

ผลกระทบของการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารเพื่อนาฬิกาชีวิต
ต่อการใช้พลังงานอาคารประเภทสำนักงาน ในประเทศไทย
Impacts of Circadian Lighting Design on Energy Consumption
of Office Buildings in Thailand

รับบทความ	09/05/2565
แก้ไขบทความ	13/06/2565
ยอมรับบทความ	13/06/2565

วริยาภรณ์ กิตติวงษ์ชัย อรรถนัย เศรษฐบุตตร สริน พินิจ
ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Wariyaporn Kittiwangchai, Atch Sreshthaputra, Sarin Pinich
Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University
wariyaporn.kit@gmail.com, atch.s@chula.ac.th, sarin.pi@chula.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการออกแบบอาคารให้ความสำคัญกับคุณภาพชีวิตของผู้ใช้งานอาคารมากขึ้น เนื่องจาก 90% ของการใช้ชีวิตในแต่ละวันคือการทำกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคาร การออกแบบแสงสว่างภายในอาคารเพื่อระบบนาฬิกาชีวิตของร่างกายมนุษย์เป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยส่งเสริมสุขภาพที่ดีให้กับผู้ใช้อาคาร แสงสว่างในอาคารประกอบด้วยแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ ซึ่งส่งผลต่อการใช้พลังงานของอาคารจากการทำความเย็นและไฟฟ้าแสงสว่าง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาตัวแปรการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิตตามเกณฑ์ WELL Building Standard v.2 หัวข้อ Circadian Lighting โดยทำการวิเคราะห์ผลกระทบต่อการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารและเสนอแนวทางการออกแบบแสงสว่างที่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิตที่สามารถนำไปใช้ในการตัดสินใจให้กับผู้ออกแบบ โดยงานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองอาคารสำนักงานที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า เปิดประเภทกระจก และการวางผังดวงโคมไฟฟ้าแสงสว่างภายในที่แตกต่างกัน เพื่อนำไปคำนวณค่า Spatial Daylight Autonomy (sDA) ค่า Vertical Illuminance (Ev) และค่า Equivalent Melanopic Lux (EML) รวมทั้งจำลองการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DesignBuilder และ Dialux Evo

การศึกษาเรื่องแสงสว่างเพื่อนาฬิกาชีวิตเป็นเรื่องใหม่ จากงานวิจัยที่ผ่านมายังพบการศึกษาในเรื่องผลกระทบต่อการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารจากระบบปรับอากาศและไฟฟ้าแสงสว่างค่อนข้างน้อย เมื่อทำการออกแบบอาคารให้ผ่านเกณฑ์ Circadian Lighting ผลศึกษาวิจัยนี้พบว่าค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารไม่สัมพันธ์กับค่า EML เนื่องจากค่า EML ตามเกณฑ์ WELL นั้น กำหนดให้ประเมินจากความส่องสว่างในแนวตั้งจากแสงประดิษฐ์เท่านั้น ไม่ได้ประเมินโดยนำแสงธรรมชาติมาร่วมด้วย แต่การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร ต้องพิจารณาทั้งการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างจากแสงประดิษฐ์และพลังงานจากเครื่องปรับอากาศที่มีผลจากความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารพร้อมกับแสงธรรมชาติ โดยอาคารที่ได้แสงสว่างที่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิต หรือมีค่า EML ที่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำนั้น เมื่อเทียบกับอาคารต้นแบบ มีทั้งกรณีที่ใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเพิ่มขึ้นสูงสุด 0.49%-0.88% และกรณีที่ลดลงสูงสุด 3.53-4.55% นอกจากนี้การใช้แสงประดิษฐ์เพื่อให้ได้ปริมาณความส่องสว่างที่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิตในอาคารสำนักงาน ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 1.2 เท่า เมื่อเทียบกับอาคารต้นแบบ ซึ่งหากสามารถนำค่า EML จากแสงสว่างธรรมชาติมารวมกับแสงประดิษฐ์ได้ ก็จะไม่จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณหลอดไฟแสงสว่างมากจนเกินไปเพื่อให้ผ่านเกณฑ์ Circadian Lighting ตามเกณฑ์ WELL

คำสำคัญ: แสงธรรมชาติ แสงประดิษฐ์ การออกแบบแสงเพื่อนาฬิกาชีวิตภาพ ประสิทธิภาพพลังงานอาคาร อาคารสำนักงาน

Abstract

Nowadays, building design pays more attention to the quality of building users' lives as 90% of people's daily activities are spent indoor. Designing appropriate indoor lighting for the biological clock is a way to promote good health for users. The indoor lighting consists of natural and artificial light which has an impact on the energy consumption of the building including air conditioning and lighting energy consumption. This research aims to study circadian lighting design variables referring to "Circadian Lighting" title in WELL Building Standard v.2 by analyzing the overall energy consumption of the building and proposing guidelines of the suitable lighting design for the biological clock which can be useful in terms of decision making for architects. The research utilizes the office building model that has different shapes, proportions of the opening, type of glass, and interior lighting luminaire layouts in order to calculate Spatial Daylight Autonomy (sDA), Vertical Illuminance (Ev), Equivalent Melanopic Lux (EML) and simulates the building's overall energy consumption by computer programs i.e., DesignBuilder and Dialux Evo.

The study of lighting for biological clocks is still in its early stages. From the literature review, the impact on the building's overall energy consumption from the air conditioning and lighting system has rarely been studied. When designing buildings to meet the Circadian Lighting criteria, according to the study, it was found that the building's overall energy consumption is not correlated with EML as the EML in accordance with WELL building standard is calculated mainly based on the vertical illuminance of artificial light without the consideration of natural light. However, the overall energy consumption of the building has to be considered with both artificial lighting energy consumption and air conditioning energy consumption which is affected by heat entering the building from natural light. The buildings that achieve the circadian lighting standard or meet the minimum criteria of EML, compared with the prototype building, have both cases that the overall energy consumption of the building increases by 0.49%-0.88% and cases where the overall energy consumption decreases by 3.53-4.55%. In addition, the utilization of artificial lighting to achieve the right amount of light for circadian lighting in the office building increases lighting energy consumption by 1.2 times, compared with the prototype building. Accordingly, if the EML from natural light can be combined with that from artificial light, it is likely that less electric lighting power is needed in order to meet the Circadian Lighting of WELL standard.

Keywords: *daylighting, artificial lighting, circadian lighting, energy use, office building*

ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันการออกแบบอาคารให้ความสำคัญกับคุณภาพชีวิตของผู้ใช้งานอาคารมากขึ้น เนื่องจาก 90% ของการใช้ชีวิตในแต่ละวันของผู้คนคือการทำกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคาร ซึ่งปัจจัยอย่างหนึ่งที่สำคัญต่อสุขภาพและประสิทธิภาพการทำงานคือแสงสว่าง การอยู่ภายในอาคารเป็นเวลานานอาจทำให้ผู้ใช้อาคารไม่ได้รับแสงธรรมชาติในปริมาณที่เพียงพอหรือไม่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิตในแต่ละช่วงเวลาของวัน ซึ่งจะทำให้การผลิตฮอร์โมนของร่างกายคลาดเคลื่อน ส่งผลต่อการทำงานของระบบร่างกายและประสิทธิภาพการทำงานในองค์กร

