

แนวทางการออกแบบช่องแสงและอุปกรณ์บังแดด ของห้องเรียนทิศตะวันตกเพื่อใช้แสงธรรมชาติตามกฎกระทรวง Design Guidelines for Window and Shading Devices for Western-facing Classrooms to use Daylight under Ministerial Regulations

โสพิศ ชัยชนะ^{1*} สรณียา หมั่นดี² ชิดสนุชา ขัมภรัตน์³ และวจร สีทาแก⁴

¹⁻⁴อาจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
จังหวัดปทุมธานี 12110

Sopit Chaichana^{1*} Soraneya Mhundee² Chidsanucha Khamparat³
and Khajorn Seetakae⁴

¹⁻⁴ Lecturer, Faculty of Architecture,
Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani, Thailand, 12110

*Email: sopit_ch@rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาอิทธิพลของสัดส่วนช่องแสงและระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดของห้องเรียนด้านทิศตะวันตกที่ส่งผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง และคุณภาพของแสงสว่างที่ได้จากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ 2) เสนอแนวทางการออกแบบเพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์ในกฎกระทรวงฯ การออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ขนาดห้องเรียนและตำแหน่งหลอดไฟ สัดส่วน WWR และระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด ประเมินผลโดยพิจารณาค่า OTTV ค่า Eav ค่า Uo เฉลี่ย และเงื่อนไขการยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างตามแนวกรอบอาคาร ผลการวิจัยพบว่า ผนังทุกสัดส่วน WWR ที่มีอุปกรณ์บังแดดยื่น 1.00 เมตร ขึ้นไป จะมีค่า OTTV ผ่านเกณฑ์ ผนังทุกรูปแบบทำให้ค่า Eav ผ่านเกณฑ์ และผนัง WWR 40 มีอุปกรณ์บังแดดยื่น 1.00 หรือ 1.50 เมตร ทำให้ค่า Uo ผ่านเกณฑ์ โดยขนาดของห้องเรียนที่มีความลึกต่างกันจะมีค่า Uo เฉลี่ยต่างกันไม่มาก สำหรับแนวทางการออกแบบเพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์ในกฎกระทรวงฯ กำหนดเป็น 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 ค่า OTTV และค่า Uo ผ่านเกณฑ์ ได้แก่ ผนัง WWR 40 อุปกรณ์บังแดดยื่น 1.00 หรือ 1.50 เมตร กรณีที่ 2 ค่า OTTV ผ่านเกณฑ์และเป็นไปตามเงื่อนไขการยกเว้น ได้แก่ ผนัง WWR 30 อุปกรณ์บังแดดยื่น 0.50 เมตร และกรณีที่ 3 ค่า Uo ผ่านเกณฑ์และเป็นไปตามเงื่อนไขการยกเว้น พบว่าไม่มีรูปแบบที่ผ่านเกณฑ์ในกรณีดังกล่าว และไม่มีรูปแบบผนังที่ผ่านทั้ง 3 เกณฑ์ ผลการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบช่องแสงและอุปกรณ์บังแดดของห้องเรียนด้านทิศตะวันตก เพื่อให้อาคารมีประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงาน และมีคุณภาพด้านแสงสว่างภายในห้องที่เหมาะสม

คำสำคัญ: แสงธรรมชาติ, อุปกรณ์บังแดด, ผนังทิศตะวันตก, ค่าการถ่ายเทความร้อนรวม

Abstract

The objectives of this research were (1) to study the effects of the window ratio and the length of the shading device of western-facing classrooms in terms of the overall thermal transfer value, and the quality of light from natural light in combination with artificial light. (2) to propose design guidelines to meet the requirements of Ministerial Regulation in Designing Building for Energy Conservation B.E. 2563 (2020). The variables used in the study were classroom size and luminaire positions, WWR, and the length of the shading device. The results were evaluated by considering the OTTV, E_{av} , U_o , and conditions for the exclusion of electrical lighting system in areas along the shell of the building. The results indicate that the walls with 1.00 meter shading devices made the OTTV comply with the code. All the models made the E_{av} meet the standard. The walls with WWR 40 and 1.00 or 1.50 meters shading devices made the U_o met the standard. The size of classrooms with different depths was not substantially different U_o . The design guidelines to meet the criteria in the ministerial regulations, there were 3 cases: case 1, The models that the OTTV and U_o complied with the code were the walls with WWR 40 and 1.00 or 1.50 meters shading devices. Case 2, The models that the OTTV complied with the code and met the exclusion conditions were the wall with WWR 30 and 0.50 meter shading devices. And case 3, In addition there was no model in this research that the U_o complied with the code and met the exclusion conditions. There was no model that met all three regulations. The results of this research will contribute to guidelines for window and shading devices designed for western-facing classrooms, for building energy efficiency and lighting quality.

Keywords: Natural light, Shading Device, West Wall, OTTV

Received: August 31, 2022; **Revised:** February 2, 2023; **Accepted:** March 10, 2023

1. บทนำ

การออกแบบช่องแสงเพื่อใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ในเวลากลางวัน ตามประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการคำนวณ และการรับรองผลการตรวจประเมินในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2564 หมวด 6 ข้อ 11 กล่าวถึงข้อกำหนดในการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร ที่ออกตามกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563 ถูกใช้เป็นทางเลือกในการยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้าจากหลอดไฟ เมื่อมีการออกแบบเพื่อใช้แสงธรรมชาติในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคาร โดยถือว่าการออกแบบดังกล่าวช่วยลดการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เงื่อนไขในการยกเว้น ได้แก่ มีการออกแบบสวิตช์ที่สามารถเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้กับพื้นที่ตามแนวเปลือกอาคาร โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างต้องมีระยะห่างจากเปลือกอาคารไม่เกิน 1.5 เท่าของความสูงของหน้าต่างในพื้นที่นั้น นับจากพื้นถึงขอบบนของวงกบหน้าต่าง และกระจกหน้าต่างตามแนวเปลือกอาคารต้องมีค่าประสิทธิภาพของสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC_{eff}) ไม่น้อยกว่า 0.3 และอัตราส่วนการส่งผ่านแสงต่อความร้อน (LSG) มากกว่า 1.0 และความกว้างของกระจกหน้าต่างตามแนวเปลือกอาคารต้องไม่น้อยกว่าความกว้างของผนังที่ส่วนที่อยู่ด้านข้างของหน้าต่าง จะเห็นได้ว่าเงื่อนไขดังกล่าวต้องการให้ออกแบบช่องเปิดที่มีขนาดใหญ่เพียงพอ และมีอุปกรณ์บังแดดที่ไม่บังแสงธรรมชาติมากเกินไป รวมทั้งต้องเลือกกระจกที่มีค่าการส่งผ่านแสง (T_{vis}) ที่สูง เพื่อให้แสงธรรมชาติเข้ามาชดเชยความสว่างบริเวณแนวกรอบอาคารได้ แต่เกณฑ์ดังกล่าวไม่ได้มีการกำหนดทิศของช่องเปิดที่ใช้แสงธรรมชาติ แม้ว่าความส่องสว่างและแนวโน้มการเกิดแสงที่มากเกินไปความต้องการในแต่ละทิศจะมีไม่เท่ากัน โดยทิศเหนือสามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้ในปริมาณที่เหมาะสมตลอดช่วงเวลาการทำงานของ

