

สมรรถนะของการออกแบบเปลือกอาคารด้วยวัสดุ PTFE สำหรับภูมิอากาศแบบร้อนชื้น

The Performance of PTFE Facade Design for Hot-humid Climate

รุ่งโรจน์ เมชชานัน¹ และ ดร. จตุวัฒน์ วโรตมพันธ์²

Rungroj Metchanan¹ and Jatuwat Varodompun, Ph.D.²

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: rung.metchanan@gmail.com¹, vjatuwat@umich.edu²

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาสมรรถนะการออกแบบเปลือกอาคารด้วยวัสดุ PTFE เพื่อลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิวของวัสดุ โดยปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ได้แก่ ร้อยละความโค้ง ทิศทางการโค้งเข้าและออก และตำแหน่งความโค้งของวัสดุ การทดลองใช้วิธีจำลองผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ร่วมกับห้องทดสอบตัวอย่าง ผลจากการวิจัย พบว่า เปลือกอาคารทิศใต้ กรณีวัสดุโค้งเข้า ร้อยละความโค้งที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้นตาม และเมื่อติดตั้งวัสดุที่มีความโค้งตำแหน่งล่างควรกำหนดให้มีร้อยละความโค้งตั้งแต่ 40 ขึ้นไป หากติดตั้งวัสดุที่มีความโค้งตำแหน่งบนควรกำหนดให้มีร้อยละความโค้งตั้งแต่ 30 ลงไป โดยติดตั้งร้อยละความโค้ง 30 ที่ความโค้งตำแหน่งบนมีประสิทธิภาพช่วยลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับติดตั้งแบบตรง พบว่า สามารถลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้ 5.36 วัตต์-ชั่วโมงต่อตารางเมตร

Abstract

This research studies the performance of PTFE facade for solar radiation reduction which strongly impact building skins. There are many factors that affect the efficiency of heat reduction containing curve percentage, direction and position of curve. The studies include computer simulation and physical model testing. The results of the study show the south envelope in case of the PTFE curve direct to inside building, the reduction performance vary as curve percentage. To set up on bottom position of curve should decide is more than or equal to 40% of curve while on top position of curve should decide is less than or equal to 30% of curve. On top position of curve at 30% could be the most efficient radiation exposure reduction which can decrease solar radiation 5.36 Wh/m² when compare with set up on straight envelope.

คำสำคัญ (Keywords): วัสดุพีทีเอฟอี (PTFE [polytetrafluoroethylene]), รูปแบบความโค้ง (Curve Form), การบังแดด (Shading), เปลือกอาคารทางตั้ง (Vertical Envelope)

1. ที่มาและความสำคัญ

เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศเป็นแบบร้อนชื้น อาคารต่าง ๆ จึงได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงและยังมีอุณหภูมิเฉลี่ยจัดอยู่ในเกณฑ์สูง เปลือกอาคารจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านเข้าสู่อาคารซึ่งอาคารแบบดั้งเดิมส่วนใหญ่จะเลือกใช้วัสดุประเภทคอนกรีตและกระจก ถึงแม้ว่าวัสดุเหล่านี้จะมีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดี แต่วัสดุเหล่านี้ยังมีข้อเสียเรื่องน้ำหนักที่น้ำหนักค่อนข้างมาก ทำให้อาคารต้องออกแบบโครงสร้างเพื่อรองรับวัสดุเหล่านี้มากยิ่งขึ้น

ปัจจุบันอาคารโครงสร้างเบา (lightweight structures) เริ่มเข้ามามีบทบาทมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่มีน้ำหนักเบา ง่ายต่อการติดตั้ง และมีศักยภาพเมื่อใช้ร่วมกับวัสดุอื่น อีกทั้งยังลดข้อจำกัดในการออกแบบได้ ปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้สามารถคิดค้นวัสดุชนิดใหม่ ๆ ขึ้นมากมาย เช่น วัสดุ PTFE (polytetrafluoroethylene) เป็นผ้าใบชนิดหนึ่งที่สามารถใช้กับโครงสร้างเบาได้เป็นอย่างดีและเริ่มมีการประยุกต์ใช้ในงานสถาปัตยกรรมเพิ่มมากขึ้นด้วย (Knipper, Cremers, Gabier, & Lienhard, 2011)

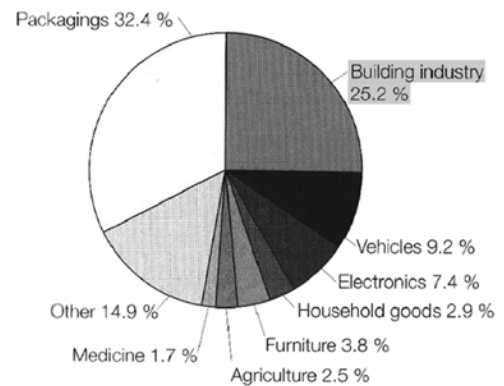
เนื่องจากวัสดุ PTFE มีคุณสมบัติการป้องกันความร้อนประกอบกับเป็นผ้าใบจึงเกิดลักษณะโค้งงอของวัสดุ ส่งผลทำให้เกิดลักษณะการบังเงาจากความโค้งงอของวัสดุ ทำให้วัสดุ PTFE มีศักยภาพในการศึกษาเรื่องรูปแบบความโค้งเพิ่มเติมเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการป้องกันปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ และความเหมาะสมกับการใช้งานเพิ่มขึ้น เพื่อประยุกต์เป็นวัสดุทางเลือก

สำหรับใช้เป็นเปลือกอาคารทางตั้งท่ามกลางสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น

2. ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณสมบัติของวัสดุประเภท PTFE

วัสดุประเภท PTFE จัดอยู่ในโพลีเมอร์สังเคราะห์ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษที่สามารถป้องกันรังสียูวี และยอมให้แสงธรรมชาติผ่านได้ เนื่องจากด้วยคุณสมบัตินี้เองวัสดุประเภท PTFE จึงถูกนำมาใช้ในงานสถาปัตยกรรม ดังรูปที่ 1

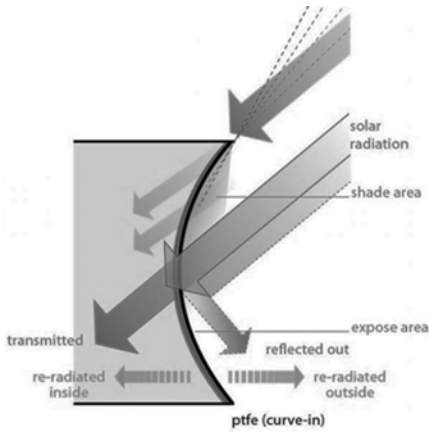


รูปที่ 1 สัดส่วนของโพลีเมอร์ ตามลักษณะการใช้สอยต่าง ๆ

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการถ่ายเทความร้อน

การถ่ายเทความร้อนสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. การนำความร้อน (Conduction) เป็นการถ่ายเทความร้อนของสสารที่มีสภาพเป็นของแข็ง โดยการส่งผ่านความร้อนระหว่างโมเลกุลที่สัมผัสกัน
2. การพาความร้อน (Convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนของสสารที่มีสถานะภาพเป็นของไหล
3. การแผ่รังสี (Radiation) เป็นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดจากการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยไม่ต้องอาศัยตัวกลาง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 พฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านวัสดุ PTFE ที่ได้รับรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ

- 1) ความส่องสว่าง (Illuminance; E) หมายถึง ปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนวัตถุต่อพื้นที่ มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร หรือลักซ์ (lux)
- 2) ความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity; U) หมายถึง ค่าที่ใช้พิจารณาระดับของความส่องสว่างว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด
- 3) ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ (Daylight factor) คือ ค่าสัดส่วนของปริมาณแสงที่ตกลงมาบนพื้นที่ภายในอาคารแต่ละจุดใด ๆ ต่อปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่แนวระนาบนอกอาคาร

3. ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาแนวโน้มการใช้พลังงานของอาคาร เมื่อมีการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่างความยาวของวัสดุที่ติดตั้งกับระยะที่โค้ง ตำแหน่งของความโค้ง ทิศทางการโค้งเข้าและออกของวัสดุ ทิศทางของเปลือกอาคาร โดยแบ่งเป็น 2 ช่วงการศึกษาได้ดังนี้

ช่วงที่ 1 เป็นการศึกษาในรูปแบบความโค้งของวัสดุ PTFE ซึ่งช่วงเวลาที่ใช้ในการทดสอบ คือ

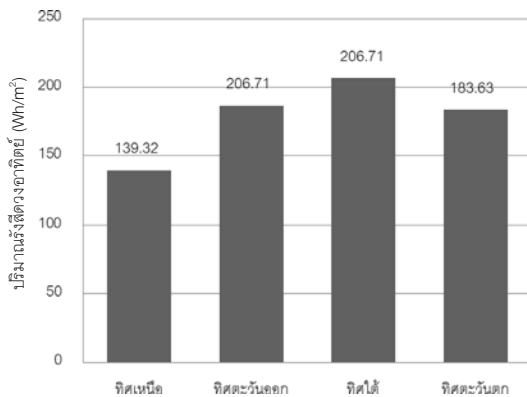
08.00 - 17.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์ทั้งในด้านปริมาณรังสีความร้อนและแสงธรรมชาติในอาคาร กำหนดให้สภาพห้องฟ้าสำหรับการทดสอบเป็นแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน และเลือกใช้ข้อมูลสภาพอากาศกรุงเทพมหานครในการประมวลผล โดยใช้วิธีการจำลองผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ได้แก่ Rhinoceros 4.0 (Plug-ins: Rhino_Membrane), Ecotect Analysis 2010 และ DIALux 4.10 รวมทั้งหมด 212 กรณี

ช่วงที่ 2 เป็นการทดสอบวัดจริง จากการคัดเลือกรูปแบบความโค้งของวัสดุ PTFE ที่มีประสิทธิภาพการป้องกันรังสีดวงอาทิตย์ได้ดีที่สุดในการทดลองเปรียบเทียบกับรูปแบบตั้งตรง และนำผลมาวิเคราะห์หาค่าแนวโน้มควบคู่กับการจำลองผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์

4. ผลการทดลอง

4.1 การประเมินผลการติดตั้งวัสดุ PTFE ที่มีรูปแบบตั้งตรงในแต่ละทิศ

ผลการทดลอง พบว่า เปลือกอาคารทางทิศใต้เป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลจากปริมาณรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิววัสดุในรอบ 1 ปีมากที่สุด คิดเป็น 206.71 Wh/m² เนื่องจากลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นในระหว่างวันนั้น เคลื่อนตัวอยู่บริเวณทิศใต้เป็นเวลานานที่สุดเมื่อเทียบกับทิศอื่น เปลือกอาคารทางด้านทิศตะวันออกและตะวันตกมีค่าปริมาณรังสีที่ใกล้เคียงกัน คิดเป็น 186.46 และ 183.63 Wh/m² ตามลำดับ และเปลือกอาคารทางทิศเหนือมีค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิววัสดุในรอบ 1 ปีน้อยที่สุด คิดเป็น 139.32 Wh/m² ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 เปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบเปลือกอาคารที่ออกแบบด้วยวัสดุ PTFE ที่มีรูปแบบตั้งตรง (ร้อยละ 0) ทั้ง 4 ทิศ

4.2 การประเมินผลการติดตั้งวัสดุ PTFE ที่มีรูปแบบความโค้งรูปแบบต่าง ๆ

4.2.1 ทิศทางการโค้งเข้าของวัสดุ PTFE

ผลจากการศึกษาปริมาณรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิววัสดุ PTFE พบว่า เมื่อร้อยละความโค้งของวัสดุเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ช่วยลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้มากขึ้นด้วย เนื่องจากวัสดุมีพื้นที่ซึ่งสามารถบังเงาให้กับตัววัสดุเองได้มากขึ้นทำให้เกิดพื้นที่ได้รับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์น้อยลง ยกเว้น กรณีทิศเหนือ ส่วนกรณีทิศตะวันออก ได้และตะวันตกการติดตั้งรูปแบบความโค้งตำแหน่งบนจะช่วยลดค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้มากที่สุด (ค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ลดลงพิจารณาที่ร้อยละความโค้ง 30 ทุกกรณี) และผลจากการพิจารณาประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติภายในห้อง พบว่า ที่ระยะห่างจากช่องเปิดประมาณ 0.5 เมตร ถึง 3.5 เมตร สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ได้ ส่วนที่ระยะห่างจากช่องเปิดประมาณ 4.5 เมตรถึง 7.5 เมตร ไม่เหมาะสมกับการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานซึ่งมีค่าความส่องสว่างน้อยกว่า 100 lux (ยกเว้น ร้อยละความโค้ง 10 ของทุกกรณี)

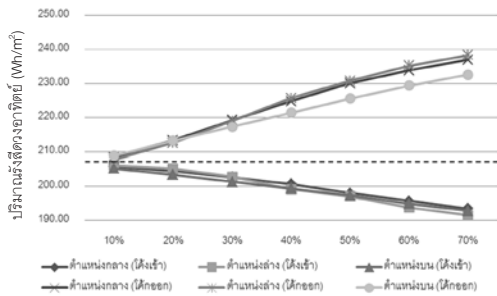
4.2.2 ทิศทางการโค้งออกของวัสดุ PTFE

ผลจากการศึกษาปริมาณรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิววัสดุ PTFE พบว่า เมื่อร้อยละความโค้งของวัสดุเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เพิ่มปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้มากขึ้นตามไปด้วย ทำให้รูปแบบทิศทางการโค้งออกนั้นไม่มีผลต่อการช่วยลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ กรณีทิศเหนือ ตะวันออก และตะวันตก พบว่า การติดตั้งรูปแบบความโค้งตำแหน่งล่างส่งผลให้เพิ่มค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้น้อยที่สุด ส่วนกรณีทิศใต้สรุปได้ว่าการเลือกติดตั้งตำแหน่งความโค้งของวัสดุตำแหน่งบนจะเพิ่มปริมาณรังสีดวงอาทิตย์น้อยที่สุด (ค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่เพิ่มขึ้นเปรียบเทียบกับร้อยละความโค้ง 30 ทุกกรณี) และผลจากการพิจารณาประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติภายในห้อง พบว่า ที่ระยะห่างจากช่องเปิดประมาณ 0.5 เมตร ถึง 3.5 เมตร สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ได้ ส่วนที่ระยะห่างจากช่องเปิดประมาณ 4.5 เมตรถึง 7.5 เมตร ไม่เหมาะสมกับการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้งานซึ่งมีค่าความส่องสว่างน้อยกว่า 100 lux (ยกเว้น ร้อยละความโค้ง 10, 20 และ 30 ของทุกกรณี)

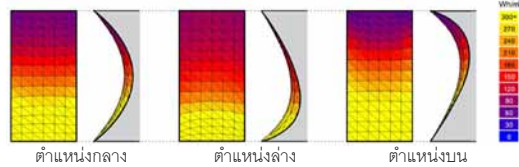
4.3 เปรียบเทียบการติดตั้งวัสดุ PTFE รูปแบบตั้งตรงกับรูปแบบความโค้งทุกกรณี

ผลจากการเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิววัสดุ PTFE ระหว่างรูปแบบตั้งตรงกับรูปแบบความโค้งต่าง ๆ ที่มีทิศทางการโค้งเข้าและออก พบว่า เมื่อเปรียบเทียบทุกทิศการติดตั้งรูปแบบความโค้ง ทิศทางการโค้งเข้ามีปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวของวัสดุ PTFE น้อยที่สุด และสามารถระบุค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์โดยแบ่งตามทิศได้เป็นกรณีทิศเหนือควรติดตั้งวัสดุรูปแบบตั้งตรง ส่วนกรณี

ทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตกการติดตั้งรูปแบบความโค้งตำแหน่งบนจะช่วยลดค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้มากที่สุด 5.77, 5.36 และ 5.57 Wh/m² เมื่อเทียบกับรูปแบบตั้งตรง (ค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ลดลงเปรียบเทียบกับร้อยละความโค้ง 30 ทุกกรณี) ดังรูปที่ 4 และ 5



รูปที่ 4 กราฟเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ระหว่างร้อยละความโค้งกับตำแหน่งความโค้งของรูปแบบตั้งตรงกับรูปแบบความโค้ง (ทิศใต้)



รูปที่ 5 ระดับสีแสดงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิววัสดุ PTFE ทิศทางโค้งเข้าที่ร้อยละความโค้ง 30% (ทิศใต้)

ผลจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องของการติดตั้งวัสดุ PTFE ระหว่างรูปแบบตั้งตรงกับรูปแบบความโค้งต่าง ๆ พบว่า การติดตั้งรูปแบบความโค้งทิศทางการโค้งออกจะมีประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติภายในห้องได้ดีกว่าการติดตั้งรูปแบบตั้งตรงและการติดตั้งรูปแบบความโค้งรูปทิศทางการโค้งเข้า เนื่องจากสามารถนำแสงธรรมชาติเข้าไปในห้องได้ดีกว่าและมีค่าความสม่ำเสมอของแสงที่ผ่านเกณฑ์มากกว่า

5. ข้อเสนอจากการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 ข้อเสนอจากการศึกษาวิจัย

ผลการทดลองทุกกรณีพิจารณาจากร้อยละความโค้ง 30 ที่มีความเหมาะสมที่สุดต่อการประยุกต์ใช้ในการออกแบบทางสถาปัตยกรรม

1 ผลจากการศึกษาปริมาณรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิววัสดุ PTFE ในทิศทางการโค้งเข้าพบว่า เมื่อร้อยละความโค้งของวัสดุเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ช่วยลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้มากขึ้นตาม ยกเว้นกรณีทิศเหนือ ในทางกลับกันทิศทางการโค้งออก พบว่า เมื่อร้อยละความโค้งของวัสดุเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เพิ่มขึ้นตาม

2) จากผลการทดลองเรื่องตำแหน่งความโค้งของวัสดุ PTFE ที่มีขนาดกว้าง 3 เมตร และสูง 6 เมตร พบว่า ตำแหน่งความโค้งตำแหน่งบนมีผลต่อการช่วยลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์มากที่สุด ในกรณีทิศทางการโค้งเข้า ส่วนตำแหน่งล่างมีผลต่อการช่วยลดปริมาณรังสีมากที่สุด ในกรณีทิศทางการโค้งออก ยกเว้นกรณีทิศใต้ที่ตำแหน่งบนดีกว่า

3) ปัจจัยที่ส่งผลต่ออิทธิพลการช่วยลดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ คือ ทิศทางการโค้งของวัสดุ เนื่องจากการเพิ่มพื้นที่ในการช่วยบังแดดให้กับพื้นผิวของตัววัสดุ โดยทิศทางการโค้งเข้าจะมีประสิทธิภาพในการช่วยลดปริมาณรังสีได้มากกว่าทิศทางการโค้งออก แต่ทิศทางการโค้งออกจะมีประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติได้ดีกว่าทิศทางการโค้งเข้า

4) จากการทดลองและเปรียบเทียบค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิววัสดุ PTFE ระหว่างรูปแบบตั้งตรงกับรูปแบบความโค้งต่าง ๆ พบว่า การติดตั้งรูปแบบความโค้งทิศทางการโค้งเข้าตำแหน่งบนจะช่วยลดค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์

ได้ดีที่สุดในทุกทิศทาง ยกเว้นกรณีทิศเหนือ สามารถระบุดำปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ตามทิศ ทิศเหนือทิศตะวันออก ทิศใต้ และทิศตะวันตก จะช่วยลดค่าปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ได้มากที่สุด 5.77, 5.36 และ 5.57 Wh/m² ตามลำดับ เมื่อเทียบกับรูปแบบตั้งตรง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ในการวิจัยนี้เลือกใช้คุณสมบัติของวัสดุ PTFE ของบริษัท VERSEIDAG, B18089 ในการศึกษา หากเป็นไปได้ควรศึกษาวัสดุ PTFE ประเภทอื่นๆ ด้วย เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน

2) งานวิจัยนี้ไม่มีการศึกษาถึงวิธีการนำไปติดตั้ง ดังนั้น หากเป็นไปได้ ในการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการก่อสร้างและโครงสร้างของวัสดุ จะเป็นส่วนที่ทำให้การนำไปประยุกต์ใช้จริงหรือนำไปผลิตในเชิงอุตสาหกรรมมีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

References

กระทรวงพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2555). *เอกสารเผยแพร่แนวทางการเลือกใช้วัสดุก่อสร้างและฉนวนเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน*. สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2555, จาก www2.dede.go.th

ทิพทัพนิม ภูมิพาณิชย์. (2555). *ประสิทธิภาพแสงธรรมชาติจากการติดตั้งอุปกรณ์กันแดดและหึ่งสะท้อนแสงเพื่อความสบายในการมองเห็นและประหยัดพลังงาน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ปวีตร คงพร้อมพงศ์. (2554). *การออกแบบและพัฒนารูปแบบผนังอาคารสูงพักอาศัยที่มีการปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สิริวรินทร์ เพชรรัตน์. (2545). *อิทธิพลของการบังเงาต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, คณะพลังงานและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อริวัฒน์ อัครพิทยานนท์. (2553). *ประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานในอาคารจากการประยุกต์ใช้ผนังเอียงในเขตร้อนชื้น*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Engel, H. (1997). *Tragsysteme structure system*. Germany: Hatje Cantz Verlag.

Knipper, J., Cremers, J., Gabier, M. and Lienhard, J. (2011). *Construction manual for Polymers + Membranes*. Switzerland: Birkhauser GmbH.

Seidel, M. & Sturge, D. (2009). *Tensile surface structures: A practical guide to cable and membrane construction*. Berlin, Germany: Ernst & Sohm.

แนวทางการออกแบบโถงสูงชนิดผนังกระจกด้านเดียวปรับอากาศ
ในเขตร้อนชื้นเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
Design Guidelines of One Open Side Air Conditioned Atrium
for Energy Conservation in Hot-Humid Climate

ธีรไนย สร้อยศิริ¹ และ ดร. จตุวัฒน์ วจิตมพันธ์²

Theeranai Sroikeeree¹ and Jatuwat Varodompun, Ph.D.²

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: silentser@hotmail.com¹, vjatuwat@umich.edu²

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการออกแบบอาคารนิยมเลือกใช้กระจกเป็นส่วนประกอบมากขึ้น โดยเฉพาะบริเวณโถงสูงที่เป็นทางเข้าหลักของอาคาร แต่กระจกเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติการป้องกันความร้อนต่ำ ประเทศไทยที่มีภูมิอากาศร้อนชื้นจึงต้องเลือกใช้กระจกชนิดที่มีคุณสมบัติการป้องกันความร้อนที่ดีซึ่งมีราคาสูงกว่ากระจกทั่วไป งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายในการศึกษาประสิทธิภาพพลังงานจากการเลือกใช้กระจกป้องกันความร้อนรูปแบบต่าง ๆ ของโถงสูงที่มีการปรับอากาศเฉพาะชั้นล่าง การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะความร้อนภายในโถงโดยการวัดอุณหภูมิสถานที่จริงร่วมกับแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และการวิเคราะห์ผลการใช้พลังงานที่ได้จากการเลือกใช้กระจกรูปแบบต่าง ๆ ของโถงสูงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผลการศึกษาพบว่า ความร้อนที่เข้าสู่โถงสูงจะลอยตัวขึ้นไปสะสมบริเวณเพดานของโถง การปรับอากาศบริเวณเพดานโถงจึงต้องใช้พลังงานมากขึ้นตามระดับความสูง ควรปรับอากาศเฉพาะบริเวณส่วนล่างของโถงเท่านั้น นอกจากนี้ โถงสูงควรเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ต่ำเป็นหลัก เพราะมีประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงาน และกระจกควรมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) สูง เพื่อระบายความร้อนที่สะสมภายในโถง

Abstract

Current architectural design tends to use more glass as the main component of the building especially at the atrium as the main entrances. However, glass has low thermal resistance property, Thailand has hot humid climate which require high thermal performance glass which is more expensive. The objective of this research is to study energy consumption in atrium space with different glazing configuration types for an atrium which air-conditioned only at the ground floor. The research comprised of 2 steps. Preliminary study of thermal behavior

in air-conditioned atrium space using on site measurement and computer modeling program, and simulated analysis of energy consumptions resulting from different types and configuration of glass panels in the atrium. It has been found heat entering atrium would rise and accumulate at ceiling levels making energy loads for the cooling system at the higher level. Low Shading Coefficient (SC) is the key for the selection of atrium glass panel for energy consumption and U-Value should be high for heat transfer in atrium.

