

# แนวทางการออกแบบอาคารเรียนต้นแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ตามนโยบายมหาวิทยาลัยสีเขียว

## Design Guidelines for Model Educational Building for Energy Conservation According to Green University

วุฒิกานต์ ประพรหม และ พันธุ์ระวี กองบุญเทียม

Wuttigarn Puraprom and Punravee Kongboontiam

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

Faculty of Architecture and Environment Design, Maejo University, Chiangmai 50290, Thailand

E-mail: wuttigarn.p@gmail.com

Received 23/1/2018

Accepted 3/10/2018

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันการพัฒนาศักยภาพของมหาวิทยาลัยเป็นไปอย่างต่อเนื่อง การผลักดันนโยบายสู่มหาวิทยาลัยสีเขียวทำให้ต้องลดการใช้พลังงานในอาคารลงและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานทดแทนให้มากขึ้น การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้เก็บข้อมูล (1) ปัจจัยที่ใช้เป็นพลังงานทดแทน ได้แก่ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ (2) ออกแบบวัสดุอาคารที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ (3) ปรับปรุงสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร เพื่อลดค่าความต่างของอุณหภูมิอากาศภายใน-ภายนอก และคำนวณหาค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารเรียน ตลอด 24 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า การผลิตพลังงานทดแทนจากรังสีดวงอาทิตย์สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้าและระบบแสงสว่างลง 100% การออกแบบวัสดุอาคารและการปรับปรุงสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบปรับอากาศลง 53% ส่งผลทำให้การใช้พลังงานรวมของอาคารลดลง 69% จะเห็นได้ว่า กระบวนการดังกล่าวสามารถเป็นแนวทางการออกแบบ-ปรับปรุง “อาคารเรียนต้นแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม” ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### คำสำคัญ

อาคารเรียน

การทำความเย็น

แนวทางการออกแบบ

### Abstract

There is a continuous development of green university. Policy makers are concentrating on reduction of energy usage, and the increase of efficiency in alternative energy. This study has calculated energy use of an education building by record the follow data over a 24-hour period: (1) solar radiation as source of alternative energy, (2) building materials design with low heat transfer coefficient, (3) design of outside environment to reduce air temperature difference between the inside and outside of a building. The study found solar energy can reduce 100 percent of energy used in lighting and electric. Design of building materials and the outside

environment can reduce 53 percent of energy used in air-condition, which resulted in a 69 percent decrease of the overall energy use. In conclusion, the process used in this study can be effectively applied to design and renovation guidelines for a “Model educational building for energy conservation and environment”.

**Keywords**

Educational Building

Cooling Load

Design Guidelines

## 1. หลักการและเหตุผล

ปัจจุบันการพัฒนาศักยภาพของมหาวิทยาลัยแม่โจ้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาทางด้านวิชาการ คุณภาพของบุคลากร คณาจารย์และนักศึกษาที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาทางด้านกายภาพโดยรวมของมหาวิทยาลัยที่ต้องรองรับพฤติกรรมและการใช้งานของบุคลากร ไม่ว่าจะเป็นอาคารสถานที่และสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ การเพิ่มขึ้นของปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานสูงและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ทำให้มหาวิทยาลัยต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อกระแสไฟฟ้าจากหน่วยงานภาครัฐโดยเฉลี่ยสูงขึ้นทุกปี อีกทั้งกำลังการผลิตไฟฟ้าของภาครัฐมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของคนในประเทศจึงทำให้ราคาพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยสูงขึ้นตามช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าในปริมาณมาก แนวทางการพัฒนาด้านกายภาพของมหาวิทยาลัยจึงกำหนดออกเป็น 2 ส่วน คือ (1) การลดใช้ไฟฟ้า และ (2) การค้นหาพลังงานทดแทน การศึกษาวิจัยด้านการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานจึงเป็นส่วนหนึ่งในแผนการพัฒนาด้านกายภาพของมหาวิทยาลัยที่มีการวางแผนคิดพึ่งพาตนเองโดยการแสวงหาพลังงานทางเลือกหรือพลังงานทดแทนจากศักยภาพของสภาพแวดล้อม พลังงานแสงอาทิตย์ (solar energy) ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดและเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบอาคาร ทั้งด้านการป้องกันรังสีความร้อนและใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์

การออกแบบอาคาร (building) และปรับปรุงสภาพแวดล้อม (environment) มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานในอาคารและสภาวะน่าสบายของมนุษย์ (Boonyatikarn, 1982) ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเรียนรู้-การสอนของอาจารย์และนักศึกษา โดยเฉพาะอิทธิพลความร้อนจากสภาพแวดล้อมในเขตร้อนชื้นที่มีระดับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงเกินเขตสบายของมนุษย์ (Olgay, 1992) ทำให้อาคารยุคปัจจุบันมีความจำเป็นต้องติดตั้งระบบปรับอากาศเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน ส่งผลให้มีอัตราการใช้พลังงานในอาคารสูงกว่าอาคารในยุคอดีต (Thai Green Building Institute [TGBI], 2012) จากผลการศึกษาพบว่า การใช้พลังงานทั้งหมดในอาคาร 100% มีอัตราส่วนการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศมากถึง 70% ระบบแสงสว่าง 20% และอุปกรณ์อื่นๆ 10% เพื่อควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในห้องปรับอากาศที่ 25 องศาเซลเซียสและมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 50% ความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียนและสภาพแวดล้อม

ภายนอกถือเป็นตัวแปรสำคัญต่อการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ สภาพแวดล้อมในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นที่ประกอบด้วยวัสดุแดดแข็งจำพวกผิวคอนกรีต/ปูนซีเมนต์จะส่งผลให้สภาพแวดล้อมมีปริมาณความร้อนเพิ่มสูงขึ้น (Iamtrakul, 2014, pp. 53-72) และองค์ประกอบรอบที่ตั้ง (site element) ที่มีค่าความจุความร้อน (heat capacity) ต่ำ จะส่งผลให้ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศระหว่างภายใน-ภายนอก ( $\Delta t$ ) สูง (Puraprom, 2016, pp. 23-34) ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญต่อการทำความเย็น (cooling load) ของระบบปรับอากาศภายในอาคาร นอกจากนี้ ประสิทธิภาพการป้องกันความร้อน-ความเย็นของวัสดุเปลือกอาคาร ได้แก่ วัสดุผนัง พื้น หลังคา ที่เชื่อมต่อและกันระหว่างพื้นที่ปรับอากาศภายในห้องกับพื้นที่ภายนอก ควรมีคุณสมบัติการต้านทานความร้อนของวัสดุ ( $r$ ) สูง หรือในทางกลับกันคุณสมบัติของวัสดุเปลือกอาคารต้องยอมให้มีการถ่ายเทความร้อน ( $U$ ) ต่ำ อาคารจึงจะมีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนและเก็บความเย็นได้สูงสุด ส่งผลต่อการลดใช้พลังงานในระบบปรับอากาศภายในอาคาร

การผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและการออกแบบอาคารเพื่อป้องกันอิทธิพลความร้อน ถือเป็นภารกิจในการออกแบบ-ปรับปรุงอาคารที่ต้องดำเนินควบคู่ไปพร้อมกัน เพื่อหาแหล่งพลังงานทดแทนและลดการใช้พลังงานลงอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมุ่งหวังออกแบบ-ปรับปรุงอาคารให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนและเก็บความเย็น เพื่อลดการใช้พลังงานในส่วนระบบปรับอากาศซึ่งคิดเป็น 70% ของพลังงานทั้งหมด และผลิตพลังงานทดแทนในส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าร่วมกับระบบแสงสว่างซึ่งคิดเป็น 30% ของพลังงานทั้งหมด ฉะนั้น ผลที่ได้จากการวิจัยจะทำให้อาคารเรียนมีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน อีกทั้งกระบวนการดังกล่าวจะสามารถเป็นแนวทางออกแบบ “อาคารเรียนต้นแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมภายในมหาวิทยาลัย” ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2. วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารเรียน
2. สร้างแนวทางออกแบบ-ปรับปรุงอาคารเรียน เพื่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารและสิ่งแวดล้อม
3. ค้นหาศักยภาพการผลิตพลังงานทดแทนจากสภาพแวดล้อม ให้เพียงพอต่อการใช้งานในอาคาร