ทั้งปี และมีปริมาณแสงจ้าหรือแสงที่รบกวนการทำงานไม่มากเกินไป (อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรหม, 2563) โดยปกติผู้ออกแบบจึงเลือกเปิดช่องแสงให้อยู่ด้านทิศเหนือตามเหตุผลดังกล่าว และหลีกเลี่ยงการออกแบบช่องเปิดในทิศตะวันออกและตะวันตก เนื่องจากจะได้รับผลกระทบจากรังสีความร้อนและแสงจ้าในช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์โคจรต่ำ แต่หากมีความจำเป็น เช่น มีข้อจำกัดด้านขนาดและรูปร่างของที่ดิน พื้นที่อาคาร หรือการวางแผนแนวแกนเส้นทางสัญจรหลักของอาคาร ทำให้บางครั้งจำเป็นต้องออกแบบตำแหน่งห้องเรียนให้อยู่ทางทิศตะวันตก ซึ่งปัญหาหลักคือเรื่องความร้อนและคุณภาพของแสงสว่าง ผู้ออกแบบจึงต้องออกแบบอุปกรณ์บังแดดภายนอกสำหรับป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ที่จะเข้ามายังพื้นที่ภายในห้องเพื่อลดแสงจ้า (Ashikur Rahman Joarder & Andrew D.F. Price, 2012) หรือแก้ปัญหาโดยการออกแบบอุปกรณ์บังแดดรูปแบบผสม คือ แผงบังแดดแนวนอนและแนวตั้งผสมกัน ข้อดี คือ อุปกรณ์บังแดดดังกล่าวสามารถช่วยลดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคาร (OTTV) เป็นการช่วยลดปริมาณความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าไปเป็นภาระของระบบปรับอากาศได้ (Borvontanajunya & Varodompun, 2013) แต่อุปกรณ์บังแดดดังกล่าว ก็ส่งผลให้ความส่องสว่างภายในห้องลดลงไปด้วย (Tuaycharoen, Konisanukul & Chaychom, 2011) จากข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร ภาควิชาการ กฏกระทรวง ฉบับที่ 39 และสมาคมแสงสว่างแห่งประเทศไทย กำหนดให้ห้องเรียนมีค่าความส่องสว่างบนพื้นที่ใช้งานไม่ต่ำกว่า 300 ลักซ์ แม้ว่าการออกแบบโดยใช้แสงประดิษฐ์จากหลอดไฟเพียงอย่างเดียวอาจเพียงพอต่อการใช้งาน แต่การใช้แสงธรรมชาติภายในห้องเรียนก็มีความสำคัญ เนื่องจากแสงธรรมชาติสามารถนำเข้ามาในอาคารเพื่อสร้างสภาวะที่ดีหรือเพื่อให้เกิดการตอบสนองที่ดีต่อการควบคุมการทำงานของระบบร่างกายของผู้ใช้ และยังส่งผลต่อนาฬิกาชีวภาพ (Circadian Rhythm) อีกด้วย (อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรหม, 2565) หากภายในห้องเรียนขาดสภาวะสบายจะส่งผลอย่างมากต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน (Leccese, 2020) สำหรับแนวทางการใช้แสงธรรมชาติในประเทศไทย มีปริมาณแสงที่เพียงพอต่อการใช้งานให้เกิดความเหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตได้ในระยะ 1.50 - 3.00 เมตร จากระนาบช่องเปิด โดยทิศของช่องเปิดมีผลต่อปริมาณ Circadian Stimulus (CS) และ Equivalent Melanopic Lux (EML) เช่นกัน สำหรับช่องเปิดทิศตะวันออกและตะวันตก สามารถใช้แสงธรรมชาติได้เหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตมากกว่าการใช้ช่องเปิดในทิศเหนือและทิศใต้ (จิณห์วรา อรัญย์ขนาญ และอวิรุทธ์ ศรีสุธาพรหม, 2564)

จะเห็นได้ว่าหากมีความจำเป็นต้องออกแบบห้องเรียนให้อยู่ในทิศตะวันตก และมีช่องแสงในทิศนี้ การออกแบบช่องแสงให้มีขนาดใหญ่ มีอุปกรณ์บังแดดเล็กน้อย จะช่วยให้ได้รับแสงธรรมชาติ ช่วยส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้ และสามารถมองเห็นทัศนียภาพภายนอกได้ แต่ก็เกิดผลกระทบในบางช่วงเวลาที่แสงจ้า รวมทั้งมีปริมาณความร้อนถ่ายเทผ่านช่องแสงเข้ามาสูง นอกจากนี้ยังส่งผลให้ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของสัดส่วนช่องแสงและระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดของห้องเรียนด้านทิศตะวันตก ที่ส่งผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง และคุณภาพของแสงสว่างที่ได้จากการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ และเสนอแนวทางการออกแบบเพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์ในกฏกระทรวงฯ การออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2563

2. วิธีการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยการกำหนดรูปแบบของห้องเรียน วัสดุผนังทึบ วัสดุผนังโปร่งแสง ขนาดช่องแสง และระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด จากนั้นคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ในโปรแกรม BEC ระบบ Web-based และสร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์คุณภาพของแสงสว่างในโปรแกรม DIALux 3.14

2.1 รูปแบบห้องเรียนทิศตะวันตกที่ใช้ในการศึกษา

2.1.1 กำหนดขนาดของห้องเรียนและการวางตำแหน่งหลอดไฟ

กำหนดให้ผนังด้านทิศตะวันตกของห้องเรียนเป็นด้านที่มีช่องแสงด้านเดียว ขนาดกว้าง 8 เมตร ซึ่งเป็นขนาดตามระยะทางของเสาโครงสร้างที่พบได้ทั่วไปในอาคารสถานศึกษา โดยระเบียบกระทรวงศึกษาธิการ ว่าด้วยการกำหนดมาตรฐานโรงเรียน

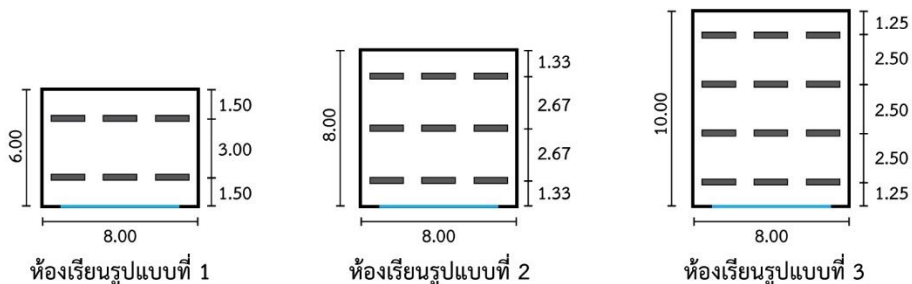
เอกชน ประเภทสามัญศึกษา ระดับก่อนประถมศึกษา ระดับประถมศึกษา และระดับมัธยมศึกษา พ.ศ. 2549 กำหนดให้ห้องเรียนระดับชั้นประถมศึกษา และมัธยมศึกษา มีขนาดห้องไม่ต่ำกว่า 8x6 เมตร ในการวิจัยนี้จึงกำหนดให้ ห้องเรียนรูปแบบที่ 1 มีความลึก 6 เมตร (ห้องเรียนสี่เหลี่ยมหน้าแคบ) และกำหนดห้องเรียนที่มีระยะความลึกแตกต่างกันอีก 2 รูปแบบ ได้แก่ ห้องเรียนรูปแบบที่ 2 มีความลึก 8 เมตร (ห้องเรียนสี่เหลี่ยมจัตุรัส) และ ห้องเรียนรูปแบบที่ 3 มีความลึก 10 เมตร (ห้องเรียนสี่เหลี่ยมหน้ากว้าง) ห้องเรียนทั้ง 3 รูปแบบมีระยะจากพื้นถึงฝ้าเพดานสูง 3.5 เมตร กำหนดให้ค่าการสะท้อนแสงของพื้น ผนัง และฝ้าเพดานภายในห้อง มีค่า 20% 50% และ 70% ตามลำดับ โดยห้องเรียนทั้ง 3 รูปแบบ อยู่ในตำแหน่งระหว่างชั้น

ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง กำหนดให้ใช้โคมตะแกรงสะท้อนแสงแบบติดกับฝ้าเพดาน หลอดไฟ TL5 สีขาว จำนวน 2 หลอดต่อโคม กำลังส่องสว่างของชุดโคม 4,456 ลูเมน กำลังไฟฟ้า 35 วัตต์ ในการวิจัยนี้ได้หารูปแบบการวางผังดวงโคมที่กระจายตัวเป็นแถว และมีจำนวนน้อยที่สุด ที่ทำให้ภายในห้องเรียนมีค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (E_{av}) ตามมาตรฐานการออกแบบ แต่การใช้งานภายในห้องเรียนไม่มีการกำหนดตำแหน่งโต๊ะเรียนประจำ เนื่องจากต้องสามารถปรับเปลี่ยนตำแหน่งโต๊ะเรียนในการทำกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละรูปแบบได้ จึงกำหนดให้มีค่าความส่องสว่างต่ำสุด (E_{min}) ไม่ต่ำกว่า 300 ลักซ์ และมีค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (U_o) ไม่ต่ำกว่า 0.60 กำหนดให้ติดตั้งโคมจำนวน 3 แถว ขนานกับแนวช่องเปิด แบ่งเป็น 3 รูปแบบคือ แถวละ 2 โคม 3 โคม และ 4 โคม จากนั้นจำลองโดยการเปิดหลอดไฟทุกหลอดในโปรแกรม DIALux เพื่อหาค่า E_{min} E_{av} และ U_o พบว่าห้องเรียนรูปแบบที่ 1 การวางผังโคมทุกรูปแบบให้ผลตามที่กำหนด ห้องเรียนรูปแบบที่ 2 ต้องมีโคมอย่างน้อย 3x3 แถว และห้องเรียนรูปแบบที่ 3 ต้องมีโคมจำนวน 3x4 แถว (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการจำลองค่า E_{min} E_{av} และ ค่า U_o ของห้องเรียนแต่ละรูปแบบ

