

การออกแบบและพัฒนาผนังเปลือกอาคารเซลล์แสงอาทิตย์แบบโมดูลอเนกประสงค์

จรัส รุ่งเรืองสรการ¹ จงจิตร หิรัญลาภ¹ ชัยพร สุภาหิตานุกุล^{1*} สุมะธ สติชัยบุญอนันต์¹ และโจเซฟ เคดารี²
 charlpn2001@gmail.com¹, jongjit.hirunlabh@hotmail.com¹, chaiporn.sup@gmail.com^{1*},
 sumezt_k@yahoo.com¹, joseph.khedari@hotmail.com²

¹คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยปทุมธานี

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

Received: November 14, 2024 Revised: December 23, 2024 Accepted: December 25, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ดำเนินการพัฒนาผนังเปลือกอาคาร (facade) โดยการออกแบบติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์แบบโมดูลอเนกประสงค์เพื่อให้ง่ายต่อการประกอบและติดตั้ง โดยมุ่งเน้นไปที่การสร้างความทันสมัยของผนังเปลือกอาคาร พร้อมทั้งการประเมินประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของแผงโซลาร์เซลล์และประสิทธิภาพในการลดความร้อนของอาคารงาน โดยผนังเปลือกอาคารประกอบด้วยผนังด้านนอกเป็นแผ่นคอมโพสิตและติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 150 วัตต์ ผนังด้านข้างและด้านหลังทำด้วยแผ่นคอมโพสิตและติดตั้งฉนวนโฟมขนาดมาตรฐานต่อโมดูล 1.20 x 2.40 x 0.35 เมตร มีการติดตั้งโมดูลหันไปทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีการออกแบบเปรียบเทียบการเจาะช่องเปิดและปิดช่องเปิดของโมดูล และทำการตรวจวัดผลเป็นระยะเวลา 120 วัน ค่าความร้อนที่ส่งผ่านรังสีอาทิตย์มีอุณหภูมิที่ร้อนได้รับการระบายความร้อนด้วยความเร็วลมภายในโมดูล และค่าการผลิตไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ ผลการทดสอบประสิทธิภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ในผนังเปลือกอาคารแบบเจาะช่อง ผลิตไฟฟ้าได้ 0.3017 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งมากกว่าของผนังเปลือกอาคารแบบไม่เจาะช่อง ซึ่งผลิตไฟฟ้าได้ 0.27792 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน โดยค่าการผลิตกระแสไฟฟ้าจะผันแปรไปตามอุณหภูมิ กล่าวคือวันที่อุณหภูมิสูงจะมีค่าความร้อนที่ส่งผ่านรังสีอาทิตย์สูงและมีค่าการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์สูงตามไปด้วย ทั้งนี้อุณหภูมิของโมดูลที่เจาะช่องระบายอากาศมีค่าน้อยกว่าโมดูลที่ไม่เจาะช่องระบายอากาศอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดของทั้ง 2 โมเดลอยู่ที่ 2 องศาเซลเซียส ดังนั้นการออกแบบสำหรับผนังเปลือกอาคารร่วมกับการติดตั้งโซลาร์เซลล์และการเจาะช่องระบายอากาศ แบบโมดูลอเนกประสงค์นี้ เป็นแนวทางเลือกใหม่ในการออกแบบภายนอกของอาคารที่อยู่อาศัยอย่างยั่งยืน ในการผลิตพลังงานสะอาดและช่วยลดความร้อนของผนังอาคาร

คำสำคัญ: นวัตกรรมอาคารเขียว ผนังเปลือกอาคารระบายอากาศ การลดการสะสมความร้อน

Design and development of a multi-purpose modular solar cell facade

Charan Rungruengsorakarn¹, Jongjit Hirunlabh¹, Chaiporn Suphahitanukool^{1*}, Sumate Sathibunanan¹
and Joseph Khedari²

charlprn 2001@gmail.com¹, jongjit.hirunlabh@hotmail.com¹, chaiporn.sup@gmail.com^{1*},
sumezt_k@yahoo.com¹, joseph.khadari@hotmail.com²

¹Faculty of Engineering and Technology, Pathumthani University

²Faculty of Science and Technology, Bangkokthonburi University

Received: November 14, 2024 Revised: December 23, 2024 Accepted: December 25, 2024

Abstract

This research focuses on the development of building facades by designing and installing multifunctional modular solar panels to facilitate assembly and installation. The aim is to modernize the building facade while evaluating the efficiency of electricity production from the solar panels and the effectiveness of heat reduction in the building. The building facade consists of an outer wall made of composite panels with 150-watt solar panels installed. The side and rear walls are made of composite panels and insulated with standard foam insulation for the module, measuring 1.2 meters wide, 2.4 meters long, and 0.3 meters high. The modules are installed facing southwest. A comparative design was made for opening and closing the module openings, and measurements were taken over a period of 120 days. The heat flux transmitted through solar radiation was measured, along with the temperature and electricity production from the solar panels. The results of the efficiency tests for electricity production from solar energy in the perforated facade showed an average of 0.3017 kilowatt-hours per day, which is higher than the average of 0.27792 kilowatt-hours per day for the non-perforated facade. The electricity production varies with temperature; on hotter days, the heat flux transmitted through solar radiation is higher, resulting in increased electricity production from solar energy. Additionally, the temperature of the ventilated modules is significantly lower than that of the non-ventilated modules, with a maximum temperature difference of 2 degrees Celsius between the two modules. Therefore, the design of the building facade, combined with the installation of solar panels and the ventilation openings of this multifunctional module, represents a new approach to the sustainable exterior design of residential buildings, contributing to clean energy production and reducing heat in building walls.