ในหลายประเทศได้ให้ความสำคัญในเรื่องของการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารเพื่อส่งเสริมสุขภาพที่ดีของผู้ใช้งานอาคารมากขึ้น โดยมีการจัดตั้งเกณฑ์การประเมินอาคารเพื่อส่งเสริมสุขภาพที่ดีของผู้ใช้งานอาคารอย่าง WELL Building Standard มีหัวข้อในด้านการประเมินแสงสว่างที่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิต (Circadian Lighting) จากเกณฑ์การประเมินของ WELL Building Standard และการศึกษาปัจจัยของแสงสว่างที่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิตพบว่าปริมาณของแหล่งกำเนิดแสงทั้ง 2 แหล่ง คือ แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์มีผลต่อแสงสว่างที่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิต (อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรหม, 2565) ซึ่งการใช้แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์จะส่งผลต่อการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นทั้งการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศและการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง พร้อมทั้งการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่ผ่านมาพบงานวิจัยที่พิจารณาแสงที่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิตกับการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างเท่านั้น ยังไม่พบการศึกษาการออกแบบแสงสว่างที่เหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตในการใช้แสงสว่างธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ที่พิจารณาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารทั้งพลังงานจากเครื่องทำความเย็นและไฟฟ้าแสงสว่างควบคู่กันสำหรับอาคารในประเทศไทยโดยใช้มาตรฐาน WELL Building Standard เป็นเกณฑ์ในการประเมิน ด้วยเหตุนี้จึงนำไปสู่การตั้งคำถามในงานวิจัยว่าอาคารที่คำนึงถึงการออกแบบแสงสว่างที่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิตจะมีลักษณะอย่างไรและมีผลต่อการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารอย่างไร โดยมุ่งเน้นศึกษาผลกระทบของการออกแบบแสงสว่างที่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิตต่อการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารประเภทสำนักงานในประเทศไทย พร้อมทั้งเสนอแนวทางในการออกแบบแสงสว่างที่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิตที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในการออกแบบแสงสว่างสำหรับอาคารสำนักงานใหม่หรืออาคารที่ต้องการปรับปรุงการออกแบบแสงสว่าง เพื่อสร้างทางเลือกในการนำไปใช้หรือช่วยในการตัดสินใจให้กับผู้ออกแบบ และเพื่อส่งเสริมสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดีของผู้ใช้งานอาคาร

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาตัวแปรการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิต เพื่อสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดี ตามเกณฑ์ WELL Building Standard v.2 พร้อมวิเคราะห์ผลกระทบของการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิต ต่อการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และเพื่อเสนอแนวทางในการออกแบบสถาปัตยกรรมที่ได้แสงสว่างภายในอาคารที่ส่งเสริมสุขภาพและความเป็นอยู่ที่ดีของผู้ใช้งานอาคารพร้อมกับใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ทบทวนวรรณกรรม

ศึกษาทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมเพื่อทำความเข้าใจทฤษฎีและปัจจัยเกี่ยวกับแสงที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิต เกณฑ์และมาตรฐานการออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร รวมถึงศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เห็นพัฒนาการของงานวิจัยเกี่ยวกับแสงที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิต ประกอบไปด้วยประเด็นดังนี้

1. ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงและการรับรู้แสง สามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ การรับรู้แสงที่ตอบสนองการมองเห็น และการรับรู้แสงที่ไม่เกี่ยวกับการมองเห็น (van Bommel & Beld, 2004) แสดงให้เห็นว่าแสงไม่เพียงแต่ทำให้มนุษย์มองเห็นสิ่งต่าง ๆ เท่านั้นแต่ยังส่งผลต่อการทำงานของร่างกายทั้งการควบคุมการปล่อยฮอร์โมนพฤติกรรม และอารมณ์ (Borisuit, 2013) ซึ่งส่งผลให้ร่างกายเกิดการควบคุมนาฬิกาชีวภาพในรอบวัน

(circadian rhythm) ซึ่งแสงแต่ละช่วงเวลาในรอบวันนี้กระตุ้นให้เกิดการหลั่งฮอร์โมนในสมองเพื่อรักษาสสมดุลในร่างกาย (จินห์วรา อรัณย์ขนายุธ, 2561) ที่จะส่งผลต่อการใช้ชีวิต การเปิดปิดรูม่านตา ความรู้สึกตื่นตัวหรือรู้สึกง่วงนอน (Hengrasmee, 2019) ซึ่งองค์ประกอบของแสงที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิต ประกอบไปด้วย องค์ประกอบ 6 ประเด็น ได้แก่ ปริมาณความส่องสว่าง สเปกตรัมการตอบสนอง ทิศทางของแสงที่เข้าสู่ตา เวลา ช่วงเวลาและคุณสมบัติของแสงก่อนหน้านี้

2. ปัจจัยทางสถาปัตยกรรมที่มีผลต่อการให้แสงสว่างธรรมชาติภายในอาคารและการใช้พลังงานของอาคาร เช่น สัดส่วนและรูปทรงของอาคาร ขนาดและทิศทางของช่องเปิดด้านข้าง ลักษณะของพื้นผิวภายในอาคารทั้งพื้นผนัง ฝ้าเพดาน หรือการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงเพิ่ม สามารถเพิ่มปริมาณแสงสว่างธรรมชาติภายในอาคารได้ (บริรักษ์ อินทรกุลไชย, 2562) นอกจากนี้การเลือกใช้ประเภทกระจก ควรใช้กระจกที่มีค่าการส่งผ่านของแสง (VLT) กับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (SHGC) สูง และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U) ต่ำ (เกษียร ธรานนท์, 2551) เนื่องจากควรให้แสงธรรมชาติเข้ามาได้มากแต่ความร้อนเข้ามาได้น้อย รวมถึงการใช้แผงบังแดดหรือม่านบังแดดในลักษณะต่าง ๆ เป็นการช่วยให้ได้แสงสว่างภายในอาคารที่เหมาะสมและยังสามารถลดการใช้พลังงานได้มากขึ้น (Ahmad & Reffat, 2018; Wymelenberg, 2012) นอกจากแสงธรรมชาติที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิตของร่างกายมนุษย์แล้ว แสงประดิษฐ์ก็เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีส่วนช่วยให้มนุษย์ได้รับแสงที่เพียงพอและเหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิต โดยประกอบไปด้วยปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิสีของหลอดไฟ ค่าอุณหภูมิสีที่สูงขึ้นหรือแสงสีฟ้าจะส่งผลต่อการทำงานของนาฬิกาชีวิตมากขึ้นเนื่องจาก ipRGC ที่เป็นเซลล์รับแสงของการรับรู้แสงที่ตอบสนองไม่เกี่ยวกับการมองเห็นมีความไวต่อแสงสีฟ้า (Ticleanu, 2019) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยของประเภทหลอดไฟและลักษณะของดวงโคมที่มีผลต่อความส่องสว่างภายในอาคาร
3. แนวทางหรือเกณฑ์มาตรฐานในการออกแบบแสงสว่าง งานวิจัยนี้มีความเกี่ยวข้องกับแสงสว่างที่คำนึงถึงความเป็นอยู่ที่ดีและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพทั้งแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ จึงมุ่งเน้นศึกษาที่ WELL Building Standard v.2 หัวข้อ L03 Circadian Lighting ใช้หน่วยวัดผล Equivalent Melanopic Lux (EML) โดยกำหนดให้คิดค่า EML จากความส่องสว่างในแนวตั้ง หรือ Vertical Illuminance (Ev) ซึ่งต้องมีปริมาณ EML อย่างน้อย 150 EML และอย่างน้อย 275 EML สำหรับทำคะแนน 2 คะแนน และ 4 คะแนนตามลำดับ และเกณฑ์ปริมาณแสงธรรมชาติตามเกณฑ์ WELL ที่จะนำมาประเมินร่วมในงานวิจัยนี้ คือ หัวข้อ L06 daylight simulation Part 1 โดยมีข้อกำหนดให้มีค่า $sDA_{300/50\%} > 55\%$ หรือ $sDA_{300/50\%} > 75\%$ ของพื้นที่ใช้งาน สำหรับทำคะแนน 2 หรือ 3 คะแนนตามลำดับ ตามตาราง 1 และ 2 รวมถึงเกณฑ์มาตรฐานในประเทศไทยในการออกแบบแสงสว่าง กำหนดให้มีค่าความส่องสว่างอย่างน้อย 300 ลักซ์ สำหรับพื้นที่ทำงานในประเภทอาคารสำนักงาน (กฎกระทรวงฉบับที่ 39, 2551) และกำหนดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า หรือ Lighting Power Density (LPD) ของอาคารสำนักงานต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10 วัตต์ต่อตารางเมตร
4. แนวทางในการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารที่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิต ต้องมีสัดส่วนของช่องเปิด WWR อย่างน้อย 60% (จินห์วรา อรัณย์ขนายุธ, 2561) เนื่องจากการใช้แสงธรรมชาติจากด้านข้าง (side lighting) นั้นเหมาะแก่การให้แสงในแนวตั้งที่ระดับสายตามากกว่าแสงประดิษฐ์ที่ติดตั้งบนเพดาน ซึ่งมีผลต่อปริมาณแสงที่เหมาะสมกับนาฬิกาชีวิต หรือปริมาณ EML และต้องมีความส่องสว่างของแสงธรรมชาติเฉลี่ยในแนวราบอย่างน้อย 772 และ 1197 ลักซ์ ตลอดทั้งวัน เพื่อให้ทุกพื้นที่มีปริมาณ EML อย่างน้อย 150 EML สำหรับการ