คำสำคัญ (Keywords): โถงสูงปรับอากาศ (Air Conditioned Atrium), ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (Shading Coefficient), ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก (U-Value)

1. บทนำ

การออกแบบสถาปัตยกรรมในปัจจุบัน นิยมนำกระจกมาใช้เป็นส่วนประกอบของเปลือกอาคาร เนื่องจากกระจกเป็นวัสดุที่สามารถสร้างความโดดเด่นและเสริมสร้างภาพลักษณ์ที่ดีแก่อาคารได้ โถงสูงเป็นองค์ประกอบหนึ่งของอาคารที่มีความสำคัญเพราะเป็นทางเข้าหลักของอาคาร ดังนั้น การออกแบบโถงสูงจึงนิยมใช้กระจกเป็นวัสดุหลัก โดยเฉพาะอาคารศูนย์การค้าเพราะแสดงถึงเอกลักษณ์และสามารถเพิ่มมูลค่าพื้นที่ขายได้ รูปแบบของโถงสูงที่นิยมใช้กับอาคารศูนย์การค้ามากที่สุด คือ โถงสูงชนิดผนังกระจกด้านเดียว

กระจกเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติการป้องกันความร้อนต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับผนังทึบประเทศไทยที่มีภูมิอากาศร้อนชื้นทำให้มีปริมาณความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์เข้าสู่โถงสูงเป็นมากกว่าการทำความเย็นของระบบปรับอากาศจึงเพิ่มขึ้น ต้องแก้ปัญหาโดยเลือกใช้กระจกชนิดที่มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนที่ดีขึ้นเพื่อลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคาร แต่กระจกเหล่านี้มีราคาสูงกว่ากระจกทั่วไปถึง 8 เท่า นอกจากนี้ โถงสูงมีการปรับอากาศเฉพาะส่วนล่างที่มีการ

ใช้งานเท่านั้น การเลือกใช้กระจกป้องกันความร้อนทั้งหมดจึงเป็นการออกแบบที่สิ้นเปลืองเกินไป สถาปนิกจึงควรมีแนวทางการเลือกใช้กระจกป้องกันความร้อนในปริมาณที่เหมาะสมเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง และประสิทธิภาพทางพลังงาน



รูปที่ 1 ตัวอย่างโถงสูงชนิดผนังกระจกด้านเดียว อาคารศูนย์การค้า Central World Plaza

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer)

2.1.1 การนำความร้อน (conduction)

เป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนภายในวัตถุหนึ่ง หรือระหว่างวัตถุที่มีผิวสัมผัสกัน โดยมีทิศทางการถ่ายเทจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำ การนำความร้อนผ่านกระจกจะมีค่า

แตกต่างกันออกไปตามชนิดของกระจก เรียกว่า ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก (U-Value)

2.1.2 การพาความร้อน (convection)

เป็นกระบวนการถ่ายเทพลังงานความร้อนที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของมวลของไหล เช่น น้ำ อากาศ ของไหลที่ร้อนจะมีโมเลกุลที่เบาและลอยตัวขึ้น ส่วนโมเลกุลที่เย็นจะหนักและตกลงสู่ด้านล่าง การพาความร้อนในโด่งสูงคือการลอยตัวและแยกชั้นของอากาศร้อนภายในโด่ง

2.1.3 การแผ่รังสีความร้อน (radiation)

เป็นกระบวนการการถ่ายเทพลังงานความร้อนทะลุผ่านช่องว่างใด ๆ ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic) จากผิววัตถุที่อุณหภูมิสูงกว่าไปยังผิววัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในทุกทิศทาง การแผ่รังสีความร้อนจะไม่ทำให้อุณหภูมิตัวกลางเปลี่ยนแปลง เพราะเมื่อรังสีตกกระทบวัตถุใด ๆ บางส่วนจะสะท้อนกลับ (reflected) บางส่วนจะส่งผ่านทะลุไป (transmitted) และบางส่วนจะถูกดูดกลืนไว้ (absorbed)

2.2 ความร้อนที่เกิดขึ้นในโด่งสูง

เมื่อความร้อนจากภายนอกเข้าสู่โด่งสูง โดยการนำความร้อน โมเลกุลอากาศภายในโด่งสูงซึ่งเป็นของไหลจึงเกิดการพาความร้อน โดยโมเลกุลอากาศที่ไม่ได้รับความร้อนจะเย็นขึ้นและตกลงสู่พื้นด้านล่าง ส่วนโมเลกุลอากาศที่ได้รับความร้อนจะเบาและลอยตัวสูงขึ้น นอกจากนี้ความแตกต่างของอุณหภูมิยังส่งผลต่อความดันอากาศระหว่างภายนอกและภายในโด่งสูง โดยอากาศบริเวณช่องเปิดที่อยู่ในส่วนบนของโด่งสูงจะมีอุณหภูมิที่สูง และมีความดันมากกว่าอากาศ

ภายนอก ส่งผลให้อากาศร้อนไหลออกจากตัวอาคาร แต่อากาศบริเวณช่องเปิดในส่วนล่างของโด่งสูงจะมีอุณหภูมิต่ำและมีความดันน้อยกว่าอากาศภายนอก ส่งผลให้อากาศเย็นจากภายนอกไหลเข้าสู่โด่งสูง ดังนั้น อุณหภูมิภายในโด่งสูงจึงไม่เท่ากันในแต่ละระดับความสูง มีการแบ่งชั้นของความร้อน โดยบริเวณเพดานของโด่งสูงจะมีอุณหภูมิสูงสุดและลดลงเรื่อย ๆ ในระดับต่ำลงมาจนถึงระดับที่อุณหภูมิภายนอกและภายในโด่งสูงเท่ากัน (Cooper & Hunt, 1999)

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากทฤษฎีความร้อนที่เกิดขึ้นในโด่งสูง ทำให้มีการศึกษาถึงลักษณะความร้อนที่เกิดขึ้นภายในโด่งสูงรูปแบบต่าง ๆ พบว่า รูปแบบของช่องเปิดมีผลต่อลักษณะความร้อนที่เกิดขึ้น และโด่งสูงที่มีความสูงมากจะมีความร้อนลอยขึ้นไปสะสมบริเวณส่วนบนมากกว่าโด่งที่มีความสูงน้อยกว่า จึงทำให้บริเวณส่วนล่างมีอุณหภูมิลดลง การเลือกใช้กระจกควรพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) โดยกระจกอินซูลเทสที่เขียวอมฟ้า เป็นกระจกที่ควรเลือกใช้มากที่สุดเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการป้องกันความร้อนและราคา

3. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. ศึกษาลักษณะและอิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่อการใช้พลังงานภายในโด่งสูงชนิดผนังกระจกด้านเดียว
2. ทดลองและวิเคราะห์การใช้พลังงานของโด่งสูงชนิดผนังกระจกด้านเดียวปรับอากาศ โดยการเลือกใช้กระจกชนิดกันความร้อนรูปแบบต่าง ๆ

3. เปรียบเทียบการใช้พลังงานจากการเลือกใช้กระจกโดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value)

4. นำเสนอแนวทางออกแบบที่เหมาะสมของโถงสูงชนิดผนังกระจกด้านเดียวปรับอากาศในเขตร้อนชื้น

4. ระเบียบวิธีวิจัย

4.1 การศึกษาเบื้องต้น

เป็นการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะความร้อนภายในโถงที่มีผลต่อการปรับอากาศโดยการวัดอุณหภูมิโถงสูงของสถานที่จริงร่วมกับแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Phoenix CFD และศึกษาอิทธิพลต่อการใช้พลังงานของการปรับอากาศในระดับความสูงต่าง ๆ ของโถงสูงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ eQuest 3.64

4.2 การทดลองการวิเคราะห์ผล

เป็นการเปรียบเทียบและวิเคราะห์การใช้พลังงานที่ได้จากการเลือกใช้กระจกแบบต่าง ๆ ของโถงสูงที่มีปรับอากาศเฉพาะชั้น 1 โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ eQuest 3.64 จำนวน 1,600 กรณีศึกษา โดยกำหนดตัวแปรดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนกรณีและตัวแปรในการศึกษา

การวิเคราะห์ผล	กรณี	รวม
การเลือกใช้กระจก (SC)		
1. ทิศทางของโถงสูง (ทิศเหนือ, ทิศตะวันออก, ทิศใต้, ทิศตะวันตก)	4	4

2. ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC 0.2, 0.4, 0.6, 0.8)	4	16
3. รูปแบบการเลือกใช้กระจก	50	800
การเลือกใช้กระจก (U-Value)		
1. ทิศทางของโถงสูง (ทิศเหนือ, ทิศตะวันออก, ทิศใต้, ทิศตะวันตก)	4	4
2. ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 W/m ² -K)	4	16
3. รูปแบบการเลือกใช้กระจก	50	800

รูปแบบการเลือกใช้กระจก คือ การแบ่งผนังกระจกเป็นส่วนบนและส่วนล่าง เมื่อเลือกใช้ผนังกระจกส่วนล่างเป็นกระจกที่มีค่า SC หรือค่า U-Value ค่าใดค่าหนึ่ง กระจกส่วนบนสามารถเลือกใส่กระจกที่มีค่า SC หรือค่า U-Value เดียวกับกระจกส่วนล่างได้ 1 กรณี และสามารถเลือกใส่กระจกที่มีค่า SC หรือค่า U-Value ไม่ซ้ำกับกระจกส่วนล่างได้อีก 3 กรณี และมีสัดส่วนการเลือกใช้ขึ้นอยู่กับความสูงของโถง รูปแบบการเลือกใช้กระจก 50 รูปแบบ มีดังนี้

1. โถงสูง 2 ชั้น มีรูปแบบการเลือกใช้กระจก ได้แก่ การเลือกใช้กระจกที่มีค่า SC หรือค่า U-Value เดียวทั้งส่วนบนและส่วนล่าง 1 รูปแบบ และสัดส่วนการเลือกใช้กระจกที่มีค่า SC หรือค่า U-Value ต่างกัน 1 รูปแบบ โดยแต่ละสัดส่วนสามารถเลือกใช้กระจกส่วนล่างที่มีค่า SC หรือค่า U-Value ค่าใดค่าหนึ่ง และเลือกใช้กระจกชั้นบนที่มีค่า SC หรือค่า U-Value ไม่ซ้ำกันได้ 3 รูปแบบ รวม 4 รูปแบบ

2. โถงสูง 3 ชั้น มีรูปแบบการเลือกใช้กระจก ได้แก่ การเลือกใช้กระจกที่มีค่า SC หรือค่า U-Value เดียวทั้งส่วนบนและส่วนล่าง 1 รูปแบบ และสัดส่วนการเลือกใช้กระจกที่มีค่า SC หรือค่า U-Value ต่างกัน 2 รูปแบบ โดยแต่ละ

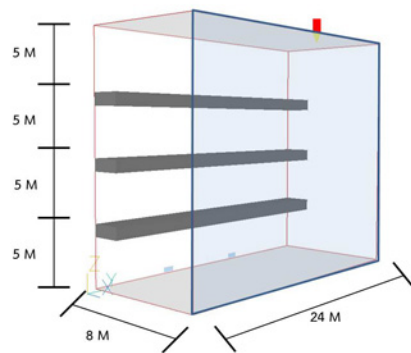
สัดส่วนสามารถเลือกใช้กระจกชั้นล่างที่มีค่า SC หรือค่า U-Value ค่าใดค่าหนึ่ง และเลือกใช้กระจกชั้นบนที่มีค่า SC หรือค่า U-Value ไม่ซ้ำกันได้ สัดส่วนละ 3 รูปแบบ รวม 7 รูปแบบ

3. โถงสูง 4 ชั้น มีรูปแบบการเลือกใช้กระจกทั้งหมด 10 รูปแบบ ได้แก่ การเลือกใช้กระจกที่มีค่า SC หรือค่า U-Value เดียวทั้งส่วนบนและส่วนล่าง 1 รูปแบบ และสัดส่วนการเลือกใช้กระจกที่มีค่า SC หรือค่า U-Value ต่างกัน 3 รูปแบบ โดยแต่ละสัดส่วนสามารถเลือกใช้กระจกชั้นล่างที่มีค่า SC หรือค่า U-Value ค่าใดค่าหนึ่ง และเลือกใช้กระจกชั้นบนที่มีค่า SC หรือค่า U-Value ไม่ซ้ำกันได้สัดส่วนละ 3 รูปแบบ รวม 10 รูปแบบ

4. โถงสูง 5 ชั้น มีรูปแบบการเลือกใช้กระจกทั้งหมด 13 รูปแบบ ได้แก่ การเลือกใช้กระจกที่มีค่า SC หรือค่า U-Value เดียวทั้งส่วนบนและส่วนล่าง 1 รูปแบบ และสัดส่วนการเลือกใช้กระจกที่มีค่า SC หรือค่า U-Value ต่างกัน 4 รูปแบบ โดยแต่ละสัดส่วนสามารถเลือกใช้กระจกชั้นล่างที่มีค่า SC หรือค่า U-Value ค่าใดค่าหนึ่ง และเลือกใช้กระจกชั้นบนที่มีค่า SC หรือค่า U-Value ไม่ซ้ำกันได้สัดส่วนละ 3 รูปแบบ รวม 13 รูปแบบ

5. โถงสูง 6 ชั้น มีรูปแบบการเลือกใช้กระจกทั้งหมด 16 รูปแบบ ได้แก่ การเลือกใช้กระจกที่มีค่า SC หรือค่า U-Value เดียวทั้งส่วนบนและส่วนล่าง 1 รูปแบบ และสัดส่วนการเลือกใช้กระจกที่มีค่า SC หรือค่า U-Value ต่างกัน 5 รูปแบบ โดยแต่ละสัดส่วนสามารถเลือกใช้กระจกชั้นล่างที่มีค่า SC หรือค่า U-Value ค่าใดค่าหนึ่ง และเลือกใช้กระจกชั้นบนที่มีค่า SC หรือค่า U-Value ไม่ซ้ำกันได้สัดส่วนละ 3 รูปแบบ รวม 16 รูปแบบ

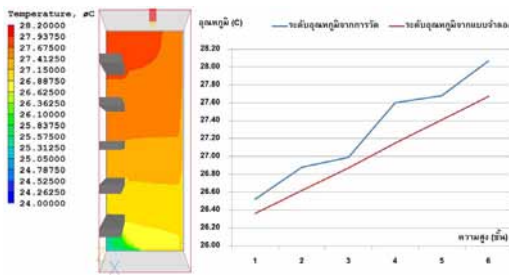
โถงสูงตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองมีความกว้าง 24 เมตร มีระยะห่างจากผนังกระจกถึงชั้นลอย 8 เมตร แต่ละชั้นมีความสูงจากระดับพื้นชั้นล่างถึงพื้นชั้นบน 5 เมตร โถงสูงตัวอย่างมีความสูงตั้งแต่ 2 ชั้นถึง 6 ชั้น รวม 5 ระดับความสูง และกำหนดให้มีการปรับอากาศเฉพาะชั้น 1 เท่านั้น ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โถงสูงตัวอย่างในการทดลอง ที่มีความสูง 4 ชั้น

5. ผลการศึกษาเบื้องต้น

ผลจากการวัดอุณหภูมิและแบบจำลองพบว่า ช่วงเวลาที่มีผลต่ออุณหภูมิภายในโถงสูง เพราะปริมาณความร้อนที่ได้รับจากรังสีดวงอาทิตย์แต่ละช่วงเวลาไม่เท่ากัน ช่วงเวลา 12.00 น. เมื่อความร้อนเข้าสู่โถงสูง จะลอยตัวสูงขึ้น อุณหภูมิภายในโถงจึงเพิ่มขึ้นตามระดับความสูง โดยอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นประมาณ 0.5°C ต่อความสูงที่เพิ่มขึ้น 5 เมตร บริเวณเพดานของโถงมีอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 28°C เพราะมีความร้อนลอยตัวขึ้นมาสะสม ดังภาพที่ 4 ในช่วงเวลา 15.00 น. และ 18.00 น. โถงสูงได้รับปริมาณความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ลดลง อุณหภูมิจะลดเหลือประมาณ 0.3°C ต่อความสูงที่เพิ่มขึ้น 5 เมตร บริเวณเพดานของโถงสูงมีอุณหภูมิประมาณ 27°C



รูปที่ 4 การเปรียบเทียบผลการวัดอุณหภูมิสถานที่จริง และแบบจำลองลักษณะความร้อนภายในโด่งสูง อาคาร Central Plaza สาขาแจ้งวัฒนะ วันที่ 2 เมษายน 2555 เวลา 12.00 น.

ผลการจำลองการใช้พลังงานในระดับชั้นต่าง ๆ ของโด่งสูง พบว่า การปรับอากาศที่ระดับความสูง 1 ชั้น โด่งสูงที่มีช่องเปิดทุกทิศจะใช้พลังงานใกล้เคียงกัน แต่การปรับอากาศที่ระดับความสูง 2 ชั้นขึ้นไป จะใช้พลังงานเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะทิศตะวันตก ซึ่งการปรับอากาศทั้ง 6 ชั้นมีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นถึง 3.58 เท่า เปรียบเทียบกับการปรับอากาศเพียง 1 ชั้น

6. ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผล

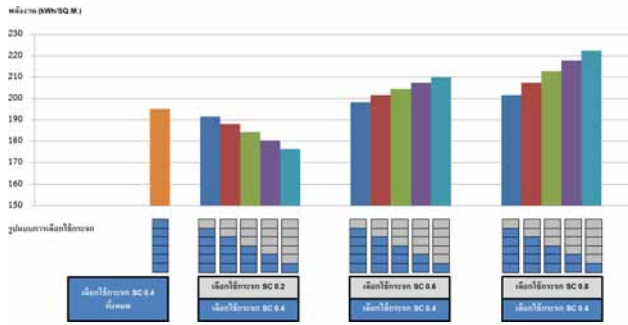
6.1 การปรับเปลี่ยนรูปแบบการเลือกใช้กระจก โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC)

ผลการทดลอง พบว่า โด่งสูงที่มีช่องเปิดทิศเหนือมีการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศต่ำกว่าทิศอื่น ๆ ช่องเปิดทิศตะวันตกมีการใช้พลังงานสูงสุด และการใช้พลังงานจะสูงขึ้นขึ้นตามค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ที่เพิ่มขึ้น การเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) 0.8 จะใช้พลังงานเพิ่มขึ้นประมาณ 22 % เปรียบเทียบกับเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (SC) 0.2 ของทิศเหนือ และใช้พลังงานเพิ่มขึ้นประมาณ 36% ถ้ามีการเลือกใช้

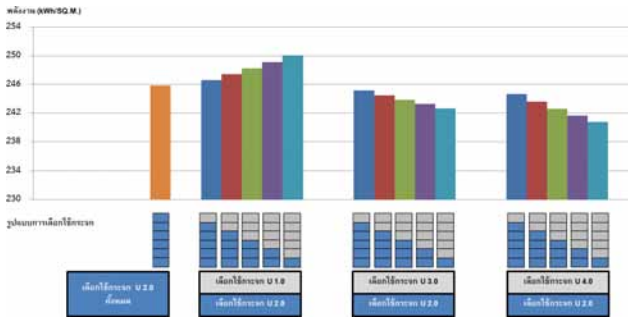
ในทิศอื่น ๆ นอกจากนี้ ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) และปริมาณที่เลือกใช้ มีผลต่อการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศโด่งสูง การเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ต่ำที่มีปริมาณมากขึ้นทำให้การใช้พลังงานลดลง ดังรูปที่ 5 บริเวณชั้น 1 ที่มีการปรับอากาศควรเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ต่ำ เพราะสามารถป้องกันความร้อนได้ดี ความร้อนที่เข้าสู่โด่งจึงน้อยลง สามารถลดภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศได้โดยตรง การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศจึงลดลง

6.2 การปรับเปลี่ยนรูปแบบการเลือกใช้กระจก โดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value)

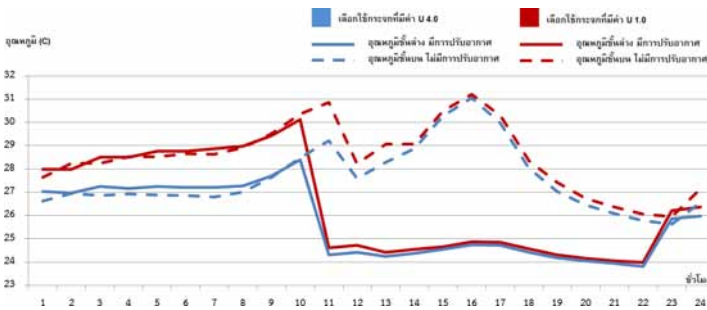
ผลการทดลอง พบว่า โด่งสูงที่มีช่องเปิดทิศเหนือมีการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศต่ำกว่าทิศอื่น ๆ ช่องเปิดทิศตะวันตกมีการใช้พลังงานสูงสุด และพลังงานของระบบปรับอากาศจะลดลงตามค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก (U-Value) ที่เพิ่มขึ้น โดยในทิศเหนือการเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) เท่ากับ 4.0 W/m²-K สามารถลดการใช้พลังงานได้ประมาณ 5% เปรียบเทียบกับการเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจกเท่ากับ 1.0 W/m²-K และสามารถลดการใช้พลังงานได้ประมาณ 6.7% ในทิศตะวันตก นอกจากนี้ การเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) สูงทำให้การใช้พลังงานลดลง และการเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจก (U-Value) สูงปริมาณมากขึ้นก็จะทำให้การใช้พลังงานลดลงเช่นกัน ดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 ผลการใช้พลังงานของโด่งสูง 6 ชั้น ที่มีช่องเปิดทิศใต้ กรณีเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) 0.4 ร่วมกับกระจกที่มี ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) อื่น



รูปที่ 6 ผลการใช้พลังงานของโด่งสูง 6 ชั้น ที่มีช่องเปิดทิศใต้ กรณีเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) 2.0 W/m²-K ร่วมกับกระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) อื่น



รูปที่ 7 อุณหภูมิรายชั่วโมงภายในโด่งสูง 6 ชั้น ของวันที่ 21 ธันวาคม กรณีเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) 1.0 และ 4.0 W/m²-K ทั้งหมด

เนื่องจากโด่งสูงมีช่องเปิดขนาดใหญ่ มีความร้อนเข้าสู่โด่งปริมาณมาก การเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนต่ำ (U-Value) ทำให้ระบายความร้อนผ่านกระจกเป็นไปได้ยาก ต้องอาศัยการลอยตัวของอากาศร้อนเท่านั้น อุณหภูมิบริเวณชั้นบนของโด่งที่ไม่มีกร

ปรับอากาศจึงสูงกว่าโด่งที่เลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของกระจกสูง (U-Value) เพราะสามารถระบายความร้อนผ่านกระจกได้ดี และสามารถระบายความร้อนด้วยการลอยตัวของอากาศร้อนได้อีกด้วย ดังรูปที่ 7

อย่างไรก็ตามการลดลงของพลังงานจากการปรับเปลี่ยนกระจกตามค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U-Value) มีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับการปรับเปลี่ยนโดยกระจกตามค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC) ดังนั้น การเลือกใช้กระจกของโถงสูงควรพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก (SC) เป็นหลัก

6. สรุปผลการทดลอง

อุณหภูมิภายในโถงจะสูงขึ้นตามระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น จึงควรปรับอากาศเฉพาะชั้นล่างหรือบริเวณที่มีการใช้งานเท่านั้น ทิศของช่องเปิดมีผลต่อการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศโถงสูงโดยโถงสูงควรมีช่องเปิดทิศเหนือ และควรหลีกเลี่ยงช่องเปิดทิศตะวันตก การเลือกใช้กระจกสำหรับโถงสูงควรพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดต่ำ (SC) เป็นหลักเพื่อลดปริมาณความร้อนที่เข้าสู่โถง และควรเลือกใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนสูง (U-Value) เพราะสามารถระบายความร้อนภายในโถงได้ทั้งการลอยตัวของอากาศร้อนและการถ่ายเทความร้อนผ่านกระจกออกสู่ภายนอก บริเวณชั้นล่างของโถงที่มีการปรับอากาศควรเลือกใช้กระจกที่มีคุณสมบัติการป้องกันความร้อนที่ดีเพื่อลดภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ

References

จารุณี โรจน์สวัสดิ์สุข. (2549). *การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติในโถงเอเทรียมเพื่อสร้างสภาวะน่าสบาย*. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ และการผังเมือง, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พัทธวี รุ่งโรจน์ดี. (2542). *ผลกระทบของรูปทรงและคุณสมบัติการสะท้อนของแสงธรรมชาติภายในเอเทรียมสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น*. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เศรษฐวัฒน์ ศรีวิโรจน์. (2545). *ผลกระทบของความร้อนที่เกิดจากการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารโดยผ่านช่องแสงกระจกด้านข้าง*. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สวิชาญ ดาวประกายมงคล. (2552). *แนวทางการเลือกใช้กระจกเป็นผนังอาคารสำนักงานปรับอากาศเพื่อให้สอดคล้องกับกฎกระทรวงการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน*. วิทยานิพนธ์สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Abdullah, A. H. & Wang, F. (2005). Modelling thermal environmental performance in top-lit Malaysian atrium using Computational Fluid Dynamics (CFD). *International Journal of Integrated Engineering*, 171-186.

Hussain, S. & Oosthuizen, P. H. (2011). Numerical investigations of buoyancy-driven natural ventilation in a simple atrium building and its effect on the thermal comfort conditions. *Applied Thermal Engineering*, 40, 358-372.

Wang, F. & Abdullah, A. H. (2011). Investigating thermal conditions in a tropic atrium employing CFD and DTM techniques. *Oxford Journal*, 8-28.

การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุน และทัศนคติของการประยุกต์ใช้ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางเพื่อการออกแบบทางสถาปัตยกรรม

Investment Feasibility and Attitude Study toward Thin Film Photovoltaic Application in Architectural Design

ศรัณย์ ทรรคนกุลพันธ์¹ และ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรณ²

Saran Tasanakulpan¹ and Awiroot Srisutapan²

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: saran.aptu@gmail.com¹, awiroot@gmail.com²

บทคัดย่อ

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางมีความยืดหยุ่นในการนำมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบทางสถาปัตยกรรมได้มากกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่น โดยสามารถประยุกต์ใช้ได้หลายรูปทรง หลายขนาด สามารถติดตั้ง และดูแลรักษาได้ดีกว่า อย่างไรก็ตาม ยังคงมีปัญหาในเรื่องของต้นทุนที่ใช้ และประสิทธิภาพของการใช้งาน โดยงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นศึกษาการเลือกใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางร่วมกับอาคารสถาปัตยกรรมเพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการลงทุน ประกอบกับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยบทสัมภาษณ์ เพื่อเป็นข้อมูลให้กับสถาปนิก และผู้ประกอบการได้เห็นถึงทัศนคติ ความคิดเห็น และแนวทางในการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการออกแบบอาคารประหยัดพลังงานในอนาคต

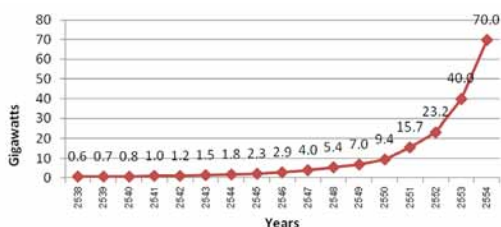
Abstract

Photovoltaic thin film is flexible and practical for architectural design, the results of this research shows that thin film would be the best alternative for the Photovoltaic selection in the building. It is because of thin film is able to bend into the designed shape and able to absorb the light better than other types, However there is problems about cost of application, including efficiency. This research focuses on applying Photovoltaic thin film with the building architecture design to study the feasibility of the investment and perform qualitative analysis by making interviews. For the benefit of architect and entrepreneurs, this research illustrates another way of applying Photovoltaic thin film and Attitude with green building in the future.

คำสำคัญ (Keywords): พลังงานทดแทน (Alternative Energy), เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง (Photovoltaic Thin Film), การศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study)

1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันมีการนำพลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell หรือ Photovoltaic cells) ที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นพลังงานทดแทนที่สะอาด ปลอดภัย และบริสุทธิ์ สามารถช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เป็นผลให้เกิดภาวะเรือนกระจก



รูปที่ 1 กำลังสะสมการผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วโลก ในช่วงปี พ.ศ 2538 – 2554

เซลล์แสงอาทิตย์ได้นำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ทั่วโลกมีกำลังสะสมการผลิตของเซลล์แสงอาทิตย์สูงถึงประมาณ 70 กิกะวัตต์ ดังรูปที่ 1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในต่างประเทศ มีการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ทดแทนพลังงานไฟฟ้าทั้งในอาคารบ้านเรือน หรือในอาคารขนาดใหญ่ เป็นอาคารระบบเก็บเกี่ยวพลังงาน เช่น อาคารสรรพสินค้า สำนักงาน หรือมีการสร้างโรงงานไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar power plant) เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับอาคารบ้านเรือน (ไพบูลย์ ช่างทอง, 2553) ตามหลักการในการลงทุน จำเป็นต้องทำการศึกษาความเป็นไปได้ก่อนการลงทุน เพื่อให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด และได้ทำการศึกษาคellsแสงอาทิตย์ในปัจจุบัน ทั้งข้อมูลด้านประเภทของเซลล์ ประสิทธิภาพของเซลล์ รูปแบบการติดตั้ง ขนาดพื้นที่ในการติดตั้ง และอายุการใช้งาน เป็นต้น

เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง หรือ อะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous silicon) เป็นชนิด

ของเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด และยังมีราคาแพงเมื่อทำการติดตั้ง แต่จัดเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมในการนำมาใช้กับงานสถาปัตยกรรม เนื่องจากมีความยืดหยุ่นในด้านการออกแบบ โดยตัวเซลล์ที่มีลักษณะที่สามารถติดตั้ง ปรับเปลี่ยนรูปทรงได้หลากหลาย และดูกลมกลืนแสงได้ดีกว่า ซึ่งต่างจากชนิดที่เป็นผลึกที่มีลักษณะแข็ง ทำให้ยากต่อการนำมาปรับใช้กับงานสถาปัตยกรรม ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางเป็นตัวแปรในการทำวิจัย โดยผลการวิจัยจะทำให้ทราบถึงความเป็นไปได้ในการออกแบบร่วมกับงานสถาปัตยกรรม และการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุน การบริหารจัดการร่วมกับอาคาร และประเมินผลประสิทธิภาพของพลังงานที่ได้รับ กับการลงทุน เพื่อให้เกิดผลตอบแทน และเกิดความคุ้มค่ามากที่สุด

2. ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีด้านเซลล์แสงอาทิตย์

2.1.1 เซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaics: PV หรือ Solar cell)

เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนแสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (DC) กระแสไฟฟ้าที่เกิดจากเซลล์จะถูกเก็บไว้ในแบตเตอรี่ หรือใช้กับเครื่องไฟฟ้าโดยตรง แต่เครื่องไฟฟ้าส่วนใหญ่จะใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ดังนั้น กระแสไฟที่ได้จากเซลล์จึงต้องนำมาแปลงก่อน นำไปใช้ยังอาคารต่าง ๆ (ชานานู บุญญาพุทธิพงศ์, 2549)

2.1.2 ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ส่วนใหญ่ทำจากสารที่มีอยู่มากในธรรมชาติ คือ ซิลิคอน (silicon) สามารถแบ่งชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ตามลักษณะของ

การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุน และทัศนคติของการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบาง เพื่อการออกแบบทางสถาปัตยกรรม ศรัณย์ ทรรศนกุลพันธ์ และ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรณ

ผลึกที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

1. เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกเดี่ยว (single crystalline silicon) มีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้าสูงที่สุด คือ ร้อยละ 15-24 มากกว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่น ๆ แต่มีราคาค่อนข้างแพง

2. เซลล์แสงอาทิตย์แบบผลึกผสม (poly crystalline silicon) มีประสิทธิภาพรองมาจากแบบผลึกเดี่ยว คือ ประมาณร้อยละ 10-17

3. เซลล์แสงอาทิตย์แบบอสัณฐาน (Amorphous silicon, thin film) ลักษณะเป็นฟิล์มบาง ไม่มีลวดลาย มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด คือ ประมาณร้อยละ 8-13 มีราคาถูก แต่จะมีราคาแพงเมื่อเป็นชนิดอ่อนที่สามารถติดตั้งได้

2.2 ทฤษฎีการประยุกต์ และทฤษฎีการนำเซลล์แสงอาทิตย์ในงานสถาปัตยกรรม

การนำเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์มาเป็นส่วนหนึ่งของอาคาร (Building-Integrated Photovoltaics: BIPV) โดยการติดตั้งส่วนภายนอกอาคาร เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า การใช้ BIPV ส่วนใหญ่ มี 3 หลักการ คือ

1. sloped roof เป็นการนำเซลล์แสงอาทิตย์ภายนอกอาคารในลักษณะจัดวางตามแนว slope บนหลังคาของอาคารสิ่งก่อสร้าง

2. flat roof เป็นการนำเซลล์แสงอาทิตย์จำนวนมากติดตั้งภายนอกอาคาร หรือบริเวณนอกอาคาร เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าในปริมาณที่มากกว่าแบบ sloped roof

3. facade special applications เป็นการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาเป็นส่วนหนึ่งของอาคาร โดยการทำในลักษณะเป็นผิวของอาคารในแนวตั้งฉาก (พรทิพย์ สมฤทธิ และพรทิณีย์ เอ็มมัส, 2550, น. 19-21)

2.3 การศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุน

ระยะเวลาคืนทุน (pay back period) คือ ระยะเวลาที่กระแสเงินสดรับเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายลงทุน การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนจะมองที่กระแสเงินสดรับ ไม่ใช่ตัวกำไร หรือขาดทุนของกิจการ โดย ณ จุดที่ผลสะสมของกระแสเงินสดรับเท่ากับเงินลงทุนในครั้งแรก คือระยะเวลาคืนทุน

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 การวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ในการลงทุน และทัศนคติของการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางกับการออกแบบทางสถาปัตยกรรม

เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (qualitative research) โดยข้อมูลที่ได้จะมาจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้การสัมภาษณ์จากหลาย ๆ ฝ่าย รวมทั้งหมด 18 ท่าน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก คือ

1. กลุ่มวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและก่อสร้าง ซึ่งประกอบไปด้วย

1) สถาปนิก	3 ท่าน
2) วิศวกรไฟฟ้า	3 ท่าน
3) ผู้รับเหมา	3 ท่าน
2. กลุ่มผู้ประกอบการ	9 ท่าน

โดยใช้การวิเคราะห์จากบทสัมภาษณ์แบ่งเป็น 3 หมวดดังนี้

หมวดที่ 1	ด้านพลังงานทดแทน
หมวดที่ 2	ด้านเซลล์แสงอาทิตย์กับอาคารสถาปัตยกรรม
หมวดที่ 3	ความคุ้มค่าทางการลงทุน

3.2 การวิเคราะห์ด้านการเงิน

เป็นการวิจัยเชิงประเมินผล (evaluation research) โดยคำนวณด้วยโปรแกรม PVsyst จาก

กรณีศึกษาอาคารตัวอย่าง เพื่อให้ได้ข้อมูลในการวิเคราะห์ทางการเงิน ต้นทุนของโครงการ และระยะเวลาคืนทุนสำหรับการศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนของโครงการ

4. สรุปผลการวิจัย

4.1 การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม PVsyst

ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณพลังงานด้วยโปรแกรม PVsyst ที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางขนาดพื้นที่ 1,020 ตารางเมตร ราคาเซลล์แสงอาทิตย์ 300 บาทต่อวัตต์ ติดตั้งกับกรอบอาคารด้วยมุม 90 องศาจากระนาบพื้นโลก ผลของพลังงานที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมคือ 66,635 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อปี โดยมีต้นทุนค่าใช้จ่ายทั้งหมดเป็นเงิน 34,556,703 บาท เฉลี่ยปีละ 4,629,858 บาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 8 ปี

4.2 การวิเคราะห์บทสัมภาษณ์

การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสัมภาษณ์เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยมีกลุ่มเป้าหมายเป็นบุคคลที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนของการออกแบบทางสถาปัตยกรรม และเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อแสดงให้เห็นถึงแนวความคิดต่าง ๆ จากหลาย ๆ ฝ่ายที่มีความเห็นในแนวทางการประยุกต์เซลล์แสงอาทิตย์กับการออกแบบทางสถาปัตยกรรมในอนาคต สามารถสรุปปัจจัยที่เกี่ยวข้อง แบ่งออกเป็น 6 ปัจจัย ดังนี้

1. แนวโน้มการใช้พลังงานทดแทน
2. เซลล์แสงอาทิตย์กับความเหมาะสมของสภาพแวดล้อมของประเทศไทย
3. ประเภทของเซลล์แสงอาทิตย์
4. การออกแบบทางสถาปัตยกรรม
5. ความคุ้มค่าทางการเงิน

6. ภาพลักษณ์ขององค์กร

ข้อมูลที่ได้สามารถแสดงให้เห็นถึงความคิดเห็น และทัศนคติของบุคคลจากหลาย ๆ ฝ่ายที่มีความเห็นทั้งตรงกัน และแตกต่างกัน รวมไปถึงช่องว่าง และแนวโน้มของการลงทุนในการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์กับการออกแบบทางสถาปัตยกรรม

ผู้วิจัยได้ทำการเรียบเรียง และสรุปข้อมูลที่ได้จากผู้ให้สัมภาษณ์ ดังนี้

1. ผู้ให้สัมภาษณ์ทั้งหมด 18 ท่าน เห็นด้วยกับแนวโน้มการพัฒนา และเลือกใช้พลังงานทดแทนในอนาคต โดยสรุปข้อมูลได้ว่า พลังงานที่ใช้ในปัจจุบันลดน้อยลง เป็นผลทำให้ปัจจุบันกระแสพลังงานทดแทนมีผลมากขึ้น โดยในวงการสถาปัตยกรรมจะมีกระแสอาคารเขียว ที่สามารถเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยลดการใช้พลังงานลงได้ ทั้งในส่วนของ การออกแบบ การเลือกวัสดุที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม หรือการออกแบบอาคารที่สามารถใช้พลังงานหมุนเวียนในอาคารเองได้ ดังนั้น แนวโน้มการใช้พลังงานทดแทนจะมีมากขึ้นเรื่อย ๆ และจะเกิดการพัฒนาควบคู่ไปกับรูปแบบสถาปัตยกรรมที่จะมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อเป็นอาคารอนุรักษ์พลังงานในอนาคต

2. ผู้ให้สัมภาษณ์ทั้งหมด 18 ท่าน เห็นด้วยกับการเลือกใช้พลังงานทดแทนประเภทเซลล์แสงอาทิตย์กับประเทศไทย โดยสรุปข้อมูลได้ว่า พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทดแทนของประเทศไทยที่มีประสิทธิภาพสูง เพราะเนื่องจากเป็นประเทศในเขตร้อนชื้น ทำให้มีปริมาณแสงอาทิตย์อยู่ค่อนข้างมาก การนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้กับสภาพแวดล้อมของประเทศไทยจึงเป็นการใช้แสงอาทิตย์ที่มีอยู่มากให้ได้เป็นประโยชน์สูงสุด

3. ผู้ให้สัมภาษณ์ทั้งหมด 18 ท่าน เห็นด้วย

กับการเลือกใช้ประเภทเซลล์แสงอาทิตย์เป็นหนึ่งในปัจจัยในการออกแบบ และการใช้งาน โดยสรุปข้อมูลได้ว่า คุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์เป็นสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึง โดยในแง่ของการออกแบบจะดูในส่วนของคุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์เมื่อติดตั้งเข้ากับอาคาร และการปรับใช้กับการออกแบบ หากเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดใดที่มีคุณสมบัติที่เข้ากันได้กับรูปแบบที่หลากหลาย ย่อมเป็นข้อดี และมีโอกาสที่จะใช้พัฒนาต่อควบคู่กับการออกแบบในอนาคตได้ คุณสมบัติของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางจึงเป็นชนิดที่ผู้ให้สัมภาษณ์มีความเห็นสมควรต่อการปรับใช้กับการออกแบบทางสถาปัตยกรรม

4. ผู้ให้สัมภาษณ์ 3 ท่านจาก 18 ท่าน เห็นด้วยกับปัจจัยการออกแบบทางสถาปัตยกรรมมีผลกับการตัดสินใจในการลงทุน โดยสรุปข้อมูลได้ว่า การออกแบบทางสถาปัตยกรรมในปัจจุบันมีความหลากหลายอย่างมาก อันเป็นผลจากเทคโนโลยีที่ทันสมัยขึ้น ทำให้วัสดุการก่อสร้างต่าง ๆ ใช้อำนวยต่อการออกแบบที่พัฒนามากขึ้น ดังนั้น เทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์เป็นเสมือนวัสดุหนึ่งที่จะใช้ประกอบกับการออกแบบ เพื่อเป็นองค์ประกอบหนึ่งของอาคารนั้น ๆ แต่ผู้ให้สัมภาษณ์ที่เหลืออีก 15 ท่านได้เห็นว่าการใช้งานเป็นส่วนที่สำคัญที่สุด การออกแบบเป็นเรื่องรองลงมา โดยการออกแบบที่ดีสำหรับการประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์นั้น ต้องออกแบบให้เป็นอันหนึ่งอันเดียวกันให้ได้ทั้งการใช้งานเป็นอันดับแรก และได้รับความสวยงามเป็นผลพลอยได้ตามมา

5. ผู้ให้สัมภาษณ์ 4 ท่านจาก 18 ท่าน เห็นด้วยกับปัจจัยด้านการเงิน หากไม่คุ้มค่าก็ยินดีที่จะลงทุน โดยสรุปข้อมูลได้ว่า การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์ จะมีเรื่องของกระแสพลังงานทดแทนเข้ามาเกี่ยวข้อง เรื่องของอาคารเขียว ที่มีผลต่อ

วงการทางสถาปัตยกรรม เป็นผลให้สถาปนิก และผู้ประกอบการ ต้องมาร่วมปรึกษาถึงผลตอบแทนที่ได้ ที่จะออกมาในรูปแบบใด เช่น คุ้มค่าในด้านการเงิน ด้านภาพลักษณ์ที่อาคารได้เป็นส่วนหนึ่งของการอนุรักษ์พลังงาน เป็นต้น ส่วนผู้ให้สัมภาษณ์อีก 14 ท่านได้เห็นว่าการศึกษาความเป็นไปได้ทางการเงินของโครงการเป็นส่วนสำคัญในการตัดสินใจลงทุน หากคำนวณออกมาแล้วผลออกมาเป็นไปได้ไม่ได้ โครงการก็จะถูกยกเลิกไป

6. ผู้ให้สัมภาษณ์ 11 ท่านจาก 18 ท่าน เห็นด้วยกับปัจจัยด้านภาพลักษณ์ มีผลกับการตัดสินใจในการลงทุน โดยสรุปข้อมูลได้ว่า ส่วนใหญ่ผู้ประกอบการธุรกิจขนาดเล็ก มักไม่ให้ความสำคัญกับภาพลักษณ์มากนัก เพราะเนื่องจากต้องใช้เงินลงทุนสูง แต่ในส่วนของผู้ประกอบการที่มีธุรกิจขนาดใหญ่ และมีศักยภาพในการลงทุน สามารถที่จะลงทุนเพื่อให้ภาพลักษณ์ขององค์กรดูดีขึ้นได้ ทำให้เพิ่มผลประกอบการได้ ภาพลักษณ์จึงเป็นปัจจัยสำคัญให้กับองค์กร หรือผู้ประกอบการธุรกิจขนาดใหญ่ ที่จะทำให้นักลงทุนเห็นว่าองค์กรได้มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือสังคม อนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เป็นต้น ส่วนผู้ให้สัมภาษณ์อีก 7 ท่านได้เห็นว่าการภาพลักษณ์เป็นเพียงส่วนเสริมขององค์กร ตัวสินค้าและบริการเป็นส่วนที่สำคัญต่อการตัดสินใจมากกว่า

5. ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลจากค้นคว้า และข้อมูลที่ได้สัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญ สรุปได้ว่าการนำเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางเข้ามาประยุกต์ใช้กับอาคารทางสถาปัตยกรรม มีความเป็นไปได้ที่จะลงทุนด้วยศักยภาพของตัวเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดฟิล์มบางที่สามารถตอบรับกับการออกแบบทางสถาปัตยกรรมในรูปแบบต่าง ๆ ได้มากกว่าเซลล์

แสงอาทิตย์ชนิดผลึก แม้ผู้ประกอบการจะเสียเงินลงทุนไปกับชนิดฟิล์มบางเพิ่มขึ้น มีประสิทธิภาพที่ต่ำกว่า หรือมีระยะเวลาคืนทุนที่ยาวนาน ผู้ประกอบการก็ยังตัดสินใจที่จะลงทุน เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกมักติดตั้งในส่วนของหลังคา หรือดาดฟ้า ทำให้ไม่สามารถมองเห็นจากพื้นที่นอกอาคารได้ แต่ในส่วนของชนิดฟิล์มบางที่สามารถดูดกลืนแสงจากมุมต่าง ๆ ได้ดีกว่า จึงสามารถติดตั้งเข้ากับกรอบอาคาร ทำให้ผู้คนทั่วไปสามารถมองเห็นจากภายนอกอาคารได้ เป็นผลให้อาคารนั้นมีคุณค่าทางภาพลักษณ์ที่ดีต่อการอนุรักษ์พลังงาน ทั้งนี้ การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์กับอาคารสถาปัตยกรรมในอนาคต ควรจะมีการผสมผสานระหว่างเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิด โดยออกแบบให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของเซลล์แต่ละชนิด เพื่อให้ได้ทั้งประสิทธิภาพที่ได้รับ และด้านการออกแบบควบคู่ไปด้วยกัน

References

- ชำนาญ บุญญาพุทธิพงศ์. (2549). *Photovoltaic*. สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2555, จาก <http://home.kku.ac.th/bchumn/integrate/pv.html>.
- ธีรยุทธ์ เจนวิทยา. (2554). แนวโน้ม และประสิทธิภาพระบบเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย. *วิศวกรรมไฟฟ้าปี 50 มจร.*, 54-55.
- บรรจบ สุขประภาภรณ์. (2552). *พลังงานไฟฟ้า จากแสงอาทิตย์และการออกแบบระบบโซลาเซลล์*. เชียงราย: มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงราย.
- พิพัฒน์ นนทธารณ์. (2553). *Corporate Social Responsibility Management*. นนทบุรี: บริษัท ริงค์ บียอนด์ บู้คส์ จำกัด.
- พรทิพย์ สมฤทธิ์ และพรทิณีย์ เอมมัส. (2550). *การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้เซลล์แสงอาทิตย์มาเป็นส่วนหนึ่งของอาคารเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าแบบเชื่อมต่อกับสายส่ง*. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาพลังงานทดแทน, มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.
- ไพบุลย์ ช่วงทอง และศุภารีย์ บุญมานันท์. (2555). *นโยบายพลังงานหมุนเวียนในประเทศไทย*. สืบค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2555, จาก <http://www.thaiastroboy.wordpress.com/นโยบายพลังงานหมุนเวียน>.
- มณฑาสินี หอมหวาน. (2553). พลังงานทดแทน พลังงานทางเลือกใหม่สำหรับอนาคต. *Executive Journal*, 100-101.
- Coonen, S. (2007). *Building Integrated Photovoltaics*. Oak Ridge.
- Markvant, T., & Castaner, L. (2005). *Solar Cell. Material, Manufacture and Operation*. Kinglington, Oxford: Elsevier.
- Mermoud, A., & Viloz, M. (n.d.). *PVsyst photovoltaic software*. From <http://www.pvsyst.com/en/>
- The Sustainability Project. (2001). *Energy Harvesting and Efficiency*. California.

คุณสมบัติของซีเมนต์บอร์ดที่ผสมเกล็ดและเส้นใยพลาสติก PET รีไซเคิลสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานอาคาร

Performance of Cement Board Made with Recycled PET Plastic Fiber and Flake for Applications in Building

ณรงค์ฤทธิ์ พิพัฒน์กิตติราช¹ และ ดร. ภูษิต เลิศวัฒนารักษ์²

Narongrit Pipatkittiraj¹ and Pusit Lertwattanaruk, Ph.D.²

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: pipat.narongrit@gmail.com¹, lertwatt@gmail.com²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติของซีเมนต์บอร์ดที่มีส่วนผสมของมอร์ตาร์และพลาสติก PET รีไซเคิลสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานอาคาร ในปัจจุบันปริมาณขยะมีเพิ่มขึ้นทุกวัน ส่งผลให้พื้นที่สำหรับการกำจัดขยะไม่เพียงพอ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาการจัดการขยะและปัญหาสิ่งแวดล้อมจากปริมาณขยะทั้งหมด ขยะหลายประเภทสามารถนำกลับมารีไซเคิล (Recycle) ได้ สำหรับขยะประเภทพลาสติกที่สามารถรีไซเคิลได้ทั้งหมดนั้น มีจำนวนเพียงไม่เกินร้อยละ 20 ถูกนำกลับเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล ส่วนที่เหลือจะถูกกำจัดด้วยวิธีฝังกลบหรือเผาเพื่อทำลาย ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พลาสติกประเภท PET เป็นพลาสติกที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย และมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนกันความร้อนในระดับที่ดี การนำพลาสติกประเภทนี้มาใช้เป็นส่วนผสมของวัสดุก่อสร้งสำหรับงานผนังอาคาร จะช่วยลดการใช้พลังงานในการปรับอากาศในอาคารได้ งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์ซีเมนต์บอร์ดซึ่งผลิตจากมอร์ตาร์ที่ผสมเกล็ด และเส้นใยพลาสติก PET ในสัดส่วนต่างๆ โดยปริมาตรของวัสดุผสมทั้งหมด เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกล และการเป็นฉนวนกันความร้อนตามมาตรฐานอุตสาหกรรมโดยทำการเปรียบเทียบกับซีเมนต์บอร์ดที่มีขายทั่วไป

Abstract

This research aims to study the properties of the cement boards made with a mixture of mortar and recycled PET plastic for use in building. Volumes of wastes are increasing every day. As a result, there is not enough space for disposal, which contributes to the problem of waste management and environmental issues. For all wastes, various types of waste can be recycled. Some types of plastic wastes can be totally recycled, but less than 20 percent of them were recycled in the recycling process. The rest of them have been disposed in landfills or by incineration which has an impact on the environment. PET plastic is a plastic that is widely used, and has good thermal insulation properties. Use of PET plastic as a mixture of

material for wall construction will reduce energy consumption for air conditioning in buildings. This research studied the cement board products made from mortars mixed with PET flakes and fibers in various mix proportions by volume of total materials to develop a product with physical, mechanical and thermal insulation properties comparable to industry standards of cement board products sold in the market.