ค่า \diagdown ห้อง	ห้องเรียนรูปแบบที่ 1			ห้องเรียนรูปแบบที่ 2			ห้องเรียนรูปแบบที่ 3		
	3 x 2	3 x 3	3 x 4	3 x 2	3 x 3	3 x 4	3 x 2	3 x 3	3 x 4
E_{min}	303	431	574	243	339	441	153	272	340
E_{av}	416	610	809	335	482	636	280	396	518
U_o	0.72	0.70	0.71	0.72	0.70	0.69	0.54	0.68	0.65

การวิจัยนี้จึงกำหนดให้ห้องเรียนรูปแบบที่ 1 วางโคมไฟขนานไปกับช่องเปิดด้านทิศตะวันตก จำนวน 3x2 โคม ห้องเรียนรูปแบบที่ 2 จำนวน 3x3 โคม และห้องเรียนรูปแบบที่ 3 จำนวน 3x4 โคม (ภาพที่ 1) โดยหลอดไฟแถวริมหน้าตักมีระยะห่างจากเปลือกอาคารไม่เกิน 1.5 เท่า ของความสูงของช่องเปิด ตามเงื่อนไขการยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในงานวิจัยนี้ หลอดไฟแถวริมต้องอยู่ห่างจากเปลือกอาคารไม่เกิน 3.75 เมตร



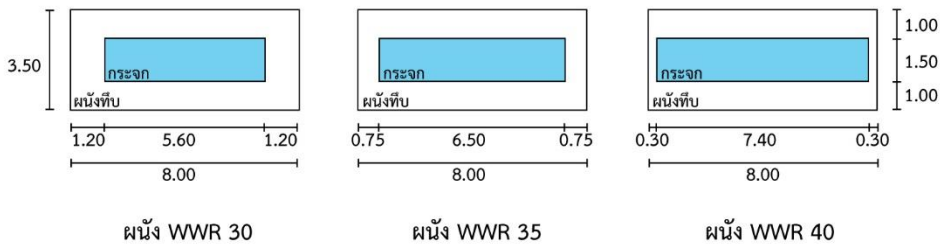
ภาพที่ 1 ขนาดห้องเรียนและตำแหน่งหลอดไฟที่ใช้ในการศึกษา 3 รูปแบบ

2.1.2 วัสดุผนังทึบและกระจกที่ใช้ในการศึกษา

การวิจัยนี้ศึกษาอิทธิพลของสัดส่วนพื้นที่ WWR และระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดที่ส่งผลต่อค่า OTTV จึงกำหนดคุณสมบัติของวัสดุผนังทึบและกระจกขึ้นมาเป็นตัวแปรควบคุม ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนังทึบ (U_w) และผนังกระจก (U_g) ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (TD_{eq}) ของผนังทึบ และค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) ของกระจก โดยให้ผนังทุกรูปแบบมีค่าเท่ากัน กำหนดให้วัสดุผนังทึบเป็นคอนกรีตมวลเบาหนา 10 เซนติเมตร ความหนาแน่น 960 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ฉาบปูนเรียบหนา 7 มิลลิเมตร ทั้งสองด้าน ภายนอกทาสีอ่อน เนื่องจากเป็นผนังที่ก่อสร้างง่าย ราคาถูก และเป็นวัสดุก่อสร้างที่ใช้สร้างอาคารสถานศึกษาทั่วไป สำหรับวัสดุโปร่งแสง กำหนดเป็นกระจกโพลีคาร์บอเนต หนา 6 มิลลิเมตร มีค่า SHGC 0.50 ค่า T_{vis} 0.60 และค่า LSG 1.20 เป็นกระจกที่มีขายในท้องตลาด และผ่านเงื่อนไขการยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้าที่กำหนดให้กระจกมีค่า LSG มากกว่า 1.0

2.1.3 กำหนดสัดส่วนพื้นที่กระจกหน้าต่างต่อผนังทึบ (Window-to-Wall Ratio; WWR)

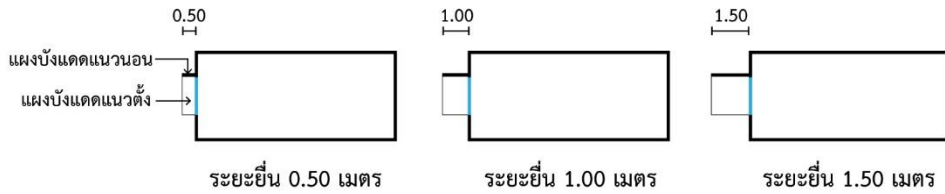
กำหนดให้ช่องเปิดมีความสูงจากพื้น 1.00 เมตร ช่องเปิดสูง 1.50 เมตร มีความกว้างของช่องเปิดต่างกัน 3 ขนาด เพื่อศึกษาอิทธิพลของสัดส่วน WWR ที่ส่งผลต่อการนำแสงธรรมชาติมาชดเชยความสว่างตามการขนานกับแนวหลอดไฟบริเวณรอบอาคาร ความกว้างมี 3 ขนาด คือ กว้าง 5.60 เมตร (WWR 30) 6.50 เมตร (WWR 35) และ 7.40 เมตร (WWR 40) ดังภาพที่ 2 โดยทุกรูปแบบมีความกว้างของกระจกช่องเปิดตามแนวเปลือกอาคารไม่น้อยกว่าความกว้างของผนังทึบส่วนที่อยู่ด้านข้างของช่องเปิดตามเงื่อนไขการยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้า



ภาพที่ 2 สัดส่วนพื้นที่กระจกหน้าต่างต่อผนังทึบ (WWR) 3 รูปแบบ

2.1.4 ระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด

กำหนดให้มีอุปกรณ์บังแดดแนวนอนเหนือช่องแสง และมีอุปกรณ์บังแดดแนวตั้งชิดขอบช่องแสงทั้งสองด้านที่ระยะยื่นเท่ากัน มีระยะยื่น 3 ขนาด คือ ยื่น 0.50 เมตร, 1.00 เมตร และ 1.50 เมตร (ภาพที่ 3) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (Shading Coefficient, SC) ที่ 0.63, 0.41 และ 0.29 ตามลำดับ ในการศึกษาครั้งนี้จำลองช่องแสงแบบไม่มีอุปกรณ์บังแดดเพื่อเปรียบเทียบกับผนังทึบ



ภาพที่ 3 รูปตัดแสดงระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดแนวดิ่งและแนวนอน

เงื่อนไขการยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้า กำหนดให้กระจกหน้าต่างต้องมีค่าประสิทธิภาพของสัมประสิทธิ์การบังแดด (Effective Shading Coefficient, SC_{eff}) ไม่น้อยกว่า 0.30 โดยสามารถคำนวณได้จาก ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) คูณกับค่าการส่งผ่านรังสีที่ตามองเห็น (T_{vis}) รูปแบบที่เป็นไปตามเงื่อนไข คือ รูปแบบที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด และรูปแบบที่มีอุปกรณ์บังแดดยื่น 0.50 เมตร (ตารางที่ 2) สำหรับรูปแบบที่มีอุปกรณ์บังแดดยื่น 1.00 เมตร และ 1.50 เมตร แม้ว่าจะไม่ผ่านเงื่อนไขการยกเว้น แต่การศึกษานี้ได้ทำการประเมินร่วมด้วย เพื่อศึกษาอิทธิพลของรูปแบบดังกล่าวที่ส่งผลต่อค่า OTTV และคุณภาพของแสงสว่างที่เกิดขึ้นภายในห้อง