ทำคะแนน 1 คะแนน ตามเกณฑ์ WELL ซึ่งการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมด้วยจะทำให้พื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์และเกิดความเหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตมากขึ้น (จินห์วรา อรัญษณายุธ, 2564) สำหรับแสงธรรมชาติในประเทศไทยมีศักยภาพในการสร้างแสงที่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิตได้เป็นอย่างดีแต่มีโอกาสดังกล่าวที่ค่าความส่องสว่างที่สูงบริเวณริมช่องเปิด ซึ่งอาจทำให้เกิดไม่สบายตาแก่ผู้ใช้งานอาคารได้ (อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ, 2565) และการออกแบบแสงที่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิตตามเกณฑ์นั้นจะส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารเพิ่มขึ้น 57% (Zeng et al., 2021)

ตาราง 1 ข้อกำหนดระดับคะแนนของเกณฑ์การประเมิน Circadian Lighting (L03)

L03 : Circadian Lighting Design (สูงสุด 4 คะแนน)			
พิจารณาเพียงไฟฟ้าแสงสว่าง		พิจารณาไฟฟ้าแสงสว่างและแสงธรรมชาติ	คะแนน
อย่างน้อย 150 EML [136 M-EDI(D65)]	หรือ	อย่างน้อย 120 EML [109 M-EDI(D65)] และผ่านเกณฑ์หัวข้อ L05 Part 1 หรือหัวข้อ L06 Part 1	2
อย่างน้อย 275 EML [250 lux M-EDI(D65)] ¹¹	หรือ	อย่างน้อย 180 EML [163 M-EDI(D65)] และผ่านเกณฑ์หัวข้อ L05 Part 1 หรือ L06 Part 1	4

ที่มา: The WELL building standard version 2 โดย International WELL Building Institute [IWBI], 2022.
 (https://v2.wellcertified.com/en/wellv2/overview IWBI, 2022).

ตาราง 2 ข้อกำหนดระดับคะแนนของเกณฑ์การประเมิน Daylighting Simulation (L06)

L06 : Daylight Simulation (สูงสุด 3 คะแนน)			
คำนวณโดยใช้ IES LM-83-12		คำนวณโดยใช้ Annex A ของ CEN 17037:2018	คะแนน
ค่าเฉลี่ย sDA _{300/50%} ต้องผ่าน > 55% ของพื้นที่ใช้งานประจำ	หรือ	ความส่องสว่าง 300 ลักซ์ (28 fc) ต้องได้รับ >50% ของพื้นที่แต่ละหน่วย ตลอด 50% ของช่วงเวลาทำงานตลอดปี	2
ค่าเฉลี่ย sDA _{300/50%} ต้องผ่าน > 75% ของพื้นที่ใช้งานประจำ	หรือ	ความส่องสว่าง 300 ลักซ์ (28 fc) ต้องได้รับ >50% ของพื้นที่แต่ละหน่วย และค่าเฉลี่ยความส่องสว่าง 100 ลักซ์ (9 fc) ต้องได้รับ >95% ของพื้นที่แต่ละหน่วยตลอด 50% ของช่วงเวลาทำงานตลอดปี	3

ที่มา: The WELL building standard version 2 โดย IWBI, 2022.
 (https://v2.wellcertified.com/en/wellv2/overview IWBI, 2022).

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. การกำหนดรูปแบบอาคารจำลอง

พิจารณาจากรูปแบบและลักษณะอาคารที่มีในปัจจุบัน โดยการเก็บข้อมูลอาคารสำนักงานเกรดเอ ในกรุงเทพมหานครที่สร้างในปี ค.ศ. 2014-2022 โดยมีพื้นที่ใช้งานเฉลี่ยต่อชั้นประมาณ 1,600 ตารางเมตร ความสูงอาคารเฉลี่ย 30 ชั้น ระดับความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดานเฉลี่ย 3.00 เมตร ใช้ระบบทำความเย็นแบบรวมศูนย์ (Central Chilled Water System) รูปแบบช่องเปิดแบบยาวต่อเนื่องกัน พื้นที่บริการประมาณ 25% ของพื้นที่ใช้สอยต่อชั้น ผังอาคารมีรูปทรงสี่เหลี่ยม รูปตัว L และรูปตัว O โดยสัดส่วนรูปทรงอาคารที่เหมาะสมกับอาคารสำนักงานคือ 1:1.3 และ 1:1.7 (ณัฐภูมิ รับคำอินทร์, 2552) และการวางแผนบริการออกเป็น 3 ลักษณะ ได้แก่ แกนบริการอยู่กลางอาคาร มุมอาคาร และริมอาคาร (ณัฐพงษ์ โต้ะพาน, 2548)

งานวิจัยนี้เลือกใช้อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมสัดส่วนผืนพื้นอาคาร 1:1.3 แกนบริการกลาง ขนาดสัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อเปลือกอาคาร หรือ WWR (Window-to-Wall area Ratio) เท่ากับ 40% เปลือกอาคารโปร่งแสง ใช้กระจกลามิเนตใสเคลือบสาร Low-E โดยมีค่าการส่งผ่านของแสง หรือ VLT เท่ากับ 74.5% มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจาก

รังสีอาทิตย์ หรือ SHGC เท่ากับ 0.569 และมีค่าการถ่ายเทความร้อน หรือ U-value เท่ากับ 2.429 W/m²·K พื้นที่ภายในอาคารมีค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นที่ใช้งานอย่างน้อย 300 ลักซ์ โดยค่าเหล่านี้จะถูกกำหนดว่าเป็นค่าสำหรับอาคารจำลองต้นแบบ (base case building) เพื่อใช้คำนวณหาการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเปรียบเทียบกับอาคารกรณีอื่น ๆ ที่ผ่านการประเมิน Circadian Lighting ตามมาตรฐาน WELL Building Standard

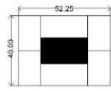
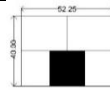
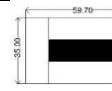
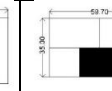
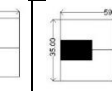
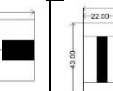
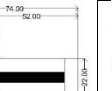
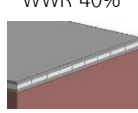
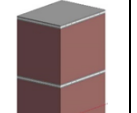
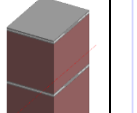
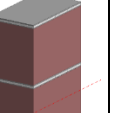
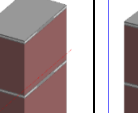
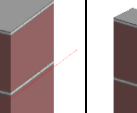
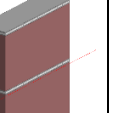
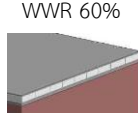
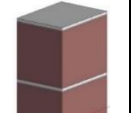
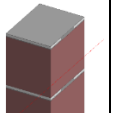
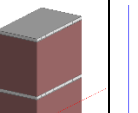
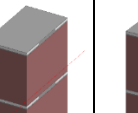
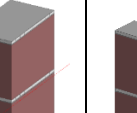
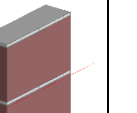
2. สมมติฐานการวิจัย