คำสำคัญ (Keywords): ค่าต้านทานความร้อน (Thermal Resistance), มอร์ตาร์ (Mortar), พลาสติก PET (PET Plastic), คุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Properties), คุณสมบัติเชิงกล (Mechanical Properties)

1. บทนำ

ปัจจุบันในสังคมทุนนิยมเน้นการเสริมสร้างการบริโภคให้มากขึ้น การตอบสนองจากผู้บริโภคนั้นเป็นไปตามความต้องการของผู้ผลิตจากประชากรที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องนั้น นอกจากทำให้ทรัพยากรที่มีถูกใช้มากขึ้น ปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้นนั้นก่อให้เกิดปัญหาต่อสังคมมากขึ้นจากการกระบวนการกำจัดขยะ

ดังนั้น การนำขยะมาแปรรูปเพื่อกลับมาใช้ด้วยการใช้พลังงานที่น้อยลงจะเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานไปพร้อม ๆ กัน สอดคล้องกับนโยบายวิจัยของชาติฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2545-2549) โดยสำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ด้วยเรื่องพลังงานทดแทนและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพที่ต้องการลดการนำเข้าพลังงาน การใช้ทรัพยากรในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุดและความมั่นคงในการมีพลังงานใช้ภายในประเทศ นอกจากนี้ ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมฉบับที่ 9 ได้มีการวางนโยบายการบริหารและกำจัดขยะในชุมชนขึ้นโดยเน้นที่การนำขยะที่มีศักยภาพกลับมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุดส่วนหนึ่งและเรื่องการลดปริมาณขยะที่จะต้องนำไปกำจัดให้เหลือน้อยที่สุด ดังนั้น การศึกษาวัสดุเหลือใช้หรือขยะเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับงานอาคารได้

อย่างมีประสิทธิภาพนั้นสอดคล้องกับแผนยุทธศาสตร์เทคโนโลยีวัสดุแห่งชาติ (พ.ศ. 2550-2559) ที่สนับสนุนให้มีการสร้าง “วัสดุเทคโนโลยี” ที่ใช้พลังงานในการผลิตต่ำ ต้นทุนต่ำและตอบสนองการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ, 2550)

1.1 วัตถุประสงค์

- 1) ศึกษาคุณสมบัติของซีเมนต์บอร์ดผสมเกล็ดและเส้นใยพลาสติก PET (Polyethylene Terephthalate) ที่ได้มาจากกระบวนการรีไซเคิล
- 2) เปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างซีเมนต์บอร์ดผสมเกล็ดและเส้นใยพลาสติก PET รีไซเคิลกับซีเมนต์บอร์ดโดยทั่วไปที่ใช้ประกอบผนังอาคาร
- 3) ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับระบบปรับอากาศของอาคารที่ใช้ผนังซีเมนต์บอร์ดผสมเกล็ด และเส้นใยพลาสติก PET รีไซเคิลเป็นผนังกับอาคารที่ใช้ซีเมนต์บอร์ดโดยทั่วไป
- 4) เสนอแนวทางการปรับปรุงคุณสมบัติและการนำไปใช้เป็นผนังอาคารของซีเมนต์บอร์ดผสมเกล็ดและเส้นใยพลาสติก PET รีไซเคิลให้เกิดประสิทธิภาพ

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้ได้นำเกล็ดและเส้นใยพลาสติก PET ที่ได้มาจากกระบวนการรีไซเคิลขวดพลาสติก PET ในโรงรีไซเคิลในจังหวัดปทุมธานีและเส้นใยจากจังหวัดอ่างทอง นำมาผสมมอร์ตาร์เพื่อพัฒนาแล้วหาคุณสมบัติของซีเมนต์บอร์ดที่ผสมพลาสติก โดยใช้อัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์ที่ 0.55 (Wang & Mayer, 2012) สัดส่วนร้อยละการแทนที่เกล็ดพลาสติกที่ 5-15 โดยปริมาตร (Reis & Carneiro, 2011) และสัดส่วนร้อยละการแทนที่ทรายด้วยเส้นใยพลาสติกที่ 0.5-1.5 โดยปริมาตร (Ochi, Okubo & Fukui, 2007)

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เป็นแนวทางในการใช้วัสดุเหลือใช้ลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและเป็นการกำจัดขยะที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยลง
- 2) ได้ข้อมูลเปรียบเทียบคุณสมบัติของผนังซีเมนต์บอร์ดชนิดใหม่ที่ใช้วัสดุเหลือใช้เป็นส่วนประกอบกับผนังซีเมนต์บอร์ดทั่วไปเพื่อนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพในการก่อสร้าง
- 3) สร้างค่านิยมและมาตรฐานการใช้ผนังซีเมนต์บอร์ดชนิดใหม่ที่ลดต้นทุนการก่อสร้างและลดปริมาณขยะ
- 4) แนวทางการพัฒนาวัสดุนำกลับมาใช้ใหม่ที่ลดต้นทุนการผลิตและมีประสิทธิภาพ

2. ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

2.1 การศึกษาพลาสติกประเภท PET และ

คุณสมบัติด้านต่างๆ

เกล็ดพลาสติก PET รีไซเคิล เป็นพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก พลาสติกชนิดนี้มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นลักษณะโซ่ตรงยาว การเชื่อมต่อกันของโซ่โพลีเมอร์ต่ำ ความหนาแน่นจึง

ต่ำและสามารถหลอมเพื่อขึ้นรูปนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เป็นที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 78 ในวงการอุตสาหกรรมพลาสติก PET ถูกเป็นวัสดุในการผลิตบรรจุภัณฑ์ ขยะประเภทขวดพลาสติกจึงเกิดขึ้นมาก เกิดในกระบวนการกำจัดขยะนั้นขวดพลาสติก PET จะสามารถนำกลับเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลได้ในกระบวนการรีไซเคิลขั้นแรกขวดพลาสติกจะถูกโม้และล้างทำความสะอาด ออกมาเป็นเกล็ดพลาสติกที่มีราคาตามท้องตลาดประมาณ 30 บาท/กก. จะเข้าไปสู่กระบวนการรีไซเคิลเป็นเส้นใยพลาสติกในต่อมามูลค่าจะเพิ่มมากขึ้นจากแบบเกล็ดอยู่ที่ 100 บาท/กก. นอกจากนี้ ยังมีการนำไปใช้ประกอบในส่วนผสมกับคอนกรีตสำหรับโครงสร้างอาคารเพื่อเพิ่มความแข็งแรง (Ochi, Okubo & Fukui, 2007)

2.2 การศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของซีเมนต์

การศึกษาคุณสมบัติทั่วไปของซีเมนต์สามารถแบ่งออกเป็น การศึกษาส่วนประกอบของซีเมนต์และศัพท์ที่เกี่ยวข้อง (ชัชวาล เศรษฐบุตร, 2544) ซีเมนต์เพสต์ (Cement Paste) หมายถึง สารเคมีอื่นๆ นอกเหนือไปจาก ปูนซีเมนต์ วัสดุมวลรวม และน้ำ เพื่อปรับเปลี่ยนสมบัติบางประการของคอนกรีต มอร์ตาร์ (Mortar) หมายถึง สิ่งที่ได้จากการผสมปูนซีเมนต์กับน้ำ และวัสดุมวลรวมหรืออาจมีสารผสมเพิ่ม และคอนกรีต (Concrete) หมายถึง ส่วนผสมของมอร์ตาร์กับหินกรวดรวมทั้งสารผสมเพิ่มถ้ามี

2.3 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และ

เชิงกลเบื้องต้นของผลิตภัณฑ์ซีเมนต์บอร์ด

ซีเมนต์บอร์ด เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับการก่อสร้างซึ่งมีน้ำหนักเบา นิยมนำมาใช้เป็นผนังเบา (Light Weight Wall) การผลิตโดยทั่วไป

จะนำเศษซีเมนต์มาอัดแล้วนำไปผสมกับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ซีเมนต์ปอร์ตได้รวมคุณสมบัติซีเมนต์เพสต์และไม่เข้าด้วยกัน ทำให้มีความทนทานต่อสภาพอากาศภายนอกได้ดีและความหนาแน่นโดยรวมของวัสดุนั้นต่ำลง ทำให้ความสามารถในการนำความร้อน (ค่า k) ของซีเมนต์ปอร์ตนั้นมีค่าต่ำลงอยู่ที่ต่ำกว่า 0.1 W/m°C รวมทั้งการป้องกันเสียงที่ดี

2.4 ผลิตภัณฑ์เมมต์ผสมโพลีเมอร์สังเคราะห์

การศึกษางานวิจัยผลิตภัณฑ์ประเภทคอนกรีต ที่มีวัสดุผสมรวมละเอียดทำจากขวดโพลีเอทิลีน เทอร์พธะธาเลตรีไซเคิล ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำและไม่ดูดซึมน้ำ เมื่อใช้โพลีเอทิลีน เทอร์พธะธาเลตแทนที่ในวัสดุผสมรวมละเอียดด้วย ส่งผลให้ค่าการไหลเพิ่มขึ้นในขณะที่กำลังรับแรงอัดลดลงตามลำดับสัดส่วนดังกล่าว การดูดซึมน้ำต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าตัวอย่างควบคุมที่ไม่มีการแทนที่ในวัสดุผสมรวมด้วยโพลีเอทิลีน เทอร์พธะธาเลต เมื่อผสมโพลีเอทิลีน เทอร์พธะธาเลตแทนที่ในวัสดุผสมรวมที่อัตราส่วนร้อยละ 40 หรือ 60 โดยปริมาตร ความสามารถในการรับแรงอัดกับคอนกรีตที่มีโพลีเอทิลีน เทอร์พธะธาเลตแทนที่ในวัสดุผสมรวมนั้นมีค่าลดลง นอกจากนี้ประสิทธิภาพโครงสร้าง (อัตราส่วน ความแข็งแรง/ความหนาแน่น) ของคอนกรีตที่มีโพลีเอทิลีน เทอร์พธะธาเลตแทนที่ในวัสดุผสมรวมเป็นอัตราส่วนร้อยละ 25 โดยปริมาตรมีค่าสูงขึ้น (Choi, Moonb, Chungc & Chod, 2009) นอกจากนี้การผสมพลาสติก PET รีไซเคิลในลักษณะเส้นใยที่มีความยาว 30 มม.ด้วยการแทนที่ในทรายโดยปริมาตรส่งผลให้คอนกรีตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในการรับแรงอัด แรงดัดโค้ง (Bending Strength) ค่าการดูดซับพลังงาน (Absorbed Energy) และค่าความแกร่ง (Toughness Index)

เพิ่มมากขึ้นตามลำดับเช่นกันในผลิตภัณฑ์คอนกรีต (Ochi, Okubo & Fukui, 2007)

การประเมินมอร์ตาร์โพลีเมอร์ (มอร์ตาร์ที่มีโพลีเมอร์เป็นวัสดุผสมรวม) มีการศึกษามอร์ตาร์ที่ใช้พลาสติกโพลีเอทิลีน เทอร์พธะธาเลตหรือภาชนะบรรจุเครื่องดื่มทดแทนวัสดุผสมรวมในมอร์ตาร์ โดยน้ำหนักมวลทดแทนบางส่วนสำหรับมวลของเสียนในวัสดุคอมโพสิต สามารถช่วยปรับปรุงค่าโมดูลัสความยืดหยุ่นและการอัดของความยืดหยุ่นได้ดีขึ้น นอกจากการเพิ่มขึ้นของความเหนียวและแรงอัดเพิ่มขึ้นตามอัตราทดแทนที่วัสดุผสมรวมด้วยขยะพลาสติก การจัดการพลาสติกโพลีเอทิลีนเทอร์พธะธาเลตเพื่อนำไปรีไซเคิลและช่วยลดปริมาณขยะเพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม (Reis & Carneiro, 2011)

3. ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 การทดสอบมอร์ตาร์ที่นำมาใช้ในการผลิตซีเมนต์ปอร์ต

การทดสอบมอร์ตาร์ครั้งนี้ได้กำหนดรูปแบบตามมาตรฐาน ASTM C 20-00 (2010) ASTM C109 เพื่อหาค่าปริมาตรของวัสดุ (Volumes) ปริมาตรของรูพรุนอากาศ (Volumes of Open Pores) ปริมาตรของส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (Volumes of Impervious Portions) ค่าความพรุน (Apparent Porosity) ค่าความสามารถในการดูดซึมน้ำ (Water Absorption) และค่าความหนาแน่น (Bulk Density) และค่าการนำความร้อนตามมาตรฐาน JIS R 2618

3.2 การทดสอบแผ่นซีเมนต์ปอร์ตผสมเกล็ดและเส้นใยพลาสติก PET

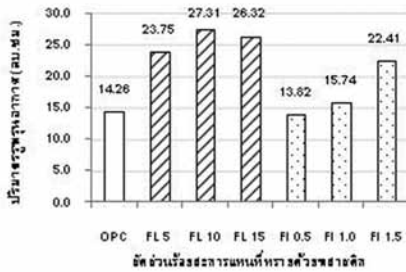
การทดสอบแผ่นซีเมนต์ปอร์ตตัวอย่างนั้นได้กำหนดการทดสอบตามมาตรฐาน ASTM C

1185-08 และพิจารณาการผ่านเกณฑ์ด้วย
มาตรฐาน ASTM C 1186-08

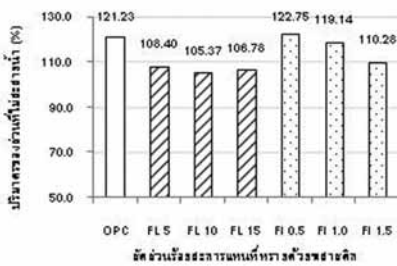
4. ผลการวิจัย

4.1 คุณสมบัติทางกายภาพมอร์ตาร์และแผ่น
ซีเมนต์บอร์ดผสมพลาสติก PET

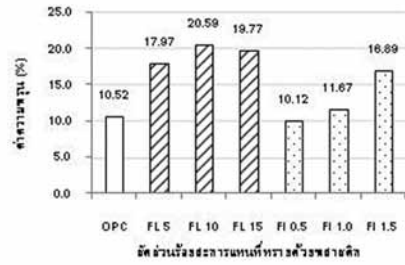
ผลการทดสอบคุณภาพได้ผลตามรูปที่ 1-8 พบว่า มอร์ตาร์ที่ผสมเกล็ดพลาสติกมีปริมาตรรูพรุนอากาศ ค่าความพรุน และความสามารถในการดูดซึมน้ำในปริมาณที่มากกว่ามอร์ตาร์ที่ผสมเส้นใยพลาสติก ในขณะที่ปริมาตรของส่วนที่ไม่ละลายน้ำ และค่าความหนาแน่นของมอร์ตาร์ที่ผสมเกล็ดพลาสติกมีปริมาณที่น้อยกว่า เนื่องมาจากลักษณะรูปทรงของเกล็ดพลาสติกที่ทำให้เกิดช่องว่างภายในมอร์ตาร์มากกว่าเส้นใยพลาสติก ความหนาแน่นของวัสดุจึงน้อยกว่าและส่งผลกระทบต่อตัวแปรตามอื่น



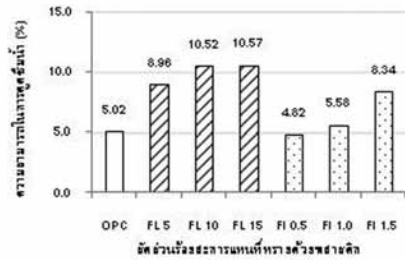
รูปที่ 1 ปริมาตรรูพรุนอากาศ



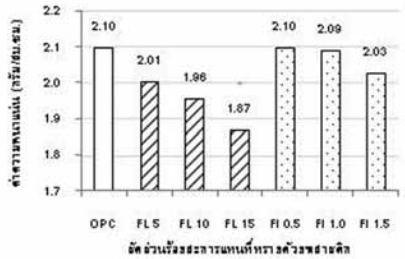
รูปที่ 2 ปริมาตรส่วนที่ไม่ละลายน้ำ



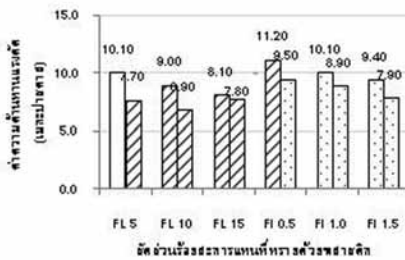
รูปที่ 3 ค่าความพรุน



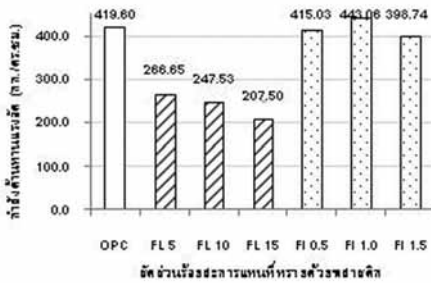
รูปที่ 4 ความสามารถในการดูดซึมน้ำ



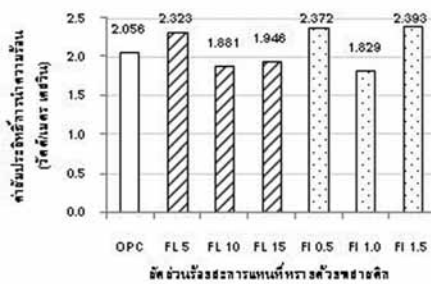
รูปที่ 5 ค่าความหนาแน่น



รูปที่ 6 ค่าความต้านทานแรงดัด



รูปที่ 7 กำลังต้านทานแรงอัด



รูปที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

5. สรุปผลการศึกษาวิจัย

จากการทดลองและวิจัยเพื่อพัฒนาซีเมนต์บอร์ดที่ผสมเกล็ดและเส้นใยพลาสติก PET รีไซเคิล พบว่า การผสมพลาสติก PET ในลักษณะเกล็ดเข้าไปแทนที่ในวัสดุผสมมวลรวมนั้นก่อให้เกิดปริมาตรของรูพรุนอากาศ และค่าความพรุนมากกว่าซีเมนต์บอร์ดที่ผสมพลาสติกในลักษณะเส้นใย จึงทำให้ความหนาแน่นของซีเมนต์บอร์ดที่ผสมเกล็ดพลาสติกมีความหนาแน่นต่ำกว่า ซึ่งความหนาแน่นนั้นส่งผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน

References

ชัชวาล เศรษฐบุตตร. (2544). *คอนกรีตเทคโนโลยี*. กรุงเทพฯ: บริษัท ผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง จำกัด.

Albano, C., Camacho, N., Hernández, M., Matheus, A. & Gutiérrez, A. (2009). Influence of content and particle size of waste pet bottles on concrete behavior at different w/c ratios. *Waste Management*, 29(1), 2707–2716.

Wang, R. & Meyer, C. (2012). Performance of cement mortar made with recycled high impact polystyrene. *Cement & Concrete Composites*, 34(1), 975–981.

Ochi, T., Okubo, S. & Fukui, K. (2007). Development of recycled PET fiber and its application as concrete-reinforcing fiber. *Cement & Concrete Composites* 29(2), 448–455.

Reis, J. M. L. & Carneiro, E. P. (2011). Evaluation of PET waste aggregates in polymer mortars. *Construction and Building Materials*, 27(1), 107-111.

Choi, Y. W., Moon, D. J., Chung, J. S. & Chod, S. K. (2009). Characteristics of mortar and concrete containing fine aggregate manufactured from recycled waste polyethylene terephthalate bottles. *Construction and Building Materials*, 23(1), 2829–2835.

การศึกษาลักษณะของแสงชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อการมองเห็นของคนไทย

The Effects of Lighting Characteristics on Visual Performance of Thai People

ศศวรรณ กิ่งแก้ว¹, ดร. ชนิกันต์ ยิ้มประยูร² และ นวนวรรณ ทวยเจริญ³
Sasawan Kingkaew¹, Chanikarn Yimprayoon, Ph.D.² and Nuanwan Tuaijaroen³

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
E-mail: k.sasawan@gmail.com¹, arccks@ku.ac.th², nuanwan@gmail.com³

บทคัดย่อ

หลอดไฟแอลอีดี (LED) นั้นได้ถูกพัฒนาสำหรับใช้ในการส่องสว่างบ้านและอาคารสำนักงานมาหลายปี โดยประโยชน์ที่ถือเป็นจุดเด่นของการใช้หลอด LED นั้นคือการประหยัดพลังงาน ซึ่งเป็นหัวข้อที่มีการศึกษาและได้รับความสนใจมาโดยตลอด อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนั้นยังไม่มีการศึกษาในเรื่องของอิทธิพลของหลอด LED ต่อศักยภาพในการมองเห็นในคนเชื้อชาติไทย ซึ่งมีการมองเห็นแตกต่างจากชนชาติตะวันตก โดยเป็นการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ กับหลอดไฟที่ใช้โดยทั่วไปในครัวเรือนปัจจุบัน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาศักยภาพในการมองเห็นของคนไทยจากหลอด LED เทียบกับหลอดไฟ Incandescent ที่ใช้ทั่วไปในครัวเรือนโดยใช้มาตรวัดทั้งทางจิตวิทยาและทางกายภาพ ในการศึกษาครั้งนี้ปัจจัยที่นำมาศึกษา ได้แก่ ค่าการส่องสว่าง (Illuminance) ของหลอดไฟ และประเภทของหลอดไฟ โดยจะมีการวัดอิทธิพลโดยวิธีการ Numerical Verification Test (NVT) รวมไปถึงการวัดความรู้สึกที่เกิดขึ้นจากการส่องสว่าง (Semantic Differential Method) ดังกล่าว การทดลองต่าง ๆ ได้ทำในห้องมืด โดยมีผู้เข้าร่วมทดลองที่มีสายตปกติ มีอายุระหว่าง 20-40 ปี ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าเมื่อเทียบกับหลอด Incandescent หลอด LED สามารถให้ทดแทนกันได้ในเรื่องของศักยภาพในการมองเห็น และโดยเฉพาะในแง่ของความรู้สึกที่เกิดขึ้นในสภาพการส่องสว่างนั้นการใช้หลอด LED ให้ศักยภาพที่ดีกว่าในหลาย ๆ ประเด็น

Abstract

Light Emitting Diodes (LEDs) have been developed for use in home and office lighting for many years. The most known advantages of LEDs are energy efficiency and long lifetime in which most studies concentrated on. However, there are lacks of study on light quality and visual performance of LEDs compare to more common indoor lighting for Thai people. This study is intended to evaluate the visual performance using physiological and psychological measurements of LED replacement bulb in comparison with normal incandescent bulb. Illuminance and lamp types are two parameters for independent and dependent variables in

this experiment: whereas methods of measurement are Numerical Verification Test (NVT) and Semantic Differential method. The result shows that using LED can be replaced incandescent lamp in terms of visual performance. Especially, it can be concluded that LED has better performance than incandescent in terms of subjective sensation in several aspects.

