

การลดภาระความเย็นของอาคารพาณิชย์ที่ใช้ตัวเก็บ รังสีอาทิตย์แบบคอนกรีตเป็นพื้นลาดฟ้าหรือหลังคา*

ชัยชาญ โชติถนอม¹⁾ และ เจริญพร เลิศสถิตธนกร²⁾

^{1), 2)} อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม 44150

Email: charoenpom.l@msu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบหาสมรรถนะของการนำตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีต (Solar concrete collector) เพื่อการลดความร้อนเข้าสู่อาคารและผลิตน้ำร้อน ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีตผลิตจากพื้นคอนกรีตและมีท่อพีวีซีฝังอยู่ในพื้นคอนกรีตที่มีลักษณะเป็นพื้นลาดฟ้าหรือหลังคา ไม่มีการติดตั้งกระจกที่ด้านบนของแผงเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีต หรือหุ้มฉนวนที่ด้านหลังเหมือนกับเครื่องผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบทั่วไป เพื่อเปรียบเทียบผลของการประหยัดพลังงาน ห้องทดสอบจำนวนสองห้อง ขนาดกว้าง 2.3 ม ยาว 2.5 ม และสูง 2.5 ม ถูกสร้างขึ้น โดยห้องแรกเป็นห้องที่มีหลังคาคอนกรีตเสริมแรงแบบทั่วไป และห้องที่สองเป็นห้องที่มีหลังคาเป็นตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีต ผลการทดลองพบว่าตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีตนี้สามารถผลิตน้ำร้อนได้สูงสุด 40 ลิตรต่อวัน โดยมีอุณหภูมิน้ำอยู่ในช่วง 40-50°C และลดอุณหภูมิห้องได้ต่ำกว่าห้องปกติประมาณ 2°C จากการศึกษาผลกระทบของฤดูกาล พบว่าไม่มีผลกระทบจากฤดูกาล (ฤดูร้อนและหนาว) เนื่องจากความเข้มรังสีอาทิตย์มีค่าใกล้เคียงกัน การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์แสดงให้เห็นว่าระยะเวลาการคืนทุนค่อนข้างเร็ว ประหยัดพลังงานได้ประมาณ 191.2 - 265.7 kWh ต่อปี ดังนั้นการออกแบบระบบนี้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบพื้นลาดฟ้าหรือหลังคาคอนกรีตจริงได้ ขึ้นอยู่กับความต้องการของเจ้าของบ้าน

คำสำคัญ: น้ำร้อน ประหยัดพลังงาน ระยะเวลาการคืนทุน

* รับต้นฉบับเมื่อวันที่ 24 กันยายน 2547 และได้รับบทความฉบับแก้ไขเมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2547

Cooling load reduction of a house-integrated solar concrete collector as a deck slab or roof *

Chaicharn Chotetanorn ¹⁾ and Charoenporn Lertsatitthanakorn ²⁾

^{1), 2)} Lecture, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Khamrieng, Khantaratwichai, Mahasarakham 44150

Email: charoenporn.l@msu.ac.th

Abstract

The study examines the performance of a solar concrete collector for reducing heat gain to house and providing domestic hot water. The solar concrete collector is made of PVC pipes embedded in deck slab or concrete roof. No glazing on the top of the solar concrete collector or insulation at the back was used as in conventional solar water heaters. To compare the energy saving, two test rooms of 2.3 m width, 2.5 m length and 2.5 m height were built. At the first, the reinforced cement concrete was used as deck slab whereas the second room was equipped with the solar concrete collector. The experimental results showed that the solar concrete collector is extremely interesting as it can produce hot water up to 40 liters per day, water temperature was 40 - 50°C. The average room temperature was about 2°C lower than the conventional room. No effect of seasons (summer and winter), because of the solar intensities of both seasons were similar. The economic analysis indicates that the payback period is rather fast. The estimated annual savings are about 191.2 - 265.7 kWh per year. Therefore, the design recommendations formulated here could be used to conduct a realistic design of deck slab or concrete roof depending on the requirements of the house's owner.

Keywords: Hot water; Annual savings; Payback period

* Original manuscript submitted: September 24, 2004 and Final manuscript received: November 22, 2004