การออกแบบแสงสว่างภายในอาคารที่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิต และผ่านเกณฑ์ Circadian Lighting ตามมาตรฐาน WELL Building Standard หากพื้นที่อาคารภายในมี Circadian Lighting ที่ดี จะทำให้การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารเพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนที่เข้ามาพร้อมกับแสงธรรมชาติที่มากขึ้น และการใช้แสงประดิษฐ์ทดแทนในพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติไม่เพียงพอ

3. ตัวแปรที่ศึกษา

- 3.1. ตัวแปรต้น ได้แก่ รูปทรงอาคารของแบบจำลองจำนวน 14 รูปแบบ ดังตาราง 3 ขนาดของช่องเปิด คือ WWR 40% และ WWR 60% ที่มีลักษณะช่องเปิดยาวต่อเนื่องกัน ประเภทกระจก ที่มีค่า VLT แตกต่างกันคือ กระจกลามิเนตใส Low-E ที่มีค่า VLT เท่ากับ 74.5% ค่า SHGC เท่ากับ 0.569 และค่า U-value เท่ากับ 2.429 W/m²·K และกระจกสำหรับอาคารที่นำมาเปรียบเทียบกับอาคารต้นแบบ คืออาคารสำนักงานเกรดเอ ที่ใช้กระจก IGU หรือ Insulating Glass Unit เป็นกระจกใส Low-E ที่มีค่า VLT เท่ากับ 53.5% ค่า SHGC เท่ากับ 0.358 และค่า U-value เท่ากับ 1.757 W/m²·K และลักษณะการจัดวางผังดวงโคมและจำนวนดวงโคมที่ใช้
- 3.2. ตัวแปรตาม ได้แก่ ค่า Spatial Daylight Autonomy (sDA) ค่า Vertical Illuminance (Ev) ค่า Equivalent Melanopic Lux (EML) และปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร
- 3.3. ปัจจัยควบคุม ได้แก่ ค่าความสว่างจะวัดที่ความสูง 0.76 เมตร และ 1.2 เมตร จากระดับพื้นถึงระดับสายตาขณะนั่งเก้าอี้ ทำการจำลองในช่วงเวลา 8.00-18.00 น. สำหรับคำนวณค่า sDA และการใช้พลังงานรวมและช่วง 9.00-13.00 น. สำหรับคำนวณค่า EML สำหรับวัสดุตกแต่งภายใน กำหนดค่าสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคาร ฝ้าเพดานเท่ากับ 80% พื้นเท่ากับ 20% และผนังภายในเท่ากับ 50 % (IWBI, 2022) หน้าต่างกระจกมีการติดตั้งม่านบังแดดแบบ Horizontal Roller Blind ควบคุมตามระดับแสงจ้า คือจะปิดม่านเมื่อเกิดดัชนีแสงบาดตา (Discomfort glare index) มากกว่า 22 หลอดไฟฟ้าแสงสว่างติดตั้งหลอด LED ที่มีค่า Correlated Color Temperature หรือ CCT เท่ากับ 4000 K หลอดไฟ 31 วัตต์ ให้ความสว่าง 4010 ลูเมนติดตั้งในดวงโคมสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 1200x300 มิลลิเมตร ประเภทฝ้าเพดาน ระบบเครื่องปรับอากาศใช้แบบรวมศูนย์จ่ายลมด้วยระบบ Variable Air Volume (VAV) และวัสดุประกอบอาคาร ที่ใช้ในอาคารในปัจจุบัน (ASHRAE, 2016)

ตาราง 3 สรุปแบบจำลองตัวแปรต้นที่ทำการศึกษา

ขนาดช่องเปิด	รูปทรงสี่เหลี่ยม 1:1.3		รูปทรงสี่เหลี่ยม 1:1.7			รูปทรงตัว L	รูปทรงตัว O
	Center core	Side core	Center core	Side core	Double core	Center core	Center core
							
WWR 40%							
WWR 60%							
ประเภทกระจก		กระจกกลามิเนตใส Low-E VLT = 74.5% / SHGC = 0.569 / U-value = 2.429 W/m2-K					
		กระจก IGU ใส Low-E 3 ชั้น VLT = 53.5% / SHGC = 0.358 / U-value = 1.757 W/m2-K					
ลักษณะการจัดวางผังดวงโคมและจำนวนดวงโคม							

4. ทำการจำลอง แบ่งออกเป็น 3 ช่วง ดังนี้

- 4.1. การทดลองช่วงที่ 1 จำลองปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในอาคารจากตัวแปรที่จะศึกษา คือ รูปทรงของอาคาร สัดส่วนของช่องเปิดและประเภทของกระจก ทั้งหมด 28 กรณีด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Design Builder คำนวณปริมาณแสงธรรมชาติเพื่อประเมินการผ่านเกณฑ์ของค่า sDA
- 4.2. การทดลองช่วงที่ 2 จำลองค่า Vertical Illuminance (Ev) ของแสงประดิษฐ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DIALux evo 9.2 เพื่อนำไปคำนวณหาค่า EML ตามสูตรสมการ 1 และตาราง 4

$$EML = \text{Melanopic Ratio} \times E_v$$

[1]

ตาราง 4 ค่า Melanopic Ratio ของหลอดไฟแต่ละประเภท

CCT (K)	Light Source	Melanopic Ratio	CCT (K)	Light Source	Melanopic Ratio
2950	Fluorescent	0.43	4000	LED	0.76
2700	LED	0.45	6500	Fluorescent	1.00
2800	Incandescent	0.54	6500	Daylight	1.02
4000	Fluorescent	0.58	7500	Fluorescent	1.11

ที่มา: The WELL building standard version 2 โดย IWBI, 2022.

(<https://v2.wellcertified.com/en/wellv2/overview> IWBI, 2022).

- 4.3. การทดลองช่วงที่ 3 จำลองการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารแต่ละกรณีทั้งพลังงานการทำความเย็นและการใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง ด้วยโปรแกรม DesignBuilder version 7.0.0.102

5. การประเมินผล

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทำให้ได้ผลการคำนวณค่า sDA และค่า EML ของแบบจำลองแต่ละกรณีโดยรายละเอียดวิธีการประเมินผลดังนี้

- 5.1. เกณฑ์การวัดผลค่า sDA ประเมินผลแบบจำลองโดยคำนวณร้อยละของพื้นที่ใช้งานทั้งหมดซึ่งแบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์ คือ แบบจำลองที่มีค่า sDA ผ่านเกณฑ์ค่าความส่องสว่างและจำนวนชั่วโมงที่กำหนดเป็นพื้นที่มากกว่าร้อยละ 55 ของพื้นที่ใช้งาน โดยเกณฑ์ WELL กำหนดว่าจะต้องได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างอย่างน้อย 300 ลักซ์อย่างน้อยร้อยละ 50 ของเวลาทำงานทั้งปีโดยเรียกค่านี้นี้แบบย่อว่า $sDA_{300/50\%}$ (IWBI, 2022)
- 5.2. เกณฑ์การวัดผลค่า EML การประเมินผลระดับแบบจำลองโดยคำนวณค่าเฉลี่ยของค่า Vertical Illuminance (Ev) จาก 4 ทิศทางของพื้นที่ใช้งานทั้งหมดมาคำนวณหาค่า EML ซึ่งแบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์ คือ แบบจำลองที่มีค่า EML เฉลี่ยของพื้นที่ใช้งานผ่านเกณฑ์ตามกำหนด