ตารางที่ 2 ค่า SC_{eff} ของกระจกหน้าต่างที่มีอุปกรณ์บังแดดยื่นในระยะ 0.00 - 1.50 เมตร

ที่	ระยะยื่น (เมตร)	T_{vis}	SC	SC_{eff}	เกณฑ์ยกเว้นฯ
1	0.00	0.60	1	0.60	ผ่าน
2	0.50	0.60	0.63	0.38	ผ่าน
3	1.00	0.60	0.41	0.24	ไม่ผ่าน
4	1.50	0.60	0.29	0.17	ไม่ผ่าน

จากการกำหนดตัวแปรที่แตกต่างกัน ได้แก่ ขนาดห้องเรียนและตำแหน่งหลอดไฟ 3 แบบ สัดส่วนพื้นที่ที่กระจกหน้าต่างต่อผนังทึบ (WWR) 3 แบบ และระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดด 4 แบบ สามารถสร้างเป็นแบบจำลองห้องเรียนทั้งหมด 36 รูปแบบ (3x3x4) โดยเป็นแบบจำลองเฉพาะรูปแบบผนังที่ต่างกัน 12 รูปแบบ (3x4)

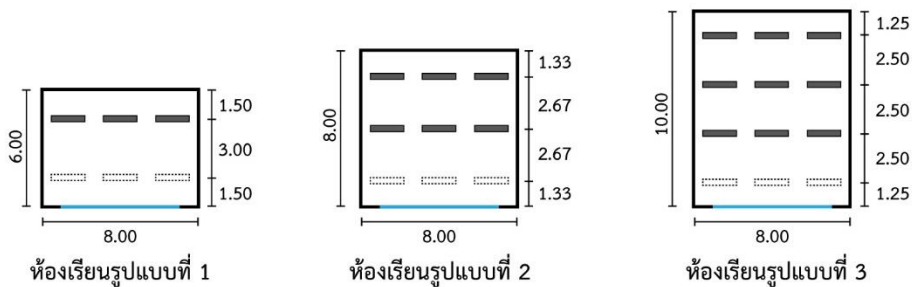
2.2 ประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมและคุณภาพของแสงสว่างภายในห้อง

2.2.1 ประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV)

คำนวณค่า OTTV ด้วยโปรแกรม BEC ระบบ Web-based เพื่อประเมินตามมาตรฐานกฎกระทรวงฯ ประเภทอาคารสถานศึกษา จังหวัดที่ตั้งคือกรุงเทพมหานคร แต่เนื่องจากกฎกระทรวงฯ ไม่ได้กำหนดค่า OTTV ของผนังทิศตะวันตก โดยเฉพาะ การศึกษาครั้งนี้ จึงใช้เกณฑ์ค่า OTTV เฉลี่ยรวมของอาคาร ที่กำหนดให้ไม่เกิน 50 วัตต์ต่อตารางเมตรแทน โดยทิศตะวันตกเป็นทิศที่มีความร้อนมากและมีแนวโน้มที่จะทำให้ผนังมีค่า OTTV สูง หากออกแบบให้ผนังทิศนี้มีค่า OTTV ต่ำ ก็มีแนวโน้มที่ค่า OTTV เฉลี่ยรวมของอาคารจะผ่านเกณฑ์

2.2.2 จำลองค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (E_{av})

จำลองค่า E_{av} เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่ไม่น้อยกว่า 300 ลักซ์ ที่ระดับทำงาน กำหนดที่ระดับความสูง 0.75 เมตร ซึ่งเป็นระดับโต๊ะทั่วไปที่ใช้ในห้องเรียน ตั้งค่าโปรแกรมจำลองให้มีระยะห่างของจุดคำนวณที่ 0.50 เมตร พื้นที่ชายขอบห่างจากผนัง 0.50 เมตร ไม่กำหนดตำแหน่งของโต๊ะเรียน โดยพิจารณาความส่องสว่างเฉลี่ยในห้องทุกจุดคำนวณ กำหนดที่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร ภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบผสม (Mixed Sky) ซึ่งมีทั้งรังสีตรงและรังสีกระจาย (อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ, 2557) จำลองโดยการปิดหลอดไฟเฉพาะแถวริมช่องแสง 1 แถว และเปิดหลอดไฟที่เหลือด้านในห้อง (ภาพที่ 4) วัดทุก 2 ชั่วโมง ตามเวลาใช้งาน ได้แก่ เวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น. ของวันอ้างอิงที่ดวงอาทิตย์เกิดปรากฏการณ์สำคัญและเป็นวันที่กำหนดไว้สำหรับการคำนวณในกฎกระทรวงฯ ได้แก่ วันที่ 21 มีนาคม วันที่ 22 มิถุนายน วันที่ 23 กันยายน และวันที่ 22 ธันวาคม โดยวันที่ 21 มีนาคม และ 23 กันยายน จะให้ผลคำนวณใกล้เคียงกัน (กนกกานต์ วังมณี, 2563) ในการทดลองนี้จึงใช้ค่าของเดือนมีนาคมแทนเดือนกันยายน โดยโปรแกรมจะแสดงผลค่าผล E_{av} ของห้องเรียนในแต่ละช่วงเวลา จากนั้นจึงนำค่าทุกช่วงเวลามาเฉลี่ย



ภาพที่ 4 ผังการปิด-เปิดหลอดไฟสำหรับจำลองการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์

2.2.3 จำลองค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงาน (U_o)

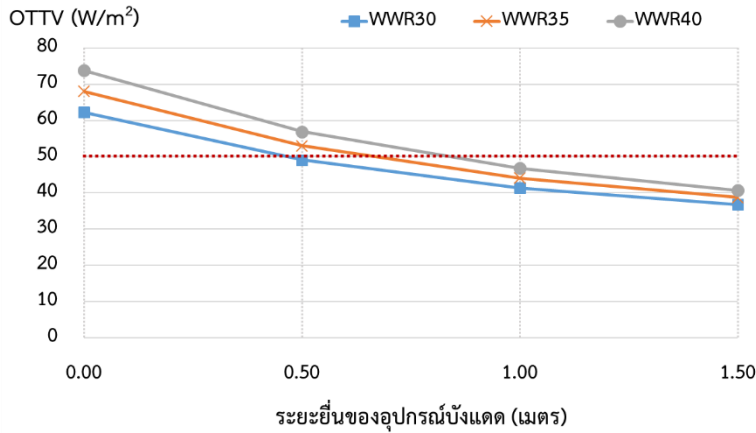
จำลองค่า U_o เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานที่ต้องไม่น้อยกว่า 0.6 ที่ระดับทำงาน โดยตั้งค่าโปรแกรมจำลองเช่นเดียวกับการจำลองค่าความส่องสว่างเฉลี่ย โดยโปรแกรมจะแสดงผลค่า U_o ของพื้นที่ทำงานในห้องแต่ละช่วงเวลา จากนั้นจึงนำค่าทุกช่วงเวลามาเฉลี่ย

3. ผลการวิจัย

3.1 อิทธิพลของสัดส่วนช่องแสงและระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดที่ส่งผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง (OTTV) ที่คิดะวันตก

ผนังห้องเรียนทิศตะวันตกที่มีขนาด WWR และระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดต่างกัน จะมีค่า OTTV ต่างกัน แต่ขนาดความลึกของห้องไม่มีผลต่อค่า OTTV เนื่องจากการเป็นกรณาคำนวณเฉพาะพื้นที่ผนังกรอบอาคารเท่านั้น จากการกำหนดวัสดุผนังที่บดและกระจกที่เหมือนกันในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ทุกรูปแบบ WWR ที่มีอุปกรณ์บังแดด จะมีค่า OTTV สูงกว่าเกณฑ์ 50 วัตต์ต่อตารางเมตร