### 3. วิธีการดำเนินการวิจัย

1. สำรวจสัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มตัวอย่างอาคารเรียน ได้แก่ (1) พลังงานจากเครื่องใช้ไฟฟ้า (2) พลังงานจากระบบแสงสว่าง และ (3) พลังงานจากระบบปรับอากาศ
2. ออกแบบ-ปรับปรุงวัสดุอาคารที่มีค่าการถ่ายเทความร้อนต่ำ (U) และปรุงแต่งสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร เพื่อลดอุณหภูมิอากาศจากแหล่งอิทธิพลความร้อน
3. เก็บข้อมูลปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปี เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการผลิตพลังงานทดแทน

### 4. ผลการวิจัย

#### 4.1 สัดส่วนการใช้พลังงานกลุ่มตัวอย่างอาคารเรียน

จากการสำรวจข้อมูลการใช้ปริมาณพลังงานในอาคารเรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 16 อาคารเรียนภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ช่วงปี พ.ศ. 2559 ซึ่งเมื่อเทียบการใช้พลังงานต่อหน่วยพื้นที่ พบว่า มีการใช้พลังงานที่แตกต่างกันและมีปริมาณการใช้พลังงานสูงสุดในช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนของประเทศไทย จากการที่ใช้พลังงานของอาคารเรียนกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นและเก็บข้อมูลอาคารเรียนที่ใช้เป็นกรณีศึกษา ได้แก่ อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และมีการคำนวณข้อมูลการใช้พลังงานภายในอาคารในช่วงเวลาที่มีการเรียน-การสอน โดยแบ่งการใช้พลังงานออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ (1) พลังงานจากเครื่องใช้ไฟฟ้า (2) พลังงานจากระบบแสงสว่าง และ (3) พลังงานจากระบบปรับอากาศ

จากการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในห้องเรียนกลุ่มตัวอย่าง (ช่วงเวลา 08:00-17:00 น.) พบว่า ระบบปรับอากาศมีการใช้พลังงานสูงสุด (84.7%) และมากกว่าพลังงานจากเครื่องใช้ไฟฟ้า (11.60%) รวมกับพลังงานจากระบบแสงสว่าง (3.68%) ถึง 3 เท่า ทั้งนี้ การสำรวจสภาพห้องเรียน พบว่า วัสดุเปลือกอาคารยังไม่มีประสิทธิภาพในการป้องกันอิทธิพลความร้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอกได้ อาทิ การใช้ประตูบานเกล็ดไม้ติดตายและหน้าต่างบานเปิดที่ใช้เกล็ดอลูมิเนียมระบายอากาศบริเวณช่องแสงด้านบน ทำให้เกิดการถ่ายเทปริมาณความร้อน-ความเย็นจากสภาพแวดล้อมภายนอก-ภายในผ่านช่องเปิดดังกล่าว ส่งผลต่อภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้ ถ้าสภาพแวดล้อมภายนอกมีอุณหภูมิอากาศใกล้เคียงสบายของมนุษย์ จะส่งผลทำให้

ภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศลดลง จากข้อมูล พบว่า ช่วงเดือนธันวาคม-มกราคม ซึ่งมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยอยู่ใกล้เคียงสบายของมนุษย์จะมีระดับการใช้พลังงานในอาคารต่ำสุดในรอบปี ส่วนพฤติกรรมการใช้งานของมนุษย์ (human behavior) เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้จะอยู่นอกเหนือการควบคุม ซึ่งผู้วิจัยจะคิดปริมาณความร้อนที่เกิดจากอิทธิพลอาคารและสภาพแวดล้อม ซึ่งไม่รวมปริมาณความร้อนจากร่างกายของมนุษย์

อาคารกรณีศึกษา สามารถแบ่งลักษณะห้องเรียนออกเป็น 4 ลักษณะ ได้แก่

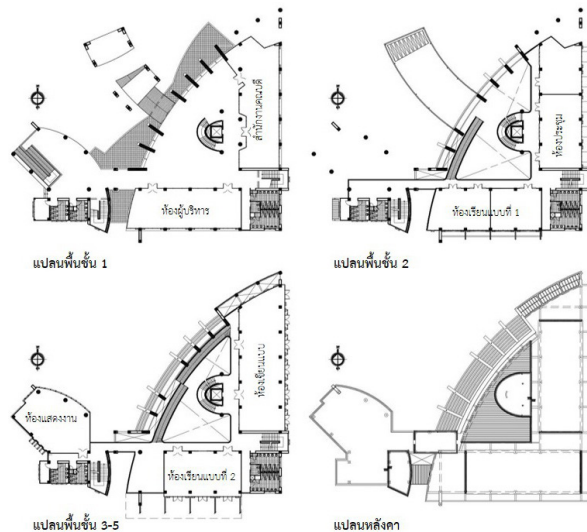
1. ห้องเรียนแบบที่ 1 (Lecture A)
2. ห้องเรียนแบบที่ 2 (Lecture B)
3. ห้องเขียนแบบ (Drawing)
4. ห้องแสดงงาน (Presentation)



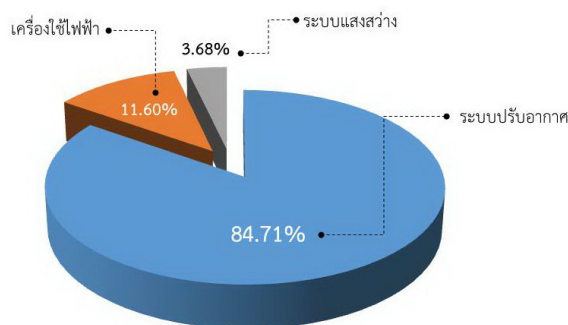
รูปที่ 1 แสดงลักษณะประตูบานเปิดที่มีลูกฟักเกล็ดไม้ติดตายและหน้าต่างวัสดุอลูมิเนียมระบายอากาศของห้องเรียนตัวอย่าง ที่ส่งผลถึงประสิทธิภาพของวัสดุเปลือกอาคาร (Ventilating wooden louver doors, and windows with aluminum frames and shutter panels of the model classroom that affects the efficacy of the building envelope.)



รูปที่ 2 แสดงเครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องปรับอากาศ และโคมไฟแสงสว่างของห้องเรียนตัวอย่าง (Electrical appliances, air-conditioning unit, and lighting in the model classroom.)



รูปที่ 3 แสดงแปลนอาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ใช้เป็นกรณีศึกษา (Education building plan of Faculty of Architecture and Environmental Design, Maejo University that is the case study.)



รูปที่ 4 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานจากเครื่องใช้ไฟฟ้า พลังงานจากระบบแสงสว่าง และพลังงานจากระบบปรับอากาศของอาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (Pie chart of energy consumption in Faculty of Architecture and Environmental design, Maejo University: electrical appliances (11.60%), lighting system (3.68%), air-conditioning system (84.71%).)