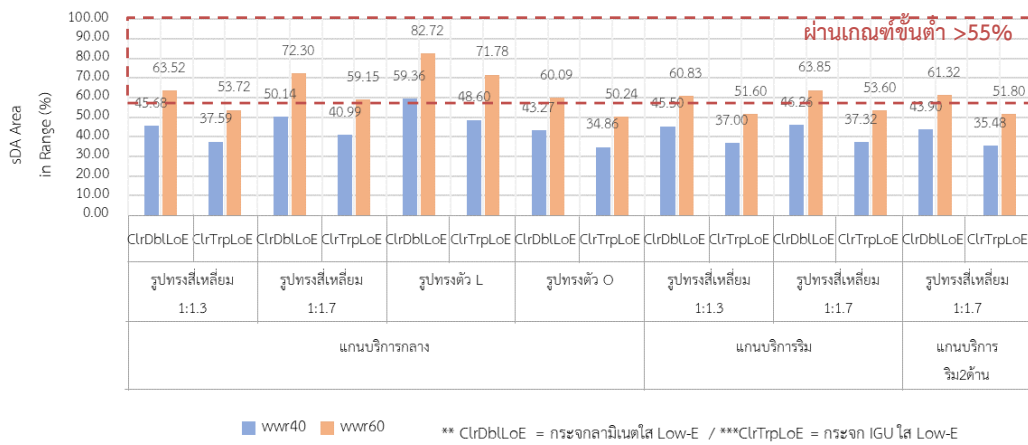
6. วิเคราะห์ผล สรุปผล และเสนอแนะแนวทางการออกแบบ

ผลการศึกษา

การศึกษาผลกระทบของการออกแบบแสงที่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิตต่อการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารประเภทสำนักงาน โดยวิเคราะห์ลักษณะและองค์ประกอบของรูปแบบสถาปัตยกรรมที่ส่งผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคารร่วมกับแสงประดิษฐ์โดยวิเคราะห์การใช้ประเภทและการจัดผังดวงโคม โดยงานวิจัยนี้คำนึงถึงปริมาณค่า sDA , EML และการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

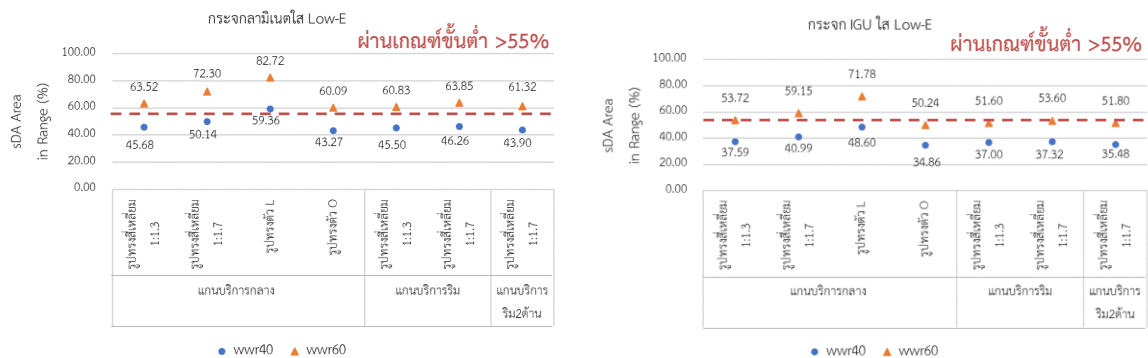
1. การประเมินปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในอาคาร

วิเคราะห์ปริมาณค่า $sDA_{300/50\%}$ ของแสงธรรมชาติจากตัวแปรที่ศึกษาทั้งหมด 28 กรณี เพื่อให้ทราบถึงอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อค่า $sDA_{300/50\%}$ ซึ่งประกอบไปด้วยรูปทรงอาคาร ขนาดสัดส่วนช่องเปิด และประเภทของกระจก ซึ่งทั้งหมดส่งผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในอาคาร จากผลการจำลองค่า $sDA_{300/50\%}$ ในแต่ละกรณีพบว่ารูปทรงอาคาร สัดส่วนช่องเปิดอาคาร และประเภทกระจกที่แตกต่างกันนั้น ส่งผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในอาคารแตกต่างกัน โดยรูปทรงอาคารที่ได้ปริมาณแสงธรรมชาติมากที่สุดคือ อาคารรูปทรงตัว L ใช้กระจกกลามิเน็ตใส Low-E สัดส่วนช่องเปิด WWR 60% ได้ปริมาณ $sDA_{300/50\%}$ ถึง 82.72% ของพื้นที่ใช้งาน ส่วนอาคารที่ได้ปริมาณแสงธรรมชาติน้อยที่สุด คือ อาคารรูปทรงตัว O ใช้กระจก IGU ใส Low-E สัดส่วนช่องเปิด WWR 40% ซึ่งได้ปริมาณค่า $sDA_{300/50\%}$ อยู่ที่ 34.86% ของพื้นที่ใช้งาน โดยอาคารที่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำของ WELL Building Standard v.2 หัวข้อ L06 Daylight Simulation Part 1 ประกอบด้วย อาคาร WWR 40% เพียง 1 อาคาร คือ อาคารรูปทรงตัว L ใช้กระจกกลามิเน็ตใส Low-E สำหรับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิด WWR 60% ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำทั้งหมด ยกเว้น 4 อาคาร คือ อาคารที่ใช้กระจก IGU ใส Low-E ประกอบด้วย อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมสัดส่วนผืนพื้น 1:1.3 แกนบริการกลาง และแกนบริการริม อาคารรูปทรงตัว O และ อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมสัดส่วนผืนพื้น 1:1.7 แกนบริการริม 2 ด้าน ดังภาพ 1



ภาพ 1 ค่า $sDA_{300/50\%}$ เป็นสัดส่วนร้อยละของพื้นที่ใช้งาน ของอาคารทั้ง 28 กรณี

จากภาพ 2 เมื่อเปรียบเทียบปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในอาคารจากการใช้ประเภทกระจกชนิดเดียวกันแล้วพบว่าสัดส่วนของขนาดช่องเปิดมีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติ โดยสัดส่วนของช่องเปิด WWR 60% สามารถผ่านเกณฑ์ Daylighting Simulation (L06) ด้วยค่า $sDA_{300/50\%}$ ที่มากกว่า 55% ได้มากกว่าสัดส่วนของช่องเปิด WWR 40% ส่วนรูปทรงของอาคารมีเพียงรูปทรงตัว L ได้รับปริมาณแสงธรรมชาติมากกว่าอาคารรูปทรงอื่น ๆ เนื่องจากมีความลึกจากผนังด้านนอกอาคารถึงแกนบริการ น้อยกว่ารูปทรงอื่น และมีพื้นที่ผนังอาคารที่ได้รับแสงมากกว่า



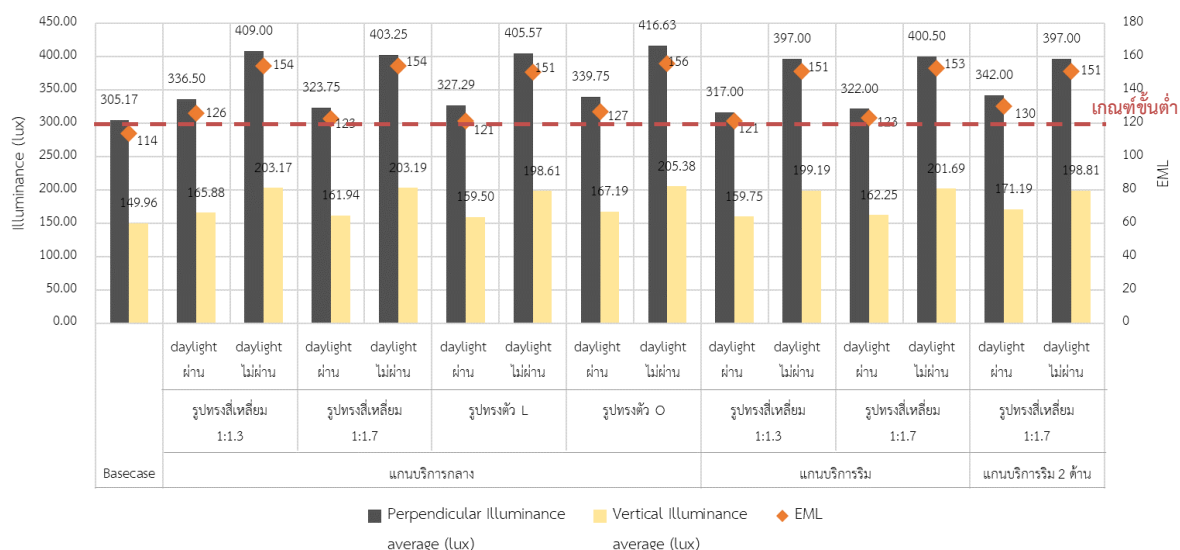
ภาพ 2 ค่า $sDA_{300/50\%}$ เป็นร้อยละของพื้นที่ใช้งาน เปรียบเทียบระหว่างรูปทรงต่าง ๆ กับสัดส่วนช่องเปิดที่ 40% และ 60% กรณีใช้กระจกลามิเนตใส Low-E (ซ้าย) และ กรณีใช้กระจก IGU ใส Low-E (ขวา)