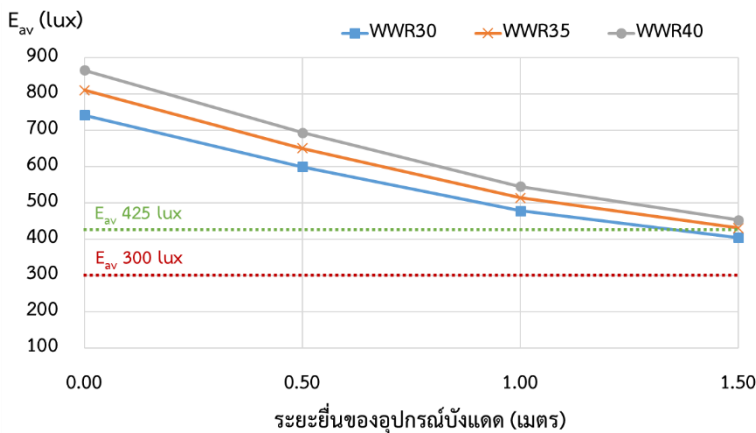
สำหรับรูปแบบที่มีอุปกรณ์บังแดดยื่น 0.50 เมตร จะผ่านเกณฑ์เมื่อมี WWR 30 และรูปแบบที่มีอุปกรณ์บังแดดยื่น 1.00 เมตร และ 1.50 เมตร จะมีค่า OTTV ผ่านเกณฑ์ทั้งหมดในทุกสัดส่วน WWR (ภาพที่ 5) เนื่องจากการมีระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดมาก (มีค่า SC ต่ำ) ส่งผลให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมจากการส่งผ่านรังสีความร้อนที่เข้ามาทางช่องเปิดกระจกต่ำลงตามไปด้วย



ภาพที่ 5 แผนภูมิแสดงค่า OTTV ของผนังรูปแบบต่าง ๆ

3.2 อิทธิพลของสัดส่วนช่องแสงและระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดที่ส่งผลต่อค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (E_{av}) ภายในห้องเรียน

ห้องเรียนรูปแบบที่ 1 หากใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ ที่ระดับทำงานจะมีค่า E_{av} สูงกว่ามาตรฐาน 300 ลักซ์ ทุกรูป โดยรูปแบบที่มีค่า E_{av} สูงสุด คือ รูปแบบที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด และค่า E_{av} จะลดลงเมื่ออุปกรณ์บังแดดมีระยะยื่นเพิ่มขึ้น โดยเกือบทุกรูปแบบจะมีค่า E_{av} สูงกว่าการใช้แสงจากหลอดไฟเพียงอย่างเดียว ยกเว้นรูปแบบที่มีช่องเปิด WWR 30 อุปกรณ์บังแดดยื่น 1.50 เมตร มีค่า E_{av} ต่ำกว่าการใช้แสงจากหลอดไฟเพียงอย่างเดียวเพียงเล็กน้อย โดยรูปแบบที่มีอุปกรณ์บังแดดยื่น 1.50 เมตร มีค่า E_{av} ใกล้เคียงกับการใช้แสงจากหลอดไฟเพียงอย่างเดียว (ภาพที่ 6)

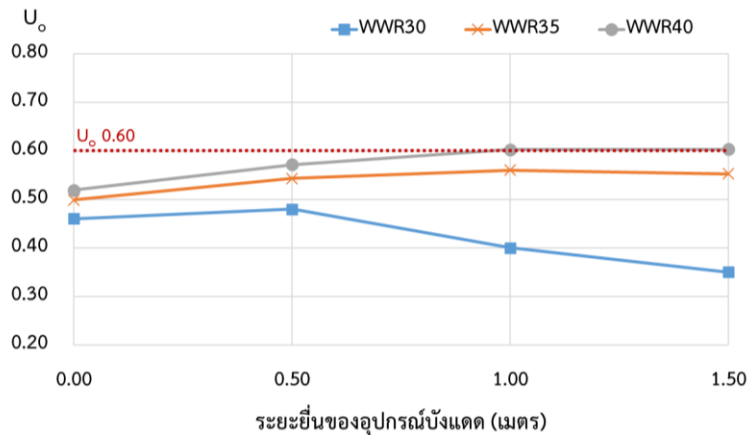


ภาพที่ 6 แผนภูมิแสดงค่า E_{av} เมื่อใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ ของห้องเรียนรูปแบบที่ 1

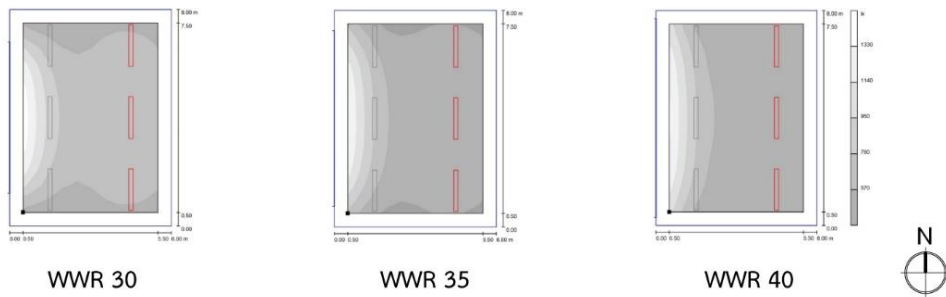
ห้องเรียนรูปแบบที่ 2 และรูปแบบที่ 3 เมื่อใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ ที่ระดับทำงานจะมีค่า E_{av} สูงกว่ามาตรฐาน 300 ลักซ์ โดยรูปแบบที่มีอุปกรณ์บังแดดยื่น 1.50 เมตร มีค่า E_{av} ใกล้เคียงกับการใช้แสงจากหลอดไฟเพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกับห้องเรียนรูปแบบที่ 1

3.3 อิทธิพลของสัดส่วนช่องแสงและระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดที่ส่งผลต่อค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (U_o) เฉลี่ย ภายในห้องเรียน

ห้องเรียนรูปแบบที่ 1 มีเพียงผนังที่มี WWR 40 อุปกรณ์บังแดดยื่น 1.00 เมตร หรือ 1.50 เมตร ที่ทำให้ภายในห้องมีค่า U_o ผ่านเกณฑ์ที่ไม่ต่ำกว่า 0.60 สำหรับรูปแบบ WWR 30 ค่า U_o จะลดลงเมื่อมีระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีรูปแบบใดที่ทำให้ค่า U_o ผ่านเกณฑ์ ขณะที่รูปแบบ WWR 35 ค่า U_o จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีรูปแบบใดที่ทำให้ค่า U_o ผ่านเกณฑ์ (ภาพที่ 7) การที่ภายในห้องมีค่า U_o ต่ำกว่าเกณฑ์ เนื่องจากรูปแบบผนัง WWR 30 และ WWR 35 ช่องเปิดมีความกว้างน้อย ทำให้บริเวณมุมห้องทั้งสองด้านที่อยู่ติดกับช่องแสงมีระดับความส่องสว่างต่ำกว่าบริเวณอื่น (ภาพที่ 8) รวมทั้งระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดยังส่งผลต่อค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติบริเวณกรอบอาคารที่มีต่ำกว่าหรือมากกว่าค่าความส่องสว่างจากหลอดไฟภายในห้องจนเกิดความไม่สม่ำเสมอ กล่าวคือ ช่วงเช้าถึงสายในเวลา 8.00 น. และ 10.00 น. ช่องเปิดด้านทิศตะวันตกได้รับแสงธรรมชาติน้อย ค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติบริเวณกรอบอาคารจึงมีต่ำกว่า และในช่วงบ่ายถึงเย็นเวลา 14.00 น. และ 16.00 น. จะได้รับความสว่างจากแสงธรรมชาติมากกว่าค่าความส่องสว่างจากหลอดไฟภายในห้อง