Keywords: Green building innovation, Ventilation facade, Heat gain reduction

1. บทนำ

Facade เป็นคำฝรั่งเศส ที่หมายถึงโฉมหน้า ปัจจุบันมีความหมายที่ครอบคลุมส่วนที่เกี่ยวข้องกับอาคารทั้งหมด เช่น หน้าต่าง กันสาด ชายคา ระเบียง ช่องเปิดต่าง ๆ รวมถึง สิ่งสิ่งตกแต่งปลีกย่อยอื่น ๆ เช่น เสาพอกลายปูน บัวประดับผนัง รูปปั้น และประติมากรรม ซึ่งในภาษาสถาปัตยกรรมเราจะเรียกสิ่งเหล่านี้ว่า “เปลือกอาคาร” และเป็นงานด้านสถาปัตยกรรมที่ผ่านกระบวนการการคิดการออกแบบในเชิงลึกมาอย่างถี่ถ้วนจนเกิดเป็นหน้าตาของอาคารโดยทั่วไปมีเปลือกอาคารอยู่ 2 ประเภทคือ 1). เปลือกอาคารทึบ (Opaque facade) ซึ่งส่วนใหญ่สร้างจากชั้นของวัสดุที่เป็นของแข็ง เช่น อิฐ หิน แผ่นคอนกรีตสำเร็จรูป แผ่นโลหะหุ้มฉนวน และโครงเหล็กที่ขึ้นรูปเย็น เปลือกอาคารทึบอาจรวมถึงช่องเปิดหรือหน้าต่างที่เจาะไว้ด้วย และ 2) เปลือกอาคารกระจก (Glazed facade) เช่น ผนังบานหรือด้านอาคารร้านค้า ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยวัสดุกระจกที่โปร่งใสหรือโปร่งแสงและส่วนประกอบโครงเหล็ก สมบัติของเปลือกอาคารที่มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน ได้แก่ การอนุญาตให้แสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร การป้องกันความร้อนจากแสงแดดที่ไม่ต้องการไม่ให้เข้ามาในอาคาร การเก็บความร้อนภายในมวลของผนัง การป้องกันการถ่ายเทความร้อนผ่านการปรับปรุงฉนวน การป้องกันอากาศหรือความชื้นไม่ให้ผ่านเข้ามาทางด้านอาคาร และการอนุญาตให้มีการระบายอากาศตามธรรมชาติเพื่อทำให้ภายในอาคารเย็นลง สมบัติเหล่านี้ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศเป็นอย่างมาก รวมถึงฟังก์ชันของอาคาร รูปแบบการใช้งาน การหันหน้าไปทางทิศทาง และภาระของอุปกรณ์ [1] เปลือกผนังอาคารเป็นแนวในการป้องกันระหว่างพื้นที่อาคารกับสภาพแวดล้อมภายนอก โดยทำให้ผู้ที่อาศัยอยู่ในอาคารมีความสะดวกสบายทั้งในด้านอุณหภูมิ การมองเห็น และเสียง ดังนั้นการใช้ผนังอาคารควรเป็นแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับอาคารนั้น ๆ และใช้พลังงานน้อยที่สุด เพื่อให้บรรลุประสิทธิภาพสูงนี้ [2] การออกแบบเปลือกผนังอาคารมีบทบาทสำคัญ เนื่องจากประกอบกับการสร้างอัตลักษณ์เฉพาะตัวที่สวยงามให้กับอาคาร การ

ตกแต่งเปลือกอาคารแบบ “ห่อหุ้มทั้งผนัง” (Cladding facade) ด้วยวัสดุที่มีความสวยงาม แข็งแรง และทนทานต่อสภาพอากาศ [3] การตกแต่งเปลือกอาคารด้วยการผสมผสานวัสดุที่หลากหลาย เป็นการออกแบบที่ท้าทาย เน้นความแปลกใหม่ จะเลือกวัสดุที่คล้ายกัน หรือแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิงเลยก็ได้ นักออกแบบส่วนใหญ่เข้าใจถึงอิทธิพลของเปลือกผนังอาคารในการสร้างความแตกต่างระหว่างอาคารและทางสถาปัตยกรรม จึงให้ความสำคัญในการออกแบบเปลือกอาคาร เท่ากับองค์ประกอบอื่น ๆ ทางด้านสถาปัตยกรรม ตั้งแต่ยุคโบราณจนถึงยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม การเปลี่ยนแปลงของวัสดุและเทคโนโลยีการก่อสร้าง เช่น การใช้เหล็กและกระจก ทำให้อาคารมีความโปร่งเบาและความสวยงามมากขึ้น ในยุคปัจจุบันการออกแบบผนังเปลือกอาคาร ได้วิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่องไม่เพียงแต่เน้นความงามและสุนทรียศาสตร์ แต่ยังมุ่งเน้นการใช้งานที่ยั่งยืน ประหยัดพลังงาน และตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งนวัตกรรมทางเทคโนโลยี ช่วยให้การออกแบบเปลือกอาคารสามารถปรับตัวตามสภาพอากาศและการใช้งานของอาคารได้ดีขึ้น [2,3] ทำให้เปลือกอาคารกลายเป็นส่วนสำคัญในการสร้างอาคารที่มีความสวยงาม ประหยัดพลังงาน และยั่งยืนต่อสิ่งแวดล้อม [4,5,6,7] ดังนั้นการออกแบบเปลือกผนังอาคารจึงมีบทบาทสำคัญ เนื่องจากนักออกแบบจำเป็นต้องพิจารณาตัวแปรหลายอย่าง เช่น การเป็นฉนวนความร้อน การใช้แสงธรรมชาติ การป้องกันแสงแดด การสะท้อนแสง เสียง และคุณภาพอากาศภายในอาคาร เพื่อออกแบบด้านอาคารสำหรับสภาพแวดล้อมภายในที่ยั่งยืน [1] เช่น การนำประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตพลังงานไฟฟ้าแบบยั่งยืนและยังคงประโยชน์ในการลดความร้อนภายในอาคาร จึงเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยนี้

