ประสิทธิภาพการระบายอากาศในห้องน้ำของอาคารที่พักอาศัยโดยการใช้พัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์

Ventilation Effectiveness in Bathroom of Residential Buildings by Using Solar Photovoltaic Powered Fans.

เกษญา รัตโนภาส[1] และ อรรจน์ เศรษฐบุตร[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพการลดความชื้น การประหยัดพลังงานและหาค่าความคุ้มทุนของการใช้พัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ในห้องน้ำของอาคารที่พักอาศัย วิจัยเปรียบเทียบระหว่างห้องน้ำที่ใช้ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้าน และไม่มีระบบพัดลมระบายอากาศ การวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ส่วนแรก หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์ และอัตราการระบายอากาศ (CFM) เพื่อนำมาคำนวณหาค่าอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมง (Air changes per hour : ACH) ที่ได้ในการวิจัย การวิจัยนี้ใช้พัดลมขนาด 41 CFM ทำให้เกิดการระบายอากาศเท่ากับ 8.76 ACH และใช้เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 10 W ผลที่ได้คือ รังสีอาทิตย์ยิ่งมากอัตราการระบายอากาศของพัดลมจะยิ่งมากตาม ส่วนที่สองหาค่าแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างค่า ACH และค่าผลต่างของอัตราส่วนความชื้น (Humidity ratio) ภายใน-ภายนอกห้องน้ำ จากการวิจัย ระบบที่มีค่าเฉลี่ยผลต่าง Humidity ratio เรียงจากน้อยที่สุดคือ ระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้าน รองลงมาคือ ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ ส่วนระบบที่มีค่าเฉลี่ยผลต่าง Humidity ratio มากที่สุดคือ ห้องน้ำที่ไม่มีระบบพัดลมระบายอากาศ ซึ่งหมายถึงมีความชื้นสะสมในห้องน้ำสูงสุด โดยค่าผลต่าง Humidity ratio ภายใน-ภายนอกห้องน้ำ จะแปรผกผันกับค่า ACH และจะมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อค่า ACH อยู่ที่ 18.70 ACH ซึ่งเป็นอัตราการระบายที่สามารถเอาความชื้นสะสมออกจากห้องได้ทั้งหมด ในส่วนที่สาม คำนวณหาค่าความชื้นและค่าการประหยัดพลังงานตลอดทั้งปีของระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งร่วมกับพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้าน โดยเพิ่มพัดลมเป็น 2 ตัว ทำให้มีค่า ACH เท่ากับ 17.53 ACH พบว่าสามารถลดค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ใน 1 ปี ลงได้ 10.92% เมื่อเทียบกับห้องน้ำที่ไม่มีระบบพัดลมระบายอากาศ ลดค่าการใช้ไฟฟ้าได้มากกว่าระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้าน 40.29% และจะถึงจุดคุ้มทุนได้ภายใน 9 ปี หากมีจำนวนยูนิตมากพอที่จะใช้ไฟฟ้ามากกว่า 6,000 W จึงสามารถสรุปได้ว่า การใช้ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้าน มีประสิทธิภาพในการลดความชื้นในห้องน้ำของอาคารที่พักอาศัย และยังส่งเสริมการประหยัดพลังงานให้กับอาคารได้อีกทางหนึ่ง

---

[1] นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Email: kesaya10928@gmail.com

[2] รองศาสตราจารย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง เรื่อง ประสิทธิภาพการระบายอากาศในห้องน้ำของอาคารที่พักอาศัยโดยการใช้พัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์)

ABSTRACT

The research aims to evaluate the efficiency of dehumidification and energy saving in bathroom of residential buildings by using solar photovoltaic powered fans. A comparison is made between bathroom of 3 different ventilation systems; solar fan system, electric fan system and no ventilation system. The experiment was divided into 3 parts. The first, research on the relationship between solar radiation and ventilation rate (CFM) for calculating the air changes per hour (ACH), obtained in the experiment. This Research used a fan with a ventilation rate of 41 CFM equal to 8.76 ACH powered by a 10-watt solar panel. It was found that the more the solar radiation, the greater the fan's ventilation rate. The second, research on the relationship between ACH and the difference in humidity ratio, between the inside and outside of the bathroom. The results show that the lowest average of the difference in humidity ratio is an electric fan system. Secondary is a solar fan system and the highest average is a bathroom without ventilation system. It means this system has the highest humidity. The difference in humidity ratio is inverse with ACH. The moisture content will leave the bathroom at all when ACH is 18.70 ACH. The last, calculating the dehumidification and the annual energy savings of solar fans system which is equipped with electric fans system and add 2 fans in the system to increase ACH to 17.53 ACH. This system can reduce the average relative humidity in a year by 10.92% compared to a bathroom without ventilation system. And it can reduce the electricity consumption by 40.29%. Payback period is 9 years if there are enough units that the system will use more than 6,000 W. In conclusion, solar fans system which is equipped with electric fans system is effective for dehumidifying in the bathrooms of residential buildings and can save energy.

คำสำคัญ: การระบายอากาศในห้องน้ำ การลดความชื้น พัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์
Keywords: bathroom ventilation, humidity, solar fan

บทนำ

ห้องน้ำที่ถูกสุขอนามัยควรเป็นห้องน้ำที่แห้งและปราศจากความชื้นเพราะความชื้นในอากาศมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลชีพ ได้แก่ เชื้อรา และแบคทีเรียตามวัสดุต่างๆ ส่งผลเสียต่อสุขภาพกายและสุขภาพจิตของผู้ใช้งาน สำหรับอาคารที่พักอาศัยห้องน้ำเป็นห้องที่มีความชื้นมากที่สุด จึงจำเป็นต้องมีการระบายอากาศที่ดีที่สุด (สามเอ็ม, 2557) และความชื้นในห้องน้ำยังมีโอกาสจะเล็ดลอดไปยังส่วนอื่นๆ ของอาคารได้ ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายกับวัสดุภายในอาคาร ได้แก่ ผ้าม่าน ผ้าปูเตียง ผนังห้อง และเฟอร์นิเจอร์ต่างๆ (ปรเมธ ประเสริฐยิ่ง, 2547) ดังนั้นเพื่อลดปัญหาอันเกิดจากความชื้นที่สูงเกินไป การระบายอากาศในห้องน้ำเพื่อลดความชื้นจึงเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึง

ปัจจุบันอาคารประเภท คอนโดมิเนียม อพาร์ทเม้นท์ หอพัก และโรงแรม มักจะออกแบบห้องน้ำติดกับโถงทางเดินภายในอาคาร เพื่อสะดวกแก่การซ่อมบำรุง ห้องน้ำของอาคารประเภทนี้จึงมักจะไม่มีผนังติดกับภายนอกอาคาร โดยตรงทำให้ห้องน้ำไม่มีหน้าต่างระบายอากาศช่วยระบายความชื้นออกจากห้องน้ำ ในปัจจุบันมีวิธีที่นิยมใช้เพื่อแก้ปัญหาสำหรับห้องน้ำที่ไม่มีหน้าต่างระบายอากาศอยู่ 2 วิธี ได้แก่ การก่อผนังให้ไม่สูงถึงฝ้าเพดาน รวมถึงให้ประตู

ห้องน้ำติดบานเกล็ดระบายอากาศ ซึ่งมักจะทำในอาคารเก่าหรือตึกแถว แต่วิธีนี้จะทำให้กลิ่นในห้องน้ำเล็ดลอดไปยังส่วนอื่นของอาคาร รวมถึงความชื้นจะยังคงอยู่ในอาคารก่อนจะระบายออกทางหน้าต่าง และหากห้องน้ำติดกับห้องที่มีเครื่องปรับอากาศก็จะทำให้เชื้อโรคและกลิ่นจากห้องน้ำหมุนเวียนอยู่ในระบบปรับอากาศได้ อีกวิธีหนึ่งคือการติดพัดลมระบายอากาศบนฝ้าเพดาน ซึ่งพัดลมนี้จะต้องเชื่อมต่อกับท่อลมเพื่อนำอากาศออกไปทิ้งภายนอกบ้าน (เอสซีจี, 2559) การใช้พัดลมระบายอากาศนี้จะใช้การเชื่อมต่อกับสวิตช์ไฟเพื่อเปิดปิดการใช้งานพัดลม และหากต้องการให้ห้องน้ำมีการระบายอากาศที่ดีและสม่ำเสมอจำเป็นต้องเปิดพัดลมระบายอากาศอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและเพิ่มภาระค่าใช้จ่าย ซึ่งในปัจจุบันวิธีการลดการใช้พลังงานของอาคารมีด้วยกันหลากหลายวิธี เช่น การใช้พลังงานทดแทน อันได้แก่ พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานจากก๊าซชีวภาพ เป็นต้น แหล่งพลังงานทดแทนที่ถูกกล่าวถึงกันมากที่สุดคือ พลังงานแสงอาทิตย์หรือการใช้โซลาร์เซลล์ ซึ่งในปัจจุบันการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ได้มีการพัฒนาให้สะดวกสบายมากขึ้น และสามารถลดภาระค่าไฟฟ้าของอาคารในระยะยาวได้ (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2559)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้พัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์พบว่า งานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนมากศึกษาการติดตั้งพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบหลังคาระบายความร้อนแบบต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความร้อนให้กับอาคาร ซึ่งผลที่ได้คือการใช้พัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์สามารถช่วยในการระบายอากาศสามารถลดอุณหภูมิภายในห้องได้ และมีความคุ้มค่าสำหรับการลงทุน (ปรีดา จันทวงษ์, 2556) และมีเพียงบางงานวิจัยเท่านั้นที่ศึกษาเกี่ยวกับการลดความชื้นโดยตรง เช่น การนำระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์มาติดตั้งกับเรือนกระจกอบแห้ง ซึ่งสามารถลดค่าความชื้นทำให้อบแห้งได้เร็วขึ้น (Janjai, Chaichoet and Intawee, 2005) จึงควรมีการศึกษาการใช้พัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อช่วยลดความชื้นให้กับอาคารเพิ่มเติม จากที่กล่าวมาข้างต้นนี้สรุปได้ว่า การเปิดพัดลมระบายอากาศเป็นระยะเวลานานเพื่อให้สามารถระบายอากาศได้อย่างสม่ำเสมอและมีประสิทธิภาพ ทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน การใช้พลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหา ดังนั้นจึงมีความสำคัญที่จะทำการศึกษาการลดความชื้นของอาคารโดยใช้พัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์

วัตถุประสงค์ของบทความ

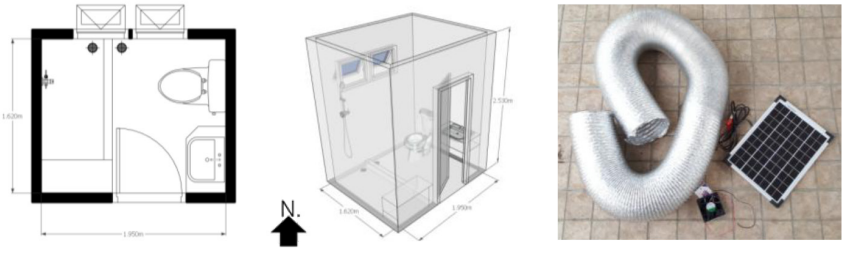
เพื่อประเมินประสิทธิภาพการลดความชื้นในห้องน้ำของอาคารที่พักอาศัย การประหยัดพลังงาน และความคุ้มทุนของการใช้พัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ และเสนอแนะแนวทางในการออกแบบระบบระบายอากาศของห้องน้ำที่ไม่มีช่องเปิดโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ระเบียบวิธีวิจัย

การทดลองใช้ห้องน้ำที่มีการใช้งานจริงอยู่ในบ้านเดี่ยวที่จังหวัดปทุมธานีซึ่งเป็นบ้านของผู้วิจัย โดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างห้องน้ำที่ใช้ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Fan) ห้องน้ำที่ใช้ระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้าน (Electric Fan) และห้องน้ำที่ไม่มีระบบพัดลมระบายอากาศ (No Fan)

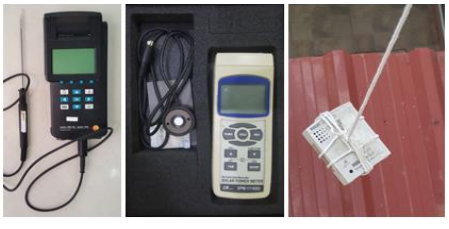
กำหนดลักษณะของห้องและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ห้องน้ำที่ใช้ในการทดลองมีขนาด 1.62 x 1.95 x 2.53 m. มีพื้นที่ 3.16 m^2 และมีปริมาตร 7.95 m^3 โดยในระหว่างการวิจัยจะทำการปิดหน้าต่างละใช้กระดาษลังปิดแสงจากหน้าต่าง เพื่อจำลองห้องน้ำแบบในอาคารคอนโดมิเนียมที่ไม่มีช่องระบายอากาศออกสู่ภายนอกอาคารดังภาพที่ 1 และกำหนดให้มีผู้ใช้งานห้องน้ำเพียง 1 คน มีการอาบน้ำ 2 ครั้งใน 1 วัน คือช่วงเวลาประมาณ 7.40-8.00 น. และ 23.00-23.30 น.



