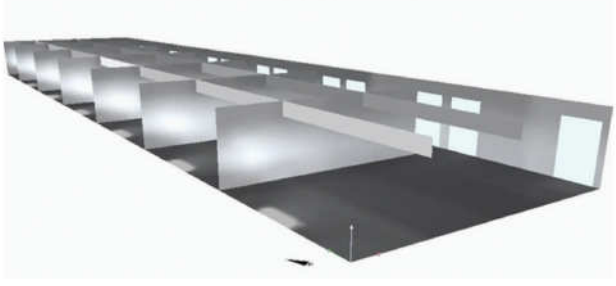
อลูมิเนียม) สามารถรื้อถอนออกได้ง่ายและไม่กระทบต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหลักของอาคาร ซึ่งจะทำให้สภาพห้องเปลี่ยนแปลงไปจากการที่มีห้องย่อย จำนวน 7 ห้อง กลายเป็นห้องขนาดใหญ่เพียงห้องเดียว ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ใช้ค่าเดียวกับแบบจำลองห้องก่อนทำการปรับปรุง สภาพห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงส่วนผนังภายในมีลักษณะ 3 มิติ ตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 แบบจำลอง 3 มิติแสดงสภาพห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงส่วนผนังภายใน

5.4 แบบจำลองห้องหลังทำการปรับปรุงส่วนช่องเปิด

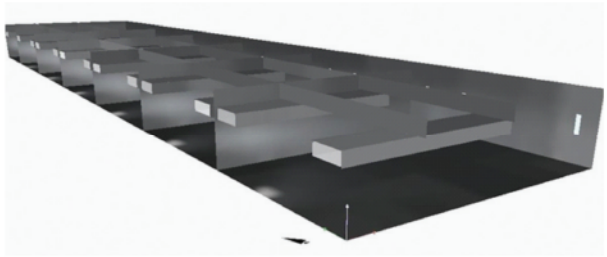
แนวทางการปรับปรุงส่วนช่องเปิดจะศึกษาสภาพห้องโดยการปรับเปลี่ยนช่องเปิดบนผนังในด้านมุมมองรูปด้านที่ 4 จากประตูบานเปิดไม้มีช่องแสงติดตายขนาดเล็กบนบานเป็นประตูบานเปิดกระจกใสทุกบาน (เหมือนกับประตูในด้านมุมมองรูปด้านที่ 2) ทำให้ห้องมีช่องเปิดรับแสงธรรมชาติสองด้านที่ตรงข้ามกันเพื่อให้ภายในห้องมีความส่องสว่างสม่ำเสมอมากขึ้น (Saihong & Srisutapan, 2008) ซึ่งสภาพห้องจะเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย กล่าวคือ จะมีสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดในด้านมุมมองรูปด้านที่ 4 เพิ่มขึ้นจาก 1.24% เป็น 33.00% ส่วนค่าพารามิเตอร์ที่เหลือใช้ค่าเดียวกับแบบจำลองห้องก่อนทำการปรับปรุง สภาพห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงส่วนช่องเปิดมีลักษณะ 3 มิติ ตามรูปที่ 9



รูปที่ 9 แบบจำลอง 3 มิติแสดงสภาพห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงส่วนช่องเปิด

5.5 แบบจำลองห้องหลังทำการติดตั้งท่อนำแสงแนวนอนเพิ่มเติม

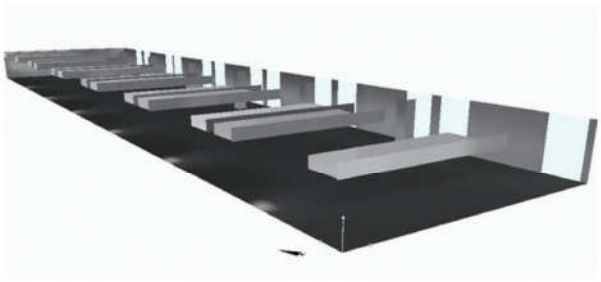
แนวทางการติดตั้งระบบท่อนำแสงแนวนอนจะศึกษาสภาพห้องที่มีการติดตั้งระบบท่อนำแสงแนวนอนเพิ่มเติมซึ่งเป็นนวัตกรรมในการแก้ไขขีดจำกัดของระยะทางและตำแหน่งในการติดตั้งของระบบท่อนำแสงแนวดิ่ง (Kwok & Chung, 2008; Chirarattananon, Chedsiri & Renshen, 2000; Intarakulchai, 2009) โดยติดตั้งใต้ท้องคานมีช่องรับแสงเข้าขนาดหน้าตัดขวางแนวท่อเท่ากับ 0.5 x 1.4 ตารางเมตร และมีตำแหน่งอยู่ในระดับเดียวกับแนวขอบวงกบด้านบนของหน้าต่างส่วนช่องกระจายแสงบริเวณปลายท่อจะอยู่กึ่งกลางห้องชิดติดผนัง (รูปที่ 4 และ 10) ส่งผลให้สภาพห้องเปลี่ยนแปลงไป ดังนี้ ความสูงบางส่วนของห้องที่สามารถเข้าไปใช้งานได้ลดลงจาก 3.1 เมตร เป็น 2.0 เมตร (พื้นที่ใต้แนวท่อของระบบ) และสัดส่วนพื้นที่ผนังโปร่งต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดในด้านมุมมองรูปด้านที่ 2 ลดลงจาก 50.18% เป็น 44.74% และกำหนดค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในระบบท่อนำแสงแนวนอนเท่ากับ 90% ส่วนค่าพารามิเตอร์ที่เหลือใช้ค่าเดียวกับแบบจำลองห้องก่อนทำการปรับปรุง สภาพห้อง AR408 หลังทำการติดตั้งระบบท่อนำแสงแนวนอนเพิ่มเติมมีลักษณะ 3 มิติ ตามรูปที่ 10



รูปที่ 10 แบบจำลอง 3 มิติแสดงสภาพห้อง AR408 หลังทำการติดตั้งระบบท่อนำแสงแนวนอนเพิ่มเติม

5.6 แบบจำลองห้องหลังทำการปรับปรุงโดยผสานทั้ง 4 แนวทาง

แนวทางการปรับปรุงโดยผสานทั้ง 4 แนวทาง จะศึกษาสภาพห้องโดยการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบอาคารตามแนวทางทั้งหมดที่ได้ทำการศึกษา คือ การปรับเปลี่ยนส่วนฝ้าเพดาน การปรับเปลี่ยนส่วนผนังภายใน การปรับเปลี่ยนส่วนช่องเปิด และการติดตั้งระบบท่อนำแสงแนวนอนเพิ่มเติม ซึ่งค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ มีรายละเอียดตามที่กล่าวมาในแต่ละแนวทางข้างต้น สภาพห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงโดยผสานทั้ง 4 แนวทางมีลักษณะ 3 มิติ ตามรูปที่ 11



รูปที่ 11 แบบจำลอง 3 มิติแสดงสภาพห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงโดยผสานทั้ง 4 แนวทาง

6. การกำหนดลักษณะของแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติและสภาพท้องฟ้าเสมือนจริง

แสงธรรมชาติที่ใช้ในการศึกษาคือสภาพท้องฟ้าโปร่ง (clear sky) ที่มีแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ (Brown & DeKay, 2000) ของจังหวัดมหาสารคามบริเวณเส้นรุ้งที่ 16.0 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 103.2 องศาตะวันออก สำหรับวันและเวลาที่ใช้ในการศึกษาพิจารณาจากวันที่ได้รับอิทธิพลจากการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์มากที่สุดร่วมกับเวลาที่นิสิตใช้ในการทำงานภายในห้อง AR408 ตลอดปีการศึกษาซึ่งจะมีเวลาที่นำมากำหนดลักษณะของแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติและสภาพท้องฟ้าเสมือนจริงดังนี้

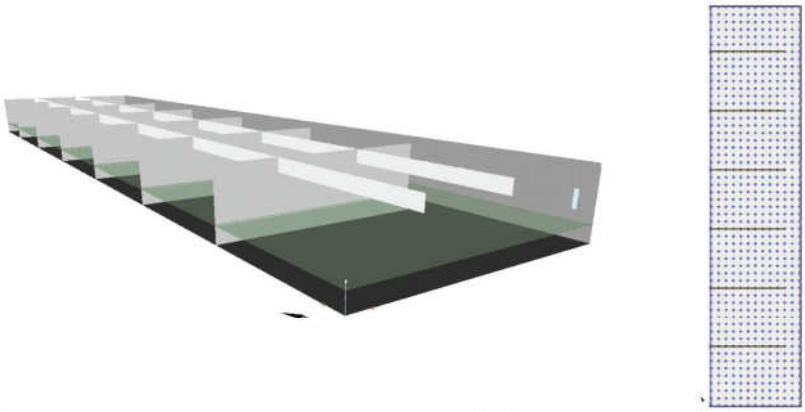
วันครีษมายัน (Summer Solstice)
วันที่ 21 มิถุนายน
เวลา 10:00 น. 12:00 น. 14:00 น. และ 16:00 น.
วันศารทวิษุวัต (Autumnal Equinox)
วันที่ 21 กันยายน
เวลา 10:00 น. 12:00 น. 14:00 น. และ 16:00 น.
วันเหมายัน (Winter Solstice)
วันที่ 21 ธันวาคม
เวลา 10:00 น. 12:00 น. 14:00 น และ 16:00 น.

ในวันดังกล่าวจะอยู่ในระหว่างช่วงเปิดเทอมที่มีการเรียนการสอนเต็มระบบ (ภาคการศึกษาต้นตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน และภาคการศึกษาปลายตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์) ส่วนเวลาดังกล่าวเป็นเวลาที่นิสิตเริ่มปฏิบัติการเขียนแบบภายในห้อง AR408 หลังจากการเรียนภาคทฤษฎีแล้ว (โดยปกติในแต่ละรายวิชาของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จะกำหนดเวลาเรียนภาคปฏิบัติตั้งแต่ช่วงเวลาประมาณ 10:00 – 17:00 น.)

7. การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม DIALux เป็นข้อมูลตัวเลขแสดงค่าความส่องสว่างในหน่วยลักซ์แสดงปริมาณแสงธรรมชาติบนระนาบพื้นที่ทำงานตามที่กำหนดไว้ โดยในงานวิจัยนี้ได้กำหนดขนาดของระนาบทำงานให้เท่ากับขนาดของห้อง AR408 (คือ 12 x 54 ตารางเมตร) และมีตำแหน่งสูงกว่าระดับพื้นห้อง 0.75 เมตร (ดูรูปที่ 12) บนผิวของระนาบทำงานได้แบ่งพื้นที่ออกส่วน ๆ เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่ในการคำนวณ ซึ่งแต่ละส่วนจะมีขนาด 1 x 1 ตารางเมตร (1 ส่วนต่อ 1 ค่าการคำนวณ) รวมแล้วจะมีทั้งหมด 12 x 54 = 648 ส่วน (648 ค่าการคำนวณ) (ดูรูปที่ 12) และนำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลในรูปแบบของแผนภูมิพื้นผิวแสดงความสัมพันธ์ของค่าความส่องสว่างในหน่วยของลักซ์กับระยะความกว้างและความยาวของห้องเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบปริมาณค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานที่ระยะห่างต่าง ๆ จากช่องเปิดได้

จากการกำหนดลักษณะของแบบจำลองเสมือนจริงในหัวข้อข้างต้น ประกอบด้วยการกำหนดสภาพห้อง AR408 ทั้งหมด 6 รูปแบบ (ห้องก่อนการปรับปรุง 1 รูปแบบและแนวทางการปรับปรุงสภาพห้อง 5 รูปแบบ) และสภาพท้องฟ้า 12 รูปแบบ (วันที่ 21 มิถุนายน 4 รูปแบบ วันที่ 21

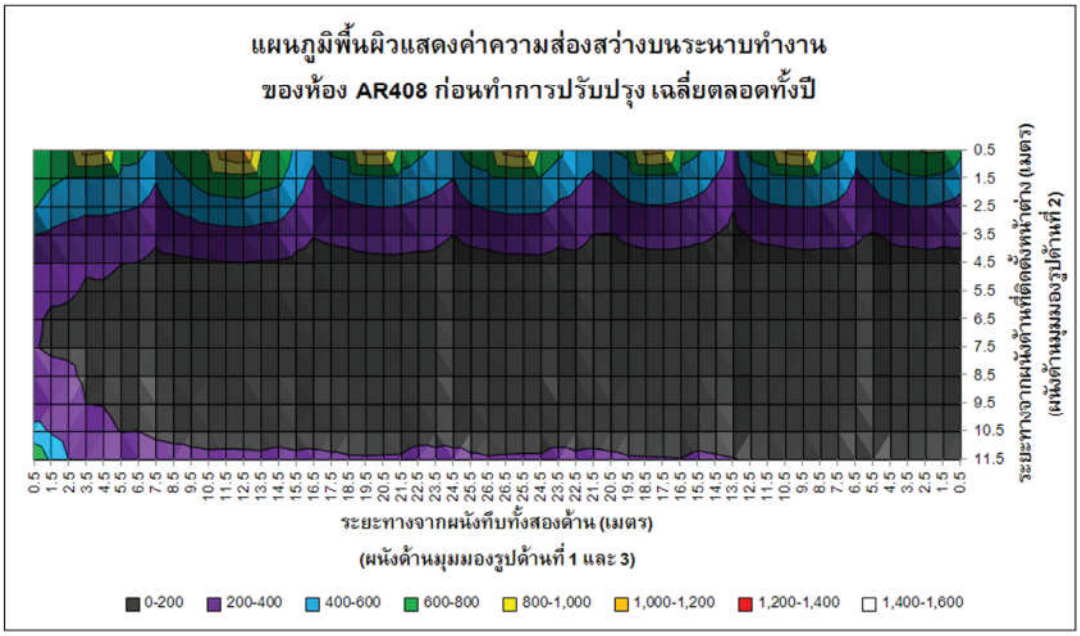


รูปที่ 12 ตำแหน่งระนาบทำงาน (ซ้าย) และการแบ่งส่วนพื้นที่ในการคำนวณ (ขวา) ภายในห้อง AR408

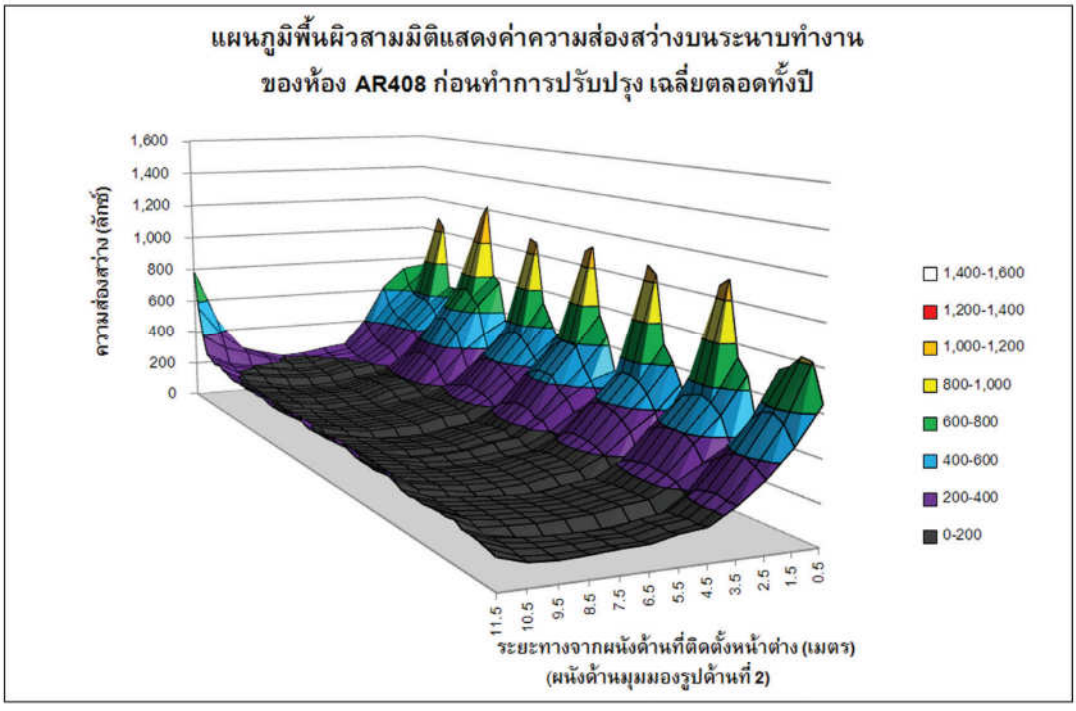
กันยายน 4 รูปแบบ และวันที่ 21 ธันวาคม 4 รูปแบบ) ทำให้มีชุดข้อมูลสำหรับใช้คำนวณด้วยโปรแกรม DIALux จำนวน 6x12 = 72 ชุดข้อมูล ซึ่งมีจำนวนมากเพียงพอในการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานและประสิทธิภาพของแนวทางการปรับปรุงแต่ละรูปแบบได้อย่างชัดเจน (Intarakulchai, 2012)

8. ผลการศึกษามีรายละเอียดดังต่อไปนี้

8.1 ปริมาณความส่องสว่างของห้อง AR408 ก่อนทำการปรับปรุง

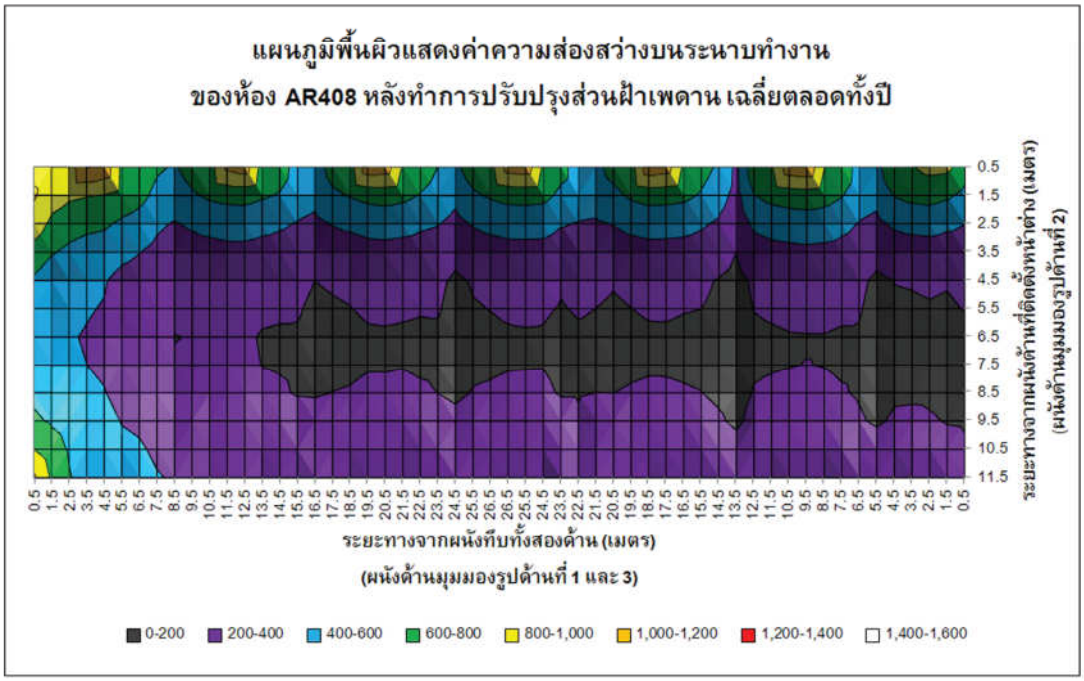


รูปที่ 13 แผนภูมิพื้นผิวแสดงค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานของห้อง AR408 ก่อนทำการปรับปรุง เฉลี่ยตลอดทั้งปี