#### 4.2 การออกแบบวัสดุอาคาร

จากการวิเคราะห์วัสดุอาคารเดิม พบว่า ระบายด้านข้างเป็นวัสดุผนังก่ออิฐชั้นเดียวมีความหนาประมาณ 0.12–0.15 เมตร ซึ่งมีค่าการต้านทานความร้อนรวม (Total R) = 1.81 Btu/h ft<sup>2</sup> F (0.53 W/m<sup>2</sup>.K) ส่งผลทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (U) ระหว่างภายนอกสู่ภายใน = 0.55 Btu/h ft<sup>2</sup> F (3.12 W/m<sup>2</sup>.K) และผนังบางส่วนเป็นกระจกใส (clear glass) หนา 6 มิลลิเมตร มีค่าการต้านทานความร้อนรวม = 0.97 Btu/h ft<sup>2</sup> F (0.28 W/m<sup>2</sup>.K) ส่งผลทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ

ระหว่างภายนอกสู่ภายใน = 1.03 Btu/h ft<sup>2</sup> F (5.85 W/m<sup>2</sup>.K) ระบายพื้นเป็นวัสดุคอนกรีตเสริมเหล็กปิดผิวด้วยกระเบื้องแผ่นเรียบ มีค่าการต้านทานความร้อนรวม = 5.22 Btu/h ft<sup>2</sup> F (1.53 W/m<sup>2</sup>.K) ส่งผลทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุระหว่างภายนอกสู่ภายใน = 0.19 Btu/h ft<sup>2</sup> F (1.08 W/m<sup>2</sup>.K) ระบายเหนือคันทัน ไม่มีฝ้าเพดานเป็นวัสดุคอนกรีตเสริมเหล็กทาสี มีค่าการต้านทานความร้อนรวม = 5.17 Btu/h ft<sup>2</sup> F (1.51 W/m<sup>2</sup>.K) ส่งผลทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุระหว่างภายนอกสู่ภายใน = 0.19 Btu/h ft<sup>2</sup> F (1.08 W/m<sup>2</sup>.K) ส่วนช่องเปิดประตูและหน้าต่างคอสองใช้วัสดุไม้และอลูมิเนียมมีช่องเกิดระบายอากาศยาวตลอดแนว จึงทำให้เกิดการรั่วไหลของอากาศระหว่างพื้นที่ภายในและภายนอกได้ ซึ่งวัสดุทั้ง 6 ระบาย เป็นส่วนที่กั้นระหว่างพื้นที่ปรับอากาศภายในห้องเรียนกับพื้นที่ภายนอก

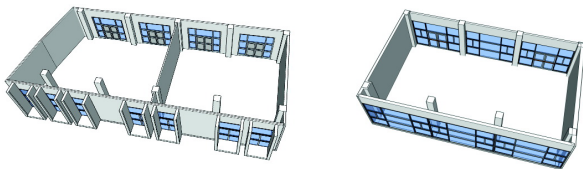
จากการวิเคราะห์ค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุที่กั้นระหว่างพื้นที่ปรับอากาศกับสภาพแวดล้อมภายนอกพบว่า ระบายด้านข้างจะมีการถ่ายเทความร้อนของวัสดุสูงสุด ได้แก่ วัสดุกระจก รองลงมาคือวัสดุผนังก่ออิฐฉาบปูน ส่วนระบายพื้นและระบายเพดานเป็นวัสดุคอนกรีตเสริมเหล็กมีค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุใกล้เคียงกัน การลดอิทธิพลความร้อนจากการถ่ายเทความร้อนโดยรอบห้องเรียน จึงต้องยับยั้งการถ่ายเทความร้อนของวัสดุที่มีอิทธิพลการถ่ายเทความร้อนสูงสุด คือ วัสดุผนัง ได้แก่ ผนังกระจกและผนังก่ออิฐฉาบปูน

การลดปริมาณการถ่ายเทความร้อนของวัสดุกระจกสามารถทำได้โดย เปลี่ยนชนิดกระจก จากกระจกใสเป็นกระจกที่มีการแผ่รังสีความร้อนต่ำ (Low-emissivity) หรือกระจก 2 ชั้น บรรจุก๊าซเฉื่อยบริเวณช่องอากาศกลางระหว่างแผ่น จะสามารถลดค่าการถ่ายเทความร้อนจากผิวกระจกได้มาก ซึ่งกระจกดังกล่าวเป็นกระจกที่มีประสิทธิภาพและราคาที่สูง การลดอิทธิพลความร้อนจากกระจกจึงต้องลดตัวแปรพื้นที่ผิวกระจก โดยเฉพาะพื้นที่ผิวกระจกที่ได้รับการตกกระทบของแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งกระจกที่ได้รับการตกกระทบของแสงจากดวงอาทิตย์จะมีอุณหภูมิผิวกระจกมากถึง 50°C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ ทำให้ปริมาณความร้อนจากผิวกระจกถ่ายเทสู่สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าทั้งภายในและภายนอก ซึ่งการถ่ายเทปริมาณความร้อนสู่พื้นที่ปรับอากาศภายในห้องเรียนจะเกิดขึ้นมากกว่าสภาพแวดล้อมภายนอก เนื่องจากภายในห้องเรียนมีระดับอุณหภูมิอากาศต่ำกว่าสภาพแวดล้อมภายนอก ปริมาณ

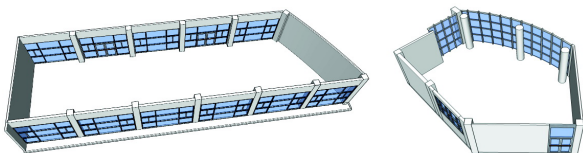


ความร้อนที่เข้ามาจะส่งผลต่อภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ 25°C มีความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิผิวกระจกมากถึง 25°C จากอิทธิพลดังกล่าวผู้วิจัยได้คำนวณระดับความสูงของการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์จากผิวกระจกด้านทิศใต้ของห้องเรียนในเวลา 12:00 น. ช่วงเดือนพฤษภาคม เพื่อลดพื้นที่การตกกระทบของแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์กับผิวกระจกพบว่า ระยะยื่นของกันสาดบริเวณทิศใต้สามารถบดบังเงาให้กับพื้นที่ผิวกระจกส่วนบน คงเหลือพื้นที่ผิวกระจกส่วนล่างสูงจากระดับพื้นห้องเรียน 0.80 เมตร ซึ่งได้รับการตกกระทบของแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ การปรับปรุงอาคารโดยการติดตั้งวัสดุทึบแสงภายนอกอาคารเพื่อบดบังเงาแก่พื้นที่ผิวกระจกดังกล่าว จะสามารถลดอิทธิพลการแผ่รังสีความร้อนจากผิวกระจกส่วนนี้ได้

การลดค่าการถ่ายเทความร้อนของผนังก่ออิฐฉาบปูนสามารถทำได้โดยติดฉนวนกันความร้อนบริเวณด้านนอกผนังและกรุผิวผนังภายในด้วยแผ่นยิปซัมบอร์ด จะทำให้ค่าการต้านทานความร้อนรวม (Total R) เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (U) ลดลงได้



รูปที่ 5 แสดงผังพื้นห้องเรียนแบบที่ 1 (Lecture A) และแบบที่ 2 (Lecture B) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (Plan of classroom type1 (Lecture A), and type 2 (Lecture B) of Faculty of Architecture and Environmental design, Maejo University.)



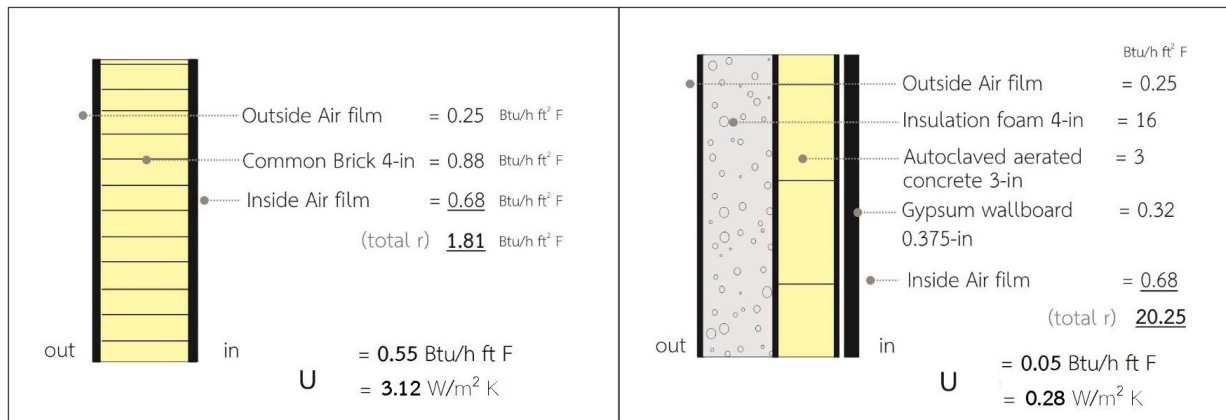
รูปที่ 6 แสดงผังพื้นห้องเขียนแบบ (drawing) และห้องแสดงงาน (presentation) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (Plan of Drawing room and presentation room of Faculty of Architecture and Environmental design, Maejo University.)