ภาพที่ 1 แสดงผังพื้น (ซ้าย) ภาพจำลองของห้องน้ำ (กลาง) และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำการทดลอง (ขวา)

พัดลมระบายอากาศที่ใช้ในการทดลองมีต้องอัตราการระบายอากาศ (CFM) ขั้นต่ำเป็นไปตามกฎกระทรวง ฉบับที่ 39 คือมีค่าอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมง (Air changes per hour : ACH) มากกว่าเท่ากับ 2 ACH เมื่อเทียบกับขนาดห้องทดลอง พัดลมที่ใช้ต้องมีขนาดไม่ต่ำกว่า 9.36 CFM ในการทดลองนี้จึงใช้พัดลมที่มีอัตราการระบายอากาศเท่ากับ 41 CFM ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง 1.7 W 12 V ขนาด 80x80x25 mm. และอุปกรณ์อื่นที่ใช้ในการทดลองนี้ได้แก่ แผงโซลาร์เซลล์ 16.8-21.0 V ไฟฟ้ากระแสตรง 10 W ชนิด Mono-Crystalline ขนาด 245x334x18 mm. ท่อลมอลูมิเนียมฟอยล์ ชนิดยืดหยุ่น ท่อ 6 นิ้ว ยาว 10 m. เชื่อมต่อพัดลมระบายอากาศกับภายนอกอาคาร สายไฟ และอะแดปเตอร์แปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง 12 V อุปกรณ์การวัดค่าในการวิจัยนี้ ได้แก่ อุปกรณ์วัดความเร็วลม Testo 350-XL testo 454 อุปกรณ์วัดรังสีอาทิตย์ Solar Power Meter SPM-1116SD และอุปกรณ์วัดค่าความอุณหภูมิและความชื้น HOBO ดังที่แสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงอุปกรณ์วัดความเร็วลม (ซ้าย) อุปกรณ์วัดรังสีอาทิตย์ (กลาง)
อุปกรณ์วัดค่าความอุณหภูมิและความชื้น (ขวา)

วิธีการทดลอง

ในส่วนแรก ทำการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์ (W/m^2) และอัตราการระบายอากาศของระบบระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ โดยวัดค่าความเร็วลมที่ได้ในแต่ละช่วงของค่ารังสีอาทิตย์ แล้วนำมาเฉลี่ยเพื่อคำนวณหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์ และอัตราการระบายอากาศ เพื่อนำมาคำนวณหาค่า ACH ที่ได้ในระหว่างการทดลอง

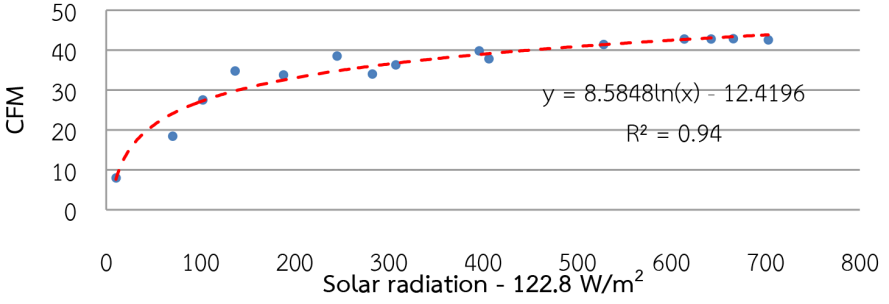
ในส่วนที่สอง ทำการบันทึกค่ารังสีอาทิตย์ ค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity : %) และอุณหภูมิอากาศ (°C) ภายใน-ภายนอกห้องน้ำที่ใช้ในการทดลอง ของห้องน้ำที่มีการติดตั้งระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้าน และแบบไม่มีระบบพัดลมระบายอากาศ ใช้ระยะเวลาในการบันทึกผลของแต่ละระบบ 2 สัปดาห์ โดยในการทดลองของระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้าน กำหนดให้มีการเปิดใช้งานไว้ตลอดทั้งวัน หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาของระบบระบายอากาศทั้ง 3 ระบบ มาประเมินโดยทำการเปรียบ

เทียบค่าผลต่างของค่าอัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio : kgw/kgda) ภายในและภายนอกของห้องน้ำที่ใช้ในการทดลองที่ได้ในแต่ละระบบ และคำนวณหาสมการความสัมพันธ์ของ ACH และค่าผลต่าง Humidity Ratio

ในส่วนสุดท้าย คำนวณหาค่ารังสีอาทิตย์ ค่า Humidity Ratio ภายนอกอาคาร และค่าอุณหภูมิภายในและภายนอกห้องน้ำตลอดทั้งปีจากโปรแกรม Visual DOE เพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าความชื้นที่ลดลงภายในห้องน้ำ ค่าการประหยัดพลังงานที่ได้ตลอดทั้งปี และหาจุดคุ้มทุนของการระบายอากาศในแต่ละระบบ โดยระบบพัดลมระบายอากาศพลังแสงอาทิตย์จะมีการคำนวณร่วมกับระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้านในช่วงเวลาที่ค่ารังสีอาทิตย์ไม่เพียงพอต่อการขับเคลื่อนพัดลมระบายอากาศ เพื่อให้ระบบนี้สามารถทำงานได้ตลอดทั้งวัน