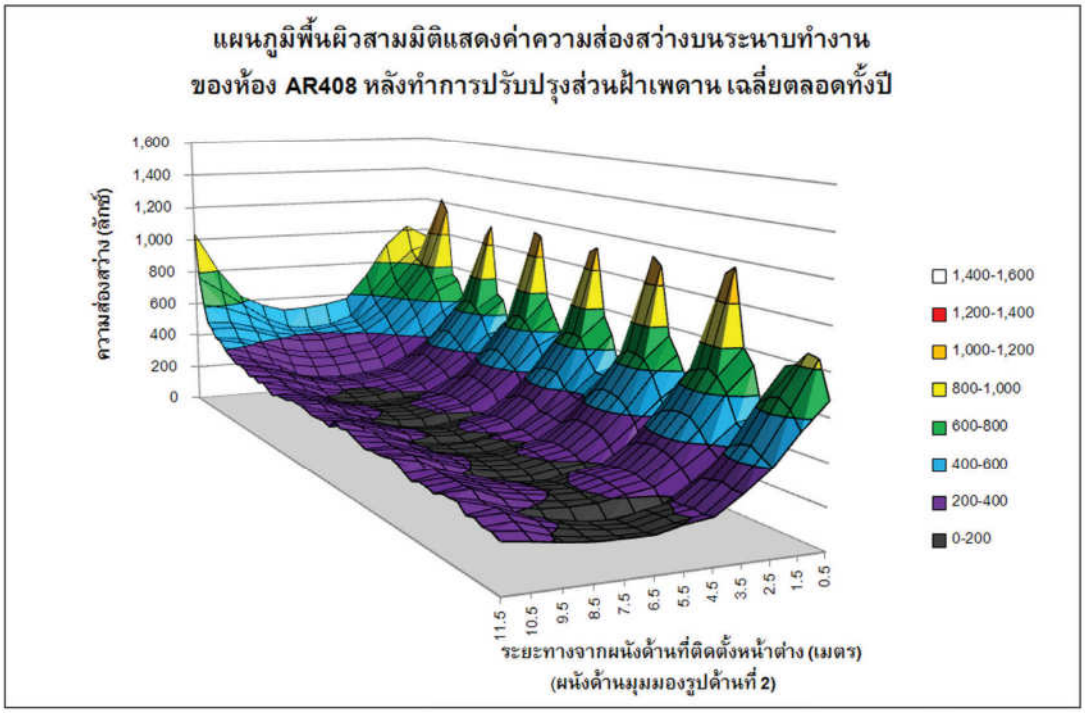


รูปที่ 14 แผนภูมิพื้นผิวสามมิติแสดงค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานของห้อง AR408 ก่อนทำการปรับปรุง เฉลี่ยตลอดทั้งปี

8.2 ปริมาณความส่องสว่างของห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงส่วนฝ้าเพดาน

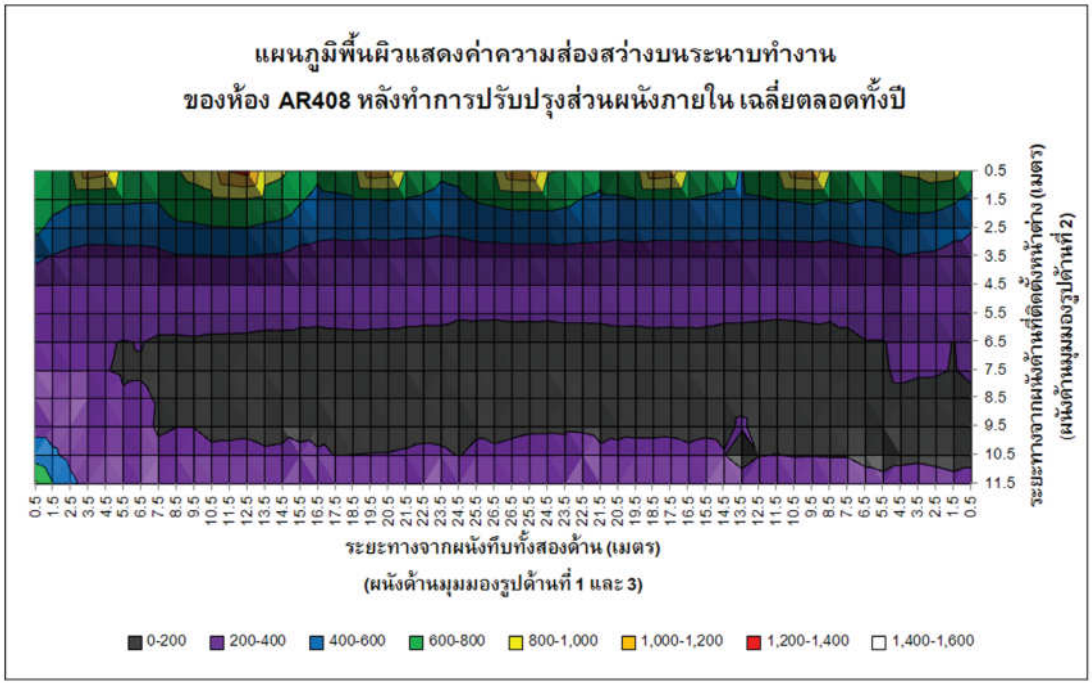


รูปที่ 15 แผนภูมิพื้นผิวแสดงค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานของห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงส่วนฝ้าเพดาน เฉลี่ยตลอดทั้งปี

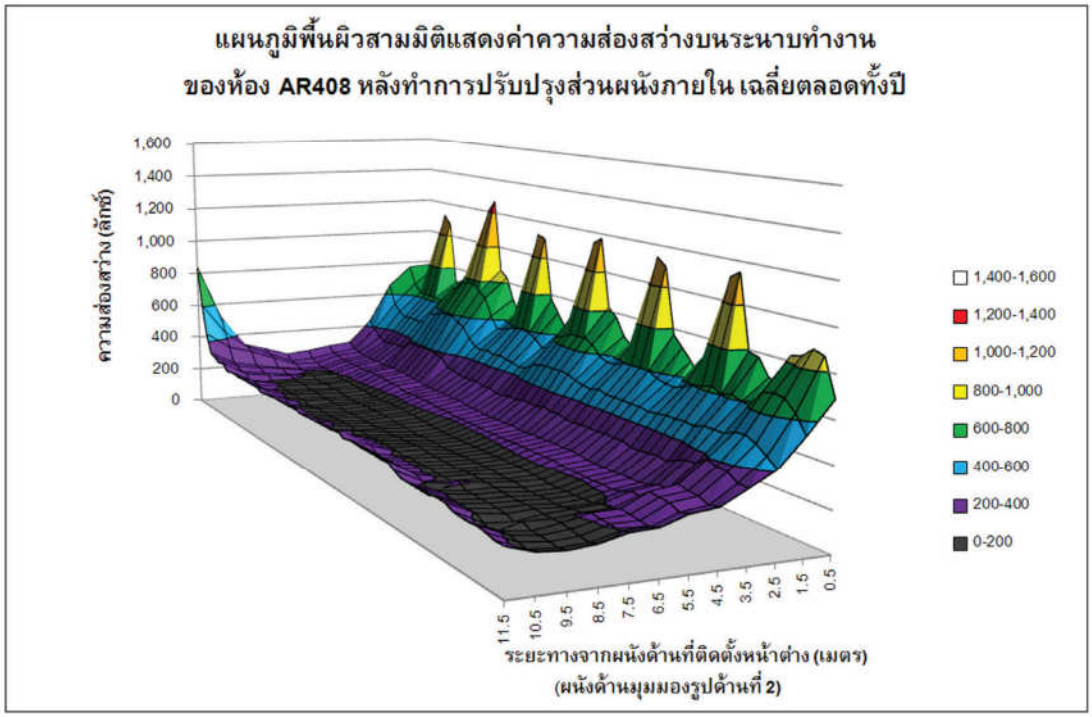


รูปที่ 16 แผนภูมิพื้นผิวสามมิติแสดงค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานของห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงส่วนฝ้าเพดาน เฉลี่ยตลอดทั้งปี

8.3 ปริมาณความส่องสว่างของห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงส่วนผนังภายใน

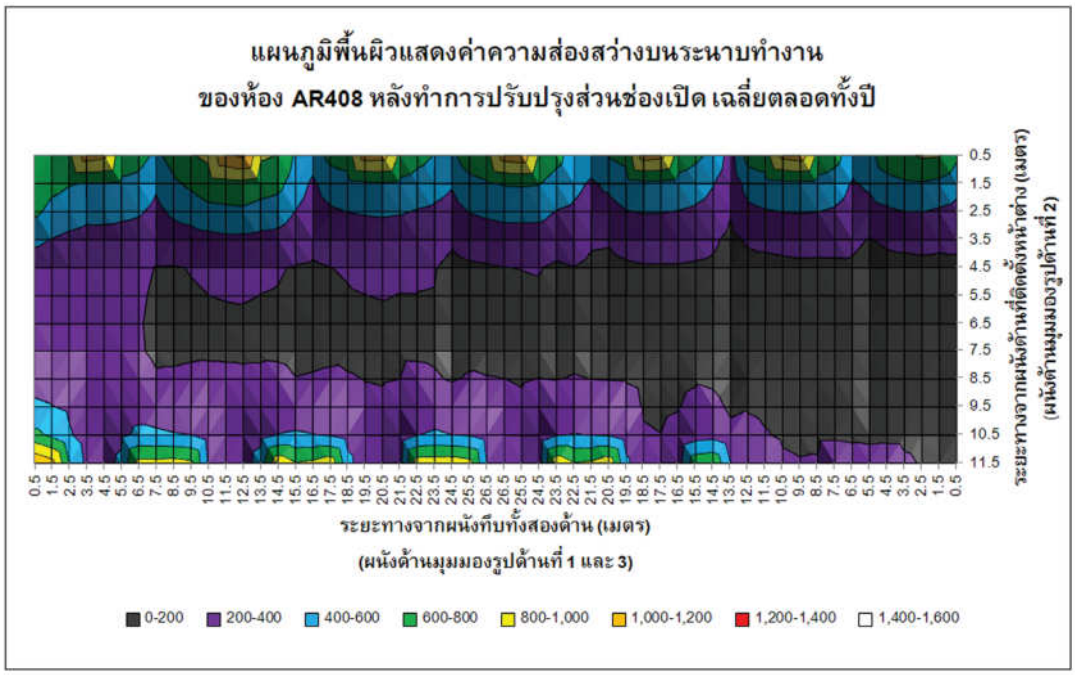


รูปที่ 17 แผนภูมิพื้นผิวแสดงค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานของห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงส่วนผนังภายใน เฉลี่ยตลอดทั้งปี