วัสดุพื้นและเพดานคอนกรีตในชั้นที่สัมผัสกับอากาศภายนอก ผู้วิจัยมีการลดค่าการถ่ายเทความร้อน โดยปูพื้นผิวด้วยวัสดุพรมหรือแผ่นยางรองพื้นที่มีคุณสมบัติความเป็นฉนวน ส่งผลให้ค่าตัวแปรการถ่ายเทความร้อนของวัสดุลดลง และการพ่นฉนวนโฟมบริเวณฝ้าเพดานและกรุด้วยแผ่นยิปซัมบอร์ด จะทำให้ค่าการต้านทานความร้อนรวมในส่วนวัสดุเพดานเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลทำให้ค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุลดลง อีกทั้งการกรุฝ้าเพดานต่ำลงจากระดับเพดานเดิม 0.30 เมตร จะทำให้สัดส่วนพื้นที่ผิวผนังด้านข้างที่สัมผัสกับสภาพแวดล้อมภายนอก (A) ลดลง การลดพื้นที่ผิวเปลือกอาคารหรือพื้นที่ผิวที่กั้นระหว่างพื้นที่ปรับอากาศกับสภาพแวดล้อมทั่วไปจะสามารถลดช่องทางการเชื่อมต่อของปริมาณความร้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอกได้ (ดังรูปที่ 7-10)

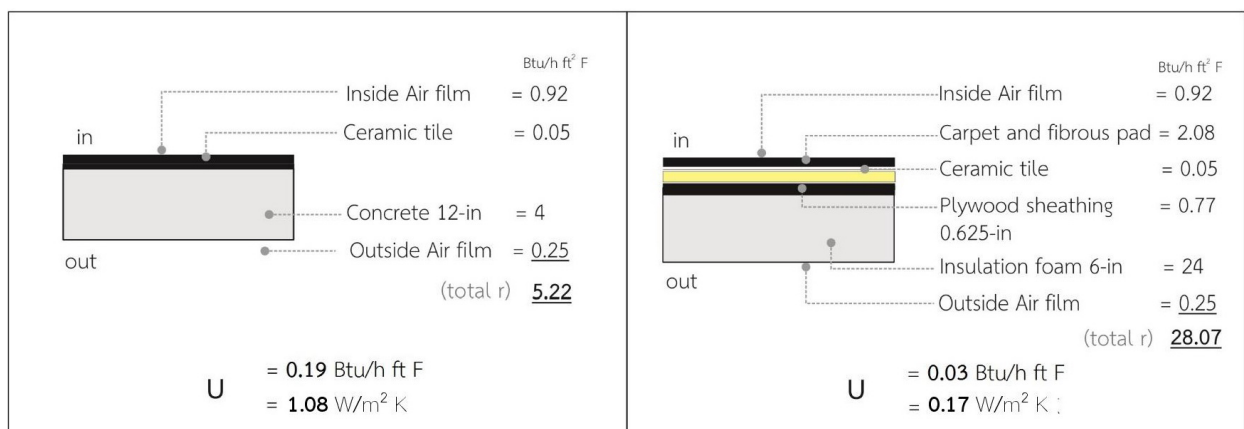
#### 4.3 การปรุงแต่งสภาพแวดล้อม

ในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น ซึ่งมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงกว่าสภาวะน่าสบายของมนุษย์ (human comfort) ตลอดทั้งวัน การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมเพื่อลดอุณหภูมิอากาศ จึงเป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ จากการเก็บข้อมูลในช่วงระยะเวลาการทำวิจัย พบว่า สภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารเรียนตัวอย่างที่ใช้เป็นกรณีศึกษามีอุณหภูมิอากาศในช่วงเวลากลางวัน (12:00 น.) ที่ 35°C ซึ่งมากกว่าสภาวะน่าสบายของมนุษย์ถึง 10°C การลดความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศระหว่างภายใน-ภายนอก จะสามารถช่วยลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลงได้

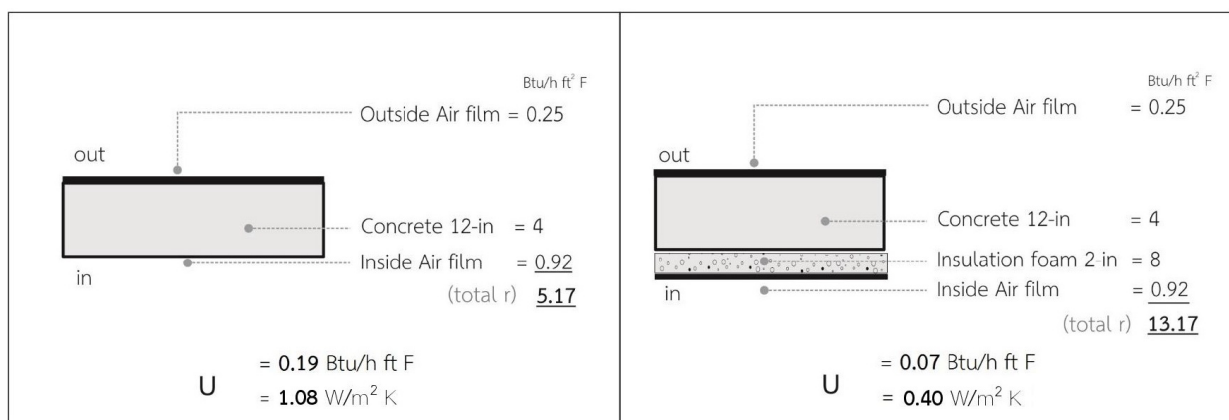
จากการศึกษาแหล่งกำเนิดความร้อนจากสภาพแวดล้อม พบว่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมขนาดเล็กเกิดจากอิทธิพลการถ่ายเทความร้อนของวัสดุองค์ประกอบรอบที่ตั้ง (site element) (Kongboontiam & Puraprom, 2015, pp. 321-334) ซึ่งสามารถวัดได้จากค่าอุณหภูมิผิววัสดุแต่ละชนิด (Srivanit & Auttarat, 2015, pp. 53-72) องค์ประกอบรอบที่ตั้งโดยรอบอาคารเรียนตัวอย่างที่มีปริมาณความร้อนสูงสุดในช่วงเวลากลางวัน คือ พื้นผิวถนนคอนกรีตบริเวณด้านทิศใต้ของอาคารเรียน ซึ่งได้รับการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์เกือบตลอดทั้งวัน มีค่าอุณหภูมิผิวสูงถึง 48°C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป 13°C วัสดุที่มีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศ จะมีการถ่ายเทความร้อนสู่สภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมบริเวณนั้นเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เกิดจากตัวแปร