2. วัตถุประสงค์

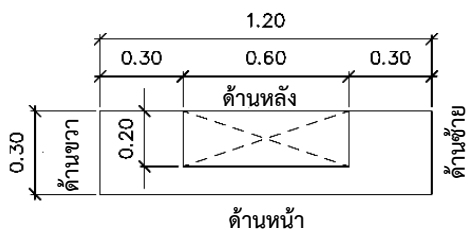
2.1 ศึกษาการออกแบบ สร้าง เพื่อพัฒนาของผนังเปลือกอาคาร (facade) เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมดูลอเนกประสงค์

2.2. ศึกษาประสิทธิภาพและประเมิณความเป็นไปได้ของผนังเปลือกอาคาร (facade) เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมดูลอเนกประสงค์

3. วิธีการดำเนินการศึกษา

3.1 วัสดุที่ใช้ในการสร้างผนังเปลือกอาคาร (facade) เซลล์แสงอาทิตย์แบบโมดูลอเนกประสงค์ ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้วัสดุแผ่นคอมโพสิตหนา 0.6 มิลลิเมตร ภายในกรุด้วยโฟมทั้ง 3 ด้าน มีความหนา ด้านละ 0.05 เมตร แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 0.52 x 1.2 เมตร ยี่ห้อ Full Solar, Solar Module Type สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 150 watt , Short Circuit Current 8.74 A, Open Circuit Voltage 22.7 V

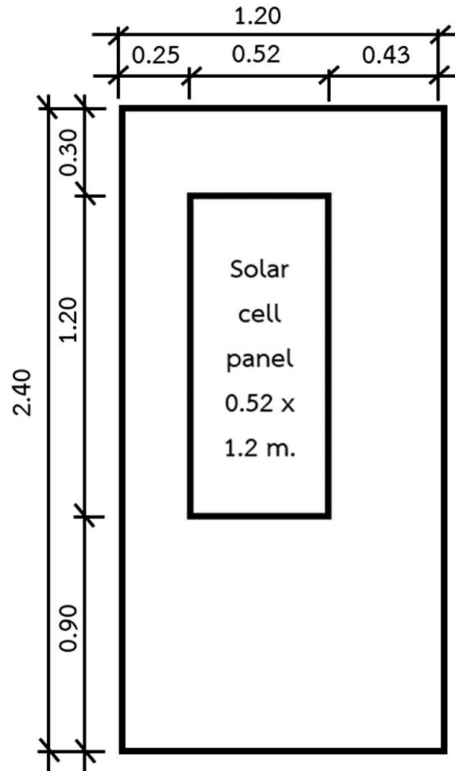
3.2 ผนังเปลือกอาคาร (facade) ศึกษา 2 รูปแบบ โดยแบบที่ 1 ได้ออกแบบผนังเปลือกอาคาร แบบไม่เจาะช่อง (Modular Solar Cell Facade, MSF) ขนาดกว้าง 1.2 เมตร ยาว 2.4 เมตร สูง 0.3 เมตร และแบบที่ 2 ผนังเปลือกอาคารแบบเจาะช่อง (Modular Vented Solar Cell Facade, MSF-V) ขนาดกว้าง 1.2 เมตร ยาว 2.4 เมตร สูง 0.3 เมตร มีขนาดของช่องเจาะ 0.04 x 0.24 เมตร จำนวน 11 ช่อง และอีกหนึ่งช่อง มีขนาดของช่องเจาะ 0.06 x 1.5 เมตร โดยรูปที่ 1 และ 2 แสดงผนังเปลือกอาคาร (facade) ที่ใช้ศึกษาการออกแบบและสร้างโมดูลทั้ง 2 แบบไม่เจาะช่อง (MSF) และแบบเจาะช่อง (MSF-V)



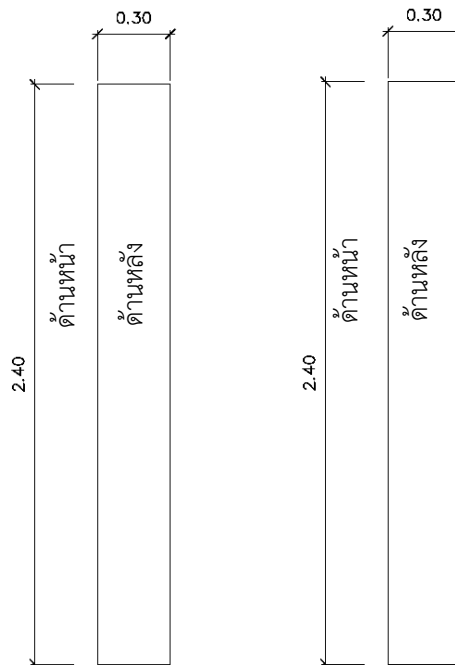
ก) ด้านบน



ข) ด้านล่าง



ค) ด้านหน้า



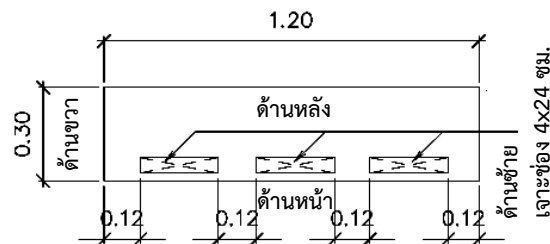
ง) ด้านซ้าย

จ) ด้านขวา

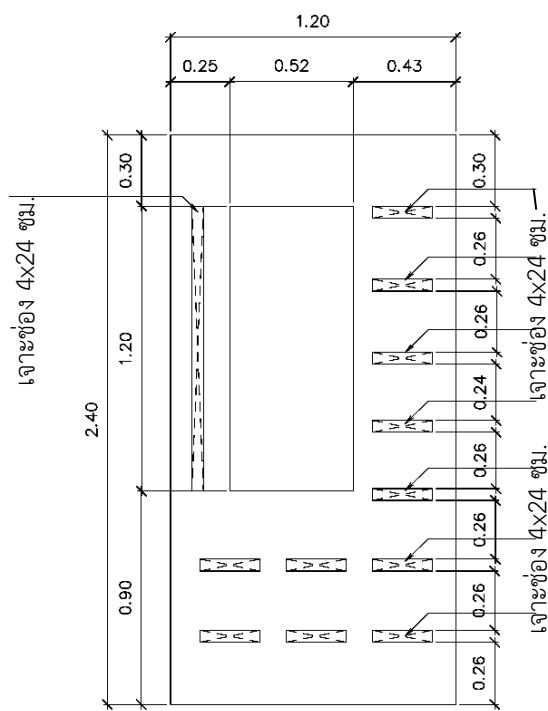
รูปที่ 1 ผนังเปลือกอาคาร (facade) แบบไม่เจาะช่อง (MSF) ที่ใช้ศึกษาการออกแบบและสร้างโมดูล