คำสำคัญ (Keywords): แสงสว่างภายในอาคาร (Interior Lighting), ความสว่าง (Illuminance), ชนิดหลอดไฟ (Lamp Type), การมองเห็น (Reading Performance), คนไทย (Thai People)

1. บทนำ

ในอดีต มีการคิดค้นหลอดไฟ LED เพื่อการใช้งานด้านต่าง ๆ มายาวนานแล้ว เช่น ไฟโฆษณา ไฟแสดงสถานะ (Indicator light) และไฟตกต่างต่าง ๆ แต่การพัฒนาหลอดไฟ LED เพื่อการให้แสงสว่างในบ้านเรือนและอาคารสำนักงานนั้นเพิ่งได้รับการพัฒนามาเมื่อไม่นานนี้ ซึ่งคุณสมบัติเด่นของหลอดไฟ LED ที่ทุกคนทราบดี คือ ความสามารถในการประหยัดพลังงาน เนื่องจากหลอดไฟ LED ใช้ปริมาณวัตต์น้อย และมีอายุยาวนาน นอกจากนี้ ยังมีข้อดีอีกหลายประการ เช่น ไม่เปลืองรังสี UV และ Infrared ทำให้ลดการเสื่อมสภาพของวัตถุต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ดี การศึกษาถึงเรื่องคุณภาพแสงต่ออิทธิพลของการมองเห็นและใช้งานด้านสายตาของมนุษย์ ยังไม่ค่อยมีผู้ทำการวิจัยมากนักโดยเฉพาะกับคนไทย ซึ่งมีผลวิจัยชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างทางด้าน การมองเห็นระหว่างคนเอเชียกับคนชาติตะวันตก (Miller LK, 1996)

การทดลองนี้ จึงมุ่งเน้นการศึกษาคุณสมบัติของหลอดไฟ LED ต่อความสามารถในการมองเห็น และการรับรู้ความรู้สึก ว่าสามารถใช้ทดแทนหลอดไฟต่าง ๆ ได้จริงหรือไม่ โดยเลือกใช้หลอดยี่ห้อมาตรฐานที่มีขายในประเทศไทย และเป็นยี่ห้อเดียวกัน ทำให้ได้คุณภาพในการผลิต

ใกล้เคียงกัน และมีคุณสมบัติสามารถหรี่แสงได้ ดังนี้

1.1 หลอด Philips Master LED Bulb 8W. (สำหรับใช้แทนหลอดไส้ ขนาด 40W.) ขั้ว E27 (Dimmable)

1.2 หลอด Philips Incandescent ขนาด 100W. ขั้ว E27 (Dimmable)

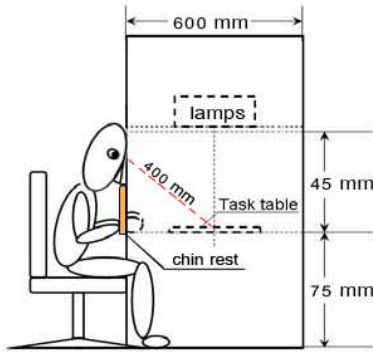


รูปที่ 1 หลอดไฟที่ใช้ในการศึกษา

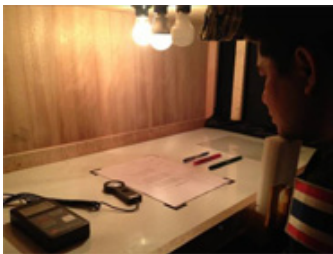
2. วิธีการทดลอง

การทดลองจัดขึ้นที่บริเวณห้องพักชั้น 6 ซึ่งหันหน้าไปด้านทิศตะวันตก ของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และได้มีการควบคุมสภาวะแวดล้อมภายในห้องไม่ให้แสงธรรมชาติจากภายนอกเข้ามากระทบเวลาทำการทดลอง ด้วยการปิดช่องแสงทุกช่องในห้องด้วยกระดาษหนาสีดำและผ้าหนาสีดำ หลังจากนั้นได้มีการสร้างกล่องทดลองขนาด กว้าง-ยาว-สูง 1.20x0.60x1.50 ม. ด้วยไม้โครง

เคร่าและแผ่นไม้อัด โดยติดตั้งหัวหลอดไฟไว้ที่ฝ้าด้านบนความสูงจากโต๊ะที่วางแบบทดสอบประมาณ 0.45 ซม. จากนั้นนำหัวหลอดไฟต่อเข้ากับ Dimmer Switch เพื่อให้สามารถปรับระดับค่าการส่องสว่าง (Illuminance) ของหลอดไฟได้ตามระดับที่ต้องการ และกำหนดระยะห่างของดวงตาจากแบบทดสอบที่ระยะ 0.40 ม. ซึ่งเป็นระยะห่างมาตรฐานในการทดสอบสายตาแบบใกล้ โดยให้ผู้เข้าร่วมทดสอบวางคางบนตำแหน่งที่กำหนด



รูปที่ 2 ขนาดกล่องทดลอง และระยะของการอ่าน



รูปที่ 3 กล่องทดลอง ห้องมืด และการจัดวางอุปกรณ์ทดสอบ

ผู้เข้าร่วมทดสอบเป็นคนสายตาปกติอยู่ในช่วงอายุ 20-40 ปี วุฒิการศึกษาตั้งแต่อนุ-ปริญญาถึงปริญญาโท จำนวนผู้เข้าร่วมทดสอบมีทั้งหมดเพียง 16 คน เนื่องจากการทดลองแต่ละครั้งใช้เวลาค่อนข้างมาก (ประมาณ 40-60 นาทีต่อครั้ง) แบ่งเป็นชายจำนวน 11 คน และหญิง 5 คน ผู้ทดสอบจะต้องเข้ามาในห้องที่ทำการทดลองเพื่อปรับสายตาให้ชินกับความมืดอย่างน้อย 5

นาที และก่อนทำการทดลองจะมีการอธิบายขั้นตอนให้เข้าใจก่อนเริ่มทำการทดลองทุกครั้ง โดยทำการทดลองใช้ตัวแปรต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 ตัวแปรต้นได้แก่ ชนิดหลอดไฟ และค่าการส่องสว่าง

Lamp Type	Illuminance (LUX)
LED	500 LUX
Incandescent	500 LUX
LED	250 LUX
Incandescent	250 LUX
LED	50 LUX
Incandescent	50 LUX

วิธีการวัดผลในการทดลอง แบ่งออกเป็น 2 วิธีการหลัก ๆ ได้แก่ NVT (Numerical Verification Task) ซึ่งเป็นการทดสอบหาประสิทธิภาพด้านความเร็วและความถูกต้องในการอ่าน และ Semantic Differential Method ซึ่งเป็นการทดสอบด้านจิตวิทยาถึงการรับรู้ของคุณภาพแสง

83243	83243
76475	76475
05023	05123
77426	77486

รูปที่ 4 ตัวอย่างแบบทดสอบ NVT เป็นการให้ชุดตัวเลขแบบสุ่ม จำนวน 20 ชุด แล้วให้ผู้ทดสอบจับผิดว่าชุดใดบ้างที่ตัวเลขไม่ตรงกัน และจับเวลาเป็นวินาที

การคิดคะแนน NVT Score ใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\text{Score} = (T - E)100 / (S + 5) \quad (1)$$

โดยกำหนดให้:

T = The number of comparisons per trial (ในที่นี้คือ 20 คู่)

E = Number of Errors (จำนวนคู่ที่ทำผิด)

S = Time to complete the test (จำนวนวินาทีที่ทำแบบทดสอบ)

ชอบ 1--2--3--4--5--6--7 ไม่ชอบ
 สบายตา 1--2--3--4--5--6--7 ไม่สบายตา
 สว่างไป 1--2--3--4--5--6--7 มืดไป
 อ่านง่าย 1--2--3--4--5--6--7 อ่านยาก

รูปที่ 5 ตัวอย่างแบบทดสอบ Semantic Differential Method เป็นการให้คำอธิบายลักษณะของแสงในด้านต่าง ๆ แล้วให้คะแนนตามความคิดเห็นประกอบด้วย Comfortable/Uncomfortable, Like/Dislike, Bright/Dim, Easy to read/Difficult to read, Pleasant Color of Light/Unpleasant Color of Light และคำถามสุดท้าย คือ ท่านอยากใช้แสงแบบนี้ในการอ่านหนังสือประจำวันหรือไม่

3. ผลการทดลอง

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบหลอด LED และ Incandescent ที่ค่าการส่องสว่าง 3 ระดับ

Parameters	Illuminance (LUX)	Lamp Type		
			LED	Incandescent
NVT Score	500 Lux	\bar{x}	63.6	63.97
		SD	13.23	13.7
	250 Lux	\bar{x}	65.75	64.32
		SD	11.51	11.35
	50 Lux	\bar{x}	61.35	59.33
		SD	11.15	14.94
Like/Dislike	500 Lux	\bar{x}	3.25	4.63
		SD	1.84	1.71
	250 Lux	\bar{x}	3.25	4.13
		SD	1.65	1.99
	50 Lux	\bar{x}	4.06	5.13
		SD	2.08	1.59
Comf./Unconf.	500 Lux	\bar{x}	3.19	4.63
		SD	1.76	1.59
	250 Lux	\bar{x}	3.38	4.00
		SD	1.78	1.75
	50 Lux	\bar{x}	4.06	5.31
		SD	2.17	1.70
Bright/Dim	500 Lux	\bar{x}	3.25	3.19
		SD	1.48	1.47
	250 Lux	\bar{x}	3.13	4.38
		SD	1.59	1.09
	50 Lux	\bar{x}	4.88	5.81
		SD	1.50	1.17

Parameters	Illuminance (LUX)	Lamp Type		
		LED	Incandescent	
Easy/Diff.	500 Lux	\bar{x}	2.94	3.44
		SD	1.53	1.50
	250 Lux	\bar{x}	3.00	3.94
		SD	1.46	1.81
	50 Lux	\bar{x}	4.25	5.31
		SD	1.39	1.19
Cool/Warm	500 Lux	\bar{x}	3.00	3.56
		SD	1.46	1.63
	250 Lux	\bar{x}	3.50	3.75
		SD	1.26	1.95
	50 Lux	\bar{x}	4.81	4.75
		SD	1.28	1.88
Pleasant/Unpleasant	500 Lux	\bar{x}	3.31	3.63
		SD	1.78	1.67
	250 Lux	\bar{x}	3.13	3.56
		SD	1.26	1.50
	50 Lux	\bar{x}	4.44	4.94
		SD	1.59	1.73
Use/Not Use	500 Lux	\bar{x}	3.63	4.56
		SD	1.67	1.67
	250 Lux	\bar{x}	3.56	4.69
		SD	1.50	1.96
	50 Lux	\bar{x}	4.94	5.94
		SD	1.73	1.06

หมายเหตุ:

- หลอด/ค่าการส่องสว่าง ที่มีค่า แสดงตัวหนาคือหลอดที่ให้ประสิทธิภาพดีกว่า
- หากค่าเฉลี่ยหัวข้อใด ๆ ของหลอด LED นั้นน้อยกว่าหลอด Incandescent อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หมายถึงศักยภาพในหัวข้อดังกล่าวแย่กว่าหลอด Incandescent ได้
- หากค่าเฉลี่ยหัวข้อใด ๆ ของหลอด LED นั้นมากกว่าหลอด Incandescent อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หมายถึงศักยภาพในหัวข้อดังกล่าวสามารถทดแทนและดีกว่าหลอด Incandescent
- หากค่าเฉลี่ยในหัวข้อใด ๆ ของหลอด LED นั้นไม่แตกต่างหลอด Incandescent อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หมายถึงศักยภาพในหัวข้อดังกล่าวนั้นสามารถทดแทนหลอด Incandescent ได้

เมื่อนำผลการทดลองมาคำนวณสถิติด้วยโปรแกรม SPSS จะเห็นได้ว่าผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการอ่านระหว่างหลอดทั้ง 2 ประเภทด้วยวิธี NVT ไม่มีความแตกต่างที่สำคัญทางสถิติ โดยเมื่อพิจารณาที่ค่าเฉลี่ยจะพบว่าหลอด LED นั้นให้ศักยภาพดีกว่าหลอด Incandescent เล็กน้อย อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในแง่ของประสิทธิภาพด้านความรู้สึกนั้นพบว่า ที่ระดับการส่องสว่าง 500LUX หลอด LED ทำให้คนชอบและรู้สึกสบายตามากกว่าหลอด Incandescent อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ($p < 0.01$) โดยที่ระดับการส่องสว่าง 250LUX หลอด LED ทำให้คนรู้สึกสว่างมากกว่าหลอด Incandescent อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ($p < 0.01$) ฟังพอใจมากกว่าและจะเลือกใช้มากกว่าหลอด Incandescent อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยที่ระดับการส่องสว่าง 50LUX หลอด LED ทำให้คนรู้สึกสว่างมากกว่าหลอด Incandescent อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3 แสดงผลทางสถิติเปรียบเทียบหลอด LED และ Incandescent ที่ค่าการส่องสว่างแต่ละระดับ

Illuminance	Parameters	t	Sig.
500 Lux	NVT Test	0.138	0.892
	Like/Dislike	3.297	0.005**
	Comfortable/Uncomfortable	3.439	0.004**
	Bright/Dim	0.164	0.872
	Easy/Difficult	1.142	0.271
	Yellow/White	1.09	0.293
	Pleasant/Unpleasant	1.257	0.228
	Use/Not Use	2.076	0.055
	250 Lux	NVT Test	0.873
Like/Dislike		2.049	0.058
Comfortable/Uncomfortable		1.253	0.230
Bright/Dim		2.953	0.010**
Easy/Difficult		2.035	0.06
Yellow/White		0.411	0.687
Pleasant/Unpleasant		2.582	0.021*
Use/Not Use		2.837	0.013*

Illuminance	Parameters	t	Sig.
50 Lux	NVT Test	0.88	0.393
	Like/Dislike	1.807	0.091
	Comfortable/Uncomfortable	1.872	0.081
	Bright/Dim	2.270	0.038*
	Easy/Difficult	1.982	0.066
	Yellow/White	0.097	0.924
	Pleasant/Unpleasant	1.852	0.084
	Use/Not Use	1.879	0.080

* มีนัยสำคัญทางสถิติโดย t-test ($p < 0.05$)

** มีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูงโดย t-test ($p < 0.01$)

ตารางที่ 4 แสดงผลอิทธิพลของค่าการส่องสว่าง (Illuminance) ของหลอด LED และหลอด Incandescent โดยใช้ One-way ANOVA

Lamp Type	Parameters	t	Sig.
LED	NVT Test	0.538	0.588
	Like/Dislike	1.010	0.372
	Comf./Uncomf.	0.925	0.404
	Bright/Dim	6.567	0.003**
	Easy/Diff.	4.114	0.023*
	Yellow/White	7.844	0.001**
	Pleasant/Unpleasant	3.325	0.045*
	Use/Not Use	3.598	0.036*
	Incan- descent	NVT Test	0.690
Like/Dislike		1.274	0.290
Comf./Uncomf.		2.440	0.099
Bright/Dim		17.62	0.00**
Easy/Diff.		6.507	0.003**
Yellow/White		1.957	0.153
Pleasant/Unpleasant		3.598	0.036*
Use/Not Use		3.579	0.036*

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าไม่ว่าจะเป็นหลอด LED หรือหลอด Incandescent นั้นอิทธิพลของค่าการส่องสว่างจะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อศักยภาพในการมองเห็น (NVT) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในแง่ของความรู้สึกที่เกิดขึ้นนั้นพบว่าเมื่อใช้หลอด LED เมื่อค่าการส่องสว่างมากขึ้นจะมีผลต่อความสว่างที่มากขึ้นและคนจะรู้สึกว่าสภาพการส่องสว่างนั้นมีสีขาวขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ($p < 0.01$) นอกจากนี้ ค่าการส่องสว่างที่มากขึ้นยังมีอิทธิพลต่อการอ่าน

ที่ง่ายขึ้น ความพึงพอใจที่มากขึ้นและการเลือกใช้หลอดดังกล่าวที่มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 4 ยังแสดงให้เห็นอีกว่าเมื่อใช้หลอด Incandescent เมื่อค่าการส่องสว่างมากขึ้น จะมีผลต่อความสว่างที่มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูง ($p < 0.01$) และการอ่านที่ง่ายขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติอย่างสูงเช่นกัน ($p < 0.01$) นอกจากนี้ ค่าการส่องสว่างที่มากขึ้นนั้นยังมีอิทธิพลต่อความพึงพอใจที่มากขึ้น และการเลือกใช้หลอดดังกล่าวที่มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

4. การสรุปผลและอภิปรายผล

ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าหลอด LED สามารถใช้ทดแทนหลอด Incandescent ได้ทั้งในแง่ของศักยภาพในการมองเห็นและในแง่ของความรู้สึกที่เกิดขึ้นจากสภาพการส่องสว่าง โดยเฉพาะในแง่ของความรู้สึกที่เกิดขึ้นนั้นการใช้หลอด LED ให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าในหลายๆ ประเด็น เช่น ที่ระดับค่าการส่องสว่างที่เท่ากันหลอด LED จะทำให้เกิดความรู้สึกสว่างที่มากกว่าและความรู้สึกสบายตาที่มากกว่าหลอด Incandescent

อย่างไรก็ตาม เมื่อทำการวัดค่าการส่องสว่างของหลอด LED ที่ใช้ในการทดลองซึ่งระบุไว้สำหรับใช้ทดแทนหลอด Incandescent ขนาด 40 W. ในระยะห่างที่เท่ากัน หลอด LED กลับมีค่าการส่องสว่างมากกว่า หมายความว่า หากนำมาใช้ทดแทนกันโดยใช้ปริมาณหลอดเท่ากันที่ระยะความห่างเดียวกัน ผู้ใช้งานอาจพบว่าหลอด LED ให้ความรู้สึกสว่างจ้า ไม่สบายตามากกว่า ซึ่งอาจทำให้เข้าใจผิดว่าหลอด LED มีความบาดตามากกว่ามาก ซึ่งจริงๆ แล้ว เป็นเพราะเมื่อนำมาวัดค่าการ

ส่องสว่างแล้ว หลอด LED ให้ค่ามากกว่านั่นเอง นอกจากนี้ หลอด LED อีกชนิดที่ควรนำมาร่วมทดสอบด้วยคือหลอด LED Tube ซึ่งเป็นหลอด LED ที่ใช้ทดแทนหลอด Fluorescent แบบ T8 แต่การทดสอบหลอด LED ชนิดนี้จะมีความยากกว่าเนื่องจากเป็นหลอดที่มีความยาว และความสว่างมากกว่าแบบ LED Bulb โดยในขณะนี้ยังไม่มีเทคโนโลยีในการปรับระดับความสว่างของหลอดประเภทนี้ (การ Dim แสง) ทำให้กล่องทดลองมีขนาดใหญ่ และต้องทำการปรับระดับความสว่างด้วยการปรับความสูง-ต่ำของหลอด ทำให้ต้องใช้เวลาในการปรับความสว่างแต่ละครั้งมาก แต่หัวข้อดังกล่าวน่าจะมีการศึกษาต่อไป

References

- Miller, L. K., Rowe, P. J., & Lund, J. (1992). Correlation of eye color on self-paced and reactive motor performance. *Perceptual and Motor Skills*, 75(1), 91-95.
- Nuanwan, T. & Wanarat, K. (2013). Lighting for Thai elderly: An investigation of visual performance and discomfort glare. In Pathomthat, C. (Chair), *Lux Pacifica 2013 conference held in Bangkok, 6-8 March 2013* (pp. 397-402). Bangkok: TIEA.
- Robert, G. D., & Antonio, G. (2002). Task Lighting for the Elderly. *Journal of the Illuminating Engineering and Society*, 31(1), 20-32.
- Steve, F. & Chris, C. (2007). Lighting for subsidiary streets: investigation of lamps of different SPD. Part 2-Brightness. *Lighting Res. Techno.*, 39(3), 232-252.

แนวทางการออกแบบห้องพักผู้ป่วยติดเชื้อวัณโรคที่มีการระบายอากาศ ด้วยวิธีธรรมชาติ

Natural Ventilation Design Guidelines for TB Patient Wards

วารากร ราชธา¹, ดร. ชนิกันต์ ยิ้มประยูร² และ ดร. ภัทรนันท์ ทักชนน³

Warakon Ratchatha¹, Chanikarn Yimprayoon, Ph.D.² and Pattaranan Takanon, Ph.D.³

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail: porpa_mbit8@yahoo.com¹, arccks@ku.ac.th², archpnt@ku.ac.th³

บทคัดย่อ

มากกว่า 95% ของการเสียชีวิตจากวัณโรคเกิดขึ้นในประเทศกำลังพัฒนา 50% ของผู้ป่วยเหล่านี้มีเชื้อวัณโรคในเสมหะซึ่งเป็นกลุ่มที่แพร่เชื้อได้ การออกแบบห้องพักผู้ป่วยที่มีการระบายอากาศที่ดีจะช่วยลดอัตราการแพร่เชื้อวัณโรคได้ งานวิจัยนี้ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการแพร่กระจายของเชื้อวัณโรคและการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติที่เหมาะสม โดยใช้โปรแกรมจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ผลการทดลองสรุปได้ว่า การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติที่เหมาะสม ช่วยให้อัตราการระบายอากาศในห้องสูงขึ้นและทั่วถึงขึ้น แต่ยังมีควมจำเป็นต้องมีการใช้พัดลมในการเพิ่มอัตราการระบายอากาศให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดสำหรับการควบคุมการติดเชื้อทางอากาศ

Abstract

Over 95% of tuberculosis deaths occur in developing countries, 50% of infected patients have TB in phlegm which is highly infectious. Good ventilated patient ward can reduce TB infection rate. This research aims to reduce the TB infection rate using appropriate natural ventilation strategies. Computational fluid dynamics (CFD) is used to simulate the behavior of TB spreading and natural ventilation. The study consists of three parts which are 1) CFD simulation of three TB center case studies. 2) Best strategies are developed and tested. 3) Actual performance measurement of patient wards when best strategies are applied for validations. The results showed that, proper natural ventilation strategies could increase ventilation rate and air mixed in the rooms. However, mechanical fans are needed to reach the maximum performance.

คำสำคัญ (Keywords): การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation), การควบคุมโรคติดต่อ (Infection Control), คุณภาพอากาศภายใน (Indoor Air Quality), พลศาสตร์ของไหล (Computational Fluid Dynamics [CFD])

1. บทนำ

การควบคุมคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลได้รับการสนใจเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่มีการแพร่ระบาดของไข้หวัดมรณะ (SARS) (Chen et al., 2004) และถือว่เป็นภัยคุกคามต่อการดำรงชีวิต มีการรายงานการศึกษาค้นคว้าของสถาบันต่าง ๆ ว่ามีการระบาดในโรงพยาบาล ผู้วิจัยจึงได้ทำการสร้างแนวทางการออกแบบเพื่อช่วยควบคุมสภาพแวดล้อมของอากาศภายในห้องพักรักษาผู้ป่วยใน และได้ทำการแนะนำการใช้การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติสำหรับการควบคุมการติดเชื้อที่มีการเก็บข้อมูลการวัดภาคสนามขึ้นเป็นครั้งแรก (Escombe, et al., 2005) การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติก็แสดงให้เห็นแล้วว่า มีประสิทธิภาพในการลดการติดเชื้อในอากาศภายในโรงพยาบาลที่รักษาผู้ป่วยวัณโรคในประเทศเปรู การค้นพบนี้ไม่ใช่เรื่องใหม่เพราะถูกใช้อย่างเปิดเผยมากกว่า 100 ปีมาแล้วที่การรักษาผู้ป่วยวัณโรคด้วยการใช้การระบายอากาศจากภายนอกหรือการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติอาจจะมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Waxham,1902) นอกจากนี้ ยังพบว่า การที่มีหน้าต่างขนาดใหญ่ช่วยให้การระบายอากาศในโรงพยาบาลสองแห่งสามารถลดความเสี่ยงการติดเชื้อให้กับบุคลากรที่ให้การรักษาโรคระบาด (SARS) ระหว่างปี 2003 ในมณฑลกวางตุ้ง (Jiang, et al., 2003) การระบายอากาศและการควบคุมการติดเชื้อ มีการขาดทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับแนวทางการระบายอากาศอัตราขั้นต่ำสำหรับการไหลเวียนของอากาศและการควบคุมการติดเชื้อ (Li, et al., 2007). ผู้วิจัยได้นำหลักการทางวิศวกรรม คือ หลักการพลศาสตร์ของไหลมาทำการจำลองการไหลของอากาศภายในห้องพักรักษาผู้ป่วยติดเชื้อวัณโรค โดยการใช้วิธี

ทางวิศวกรรมมาช่วยในการแยกเชื้อในอากาศโดยทั่วไปแล้ว คือ การทำให้ระบบระบายอากาศไม่สมดุลย์เพื่อให้เกิดความดันภายในห้องเป็นค่าลบ (negative pressure) ไปยังทางเดิน โดยทั่วไปแล้วห้องประเภทนี้ยังมีข้อจำกัดในการดำเนินการเนื่องจากราคาในการก่อสร้างยังมีราคาสูงและอัตราการระบายอากาศที่ถูกต้องควรอยู่ที่ 12 ACH (CDC, 2003) และต้องมีการควบคุมการไหลของอากาศเพื่อให้อากาศไหลเข้าห้อง ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศต้องมีความดันภายในห้องเป็นลบหรือต่ำกว่าบริเวณข้างเคียงไม่น้อยกว่า 2.5 (WHO, 1999) และต้องติดตั้งเครื่องมือตรวจสอบความดัน หรือทิศทางการไหลของอากาศ (Escombe, et al., 2007) ซึ่งมองเห็นได้ชัดเจนติดตั้งที่หน้าประตูทางเข้าห้อง ตามมาตรฐานวิศวกรรม เรื่องการปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับสถานพยาบาล (Health Care Facilities)

ตารางที่ 1 อัตราการนำเข้าอากาศภายนอก อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในและความดันสัมพัทธ์

ลำดับ	สถานที่	อัตราการนำเข้าอากาศภายนอกไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง	อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้องไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง	ความดันสัมพัทธ์กับพื้นที่ข้างเคียง
1	ห้องผ่าตัด	5	25	สูงกว่า
2	ห้องคลอด	5	25	สูงกว่า
3	ห้อง Nursery	5	12	สูงกว่า
4	ห้องแยกผู้ป่วยหนัก (ICU)	2	6	สูงกว่า
5	ห้องตรวจรักษาผู้ป่วย	2	6	สูงกว่า
6	ห้องฉุกเฉิน (Trauma Room)	5	12	สูงกว่า
7	บริเวณพักคอยสำหรับแม่แก่ผู้ป่วยหนักและห้องฉุกเฉิน	2	12	ต่ำกว่า
8	ห้องพักรักษาผู้ป่วย	2	6	สูงกว่า
9	ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ	2	12	ต่ำกว่า
10	ห้องแยกผู้ป่วยโรคติดเชื้อ	2	12	สูงกว่า
11	ห้องปฏิบัติการ (Laboratory)	2	6	ต่ำกว่า
12	ห้องรับสุตรศพ	2	12	ต่ำกว่า

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาปัจจัยด้านคุณภาพอากาศที่มีความสำคัญโดยตรงกับตัวผู้ป่วยในห้องพักรักษาผู้ป่วยติดเชื้อวัณโรค ใน

สถาบันบำราศนราดูร จังหวัดนนทบุรี เพื่อให้แนวทางการออกแบบสามารถตอบสนองความต้องการในการแก้ปัญหาด้านการระบายอากาศที่ถูกต้องและสามารถลดราคาค่าก่อสร้างลงได้ เนื่องจาก อาคารนี้มีการให้การรักษาผู้ป่วยติดเชื้อมโรคโดยตรงเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการควบคุมโรคและให้การออกแบบเป็นไปตามมาตรฐานที่ถูกต้องสอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

1.1 สัญลักษณ์และคำย่อ

1.1.1 ACH หรือ Air changes per hour.

อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมง หรือ Air changes per hour. คือ ค่าปริมาณการถ่ายเทอากาศ คิดเป็นจำนวนเท่ากับปริมาตรห้องภายในเวลาหนึ่งชั่วโมง

1.1.2 IAQ คือ Indoor Air Quality

การศึกษา การประเมิน และการควบคุมอากาศภายในอาคาร ที่มีมีความเกี่ยวข้องกับคุณภาพของอุณหภูมิ ความชื้น กลิ่น และความสะอาด