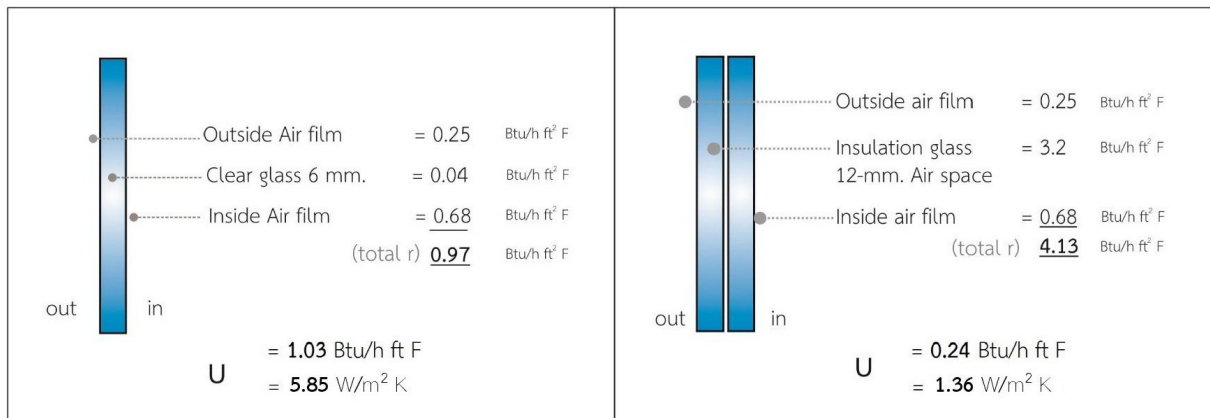
รูปที่ 7 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (r) และค่าการถ่ายเทความร้อน (U) ของวัสดุผนังห้องเรียนเดิม (ภาพซ้าย) และผนังห้องเรียนที่ได้รับการปรับปรุง (ภาพขวา) (Heat resistance (r) and heat transfer coefficient (U) of original classroom wall (left), and model classroom wall (right).)



รูปที่ 8 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (r) และค่าการถ่ายเทความร้อน (U) ของวัสดุพื้นห้องเรียนเดิม (ภาพซ้าย) และพื้นห้องเรียนที่ได้รับการปรับปรุง (ภาพขวา) (Heat resistance (r) and heat transfer coefficient (U) of original classroom floor (left), and model classroom floor (right).)



รูปที่ 9 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (r) และค่าการถ่ายเทความร้อน (U) ของวัสดุเพดานห้องเรียนเดิม (ภาพซ้าย) และเพดานห้องเรียนที่ได้รับการปรับปรุง (ภาพขวา) (Heat resistance (r) and heat transfer coefficient (U) of original classroom ceiling (left), and model classroom ceiling (right).)



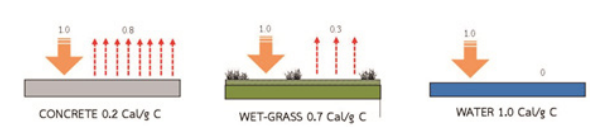
รูปที่ 10 แสดงค่าการต้านทานความร้อน (r) และค่าการถ่ายเทความร้อน (U) ของวัสดุกระจกห้องเรียนเดิม (ภาพซ้าย) และกระจกห้องเรียนที่ได้รับการปรับปรุง (ภาพขวา) (Heat resistance (r) and heat transfer coefficient (U) of original classroom window (left), and model classroom window (right).)

ความจุความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด (Puraprom, 2016, pp. 23-34) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าความจุความร้อนของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ พื้นคอนกรีต (concrete) พื้นหญ้า (wet-grass) และพื้นน้ำ (water) พบว่า พื้นคอนกรีตมีค่าความจุความร้อนของวัสดุต่ำกว่าพื้นหญ้าและพื้นผิวน้ำ เมื่อรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบผิววัสดุทั้ง 3 ชนิดในปริมาณเท่าๆ กัน จะส่งผลทำให้พื้นคอนกรีตมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าพื้นหญ้าและพื้นผิวน้ำ จากรูปที่ 11 แสดงให้เห็นถึงปริมาณความร้อน 1 หน่วย ที่ตกกระทบสิ่งปกคลุมพื้นผิวทั้ง 3 ชนิดโดยรอบอาคารเรียน พื้นผิวน้ำ ซึ่งมีค่าความจุความร้อนของวัสดุเท่ากับ 1 จะไม่มีการถ่ายเทความร้อนกลับสู่สภาพแวดล้อม ส่วนพื้นหญ้าชุ่มน้ำ และพื้นผิวคอนกรีต ซึ่งมีค่าความจุความร้อน 0.7 และ 0.2 จะมีค่าการถ่ายเทความร้อนสู่สภาพแวดล้อม 0.3 และ 0.8 ตามลำดับ

การใช้อิทธิพลร่มเงาของต้นไม้ (shade) ปกคลุมพื้นผิววัสดุที่มีค่าความจุความร้อนของวัสดุต่ำ จะสามารถลดการสะสมปริมาณความร้อนจากการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ได้ ผู้วิจัยมีการเก็บข้อมูลอุณหภูมิอากาศบริเวณถนนคอนกรีตได้ร่มเงาต้นไม้ใหญ่เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศทั่วไปในช่วงเวลาเดียวกันพบว่า ในช่วงเวลากลางวัน อุณหภูมิผิวคอนกรีตได้รับเงาต้นไม้ใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศเหนือพื้นผิวคอนกรีตได้รับเงาต้นไม้ใหญ่เปลี่ยนแปลงต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไปเช่นกัน ทั้งนี้เกิดจากอิทธิพลการถ่ายเทความร้อนของสิ่งปกคลุมพื้นผิวคอนกรีต และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่เพิ่มสูงขึ้นจากอิทธิพลการคายน้ำของต้นไม้

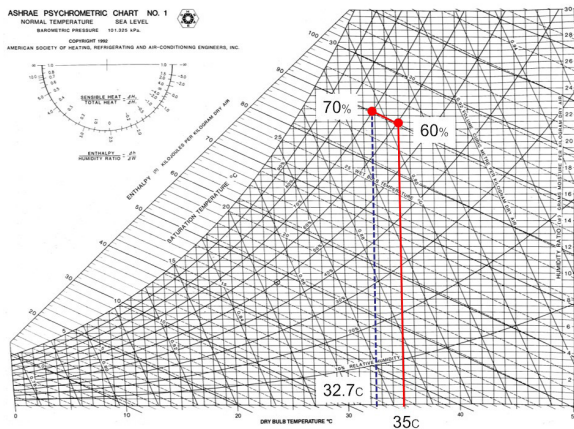
การเพิ่มปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ (relative humidity) เป็นอีกปัจจัยที่สามารถลดอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมภายนอกได้ การขยายขนาดของแหล่งน้ำที่รองรับการไหลของน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อใช้ในการเกษตรกรรมของมหาวิทยาลัยฯ ซึ่งอยู่แนวเดียวกับถนนคอนกรีตบริเวณทิศใต้ให้มีความกว้างเพิ่มขึ้น 3 เมตร จะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวน้ำในการรองรับการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ได้ ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศจากการเปลี่ยนสถานะของน้ำเป็นไอระเหย

จากแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของสภาวะอากาศ (psychrometric chart) ในสภาวะอากาศที่ 35°C การเพิ่มปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 10% จะส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศลดลง 2.3°C (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE], 2007) และการเพิ่มพื้นที่ผิวน้ำแทนพื้นที่ผิวคอนกรีตหรือดินแห้งซึ่งมีค่าความจุความร้อนต่ำกว่าพื้นผิวน้ำ จะสามารถลดอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลการถ่ายเทความร้อนจากสิ่งปกคลุมพื้นผิวได้ (Puraprom, 2016, pp. 23-34)

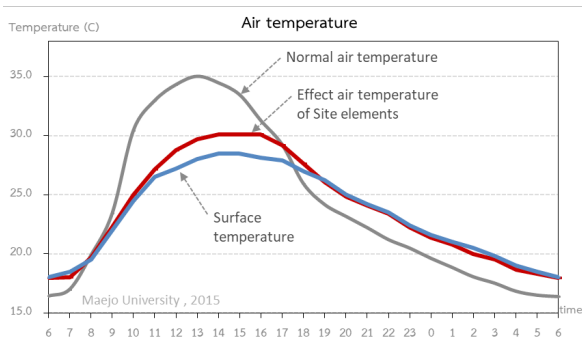


รูปที่ 11 แสดงอิทธิพลของสิ่งปกคลุมพื้นผิว (ground cover) ที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนสู่สภาพแวดล้อม (Effect of ground cover on heat transfer to site surroundings.)





รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ของระดับอุณหภูมิอากาศที่ลดลง 2.3°C จากอิทธิพลการเพิ่มขึ้นของปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 10% บน Psychrometric chart (Psychrometric chart: air temperature decrease by 2.3°C as an effect of a 10% increase in relative humidity.)



รูปที่ 13 แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวและอุณหภูมิอากาศจากสภาพแวดล้อมที่ได้รับการปรับปรุง เปรียบเทียบกับอุณหภูมิอากาศทั่วไป (Surface temperature and air temperature change with site elements compared with normal air temperature.)

## 5. ประเมินประสิทธิภาพอาคาร

การออกแบบ-ปรับปรุงวัสดุอาคารที่มีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนต่ำ (U) การลดพื้นที่ผิวเปลือกอาคาร (A) และการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมเพื่อลดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศระหว่างภายใน-ภายนอก ( $\Delta t$ ) ส่งผลทำให้ภาระการทำความเย็นในระบบปรับอากาศลดลง

สามารถคำนวณได้จากสูตร  $q = \Sigma(U \cdot A) \Delta t$

การใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศ เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานในอาคารเรียน จากผลการวิจัยพลังงานดังกล่าวมีสัดส่วนการใช้พลังงานมากถึง 85% ของ

พลังงานทั้งหมด ผู้วิจัยมีกรอบความคิดที่จะลดการใช้พลังงานในส่วนนี้จากอิทธิพล (1) การออกแบบ-ปรับปรุงวัสดุอาคาร (2) พื้นที่ผิวเปลือกอาคาร และ (3) การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร ส่วนการใช้พลังงานจากระบบแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้าประกอบด้วย โคมไฟ LED พัดลมเพดาน เครื่องฉายพร้อมจอรับภาพ โปรเจคเตอร์ ชุดเครื่องเสียงสำหรับบรรยาย ซึ่งมีสัดส่วน 15% ของพลังงานทั้งหมดจะทดแทนด้วยพลังงานที่ผลิตได้จากแสงอาทิตย์ (solar energy) หรือแผงโซลาร์เซลล์

### 5.1 ภาระการทำความเย็น (Cooling Load)

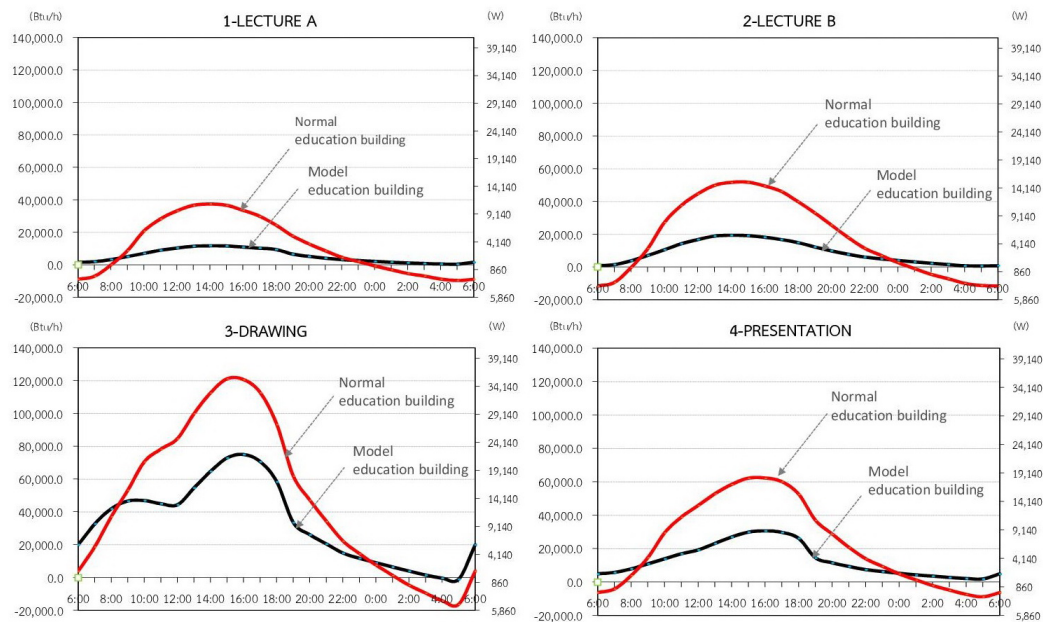
การคิดคำนวณพลังงานในระบบปรับอากาศ สามารถคำนวณได้จากการนำปริมาณความร้อนของสภาพแวดล้อมภายนอกที่ถ่ายเทสู่ภายในห้องเรียนมาคิดเป็นภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ โดยปริมาณความร้อนดังกล่าวจะพิจารณาจากการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุทั้ง 6 ระบาย ได้แก่ ระบายด้านข้าง 4 ระบายระนาบพื้น และระบายเพดาน ผ่านวัสดุเปลือกอาคารที่กั้นระหว่างพื้นที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ ซึ่งตัวแปรที่นำมาใช้ในการคำนวณภาระการทำความเย็น ได้แก่ ค่าการถ่ายเทความร้อนของวัสดุ (U) พื้นที่ผิวเปลือกอาคาร (A) และค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศระหว่างภายใน-ภายนอก ( $\Delta t$ ) ผู้วิจัยจะใช้ค่าความแตกต่างจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ (Cooling Load Temperature Difference หรือ CLTD) มาคิด ซึ่งจะสัมพันธ์กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา (Stein & Reynolds, 2000)

สามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

$$q = U \times A \times \text{CLTD}$$

$$\text{CLTD}_{\text{corr}} = [(\text{CLTD} + \text{LM}) \times K + (78 - T_R) + (T_o - 85)] \times f$$

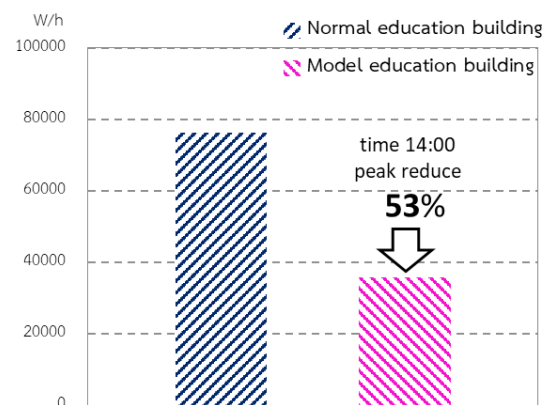
โดยค่าความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศระหว่างภายใน-ภายนอก (CLTD) ผู้วิจัยได้แทนค่าตัวแปรละติจูด (LM) และสีผิวของวัสดุ (K) มาคำนวณด้วย เนื่องจากสภาพอากาศในแต่ละช่วงเวลาไม่คงที่ ส่งผลต่อการใช้พลังงานระบบปรับอากาศในแต่ละช่วงเวลาไม่เท่ากันจากอิทธิพลและตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่กระทำกับพื้นผิวโลกในภูมิอากาศเขตร้อนชื้น ทั้งนี้เพื่อมุ่งหวังให้การจำลองการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศของอาคารเรียนตัวอย่างมีผลออกมาใกล้เคียงสภาวะอากาศจริงมากที่สุด



รูปที่ 14 แสดงภาระการทำความเย็นของอาคารเรียนต้นแบบฯ เปรียบเทียบกับอาคารเรียนทั่วไป  
(Cooling load of model education building compared with original education building.)