ก) ด้านบน



ข) ด้านล่าง



ค) ด้านหน้า

รูปที่ 2 ผนังเปลือกอาคาร (facade) แบบเจาะช่อง (MSF-V) ที่ใช้ศึกษาการออกแบบและสร้างโมดูล

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

- เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ
- เซนเซอร์วัดการไหลของความร้อน
- เครื่องวัดความเร็วลมแบบลวดร้อน

- เซนเซอร์วัดการแผ่รังสีอาทิตย์
- สายเทอร์โมคัปเปิลชนิดแคลมป์
- และเครื่องบันทึกข้อมูลแบบไร้กระดาด

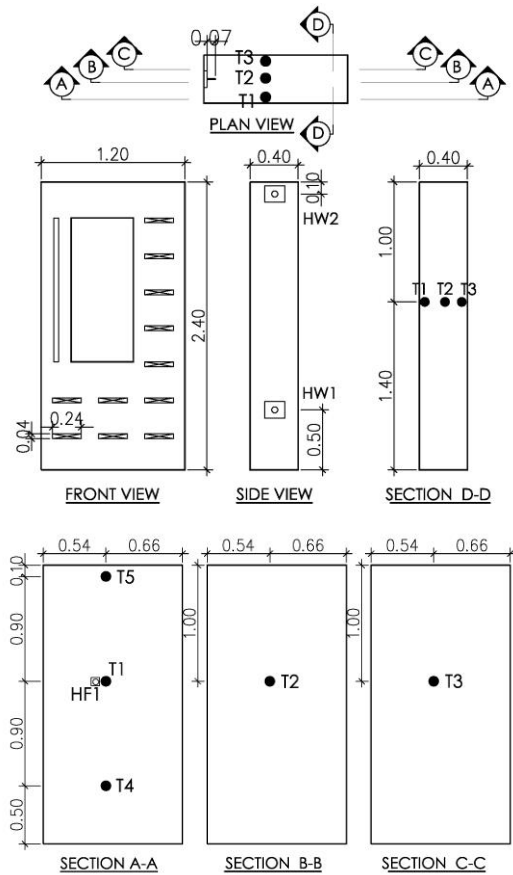
การติดตั้งตำแหน่งเครื่องมือวัดของ MSF-V โดยกำหนดตัวแปรของตำแหน่งวัดค่าของ MSF-V ดังนี้

- T₁ อุณหภูมิของ (facade) ที่ด้านหลังแผ่นโซลาร์เซลล์
- T₂ อุณหภูมิของ (facade) ที่ช่องอากาศ
- T₃ อุณหภูมิของ (facade) ที่ผนังโพน (แทนผนังอาคาร)
- T₄ อุณหภูมิของ (facade) ที่ผนังคอมโพสิต (ตำแหน่งด้านล่าง)
- T₅ อุณหภูมิของ (facade) ที่ผนังคอมโพสิต (ตำแหน่งด้านบน)
- HF₁ ความร้อนที่ด้านหลังแผ่นโซลาร์เซลล์
- HW₁ ความเร็วลมที่ตำแหน่งด้านล่าง
- HW₂ ความเร็วลมที่ตำแหน่งด้านบน

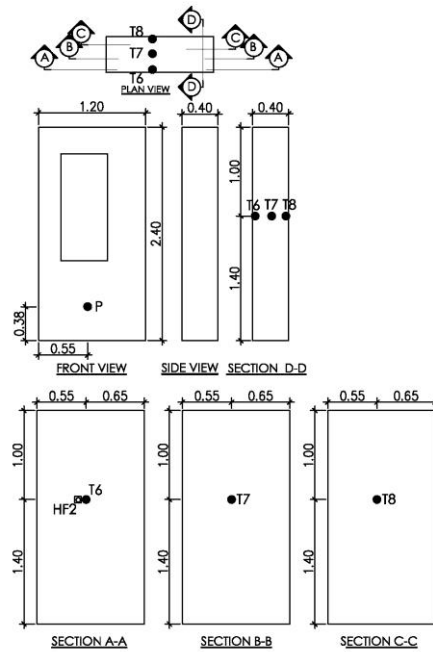
การติดตั้งเครื่องมือของ MSF โดยกำหนดตัวแปรของ ตำแหน่งวัดค่าของ MSF ดังนี้

- T₆ อุณหภูมิของ (facade) ที่ด้านหลังแผ่นโซลาร์เซลล์
- T₇ อุณหภูมิของ (facade) ที่ช่องอากาศ
- T₈ อุณหภูมิของ (facade) ที่ผนังโพน (แทนผนังอาคาร)
- HF₂ คือ วัดความร้อนที่ด้านหลังแผ่นโซลาร์เซลล์
- P รังสีอาทิตย์ที่ผนังคอมโพสิตภายนอกอาคาร
- TA อุณหภูมิภายนอกอาคาร ติดตั้งด้านนอกที่ด้านข้างของโมดูล
- HA ความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกอาคาร ติดตั้งด้านนอกที่ด้านข้างของโมดูล

โดยรูปที่ 3 และ 4 แสดงตำแหน่งในการติดตั้ง
เครื่องวัดของผนังเปลือกอาคาร (facade) แบบ
เจาะช่อง MSF-V และแบบไม่เจาะช่อง MSF



รูปที่ 3 ตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องวัดของผนังเปลือก
อาคาร (facade) แบบเจาะช่อง MSF-V