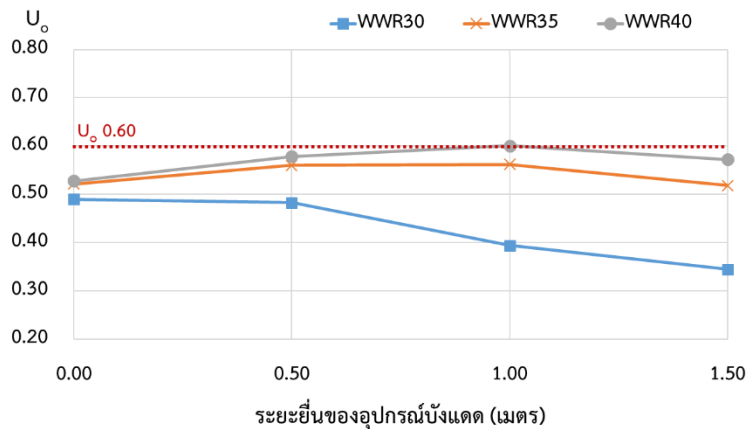


ภาพที่ 7 แผนภูมิแสดงค่า U_o เฉลี่ย ของห้องเรียนรูปแบบที่ 1

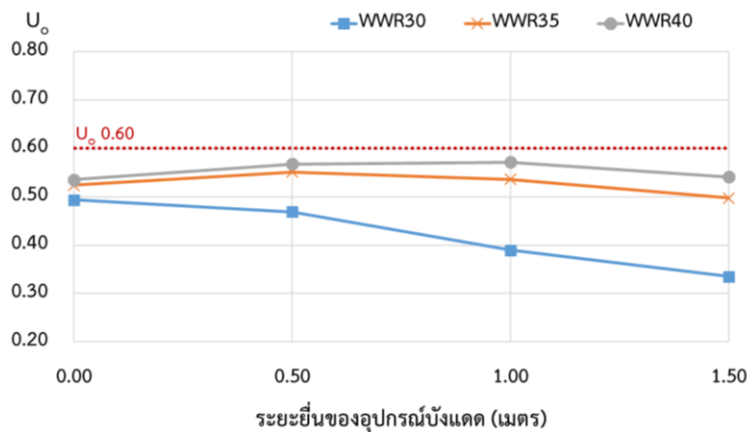


ภาพที่ 8 ภาพการจำลองค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างในโปรแกรม Dialux 3.14
ตัวอย่าง ห้องเรียนรูปแบบที่ 1 วันที่ 21 มีนาคม เวลา 12.00 น. อุปกรณ์บังแดดยื่น 0.50 เมตร

ห้องเรียนรูปแบบที่ 2 หากใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ มีเพียงผนัง WWR 40 อุปกรณ์บังแดดยื่น 1.00 เมตร ที่ทำให้ระดับทำงานมีค่า U_o ผ่านเกณฑ์ สำหรับผนัง WWR 30 และ WWR 35 มีแนวโน้มของค่า U_o ตามระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดใกล้เคียงกับห้องเรียนรูปแบบที่ 1 (ภาพที่ 9) สำหรับห้องเรียนรูปแบบที่ 3 ไม่มีผนังรูปแบบใดที่ทำให้ค่า U_o ผ่านเกณฑ์ โดยมีแนวโน้มของค่า U_o ตามระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดใกล้เคียงกับห้องเรียนรูปแบบที่ 1 เช่นกัน (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 9 แผนภูมิแสดงค่า U_o เฉลี่ย ของห้องเรียนรูปแบบที่ 2



ภาพที่ 10 แผนภูมิแสดงค่า U_o เฉลี่ย ของห้องเรียนรูปแบบที่ 3

จะเห็นได้ว่า รูปแบบที่ทำให้ค่า U_o เฉลี่ยผ่านเกณฑ์ เป็นรูปแบบที่มี WWR 40 อุปกรณ์บังแดดยื่น 1.00 เมตร และ 1.50 เมตร ในห้องเรียนรูปแบบที่ 1 และ WWR 40 อุปกรณ์บังแดดยื่น 1.00 เมตรในห้องเรียนรูปแบบที่ 2 เนื่องจากช่องเปิดมีความกว้างเกือบถึงผนัง ทั้งสองด้านของช่องแสง ทำให้มีแสงธรรมชาติกระจายในแนวรอบอาคารขนานกับแนวของหลอดไฟ และอุปกรณ์บังแดดที่ยื่นออกไปมาก จะทำให้แสงธรรมชาติด้านทิศตะวันตกเข้ามาชัดเจนบริเวณที่ปิดหลอดไฟตามแนวรอบอาคารในระดับที่ใกล้เคียงกับความสว่างจาก หลอดไฟที่เปิดด้านในห้องอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะเวลาบ่ายถึงเย็นที่มีค่าความส่องสว่างจากภายนอกสูง ส่งผลให้มีค่า U_o ผ่านเกณฑ์ มากกว่ารูปแบบที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดดซึ่งจะมีแสงธรรมชาติที่เข้ามามากเกินไป โดยขนาดของห้องเรียนที่มีความลึกต่างกัน สัดส่วนช่อง เปิดและระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดจะส่งผลต่อระดับค่า U_o เฉลี่ยไม่ต่างกันมาก แต่เมื่อเทียบกับมาตรฐานค่า U_o ที่ไม่ต่ำกว่า 0.60 จะมีเพียงห้องเรียนที่มีความลึกจากช่องแสงไม่เกินความกว้างของห้อง คือห้องเรียนรูปแบบที่ 1 ที่เป็นห้องเรียนสี่เหลี่ยมหน้าแคบ และห้องเรียนรูปแบบที่ 2 ห้องเรียนสี่เหลี่ยมจัตุรัส เท่านั้นที่ผ่านเกณฑ์

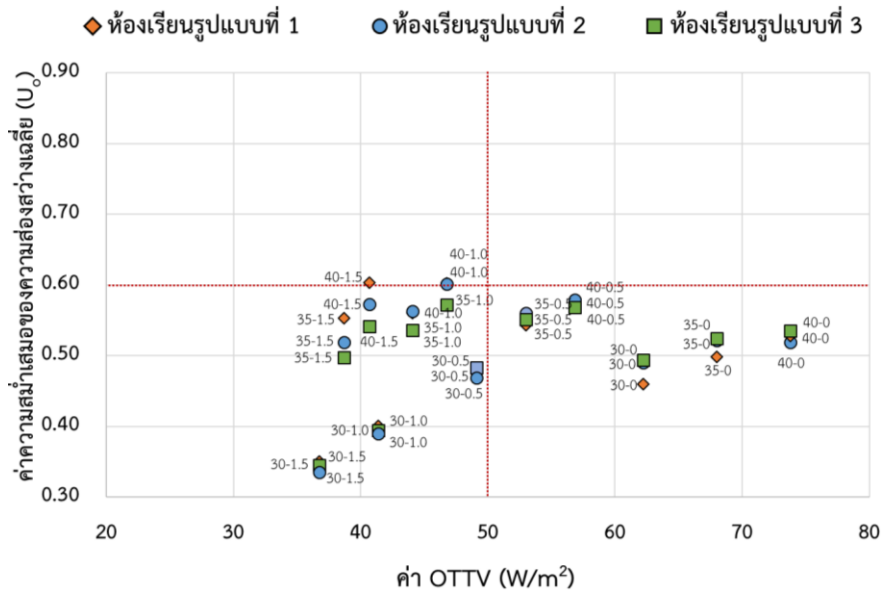
3.4 สัดส่วนช่องแสงและระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดที่ส่งผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง และคุณภาพของแสงสว่างภายในห้อง

สัดส่วนช่องแสง WWR 30 จะทำให้ค่า OTTV ผ่านเกณฑ์ เมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดแนวตั้งและแนวนอน ที่ช่องแสงนั้น โดยระยะยื่นต่ำสุดคือ 0.50 เมตร จะทำให้ค่า OTTV ผ่านเกณฑ์ที่ 49.13 วัตต์ต่อตารางเมตร ขณะเดียวกันรูปแบบช่อง แสงดังกล่าว ยังเป็นไปตามเงื่อนไขการยกเว้น แต่เมื่อพิจารณาคุณภาพของแสงสว่างกลับพบว่าภายในห้องมีระดับค่า E_{av} ผ่านเกณฑ์ แต่มีค่า U_o ต่ำกว่าเกณฑ์

สัดส่วนพื้นที่ช่องแสง WWR 35 จะทำให้ค่า OTTV ผ่านเกณฑ์ เมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดแนวตั้งและแนวนอนที่ช่องแสงนั้น โดยระยะยื่นต่ำสุดคือ 1.00 เมตร จะทำให้ค่า OTTV ผ่านเกณฑ์ที่ 44.10 วัตต์ต่อตารางเมตร แต่รูปแบบของ ผนัง WWR 35 ในการศึกษาไม่ใช่วิธีแบบใดที่เป็นไปตามเงื่อนไขการยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้า รวมทั้งไม่มีค่า U_o ที่ผ่านเกณฑ์

สัดส่วนพื้นที่ช่องแสง WWR 40 จะทำให้ค่า OTTV ผ่านเกณฑ์ เมื่อมีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดแนวตั้งและแนวนอนที่ช่องแสงนั้น โดยระยะยื่นต่ำสุดคือ 1.00 เมตร จะทำให้ค่า OTTV ผ่านเกณฑ์ที่ 46.78 วัตต์ต่อตารางเมตร และเป็นรูปแบบ ที่ทำให้ค่า E_{av} และ U_o ภายในห้องผ่านเกณฑ์ สำหรับห้องเรียนรูปแบบที่ 1 และห้องเรียนรูปแบบที่ 2 แต่รูปแบบดังกล่าวไม่เป็นไป ตามเงื่อนไขการยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้า