บทนำ

อาคารพาณิชย์เป็นอาคารประเภทหนึ่งที่พบเห็นได้มากในประเทศไทย และ เพิ่มปริมาณขึ้นอย่างรวดเร็วตามการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตามการออกแบบอาคารคำนึงถึงเขตสบาย (Comfort zone) ของผู้อยู่อาศัย (Jayanetra.1998) เนื่องจากมีช่องเปิดที่จำกัดทำให้อากาศถ่ายเทน้อยมาก เป็นเหตุให้อุณหภูมิอากาศภายในอาคารมีค่าสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งห้องใต้ชั้นดาดฟ้าของอาคารพาณิชย์จะมีอุณหภูมิสูงมาก เนื่องจากรับการถ่ายเทความร้อนโดยตรงจากพื้นดาดฟ้าซึ่งมักจะเป็นพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก เพื่อแก้ปัญหานี้มักจะมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ เพื่อปรับอากาศภายในอาคารให้อยู่ในเขตสบาย จากการ ศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารพาณิชย์ (Seehawong.1998) พบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศมากที่สุดถึง 43% ของปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด เพื่อลดปัญหาดังกล่าว วิธีการหนึ่งที่น่าสนใจคือการใช้พื้นดาดฟ้าเป็นตัวเก็บรังสีอาทิตย์ โดยการฝังท่อน้ำลงไปในพื้นดาดฟ้า เมื่อรังสีอาทิตย์ตกกระทบบนพื้นดาดฟ้า ความร้อนจะถูกถ่ายเทโดยการนำความร้อนจากพื้นคอนกรีตสู่น้ำในท่อ ทำให้น้ำในท่อมีอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น ใช้ในการอาบ หรือเพื่อการซักล้าง เป็นต้น โดยปกติเครื่องทำน้ำร้อนด้วยรังสีอาทิตย์มักจะเป็นแบบตัวเก็บรังสีชนิดแผ่นราบ (Flat plate collectors) เป็นระบบที่มีราคาแพง และต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้ง ในขณะที่การใช้พื้นคอนกรีตเป็นตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีการลงทุนที่ต่ำและไม่ต้องการพื้นที่ในการติดตั้งระบบ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้พื้นคอนกรีตเป็นตัวเก็บรังสีอาทิตย์พบว่า (Chaurasia. 2000) สร้างพื้นคอนกรีตขนาด 1.06 m² มีการฝังท่อลูมิเนียมนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 19 mm ลงไปในพื้นคอนกรีต 70% ของพื้นที่หน้าตัด อีก 30% อยู่เหนือพื้น โดยส่วนของพื้นคอนกรีตรับรังสีอาทิตย์นี้จะใช้เป็นส่วนของหลังคาอาคาร โดยสามารถทำให้น้ำ 8 ลิตร มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงสุดถึง 54.5°C เมื่อวางตัวเก็บรังสีในแนวนอน จากงานวิจัยดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการใช้พื้นคอนกรีตเป็นตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีศักยภาพในการผลิตน้ำร้อน แต่งานวิจัยดังกล่าวยังขาดซึ่งการศึกษาผลของการลดภาระความเย็นของห้องใต้หลังคา ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาผลของการลดภาระการทำความเย็นของห้องใต้ชั้นดาดฟ้าของอาคารพาณิชย์ โดยใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีตเป็นตัวลดภาระการทำความเย็น ในขณะที่เดียวกันจะได้น้ำร้อนจากการถ่ายเทความร้อนผ่านตัวเก็บรังสีความร้อนแบบคอนกรีต ซึ่งถือเป็นประโยชน์อีกทางหนึ่ง

การวิเคราะห์

ความร้อนที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อน (Cengel. 1998)

$$Q_w = \frac{m_w C_{pw} (T_{wf} - T_{wi})}{t}$$

(I)

เมื่อ :	Q_w	=	ความร้อนที่ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น (W)
	m_w	=	มวลของน้ำ (kg)
	C_{pw}	=	ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (J/kg °C)
	T_{wi} และ T_{wf}	=	อุณหภูมิของน้ำที่เวลาเริ่มต้นและเวลาสุดท้ายที่พิจารณาตามลำดับ (°C)
	t	=	ช่วงเวลาที่พิจารณา (s)

ความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ห้องลดลง

$$Q_a = \frac{m_a C_{pa} (T_r - T_{rs})}{t} \quad (2)$$

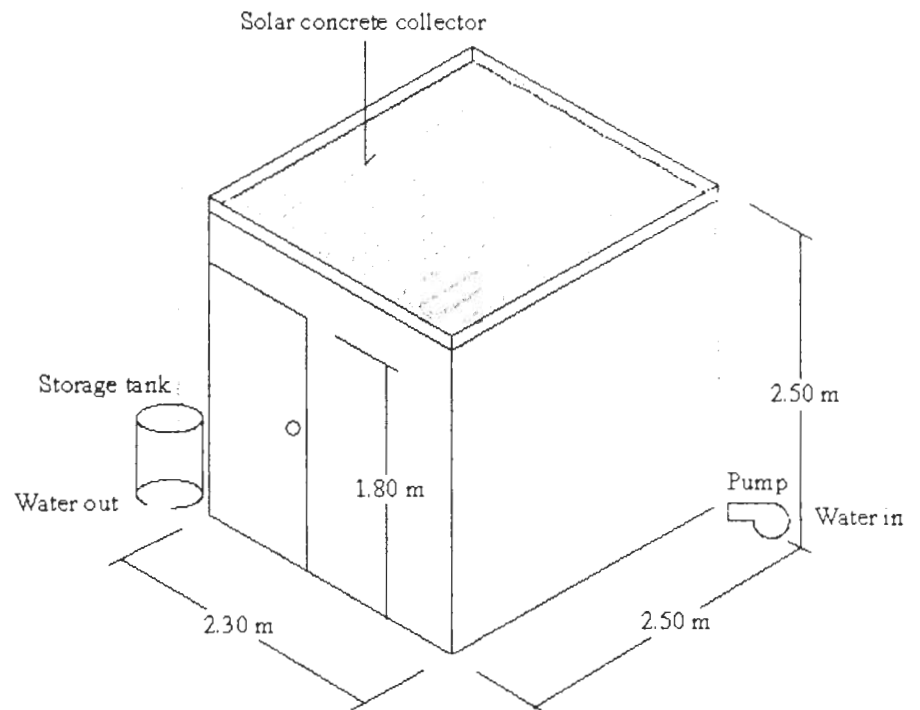
เมื่อ :	Q_a	=	ความร้อนที่ลดลง (W)
	m_a	=	มวลของอากาศ (kg)
	C_{pa}	=	ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ (J/kg °C)
	T_r และ T_{rs}	=	อุณหภูมิอากาศในห้องปกติเฉลี่ยและอุณหภูมิอากาศในห้องที่ใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ แบบคอนกรีตตามลำดับ (°C)