รูปที่ 4 ตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องวัด ของผนังเปลือก
อาคาร (facade) แบบไม่เจาะช่อง MSF

3.4 ติดตั้งผนังจำลองของ (facade) ทั้ง 2
รูปแบบ โดยติดตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของ
อาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยปทุมธานี ความสูงจากระดับพื้นดิน 4.0
เมตร พร้อมติดตั้งเครื่องมือวัด เพื่อเก็บข้อมูลการ
ทดสอบ



รูปที่ 5 การติดตั้งผนังเปลือกอาคาร (facade)
แบบไม่เจาะช่อง (MSF) และแบบเจาะช่อง (MSF-V)
ทิศตะวันตกเฉียงใต้ของอาคาร

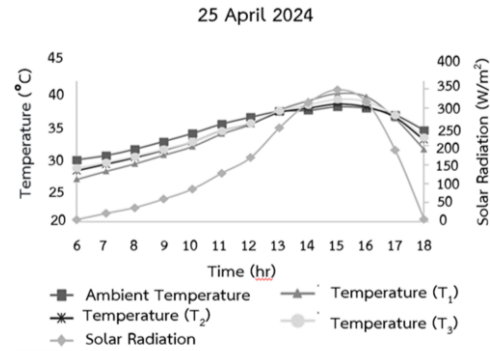
4. ผลการศึกษาการออกแบบและสร้างโมดูล

การวิจัยนี้ได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นระยะเวลา 4 เดือน ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2567 โดยในงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอผลการวิจัยภายใต้ 2 สภาวะ กรณีที่ 1 ทดสอบในวันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2567 ซึ่งเป็นวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส และกรณีที่ 2 ทดสอบในวันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2567 ซึ่งเป็นวันที่ท้องฟ้ามีเมฆมาก มีฝนตกบางช่วงเวลา เพื่อเปรียบเทียบผลของวันที่มีค่ารังสีอาทิตย์แตกต่างกัน โดยพิจารณาผลการศึกษา ดังรายละเอียดต่อไปนี้

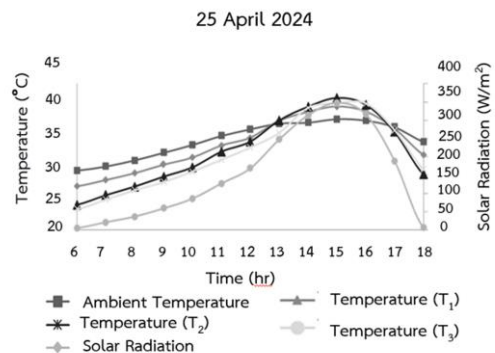
4.1 อุณหภูมิ

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ในช่วงเวลาที่รังสีอาทิตย์สูงสุด 14:00 ถึง 15:00 น. ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าในช่วงเวลาที่รังสีอาทิตย์สูงสุด โดยเฉพาะระหว่าง 14:00 ถึง 15:00 น. โดยกรณี MSF นั้น อุณหภูมิที่จุด T_7 ในโมดูลสูงกว่าที่จุด T_6 บ่งชี้ว่าการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการสะสมความร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิในบางส่วนของโมดูลสูงขึ้น ความร้อนที่สะสมที่จุด T_7 บ่งบอกถึงความไม่สมดุลของความร้อนอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการไหลของอากาศ ที่ไม่เพียงพอ ทำให้บางส่วนของโมดูล มีการเก็บกักความร้อนมากขึ้น ดังรูปที่ 5

ในทางตรงกันข้ามในกรณี MSF-V จะแสดงรูปแบบความร้อนที่แตกต่างกัน ในช่วงแรกเมื่ออุณหภูมิภายนอกต่ำ อุณหภูมิที่จุด T_1 จะต่ำกว่าที่จุด T_2 และตำแหน่ง T_3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าที่อุณหภูมิที่จุด T_1 มีการระบายความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม เมื่ออุณหภูมิภายนอกสูงขึ้นที่ตำแหน่ง T_1 กลายเป็นจุดที่ร้อนที่สุด จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการระบายอากาศภายใน หรือเจาะช่องที่ออกแบบอย่างดี เพื่อระบายความร้อนที่เพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิภายนอกสูงขึ้น ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับช่วงเวลา 15.00 น.ของวันที่ 25 เมษายน 2567 อุณหภูมิสูงสุดในผนังเปลือกอาคาร (facade) แบบ MSF-V



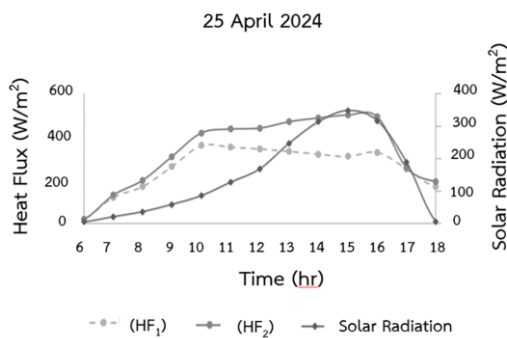
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับช่วงเวลา 15.00 น.ของวันที่ 25 เมษายน 2567 อุณหภูมิสูงสุดในผนังเปลือกอาคาร (facade) แบบ MSF

4.2 ความร้อน (Heat Flux)

HF_1 จุดวัดความร้อนที่ด้านหลังแผ่นโซลาร์เซลล์ของ MSF-V

HF_2 จุดวัดความร้อนที่ด้านหลังแผ่นโซลาร์เซลล์ของ MSF

ดังรูปที่ 8 จะเห็นได้ว่า MSF จะมีค่าความร้อนที่สูงกว่า MSF-V แสดงให้เห็นว่าการเจาะช่องระบายอากาศของโมดูล มีผลต่อค่าความร้อนของแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งค่าความร้อนของแผงโซลาร์เซลล์จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของโซลาร์เซลล์ เมื่อความร้อนของแผงโซลาร์เซลล์ยิ่งสูงมาก จะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าของโซลาร์เซลล์ลดลง