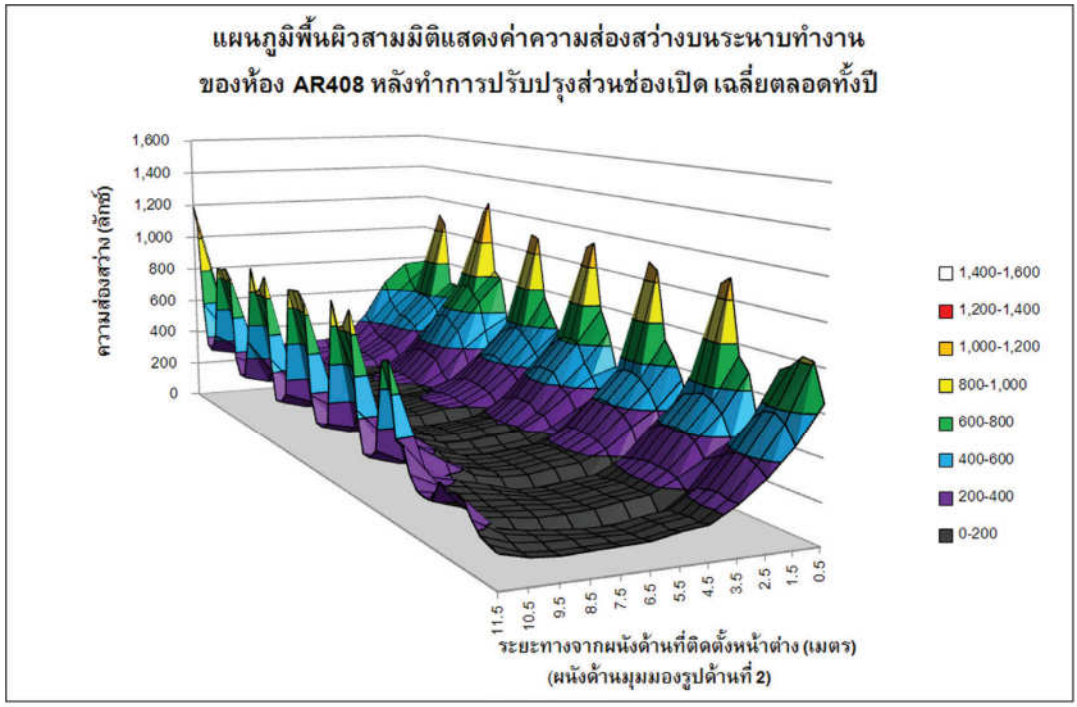


รูปที่ 18 แผนภูมิพื้นผิวสามมิติแสดงค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานของห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงส่วนผนังภายในเฉลี่ยตลอดทั้งปี

8.4 ปริมาณความส่องสว่างของห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงส่วนช่องเปิด

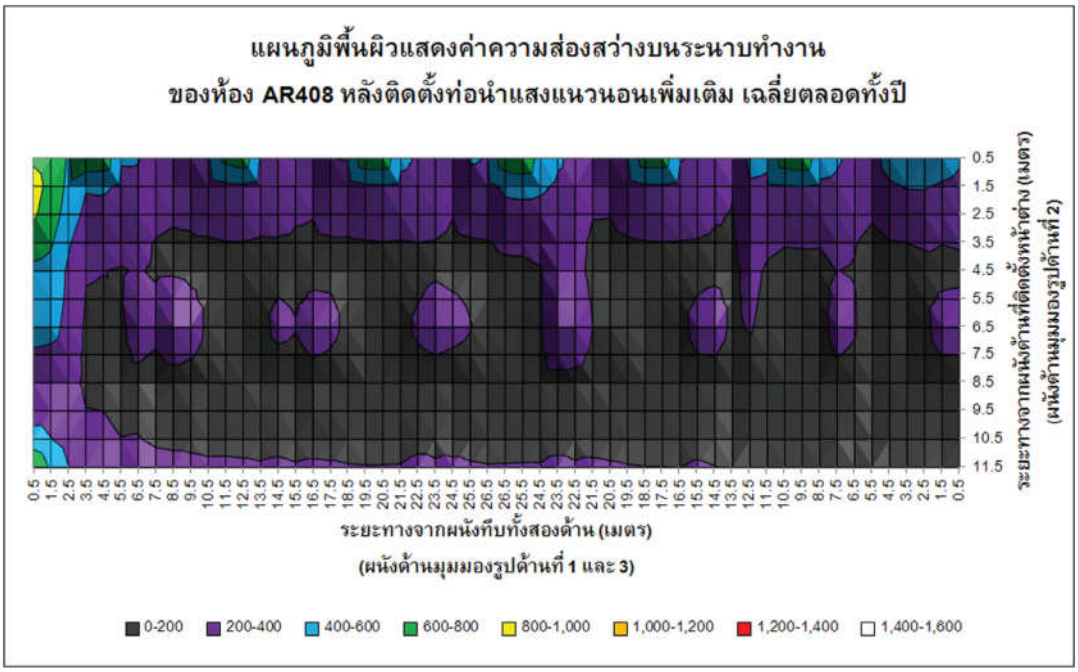


รูปที่ 19 แผนภูมิพื้นผิวแสดงค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานของห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงส่วนช่องเปิด เฉลี่ยตลอดทั้งปี

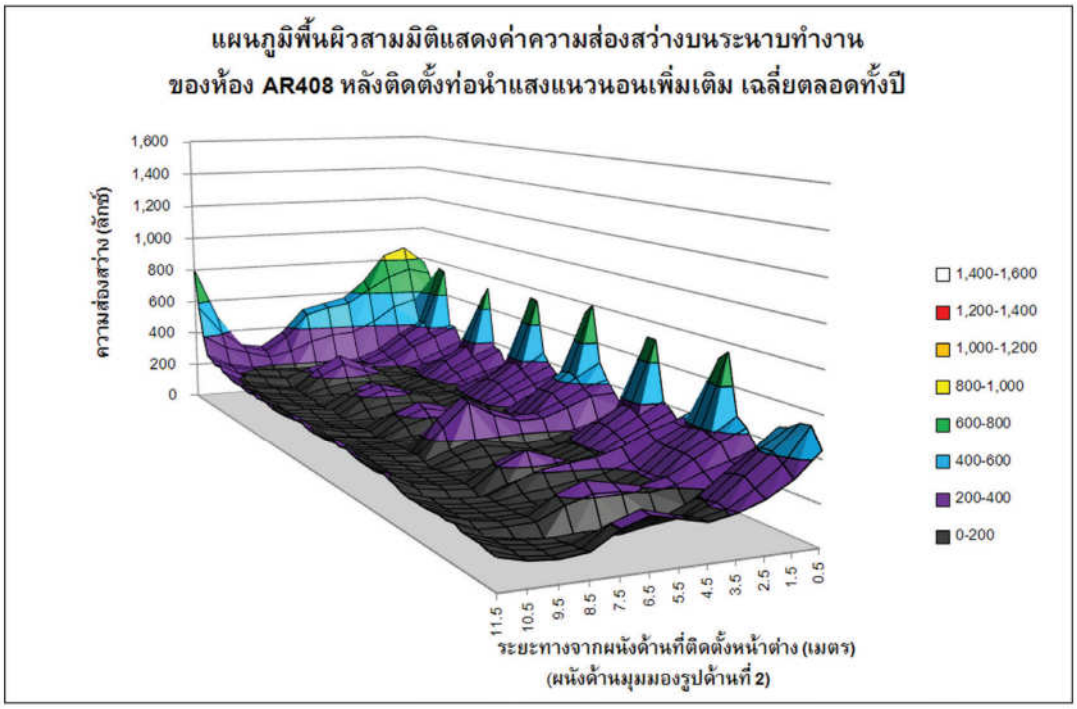


รูปที่ 20 แผนภูมิพื้นผิวสามมิติแสดงค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานของห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงส่วนช่องเปิด เฉลี่ยตลอดทั้งปี