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

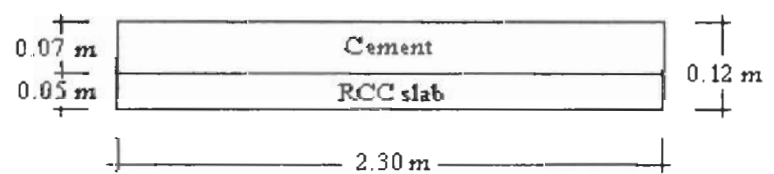
ห้องทดลอง

ในการทดลองหาสมรรถนะของระบบ ได้ทำการสร้างห้องจำลองจำนวน 2 ห้องที่มีขนาดเท่ากัน โดยมีความกว้าง 2.3 m ยาว 2.5 m และสูง 2.5 m ห้องหนึ่งเป็นห้องที่ใช้พื้นคอนกรีตเสริมแรง (Reinforced Cement Concrete Slabs, R.C.C. Slabs) เป็นหลังคา ส่วนอีกห้องหนึ่งเป็นห้องที่มีการดัดแปลงพื้นคอนกรีตเสริมแรงเป็นตัวเก็บรังสีอาทิตย์ แสดงดังรูปที่ 1 และ 2 โดยการทดลองนี้จะใช้ท่อพีวีซี (Polyvinyl Chloride, P.V.C.) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มม เป็นท่อน้ำ เนื่องจากราคาถูก หาซื้อได้ง่าย เป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน มีช่วงอุณหภูมิใช้งานตั้งแต่ -17.8 °C ถึง 65 °C [พิภพ สุพรรณสมัย, 2539] ซึ่งสามารถนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ได้ เนื่องจากอุณหภูมิไม่สูงมากนัก ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ประกอบไปด้วย พื้นชั้นล่างจะเป็นพื้น R.C.C. วางท่อน้ำพีวีซีจำนวน 10 ท่อ บนพื้น R.C.C. จากนั้นจะเทปูนซีเมนต์ปิดทับหนา 70 mm หากดูภายนอกจะมีลักษณะเหมือนพื้นคอนกรีตที่ใช้เป็นพื้นลาดฟ้าโดยทั่วไป ในส่วนของห้องจะเป็นโครงสร้างเหล็ก ผังห้องเป็นกระเบื้องแผ่นเรียบหนา 5 มม บุด้วยฉนวนโฟมหนา 25.4 mm โดยรอบ เพื่อบังคับการถ่ายเทความร้อนจากแผงตั้งด้านนอกเข้าสู่ภายในห้อง มีประตู 1 บาน ขนาด 70 cm x 180 cm จำนวน 1 บาน ระบบน้ำร้อนนั้นจะมีการติดตั้งปั๊มน้ำขนาด 0.4 kW จำนวน 1 ตัว เพื่อใช้ในการเติมน้ำเข้าสู่ระบบ และมีถัง

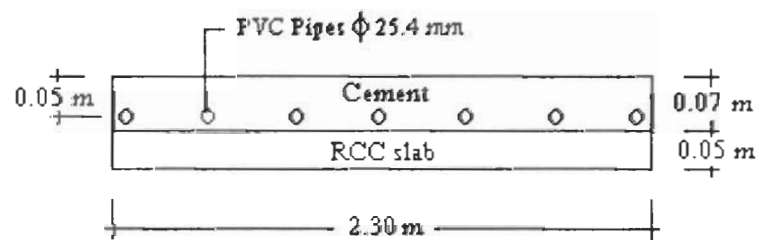
เก็บน้ำร้อนขนาด 0.1 m^3 จำนวน 1 ถัง เมื่อเติมน้ำเข้าสู่ระบบจนเต็มจะสามารถผลิตน้ำร้อนได้ 20 ลิตร ต่อการผลิต 1 ครั้ง



รูปที่ 1 ระบบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีตที่ฝังตัวอยู่ในหลังคาคอนกรีต



หลังคาแบบปกติ



หลังคาแบบฝังตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีต

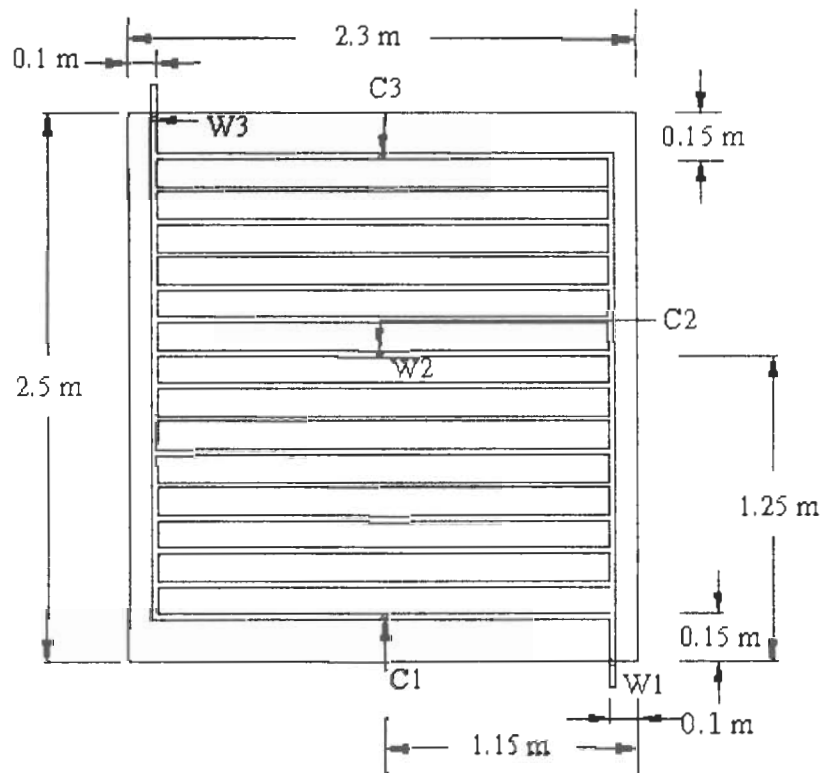
รูปที่ 2 เปรียบเทียบหน้าตัดของหลังคาคอนกรีตแบบปกติกับแบบฝังตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีต

วิธีการทดลอง

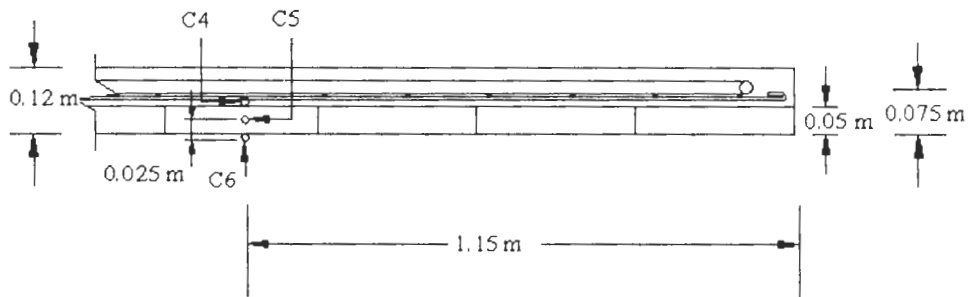
ได้ทำการติดตั้งจุดวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K (ความถูกต้อง $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) วัดอุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ดังนี้

- ห้องที่ใช้พื้นคอนกรีตเป็นแผงรังสีอาทิตย์
 - ผิวคอนกรีตด้านบน จำนวน 3 จุด (C1 C2 และ C3) กึ่งกลางระหว่างชั้นของปูนซีเมนต์และพื้น R.C.C. จำนวน 2 จุด (C4 และ C5) และที่ผิวด้านล่าง จำนวน 1 จุด (C6)
 - อุณหภูมิน้ำเข้า (W1) น้ำในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (W2) และน้ำออก (W3)
 - อุณหภูมิห้อง จำนวน 3 จุด (R1 R2 และ R3)

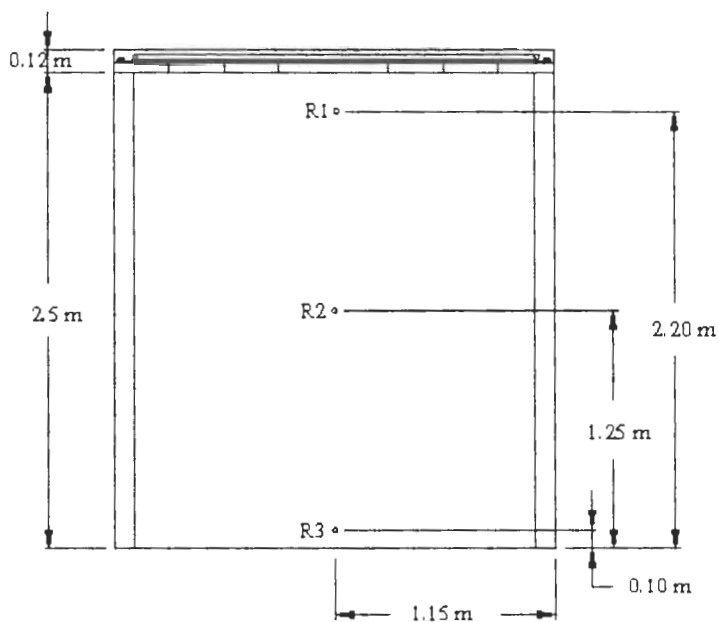
ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิทั้งสองห้องจะอยู่ที่ตำแหน่งเดียวกันทุกจุด ดังนั้นจึงแสดงเฉพาะตำแหน่งการวัดของห้องที่มีตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีตแสดงดังรูปที่ 3 ถึง 5



รูปที่ 3 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิที่ผิวด้านนอกหลังคาคอนกรีต (C1 C2 และ C3) อุณหภูมิน้ำเข้า (W1) อุณหภูมิน้ำในตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีต (W2) และอุณหภูมิน้ำออก (W3)



รูปที่ 4 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิในคอนกรีต (C4 และ C5) และที่ผิวด้านในคอนกรีต (C6)



รูปที่ 5 ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิอากาศภายในห้อง (R1 R2 และ R3)

ค่าอุณหภูมิจะถูกบันทึกในเครื่องบันทึกข้อมูล (Data logger) ยี่ห้อ HIOKI รุ่น 8422-01 ค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์วัดโดยใช้ไพราโนมิเตอร์ ยี่ห้อ Kipp and Zonen B.V. (ความถูกต้อง $\pm 10 \text{ W/m}^2$) อุณหภูมิอากาศแวดล้อมวัดโดยเครื่องวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ Testo รุ่น 175-H2(ความถูกต้อง $\pm 0.5^\circ\text{C}$ และ $\pm 3\% \text{ RH}$)

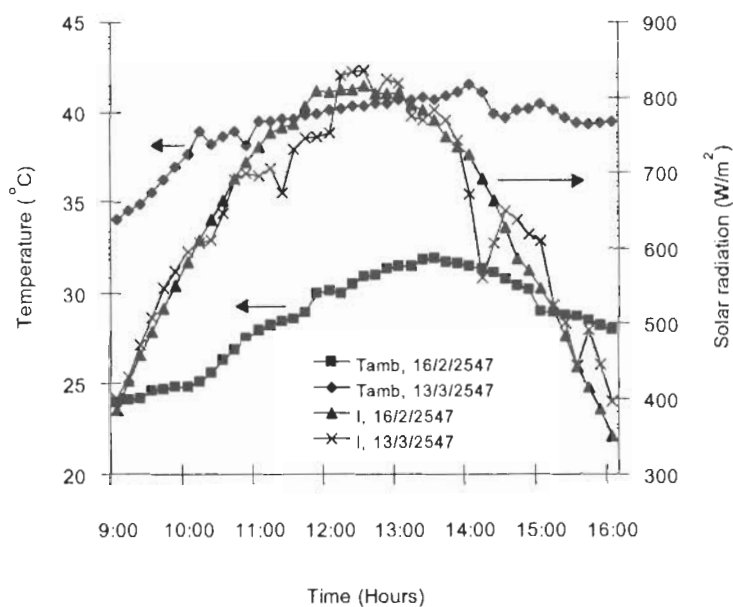
การทดลองจะเริ่มบันทึกข้อมูลหลังจากเติมน้ำของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แล้ว เริ่มทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 09.00 น. และสิ้นสุดการทดลองเวลา 16.00 น. โดยจะทำการบันทึกข้อมูลทุก ๆ 10 นาที