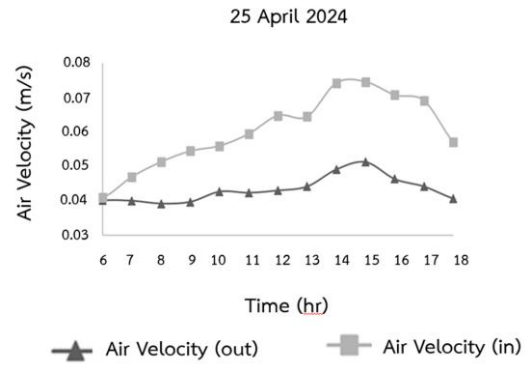


รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างฟลักซ์ความร้อนกับช่วงเวลาของวันที่ 25 เมษายน 2567 ช่วงเวลา 15.00 น. ความร้อนด้านหลังแผ่นโซลาร์เซลล์ของโมดูลอเนกประสงค์สูงสุด

4.3 ความเร็วของอากาศ

ความแปรผันของความเร็วอากาศขาเข้าแสดงให้เห็นว่าความเร็วของอากาศที่เข้ามาใน MSF-V มีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งวัน โดยมีความเร็วสูงสุด ที่บันทึกได้ระหว่างเวลา 14:00 น. ถึง 15:00 น. เป็นช่วงเวลาที่สูงสุดนี้ น่าจะตรงกับช่วงเวลาที่มิรงส์อาทิตย์สูงสุดทำให้ความร้อนที่เพิ่มขึ้น และการเคลื่อนไหวของอากาศภายในโมดูลสูงขึ้นเกิดเป็นไหลของอากาศแบบธรรมชาติเพื่อลดความร้อนของแผงโซลาร์เซลล์ และป้องกันการสะสมความร้อนภายในโมดูล การแลกเปลี่ยนอากาศอย่างต่อเนื่องนี้ช่วยควบคุมอุณหภูมิภายในอาคาร ทำให้โมดูลมีประสิทธิภาพด้านพลังงานมากขึ้น

นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่าการออกแบบผนังเปลือกอาคารแบบเจาะช่อง MSF-V เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศ ด้วยการใช้ประโยชน์จากรูปแบบการไหลของอากาศตามธรรมชาติ การออกแบบอาคาร สามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานและคุณภาพสิ่งแวดล้อมภายในอาคารได้อย่างมาก ดังรูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับช่วงเวลา



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมกับช่วงเวลาของวันที่ 25 เมษายน 2567 ช่วงเวลา 15.00 น. ความเร็วลมเข้า 0.05 เมตรต่อวินาที และความเร็วลมออก 0.07 เมตรต่อวินาที ช่วยระบายอากาศภายในโมดูลอเนกประสงค์

4.4 กระแสไฟฟ้า

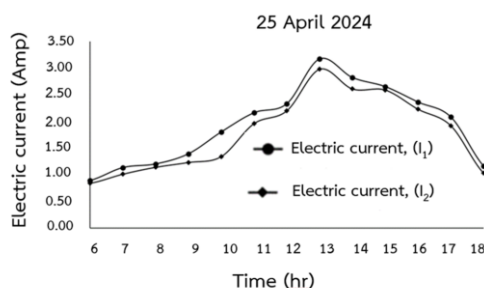
การวิเคราะห์การผลิตไฟฟ้าในผนังเปลือกอาคาร (facade) แบบ MSF-V และ MSF ประสิทธิภาพของโมดูลพลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้ามีความสัมพันธ์อย่างมากกับการออกแบบ โดยเฉพาะในเรื่องของการระบายอากาศผลการวิจัย แสดงให้เห็นว่าโมดูลแบบ MSF-V ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่า MSF ดังรูปที่ 10

ผลกระทบของการระบายอากาศต่ออุณหภูมิการระบายอากาศและการระบายความร้อนที่ดีขึ้น MSF-V ผลกระทบของการระบายอากาศต่ออุณหภูมิการระบายอากาศและการระบายความร้อนที่ดีขึ้น MSF-V ช่วยให้อากาศไหลเวียนได้ดีขึ้น ซึ่งนำไปสู่การระบายความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลของการระบายความร้อนนี้มีความสำคัญ เนื่องจากเมื่ออุณหภูมิของแผงโซลาร์เซลล์เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานอาทิตย์เป็นไฟฟ้ามักจะลดลง ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า MSF-V มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสูงกว่า เนื่องจากการกระจายความร้อนได้ดี

ทฤษฎีการจัดการความร้อน การจัดการความร้อนในระบบโฟโตโวลตาอิก ทฤษฎีการจัดการความร้อนในระบบโฟโตโวลตาอิกเสนอว่า การรักษาอุณหภูมิการทำงานที่ต่ำกว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของเซลล์

แสงอาทิตย์ได้ เมื่อแผงโซลาร์เซลล์เย็นลง พวกมันสามารถแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้าได้ในเปอร์เซ็นต์ที่สูงขึ้น ข้อสังเกตนี้สอดคล้องกับการพบว่า MSF-V ผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าเนื่องจากความสามารถในการรักษาอุณหภูมิที่ต่ำกว่า MSF

การพาความร้อนและการไหลของกระแสไฟฟ้า บทบาทของการพาความร้อน หลักการของการพาความร้อน มีบทบาทสำคัญในการวิเคราะห์นี้ เมื่ออากาศเคลื่อนที่ผ่านโมดูลที่เจาะช่องระบายอากาศ มันจะนำความร้อนส่วนเกินออกไป ส่งผลให้อุณหภูมิของเซลล์แสงอาทิตย์ลดลง กระบวนการนี้เพิ่มประสิทธิภาพของปฏิกิริยา Photovoltaic (PV) ทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ความเร็วของอากาศที่ออกจากโมดูลที่เจาะช่องระบายอากาศ สอดคล้องกับความเร็วของอากาศที่เข้ามา ซึ่งมีความสำคัญต่อการรักษาการระบายความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างผลิตกระแสไฟฟ้ากับช่วงเวลาของวันที่ 25 เมษายน 2567
แบบ MSF-V ผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากกว่า MSF