จากการคำนวณค่า OTTV และจำลองค่า U_o ของผนังห้องเรียนทั้ง 36 รูปแบบ จะเห็นได้ว่า รูปแบบที่ค่า OTTV และค่า U_o ผ่านเกณฑ์ มี 2 รูปแบบ คือ ผนัง WWR 40 อุปกรณ์บังแดดยื่น 1.00 เมตร และ 1.50 เมตร ในห้องเรียนรูปแบบที่ 1 และ ผนัง WWR 40 อุปกรณ์บังแดดยื่น 1.00 เมตร ในห้องเรียนรูปแบบที่ 2 สำหรับรูปแบบที่มีค่า OTTV ผ่านเกณฑ์เพียงอย่างเดียว คือ รูปแบบที่มีอุปกรณ์บังแดดยื่นไม่น้อยกว่า 1.00 เมตร ยกเว้นรูปแบบที่มี WWR 30 สามารถมีอุปกรณ์บังแดดยื่นเพียง 0.50 เมตรได้ (ภาพที่ 11)



ภาพที่ 11 แผนภูมิแสดงค่า U_o และ OTTV ของผนังรูปแบบต่าง ๆ

4. สรุปผลและอภิปรายผล

4.1 อิทธิพลของสัดส่วนช่องแสงและระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดของห้องเรียนด้านทิศตะวันตกที่ส่งผลต่อค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนัง และคุณภาพของแสงสว่าง

ในการศึกษานี้พบว่า ผนังทุกรูปแบบที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดด จะมีค่า OTTV สูงกว่าเกณฑ์ 50 วัดต่อตารางเมตร รูปแบบที่มีอุปกรณ์บังแดดยื่น 1.00 เมตร ขึ้นไป ในทุกสัดส่วน WWR จะผ่านเกณฑ์ เนื่องจากอุปกรณ์บังแดดที่มีระยะยื่นมาก (มีค่า SC ต่ำ) จะส่งผลให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนรวมจากการส่งผ่านรังสีความร้อนที่เข้ามาทางช่องเปิดกระจกลดลงตาม จนทำให้ค่า OTTV ผ่านเกณฑ์

เมื่อใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ ผนังทุกรูปแบบสามารถทำให้ภายในห้องมีค่า E_{av} ผ่านเกณฑ์ที่ไม่น้อยกว่า 300 ลักซ์ ที่ระดับทำงาน

รูปแบบผนังที่ทำให้ภายในห้องมีค่า U_o ผ่านเกณฑ์ที่ไม่น้อยกว่า 0.60 มี 2 รูปแบบ คือ ผนัง WWR 40 อุปกรณ์บังแดดยื่น 1.00 เมตร และ 1.50 เมตร ในห้องเรียนรูปแบบที่ 1 และ ผนัง WWR 40 อุปกรณ์บังแดดยื่น 1.00 เมตร ในห้องเรียนรูปแบบที่ 2 เนื่องจากช่องเปิดมีความกว้างเกือบถึงผนังทั้งสองด้านของช่องแสง ทำให้มีแสงธรรมชาติกระจายในแนวกรอบอาคารขนานกับแนวของหลอดไฟได้มาก และการมีอุปกรณ์บังแดดยื่นออกไปมาก ทำให้แสงธรรมชาติเข้ามาชดเชยบริเวณที่ปิดหลอดไฟตามแนวกรอบอาคารในระดับที่ใกล้เคียงกับความสว่างจากหลอดไฟที่เปิดด้านในห้อง โดยเฉพาะเวลาบ่ายถึงเย็นที่มีค่าความส่องสว่างจากภายนอกสูง โดยขนาดของห้องเรียนที่มีความลึกต่างกัน 3 รูปแบบ สัดส่วนช่องเปิดและระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดจะส่งผลต่อค่า U_o เฉลี่ย เมื่อใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ไม่ต่างกันมาก หากช่องเปิดมีความสูงที่ระดับเท่ากัน และมีการออกแบบวางตำแหน่งหลอดไฟ

ให้มีค่า U_o สม่่าเสมอตั้งแต่แรก แต่เมื่อประเมินตามค่ามาตรฐาน จะมีเพียงห้องเรียนที่มีความลึกจากช่องแสงไม่เกินความกว้างของห้อง คือห้องเรียนรูปแบบที่ 1 ที่เป็นห้องเรียนสี่เหลี่ยมหน้าแคบ และห้องเรียนรูปแบบที่ 2 ห้องเรียนสี่เหลี่ยมจัตุรัส เท่านั้นที่ผ่านเกณฑ์

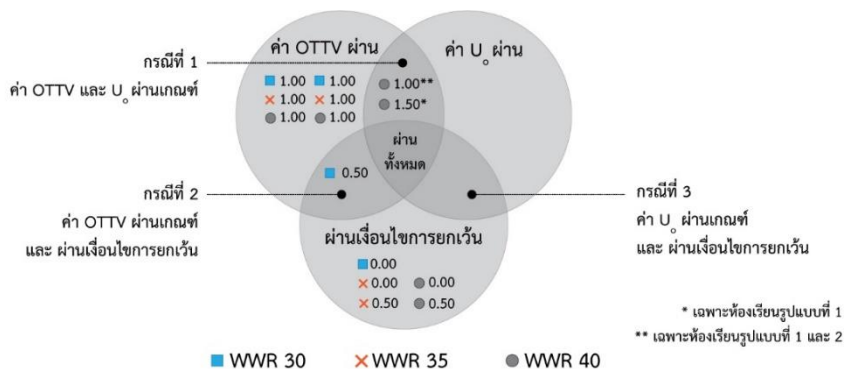
4.2 แนวทางการออกแบบผนังห้องเรียนทิศตะวันตกเพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์ในกฎกระทรวงฯ

การออกแบบผนังทิศตะวันตกเพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานในกฎกระทรวงฯ ในการศึกษาพบว่า ผนังทุกรูปแบบทำให้ภายในห้องมีค่า E_{av} ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานความสว่างแล้ว จึงกำหนดให้พิจารณา 3 เกณฑ์ ได้แก่ (1) ผนังมีค่า OTTV ผ่านเกณฑ์ (2) ผนังทำให้ภายในห้องมีค่า U_o ผ่านเกณฑ์ และ (3) การออกแบบเป็นไปตามเงื่อนไขการยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้า ในการศึกษาพบว่า ไม่มีรูปแบบผนังที่ผ่านเกณฑ์ครบทั้ง 3 เกณฑ์ (ภาพที่ 12) กล่าวคือ

กรณีที่ 1 ผนังที่มีค่า OTTV และค่า U_o ผ่านเกณฑ์ คือผนัง WWR 40 อุปกรณ์บังแดดยื่น 1.00 เมตร หรือ 1.50 เมตร แต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขการยกเว้น เนื่องจากมีระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดมาก ส่งผลให้มีค่า SC_{eff} ต่ำกว่าเงื่อนไข โดยรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดยื่น 1.00 เมตร ในศึกษานี้ มีค่า SC เท่ากับ 0.41 หากต้องการให้มีค่า SC_{eff} ผ่านเกณฑ์ ต้องใช้กระจกที่มีค่า T_{vis} ไม่ต่ำกว่า 0.74 เช่น กระจกโพลีคาร์บอเนต หนา 5 มิลลิเมตร มีค่า T_{vis} 0.78 และ ค่า SHGC 0.64 แต่ผนังดังกล่าวจะมีค่า OTTV 52.29 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์ สำหรับอุปกรณ์บังแดดยื่น 1.50 เมตร มีค่า SC เท่ากับ 0.29 ต้องใช้กระจกที่มีค่า T_{vis} ไม่ต่ำกว่า 1.04 ซึ่งเป็นค่าที่เป็นไปไม่ได้ เนื่องจากกระจกมีค่า T_{vis} ไม่เกิน 1 แม้ว่าการออกแบบอุปกรณ์บังแดดที่ยื่นออกไปมากจะช่วยลดปริมาณรังสีความร้อนที่ผ่านกระจกและช่วยลดให้อุณหภูมิภายในห้องมีความสม่ำเสมอของแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ที่ดี แต่จะไม่เป็นไปตามเงื่อนไขการยกเว้นตามกฎกระทรวงฯ ทั้งนี้เกณฑ์ดังกล่าวเป็นเพียงทางเลือกหนึ่ง หากต้องการขอยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้าบางส่วนของอาคารเท่านั้น