การทดสอบสมรรถนะของระบบจะทำการเปรียบเทียบระหว่างห้องที่มีการติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีต กับห้องที่ติดตั้งหลังคาคอนกรีตแบบปกติ โดยจะแสดงผลการทดลองในฤดูหนาวและฤดูร้อน และผลการผลิตน้ำร้อนครั้งเดียวกับการผลิตน้ำร้อนสองครั้ง

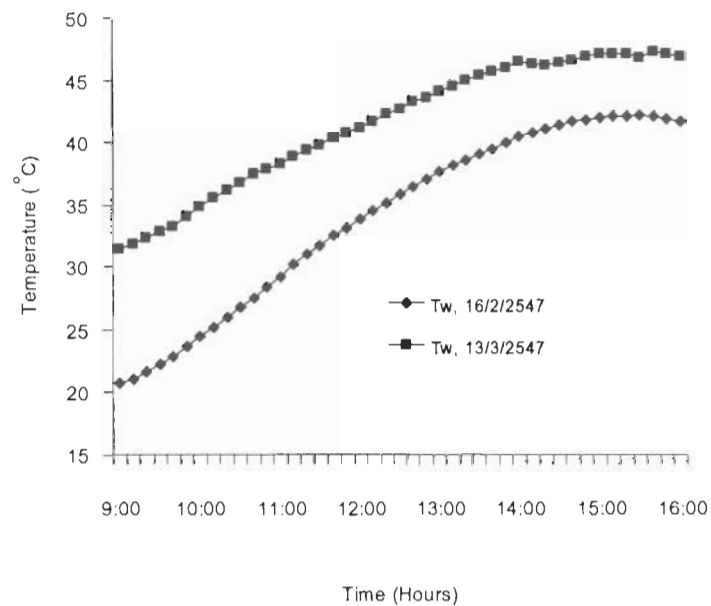
ผลการทดลอง

ผลของสภาพแวดล้อมในฤดูหนาวและร้อน

รูปที่ 6 แสดงอุณหภูมิอากาศแวดล้อมและรังสีอาทิตย์ของวันในฤดูหนาว (16 กุมภาพันธ์ 2546) และฤดูร้อน (13 มีนาคม 2546) จะเห็นว่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อมของวันในฤดูร้อนสูงกว่าวันในฤดูหนาว ตลอดวันโดยมีค่าแตกต่างสูงสุดประมาณ 10°C ในส่วนของค่ารังสีอาทิตย์นั้นมีความใกล้เคียงกัน เป็นเหตุให้อัตราความร้อนที่ถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำในตัวเก็บรังสีอาทิตย์มีความใกล้เคียงกัน โดยมีค่าประมาณ 79 W ในฤดูหนาวอุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นจาก 21.5°C เป็น 42°C ส่วนในฤดูร้อน 30.5°C เป็น 47.2°C แสดงดังรูปที่ 7 ซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การอาบควรมีค่าอยู่ระหว่าง $40\text{--}45^{\circ}\text{C}$ [สุรินทร์ เศรษฐมานิต และทาเคโอะ มอริมุระ, 2543]

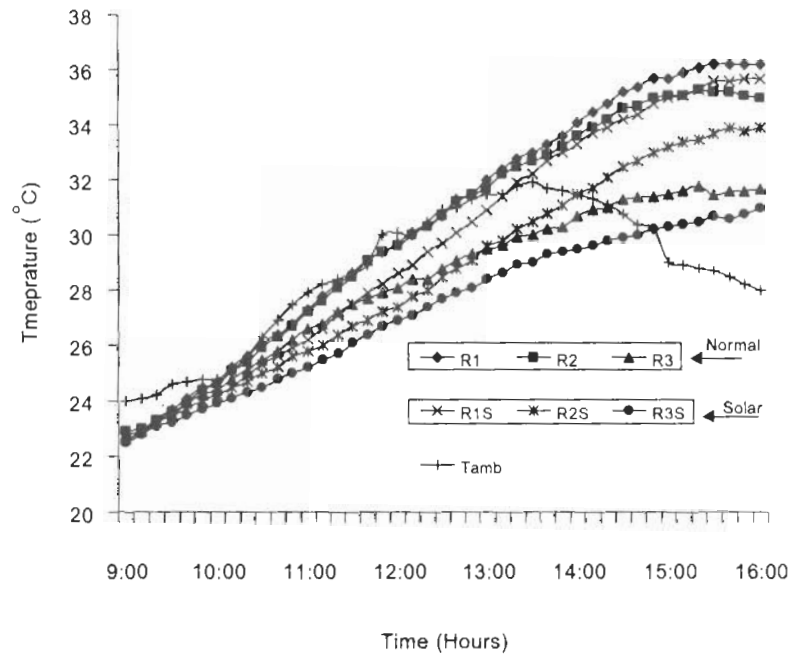


รูปที่ 6 เปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศแวดล้อมและรังสีอาทิตย์ของวันในฤดูหนาว (16/2/2547) และฤดูร้อน (13/3/2547)

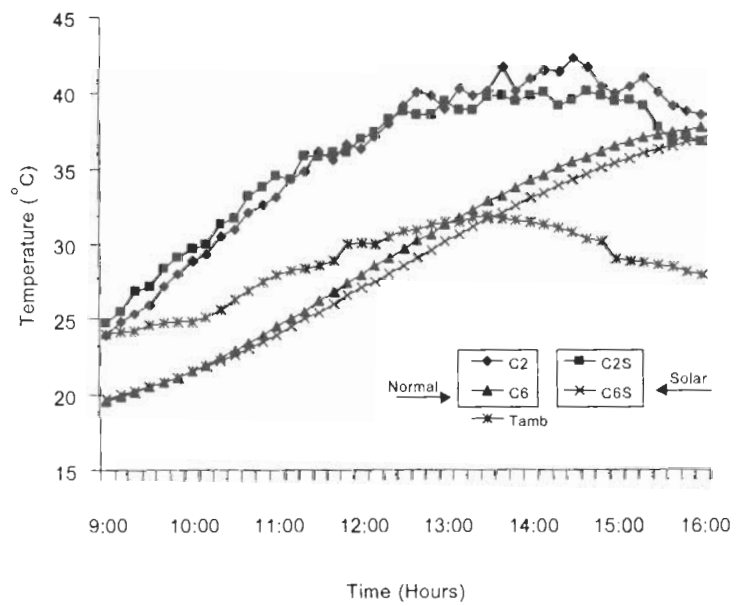


รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในตัวเก็บรังสีอาทิตย์ของวันในฤดูหนาว (16/2/2547) และฤดูร้อน (13/3/2547)