ผลการวิจัย

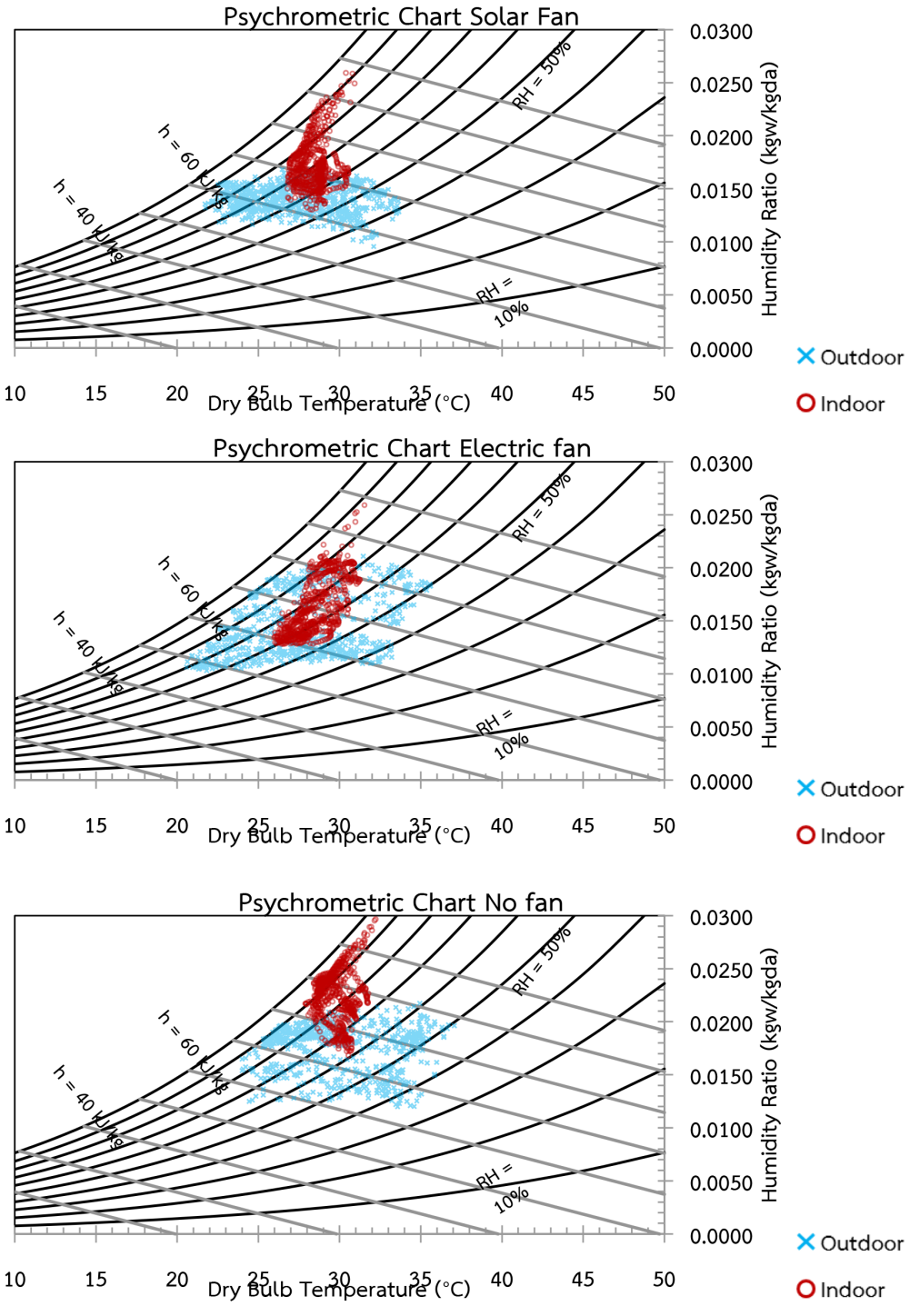
จากการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์ และอัตราการระบายอากาศของระบบระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ จะได้ผลเฉลี่ยออกมาดังภาพที่ 3 ค่าแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์ และอัตราการระบายอากาศจะมีแนวโน้มเป็นกราฟ Logarithmic สามารถคำนวณเป็นสมการได้ดังนี้คือ y = 8.5848ln(x)- 12.4196 โดยที่ x คือค่ารังสีอาทิตย์ลบด้วย 122.8 W/m^2 ซึ่งเป็นค่าต่ำที่สุดของรังสีด้วยอาทิตย์ที่สามารถขับเคลื่อนพัดลมได้ และ Y คือค่าอัตราการระบายอากาศ จากสมการที่ได้นำมาเพื่อคำนวณหาค่าอัตราการระบายอากาศ ที่ได้จากการวัดค่ารังสีอาทิตย์ในแต่ละครึ่งชั่วโมงตลอดระยะเวลาในการทำการทดลองของห้องน้ำที่ใช้ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์



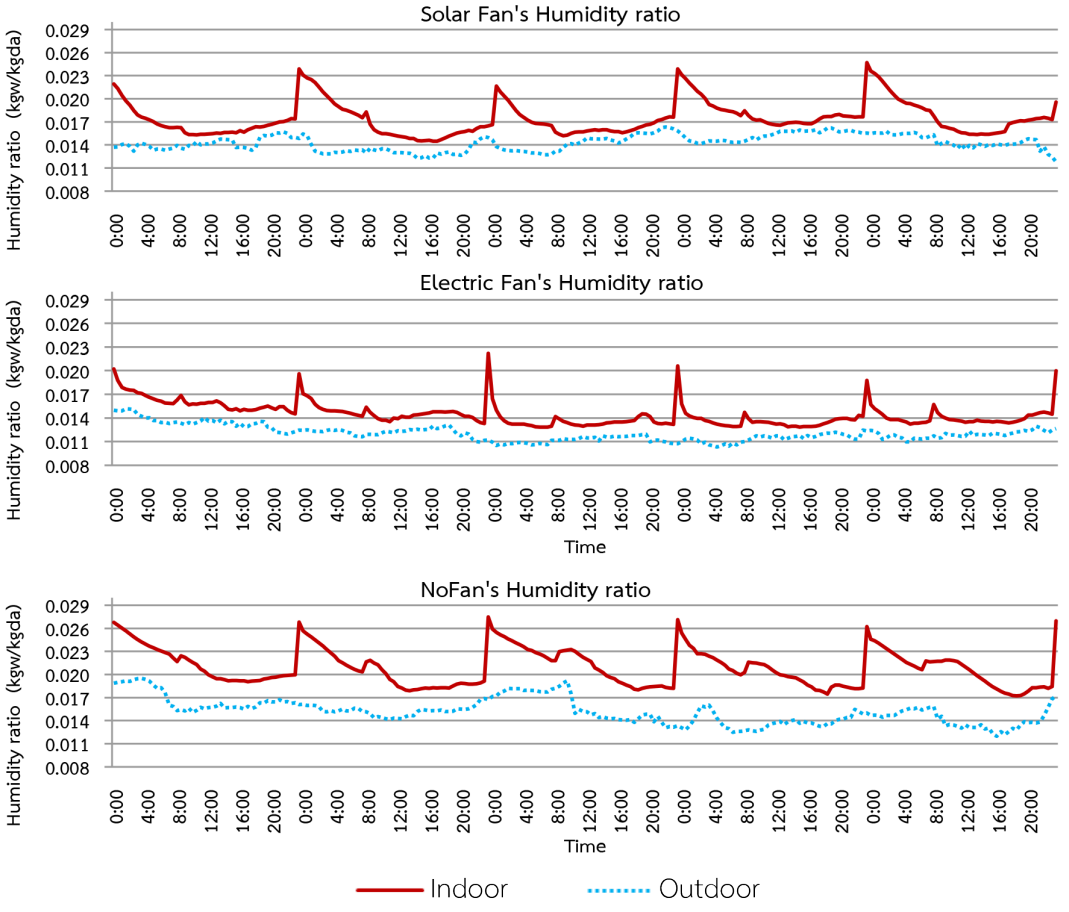
ภาพที่ 3 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยรังสีอาทิตย์ (W/m^2) และ อัตราการระบายอากาศ (CFM) โดยค่า X = ค่ารังสีอาทิตย์ลบ 122.8