กรณีที่ 2 ผนังมีค่า OTTV ผ่านเกณฑ์ และเป็นไปตามเงื่อนไขการยกเว้น คือ ผนัง WWR 30 มีอุปกรณ์บังแดดยื่น 0.50 เมตร แต่รูปแบบดังกล่าวมีค่า U_o อยู่ที่ 0.48 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ การออกแบบเพื่อใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์และมีค่า U_o ที่เหมาะสม จึงต้องพิจารณารูปแบบการวางผังและระยะห่างของดวงโคม รวมทั้งชนิดและความสว่างของหลอดไฟ เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอของแสงทั้ง 2 ประเภทมากที่สุด

กรณีที่ 3 ผนังมีค่า U_o ผ่านเกณฑ์ และเป็นไปตามเงื่อนไขการยกเว้น ในศึกษานี้ไม่มีรูปแบบที่ผ่านเงื่อนไขดังกล่าว โดยรูปแบบที่มีค่า U_o ผ่านเกณฑ์ เป็นรูปแบบที่ผนังมีอุปกรณ์บังแดดยื่น 1.00 เมตร หรือ 1.50 เมตร ซึ่งจะทำให้ค่า SC_{eff} ต่ำกว่า 0.30 จึงไม่ผ่านเงื่อนไขการยกเว้น หากต้องการทำให้ผ่านเงื่อนไข ต้องเปลี่ยนชนิดกระจกให้มีค่า T_{vis} สูงขึ้น ดังตัวอย่างในกรณีที่ 1 หรือลดระยะยื่นของอุปกรณ์บังแดดให้สั้นลง แต่การออกแบบดังกล่าวจะส่งผลต่อค่า U_o ภายในห้อง โดยการศึกษาพบว่าหากอุปกรณ์บังแดดมีระยะยื่นน้อยกว่า 1.00 เมตร หรือมีปริมาณแสงธรรมชาติเข้ามาบริเวณกรอบอาคารมากเกินไป จะทำให้ค่า U_o ของห้องไม่ผ่านเกณฑ์



ภาพที่ 12 รูปแบบผนังที่ผ่านเกณฑ์ประเมินตามกฎกระทรวงฯ

5. ข้อเสนอแนะต่อการศึกษาวิจัยในอนาคต

5.1 การวิจัยนี้วิเคราะห์และพิจารณาคุณภาพของแสงสว่าง คือค่าความส่องสว่างเฉลี่ยและค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่างเฉลี่ยเท่านั้น ไม่ได้พิจารณาประเด็นด้านแสงบาดตา หากมีการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป ควรนำประเด็นนี้มาพิจารณาประเมินคุณภาพของแสงสว่างภายในห้องเพื่อให้เกิดความสบายในการมองเห็น

5.2 การออกแบบช่องแสงเพื่อใช้แสงธรรมชาติสำหรับยกเว้นการนับรวมการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารตามกฎหมายกระทรวง เป็นเกณฑ์ที่ใช้ในอาคารทั้ง 9 ประเภท และยังไม่ได้มีการกำหนดทิศที่ใช้แสงธรรมชาติเข้ามาชัดเจน หากมีการศึกษาแยกตามประเภทอาคารหรือแต่ละกลุ่ม รวมทั้งทิศของแสงที่ใช้ จะทำให้อาคารมีคุณภาพของแสงสว่างภายในที่ดีและมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนวิจัยจากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี สถาบันต้นสังกัด คณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างสูง

7. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงพลังงาน. ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์ วิธีการคำนวณ และการรับรองผลการตรวจประเมินในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงานแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2564. ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 138, ตอนพิเศษ 315 ง (ลงวันที่ 24 ธันวาคม 2564)
- กระทรวงมหาดไทย. กฎกระทรวง ฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 111, ตอนที่ 23 ก (ลงวันที่ 13 มิถุนายน 2537)
- กนกกานต์ วังมณี และ ธาณินี รามสุต. (2563). แนวทางการปรับปรุงการส่องสว่างและสถาปัตยกรรมของห้องปฏิบัติงานช่างเพื่อเพิ่มคุณภาพการมองเห็นและประสิทธิภาพการใช้งาน: กรณีศึกษาห้องเรียนปฏิบัติงานแผนกช่างเชื่อมวิทยาลัยเทคนิคแพร่. เจ-ดี : วารสารวิชาการ การออกแบบสภาพแวดล้อม, 7(2), 45-63.
- จิณห์วรา อริณย์ชนาญ และ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรหม. (2564). แนวทางการใช้เกณฑ์การประเมินแสงธรรมชาติที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิตในประเทศไทย. วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง, 18(1), 115-130.
- ณัฐธาดา บุญถัด, ศิรเดช สุริต และ ภัทธนันท์ ทักชนนท์. (2560). การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดด (SC) ด้วยโปรแกรม REVIT & DYNAMO ตามหลักเกณฑ์การคำนวณของกฎหมายพลังงาน (BEC). วารสารสิ่งแวดล้อมสรรค์สร้าง วินิจฉัย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 16(2), 61-76.
- ฉันทมน โปธิพิทักษ์. (2546). การศึกษารูปแบบของอุปกรณ์บังแดดและช่องแสงทางด้านข้าง เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติภายในห้องเรียน. วิทยานิพนธ์ สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ภคาริ กิตติวัฒนนิช. (2564). การศึกษาแนวทางการออกแบบแสงสว่างของห้องปฏิบัติการสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. วารสารวิชาการ ศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 12(2), 15-30.

- ศุภกฤต พงษ์อุดมกุล, พรสวัสดิ์ พิริยะศรีธา และ ชูพงษ์ ทองคำสมุทร. (2564). อิทธิพลของรูปแบบทางกายภาพของอุปกรณ์บังแดดต่อค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของอุปกรณ์บังแดดในประเทศไทย. *วารสารสิ่งแวดล้อมสรรค์สร้างวินิจฉัย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 20(1), 49-61.
- สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. (2559). *คู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคาร*. กรุงเทพฯ: สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย
- อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ. (2557). ศึกษาภาพการลดการใช้พลังงานจากการใช้แสงธรรมชาติตามกฎกระทรวง. *วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง*, ปีที่ 11 (2), 37-52.
- อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ. (2563). *แนวทางและการประยุกต์ใช้ตัวชี้วัดแสงธรรมชาติสำหรับอาคารในประเทศไทย*. *วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง*, 17(1), 103-119.
- อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ. (2565). การศึกษาการออกแบบร่วมกันระหว่างการวิเคราะห์แสงธรรมชาติแบบรายปีตามสภาพภูมิอากาศและการออกแบบแสงเพื่อบำบัดสุขภาพ. *วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง*, 19(1), 21-40.
- Borvontanajunya, K., & Varodompun, J. (2013). *Integration of automatic daylight-dimming system with the design of an office building components for energy conservation*. Built Environment Research Associates Conference IV, 2013. (pp. 113-119). Pathumthani: Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University.
- Capeluto, Isaac Guedi. (2003). *The influence of the urban environment on the availability of daylighting in office buildings in Israel*. *Building and Environment*, 38, 745-752.
- Joarder, M.A.R. & Price, A.D.F. (2012). *Daylight simulation in architectural practice: shading design for hospitals in London*. In Nilufar, F. (Ed.), *International Seminar on Architecture: Education, Practice and Research* (pp.436-451). Dhaka, Bangladesh
- Leccese, F., Salvadori, G., Rocca, M., Buratti, C. & Belloni, E. (2020). A method to assess lighting quality in educational rooms using analytic hierarchy process. *Building and Environment*, 168, no 106501.
- Tuaycharoen, N., Konisranukul, W., & Chaychom, W. (2011). *Design and renovation of daylighting for energy conservation for university building: A case study of Faculty of Architecture, Naresuan University*. The 2011 National Conference on Sustainable Community Development. (pp. 582-589). Khon Kaen: Khon Kaen University