8.5 ปริมาณความส่องสว่างของห้อง AR408 หลังติดตั้งท่อนำแสงแนวนอนเพิ่มเติม

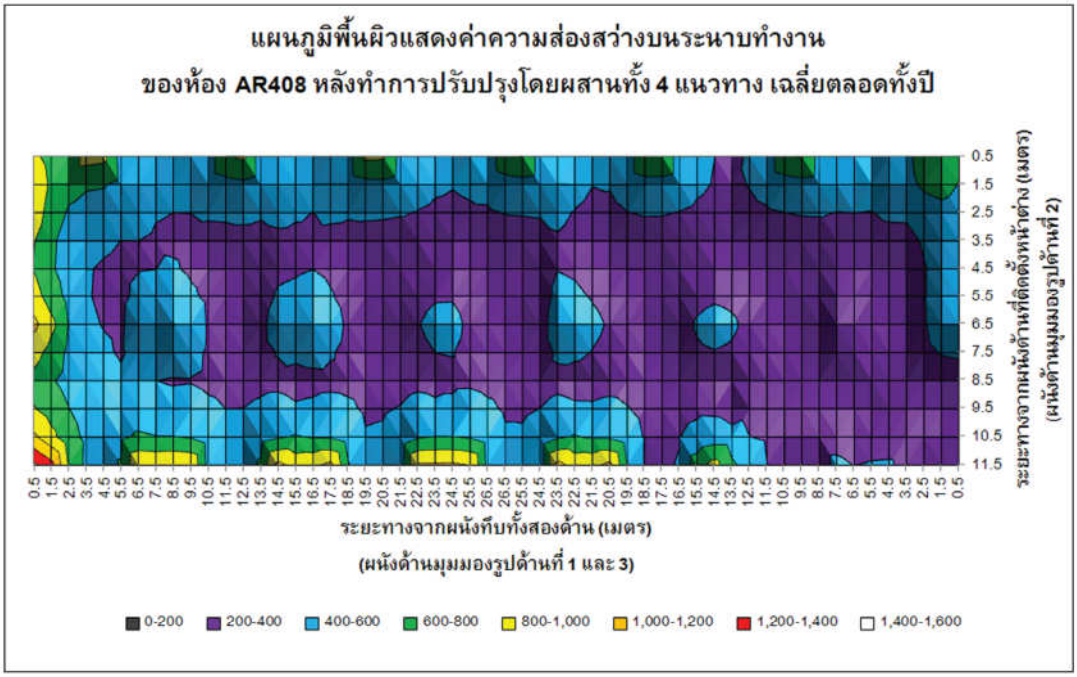


รูปที่ 21 แผนภูมิพื้นผิวแสดงค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานของห้อง AR408 หลังติดตั้งท่อนำแสงแนวนอนเพิ่มเติม เฉลี่ยตลอดทั้งปี

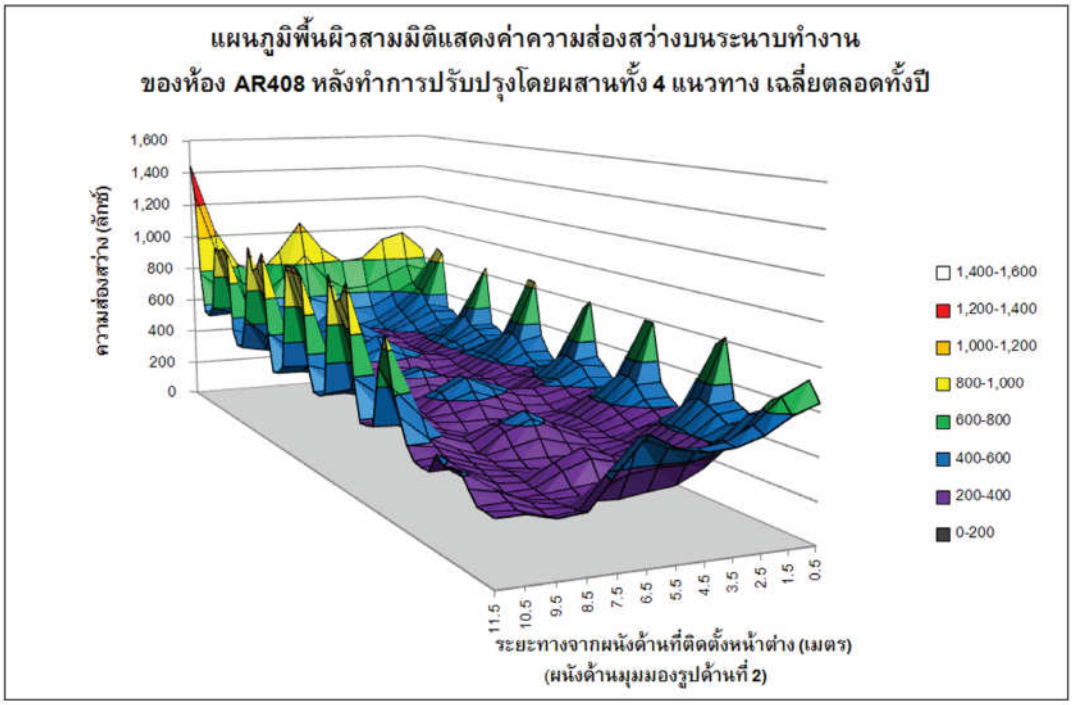


รูปที่ 22 แผนภูมิพื้นผิวสามมิติแสดงค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานของห้อง AR408 หลังติดตั้งท่อนำแสงแนวนอนเพิ่มเติม เฉลี่ยตลอดทั้งปี

8.6 ปริมาณความส่องสว่างของห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงโดยผสานทั้ง 4 แนวทาง



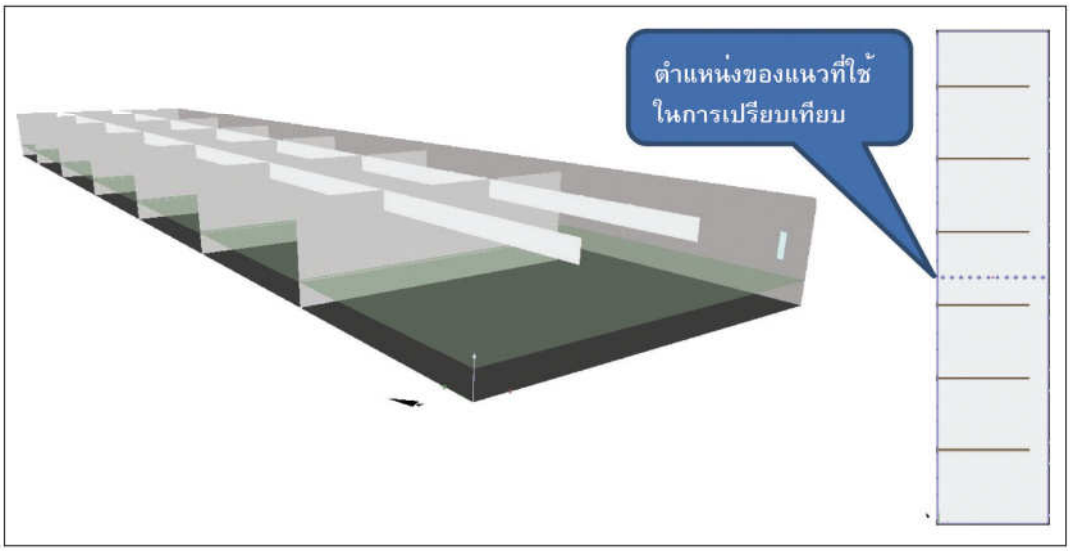
รูปที่ 23 แผนภูมิพื้นผิวแสดงค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานของห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงโดยผสานทั้ง 4 แนวทาง เฉลี่ยตลอดทั้งปี



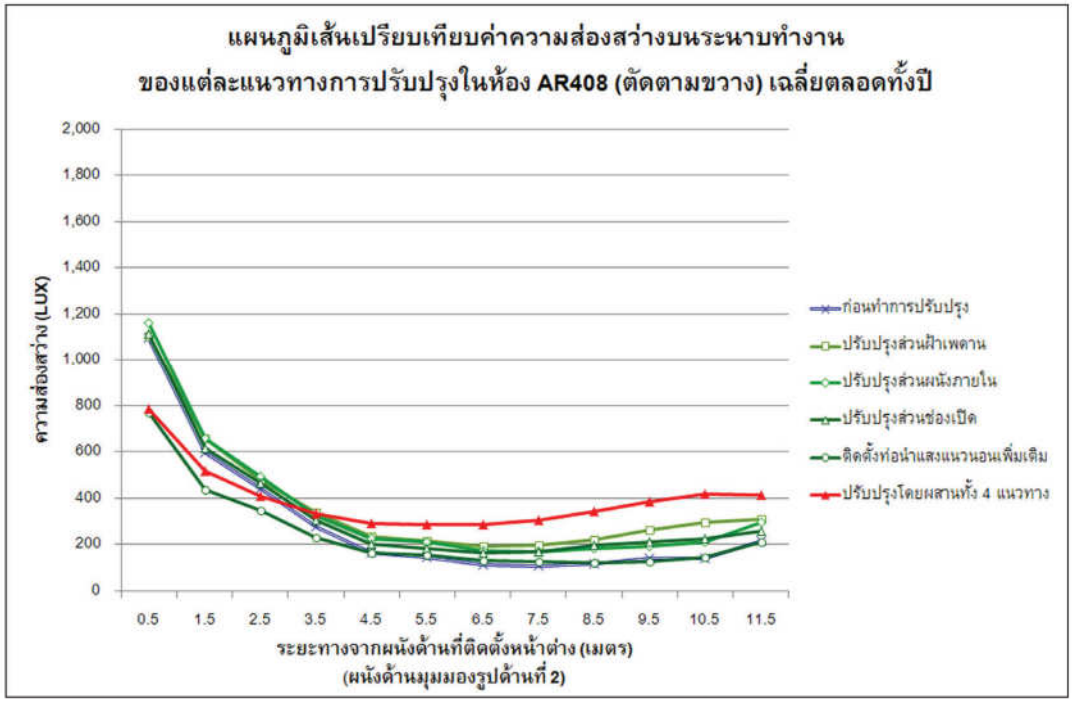
รูปที่ 24 แผนภูมิพื้นผิวสามมิติแสดงค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานของห้อง AR408 หลังทำการปรับปรุงโดยผสานทั้ง 4 แนวทาง เฉลี่ยตลอดทั้งปี

8.7 เปรียบเทียบปริมาณความส่องสว่างในห้อง AR408 ของการปรับปรุงแต่ละแนวทาง

การวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าความส่องสว่างเฉลี่ยตลอดทั้งปี บนระนาบทำงานของแนวทางการปรับปรุงห้อง AR408 แต่ละรูปแบบ จะพิจารณาจากแนวของส่วนพื้นที่ที่ใช้ในการคำนวณ (ตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 7) บริเวณกึ่งกลางของห้องเป็นหลัก ดังแสดงในรูปที่ 25 ซึ่งผลลัพธ์การเปรียบเทียบแสดงเป็นแผนภูมิเส้นตามรูปที่ 26