รูปที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิห้องระหว่างห้องที่มีตัวเก็บรังสีอาทิตย์กับห้องหลังคา คอนกรีตแบบปกติ จากการทดลองวัดอุณหภูมิห้องจำนวน 3 ระดับ พบว่า อุณหภูมิห้องที่อยู่ระดับสูงจะมี อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องที่อยู่ในระดับต่ำกว่า ($R1 > R2 > R3$) ทั้งสองกรณี ทั้งนี้เนื่องจากที่ระดับสูง อากาศจะได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีความร้อนของเพดานคอนกรีตซึ่งรับความร้อนจากรังสีอาทิตย์ ภายนอก อย่างไรก็ตามอุณหภูมิของห้องที่มีตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีต จะมีอุณหภูมิต่ำกว่าห้องหลังคา คอนกรีตปกติในทุกระดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุณหภูมิที่ผิวด้านนอกของหลังคาคอนกรีตของห้องทั้งสองมีค่า ใกล้เคียงกันดังแสดงในรูปที่ 9 แต่ขณะที่อุณหภูมิของผิวด้านในของหลังคาคอนกรีตปกติ มีค่าสูงกว่ากรณีที่มีตัวเก็บรังสีอาทิตย์ แสดงให้เห็นว่ามีความร้อนถ่ายเทผ่านหลังคาคอนกรีตในกรณีห้องปกติเข้ามามากกว่า กรณีที่มีตัวเก็บรังสีอาทิตย์ดังรูปที่ 9 โดยที่ระดับกึ่งกลางห้องมีอุณหภูมิ ต่ำกว่าประมาณ 2°C ที่เวลา 14.00 น. นอกจากนั้นห้องที่มีตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีตจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอากาศแวดล้อมหลัง 14.00 น. ในขณะที่ห้องที่ใช้พื้นคอนกรีตแบบปกติ มีอุณหภูมิห้องสูงกว่าอากาศแวดล้อมตั้งแต่เวลา 12.30 น. แสดงให้เห็นว่าน้ำช่วยดูดซับพลังงานความร้อนที่ถ่ายเทจากรังสีอาทิตย์ และหน่วงเวลาให้ความร้อนถ่ายเทเข้ามาสู่อาคารได้น้อยและช้าลง ดังนั้นในฤดูที่แตกต่างกันหากรังสีอาทิตย์มีค่าใกล้เคียงกัน ความร้อนที่ถ่ายเทผ่าน หลังคาหรือพื้นดาดฟ้าจะมีค่าใกล้เคียงกัน แตกต่างกันที่อุณหภูมิอากาศแวดล้อมในฤดูร้อนสูงกว่าฤดูหนาว จึงเป็นเหตุให้อุณหภูมิของระบบโดยรวมสูงกว่า



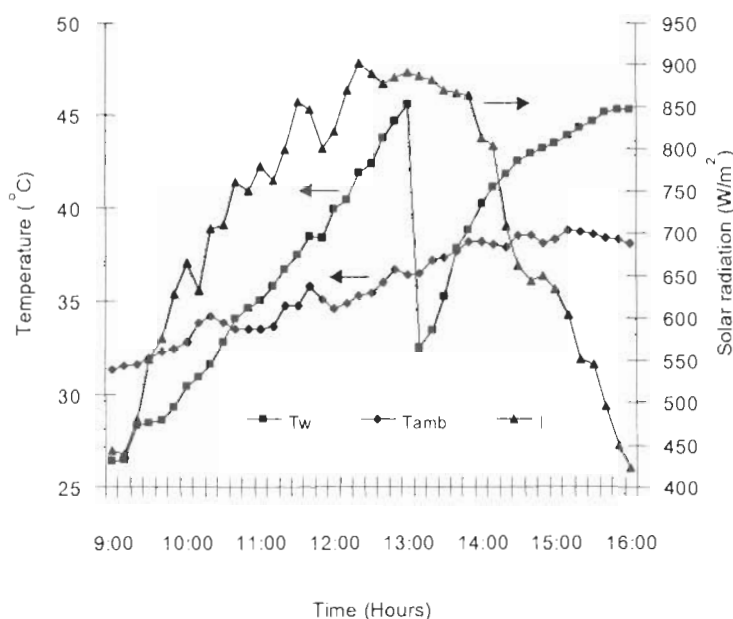
รูปที่ 8 เปรียบอุณหภูมิอากาศในห้องระหว่างห้องแบบหลังคาปกติกับแบบมีตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีต (16/2/2547)



รูปที่ 9 เปรียบอุณหภูมิผิวด้านนอกและด้านในของแบบหลังคาปกติกับแบบมีตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีต (16/2/2547)