จากการบันทึกค่าความชื้นและอุณหภูมิอากาศของห้องน้ำที่มีการใช้งานทั้ง 3 ระบบในระยะเวลาระบบละ 2 อาทิตย์สามารถนำมาเขียนเป็นกราฟ Psychrometric ได้ดังภาพที่ 4 และสามารถนำค่าความชื้นและอุณหภูมิอากาศภายใน-ภายนอกห้องน้ำ ของทั้ง 3 ระบบ มาคำนวณหาค่า Humidity Ratio โดยจะได้ผลออกมาดังภาพที่ 5

จากภาพที่ 5 เป็นตัวอย่างการทดลองในระยะเวลา 5 วันของค่า Humidity Ratio ของภายใน-ภายนอกห้องน้ำที่ใช้ในการทดลอง โดยที่การทดลองจริงจะใช้ระยะเวลาในการบันทึกผลของแต่ละระบบ 2 สัปดาห์ จากกราฟที่ได้ในแต่ละวันช่วงที่มีค่า Humidity Ratio สูงสุดคือช่วงเวลา 23:30 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการอาบน้ำ และสามารถนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยผลต่างของ Humidity Ratio ระหว่างภายในและภายนอกห้องน้ำที่ใช้ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้าน และแบบที่ไม่มีระบบพัดลมระบายอากาศ คือ 0.00302, 0.00199 และ 0.00495 kgw/kgda ตามลำดับ

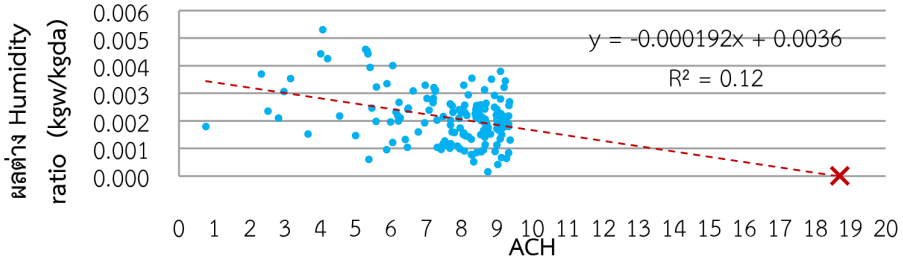


ภาพที่ 4 แสดงกราฟ Psychrometric เปรียบเทียบระหว่างภายในห้องน้ำ (Indoor) และภายนอกห้องน้ำ (Outdoor) ของระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ (รูปที่ 1) ระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้าน (รูปที่ 2) และแบบที่ไม่มีระบบพัดลมระบายอากาศ (รูปที่ 3)



ภาพที่ 5 แสดงค่า Humidity Ratio เปรียบเทียบระหว่างภายในห้องน้ำ (Indoor) และภายนอกห้องน้ำ (Outdoor) ของระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ (รูปที่ 1) ระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้าน (รูปที่ 2) และแบบที่ไม่มีระบบพัดลมระบายอากาศ (รูปที่ 3) (ตัวอย่างการทดลองในระยะเวลา 5 วัน)

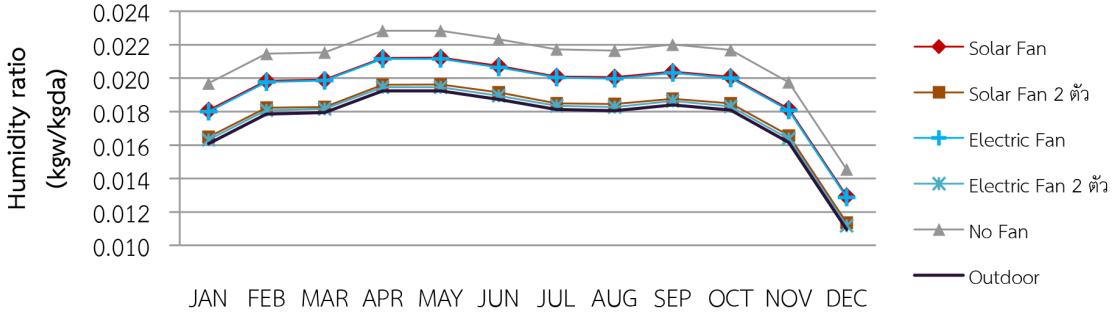
ค่าผลต่าง Humidity Ratio ที่ได้สามารถนำมาคำนวณเพื่อหาค่าแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างผลต่าง Humidity Ratio ของภายในและภายนอกห้องน้ำ และ ACH ได้ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลต่าง Humidity Ratio ของภายในและภายนอกห้องน้ำ และ ACH

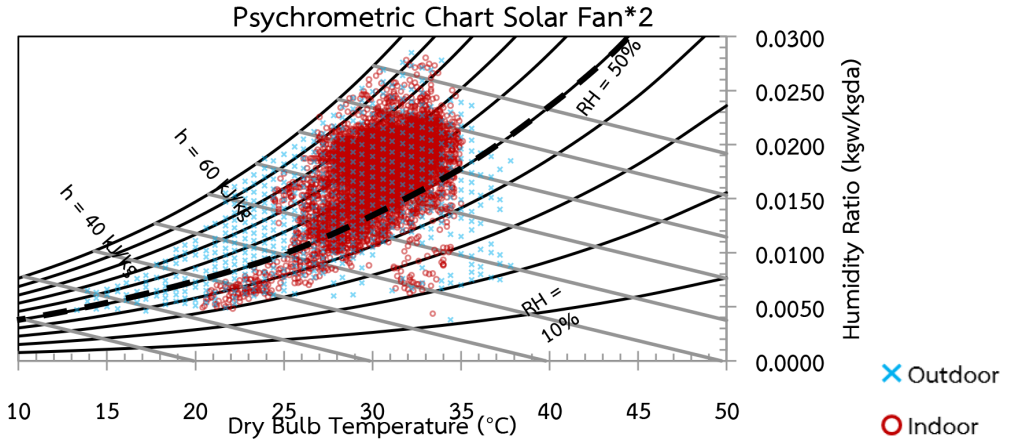
จากภาพที่ 6 ผลต่าง Humidity Ratio ของภายในและภายนอกห้องน้ำ จะแปรผกผันกับ ACH โดยที่สามารถคำนวณค่าแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างผลต่าง Humidity Ratio ของภายในและภายนอกห้องน้ำ และ ACH ออกมาเป็นสมการได้ดังนี้คือ y = - 0.000192x + 0.0036 โดยที่ x คือ ACH และ Y คือค่าผลต่าง Humidity Ratio ของภายในและภายนอกห้องน้ำ และผลต่าง Humidity Ratio ของภายในและภายนอกห้องน้ำ จะเท่ากับ 0 เมื่อ ACH อยู่ที่ 18.70 ACH