จากผลการทดลองเมื่อวันที่ 25 เมษายน 2567 ซึ่งเป็นวันที่มีอุณหภูมิสูงสุดของช่วงการทดลอง 120 วัน แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างโมดูลที่เจาะช่องระบายอากาศ T_1 กับโมดูลที่ไม่เจาะช่องระบายอากาศ T_6 โดยใช้ข้อมูลจากอุณหภูมิของอากาศ (ambient temperature) และการแผ่รังสีอาทิตย์ (solar radiation) สามารถสรุปและอภิปรายได้อย่างละเอียดดังนี้

5. อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการศึกษาอุณหภูมิระหว่าง MSF-V (T_1) กับ MSF (T_6) โดยใช้ข้อมูลจากอุณหภูมิของอากาศ (ambient temperature) และการแผ่รังสีอาทิตย์ (solar radiation) สามารถสรุปและอภิปรายได้อย่างละเอียด ดังนี้

การวิเคราะห์อุณหภูมิของอากาศ (ambient temperature) อุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารเริ่มต้นที่ประมาณ 18 องศาเซลเซียส ที่เวลา 8:00 น. จากนั้นค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดที่ประมาณ 37 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15:00 น. และคงตัวในระดับนี้ จนถึงเวลาประมาณ 18:00 น. ซึ่งแสดงถึงความร้อนในสภาพแวดล้อมที่มีการแผ่รังสีอาทิตย์เพิ่มขึ้น ในช่วงเวลานี้ อุณหภูมิอากาศมีความสัมพันธ์กับการแผ่รังสีอาทิตย์ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลโดยตรงต่อความร้อนภายในโมดูลทั้งสองแบบ รังสีอาทิตย์ (solar radiation) รังสีอาทิตย์เริ่มต้น ที่ประมาณ 50 วัตต์ต่อตารางเมตร ที่เวลา 8:00 น. จากนั้นค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงจุดสูงสุด ที่ประมาณ 160 วัตต์ต่อตารางเมตร ในช่วงเวลา 13:00 น. และคงที่ในระดับนี้ จนถึงประมาณ 15:00 น. หลังจากนั้นลดลงจนถึงระดับประมาณ 140 วัตต์ต่อตารางเมตร เวลา 18:00 น. รังสีอาทิตย์สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในโมดูลทั้งสองแบบ โดยโมดูลที่ไม่เจาะช่องมีการเพิ่มอุณหภูมิที่รวดเร็วกว่าตามรังสีอาทิตย์

การเปรียบเทียบระหว่างโมดูลที่เจาะช่องระบายอากาศ T_1 กับโมดูลที่ไม่เจาะช่องระบายอากาศ T_6 ซึ่งโมดูลที่เจาะช่องระบายอากาศ T_1 เริ่มต้นที่อุณหภูมิประมาณ 22 องศาเซลเซียส ที่เวลา 8:00 น. จากนั้นอุณหภูมิค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องที่จุดสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 36 องศาเซลเซียส ที่เวลา 15:00 น. หลังจากนั้นอุณหภูมิในโมดูลลดลงเล็กน้อยและคงที่ในระดับนี้ไปจนถึงสิ้นสุดการวัดในเวลา 18:00 น. ในโมดูลที่ไม่เจาะช่องระบายอากาศ T_6 เริ่มต้นที่อุณหภูมิใกล้เคียงกับ T_1 ที่ 22 องศาเซลเซียส แต่มีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิที่สูงกว่า T_1 เล็กน้อย อุณหภูมิสูงสุดของ T_6 อยู่ที่ประมาณ 37 องศาเซลเซียส เวลา 15:00 น. ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิของ T_1 ประมาณ 1 องศา

เซลเซียส หลังจากนั้นอุณหภูมิของ T_6 ค่อย ๆ ลดลง และคงที่ในระดับเดียวกับ T_1 ที่ประมาณ 36 องศาเซลเซียส ในเวลา 18:00 น.

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการระบายความร้อน MSF-V (T_1) แสดงอัตราการเพิ่มอุณหภูมิที่ช้ากว่า MSF ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการระบายความร้อนได้ดีกว่า ทำให้อุณหภูมิสูงสุดของ T_1 ต่ำกว่า T_6 อยู่ประมาณ 1 องศาเซลเซียส ใน MSF (T_6) มีการสะสมความร้อนมากกว่าเล็กน้อย ส่งผลให้มีอุณหภูมิภายในสูงกว่าช่วงบ่าย ซึ่งเป็นผลจากการที่อากาศภายในไม่สามารถถ่ายเทออกไปได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่ากับ MSF-V

โมดูลแบบ MSF และ MSF-V มีการสะสมความร้อนจากรังสีแสงของดวงอาทิตย์ใกล้เคียงกัน แต่ MSF-V (T_1) สามารถระบายความร้อนได้ดีกว่าทำให้อุณหภูมิสูงสุดในช่วงเวลาที่มิรังสีอาทิตย์สูงอยู่ที่ประมาณ 36 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่า MSF (T_6) ที่มีอุณหภูมิสูงสุดที่ 37 องศาเซลเซียส การระบายความร้อนในโมดูลที่เจาะช่องระบายอากาศแสดงให้เห็นถึงการถ่ายเทความร้อนภายในที่มีประสิทธิภาพมากกว่า ทำให้การสะสมความร้อนน้อยลง ส่งผลให้อุณหภูมิภายในไม่เพิ่มขึ้นเท่ากับ MSF โมดูลที่เจาะช่องระบายอากาศ (T_1) มีการระบายความร้อนได้ดีกว่า MSF-V (T_6) อย่างชัดเจน ส่งผลให้เซลล์แสงอาทิตย์ทำงานได้ในสภาวะที่มีอุณหภูมิภายในต่ำกว่า ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าสูงกว่าในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยครั้งนี้ที่พบว่า (facade) ที่ระบายความร้อนได้ดี หรือ มีอุณหภูมิต่ำสามารถผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้มากกว่า (facade) ในสภาพแวดล้อมที่ระบายอากาศได้น้อยหรือมีอุณหภูมิสูง [8] ดังนั้นการออกแบบโมดูลที่เจาะช่องอากาศ (MSF-V) จึงมีการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ดีกว่าการออกแบบโมดูลที่ไม่เจาะช่องอากาศ (MSF) [2] โดยการศึกษาวิจัยพบว่ายิ่งช่องอากาศมีความลึกมากใน ระบบเปลือกอาคารผสานเซลล์แสงอาทิตย์ จะเพิ่มการผลิตพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้เพิ่มขึ้น [8]