1.1.3 Computational Fluid Dynamics (CFD)

การจำลองอาคารกรณีศึกษาด้วยคอมพิวเตอร์ ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับการคำนวณพลศาสตร์ของไหลเหล่านี้ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้แก้ระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยของการไหล โดยมีเงื่อนไขขอบเขตและลักษณะรูปร่างของปัญหาที่สามารถกำหนดได้โดยสะดวก ดังนั้น โดยทั่วไปแล้วทุก ๆ โปรแกรมจะประกอบด้วย 3 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ (ก) ขั้นตอนการสร้างลักษณะรูปร่างของปัญหาและเงื่อนไขขอบเขต ซึ่งเป็นขั้นตอนของกระบวนการขั้นต้น (pre-proces-

sor); (ข) ขั้นตอนการวิเคราะห์แก้ปัญหา (analysis) ซึ่งเป็นหัวใจของโปรแกรม และ (ค) ขั้นตอนของกระบวนการขั้นท้าย (post-processor) เพื่อการแสดงผลที่ได้จากการคำนวณ

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อพัฒนาระบบระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติให้สามารถลดการติดเชื้อทางอากาศภายในโรงพยาบาลและห้องพักผู้ป่วยติดเชื้อมโรค

2) เพื่อสำรวจประสิทธิภาพการระบายอากาศของสถาบันที่เกี่ยวกับการควบคุมโรคติดต่อทางอากาศว่ามีประสิทธิภาพมากน้อยและสามารถลดความเสี่ยงได้

3) สร้างแนวทางขึ้นมาให้สามารถลดการติดเชื้อทางอากาศและเป็นแนวทางให้กับโรงพยาบาลในการออกแบบห้องพักผู้ป่วยติดเชื้อมโรค

1.3 สมมติฐาน

การออกแบบห้องพักผู้ป่วยติดเชื้อมโรคที่การระบายด้วยวิธีธรรมชาติที่ดีจะสามารถลดการติดเชื้อทางอากาศและโรคติดต่ออื่น ๆ เพิ่มความปลอดภัยให้แก่ผู้ป่วยและบุคคลากรที่ปฏิบัติงานภายในห้องพักผู้ป่วยติดเชื้อมโรค

2. แนวทางการวิจัย

การวิจัยขั้นนี้มีลักษณะเป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งมีการจำลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติในห้องพักผู้ป่วยติดเชื้อมโรค ผลจากการศึกษานี้นำไปสู่การออกแบบห้องพักผู้ป่วยติดเชื้อมโรคที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมลักษณะต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

สถานที่ทำการศึกษาตั้งอยู่ในจังหวัดนนทบุรีโดยเลือกโรงพยาบาลที่ทำการรักษาผู้ป่วยติดเชื้อวัณโรค และคลินิกคนไข้โดยเลือกการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติเพื่อนำมาทำการศึกษาจากงานวิจัยทั่วไป พบว่า การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติเป็นหนทางเดียวที่เหมาะสมสำหรับโรงพยาบาลวัณโรคการศึกษาได้มีการออกแบบที่หลากหลายโดยมีการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพอากาศภายใน, ความเร็วลม, ปริมาณความชื้นในอากาศ, อุณหภูมิ เช่น การติดตั้งมิเตอร์วัดคุณภาพอากาศ (Air Quality Meter) สามารถวัด อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลมในระหว่างทางเดินเข้าออก ช่องระบายอากาศบริเวณโดยรอบและพัดลมดูดอากาศในห้องน้ำ โดยมีการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดบริเวณที่พัดลมดูดอากาศออกไปด้านนอกอาคารทดลองได้นำเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพอากาศมาใช้เพื่อการตรวจสอบและรักษาคุณภาพอากาศภายในอาคารสำหรับสภาพแวดล้อมที่ดีต่อสุขภาพและความสบาย เราจำเป็นต้องใช้เครื่องมือตรวจวัด และคำนวณพารามิเตอร์ต่าง ๆ

3. ผลดำเนินการวิจัย

3.1 ผลการตรวจวัดค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศและความเร็วลม

ภายในห้องพักผู้ป่วยติดเชื้อวัณโรคและทางเดินร่วม และตรวจวัดอุณหภูมิที่ผิวผนังทางเดินร่วม โดยตรวจวัดค่าอุณหภูมิ (°C) ในอากาศภายในห้องพักผู้ป่วย เป็นระยะเวลา 10 วัน ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2556 พบว่า ค่าอุณหภูมิ (°C) ในอากาศภายในห้องพักผู้ป่วย สูงสุด = 34.9, ต่ำสุด = 29.6 และเฉลี่ย = 31.7 ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ในอากาศภายในห้องพักผู้ป่วย สูงสุด = 73.2, ต่ำสุด = 51.7 และ

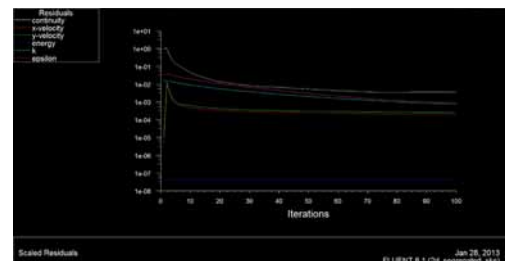
เฉลี่ย = 62.4 และค่าอุณหภูมิ (°C) ที่ผิวผนังทางเดินร่วม สูงสุด = 29.8, ต่ำสุด = 26.9 และเฉลี่ย = 27.6 และค่าความเร็วลมบริเวณหน้าต่าง (M/S) ในอากาศภายในห้องพักผู้ป่วยสูงสุด = 4.54, ต่ำสุด = 0.18 และเฉลี่ย = 3.69

3.2 ผลการจำลองอาคารกรณีศึกษาด้วยคอมพิวเตอร์ Computational Fluid Dynamics (CFD)

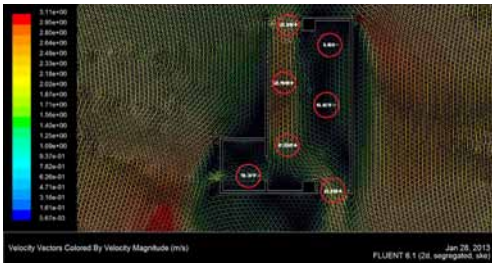
เนื่องจากห้องพักผู้ป่วยติดเชื้อวัณโรคมีบริเวณที่เป็นมุมอับและการระบายอากาศยังไม่ได้มาตรฐาน คือ 12 ACH และห้องพักยังมีการติดพัดลมเพดานทำให้เชื้อโรคมีการกระจายตัวภายในห้องทำให้ควบคุมเชื้อภายในห้องยาก ส่วนห้องน้ำภายในห้องพักผู้ป่วยติดเชื้อวัณโรคยังมีการวางอยู่ด้านในปราศจากแสงแดดในการฆ่าเชื้ออันเนื่องมาจากการออกแบบที่ผิดพลาด

3.3 การสร้างแนวทางในการออกแบบ

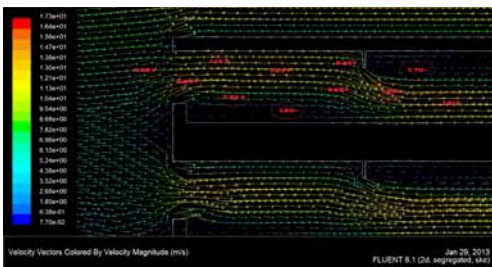
ได้ทำการวิเคราะห์ผลและการจำลองการระบายอากาศด้วยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองการระบายอากาศภายในห้องพักผู้ป่วยติดเชื้อวัณโรค โดยใช้โปรแกรม FLUENT 6.0.2 และเปรียบเทียบการระบายอากาศของที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการลดการติดเชื้อทางอากาศ



รูปที่ 1 กราฟแสดงการจำลองการไหลของอากาศภายในห้องพักผู้ป่วยติดเชื้อวัณโรค

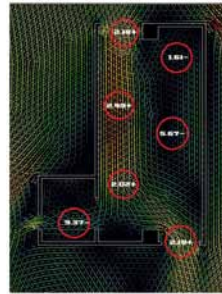


รูปที่ 2 การจำลองการไหลของอากาศภายในห้องพักผู้ป่วยติดเขี้ยวโรค โดยใช้โปรแกรม FLUENT

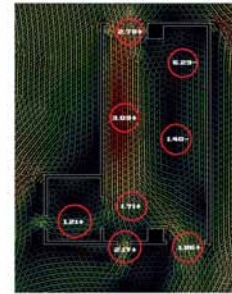


รูปที่ 3 รูปตัดการไหลของอากาศภายในห้องพักผู้ป่วยติดเขี้ยวโรค โดยใช้โปรแกรม FLUENT

BASE CASE



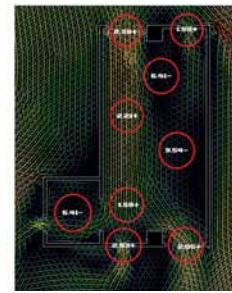
A



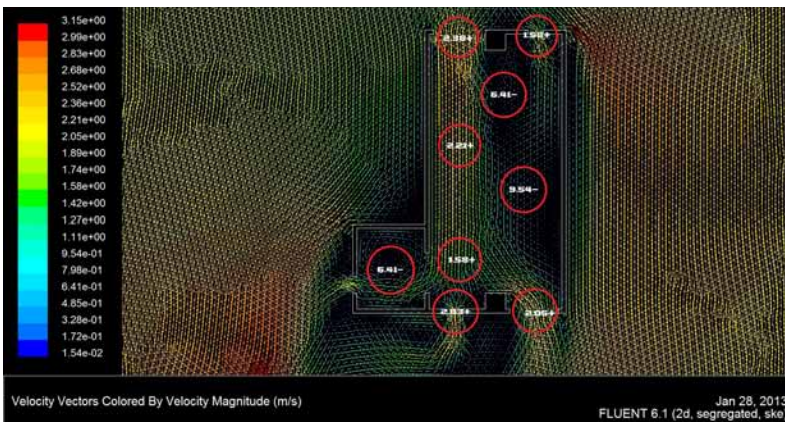
B



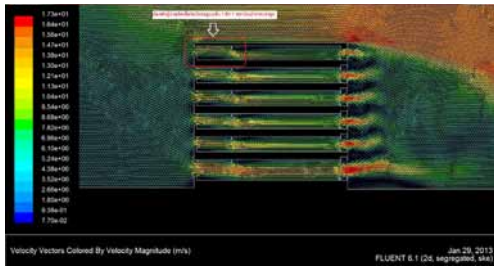
C



รูปที่ 4 (base case) มีอัตราการระบายอากาศต่ำกว่ามาตรฐาน (A) มีอัตราการระบายอากาศที่สูงบริเวณเตียงผู้ป่วยติดเขี้ยวโรค (B) มีการควบคุมการระบายอากาศที่ค่อนข้างดี (C) อัตราการระบายอากาศบริเวณเตียงผู้ป่วยติดเขี้ยวโรค มีอัตราการระบายอากาศที่ดีและความดันอากาศภายในเหมาะกับการเป็นห้องพักผู้ป่วยติดเขี้ยวโรค



รูปที่ 5 ภาพขยายแนวทาง (C) สัดส่วนของอัตราการระบายอากาศโดยรวมสามารถลดโอกาสการติดเชื้องานอากาศได้และมีประสิทธิภาพในการควบคุมความดันได้เป็นอย่างดีมีมุมอับน้อยกว่าแนวทางอื่นๆ



รูปที่ 6 รูปตัดแสดงที่ตั้งและอัตราการระบายอากาศของห้องพักรักษาผู้ป่วยติดเชื้อวัณโรค

4. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง พบว่า การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติช่วยลดการติดเชื้อวัณโรคและการระบายอากาศที่ดีจะสร้างความปลอดภัยให้แก่ผู้ป่วยและบุคคลากรที่ปฏิบัติงานภายในห้องพักรักษาผู้ป่วย แต่ถ้ามีการออกแบบโดยไม่คำนึงถึงทิศทางลมและสภาพภูมิประเทศตั้งแต่แรกการระบายอากาศที่ได้นั้นก็ย่อมเป็นไปได้ยาก ดังนั้นผู้ออกแบบควรต้องมีความรู้ความเข้าใจและใส่ใจเกี่ยวกับโรกระบบทางเดินหายใจ ก่อนที่จะทำการออกแบบ และถ้าหากกรณีที่ไม่มีความช่วยเหลือในการระบายอากาศควรที่นำพัดลมดูดอากาศมาใช้เพื่อให้อากาศถ่ายเทอยู่อย่างสม่ำเสมอและมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

กิตติกรรมประกาศ

การทำงานวิจัยโครงการนี้สามารถดำเนินไปด้วยดี ทางผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. ชนิกันต์ ยิ้มประยูร อ.ดร. ภัทรนันท์ ทักขนันท์ และ อ.ดร. ลภน โมกขะสมิต ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในด้านอุปกรณ์ ตลอดจนจนถึงคำแนะนำในส่วนกระบวนการวิเคราะห์อันเป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยนี้ และขอขอบพระคุณสถาบัน บำราศนราดรุร คณะเจ้าหน้าที่ พยาบาล ที่ให้การสนับสนุนพื้นที่และข้อมูลในการทำวิจัยนี้

References

- Centers for Disease Control and Prevention [CDC]. (2003). *Guidelines for environmental infection control in health-care facilities*. Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention (CDC).
- Chen, Y. C., Huang, L. M., Chan, C.C., et al. (2004). SARS in hospital emergency room. *Emerg Infect Dis*, 10(5), 782-788.
- Escombe, A. R., Oeser, C. C., Martinez, C. (2005). Natural ventilation to reduce nosocomial transmission of tuberculosis and other airborne infection. *Int J Tub Lung Dis*, 9, 56-7.
- Hengrasmee, S. (2007). The study of sustainable architectural design in Thailand. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, 5(1), 133-154.
- Li, Y., Leung, G. M., Tang, J. W., et al. (2007). Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment – a multi-disciplinary systematic review. *Indoor Air*, 17, 2-18.
- Waxham, F. E. (1902). The outdoor treatment of tuberculosis. *JAMA*, 39, 1392-3 [JAMA 2002; 288:2754 (reprinted)].
- World Health Organization [WHO]. (1999). *Guidelines for the prevention of tuberculosis in healthcare facilities in resource-limiting settings*. Geneva, Switzerland: WHO.

ผลกระทบจากการกำหนดค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารตามกฎหมาย
ที่มีต่อการออกแบบคอนโดมิเนียม

The Impact of the Whole Building Energy Code
on Condominium Buildings

อภิญา บุญมา¹ และ ดร. อรรถน ศรีษฐบุตร²
Apinya Boonma¹ and Atch Sreshthaputra, Ph.D.²

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
E-mail: apinya.jubb@gmail.com¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษา ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการกำหนดค่าในเกณฑ์การใช้พลังงานรวมของอาคาร (WBE) ตามกฎกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2552 โดยสำรวจค่าการใช้พลังงานรวมของคอนโดมิเนียม พร้อมทั้งทำการจำลองด้วยโปรแกรม VISUAL DOE 4.0 เพื่อเปรียบเทียบ ค่าการใช้พลังงานในอาคารจริงจากการสำรวจ กับค่าการใช้พลังงานที่ผ่านเกณฑ์การใช้พลังงานรวมของอาคารตามกฎหมาย ผลคือค่าที่ได้จากการใช้สมการ WBE มีค่าการใช้พลังงานที่สูงเกินจริง เนื่องจากจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการคำนวณสูงกว่าชั่วโมงที่ได้มาจากการสำรวจ งานวิจัยนี้จึงเสนอแนะให้มีการปรับแก้จำนวนชั่วโมงการใช้งานอาคารในสมการการใช้พลังงานรวมของอาคารเพื่อปรับแก้ความถูกต้องของค่าดัชนีการใช้พลังงาน (EUI) ที่ได้จากการคำนวณ

Abstract

This research aims at investigating the impact of the Whole Building Energy (WBE) equation on condominium buildings. By the survey results of occupancy are put into energy model using VISUAL DOE 4.0. In conclusion, this research suggested the correction of occupying hour in the WBE equation based on the survey results in order to improve the accuracy of the EUI calculated by using the newly proposed WBE equation.

คำสำคัญ (Keywords): เกณฑ์การใช้พลังงานรวมของอาคาร (Whole Building Energy), VISUAL DOE 4.0, ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (EUI)

1. บทนำ

เมื่อกฎกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2552 ได้ถูกกำหนดขึ้น โดยมีสาระสำคัญเพื่อกำหนดการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน และได้เพิ่มเติมไปจากกฎกระทรวงฉบับที่แล้ว คือ มีเกณฑ์การพิจารณาในส่วนของ การออกแบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน เรื่อง เกณฑ์ค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (Whole Building Energy; kWh/yr) ของอาคารขนาดใหญ่ โดยรวมไปถึงอาคารชุด ประเภทคอนโดมิเนียม โดยมี 2 เกณฑ์การพิจารณาในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน คือ 1. ออกแบบให้ผ่านข้อกำหนดค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของเปลือกอาคาร (OTTV; W/m^2) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา (RTTV; W/m^2) ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่าง (LPD; W/m^2) และค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำของระบบปรับอากาศ (COP) 2. เมื่อส่วนใดส่วนหนึ่งของอาคารไม่ผ่านเกณฑ์ตามกฎกระทรวงดังกล่าว อาคารควบคุมสามารถนำเข้าสู่การพิจารณา การใช้พลังงานรวมของอาคาร โดยการจำลองอาคารที่มีลักษณะเหมือนอาคารที่จะมีการก่อสร้างทุกอย่างและใช้ค่าต่างๆ ตามข้อกำหนด โดยอาคารที่ก่อสร้างจะผ่านเกณฑ์ได้ หากมีค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (WBE) ทั้งปีต่ำกว่าค่ามาตรฐาน โดยในเกณฑ์นี้ได้กำหนดชั่วโมงการใช้งานในอาคาร คือ 8,760 ชม. ซึ่งเท่ากับการใช้อาคาร 24 ชม./วัน แต่คอนโดมิเนียมมีลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกับบ้านพักอาศัย ไม่ได้มีการใช้งานตลอดทั้งวัน จากการศึกษาการใช้เครื่องปรับอากาศ ในอาคารบ้านเดี่ยว 2 ชั้น คือ ชั้นล่าง วันจันทร์-ศุกร์ ใช้งานเวลา 19.00-21.00 น. เสาร์-อาทิตย์ 18.00 น.-21.00 น. ชั้นบน วันจันทร์-ศุกร์ ใช้งานเวลา 22.00-06.00 น. เสาร์-อาทิตย์ 21.00น.-07.00 น. (อรจรณ์

เศรษฐบุตร และชนิด จินดาวณิก, 2550) และจากการศึกษางานวิจัย An OTTV-based energy estimation model for commercial buildings in Thailand เป็นการจำลองอาคาร 4 ประเภทในประเทศไทย เพื่อหาค่าเฉลี่ยและนำไปสร้างสมการ OTTV และสมการการใช้พลังงานรวมในอาคารแต่ยังไม่ครอบคลุมถึงอาคารประเภทคอนโดมิเนียม (Chirattananon & Taveekun, 2004, pp. 680-689) สมมติฐานของงานวิจัยนี้คือ การคำนวณตามกฎกระทรวงพลังงานจะทำให้ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Use Index, EUI; $kWh/m^2.yr$) สูงเกินกว่าการใช้พลังงานจริงในอาคารประเภทคอนโดมิเนียมโดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา ค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารจากการสำรวจและทำแบบสอบถามการใช้พลังงานในอาคารจากผู้พักอาศัยเพื่อนำมาสร้างอาคารอ้างอิง พร้อมทั้งทำการจำลองด้วยโปรแกรม VISUAL DOE 4.0 เพื่อเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานในอาคารจริงจากการสำรวจกับ ค่าการใช้พลังงานที่ผ่านเกณฑ์การใช้พลังงานรวมของอาคารตามกฎหมาย เพื่อเป็นแนวทางให้มีการปรับแก้จำนวนชั่วโมงการใช้งานอาคารในสมการการใช้พลังงานรวมของอาคาร เพื่อปรับแก้ความถูกต้องของค่า EUI ที่ได้จากการคำนวณ

2. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ใช้วิธีการจำลองโดยคอมพิวเตอร์โปรแกรม VISUAL DOE 4.0 การสำรวจและเก็บข้อมูล อาคารประเภทคอนโดมิเนียม ผ่านการตอบแบบสอบถามที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นและนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานจริงจากอาคารอ้างอิงกับค่าการใช้พลังงานรวมที่ใช้ค่าตามกฎหมาย

2.1 ศึกษากฎกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2552

2.2 สํารวจและเก็บข้อมูลคอนโดมิเนียม

จากการสํารวจ คอนโดมิเนียมจํานวน 10 โครงการ 13 อาคาร และทําแบบสอบถามการใช้พลังงานในอาคารจากผู้พักอาศัยจํานวน 381 ชุด เพื่อนํามาสร้างอาคารอํางอิง โดยข้อมูลที่ได้ คือ ขนาดห้องพัก การแบ่งพื้นที่ใช้สอยภายในยูนิตพักอาศัย ขนาดช่องเปิดวัสดุก่อสร้างอาคาร ค่ากําลังไฟฟ้าส่องสว่าง จํานวนผู้พักอาศัย ช่วงเวลาการใช้ห้องพัก ช่วงเวลาการใช้เครื่องปรับอากาศ

2.3 วิเคราะห์ผลข้อมูลจากการสํารวจเพื่อกําหนดอาคารอํางอิง

- 1) ลักษณะทางกายภาพของอาคารอํางอิง
 - อาคาร 1 อาคาร มีจํานวน 699 ยูนิต
 - จํานวนชั้น (เฉพาะส่วนห้องพัก) จํานวน 29 ชั้น
 - จํานวน ยูนิตพักอาศัยใน 1 ชั้น จํานวน 24 ยูนิต
 - ความกว้างทางเดิน (ไม่ปรับอากาศ) กว้าง 1.5 เมตร

โดยรายละเอียดภายใน 1 ยูนิต ของอาคารอํางอิง คือ

2) ข้อมูลการใช้พลังงานในอาคารสํารวจที่

นํามาสร้างเป็นอาคารอํางอิง

- LPD 8.13 W/m²
- OTTV 34.08 W/m²
- RTTV 17.44 W/m²
- COP 3.22
- กําลังไฟฟ้าจากเครื่องใช้ไฟฟ้า(EQD) 8.96 W/m²



3. คํานวณค่าการใช้พลังงานรวมของอาคารจากสมการ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (WBE)

โดยมีสมการการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร คือ

$$E_{pa} = \sum_{i=1}^n \left[+A_i \left\{ \frac{\frac{A_{wt}(OTTV_i)}{COP_i} + \frac{A_{wt}(RTTV_i)}{COP_i}}{COP_i} + C_c(LPD_i) + C_e(EQD_i) + 130C_o(OCCU_i) + 24C_v(VENT_i) \right\} \right]^{n_h} + \sum_{i=1}^n A_i(LPD_i + EQD_i)n_h - PVE \quad (1)$$

โดยแบ่งการคํานวณเป็น 2 ส่วนคือ

3.1 ส่วนที่ 1 กําหนดค่า จากการสํารวจ ได้แก่ ค่า OTTV RTTV LPD COP

3.2 ส่วนที่ 2 กําหนดค่า ตามกฎกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการคํานวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบ การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552 ได้แก่ OTTV 30 W/m² RTTV 10 W/m² และ LPD 12 W/m²

4. วิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานจริงกับการใช้พลังงานจากการจำลองด้วยโปรแกรม VISUAL DOE 4.0

โดยมีการจำลองอาคารเพื่อหาค่าการใช้พลังงานในอาคารแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

4.1 ส่วนที่ 3 จำลองอาคารอ้างอิง ค่า OTTV RTTV LPD COP จากการสำรวจ

4.2 ส่วนที่ 4 จำลองอาคารอ้างอิง ค่า OTTV RTTV LPD COP ตามกฎกระทรวงพลังงาน

5. วิเคราะห์ผลและเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานจริงจากอาคารอ้างอิง

เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานจริงจากอาคารอ้างอิง (ส่วนที่1) กับการใช้พลังงานจากอาคารอ้างอิงที่ผ่านเกณฑ์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร (WBE) (ส่วนที่ 2) และเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานจากการจำลองอาคารอ้างอิง ค่า OTTV RTTV LPD COP จากการสำรวจ (ส่วนที่ 3) จำลองอาคารอ้างอิง ค่า OTTV RTTV LPD COP ตามกฎกระทรวงพลังงาน (ส่วนที่ 4)

5.1 ผลการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากสมการ

ค่าการใช้พลังงานจากการสำรวจอาคารพบว่าไม่ผ่านเกณฑ์ข้อแรก โดยมีค่า OTTV 34.08 W/m², RTTV 17.44 W/m² ซึ่งตามกฎกระทรวงต้องมีค่า OTTV ไม่เกิน 30 W/m² และ RTTV ไม่เกิน 10 W/m² เมื่อนำมาคำนวณโดยสมการการใช้พลังงานรวมของอาคาร ผลจากการสำรวจได้ค่า EUI เท่ากับ 238.45 kWh/m²/yr ในขณะที่ค่า EUI ตามมาตรฐานกฎกระทรวงได้ค่าสูงถึง 257.06 kWh/m²/yr

5.2 ผลการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม VISUAL DOE 4.0

ผลการจำลองด้วยโปรแกรม VISUAL DOE 4.0 ที่ได้ค่าการใช้พลังงานอาคารสำรวจเท่ากับ 274.77 kWh/m²/yr ซึ่งใกล้เคียงค่าที่ได้จากสมการตามกฎกระทรวง และเมื่อกำหนดค่าตามกฎกระทรวงในการจำลอง ผลการใช้พลังงานเท่ากับ 297.39 kWh/m²/yr

6. วิเคราะห์ถึงผลกระทบของการกำหนดค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร ตามกฎกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2552