- ห้องเรียนแบบที่ 1 (lecture A) ซึ่งเป็นห้องเรียนที่มีขนาดเล็กสุด สามารถลดการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศลงได้ 68% หรือคิดเป็น 25,750 Btu/h (7,547 Watt) จากช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานสูงสุด
- ห้องเรียนแบบที่ 2 (lecture B) ซึ่งเป็นห้องเรียนที่มีขนาดกลาง สามารถลดการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศลงได้ 63% หรือคิดเป็น 32,693 Btu/h (9,581 Watt) จากช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานสูงสุด
- ห้องเขียนแบบ (drawing) ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการขนาดใหญ่ สามารถลดการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศลงได้ 40% หรือคิดเป็น 48,238 Btu/h (14,137 Watt) จากช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานสูงสุด
- ห้องแสดงงาน (presentation) ซึ่งเป็นห้องนำเสนอผลงาน สามารถลดการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศลงได้ 50% หรือคิดเป็น 31,644 Btu/h (9,274 Watt) จากช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานสูงสุด

จะเห็นได้ว่าการออกแบบวัสดุอาคารที่มีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของวัสดุต่ำ การติดตั้งฝ้าเพดานที่ส่งผลให้พื้นที่ผิวเปลือกอาคารลดลง และการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมเพื่อลดอุณหภูมิอากาศภายนอก ส่งผลทำให้การใช้พลังงานในส่วนระบบปรับอากาศของห้องเรียนทั้ง 4 รูปแบบลดต่ำลง เมื่อนำมาคิดสัดส่วนการใช้พลังงานต่อหน่วยพื้นที่ จะสามารถลดการใช้พลังงานลงเฉลี่ย 53% ซึ่งพลังงานในระบบปรับอากาศมีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงสุดในอาคารเรียนคิดเป็นสัดส่วน 85% ของพลังงานทั้งหมด จะสามารถทำให้การใช้พลังงานรวมของอาคารลดลงมากกว่า 69%



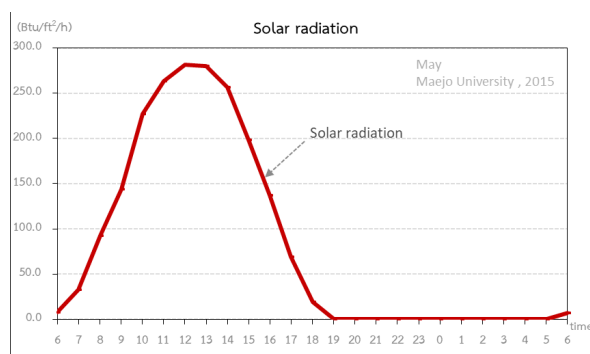
รูปที่ 15 แสดงสัดส่วนการลดใช้พลังงานระบบปรับอากาศของอาคารเรียนต้นแบบฯ เปรียบเทียบกับอาคารเรียนทั่วไป  
(Percentage of energy reduction in the air-conditioning system of model education building compared with original education building.)

## 5.2 ประสิทธิภาพพลังงานทดแทน (Renewable Energy)

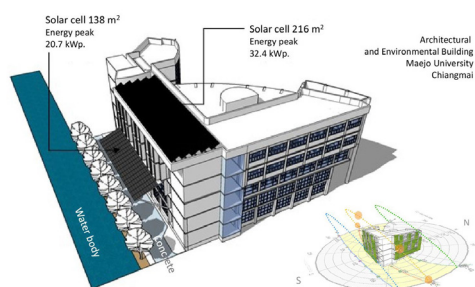
การคำนวณค่าพลังงานจากเครื่องใช้ไฟฟ้าและระบบแสงสว่างในส่วนห้องเรียน ได้แก่ (1)พัดลมเพดาน 16 นิ้ว 52 Watt (2) ลำโพง 30 Watt (3)เครื่องขยายเสียง 300 Watt (4)โปรเจคเตอร์ 230 Watt และ (5) ฟลูออเรสเซนต์ LED T8 20 Watt มีการใช้พลังงานรวมสูงสุด 34 kWp. สามารถนำมาคิดเป็นพลังงานทดแทนที่ผลิตได้จากพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ โดยคำนวณจากพื้นที่การวางแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 1.47\*0.68 เมตร ซึ่งสามารถผลิตพลังงานได้ 300 Watt (Solartech, 2013) ส่งผลทำให้ต้องใช้แผ่นโซลาร์เซลล์ จำนวน 114 แผ่น วางลาดเอียงไป

ทางทิศใต้ตามละติจูดที่ตั้งที่ 18 องศา ซึ่งการจัดทำ Solar PV Rooftop จะต้องใช้พื้นที่รองรับการวางโครงสร้างแผ่นโซลาร์เซลล์แผงละ 2 m<sup>2</sup> รวมพื้นที่ทั้งหมด 228 m<sup>2</sup> ซึ่งขนาดหลังคาทั้งแดดและหลังคาคอนกรีตชั้นบนขนาดฝ้าอาคารเรียนมีขนาดพื้นที่เพียงพอต่อการวางโครงสร้างดังกล่าว และมีพื้นที่รองรับการผลิตพลังงานทดแทนจากแผงโซลาร์เซลล์ได้สูงสุด 53.1 kWp.

$$\begin{aligned}\text{จำนวนแผง Solar cell} &= 114 * 2 \\ &= 228 \text{ m}^2\end{aligned}$$



รูปที่ 16 แสดงข้อมูลปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยช่วงเดือนพฤษภาคม ภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้ (Average solar radiation during the month of May in Maejo University.)



รูปที่ 17 แสดงทัศนียภาพพื้นที่แผง Solar cell ตำแหน่งหลังคาทั้งแดดชั้น 3 และตำแหน่งพื้นที่ชั้นบนขนาดฝ้า อาคารเรียนต้นแบบ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (Perspective of solar cell area on the third floor awning and rooftop of the model education building in Maejo University.)

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงโซลาร์เซลล์มีความเหมาะสมในการทดแทนพลังงานจากเครื่องใช้ไฟฟ้าและพลังงานจากระบบแสงสว่างมากกว่าพลังงานจากระบบปรับอากาศ เนื่องจากระบบปรับอากาศมีส่วนการใช้พลังงานในปริมาณที่สูง การใช้พลังงานทดแทนจาก

แผงโซลาร์เซลล์อาจมีความแปรปรวนจากระบบการผลิตและจ่ายไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพแวดล้อมและสภาพท้องฟ้า อีกทั้งการสำรองพลังงานไฟฟ้าจำนวนมากจะมีค่าใช้จ่ายสูงในการสร้างที่เก็บประจุไฟฟ้าหรือตามขนาดความจุของแบตเตอรี่

## 6. สรุปผลการวิจัย

ปริมาณความร้อนจากสภาพแวดล้อมมีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารเรียนทั้งอิทธิพลความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์และอิทธิพลความร้อนจากองค์ประกอบโดยรอบอาคาร ความสัมพันธ์ของปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบผิววัสดุโดยรอบอาคารจะส่งผลทำให้วัสดุแตกแข็ง เช่น ผนังคอนกรีต ผนังฉนวนยางมะตอย มีอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิอากาศตามคุณสมบัติความจุความร้อนของวัสดุ ส่งผลทำให้สภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารมีอุณหภูมิสูงกว่าสถานะน่าสบายของมนุษย์และส่งผลต่อการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ ซึ่งมีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงสุดในอาคาร จากการสำรวจสภาพอาคารเรียน พบว่า วัสดุเปลือกอาคารไม่มีคุณสมบัติในการป้องกันปริมาณความร้อนจากสภาพแวดล้อม ตัวแปรความแตกต่างของอุณหภูมิอากาศระหว่างภายใน-ภายนอก และคุณสมบัติวัสดุเปลือกอาคาร ส่งผลทำให้อาคารเรียนมีสัดส่วนการใช้พลังงานจากระบบปรับอากาศสูงถึง 85%