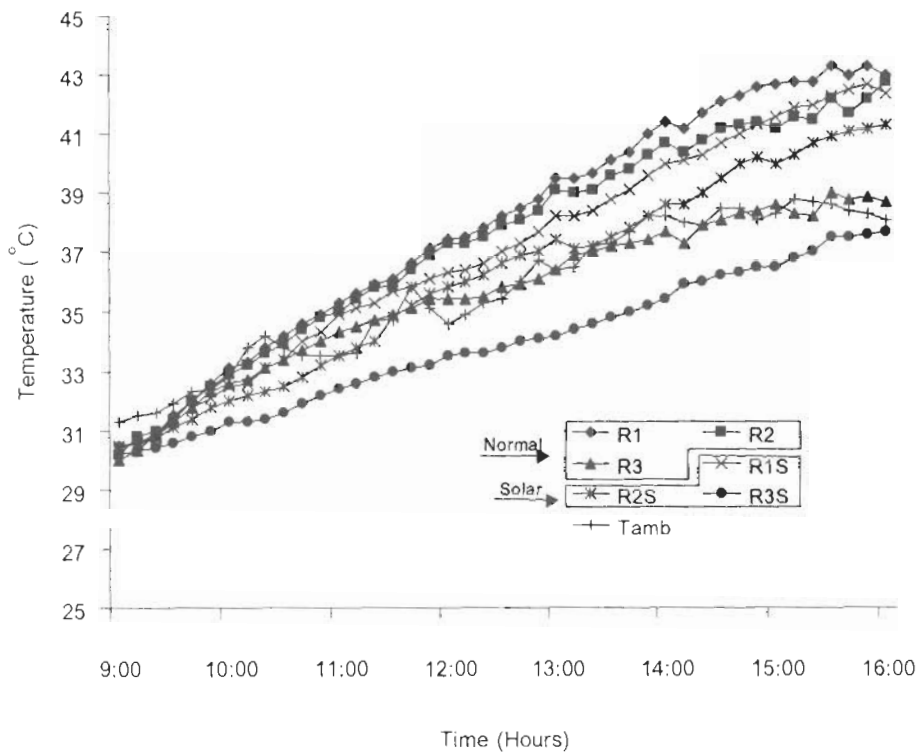
ผลของการผลิตน้ำร้อนครั้งเดียวและสองครั้งในหนึ่งวัน

จากผลการผลิตน้ำร้อนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีต พบว่าจะสามารถผลิตน้ำให้มีอุณหภูมิสูงสุดที่เวลาประมาณ 13.00 - 14.00 น. หลังจากนั้นอุณหภูมิของน้ำจะคงที่และลดลงในที่สุด เช่นวันที่ 13 มีนาคม 2547 สามารถผลิตน้ำร้อนได้อุณหภูมิสูงสุดที่ 47.2°C ดังนั้นเพื่อเพิ่มอัตราการผลิตน้ำร้อน และศึกษาผลกระทบจากการผลิตน้ำร้อน 2 ครั้งในหนึ่งวัน ต่อการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคาร ในการทดลองนี้จะทำการผลิตน้ำร้อน 2 ครั้ง โดยครั้งแรกจะเริ่มตั้งแต่เวลา 9.00 - 13.00 น. จากนั้นจะถ่ายเทน้ำร้อนในตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีตออก และนำน้ำใหม่ใส่เข้าไปแทน โดยการผลิตน้ำร้อนครั้งที่สองนี้จะเริ่มตั้งแต่เวลา 13.00 - 16.00 น. ได้ทำการทดลองในวันที่ 17 มีนาคม 2547 จากการทดลองพบว่า การผลิตน้ำร้อนในครั้งแรกสามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำจาก 26.4°C เป็น 45.6°C ในเวลา 4 ชั่วโมง ส่วนการผลิตน้ำร้อนครั้งที่สองนั้นน้ำมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 45.3°C ที่เวลา 16.00 น. แสดงดังรูปที่ 10 ถึงแม้ว่ารังสีอาทิตย์มีการลดลงอย่างต่อเนื่องหลังจากเวลา 13.00 น. แต่เนื่องจากความร้อนที่สะสมอยู่ในคอนกรีตมีส่วนช่วยให้อุณหภูมิน้ำเพิ่มขึ้นในอัตราที่รวดเร็ว และสามารถทำอุณหภูมิได้ใกล้เคียงกับการผลิตน้ำร้อนในครั้งแรก



รูปที่ 10 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำในตัวเก็บรังสีอาทิตย์สำหรับการผลิตน้ำร้อนสองครั้งต่อวัน และสภาวะอากาศแวดล้อม (17/3/2547)

ทางด้านอุณหภูมิอากาศในห้องนั้นพบว่าอุณหภูมิที่กลางห้องที่มีตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีต (R2S) มีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อม หลังจาก 13.50 น. จึงเริ่มมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อม ในส่วนอุณหภูมิที่จุดต่ำสุด (R3S) มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อมในทุกช่วงเวลา แสดงดังรูปที่ 11 ขณะที่อุณหภูมิที่กลางห้องที่ใช้หลังคาคอนกรีตแบบปกติ (R2) จะมีค่าสูงกว่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อมในทุกช่วงเวลา และจะสูงกว่าอุณหภูมิที่ที่กลางห้องที่มีตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีตอยู่ประมาณ 2°C ดังนั้นแผงเก็บรังสีแบบคอนกรีตสามารถผลิตน้ำร้อนสองครั้งในหนึ่งวัน โดยอุณหภูมิน้ำร้อนที่ผลิตได้ทั้งสองครั้งมีค่าใกล้เคียงกัน และยังคงช่วยลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ห้องได้ดีอีกด้วย



รูปที่ 11 เปรียบอุณหภูมิอากาศในห้องระหว่างห้องแบบหลังคาปกติกับแบบมีตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีตกรณีผลิตน้ำร้อนสองครั้งต่อวัน (17/3/2547)