จากผลที่ได้นำมาคำนวณหาค่า Humidity Ratio และค่าการประหยัดพลังงานที่ได้ตลอดทั้งปีของห้องน้ำทั้ง 3 ระบบ โดยระบบพัดลมระบายอากาศพลังแสงอาทิตย์จะมีการคำนวณร่วมกับระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้านในช่วงเวลาที่ค่ารังสีอาทิตย์ไม่เพียงพอต่อการขับเคลื่อนพัดลมระบายอากาศ เพื่อในระบบนี้สามารถทำงานได้ตลอดทั้งวัน รวมถึงเพิ่มการคำนวณระบบที่ใช้พัดลม 2 ตัว เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศ คือ ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้พัดลม 2 ตัว (Solar Fan 2 ตัว) และระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้านที่ใช้พัดลม 2 ตัว (Electric Fan 2 ตัว)

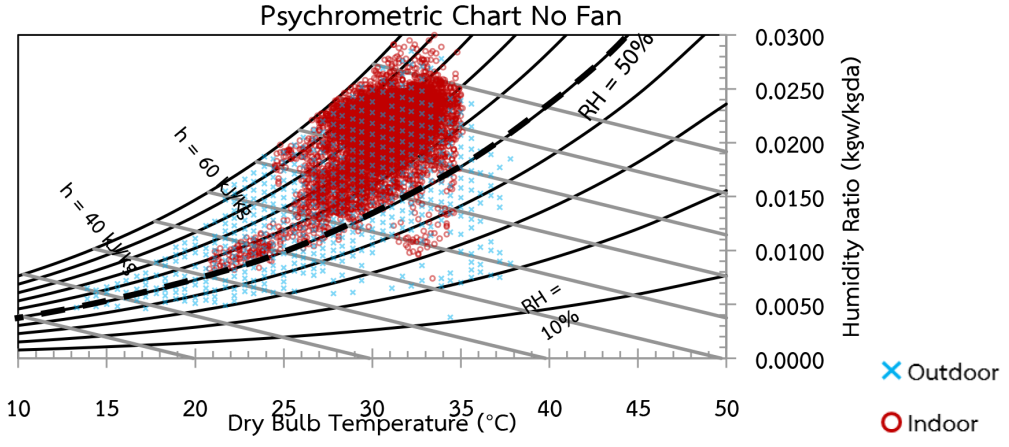


ภาพที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ย Humidity Ratio ของทั้ง 5 ระบบเปรียบเทียบกับ ค่า Humidity Ratio ภายนอกอาคาร (Outdoor) ในแต่ละเดือน

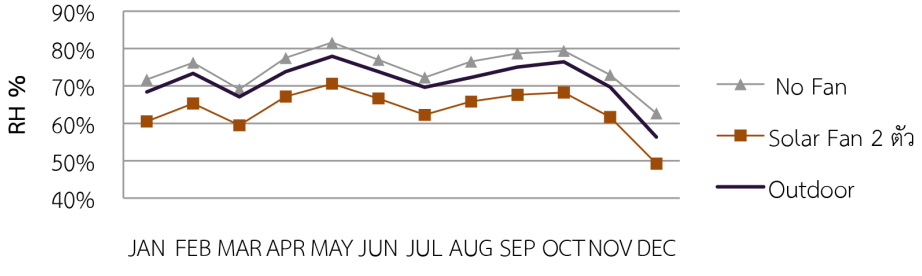
จากภาพที่ 7 ห้องน้ำที่ใช้ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้พัดลม 2 ตัว ระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้าน และระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้านที่ใช้พัดลม 2 ตัว สามารถลดค่า Humidity Ratio เฉลี่ยต่อตลอดทั้งปีเหมือนเทียบกับห้องน้ำที่ไม่มีระบบพัดลมระบายอากาศได้เท่ากับ 7.76%, 15.51%, 8.15% และ 16.29% ตามลำดับ และจะเห็นได้ว่าค่า Humidity Ratio ของระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้พัดลม 2 ตัว และระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้านที่ใช้พัดลม 2 ตัว มีค่าใกล้เคียงกับค่า Humidity Ratio ของภายนอกอาคาร ทั้ง 2 ระบบนี้จึงมีประสิทธิภาพในการลดค่า Humidity Ratio มากที่สุด ดังนั้นจึงได้นำระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้พัดลม 2 ตัว มาเขียนกราฟ Psychrometric ที่ได้จากการคำนวณตลอดทั้งปีมาเปรียบเทียบกับห้องน้ำที่ใช้ที่ไม่มีระบบพัดลมระบายอากาศจะได้ดังภาพที่ 8-9 ซึ่งจะเห็นว่าห้องน้ำที่ใช้ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้พัดลม 2 ตัว จะมีค่า Humidity Ratio เฉลี่ยทั้งปีน้อยกว่าห้องน้ำที่ไม่มีระบบพัดลมระบายอากาศ ซึ่งสามารถลดได้เฉลี่ย 0.00319 kgw/kgda และค่า Humidity Ratio ตลอดทั้งปีที่ได้สามารถนำกลับมาคำนวณหาค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในแต่ละเดือนของห้องน้ำที่ไม่มีระบบพัดลมระบายอากาศ และห้องน้ำที่ใช้ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้พัดลม 2 ตัว นำมาเปรียบเทียบค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกอาคาร ได้ผลดังภาพที่ 10



ภาพที่ 8 แสดงกราฟ Psychrometric ระหว่างภายในห้องน้ำ (Indoor) และภายนอกห้องน้ำ (Outdoor) ของห้องน้ำที่ไม่มีระบบพัดลมระบายอากาศ



ภาพที่ 9 แสดงกราฟ Psychrometric ระหว่างภายในห้องน้ำ (Indoor) และภายนอกห้องน้ำ (Outdoor) ของห้องน้ำที่ใช้ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้พัดลม 2 ตัว



ภาพที่ 10 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในแต่ละเดือนของห้องน้ำที่ไม่มีระบบพัดลมระบายอากาศ (No Fan) ห้องน้ำที่ใช้ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้พัดลม 2 ตัว (Solar Fan 2 ตัว) และค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกอาคาร (Outdoor)