แนวทางการออกแบบอาคารที่ลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ จึงต้องออกแบบ/ปรับปรุงวัสดุเปลือกอาคารให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนสูง การติดตั้งฉนวนบริเวณผนังภายนอกอาคารเป็นอีกแนวทางที่สามารถลดการถ่ายเทความร้อนจากสภาพแวดล้อมเข้าสู่ผนังห้องเรียน อีกทั้งยังป้องกันการเกิดหยดน้ำจากการควบแน่นบริเวณผนังภายในห้องเรียนได้ การป้องกันความร้อนดังกล่าวส่งผลให้ผนังภายในห้องเรียนมีอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศจากสภาพแวดล้อม การกรุผนังยิปซัมบอร์ดภายในห้องเรียนจะส่งผลทำให้อุณหภูมิผิวผนังภายในห้องเรียนใกล้เคียงสถานะน่าสบายของมนุษย์ กระบวนการดังกล่าวจะสามารถลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศลง อีกทั้ง การติดตั้งฝ้าเพดานภายในห้องเรียน นอกจากจะช่วยปิดมุมมองในส่วนงานระบบท่อที่ติดตั้งในส่วนระนาบเหนือศีรษะ ยังสามารถลดพื้นที่ผิวเปลือกอาคารบริเวณยอดผนังโดยรอบห้องเรียนที่สัมผัสกับอากาศภายนอกได้ เมื่อลดพื้นที่สะพานความร้อนที่เชื่อมหรือกั้นระหว่างผนังภายใน-

ภายนอก จะสามารถลดการเดินทางของปริมาณความร้อนจากสภาพแวดล้อมภายนอกที่ถ่ายเทสู่ผนังภายในห้องเรียนได้

การปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารให้มีอุณหภูมิอากาศลดลง เป็นอีกตัวแปรหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อระบบปรับอากาศภายในห้องเรียน เนื่องจากภูมิอากาศเขตร้อนชื้นจะมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์สบายของมนุษย์ตลอดทั้งปี การปรุงแต่งสภาพแวดล้อมภายนอกให้มีอุณหภูมิอากาศลดลง จะต้องสกัดกั้นแหล่งที่มาของอิทธิพลความร้อนจากองค์ประกอบรอบที่ตั้งที่มีค่าความจุความร้อนต่ำ ได้แก่ พื้นถนนผิวคอนกรีต ผิวยางมะตอย และวัสดุผิวโลหะ เป็นต้น การให้ร่มเงาแก้วสุดดังกล่าว การวางแนวต้นไม้สูงทรงพุ่มใบกว้าง บริเวณทิศใต้ของอาคาร ครอบคลุมพื้นผิวถนนคอนกรีต จะสามารถลดการสะสมความร้อนที่เกิดจากการตกกระทบของรังสีดวงอาทิตย์ได้ ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศเหนือพื้นผิวถนนคอนกรีตเปลี่ยนแปลงอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป อีกทั้งกระบวนการคายน้ำของต้นไม้ (transpiration) ยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการลดลงของอุณหภูมิอากาศได้มากกว่าการให้ร่มเงาจากวัสดุผนังหลังคา การออกแบบทางน้ำจากอ่างเก็บน้ำบริเวณด้านข้างถนนด้านทิศใต้ให้มีขนาดความกว้างเพิ่มมากขึ้นและสภาพผิวน้ำมีการไหลหรือเคลื่อนตัวตลอดเวลา จะสามารถช่วยลดอุณหภูมิอากาศจากอิทธิพลการระเหยของน้ำ

การผลิตพลังงานทดแทนจากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นที่อาคาร สามารถรองรับการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้าและระบบแสงสว่างได้เพียงพอ ซึ่งพื้นที่หลังคาชั้นแดดบริเวณชั้น 3 และพื้นที่ชั้นบนดาดฟ้าอาคารเรียนฯ สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ได้สูงสุด 53.1 kWp. ซึ่งมากกว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้าและระบบแสงสว่างสูงสุด 19 kWp. ส่วนเกินของปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้จะใช้บรรจุเป็นไฟฟ้าสำรองในรูปแบบแบตเตอรี่ลิเทียม เพื่อทดแทนปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วงวันที่สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมหนาแน่น

แนวทางการออกแบบอาคารเรียนที่ได้จากงานวิจัยข้างต้น ส่งผลทำให้พลังงานที่ใช้ในระบบปรับอากาศของอาคารเรียนต้นแบบลดลง 53% ซึ่งคิดเป็น 69% ของพลังงานทั้งหมด คงเหลือเพียง 15% ที่เป็นพลังงานในส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าและระบบแสงสว่าง ซึ่งเพียงพอต่อการผลิตพลังงานทดแทนจากแผงโซลาร์เซลล์

## 7. ข้อจำกัดของการวิจัย

การเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศจากสภาพแวดล้อมในช่วงที่มีอากาศร้อน ช่วงเดือนมีนาคม-มิถุนายน พ.ศ. 2559 ภายในพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ ส่งผลทำให้ผลการวิจัยใช้ได้เฉพาะช่วงเวลาดังกล่าว การนำผลวิจัยไปใช้ในการออกแบบอาคารเรียน ณ สถานที่หรือสถาบันการศึกษาอื่นๆ นอกเหนือช่วงเวลาที่เหมาะสม อาจมีความคลาดเคลื่อนของประสิทธิภาพการใช้พลังงานจากปัจจัยสภาพแวดล้อมอื่นๆ ที่มีอิทธิพลเพื่อประสิทธิภาพการนำผลวิจัยไปใช้ในการออกแบบได้แม่นยำควรมีการเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายนอก ซึ่งเป็นตัวแปรหลักที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารเรียนครอบคลุมระยะเวลาตลอดทั้งปี เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในแต่ละฤดูกาลมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในช่วงฤดูฝนที่มีการหวนอุณหภูมิสภาพแวดล้อมด้วยปัจจัยความจุความร้อนของน้ำมาเกี่ยวข้อง รวมทั้งการกำหนดพื้นที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลที่มีความหลากหลายของสภาพแวดล้อม จะส่งผลทำให้การใช้พลังงานในอาคารแตกต่างกันได้

## 8. ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ สามารถต่อยอดองค์ความรู้และพัฒนาไปสู่งานวิจัยด้านการลดใช้พลังงานในอาคาร ที่มุ่งเน้น (1) ปัจจัยด้านความรู้สึกเหมือนของมนุษย์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศภายในห้องเรียน (2) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในสภาพแวดล้อมภายนอกจากอิทธิพลอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวองค์ประกอบรอบอาคาร (MRT) ซึ่งส่งผลต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์และประสิทธิภาพการเรียนการสอน



## References

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers [ASHRAE]. (2007). *Energy standard for buildings except low-rise residential buildings* (I-P edition). Atlanta: Author.
- Boonyatikarn, S. (1982). *A method for developing energy budgets and energy design guidelines for institutional buildings*. Doctoral Dissertation of Architecture, University of Michigan, USA.
- Iamtrakul, P., Nusook, T., & Ubolchay, P. (2014). Impact of urban heat Island on daily life of people in Bangkok Metropolitan Region (BMR). *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, 11(2), 53-72.
- Kongboontiam, P., & Puraprom, W. (2015). Guidelines for reducing air temperature using effects of ground cover. *Journal of the Faculty of Architecture, Silpakorn University*, 29, 321-334.
- Olgay, V. (1992). *Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Puraprom, W. (2016). The impact of site elements to micro-climate air temperature. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, 13(1), 23-34.
- Solartech. (2013). *Center limited partnership, Solar Cell 300W*. Bangkok, Thailand: Solar Roof.
- Srivanit, M., & Auttarat, S. (2015). The summer thermal environment and human comfort of shaded outdoor and semi-outdoor spaces to living in the urban area of Chiang Mai City. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, 12(2), 53-72.
- Stein, B., & Reynolds, J. S. (2000). *Mechanical and electrical equipment for buildings* (9<sup>th</sup> ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Thai Green Building Institute [TGBI]. (2012). *Thai's rating of energy and environmental sustainability for new construction and major renovation*. Bangkok, Thailand: Author.