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

ในหัวข้อนี้จะทำการวิเคราะห์ต้นทุนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีตที่มีพื้นที่ 5.75 m² โดยจะทำการหาค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ กรณีห้องที่มีการติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีตนี้ จะเกิดการประหยัดพลังงานจากสองทาง คือ 1. พลังงานที่ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น ในการคำนวณจะสมมุติว่าตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีตสามารถทำให้น้ำมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 20°C และยังแบ่งออกเป็นอีกสองกรณีคือกรณีที่หนึ่งผลิตน้ำร้อน 20 ลิตรต่อวัน และกรณีที่สองผลิตน้ำร้อน 40 ลิตรต่อวัน การประหยัดพลังงานทางที่สองคือ ความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ห้องมีค่าลดลงโดยจะคิดเทียบกับอุณหภูมิห้องที่มีหลังคาคอนกรีตแบบปกติ กำหนดให้มีความแตกต่างของอุณหภูมิห้องระหว่างห้องปกติกับห้องที่มีแผงเก็บรังสีแบบคอนกรีต เท่ากับ 2 °C รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1 ต้นทุนเริ่มแรก (First cost) คือ ค่าท่อพีวีซี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 mm ข้อต่อและอุปกรณ์ประกอบต่างๆรวมถึงค่าแรงในที่นี้ไม่คิดราคาปั้มน้ำ เนื่องจากในความเป็นจริงสามารถใช้ปั้มน้ำเดียวกันกับที่มีอยู่ในบ้านได้ ซึ่งในการวิเคราะห์จะคำนวณหาระยะเวลาการคืนทุน (Payback period) มีค่าเท่ากับต้นทุนเริ่มแรกต่อด้วยพลังงานที่ประหยัดได้ของระบบ (Thuesen and Fabrycky, 2001) โดยคิดการใช้งานของระบบ 9 เดือน ทั้งนี้เนื่องจากปกติประเทศไทยจะมีฤดูฝนประมาณ 3 เดือน (Khedari, et al. 2002) จากการคำนวณพบว่ากรณีที่ผลิตน้ำร้อน 20 ลิตรต่อวัน ประหยัดพลังงานคิดเป็นเงิน 569.39 บาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุน 2.2 ปี ในขณะที่ผลิตน้ำร้อน 40 ลิตรต่อวัน จะประหยัดพลังงานคิดเป็นเงิน 791.25 บาทต่อปี และมีระยะเวลาการคืนทุนที่สั้นกว่ากรณีผลิตน้ำร้อน 20 ลิตรต่อวัน โดยจะมีระยะเวลาการคืนทุน 1.6 ปี นอกจากนั้นความร้อนที่ถ่ายเทเข้าสู่ห้องจะลดลง 1.6 W/m²

Item	Unit	Value
First cost	Bath	1,300
Annual system operating	Days	270
Operating time per day	Hours	7
Electrical cost	Baht/kWh	2.978
Annual energy saving for 20 l	kWh	191.2
Annual energy saving for 40 l	kWh	265.7

ตารางที่ 1 ต้นทุนและพลังงานที่ประหยัดได้

สรุป

จากการศึกษาทดลองตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีตเพื่อช่วยลดการถ่ายเทความร้อนผ่านพื้นลาดฟ้าของอาคารพาณิชย์ และผลิตน้ำร้อนพบว่าสามารถผลิตน้ำร้อนให้มีอุณหภูมิสูงพอสมควร ($40 - 50^{\circ}\text{C}$) ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมแก่การใช้งาน เช่น ใช้อาบ ล้างเครื่องครัว ซักผ้า เป็นต้น ส่วนการลดความร้อนเข้าสู่อาคารนั้น พบว่าห้องที่มีการใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีตจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าห้องที่ใช้หลังคาคอนกรีตแบบปกติอยู่ประมาณ 2°C หรือสามารถลดภาระความเย็นได้ 1.6 W/m^2 หากพิจารณาทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่า เป็นระบบที่มีต้นทุนต่ำ เป็นเหตุให้มีระยะเวลาคืนทุนค่อนข้างเร็ว ดังนั้นระบบการลดความร้อนเข้าสู่อาคารด้วยเทคนิคการใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีตนี้จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับผู้ที่กำลังจะสร้างบ้านใหม่ เนื่องจากเป็นระบบที่ง่ายต่อการสร้าง ต้นทุนต่ำและไม่ทำลายสภาวะแวดล้อม นอกจากนี้ในอนาคตควรมีการศึกษานำท่อโลหะมาใช้แทนท่อพีวีซี เนื่องจากท่อโลหะมีสภาพนำความร้อนที่ดีกว่าท่อพีวีซี ซึ่งจะถ่ายเทความร้อนจากพื้นคอนกรีตให้แก่ น้ำ ได้ดีกว่าท่อพีวีซี แต่ในขณะเดียวกันต้นทุนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบคอนกรีตก็จะสูงขึ้น จึงควรมีการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ควบคู่กันไปด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ให้ทุนวิจัย จากงบประมาณรายได้ประจำปี 2547 และนายจงเจริญ อัสสระพงศ์ นายเชษฐ ไชยพิมพ์ และนายยุทธการ แก้วกึ่ง นักศึกษาปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ช่วยเก็บข้อมูลการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- พิภพ สุนทรสมบัติ. 2539. วัสดุวิศวกรรมการก่อสร้าง, บริษัท ส. เอเซียเพรส จำกัด : กรุงเทพฯ
- สุรินทร์ เศรษฐมานิต และทาเคโอะ มอริมูระ. 2543. วิศวกรรมงานท่อน้ำในอาคาร, บริษัท สำนักพิมพ์ดวงกมล (2520) จำกัด : กรุงเทพฯ
- Cengel, Y.A., 1998: Heat transfer: a practical approach, McGraw – Hill, NJ.
- Chaurasia, P.B.L., 2000. Solar water heaters based on concrete collectors. *Energy*. 25: 703-716.
- Jayanetra, K., 1998. *Natural Ventilation in the Thai shop-house: A Study of the Effect of Building Physical Parameters on the Ventilation of Shop-houses in Bangkok*. Master of Science Built Environment. Environmental Design and Engineering, University of London.
- Khedari, J., Sanprajak A. and Hirunlabh J., 2002. Thailand climatic zones. *Renewable Energy*. 25: 267-280.
- Seehawong R., 1998. *Electricity Use in Residential Housing*. Master of Engineering Thesis. Energy Technology Program, King Mongkut's Institute of Technology Thonburi.
- Thuesen, G.J. and Fabrycky, W.J., 2001, *Engineering economy*, Prentice-Hall, Inc. New York