จากภาพที่ 10 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยใน 1 ปี ของห้องน้ำที่ไม่มีระบบพัดลมระบายอากาศ ห้องน้ำที่ใช้ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้พัดลม 2 ตัว และค่าความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกอาคาร เท่ากับ 74.63%, 63.59% และ 71.15% ตามลำดับ ดังนั้นการติดตั้งระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้พัดลม 2 ตัว สามารถลดค่าความชื้นสัมพัทธ์ลงได้ 11.04% เมื่อเทียบกับห้องน้ำที่ไม่มีระบบพัดลมระบายอากาศ

ผลที่ได้นำมาคำนวณหาค่าการประหยัดพลังงานและค่าความคุ้มทุน ใช้การคำนวณให้ระบบพัดลมระบายอากาศมีการเปิดใช้งานทุกวันตลอด 24 ชั่วโมง โดยที่ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์จะคำนวณโดยการคิดค่าการใช้ไฟฟ้าเมื่อค่ารังสีอาทิตย์ไม่เพียงพอต่อการขับเคลื่อนพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ จะถือเป็นการใช้งานระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้านแทน และทำการเปรียบเทียบค่าการใช้ไฟฟ้ากับพัดลมระบายอากาศที่มีการใช้งานจริงในปัจจุบัน (FV-24CUT3) ซึ่งในที่นี้ได้เลือกพัดลมระบายอากาศติดฝ้าเพดานขนาด 6 นิ้ว ของ Panasonic รุ่น FV-24CUT3 220 V ใช้กำลังไฟฟ้า 14 W มีอัตราการระบายอากาศ 82 CFM และมีการเปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง ค่าการใช้ไฟฟ้าที่ได้เป็นดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าการใช้ไฟฟ้าของระบบระบายอากาศทั้ง 5 ระบบ

	Energy (kWh/unit)				
	Solar Fan	Solar Fan 2 ตัว	Electric Fan	Electric Fan 2 ตัว	FV-24CUT3/24
รวมพลังงานที่ใช้ใน 1 ปี	8.89	17.78	14.89	29.78	122.64

จากตารางที่ 1 ห้องน้ำที่ใช้ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 2 ระบบ สามารถประหยัดพลังงานมากกว่าห้องน้ำที่ใช้ระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้านทั้ง 2 ระบบได้ 40.29% ต่อปี และระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้พัดลม 2 ตัว สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่าระบบพัดลมระบายอากาศ FV-24CUT3 ได้ 85.50% นำผลที่ได้มาคำนวณหาระยะเวลาคุ้มทุนเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละระบบ โดยประมาณค่าไฟอยู่ที่ 4 บาทต่อ 1 หน่วย

ตารางที่ 2 แสดงคำนวณระยะเวลาคุ้มทุนต่อ 1 และ 352 unit เปรียบเทียบกันระหว่างระบบพัดลมระบายอากาศทั้ง 5 ระบบ

	1 unit		จุดคุ้มทุน/unit (ปี)		352 unit		จุดคุ้มทุน/352unit (ปี)	
ระบบ	ต้นทุน (บาท)/unit	ค่าไฟ(บาท)/ ปี/unit	Electric Fan	Electric Fan 2 ตัว	ต้นทุน(บาท)/ unit	ค่าไฟ(บาท)/ ปี/unit	Electric Fan	Electric Fan 2 ตัว
Solar Fan	780	35.56	20.83	2.63	176,560.00	12,518.53	9.23	-
Solar Fan 2 ตัว	1,360	71.13	-	16.66	341,120.00	25,037.06	-	8.52
Electric Fan	280	59.57	-	-	98,560.00	20,967.94	-	-
Electric Fan 2 ตัว	560	119.14	-	-	197,120.00	41,935.87	-	-
FV-24CUT3	2,740	490.56	-	-	964,480.00	172,677.12	-	-

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าไฟต่อปีต่ำกว่าพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้าน แต่จะมีค่าต้นทุนสูงกว่า เนื่องด้วยเพิ่มค่าต้นทุนของแผงโซลาร์เซลล์ ราคาต้นทุนของแผงโซลาร์

เซลล์ต่อ 1 W จะสามารถลดลงได้หากเพิ่มจำนวนยูนิตเพื่อเพิ่มค่าการใช้กำลังไฟฟ้า และจากการศึกษาราคาของแผงโซลาร์เซลล์จะมีราคาต่ำที่สุดเมื่อสั่งซื้อแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 120 W หรือ 140W มากกว่า 50 แผ่นขึ้นไป โดยจะมีราคา 24 บาทต่อ 1 W (Solarshop, 2015) ดังนั้นจึงควรเพิ่มจำนวนยูนิตเพื่อให้มีการใช้กำลังไฟฟ้าอย่างน้อย 6,000 W สามารถใช้ต่อกับพัดลมได้ 705 ตัว (คิดกำลังไฟฟ้าที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เป็น 20%) หรือเทียบกับจำนวนยูนิตของระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้พัดลม 2 ตัว จะได้เท่ากับ 352 unit จะสามารถถึงจุดคุ้มทุนได้ภายใน 9 ปี เมื่อเทียบกับระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้านที่ใช้พัดลม 2 ตัว

เมื่อเปรียบเทียบกับระบบพัดลมระบายอากาศที่มีการใช้งานจริงในปัจจุบัน ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์มีทั้งค่าต้นทุนและค่าไฟต่ำกว่า เนื่องจากพัดลมระบายอากาศที่มีการใช้งานจริงในปัจจุบัน ใช้ไฟฟ้าโวลต์สูงเพื่อให้ต่อเข้ากับไฟบ้านได้โดยตรงจึงใช้กำลังไฟฟ้า 14 W ซึ่งมากเกินความจำเป็น ทำให้เสียพลังงานมากกว่า ดังนั้นพัดลมระบายอากาศที่ใช้ไฟฟ้าโวลต์ต่ำจึงสามารถประหยัดพลังงานได้ดีกว่าพัดลมระบายอากาศที่ใช้ไฟฟ้าโวลต์สูง

การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าห้องน้ำที่ใช้ระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้านจะมีค่าเฉลี่ยผลต่างของ Humidity Ratio ระหว่างภายในและภายนอกของห้องน้ำน้อยที่สุด รองลงมาคือระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ และห้องน้ำที่มีค่าเฉลี่ยผลต่างของ Humidity Ratio สูงสุดคือ ห้องน้ำที่ไม่มีระบบพัดลมระบายอากาศ ซึ่งหมายความว่ามีความชื้นสะสมในห้องน้ำสูงสุด โดยที่ค่าผลต่างของ Humidity Ratio จะขึ้นอยู่กับ ACH ยิ่ง ACH มีค่ามาก ค่าผลต่าง Humidity Ratio จะยิ่งน้อยลง (ภาพที่ 6) และค่าผลต่าง Humidity Ratio จะเป็น 0 เมื่อ ACH เท่ากับ 18.70 ACH ซึ่งหมายถึงเป็นค่าที่ทำให้สามารถนำความชื้นสะสมออกจากห้องงน้ำได้ทั้งหมด พัดลมที่ใช้ในการทดลองมีขนาด 41 CFM หรือ 8.76 ACH สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเพิ่มอัตราการระบายอากาศได้โดยการเพิ่มจำนวนพัดลมระบายอากาศเป็น 2 ตัว ทำให้มี ACH เท่ากับ 17.53 ACH โดยที่ค่า ACH จะแปรผันตรงกับ CFM ซึ่งในระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ ค่า CFM ของพัดลมระบายอากาศจะขึ้นอยู่กับค่ารังสีอาทิตย์ที่แผงโซลาเซลล์ได้รับ โดยค่ารังสีอาทิตย์ยิ่งมาก CFM ของพัดลมระบายอากาศที่จะยิ่งมากตาม (ภาพที่ 3) ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์จึงทำงานได้เฉพาะเวลากลางวันที่มีแสงแดดเท่านั้น หากต้องการให้ระบบพัดลมระบายอากาศมีการทำงานในช่วงเวลาที่ไม่มีแสงแดดจะต้องติดตั้งร่วมกับระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้านให้ทำงานในช่วงดังกล่าวแทน ซึ่งจะสามารถลดค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยใน 1 ปี ลงได้ 10.92% เมื่อเทียบกับห้องน้ำที่ไม่มีระบบพัดลมระบายอากาศ และสามารถช่วยลดค่าการใช้ไฟฟ้าได้มากกว่าระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้านอย่างเดียว 12 kWh/ปี/unit หรือประมาณเท่ากับ 48 บาท/ปี/unit โดยจะถึงจุดคุ้มทุนได้ภายใน 9 ปี หากมีจำนวนยูนิตของห้องน้ำเพียงพอที่ระบบจะใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่า 6,000 W

เมื่อเปรียบเทียบกับพัดลมระบายอากาศที่มีการใช้งานจริงในปัจจุบัน ซึ่งใช้ไฟโวลต์สูงทำให้มีค่าการใช้ไฟฟ้ามากเกินความจำเป็น การเปลี่ยนไปใช้พัดลมที่มีโวลต์ต่ำสามารถจึงสามารถช่วยลดค่าการใช้ไฟฟ้าและต้นทุนลงได้ แต่การแปลงไฟบ้านให้เป็นไฟโวลต์ต่ำจะต้องใช้อินเวอร์เตอร์ซึ่งจะทำให้สูญเสียพลังงานบางส่วนไป (Alter, 2007) การใช้พลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการแก้ปัญหา ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า การใช้ระบบพัดลมระบายอากาศพลังงานแสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพเพียงพอในการลดความชื้นในห้องน้ำของอาคารที่พักอาศัย และจะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อมีการติดตั้งร่วมกับระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้าน เพราะจะทำให้สามารถเปิดใช้งานได้ตลอดทั้งวัน เหมาะสมกับการใช้งานในอาคารพักอาศัย ที่มีจำนวนยูนิตห้องน้ำมาก เช่น คอนโดมิเนียม อพาร์ทเม้น

ท์ หอพัก และโรงแรม เป็นต้น ซึ่งช่วยประหยัดพลังงานได้มากกว่าการใช้ระบบพัดลมระบายอากาศแบบใช้ไฟบ้านเพียงระบบเดียว และนอกจากนี้ยังสามารถช่วยระบายอากาศให้กับส่วนอื่นๆ ของอาคารได้อีกด้วย เป็นการช่วยเพิ่มคุณภาพอากาศภายอาคาร ช่วยลดโอกาสในการเกิดเชื้อรา ซึ่งเกิดจากสภาพแวดล้อมที่มีความอับชื้น และอากาศนิ่งไม่มีการหมุนเวียน (สุพจน์ เตชะอำนวยวิทย์, 2551) โดยการวิจัยนี้ใช้พัดลมระบายอากาศขนาด 41 CFM และใช้ขนาดของแผงโซลาร์เซลล์ 10 W ซึ่งหากมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของตัวแปรดังกล่าว อาจส่งผลต่อสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่ารังสีอาทิตย์และอัตราการระบายอากาศ จึงควรมีการศึกษาผลกระทบจากตัวแปรดังกล่าวในงานวิจัยต่อไป

ประวัติผู้เขียนบทความ

นางสาวเกษญา รัตโนภาส, จบการศึกษาระดับปริญญาตรีจากคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ปัจจุบันเป็นนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หมายเลขโทรศัพท์ 083-223-5319 Email: kesaya10928@gmail.com

เอกสารอ้างอิง

ปรีดา จันทวงษ์. (2556). “การศึกษาเปรียบเทียบทดสอบระหว่างหลังคาทั่วไปกับปล่องหลังคาโซล่าร์เซลล์ระบายอากาศแบบธรรมชาติร่วมกับพัดลมไฟฟ้ากระแสตรงและวิเคราะห์ต้นทุนวงจรชีวิต”. **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**. 23: 104-114.

ปรเมธ ประเสริฐยิ่ง. (2547). “การควบคุมความชื้นในห้องพักโรงแรม”. **สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย**. 16: 33-38.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2559) สืบค้นเมื่อวันที่ 21 พฤศจิกายน 2559, จาก URL https://th.wikipedia.org/wiki/พลังงานทดแทน

สามเอ็ม. (2557) สืบค้นเมื่อวันที่ 9 ธันวาคม 2559, จาก URL https://www.3mbuildingfilm.com/เคล็ดลับ__กำจัดความชื้นในห้อง/520

สุพจน์ เตชะอำนวยวิทย์. (2551). “การศึกษาการแก้ไขปัญหาเชื้อราในระบบปรับอากาศ”. **สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย**. 16: 63-81.

เอสซีจี. (2559). สืบค้นเมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2559, จาก URL http://www.scgbuildingmaterials.com/th/LivingIdea/ Maintenance/How-to-Ventilate-the-Bathroom-without-Windows.aspx

Alter, L. (2007) Retrieved April 19, 2017 from URL http://www.treehugger.com/sustainable-product-design/big-steps-in-building-change-our-wiring-to-12-volt-dc.html

Janjai, S.,Chaichoet, C.N. and Intawee, P.S. (2005). “Performance of a pv-ventilated greenhouse dryer for dryingbananas”. **Asian Journal on Energy and Environment**. 6: 133-138.

Solarshop. (2015) Retrieved April 20, 2017, from URL https://www.solarshop-th.com/original-price