จากการวิเคราะห์ถึงผลกระทบของการกำหนดค่าการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร พบข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างชั่วโมงการใช้งานที่กำหนดขึ้นตามกฎกระทรวงที่ 8,760 ชั่วโมง/ปี แต่จากการสำรวจด้วยแบบสอบถาม พบว่า จำนวนชั่วโมงในการใช้พลังงานในแต่ละส่วนนั้นจะไม่เท่ากัน ชั่วโมงการใช้เครื่องปรับอากาศมีเพียง 4,058 ชั่วโมง/ปี การใช้ไฟฟ้าส่องสว่าง เท่ากับ 2,728 ชั่วโมง/ปี การใช้อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้า เท่ากับ 3,957 ชั่วโมง/ปี ส่วนนี้เป็นผลมาจากการกำหนดจำนวนชั่วโมงการใช้งานตามกฎกระทรวงที่สูงเกินจริง รวมไปถึงค่าการใช้ไฟฟ้าตามข้อกำหนดที่สูงถึง 12 W/m² แต่จากการสำรวจมีค่าเพียง 8.13 W/m²

เมื่อปรับชั่วโมงการใช้เครื่องปรับอากาศ การใช้ไฟฟ้าส่องสว่าง การใช้อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้า ส่งผลให้ค่า EUI จากการสำรวจลดลงเท่ากับ 102.65 kWh/m²/yr และตามกฎกระทรวงเท่ากับ 107.84 kWh/m²/yr เมื่อเปรียบเทียบกับค่า EUI ตามกฎกระทรวงก่อนปรับแก้ที่มีค่า 257.06 kWh/m²/yr เมื่อปรับแก้ชั่วโมงแล้วทำให้ค่า EUI ลดลง 58.04% และเมื่อมีปรับแก้ทั้งชั่วโมง

การใช้งานและปรับลดค่า LPD จาก 12 W/m² เป็น 8.13 W/m² ทำให้ค่า EUI เท่ากับ 97.55 kWh/m²/yr ลดลงจากค่าตามกฎหมายกระทรวงถึง 62.05 %

7. สรุปผลกระทบและแนวทางการปรับปรุง การกำหนดค่าการใช้พลังงานโดยรวมของ อาคาร ตามกฎกระทรวงพลังงาน พ.ศ. 2552

การคำนวณตามกฎหมายกระทรวงพลังงานจะทำให้ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (EUI) มีค่าสูงเกินกว่า การใช้พลังงานจริงในอาคารประเภทคอนโดมิเนียมที่ได้จากการสำรวจ จึงมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

7.1 ปรับแก้ค่าชั่วโมงการใช้งานอาคารในสมการ

7.1.1 ปรับแก้ชั่วโมงการใช้งานอาคาร

จากเดิม 8,760 ชั่วโมง (n_h) ในสมการที่ (1) ปรับเป็น ชั่วโมงการใช้เครื่องปรับอากาศเท่ากับ 4,058 ชั่วโมง/ปี ชั่วโมงการใช้ไฟฟ้าส่องสว่างเท่ากับ 2,728 ชั่วโมง/ปี ชั่วโมงการใช้อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้า เท่ากับ 3,957 ชั่วโมง/ปี

7.1.2 ปรับแก้ LPD

จากกฎกระทรวงกำหนดไว้ ให้มีค่าไม่เกิน 12 W/m² จากการสำรวจพบว่าการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างภายในคอนโดมิเนียมมีเพียง 8.13 W/m²

7.1.3 ปรับแก้ EQD

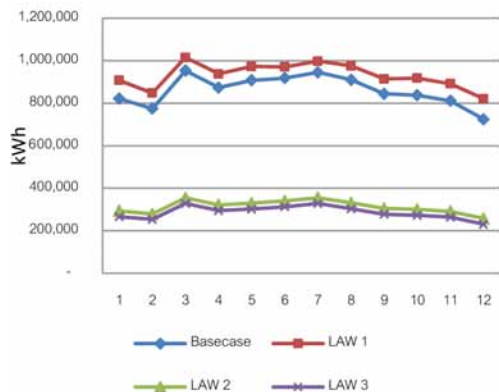
ควรมีการปรับแก้หน่วยของ EQD จากเดิม มีหน่วยเป็น W/m² ให้เป็น จำนวนวัตต์จริงที่ใช้

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าตามกฎหมายกระทรวงและค่าที่ได้จากการสำรวจและเสนอปรับแก้

ค่า	ชั่วโมง ใช้อาคาร	ชั่วโมง LPD	ชั่วโมง EQD	LPD (W/m ²)
WBE	8760	8760	8760	12
เสนอแก้ไข	4058	2728	3957	8.13

เมื่อปรับค่าชั่วโมงการใช้งานอาคารแล้วนำไปทำการจำลองโดย VISUAL DOE 4.0 โดยแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ

1. Basecase -อาคารอ้างอิง ค่า OTTV RTTV LPD COP จากการสำรวจ (ส่วนที่ 3)
2. LAW 1- จำลองอาคารอ้างอิง ค่า OTTV RTTV LPD COP ตามกฎกระทรวงพลังงาน ชั่วโมงการใช้งาน เท่ากับ 8,760 ชั่วโมง (ส่วนที่ 4)
3. LAW 2- จำลองอาคารอ้างอิง ค่า OTTV RTTV LPD COP ตามกฎกระทรวงพลังงาน ชั่วโมงการใช้งานให้สอดคล้องจากการสำรวจ
4. LAW 3- จำลองอาคารอ้างอิง ค่า OTTV RTTV COP ตามกฎกระทรวงพลังงาน ชั่วโมงการใช้งานให้สอดคล้องจากการสำรวจ และ LPD เท่ากับ 8.13 W/m²



แผนภูมิที่ 1 แสดงการใช้พลังงานรวมของอาคารในแต่ละเดือน โดยโปรแกรม VisualDOE4.0 จากชั่วโมงการใช้งานตามกฎกระทรวงกับการใช้งานที่ได้จากการสำรวจ

ค่าที่ได้จากการจำลอง พบว่า ค่า EUI จากการสำรวจ เท่ากับ 274.77 kWh/m²/yr ในขณะที่ค่าตามกฎหมายกระทรวงสูงถึง 297.39 kWh/m²/yr เมื่อปรับชั่วโมงการใช้งานให้สอดคล้องจากการสำรวจ (LAW 2) ค่าอยู่ที่ 100.05 kWh/m²/yr และเมื่อปรับชั่วโมงการใช้งานให้สอดคล้องจากการสำรวจ

และ LPD ที่ได้จากการสำรวจเท่ากับ 8.13 W/m^2 พบว่า ค่า EUI ลดลง อยู่ที่ 91.42 W/m^2 ซึ่งพบใกล้เคียงกับค่าไฟฟ้าที่เก็บจากผู้พักอาศัย คอนโดมิเนียม

ผลสรุปในงานวิจัยนี้เป็นการเสนอแนะให้มีการปรับแก้จำนวนชั่วโมงการใช้งานอาคารในสมการการใช้พลังงานรวมของอาคาร เพื่อปรับแก้ความถูกต้องของค่า EUI ที่ได้จากการคำนวณ ทั้งนี้ สมการการใช้พลังงานรวมของอาคารที่กำหนดขึ้นมาใหม่จากงานวิจัยนี้ จะก่อให้เกิดประโยชน์ในเชิงปฏิบัติจากการใช้สมการพลังงานรวมของอาคารในการประเมินการใช้พลังงานของอาคารเขียวในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจาก ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์สำหรับนิสิตจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถนัย เศรษฐสุบุดร ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

References

- กระทรวงพลังงาน. (2552). *หลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคาร และการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร พ.ศ. 2552*. ราชกิจจานุเบกษา 126, 21-58.
- อรรถนัย เศรษฐสุบุดร และธนิศ จินดาวณิช. (2550). การพัฒนาเกณฑ์ขั้นต่ำของคุณสมบัติการป้องกัน ความร้อนของเปลือกอาคารในอาคารบ้านเดี่ยว. ในการประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3, จัดโดยเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย วันที่ 23-25 พฤษภาคม 2550 ณ โรงแรม ไบหยกสกาย กรุงเทพมหานคร.
- Chirarattananon, S. & Taveekun, J. (2004). An OTTV-based energy estimation model for commercial buildings in Thailand, *Energy and Building*, 36(7), 680-689.

การออกแบบเปลือกอาคารบ้านเดี่ยวเพื่อนำไปสู่อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ Façade Design for Single House to Achieve Net Zero Energy Building

ปราวี ตั้งจิตวิทยา¹ และ ดร. สุดาภรณ์ ชุงลู่²

Parawee Tangchitvittaya¹ and Sudaporn Chungloo, Ph.D.²

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

E-mail: Fiy1_fiy@hotmail.com¹, Chungloo@tu.ac.th²

บทคัดย่อ

ปัจจุบันประเทศไทยให้ความสนใจในการประหยัดพลังงานมากขึ้น อาคารต่างๆ เริ่มมีการออกแบบเพื่อส่งเสริมให้เกิดการประหยัดพลังงาน และลดค่าใช้จ่ายโดยการหันมาใช้พลังงานทดแทน โดยอาคารสามารถผลิตพลังงานเองได้ เรียกว่า อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building) แต่อย่างไรก็ตาม อาคารเหล่านี้ยังไม่แพร่หลายมากนักเนื่องจากมีต้นทุนสูงและคืนทุนช้า งานวิจัยนี้จึงต้องการหาแนวทางการออกแบบเปลือกอาคารสำหรับบ้านเดี่ยวสองชั้นที่มีพื้นที่ใช้สอยไม่เกิน 200 ตร.ม. เพื่อให้เป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์หรือใกล้เคียงศูนย์ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ ศึกษาความเป็นไปได้และรูปแบบของกรอบอาคารในแต่ละทิศภายใต้สภาพอากาศของประเทศไทย รวมถึงองศาและพื้นที่ในการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อให้เกิดการผลิตพลังงานรวมที่เพียงพอต่อการใช้งานไฟฟ้าภายในบ้าน

Abstract

Recently, Thailand interested in energy saving. Many new building designs started to consider about energy consumption and how to save more money by using renewable energy. In many developing countries, designing of building that can generate energy themselves, called Net Zero Energy Building (NZEB), are successful. Anyway, this type of building is not common in Thailand, because of the initial cost and long payback period. This research is about façade design for 2-story single house with 200 sq.m. to achieve NZEB or very low energy building. The purpose is the possibility to design façade in each direction under Thailand weather condition. The appropriate angle and area of solar cell panels to integrate to the building are investigated, so that they can generate enough energy to a house.

คำสำคัญ (Keywords): พลังงานทดแทน (Renewable Energy), อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building), บ้านเดี่ยว (Single Home), กรอบอาคาร (Façade)

1. ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันทั่วโลกให้ความสนใจกับปัญหา ด้านพลังงานมาก เนื่องจากพลังงานเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิต และการพัฒนา เศรษฐกิจของประเทศ จากการศึกษา พบว่า ใน ประเทศที่พัฒนาแล้วมีศักยภาพในการเพิ่ม ประสิทธิภาพการใช้พลังงานและการอนุรักษ์ พลังงานสูง เช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มีความหนาแน่นของเมืองในเรื่องที่อยู่อาศัย ซึ่งมี ผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าจากปี ค.ศ.1980 ถึงปี ค.ศ. 2000 และคาดว่า จะเพิ่มขึ้นอีก 25 % ในปี ค.ศ. 2025 (กระทรวง พลังงาน, 2554) ทางเลือกในการแก้ปัญหาที่ รัฐบาลเลือกใช้ คือ อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building) เป็นอาคารที่มีการใช้ พลังงานสุทธิเท่ากับศูนย์ โดยพลังงานที่ใช้ได้มา จากพลังงานทดแทนที่ผลิตขึ้นเองในอาคาร การนำมาใช้ในบ้านพักอาศัยสำหรับประเทศใน เขตร้อนอย่างประเทศไทย ที่มีความต้องการ พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในระยะ 20 ปีที่ผ่านมา ระหว่างช่วง พ.ศ. 2533 – 2553 และมีการ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเฉลี่ยร้อยละ 4.4 ต่อปี จนถึง ปัจจุบัน การใช้พลังงานเพิ่มเป็น 2.3 เท่าของปี 2553 (กระทรวงพลังงาน, 2554) การอนุรักษ์ พลังงานจึงเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างความมั่นคง ด้านพลังงาน และลดค่าใช้จ่ายในครัวเรือน ซึ่งควร จะเริ่มจากหน่วยปฐมภูมิของสังคม นั่นคือ “บ้าน” เพราะถ้าหากเราสามารถประหยัดพลังงานในบ้าน ได้ ก็จะช่วยลดการใช้พลังงานของประเทศได้มาก เช่นกัน ในประเทศไทยการสร้างบ้านประหยัด พลังงานค่อนข้างมีน้อย เนื่องจากต้นทุนในการ ก่อสร้างค่อนข้างสูง แต่ถ้าหากคนส่วนใหญ่หันมา ให้ความสำคัญด้านการผลิตพลังงานเหล่านี้ มี ความเป็นไปได้สูงที่ในอนาคตอันใกล้สิ่งเหล่านี้จะ

มีราคาที่ถูกลง และสามารถดำเนินการได้โดยง่าย งานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาแนวทางการ เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารบ้าน เดี่ยวในปัจจุบัน โดยศึกษาถึงความเป็นไปได้และ รูปแบบของกรอบอาคารในแต่ละทิศภายใต้สภาพ อากาศของประเทศไทย รวมถึงองศาและพื้นที่ ในการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ เพื่อให้เกิดการผลิต พลังงานรวมที่เพียงพอต่อการใช้งานไฟฟ้าภายใน บ้าน เพื่อนำไปสู่อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์

2. ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะทางกายภาพและการใช้พลังงาน ของบ้านเดี่ยวในปัจจุบัน

จากข้อมูลของธนาคารอาคารสงเคราะห์ แห่งประเทศไทยปี พ.ศ. 2554 พบว่า แนวโน้ม ความต้องการด้านอสังหาริมทรัพย์ของบ้านเดี่ยว มีมากเป็นอันดับหนึ่ง โดยมากถึง 29% ของความ ต้องการทั้งหมด ซึ่งขอบเขตการศึกษาการ ออกแบบบ้านเดี่ยวเป็นไปตามกฎหมายที่อยู่ อาศัยในกรุงเทพมหานคร คือ ที่ดินแต่ละแปลง ต้องมีความยาวไม่ต่ำกว่า 10.00 เมตร และมี เนื้อที่ไม่ต่ำกว่า 60 ตารางวา ตัวอาคารต้องห่าง จากที่ดินทุกด้านไม่ต่ำกว่า 2.00 เมตร

การใช้พลังงานในบ้านเดี่ยวในปัจจุบันนั้น ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการใช้งาน และพื้นที่ใช้สอย กิจกรรมนั้น ๆ ช่วงเวลาการใช้งาน และขนาดของ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความสำคัญต่อพลังงาน ที่เกิดขึ้นภายในบ้าน

2.2 ความหมาย แนวคิด และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์

อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building: NZEB) คือ อาคารที่มีการ ออกแบบหรือปรับปรุงให้มีการใช้พลังงานใน

อาคารให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุด และสามารถผลิตพลังงานได้เพียงพอต่อความต้องการของอาคาร หรือเกินกว่าความต้องการของอาคาร ซึ่งอาคารเหล่านี้ยังคงใช้พลังงานทั่วไป ได้แก่ ไฟฟ้าและก๊าซธรรมชาติ ซึ่งวิธีการสร้างพลังงานหมุนเวียนมีด้วยกันหลายวิธี ไม่ว่าจะเป็นการใช้แสงธรรมชาติ การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ เป็นต้น

งานวิจัยนี้ได้มุ่งศึกษาในส่วนของ Net Zero Site Energy หมายถึง อาคารที่สามารถสร้างพลังงานได้เพียงพอต่อความต้องการใช้งานเองตลอดทั้งปี โดยจะไม่พิจารณาถึงค่าสาธารณูปโภคทั้งหมด จากการศึกษากรณีศึกษา อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ของสถาปนามีอากาศในเขตร้อนชื้นเช่นเดียวกับประเทศไทย พบว่า มีความเป็นไปได้ที่จะทำให้เกิดอาคารประเภทนี้ ในการศึกษานี้จะศึกษาการออกแบบกรอบอาคารที่

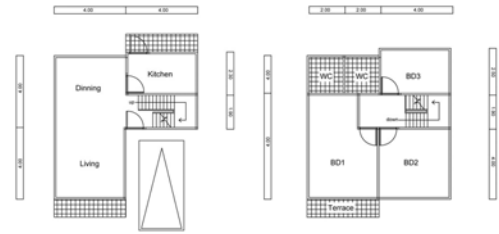
- ประหยัดพลังงานการปรับอากาศ
- เพิ่มประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร
- ติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ และผลิตพลังงานเพียงพอสำหรับอาคาร
- มีการระบายอากาศแบบธรรมชาติแบบ cross ventilation ภายในอาคาร

3. ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยการวัดผลจริงด้านการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์และการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โปรแกรม eQuest 3.64 แบบจำลองในคอมพิวเตอร์จะประเมินผลการใช้พลังงานจากรูปแบบของหลังคา และระยะยื่นของแผงบังแดดในแต่ละทิศทาง ให้เหมาะสมกับการใช้แสงธรรมชาติ การระการทำความเย็นของอาคาร และ

การติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์

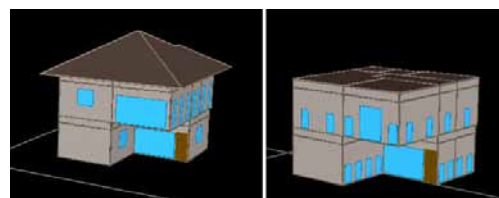
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง



รูปที่ 1 ฟังบ้านเดี่ยวทั่วไปกรณีศึกษา

กำหนดแบบบ้านเดี่ยวกรณีศึกษา โดยกำหนดจากการรวบรวมข้อมูลแบบบ้านเดี่ยวขนาดพื้นที่ 150 ตารางเมตร ในกรุงเทพมหานคร ข้อมูลศึกษานี้ไม่รวมกรณีบ้านเดี่ยวแบบโมเดิร์นหรือแบบที่มีหลังคาราบ พบว่า ขนาดของบ้านเดี่ยวทั่วไปมีขนาดความยาวช่วงเสาเท่ากับ 4 เมตร และมีขนาดกว้างขวางเท่ากับ 4x4 เมตร ประกอบไปด้วย 3 ห้องนอน 2 ห้องน้ำ 1 ห้องรับแขก 1 ห้องรับประทานอาหาร และ 1 ห้องครัวหลังคาจั่ว

3.2 การทดลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์



รูปที่ 2 แบบจำลองบ้านกรณีพื้นฐานและกรณี A ผ่านโปรแกรม eQuest 3.64

ในการทดลองเพื่อหาพลังงานของบ้านผ่านการทำแบบจำลองในโปรแกรม eQuest 3.64 โดยจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ แบบ

บ้านกรณีพื้นฐาน และแบบบ้านกรณีวิจัย และนำพลังงานที่ได้จากการจำลองมาเปรียบเทียบกัน เพื่อหารูปแบบของกรอบอาคารที่เหมาะสมในการออกแบบบ้านเดี่ยวสองชั้น ที่เหมาะสมสำหรับเป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์

การจำลองพลังงานผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้น ได้จำลองรูปแบบที่ใช้ศึกษาทั้งหมด 38 กรณี โดยแบ่งออกเป็น 9 หัวข้อศึกษา ได้แก่ กรณีพื้นฐาน กรณีศึกษาทิศทางของอาคาร กรณีศึกษาการเปลี่ยนหลังคา กรณีศึกษาแผงบังแดดความยื่น 0.5 เมตร 1.0 เมตร 1.5 เมตร และ 2.0 เมตร ดังตารางที่ 2 จากนั้นนำพลังงานที่ได้จากการจำลองในแต่ละกรณีมาเปรียบเทียบเพื่อหากรณีที่ดีที่สุดสำหรับการออกแบบบ้านเดี่ยว เพื่อนำไปสู่อาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์

ตารางที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นในการทดลองเพื่อจำลองในโปรแกรม eQuest 3.64

ข้อมูลพื้นฐาน	
ประเภทอาคาร	บ้านเดี่ยว 2 ชั้น
พื้นที่	150 sq.m
ความสูงจากพื้นถึงพื้น	3 m
ความสูงจากพื้นถึงคาน	2.5 m
หลังคา	หลังคาจั่ว ความชัน 22.5 องศา
ชนิดกระจก	Single Clr/Tint (Single Green 1/8in)
ฉนวน	4in. Polystyrene (R-20)
ระบบปรับอากาศ 1	ไม่ปรับอากาศ
ระบบปรับอากาศ 2	ระบบปรับอากาศแบบ split type
	3.3 tons EER 11.6
ช่วงเวลาการใช้งาน	วันจันทร์ - ศุกร์ : 16.00 - 6.00 น.
	วันเสาร์ - อาทิตย์ : 24 ชั่วโมง
ข้อมูลสภาพอากาศ	Bangkok_Thailand

ตารางที่ 2 ตารางแสดงจำนวนกรณีศึกษา

กรณีศึกษา	จำนวนการทดลอง	หมายเหตุ
Base Case	4	รูปแบบพื้นฐาน, หลังคาจั่ว
Base Case A	4	รูปแบบพื้นฐาน, หลังคาราบ
Case A	4	ปรับEER+Dimming
Case B_0.5	5	แผงบังแดด 0.5 m
Case B_1.0	5	แผงบังแดด 1.0 m
Case B_1.5	5	แผงบังแดด 1.5 m
Case B_2.0	5	แผงบังแดด 2.0 m
Case C_1.0	4	แผงบังแดดบางทิศ
Case D	2	แผงบังแดดชั้นบน-ล่าง

3.3 การเก็บผลการทดลองโซลาร์เซลล์

การทดลองวัดค่าพลังงานที่ได้จากการผลิตจากแผงโซลาร์เซลล์ 1 แผง ใน 4 ทิศทาง ได้แก่ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก โดยเก็บผลทุก 10 องศา ตั้งฉากกับระนาบแนวนอน เพื่อหาองศาและทิศทางที่เหมาะสมในการติดตั้ง

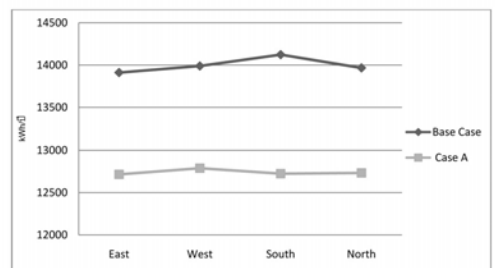


รูปที่ 3 อุปกรณ์ในการเก็บผลโซลาร์เซลล์

4. ผลการทดลอง

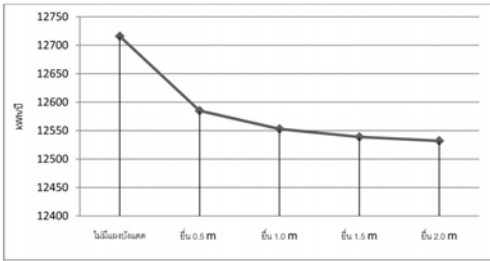
4.1 พลังงานของบ้านเดี่ยวจากการวิจัย

จากการจำลองพลังงานผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทั้ง 38 กรณี พบว่า หากกำหนดให้ด้านหน้าของอาคารหันไปทางทิศตะวันออกจะทำให้การใช้พลังงานภายในบ้านน้อยที่สุดทั้งในบ้านเดี่ยวกรณีพื้นฐาน และกรณีเปลี่ยนหลังคา



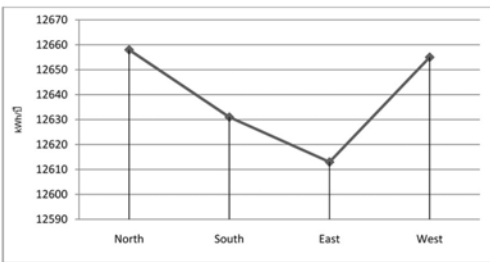
แผนภูมิที่ 1 เปรียบเทียบพลังงานของบ้านเดี่ยวที่หันหน้าอาคารในทิศต่างกัน

การทดลองกรณีของแผงบังแดดตัวอาคารพบว่า อาคารที่มีแผงบังแดดมีผลต่อการลดภาระการทำความเย็นของอาคารมากกว่าอาคารที่ไม่มีแผงบังแดด โดยอาคารที่มีแผงบังแดดจะช่วยลดการใช้พลังงานได้ถึง 1603 kWh ต่อปี และแผงบังแดดที่มีระยะมากจะช่วยลดพลังงานการปรับอากาศมากกว่าแผงบังแดดที่ยีนน้อย



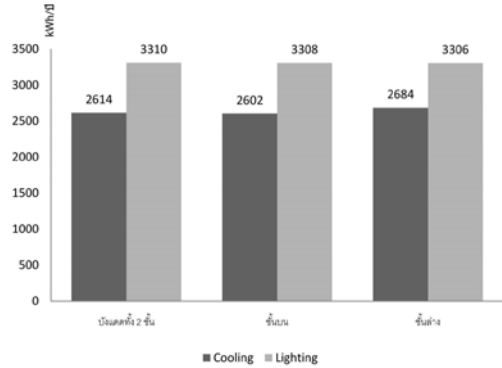
แผนภูมิที่ 2 เปรียบเทียบพลังงานของอาคารพื้นฐาน A ที่ไม่มีแผงบังแดดและมีแผงบังแดด