รูปที่ 25 แสดงตำแหน่งระนาบทำงานและแนวของส่วนพื้นที่ที่ใช้ในการเปรียบเทียบความแตกต่าง



รูปที่ 26 แผนภูมิเส้นเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานของแต่ละแนวทางการปรับปรุงในห้อง AR408 (ตัดตามขวาง) เฉลี่ยตลอดทั้งปี

9. วิเคราะห์ผลการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) โดยใช้วิธีการวิจัยเชิงจำลองสถานการณ์ (simulation research) เพื่อศึกษาแนวทางในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร โดยการปรับปรุงสภาพห้องทดลองในรูปแบบต่างๆ เพื่อทดสอบสมมติฐานที่คาดการณ์ไว้สามารถวิเคราะห์ผลลัพธ์ได้ ดังนี้

9.1 ความเหมาะสมของแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องแต่ละรูปแบบในการนำแสงธรรมชาติมาใช้งาน

การพิจารณาความเหมาะสมในการปรับปรุงสภาพห้อง AR408 ซึ่งใช้ในการเขียนแบบเป็นส่วนใหญ่ เพื่อนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานภายในอาคารจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้งานบนระนาบทำงานจากสองส่วนหลัก คือ

1. ปริมาณของความส่องสว่าง

ปริมาณความส่องสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติที่เหมาะสมในการใช้งานภายในอาคารสามารถพิจารณาได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณค่าความส่องสว่างเฉลี่ยทั่วทั้งห้องบนระนาบทำงานที่ได้จากการปรับปรุงสภาพห้องแต่ละแนวทางเทียบกับสภาพห้องก่อนทำการปรับปรุงในรูปแบบร้อยละ หรือ % ซึ่งแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องที่มีค่าร้อยละ หรือ % มากจะมีความเหมาะสมในการนำมาใช้งานมากกว่าแนวทางอื่น ๆ โดยสามารถพิจารณาได้จากข้อมูล ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงสัดส่วนของปริมาณแสงธรรมชาติในแต่ละแนวทางการปรับปรุงสภาพห้อง โดยเปรียบเทียบกับสภาพห้องก่อนทำการปรับปรุง

รูปแบบการปรับปรุงห้อง AR408	สัดส่วนของปริมาณแสงธรรมชาติ(%)
ก่อนทำการปรับปรุง	100.00
ปรับปรุงส่วนฝ้าเพดาน	137.74
ปรับปรุงส่วนผนังภายใน	129.36
ปรับปรุงส่วนช่องเปิด	126.84
ติดตั้งท่อนำแสงแนวนอน	88.89
ผสานทั้ง 4 แนวทาง	170.02

2. คุณภาพของความส่องสว่าง

คุณภาพความส่องสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติที่เหมาะสมในการนำมาใช้งานภายในอาคารสามารถพิจารณาได้จากช่วงขอบเขตสูงสุดและต่ำสุดของค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นทั่วทั้งห้องบนระนาบทำงานที่ได้จากการปรับปรุงสภาพห้องแต่ละแนวทาง ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยช่วงค่าที่มีความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดน้อยที่สุดแสดงว่าสภาพความส่องสว่างมีความสม่ำเสมอกันตลอดทั่วทั้งบริเวณภายในห้อง ซึ่งถือเป็นสภาพความส่องสว่างที่มีคุณภาพสูงและเหมาะในการเลือกนำมาใช้งาน แต่หากค่าความแตกต่างมีมากสภาพความส่องสว่างจะมีลักษณะตรงกันข้ามกับลักษณะที่กล่าวไปแล้วข้างต้น

การพิจารณาข้อมูลที่เป็นช่วงค่าสูงสุด–ต่ำสุดจะมีข้อจำกัดในการเปรียบเทียบช่วงขอบเขตของแต่ละแนวทางการปรับปรุงสภาพห้อง เนื่องจากค่าที่แสดงช่วงขอบเขตสูงสุดและต่ำสุดมีความหลากหลายแตกต่างกันมาก จึงอาจทำให้การพิจารณาคาดการณ์คุณภาพของแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องคาดเคลื่อนได้โดยง่าย ดังนั้นเพื่อให้สามารถพิจารณาเปรียบเทียบหาคุณภาพของความส่องสว่างได้โดยง่าย งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีการเปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างค่าความส่องสว่างสูงสุดกับค่าความส่องสว่างต่ำสุด โดยนำค่าความส่องสว่างสูงสุดหารด้วยค่าความส่องสว่างต่ำสุด ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นค่าตัวแปรที่สามารถนำไปเปรียบเทียบร่วมกันระหว่างแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องแต่ละรูปแบบได้ ถ้าหากค่าที่ได้เท่ากับ 1 หมายความว่าปริมาณความส่องสว่างบนระนาบทำงานภายในห้องมีความสม่ำเสมอทั่วบริเวณ เนื่องจากมีค่าเท่ากันหมดทั่วทั้งพื้นที่ ซึ่งถือเป็นสภาพในอุดมคติสำหรับห้องที่ต้องการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารโดยผ่านช่องแสงทางด้านข้างเช่นเดียวกับห้อง AR408 ที่ใช้ศึกษาในงานวิจัยนี้ หากแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องใดมีค่าตัวแปรใกล้เคียงกับ 1 มากที่สุด แนวทางนั้นการปรับปรุงสภาพห้องจะมีความเหมาะสมในการนำมาใช้มากกว่าแนวทางอื่น ๆ โดยสามารถพิจารณาได้จากข้อมูลตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างต่ำสุด ค่าความส่องสว่างสูงสุด และค่าความส่องสว่างเฉลี่ยบนระนาบทำงานภายในห้อง AR408 รวมถึงสัดส่วนค่าสูงสุดต่อค่าต่ำสุดของแต่ละแนวทางการปรับปรุงสภาพห้อง

แนวทางการปรับปรุงห้อง AR408	ค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงาน (ลักซ์)			ค่าสูงสุด : ค่าต่ำสุด
	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	
ก่อนทำการปรับปรุง	70.58	260.01	1,219.33	17.28
ปรับปรุงส่วนฝ้าเพดาน	124.17	358.14	1,214.92	9.78
ปรับปรุงส่วนผนังภายใน	150.08	336.34	1,268.17	8.45
ปรับปรุงส่วนช่องเปิด	78.50	329.79	1,235.92	15.74
ติดตั้งท่อนำแสงแนวนอนเพิ่มเติม	64.75	231.12	873.50	13.49
ปรับปรุงโดยผสานทั้ง 4 แนวทาง	241.67	442.07	1,446.50	5.99

9.2 ประสิทธิภาพของแนวทางการปรับปรุงห้อง AR408 แต่ละรูปแบบ

เกณฑ์การพิจารณาคัดเลือกแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องที่เหมาะสมในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในห้อง AR408 จากปัจจัยในเรื่องของปริมาณและคุณภาพของความส่องสว่างตามข้อมูลในตารางที่ 1 และ 2 สามารถสรุปลำดับในการเลือกพิจารณาความเหมาะสมในการปรับปรุงสภาพห้อง AR408 ของแต่ละแนวทางได้ดังนี้

1. สภาพห้องหลังทำการปรับปรุงส่วนฝ้าเพดาน

เมื่อพิจารณาจากปัจจัยของปริมาณความส่องสว่างเป็นหลักจะมีประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 137.74% อยู่ในลำดับที่ 2 จากทั้งหมด 5 แนวทาง หากพิจารณาจากปัจจัยของคุณภาพความส่องสว่างเป็นหลักจะมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 9.78 อยู่ในลำดับที่ 3 จากทั้งหมด 5 แนวทาง

2. สภาพห้องหลังทำการปรับปรุงส่วนผนังภายใน

เมื่อพิจารณาจากปัจจัยของปริมาณความส่องสว่างเป็นหลักจะมีประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 129.36% อยู่ในลำดับที่ 3 จากทั้งหมด 5 แนวทาง หากพิจารณาจากปัจจัยของคุณภาพความส่องสว่างเป็นหลักจะมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 8.45 อยู่ในลำดับที่ 2 จากทั้งหมด 5 แนวทาง

3. สภาพห้องหลังทำการปรับปรุงส่วนช่องเปิด

เมื่อพิจารณาจากปัจจัยของปริมาณความส่องสว่างเป็นหลักจะมีประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 126.84% อยู่ในลำดับที่ 4 จากทั้งหมด 5 แนวทาง หากพิจารณาจากปัจจัยของคุณภาพความส่องสว่างเป็นหลักจะมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 15.74 อยู่ในลำดับที่ 5 จากทั้งหมด 5 แนวทาง

4. สภาพห้องหลังทำการติดตั้งระบบท่อนำแสงแนวนอนเพิ่มเติม

เมื่อพิจารณาจากปัจจัยของปริมาณความส่องสว่างเป็นหลักจะมีประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 88.89% อยู่ในลำดับที่ 5 จากทั้งหมด 5 แนวทาง หากพิจารณาจากปัจจัยของคุณภาพความส่องสว่างเป็นหลักจะมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 13.49 อยู่ในลำดับที่ 4 จากทั้งหมด 5 แนวทาง

5. สภาพห้องหลังทำการปรับปรุงโดยผสานทั้ง 4 แนวทาง

เมื่อพิจารณาจากปัจจัยของปริมาณความส่องสว่างเป็นหลักจะมีประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 170.02% อยู่ในลำดับที่ 1 จากทั้งหมด 5 แนวทาง หากพิจารณาจากปัจจัยของคุณภาพความส่องสว่างเป็นหลักจะมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 5.99 อยู่ในลำดับที่ 1 จากทั้งหมด 5 แนวทาง