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์จากพลังงานที่ได้จากแผงโซลาร์เซลล์ใน MSF-V (I_1) กับ MSF (I_2)

และคำนวณการทดแทนค่าไฟฟ้าตามอัตราค่าไฟประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย แบบ MSF-V (I_1) วัดค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อวัน เท่ากับ 0.3017 กิโลวัตต์-ชั่วโมง คุณ 2.3488 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง เท่ากับ 0.708 บาท ซึ่งประมาณการค่าไฟฟ้าต่อเดือน จะได้ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือน เท่ากับ 0.708 บาทต่อวัน คุณ 30 วัน เท่ากับ 21.24 บาท

แบบ MSF (I_2) วัดค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อวัน เท่ากับ 0.27792 กิโลวัตต์-ชั่วโมง คุณ 2.3488 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง เท่ากับ 0.652 บาท ซึ่งประมาณการค่าไฟฟ้าต่อเดือน จะได้ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อเดือน เท่ากับ 0.652 บาทต่อวัน คุณ 30 วัน เท่ากับ 19.56 บาท

วิเคราะห์เชิงพาณิชย์ การใช้แผงโซลาร์เซลล์ในที่อยู่อาศัยเพื่อทดแทนพลังงานไฟฟ้าจากระบบสาธารณูปโภคสามารถลดค่าไฟฟ้าได้บ้าง แต่การประหยัดที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของแผงโซลาร์เซลล์ความสามารถในการผลิตพลังงานและการใช้พลังงานในที่อยู่อาศัยโดยรวม แม้ว่าค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้อาจดูเล็กน้อยสำหรับครัวเรือนหนึ่ง แต่ถ้ามีการใช้โซลาร์เซลล์ในหลายครัวเรือนหรือนำมาใช้ในธุรกิจขนาดใหญ่จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในระยะยาวได้แน่นอนเปลือกอาคารยุคใหม่ตอบโจทย์ความต้องการของสถาปนิกในยุคปัจจุบันคือสวยงามแข็งแรงทันสมัย ติดตั้งรวดเร็วกันไฟประหยัดพลังงานและรักษ์โลก

6. สรุปผลการศึกษา

ผลการเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่าง ผนังเปลือกอาคาร (facade) แบบเจาะช่องกับผนังเปลือกอาคาร (facade) แบบไม่เจาะช่อง เมื่อวันที่ 25 เมษายน 2567 ซึ่งโมดูลทั้งสองแบบได้รับความร้อนจากการแผ่รังสีอาทิตย์ในระดับที่ใกล้เคียงกันแต่ผนังเปลือกอาคาร (facade) แบบเจาะช่องสามารถลดการสะสมความร้อนภายในได้ดีกว่าส่งผลให้สามารถรักษาอุณหภูมิภายในให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าและเสถียรมากกว่า นั่นคือผนังเปลือกอาคาร (facade) แบบเจาะช่อง สามารถลดอุณหภูมิภายในได้อย่างมีประสิทธิภาพทำให้เซลล์แสงอาทิตย์ทำงานได้ในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าได้ดีกว่าผนังเปลือกอาคาร (facade) แบบไม่เจาะช่อง

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยปทุมธานีที่เอื้อเพื่อสถานที่ในการดำเนินการศึกษา ขอขอบคุณบริษัท ชันซีร์ จำกัด ที่สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ในการศึกษา และขอขอบคุณบริษัท โคฟลา(ประเทศไทย) จำกัด ที่สนับสนุนเครื่องมือในการทดสอบ

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] Aksamija A. Sustainable facades: Design methods for high-performance building envelopes : John Wiley & Sons; 2013.
- [2] Bezaatpour J, Gholizadeh T, Bezaatpour M, Ghaebi H. Energy performance and wind exposure of windward, lateral, and leeward high-rise photovoltaic facades. *Journal of Building Engineering*. 2024;110956.
- [3] Thateenaranon P, Amornkitbamrung M, Hirunlabh J, Khedari J, Waewsak J. Full-scale field investigation of a bio-climatic house under Thailand tropical climate. *Building and Environment*. 2017;126:54-67.
- [4] Ratanachotinun J, Kasayapanand N, Hirunlabh J, Visitsak S, Teekasap S, Khedari J. Technical and economical assessment of energy-saving roof and wall construction in Thailand. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*. 2016;39(1):1-11
- [5] Ananacha T, Puangsombut W, Hirunlabh J, Khedari J. Field investigation of the thermal performance of a Thai modern façade wall. *International. Journal of Ventilation*. 2013;12(3):223-34
- [6] Atmaja TD. Façade and rooftop PV installation strategy for building integrated photo voltaic application. *Energy Procedia*. 2013;32:105-14

[7] Yoon SD, Vuthy S, Choi HS. Design of solar modules for building façades at educational facilities in Korea. *Energies*. 2021;14(9):2441.

[8] Barone G, Vardopoulos I, Attia S, Vassiliades C. Optimizing energy-efficient building renovation: Integrating double-skin façades with solar systems in the Mediterranean landscape. *Energy Reports*. 2024;12:2933-45.