2. การประเมินค่า EML จากค่า Vertical Illuminance (EV) ของแสงประดิษฐ์

การจำลองการวางผังดวงโคมของหลอดไฟ LED ที่มีค่า CCT เท่ากับ 4000K ทั้งหมด 14 กรณี คือ อาคาร 7 รูปทรง ที่แต่ละรูปทรงประกอบด้วยกรณีที่ไม่ผ่านและผ่านเกณฑ์ $sDA_{300/50\%}$ ขั้นต่ำ นำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย Vertical Illuminance (Ev) ทั้ง 4 ทิศทาง และนำผลที่ได้ไปคำนวณหาค่า EML ให้ผ่านเกณฑ์ Circadian Lighting ขั้นต่ำ อย่างน้อย 120 EML สำหรับกรณีที่ $sDA_{300/50\%}$ ผ่าน และ 150 EML สำหรับกรณีที่ $sDA_{300/50\%}$ ไม่ผ่าน

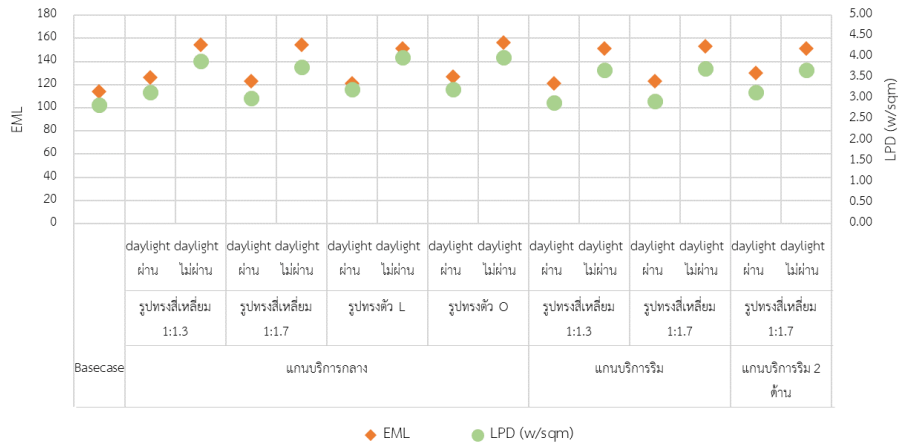
จากการคำนวณปริมาณความส่องสว่างของแสงที่ตกกระทบบนผนังในแนวราบ (Ep) ความส่องสว่างในแนวตั้ง (Ev) และ EML พบว่ามีทิศทางไปในทางเดียวกัน เมื่อปริมาณความส่องสว่างในแนวราบเพิ่มขึ้น ปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้งเพิ่มขึ้น รวมถึงปริมาณค่า EML ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จากผลการคำนวณในภาพ 3 แสดงให้เห็นว่าอาคารกรณีที่ปริมาณ $sDA_{300/50\%}$ ไม่ผ่านเกณฑ์ Daylight ต้องการปริมาณ EML ขั้นต่ำที่มากกว่า โดยอาคารรูปทรงตัว O ต้องการ EML มากที่สุดที่ 156 EML ซึ่งต้องการปริมาณความส่องสว่างในแนวตั้งมากที่สุดที่ 205.38 ลักซ์เช่นกัน

นอกจากนี้การใช้แสงประดิษฐ์ที่ให้ปริมาณความส่องสว่างของแสงที่ตกกระทบบนผนัง (Ep) อย่างน้อย 317 ลักซ์ขึ้นไป สอดคล้องกับข้อกำหนดของกฎกระทรวงฉบับที่ 39 พ.ศ. 2551 ซึ่งกำหนดมากกว่า 300 ลักซ์ เป็นความส่องสว่างที่ EML สามารถผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำได้ในกรณีผ่านเกณฑ์ daylight ต้องการอย่างน้อย 120 EML ส่วนกรณีไม่ผ่านเกณฑ์ daylight ต้องการอย่างน้อย 150 EML จะต้องได้ความส่องสว่างของแสงที่ตกกระทบบนผนังในแนวราบอย่างน้อย 397 ลักซ์



ภาพ 3 ความสัมพันธ์ปริมาณความส่องสว่างของแสงที่ตกกระทบบนผนัง (Ep) ความส่องสว่างในแนวตั้ง (Ev) และ EML ของแสงประดิษฐ์ เปรียบเทียบระหว่างอาคาร Base case กับอาคารแต่ละกรณีที่ผ่าน EML ขั้นต่ำ

จากผลการจำลอง ดังภาพ 4 พบว่าค่า EML กับค่าการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting Power Density หรือ LPD) เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ในกรณีอาคารรูปทรงเดียวกัน โดยยิ่งค่า EML ที่ต้องการมากขึ้น ค่า LPD จะต้องมากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากจำนวนการใช้แสงไฟประดิษฐ์ที่มากขึ้น แต่ถ้าพิจารณาอาคารต่างรูปทรงกัน ค่า EML เท่ากัน เช่น อาคารรูปแบบแกนบริการกลางรูปทรงตัว L กับอาคารแกนบริการริมรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า 1:1.3 ในกรณีที่ปริมาณแสงธรรมชาติผ่านเกณฑ์ ได้ปริมาณ EML 121 EML เท่ากัน เนื่องจากความส่องสว่างในแนวตั้งมีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แต่การใช้พลังงานแสงสว่างกลับแตกต่างกัน อาคารรูปแบบแกนบริการกลางรูปทรงตัว L ใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง 3.22 W/m² ส่วนอาคารแกนบริการริมรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า 1:1.3 ใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างเพียง 2.91 W/m² เนื่องจากรูปทรงอาคารที่แตกต่างกันทำให้จำนวนของดวงโคมที่ติดตั้งแตกต่างกันไปด้วยส่งผลถึงค่าการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD)

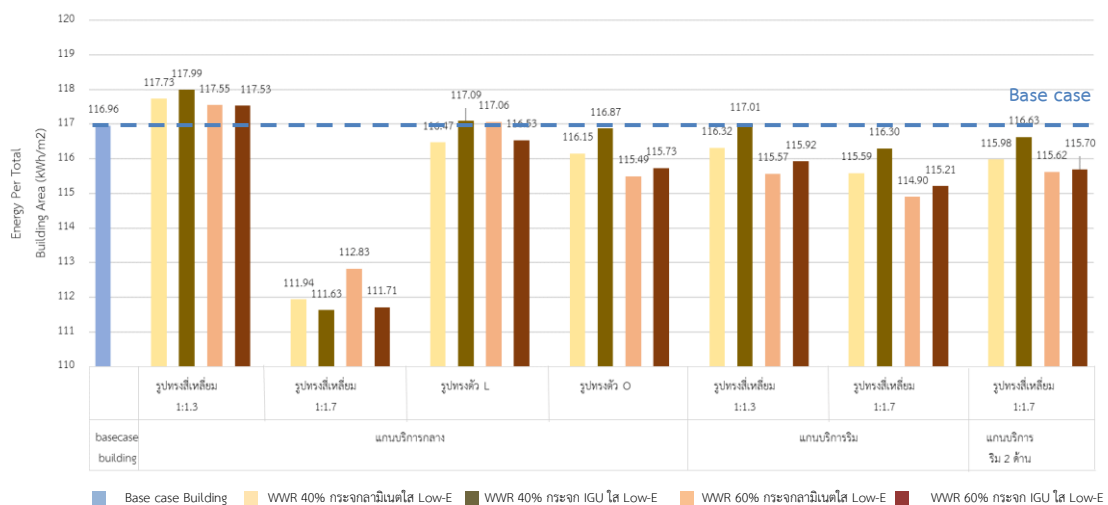


ภาพ 4 ปริมาณและความสัมพันธ์ของค่า EML กับค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง ของอาคารแต่ละกรณี

3. การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารแต่ละกรณี

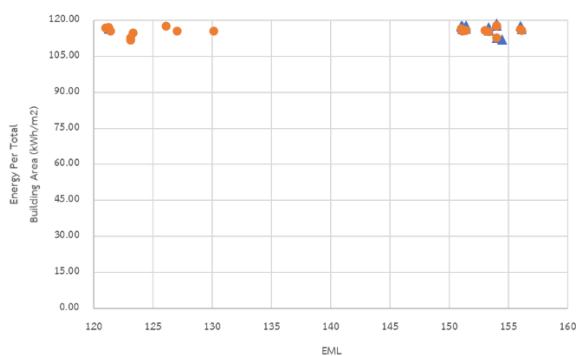
เมื่อได้ค่าการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง (LPD) จากการวางผังดวงโคมในอาคารแต่ละกรณี ของทั้งอาคารที่ต้องการ EML อย่างน้อย 120 และ 150 EML และนำไปจำลองและวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารทุกกรณีเปรียบเทียบกับอาคารต้นแบบเพื่อนำไปสู่แนวทางการออกแบบอาคารและไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคารสำนักงานสำหรับประเทศไทย

จากผลการจำลองพบว่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารต่อพื้นที่อาคารทั้งหมด เมื่อเทียบกับอาคารต้นแบบแล้ว รูปทรงและตำแหน่งแกนบริการของอาคารมีผลต่อการใช้พลังงานของอาคาร จากภาพ 5 อาคารที่มีแกนบริการกลางรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าสัดส่วน 1:1.7 ใช้พลังงานโดยรวมของอาคารน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับอาคารกรณีอื่น ๆ โดยใช้พลังงานน้อยกว่า อาคารจำลองต้นแบบประมาณ 3.53-4.55% ส่วนอาคารที่ใช้พลังงานโดยรวมมากที่สุด คือ อาคารแกนบริการกลางรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีสัดส่วน 1:1.3 ใช้พลังงานมากกว่าอาคารต้นแบบทุกกรณี โดยอาคารที่มี WWR40% ใช้กระจก IGU สี Low-E ใช้พลังงานโดยรวมเพิ่มขึ้นจากอาคารจำลองต้นแบบมากที่สุดที่ 0.88%

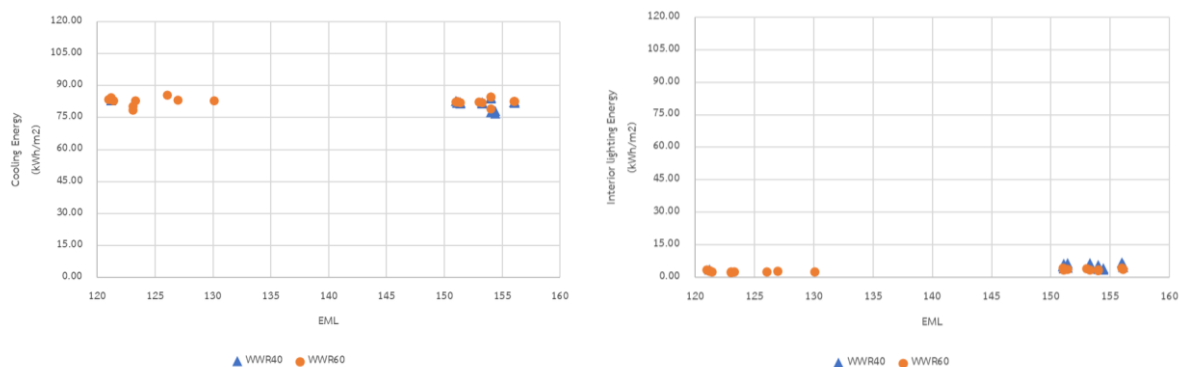


ภาพ 5 ปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารต่อพื้นที่ทั้งหมดของอาคาร ของอาคารกรณีต่าง ๆ เปรียบเทียบกับอาคารต้นแบบ

จากผลการคำนวณค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารแต่ละกรณี จะเห็นได้ว่าค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารในบางกรณีนั้นทั้งไม่สัมพันธ์กับค่า EML เนื่องจากค่า EML คิดมาจากความส่องสว่างในแนวตั้งของแสงประดิษฐ์เท่านั้น แต่การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร ต้องพิจารณาทั้งการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างจากแสงประดิษฐ์ และพลังงานจากเครื่องปรับอากาศจากความร้อนที่เข้ามาภายในอาคารพร้อมกับแสงธรรมชาติ ดังภาพ 6 เมื่อพิจารณาจากอาคารทุกกรณี อาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิด WWR 40% ค่า EML จะแปรผกผันกับปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร ส่วนอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิด WWR 60% ค่า EML และการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร จะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน



ภาพ 6 ความสัมพันธ์ของค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารกับค่า EML



ภาพ 7 ความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานระบบปรับอากาศของอาคารกับค่า EML (ซ้าย)
และความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารกับค่า EML (ขวา)

เมื่อแยกพิจารณาออกเป็นการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศและการใช้พลังงานแสงสว่างภายในอาคารต่อพื้นที่ใช้สอยกับค่า EML ดังภาพ 7 ความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศกับค่า EML เป็นไปในลักษณะแปรผกผันต่อกัน ถ้าอาคารที่มีปริมาณแสงธรรมชาติผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ทำให้มีค่า EML น้อย จะมีการใช้พลังงานจากการทำความเย็นมากเนื่องจากมีความร้อนที่เข้ามาพร้อมกับแสงธรรมชาติ สำหรับความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานแสงสว่างกับค่า EML เป็นไปในทิศทางเดียวกัน สอดคล้องกับผลการจำลองปริมาณแสงสว่างในแนวตั้งกับค่าการติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง โดยอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิด WWR 60% จะใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง และค่า EML น้อยกว่า WWR 40% เนื่องจากอาคาร WWR 60% ได้ปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ จึงต้องการปริมาณ EML ที่ผ่านเกณฑ์น้อยกว่าคือ อย่างน้อย 120 EML ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างน้อยกว่าด้วย

ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า รูปทรงอาคาร สัดส่วนขนาดช่องเปิด และประเภทกระจกมีผลโดยตรงต่อการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากความร้อนที่เข้ามาพร้อมกับแสงธรรมชาติ สัดส่วนขนาดช่องเปิดที่มากขึ้น จะทำให้การใช้พลังงานเครื่องปรับอากาศมากขึ้นในทุกกรณี เนื่องจากความร้อนที่เข้ามาพร้อมกับแสงธรรมชาติเพราะเป็น

ตัวแปรที่ส่งผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติ สัดส่วนช่อง WWR60% และกระจกลามิเนตใส Low-E จะให้ปริมาณแสงธรรมชาติที่มากกว่าพร้อมกับใช้พลังงานจากระบบเครื่องปรับอากาศมากกว่า ส่วนรูปทรงอาคารและการจัดวางผังดวงโคม จะมีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งแปรผันตรงกับค่า EML โดยทั้งหมดมีผลต่อการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร

สรุปผล

จากการศึกษาผลกระทบของการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารที่เหมาะสมต่อระบบนาฬิกาชีวิตของมนุษย์ต่อการใช้พลังงานของอาคารสำนักงานในประเทศไทย ตามเกณฑ์ WELL Building Standard V2 พบว่าการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแสงสว่างที่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิตภายในอาคารที่ผ่านมามีการศึกษาผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างเท่านั้น ซึ่งยังไม่รวมการทำความเข้าใจที่อาจจะลดหรือเพิ่มขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร โดยศึกษาทั้งผลกระทบของการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศที่เพิ่มหรือลดลงจากการใช้แสงธรรมชาติ และการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างจากแสงประดิษฐ์ เพื่อให้เป็นแนวทางในการนำไปใช้และช่วยในการตัดสินใจในการออกแบบแสงสว่างที่เหมาะสมต่อระบบนาฬิกาชีวิตของมนุษย์และการใช้พลังงานของอาคาร โดยจากการศึกษาพบว่า อาคารที่ได้แสงสว่างที่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิตหรือมีค่า EML ที่ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำนั้น เมื่อเทียบกับอาคารจำลองต้นแบบจะส่งผลทั้งการเพิ่มและลดการใช้พลังงานรวมของอาคาร โดยอาคารที่ใช้พลังงานเพิ่มขึ้น เช่น อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีสัดส่วน 1:1.3 และมีแกนบริการอยู่กลางอาคาร ทุกกรณีมีการใช้พลังงานโดยรวมเพิ่มขึ้นสูงสุด 0.49%-0.88% และกรณีที่การใช้พลังงานลดลง เช่น อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าสัดส่วน 1:1.7 มีแกนบริการกลาง ทุกกรณีมีการใช้พลังงานโดยรวมลดลงสูงสุด 3.53-4.55% ซึ่งการใช้ปริมาณแสงธรรมชาติที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับรูปทรงของอาคารที่มีความลึกจากกรอบอาคารอย่างเหมาะสม สัดส่วนช่องเปิดของอาคารที่มากพอต่อปริมาณแสงธรรมชาติ และการเลือกใช้กระจกที่มีค่าความส่องผ่านแสงที่เหมาะสม จึงจะสามารถผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ อย่างตัวชี้วัด $sDA_{300/50\%}$ ได้ นอกจากนี้การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารถึงจะเป็นการเพิ่มภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเนื่องจากความร้อนที่เข้ามาด้วย แต่ในทางกลับกัน ช่วยทำให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างลง 19% เมื่อเทียบจากอาคารจำลองต้นแบบกับอาคารที่ใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างน้อยที่สุด การใช้แสงประดิษฐ์เพื่อให้ได้ปริมาณความส่องสว่างที่เหมาะสมต่อนาฬิกาชีวิตในอาคารสำนักงาน ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 1.2 เท่า เมื่อเทียบจากอาคารจำลองต้นแบบ

ข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการประเมินผลปริมาณ EML ที่เป็นระดับแบบจำลองโดยใช้ค่าเฉลี่ยของพื้นที่ใช้งานทั้งหมด ซึ่งควรมีการประเมินผลวัดแต่ละจุดของพื้นที่นั่งทำงานร่วมด้วย เพื่อให้สามารถได้ประสิทธิภาพของแสงสว่างที่เหมาะสมในทุกพื้นที่มากขึ้น ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับการวิจัยต่อไป และการศึกษาสัดส่วนของช่องเปิด ในงานวิจัยนี้ศึกษาเพียง 2 กรณีคือ WWR 40% และ WWR 60% ในปัจจุบันมีอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดที่หลากหลายและมีสัดส่วนที่มากขึ้น สำหรับการทำงานวิจัยในอนาคตสามารถเพิ่มกรณีศึกษาสัดส่วนช่องเปิดอื่น ๆ เพื่อให้สามารถนำไปใช้กับอาคารได้หลากหลายมากขึ้น และการศึกษาการเลือกใช้แสงในอุณหภูมิสีอื่น ๆ หรือการให้แสงประดิษฐ์ด้วยเทคนิคหรือโคมไฟในลักษณะอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อให้ได้รับแสงในแนวตั้ง ณ โต๊ะทำงานที่ดีขึ้นและมีประสิทธิภาพพลังงานที่ดีขึ้น

นอกจากนี้การประเมิน EML ของเกณฑ์ WELL จะพิจารณาจากแสงประดิษฐ์เพียงอย่างเดียว ถ้าวัดแสงในอาคารจริงตอนกลางคืนที่ไม่มีแสงธรรมชาติแล้วนั้น จะแสดงว่าอาคารที่ออกแบบให้รับแสงธรรมชาติได้ดี จะทำให้การติดตั้งหลอดไฟลดน้อยลง ซึ่งอาจไม่เพียงพอต่อการมองเห็นหรือการทำงาน สำหรับงานวิจัยในอนาคตสามารถเพิ่มการศึกษาค่า EML ที่พิจารณาจากแสงสว่างธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ หรือศึกษาจากการใช้โคมไฟที่สามารถปรับที่ทั้งอุณหภูมิสีและความสว่างได้เพื่อเพิ่มปริมาณแสงให้เหมาะสมแต่ละช่วงเวลาการใช้งานซึ่งจะต้องศึกษาในเรื่องความคุ้มค่าในการลงทุนเพิ่มเติม

บรรณานุกรม

- กฎกระทรวง ฉบับที่ 39 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522. (2537, 13 มิถุนายน).
- ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 111 ตอนที่ 23ก หน้า 37-42.
- เกษียร ธรานนท์. (2551). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ผลของความร้อนที่เกิดจากการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร โดยผ่าน
ช่องหน้าต่างกระจกด้านข้าง. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- จินห์วรา อรัณย์ชญาธ. (2561). แนวทางการออกแบบการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ในอาคารสำนักงานให้มีความ
เหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตของประเทศไทย [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- จินห์วรา อรัณย์ชญาธ. (2564). แนวทางการใช้เกณฑ์การประเมินแสงธรรมชาติที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิตในประเทศไทย. *JARS*,
18(1), 115-130.
- ณัฐพงษ์ โต๊ะพาน. (2548). แนวทางการออกแบบอาคารสำนักงานเพื่อป้องกันปัญหาคุณภาพอากาศภายใน :
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ณัฐภูมิ รับคำอินทร์. (2552). อิทธิพลของสัดส่วนและทิศทางอาคารที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร
[วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บริรักษ์ อินทรกุลไชย. (2562). การเพิ่มแสงธรรมชาติภายในห้องพักอาจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ผังเมืองและ
นฤมิตศิลป์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. *วารสารสิ่งแวดล้อมสรรค์สร้างวินิจัย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 18(1), 69-89.
- อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ. (2565). การศึกษาการออกแบบร่วมกันระหว่างการใช้แสงธรรมชาติแบบรายปีตามสภาพ
ภูมิอากาศและการออกแบบแสงเพื่อสุขภาพ. *JARS*, 19(1), 21-40.
- Ahmad, R. M., & Reffat, R. M. (2018). A comparative study of various daylighting systems in office buildings
for improving energy efficiency in Egypt. *Journal of Building Engineering*, 18, 360-376.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.job.2018.04.002>
- ASHRAE. (2016). *Standard 90.1-2016, energy standard for buildings except low-rise residential buildings*.
https://ashrae.iwrapper.com/ASHRAE_PREVIEW_ONLY_STANDARDS/STD_90.1_2016_IP
- Borisuit, A. (2013). *The impact of light including non-image forming effects on visual comfort*
[Unpublished doctoral dissertation]. Swiss Federal Institute of Technology Lausanne.
- Hengrasmee, N. (2019). *Circadian lighting design criteria for health and well-being in Thai built
environment* [Unpublished doctoral dissertation]. Naresuan University.
- International WELL Building Institute [IWBI]. (2022). *The WELL building standard version 2*.
<https://v2.wellcertified.com/en/wellv2/overview>
- Ticleanu, P. L. C. (2019). *Lighting for circadian rhythm* (Vol. 19). The BRE Trust.
- van Bommel, W., & Beld, G. J. (2004). Lighting for work: A review of visual and biological effects.
Lighting Research & Technology - LIGHTING RES TECHNOL, 36, 255-269.
<https://doi.org/10.1191/1365782804li122oa>
- Wymelenberg, K. V. D. (2012). Pattern of occupant interaction with window blinds: A literature review.
Energy and Buildings, 51, 164-176.

Zeng, Y., Sun, H., & Lin, B. (2021). Optimized lighting energy consumption for non-visual effects: A case study in office spaces based on field test and simulation. *Building and Environment*, (205), 1-16. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108238](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108238)