จากลำดับความเหมาะสมของแนวทางการปรับปรุงสภาพห้อง AR408 ข้างต้น จะพบว่า สภาพห้องหลังทำการปรับปรุงโดยผสานทั้ง 4 แนวทางอยู่ในลำดับที่ 1 ของการพิจารณาจากสองปัจจัยหลัก (ปริมาณและคุณภาพ) เนื่องจากเป็นแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องที่ผสมผสานแนวทางการแก้ไขปัญหาจากทุกแนวทางการปรับปรุงสภาพห้องในการเพิ่มปริมาณความส่องสว่าง **เพราะฉะนั้นสภาพห้องหลังทำการปรับปรุงโดยผสานทั้ง 4 แนวทางมีความเหมาะสมที่สุด**ในการปรับปรุงสภาพห้อง AR408 เพื่อนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารถึงแม้ว่าเมื่อพิจารณารายละเอียดของผลการศึกษาอย่างละเอียดจะพบว่าที่ระยะห่างในช่วงประมาณ 3 เมตรจากช่องแสงด้านข้างปริมาณความส่องสว่างจะต่ำกว่าสภาพห้องก่อนทำการปรับปรุง (เป็นผลมาจากการติดตั้งระบบท่อนำแสงแนวนอน) แต่เมื่อวิเคราะห์ควบคู่กับความสม่ำเสมอของความส่องสว่างที่เกิดขึ้นแนวทางการปรับปรุงนี้จึงมีความเหมาะสมกว่าแนวทางอื่น

แต่หากพิจารณาเปรียบเทียบแต่ละแนวทางการปรับปรุงสภาพห้อง AR408 ยกเว้นแนวทางการปรับปรุงโดยผสานทั้ง 4 แนวทาง จะพบว่า **สภาพห้องการปรับปรุงส่วนฝ้าเพดานจะช่วยเพิ่มปริมาณความส่องสว่างภายในห้องได้มากที่สุด** (ลำดับที่ 2 จาก 5) เนื่องจากการปรับเปลี่ยนรูปแบบของฝ้าเพดานจากลักษณะก่อนทำการปรับปรุงที่อยู่สูงและไม่เรียบเป็นผืนเดียวกันเพราะมีแนวคานพาดผ่านเป็นลักษณะฝ้าเพดานแบบเรียบเสมอกันทั้งผืนและการปรับปรุงสภาพห้องจะเน้นการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบต่าง ๆ ของอาคารโดยไม่ให้กระทบกับโครง-สร้างหลัก ทำให้ตำแหน่งของฝ้าเพดานหลังการปรับปรุงจะอยู่ต่ำกว่าเดิม (ติดตั้งใต้ท้องคาน) ซึ่งจากการที่ฝ้าเพดานเรียบและต่ำจะส่งผลให้แสงธรรมชาติที่ผ่านเข้ามาภายในห้องทางช่องแสงด้านข้างมีการสะท้อนบนฝ้าเพดานกระจายแสงลงบนระนาบทำงานได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับแนวทางการปรับปรุงสภาพห้อง AR408 รูปแบบอื่น

เมื่อพิจารณาโดยเน้นความคุณภาพของความส่องสว่างเป็นหลัก จะพบว่า **สภาพห้องหลังทำการปรับปรุงส่วนผนังภายในจะทำให้ความส่องสว่างภายในห้องมีความสม่ำเสมอมากที่สุด** (ลำดับที่ 2 จาก 5) เนื่องจากสภาพห้อง AR408 ก่อนทำการปรับปรุงจะถูกแบ่งเป็นห้องย่อย 7 ห้อง ด้วยผนังเบาแบบติดตั้งชั่วคราว ทำให้แต่ละห้องย่อยได้รับผลจากการบังแสงของผนังภายใน และเมื่อทำการปรับเปลี่ยนสภาพห้องโดยรื้อถอนผนังเบาออกไปทำให้แสงธรรมชาติจากช่องแสงด้านข้างสามารถกระจายต่อเนื่องไปได้ทั่วถึงตลอดทั้งห้อง AR408 ส่งผลให้แสงมีความสม่ำเสมอมากกว่าแนวทางการปรับปรุงสภาพห้อง AR408 รูปแบบอื่น

ผลลัพธ์จากการปรับปรุงในส่วนช่องเปิดที่ปรับเปลี่ยนประตูทางเข้าห้อง AR408 จากบานไม้เป็นบานกระจกเพื่อเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติในด้านตรงข้ามที่มืดกว่าของห้อง AR408 พบว่า สามารถเพิ่มปริมาณและคุณภาพของแสงสว่างภายในห้องได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และยังส่งผลให้*สภาพห้องหลังทำการปรับปรุงส่วนช่องเปิดจะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาในการใช้งาน กล่าวคือ หากเป็นช่วงเช้า (ก่อนเที่ยง) ปริมาณความส่องสว่างในทิศตะวันออกของห้องจะเพิ่มขึ้น แต่หากเป็นช่วงบ่าย (หลังเที่ยง) ปริมาณความส่องสว่างในทิศตะวันตกของห้องแทบจะไม่มีความแตกต่างกับสภาพห้องก่อนการปรับปรุง*

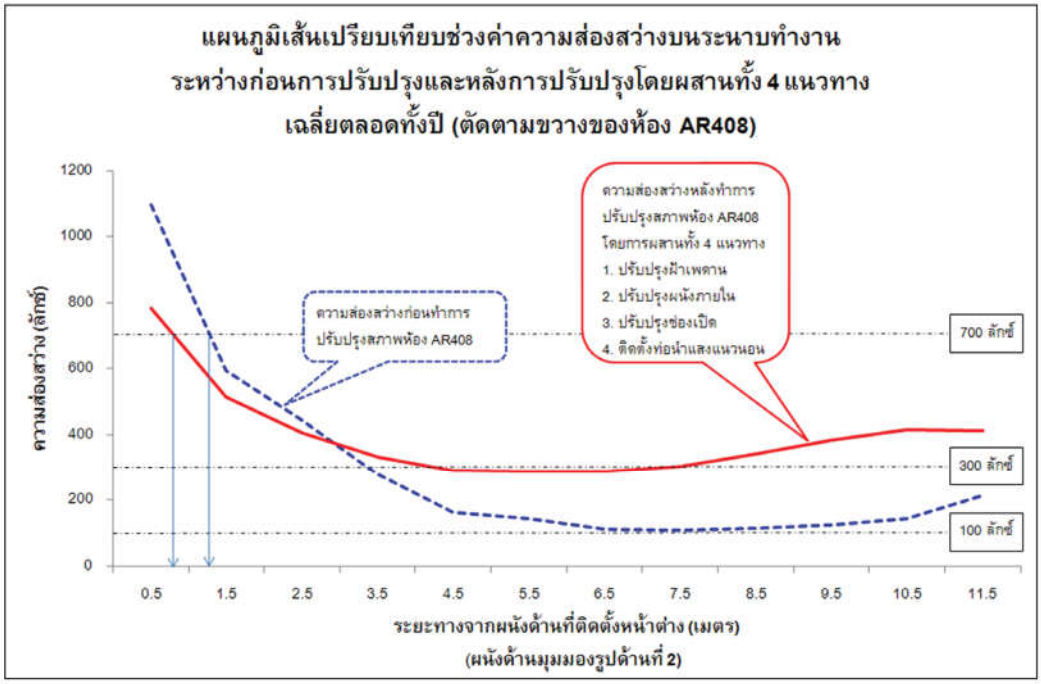
ในส่วนของการปรับปรุงสภาพห้องด้วยการติดตั้งระบบท่อนำแสงแนวนอนเพิ่มเติมเพื่อนำแสงธรรมชาติสามารถเข้ามาภายในห้อง AR408 ให้ได้ระยะลึกมากขึ้นและเป็นการเพิ่มปริมาณความส่องสว่างบนพื้นที่ในส่วนห่างจากช่องแสงทางด้านข้างให้มากกว่าเดิม พบว่า ได้ผลลัพธ์ที่สวนทางกับสมมติฐานที่คาดการณ์ไว้ กล่าวคือ *สภาพห้องหลังทำการติดตั้งระบบท่อนำแสงแนวนอนเพิ่มเติมมีปริมาณและคุณภาพของความส่องสว่างต่ำกว่าสภาพห้องก่อนทำการปรับปรุง* ทั้งนี้ เป็นผลเนื่องมาจากการติดตั้งระบบท่อนำแสงแนวนอนโดยไม่ให้มีการกระทบกับโครง-สร้างหลัก ทำให้พื้นที่ของช่องแสงด้านข้างบางส่วนถูกปรับเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ช่องรับแสงธรรมชาติจากภายนอกของระบบท่อนำแสงแนวนอน ซึ่งผลที่ตามมาคือ ปริมาณแสงธรรมชาติที่ได้จากช่องแสงทางด้านข้างจะลดน้อยลงเพื่อไปเพิ่มความส่องสว่างที่บริเวณปลายท่อนำแสงแทน แต่จากผลการศึกษาอย่างละเอียดกลับพบว่าปริมาณความสว่างที่ได้จากปลายท่อนำแสง (ในแบบจำลองได้กำหนดตำแหน่งของปลายท่อไว้ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของห้อง AR408) มีค่าเพิ่มขึ้นน้อยมากและไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับสภาพห้องก่อนการปรับปรุง สามารถสันนิษฐานได้ว่าอาจเป็นเพราะรูปแบบของระบบท่อนำแสงแนวนอนไม่มีความซับซ้อนมากเพียงพอ ทำให้การนำแสงธรรมชาติจากภายนอกเข้ามาภายในได้ผลไม่ตรงตามที่คาดการณ์ไว้ ดังนั้น การลดพื้นที่ของช่องแสงด้านข้างจึงไม่คุ้มค่าเมื่อเทียบกับปริมาณความส่องสว่างที่ได้จากระบบท่อนำแสงแนวนอน