การทดลองเพื่อหาทิศทางการติดตั้งแผงบังแดดสำหรับตัวอาคาร พบว่า ทิศตะวันออกและทิศใต้ มีการเปลี่ยนแปลงด้านพลังงานมากที่สุด และมีการเปลี่ยนแปลงน้อยในทิศเหนือ และทิศตะวันตกน้อยที่สุด



แผนภูมิที่ 3 เปรียบเทียบพลังงานเมื่อติดตั้งแผงบังแดดในทิศต่าง ๆ

การทดลองหาความแตกต่างในการติดตั้งแผงบังแดดในชั้นบน และชั้นล่างของบ้าน พบว่าการติดตั้งแผงบังแดดในชั้นบนของตัวอาคารมีผลต่อพลังงานด้านการปรับอากาศของอาคาร และแผงบังแดดชั้นล่างมีผลทำให้พลังงานการส่องสว่างเพิ่มขึ้น

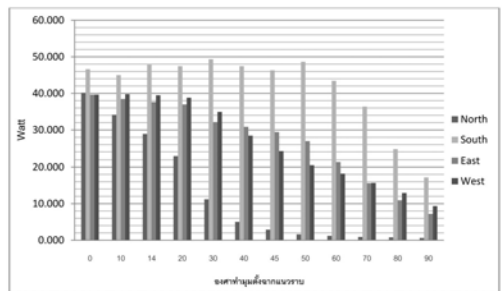


แผนภูมิที่ 4 เปรียบเทียบการติดตั้งแผงบังแดดในแต่ละชั้นของบ้าน

4.2 ทิศทางและองศาที่เหมาะสมในการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์

จากการเก็บผลโซลาร์เซลล์ทั้ง 4 ทิศ ได้แก่ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ตั้งแต่ช่วงเวลา 9.00-16.00 น. พบว่า โซลาร์เซลล์จะมีประสิทธิภาพมากที่สุด เมื่อหันทางทิศใต้ และทำมุม 30 องศา โดยการทดลองวัดค่าดังกล่าวกระทำในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2556

ตารางที่ 3 พลังงานที่ได้จากการวัดโซลาร์เซลล์ในทิศต่าง ๆ



5. ข้อเสนอจากการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 ข้อเสนอจากการศึกษาวิจัย

จากการวิจัย พบว่า บ้านเดี่ยวสองชั้นที่มีพื้นที่ใช้สอย 150 ตารางเมตร ที่ใช้ระบบการระบายอากาศแบบผสมระหว่าง การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ และการใช้เครื่องปรับ

อากาศ ภายใต้สภาพภูมิอากาศของประเทศไทย นั้น สามารถทำให้เป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์ได้ ซึ่งพลังงานที่ได้จากการทดลองของบ้านกรณีทั่วไปจะใช้พลังงานเท่ากับ 12,613 kW/year โดยพิจารณาจาก

5.2 ทิศทางการวางตัวของอาคาร

ทิศทางการวางอาคารที่เหมาะสมสำหรับบ้านเดี่ยว โดยพิจารณาจากทิศทางในการหันหน้าอาคารแล้วผลจากการจำลองพลังงานที่ได้จากการหันหน้าอาคารไปให้ทิศต่าง ๆ พบว่า ทิศที่เหมาะสมที่สุด คือ ทิศตะวันออก

5.3 เปลือกอาคารบ้านเดี่ยว

ในการออกแบบเปลือกอาคารบ้านเดี่ยว ซึ่งในงานวิจัยนี้หมายถึง หลังคา และแผงบังแดดพบว่า

5.3.1 หลังคาแบบราบเหมาะสำหรับอาคารบ้านเดี่ยวในการทำให้เป็นอาคารพลังงานสุทธิเป็นศูนย์มากที่สุด เนื่องจากพื้นที่ของหลังคา มีประสิทธิภาพเหมาะสมสำหรับการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์มากที่สุด โดยการคิดคำนวณความต้องการการใช้แผงโซลาร์เซลล์ของบ้านเท่ากับ 35 แผง หรือ 27.5 ตารางเมตร ซึ่งหลังคาแบบราบนั้นมีพื้นที่ทั้งหมด 65.6 ตารางเมตร ในขณะที่เดียวกันหลังคาแบบจั่วมีพื้นที่ที่สามารถรองรับแผงโซลาร์เซลล์ในทางทิศใต้ได้ประมาณ 15 ตารางเมตรเท่านั้น ทำให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของบ้านเดี่ยว แม้จะมีการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ร่วมกับแผงบังแดดของอาคารแล้วก็ตาม (ดังข้อ 5.3.2)

5.3.2 แผงบังแดดของบ้านเดี่ยว ควรมีแผงบังแดดในด้านทิศตะวันออก และทิศใต้มากที่สุดตามลำดับ และระยะยื่นของแผงบังแดดที่

เหมาะสม โดยพิจารณาจากขนาดของช่องเปิด และพลังงานที่ได้จากการทดลอง คือ ระยะ 1 เมตร ซึ่งหากติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ร่วมกับแผงกันแดดในทางทิศใต้ ในกรณีที่หลังคาเป็นแบบจั่วนั้น มีข้อจำกัดในทิศทางการติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์ ซึ่งต้องติดตั้งแผงโซลาร์เซลล์เพิ่ม 2 แถวทางทิศใต้ หรือนับเป็นระยะยื่นจากตัวอาคารถึง 2 เมตร ซึ่งไม่เหมาะสมต่อขนาดของช่องเปิด และส่งผลด้านความสวยงามของบ้าน แต่ถ้าจะทำเช่นนั้นก็ควรคำนึงถึงโครงสร้างและการรับน้ำหนักของบ้านด้วย

6. ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยมุ่งศึกษาเฉพาะพลังงานไฟฟ้า สำหรับการปรับอากาศ และแสงสว่างเท่านั้นไม่ได้ครอบคลุมถึงการใช้พลังงานในด้านอื่น ๆ เช่น พลังงานน้ำ เป็นต้น หากมีการศึกษาเพิ่มเติมจึงอาจพิจารณาในกรณีของการใช้พลังงานด้านอื่น ๆ นอกเหนือจากพลังงานไฟฟ้าภายในบ้านเดี่ยวเพิ่มเติมด้วย

References

- สำนักงานนโยบายและพลังงาน. (2554). *แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2554 - 2573)*. สืบค้นเมื่อ 18 กันยายน 2555, จาก http://www.eppo.go.th/ccep/energy_3-6.html
- ASHRAE Journal Zero-Energy Buildings Defined. (2006). *Understanding Zero-Energy Buildings*. Retrieved September 21, 2012, from <http://www.buildings.com/ArticleDetails/tabid/3321/ArticleID/4987/Default.aspx>
- Crawley, D., Pless, S. & Torcellini, P. (2009). Getting to Net Zero. *ASHRAE Journal*. NREI/JA-550-46382, 1-8.

การลดอุณหภูมิอากาศด้วยการระเหยน้ำทางตรง
ผ่านผนังอิฐดินเผาเคลือบบรรจุทรายชุ่มน้ำ
Direct Evaporative Cooling Wall
Constructed of Water Soaking Brick with Sand

ศุภวิชญ์ ศรีอุบลมาศ¹ และ ดร. สุดาภรณ์ ชั่งลู่²
Supawit Sriubolmas¹ and Sudaporn Chungloo, Ph.D.²

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
E-mail: dankbom@hotmail.com¹, chungloo@tu.ac.th²

บทคัดย่อ

ระบบทำความเย็นโดยวิธีทางธรรมชาติโดยการระเหยของน้ำทางตรงเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการลดอุณหภูมิอากาศที่มีศักยภาพในภูมิอากาศร้อนชื้น งานวิจัยนี้ศึกษาประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิอากาศเขตร้อนชื้นบริเวณพื้นที่สาธารณะและกึ่งสาธารณะภายในอาคาร โดยใช้ระบบการระเหยของน้ำทางตรงจากผนังแห่งอิฐดินเผาเคลือบบรรจุทรายชุ่มน้ำ โดยผลการศึกษาเบื้องต้นจากการทดลอง 96 ชั่วโมง ภายในเดือนมีนาคม พบว่า เมื่ออุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 30 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 65 ผนังอิฐดินเผาเคลือบบรรจุทรายชุ่มน้ำจะมีประสิทธิภาพการระเหยสูงสุดคือ ร้อยละ 75 และมีประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำของพื้นที่ผิวสูงสุด 30-36 ชั่วโมง สามารถลดอุณหภูมิอากาศสูงสุดเท่ากับ 0.6 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิผิวอิฐต่ำสุดเท่ากับ 27 องศาเซลเซียส การศึกษางานวิจัยนี้สามารถเป็นแนวทางการใช้ระบบการระเหยของน้ำทางตรง สำหรับประยุกต์ใช้ในการลดอุณหภูมิอากาศพื้นที่สาธารณะและกึ่งสาธารณะภายในอาคาร สำหรับช่วงเวลาที่มียุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เช่น ช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน

Abstract

The passive cooling by a direct evaporation of water aimed at controlling ambient temperatures has a potential to control ambient air temperature in the hot and humid climate. The purpose of this research is to reduce the ambient temperature climate in the public and semi-public spaces inside the building by applying direct evaporative cooling wall constructed of water soaking brick with sand. The study during operation experimental of 96 found that at the average air temperature of 30 degrees Celsius and 65 percent relative humidity brick and sand soaking with water evaporation efficiency was up to 75 percent during the operation of 30 -36 hours. The maximum ambient temperature was reduced by 0.6 degrees Celsius with

the lowest surface temperature of 27 degrees Celsius. The direct evaporation of water for application is recommended in the public and semi-public space during the high ambient temperature and low humidity such as in January - April.

คำสำคัญ (Keywords): ระบบการระเหยของน้ำทางตรง (Direct Evaporative Cooling System), ผนังแห่งอิฐดินเผาเคลือบบรรจุทรายชุ่มน้ำ (Wall Constructed of Water Soaking Brick with Sand), พื้นที่สาธารณะและกึ่งสาธารณะภายในอาคาร (Public and Semi-public Spaces Inside the Building), ภูมิอากาศร้อนชื้น (Hot and Humid Climate)

1. ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบันประเทศไทยประสบปัญหาความร้อน สภาพภูมิอากาศที่สูงเกินขอบเขตความสบายเชิงอุณหภูมิตลอดปี ขอบเขตพื้นที่อยู่อาศัยโดยเฉพาะพื้นที่เมืองประสบปัญหาเกาะเมืองร้อน อาคารเป็นเสมือนเป็นแหล่งกักเก็บความร้อน ซึ่งระบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำทางตรงสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยลดอุณหภูมิสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ด้านสถาปัตยกรรมแล้วยังมีการประยุกต์ใช้การระเหยของน้ำในด้านอื่น เช่น การถนอมอาหารในพื้นที่ทะเลทราย โดยนำกระถางดินเผาสองใบบรรจุทรายและน้ำบริเวณพื้นที่ระหว่างกระถางเพื่อป้องกันความร้อนและรักษาอุณหภูมิของอาหารให้คงที่ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันได้เริ่มมีการใช้การระเหยของน้ำในสภาพอากาศแบบร้อนชื้น เช่น ประเทศญี่ปุ่น (Jiang & Arika, 2009) อีกทั้งมีการศึกษาเรื่องสภาวะความสบายของคนไทยที่สามารถรองรับความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดที่ร้อยละ 80 (Joseph & Khedari, 2000) งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิอากาศในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นโดยใช้ระบบการระเหยของน้ำทางตรง จาก

ผนังแห่งอิฐดินเผาเคลือบบรรจุทรายที่มีน้ำซึมผ่านจากผิวอิฐ ผนังดังกล่าวจะสามารถลดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมบริเวณพื้นที่สาธารณะและกึ่งสาธารณะภายในอาคาร

2. ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ

กระบวนการของการระเหยของน้ำแบ่งเป็น 2 วิธี ได้แก่ การทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยน้ำทางตรงและการระเหยน้ำทางอ้อม

2.1.1 การระเหยน้ำทางตรง

การนำอากาศภายนอกโดยผ่านการระเหยของน้ำโดยตรงเข้ามาในอาคาร ซึ่งอากาศมีอุณหภูมิต่ำลง เนื่องจากน้ำเกิดกระบวนการระเหยโดยดึงความร้อนของอากาศมาใช้ในการระเหยและความชื้นของอากาศเพิ่มขึ้น

2.1.2 การระเหยน้ำทางอ้อม

เป็นการทำความเย็นให้แก่ส่วนประกอบอาคาร เช่น หลังคา ผนังอาคาร ซึ่งทำให้อากาศและส่วนประกอบของอาคารเย็นลง โดยไม่เพิ่มปริมาณความชื้นของอากาศภายในอาคาร

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการระเหยของน้ำ

2.2.1 อุณหภูมิกระเปาะแห้ง

อุณหภูมิของอากาศปกติโดยอุณหภูมิที่มีความร้อนส่งผลให้มีการระเหยของน้ำมาก ซึ่งความชื้นในอากาศจะแปรผกผัน คือยิ่งมีอุณหภูมิต่ำ ความชื้นต่ำ

2.2.2 อุณหภูมิกระเปาะเปียก

อุณหภูมิอากาศที่มีความชื้นสูงสุด เสมือนอุณหภูมิที่วัดจากเทอร์มิเมตรซึ่งกระเปาะของหลอดแก้วถูกหุ้มด้วยผ้าเปียก

2.2.3 ความชื้นสัมพัทธ์

อัตราส่วนระหว่างปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศขณะนั้นกับปริมาณไอน้ำมากที่สุดที่อากาศสามารถรับได้

2.2.4 อัตราส่วนความชื้น

ปริมาณมวลไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศต่อกิโลกรัมอากาศแห้ง

2.2.5 ความเร็วลม

เพิ่มอัตราการระเหยของน้ำและนำพาอากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นต่างๆ ไปยังพื้นที่ต่างๆ

2.2.6 พื้นที่ผิว

พื้นที่ส่วนที่น้ำสัมผัสกับอากาศ ลม และรังสีดวงอาทิตย์โดยตรง

2.2.7 ประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำ

เป็นปัจจัยที่ไม่ส่งผลต่อการระเหยของน้ำโดยตรง แต่ส่งผลต่อระยะเวลาในการระเหยของน้ำ

2.3 สภาพภูมิอากาศประเทศไทย

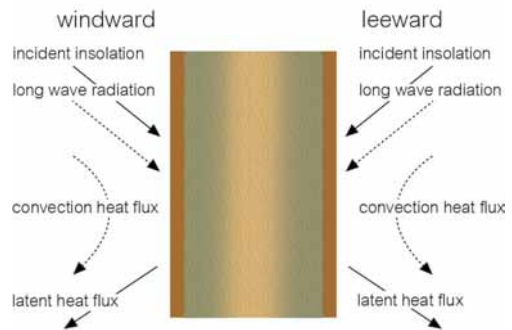
2.3.1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์

ข้อมูลภูมิอากาศรายชั่วโมงกรมอุตุนิยม

วิทยาในช่วง พ.ศ. 2542 – 2551 อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วง 27.35 – 30.87 องศาเซลเซียส ซึ่งเดือนเมษายนมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 35.80 องศาเซลเซียสและเดือนธันวาคมมีอุณหภูมิต่ำสุดถึง 21.16 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนอยู่ที่ร้อยละ 61.84 – 77.50 ซึ่งเดือนตุลาคมมีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุกร้อยละ 92.22 ส่วนเดือนธันวาคมมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดถึงร้อยละ 40.78

2.4 การถ่ายเทความร้อน

ผนังอิฐดินเผาของบรรจจุทรายชุ่มน้ำรับความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์หรือจากอุณหภูมิอากาศและความร้อนถูกนำจากพื้นที่ผิวด้านนอกสู่ด้านในตัวถังอิฐบรรจจุทราย โดยการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นมี 5 รูปแบบ คือ การนำความร้อน การพาความร้อน การแผ่รังสีความร้อน การดูดซับความร้อน ความร้อนแฝงจากการระเหย



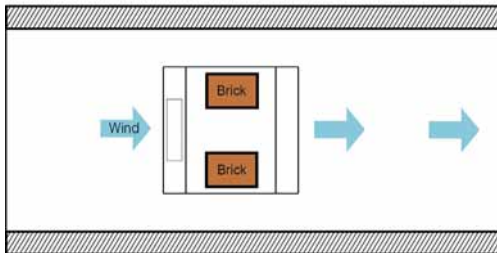
รูปที่ 1 รูปแบบการถ่ายเทความร้อนของผนังอิฐดินเผาบรรจจุทรายชุ่มน้ำ

3. ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิอากาศด้วยวิธีการระเหยของน้ำทางตรงผ่านผนังอิฐกลวงดินเผาบรรจจุทรายชุ่ม โดยทำการทดลองในสภาพแวดล้อมจริง 3 การทดลอง ดังนี้

3.1 การทดลองประสิทธิภาพการระเหยของน้ำผ่านก้อนอิฐกลวงดินเผาบรรจุทรายชุ่มน้ำ

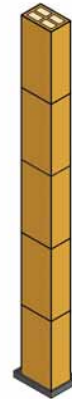
ทำการทดลองในห้องที่มีการระบายอากาศ โดยสร้างกล่องทดลองจากโฟมหนา 2 นิ้ว เพื่อป้องกันความร้อนจากภายนอก และติดตั้งพัดลมด้านหน้าเพื่อกำหนดตัวแปรความเร็วลม 3 ระดับ 0.1 - 0.8, 0.5 - 1.5, 1.5 - 2.5 เมตรต่อวินาที โดยเก็บข้อมูลความเร็วลม อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศด้านหน้า-หลังก้อนอิฐ อุณหภูมิผิวก้อนอิฐและการระเหยของน้ำด้วยการชั่งน้ำหนัก ทำการทดลอง 24 ชั่วโมง และบันทึกผลทุก 1 นาที



รูปที่ 2 การทดลองที่ 1 การระเหยของน้ำผ่านก้อนอิฐกลวงดินเผาบรรจุทรายชุ่มน้ำ

3.2 การทดลองประสิทธิภาพการระเหยและดูดซึมน้ำผ่านแท่งอิฐกลวงดินเผาบรรจุทรายชุ่มน้ำ

ทำการทดลองโดยนำก้อนอิฐวางซ้อนกันในแนวตั้ง 5 ก้อน ในห้องทดลองที่มีการระบายอากาศและควบคุมปริมาณน้ำที่ใช้ โดยเก็บข้อมูลความสามารถในการกักเก็บน้ำ การระเหยของน้ำด้วยการชั่งน้ำหนักและอัตราส่วนพื้นที่ที่ชุ่มน้ำของพื้นที่ผิวต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำ ทำการทดลอง 72 ชั่วโมงและบันทึกผลทุก 1 นาที

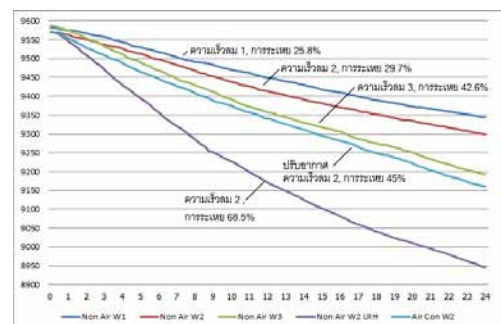


รูปที่ 3 การทดลองที่ 2 การระเหยและดูดซึมน้ำผ่านแท่งอิฐกลวงดินเผาบรรจุทรายชุ่มน้ำ

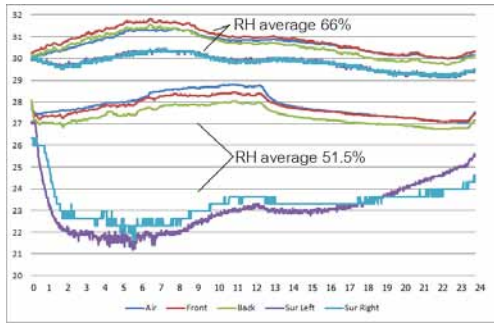
4. ผลการทดลอง

4.1 การทดลองที่ 1 ประสิทธิภาพการระเหยของน้ำผ่านก้อนอิฐกลวงดินเผาบรรจุทรายชุ่มน้ำ

จากการทดลอง พบว่า ที่ความเร็วลม 0.5 - 1.5 เมตรต่อวินาที อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย 27.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 55.5 มีประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิอากาศสูงสุด โดยอิฐมีอุณหภูมิผิวต่ำสุดที่ 21.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยหลังผ่านก้อนอิฐ 27.3 องศาเซลเซียส และมีการระเหยสูงสุทธ้อยู่ที่ 68.5 สูงกว่าที่ความเร็วลมเท่ากันแต่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 66 อยู่ร้อยละ 38.3



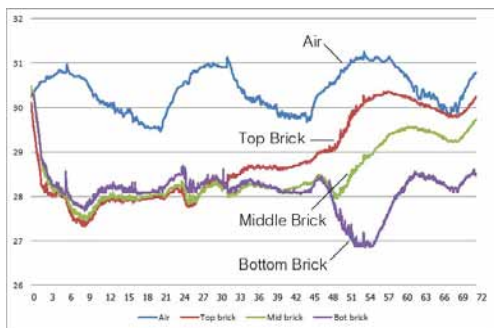
รูปที่ 4 ประสิทธิภาพการระเหยของก้อนอิฐ



รูปที่ 5 ประสิทธิภาพการลดอุณหภูมิอากาศของก้อนอิฐที่ระดับความเร็วลม 0.5-1.5

4.2 การทดลองที่ 2 ประสิทธิภาพการระเหยและดูดซึมน้ำผ่านแท่งอิฐกลวงดินเผาบรรจุทรายชุ่มน้ำ

จากการทดลองพบว่า แท่งอิฐกักเก็บน้ำได้ประมาณ 2045 มิลลิกรัม ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 30.4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 67 และมีประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำของพื้นที่ผิวสูงสุดประมาณ 35 ชั่วโมง และอัตราส่วนพื้นที่ชุ่มน้ำของพื้นที่ผิวต่อประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำเท่ากับ 0.89



รูปที่ 6 อุณหภูมิผิวแท่งอิฐดินเผาของบรรจุทรายชุ่มน้ำ ส่วนบน กลางและล่าง

5. ข้อสรุปจากการทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 ข้อสรุปจากการศึกษาวิจัย

5.1.1 การทดลองประสิทธิภาพการระเหยของน้ำผ่านก้อนอิฐกลวงดินเผาบรรจุทรายชุ่มน้ำ

จากการศึกษาอุณหภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงและประสิทธิภาพการระเหยของน้ำ โดยทำการเปรียบเทียบความเร็วลมตั้งแต่ 0.1-2.5 เมตรต่อวินาที สรุปได้ว่า

- 1) อิทธิพลของความเร็วลมส่งผลให้อัตราการระเหยมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยความเร็วลมมีค่าแปรผกผันกับอุณหภูมิ
- 2) อุณหภูมิกระเปาะแห้งและความชื้นสัมพัทธ์มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการระเหยมากกว่าความเร็วลม โดยที่ความเร็วลมเท่ากันจะมีความแตกต่างของประสิทธิภาพการระเหยถึงร้อยละ 25

5.1.2 การทดลองประสิทธิภาพการระเหยและดูดซึมน้ำผ่านแท่งอิฐกลวงดินเผาบรรจุทรายชุ่มน้ำ

- 1) ก้อนอิฐดินเผาของบรรจุทรายหนึ่งก้อนกักเก็บน้ำได้ 400 มิลลิกรัม
- 2) แท่งอิฐกลวงดินเผาบรรจุทรายชุ่มน้ำมีประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำของพื้นที่ผิวสูงสุดไม่เกิน 35 ชั่วโมง
- 3) อัตราส่วนพื้นที่ชุ่มน้ำของพื้นที่ผิวต่อประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำมีค่าคงที่

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) การศึกษาเพิ่มเติมต่อไปควรศึกษาในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาวของประเทศไทย เพื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมและประสิทธิภาพการของระบบ

2) การศึกษาเพิ่มเติมควรปรับเปลี่ยนตัวแปรที่นำมาบรรจุในก่อนอิฐกลวงดินเผา เช่น บรรจุน้ำอย่างเดียวน

3) การศึกษาเพิ่มเติมต่อไปอาจปรับเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ในการทดลองจากอิฐเป็นวัสดุอื่น เช่น แท่งซีเมนต์

References

เมธา สรรพพฤดาศิลป์. (2550). *การลดอุณหภูมิอากาศโดยการระเหยของน้ำทางตรงผ่านม่านน้ำ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2544). *ระบบความเย็นแบบธรรมชาติ (Passive Cooling)*. กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.

Givoni B. (1994). *Passive and Low Energy Cooling of Building*. New York: Ban Nostrand Reinhold

He, J. & Hoyano, A. (2009). A 3D CAD-based simulation tool for prediction and Evaluation of the thermal improvement effect of passive cooling walls in the Developed urban locations. *Solar Energy*, 83, 1064–1075.

He, J. (2010). Experimental study of cooling effects of a passive Evaporative cooling wall constructed of porous ceramics with high water soaking-up ability. *Building and Environment*, 46, 584–596.

Khedari, J., Yamtraipat, N., Pratintong, N., Hirunlabh, J. (2000). Thailand Ventilation Comfort Chart. *Energy and Building*, 32, 245-249.