10. สรุปผล

งานวิจัยนี้ประเมินประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติภายในอาคารจากแนวทางการปรับปรุงที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้การเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานเฉลี่ยตลอดทั้งปี (ภาพตัดตามขวางบริเวณกึ่งกลางห้อง AR408) ระหว่างสภาพห้อง ก่อนการปรับปรุงและสภาพห้องหลังการปรับปรุง โดยผสานทั้ง 4 แนวทาง ประกอบด้วย การปรับปรุงฝ้าเพดาน การปรับปรุงผนังภายใน การปรับปรุงช่องเปิด และการติดตั้งระบบท่อนำแสงแนวนอนเพิ่มเติมสามารถแสดงผลลัพธ์ได้ ดังรูปที่ 27

ข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทยได้กำหนดค่าความส่องสว่างขั้นต่ำสำหรับการทำงานเขียนแบบไว้ที่ 750 ลักซ์ เมื่อเปรียบเทียบกับแผนภูมิผลลัพธ์แสดงค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานของห้อง AR408 จะเห็นได้ว่าสภาพห้องก่อนการปรับปรุงสามารถใช้แสงธรรมชาติได้อย่างเหมาะสมที่ระยะห่างจากหน้าต่างประมาณไม่เกิน 1.2 เมตร และสภาพห้องหลังการปรับปรุงโดยผสานทั้ง 4 แนวทางสามารถใช้แสงธรรมชาติได้อย่างเหมาะสมที่ระยะห่างจากหน้าต่างประมาณไม่เกิน 0.6 เมตร เท่านั้น ซึ่งเมื่อพิจารณาในภาพรวมจะพบว่าการปรับปรุงสภาพห้องโดยผสานทั้ง 4 แนวทางไม่ได้ช่วยให้ปริมาณแสงธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นจนเหมาะสมในการใช้งานเขียนแบบ แต่หากพิจารณาความสม่ำเสมอของค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานภายในห้องจะเห็นได้ชัดเจนว่า สภาพห้องหลังการปรับปรุงมีคุณภาพดีกว่าสภาพก่อนปรับปรุงเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เป็นผลมาจากการปรับปรุงสภาพห้องโดยผสานทั้ง 4 แนวทาง ช่วยเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติในอีกด้านที่ไม่มีหน้าต่างของห้อง AR408 โดยค่าความส่องสว่างเฉลี่ยต่ำสุดของสภาพห้องหลังการปรับปรุงโดยผสานทั้ง 4 แนวทาง เท่ากับ 286.21 ลักซ์มากกว่าค่าความส่องสว่างเฉลี่ยต่ำสุดของสภาพห้องก่อนทำการปรับปรุงที่มีค่า 110.83 ลักซ์ คิดเป็นปริมาณแสงธรรมชาติที่เพิ่มมากขึ้นประมาณ 1.6 เท่า ทำให้สามารถช่วยลดการใช้พลังงานจากแสงประดิษฐ์ที่นำมาเพิ่มความส่องสว่างบนระนาบทำงานให้เหมาะสมตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทยได้มากขึ้นตามไปด้วย

การปรับปรุงสภาพห้อง AR408 ให้มีความส่องสว่างบนระนาบทำงานเท่ากับ 750 ลักซ์ อย่างทั่วถึงตลอดทั้งห้องโดยใช้แสงสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติเพียงอย่าง



รูปที่ 27 แผนภูมิเส้นเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างบนระนาบทำงานระหว่างก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงโดยผสานทั้ง 4 แนวทาง เฉลี่ยตลอดทั้งปี (ตัดตามขวางของห้อง AR408)

เดียวนั้นไม่สามารถเป็นไปได้ ดังนั้น การใช้แสงสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์เสริมร่วมกับแสงธรรมชาติจึงเป็นการแก้ไขปัญหาในขั้นสุดท้ายที่จำเป็นต้องเลือกใช้อย่างยิ่ง เพื่อให้กิจกรรมภายในห้อง AR408 สามารถดำเนินต่อไปได้ ซึ่งการปฏิบัติการภายใต้สภาพสิ่งแวดล้อมจริงในห้อง AR408 นั้นไม่จำเป็นต้องให้ค่าความส่องสว่างเท่ากับ 750 ลักซ์ ทั่วทั้งห้องเพราะพื้นที่ที่ใช้ในการทำงานจะอยู่เพียงเฉพาะบริเวณโต๊ะเขียนแบบเท่านั้น ดังนั้นหากสภาพห้องหลังการปรับปรุงโดยผสานทั้ง 4 แนวทางมีค่าความส่องสว่างโดยรอบพื้นที่ทำงาน (ambient light) อย่างน้อยประมาณ 300 ลักซ์ จะทำให้สามารถเพิ่มค่าความส่องสว่างเฉพาะจุด (task light) จากแหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์บริเวณโต๊ะเขียนแบบเพียงแค่ 450 ลักซ์ เท่านั้น เพื่อให้ค่าความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงานเท่ากับ 750 ลักซ์ ตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพห้องก่อนทำการปรับปรุงที่มีค่าความส่องสว่างโดยรอบพื้นที่ทำงานต่ำที่สุดประมาณ 100 ลักซ์ ซึ่งต้องใช้แสงประดิษฐ์ช่วยเพิ่มค่าความส่องสว่างถึง 650 ลักซ์ จะเห็นได้ว่า สภาพห้องหลังการปรับปรุงจะช่วยลดพลังงานไฟฟ้าจากใช้หลอดไฟในการเพิ่มค่าความส่องสว่างได้เป็นอย่างมากหากพิจารณาโดยละเอียดในส่วนของพื้นที่บริเวณใกล้ช่องเปิดจะมีค่าความส่องสว่างที่มากกว่า 300 ลักซ์ ซึ่งจะทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการส่องสว่างลงได้อีก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของระยะที่ห่างจากช่องเปิดกับรูปแบบในการติดตั้งระบบแสงประดิษฐ์ โดยพื้นที่บริเวณที่ใกล้ช่องเปิดมากจะมีค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติมากตามไปด้วย ทำให้ช่วยลดการส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ได้มากขึ้นตามลำดับ

11. ข้อเสนอแนะ

1. งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณและคุณภาพของความส่องสว่างโดยคำนึงถึงการใช้แสงธรรมชาติเพียงอย่างเดียวเท่านั้น การศึกษาขั้นตอนต่อไปควรศึกษาการบูรณาการการใช้งานร่วมกันระหว่างแสงธรรมชาติกับแสงประดิษฐ์ เพราะถึงแม้ว่าผลการปรับปรุงสภาพอาคารที่เหมาะสมที่สุดจะมีค่าความส่องสว่างขั้นต่ำไม่ผ่านตามข้อแนะนำของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย แต่หากนำผลการศึกษาที่ได้ไปปรับใช้กับการให้แสงสว่างจากแสงประดิษฐ์จะช่วยลดการใช้พลังงานได้

2. งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงสภาพห้องเฉพาะปัจจัยทางด้านแสงสว่างเท่านั้น โดยไม่ได้คำนึงถึงอิทธิพลจากสภาพสิ่งแวดล้อมอื่นที่อาจมีส่วนเกี่ยวข้อง เช่น ปัจจัยด้านความร้อน ปัจจัยด้านเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น

3. งานวิจัยนี้ศึกษาภายใต้สภาพท้องฟ้าโปร่งเพียงอย่างเดียว แต่การนำไปประยุกต์ใช้งานจริงสภาพท้องฟ้าจะมีความแปรปรวนค่อนข้างมาก จึงควรมีการศึกษาสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (partly cloudy sky) และสภาพท้องฟ้าแบบปิด (overcast sky) เพิ่มเติม (Brown & DeKay, 2000)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนในการวิจัยจากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

References

Brown, G. Z. & DeKay, M. (2000). *Sun, wind & light architectural design strategies.* New York: John Wiley & Sons.

Chirarattananon, S., Chedsiri, S. & Renshen, L. (2000). Daylighting through light pipes in the tropics. *Solar Energy, 69*(4), 331-341.

DIALux Light Building Software. (2012). *DIALux 4 with new improved calculation kernel.* Retrieved December 12, 2012, from http://www.dial.de/DIAL/fileadmin/download/dialux/wissen/Dx4_Rechenkern_eng.pdf

Illuminating Engineering Association of Thailand [TIEA]. (2003). *TIEA-GD003 ข้อแนะนำระดับความส่องสว่างภายในอาคารของประเทศไทย* [TIEA-GD003 Thailand indoor illluminance recommendations]. Bangkok, Thailand: Author.

Intarakulchai, B. (2009). *การออกแบบและพัฒนาระบบท่อนำแสงแนวนอนสำหรับอาคารประเภทสำนักงาน* [Design and development of horizontal light pipe for office building]. Master of Architecture Thesis, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.

Intarakulchai, B. (2012). *รายงานการวิจัย การปรับปรุงห้องเรียนภาคปฏิบัติของอาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ผังเมือง และนฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติให้เหมาะสมสำหรับนำมาใช้งาน* [Research Report: Studio improvement in Faculty of Architecture, Urban Design and Creative Arts, Mahasarakham University for increasing appropriately amount of daylight]. Faculty of Architecture, Urban Design and Creative Arts, Mahasarakham University, Maha Sarakham, Thailand.

Jindawanik, T. (2003). การประหยัดพลังงานในอาคาร [Energy saving in building]. *Engineering Today, 3*(1), 3.

Kwok, C. M. & Chung, T. M. (2008). Computer simulation study of a horizontal light pipe integrated with laser cut panels in a dense urban environment. *Lighting Research and Technology, 40*(4), 287-305.

Oakley, G., Riffat, S. B. & Shao, L. (2000). Daylight performance of lightpipes. *Solar Energy, 69*(2), 89-98.

Saihong, N. & Srisutapan, A. (2008). แนวทางการออกแบบแสงสว่างในห้องเรียนสื่อผสม [Guidelines for lighting design in multimedia classroom]. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies, 5*(1), 67-81.