

# การวิเคราะห์พลังงานแสงอาทิตย์ในเขตบริเวณอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา Solar Energy Analysis in Muang District, Nakhon Ratchasima Province

ภราดร หนูทอง<sup>1</sup>, วิโรจน์ ลิ้มไขแสง<sup>1</sup>

*Received: September, 2012; Accepted: October, 2013*

## บทคัดย่อ

จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่และประชากรจำนวนมากซึ่งมีการใช้พลังงานในปริมาณสูง จึงจำเป็นต้องหาพลังงานทดแทนโดยเฉพาะพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีศักยภาพค่อนข้างสูง งานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์พลังงานแสงอาทิตย์ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 - 2553 และเพื่อหาขนาดตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่สามารถทำอุณหภูมิน้ำได้สูงสุดสำหรับระบบทำน้ำร้อน อีกทั้งได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายความเข้มรังสีอาทิตย์ การศึกษาพบว่า พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนอยู่ในช่วง  $16.29 \pm 0.51$  ถึง  $20.63 \pm 0.77$  MJ/m<sup>2</sup>·day โดยมีพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดในเดือนเมษายนและต่ำสุดในเดือนตุลาคม หากใช้ตัวเก็บรังสีแบบแผ่นเรียบต่อแบบอนุกรมกันจำนวน 6 ชุด (พื้นที่ตัวเก็บรังสี 12 m<sup>2</sup>) สามารถทำอุณหภูมิน้ำได้สูงสุด และจากการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยใช้วิธีการแทนค่าแบบต่อเนื่องพบว่าแบบจำลองสามารถทำนายค่าพลังงานแสงอาทิตย์ได้ดี

คำสำคัญ : แบบจำลองทางคณิตศาสตร์, ความเข้มรังสีอาทิตย์, ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์

<sup>1</sup> คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา  
E - mail : pound96@hotmail.com

## Abstract

Nakhon Ratchasima Province has a large area and high population therefore it consumes a high energy. The renewable energy is an important energy to support the demand of region in which the solar energy has high potential in the location. Thus, the objective of this research was to analyse the solar energy in Muang district, Nakhon Ratchasima province between 2002 - 2010 and to determine the solar collector sizing based on the maximum water temperature for solar water-heating system. Moreover, the study develops the mathematical model to predict the solar intensities. It was found that the monthly solar energy varied from  $16.29 \pm 0.51$  to  $20.63 \pm 0.77$  MJ/m<sup>2</sup>-day by the maximum solar energy in April and the minimum solar energy in October. The 6 series collector (12 m<sup>2</sup> of solar collector areas) gave the higher water temperature. The solar intensities mathematical model by using successive substitution method were found to be in good agreement between the experimental data.

Keywords : Mathematical model, Solar intensity, Solar collector

## Introduction

ปัจจุบันปัญหาทางด้านพลังงานเป็นปัญหาที่สำคัญระดับโลก โดยเฉพาะกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนาที่ต้องการใช้พลังงานในการขับเคลื่อนประเทศ ประเทศไทยเป็นอีกประเทศที่ประสบปัญหาด้านพลังงาน โดยส่วนใหญ่ยังมีการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศ เช่น น้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน สำหรับใช้ขับเคลื่อนเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม และการขนส่งของประเทศ เพื่อลดการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศและความมั่นคงทางด้านพลังงาน จึงจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานทดแทน เพื่อรองรับการใช้พลังงานของประเทศที่มีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ซึ่งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานธรรมชาติที่มีศักยภาพนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้เป็นอย่างดี จึงควรมีการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ ปัจจุบันได้มีการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ เช่น ระบบทำความร้อน ระบบทำความเย็น ผลิตไฟฟ้า หรือการใช้ถนอมอาหาร

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร ซึ่งมีศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์มาก โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่มีศักยภาพของพลังงานแสง-อาทิตย์สูงสุด โดยเฉพาะเดือนเมษายน (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2542; Janjai et al., 2010) และจากการศึกษาข้อมูลจากสถานีตรวจอากาศทั่วประเทศ พบว่า การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ในประเทศไทยนั้น มีความเข้มของรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 4.6 - 5.3 kWh/m<sup>2</sup>-day และมีชั่วโมงการส่องสว่างในช่วง

2,200 - 2,900 ชั่วโมงต่อปี หรือ 6 - 8 ชั่วโมงต่อวัน (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, 2542; Janjai et al., 2010)

หากพิจารณาการใช้พลังงานของประชากร และพื้นที่โดยไม่รวมพื้นที่กรุงเทพฯ และเขตปริมณฑล พบว่า จังหวัดนครราชสีมาที่มีประชากรมากเป็นอันดับสองของประเทศและมีพื้นที่มากที่สุด (รายชื่อจังหวัดในประเทศไทยเรียงตามประชากร, 2554) โดยมีอัตราการใช้พลังงานอยู่ที่ 1,116.3 kTOE คิดเป็นร้อยละ 4.4 ของอัตราการใช้พลังงานหลักในประเทศไทย โดยใช้พลังงานทดแทนอยู่ที่ 501.3 kTOE (กระทรวงพลังงาน, 2550) จำเป็นต้องหาพลังงานทดแทนเพื่อช่วยลดการใช้พลังงานของจังหวัด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์พลังงานแสงอาทิตย์ของอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ในรูปของความเข้มรังสีอาทิตย์และพลังงานความร้อนที่ผลิตได้จากตัวเก็บรังสีแบบแผ่นเรียบ เพื่อหาขนาดตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ที่ผลิตความร้อนได้สูงสุด และพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ทำนายค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ต่อไปในอนาคต

## วิธีดำเนินการวิจัย

### การเก็บรวบรวมข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์

การวิเคราะห์พลังงานแสงอาทิตย์ของอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา (ละติจูดที่  $14^{\circ}58'28''$  N และลองจิจูดที่  $102^{\circ}05'53''$  E) (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2555) ได้ใช้ข้อมูลความเข้มรังสีรวมรายวันเฉลี่ยต่อเดือน จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (กระทรวงพลังงาน, 2554) และห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 - 2553

### การวิเคราะห์พลังงานแสงอาทิตย์

การวิเคราะห์พลังงานแสงอาทิตย์นั้น ได้นำค่าความเข้มรังสีเฉลี่ย ( $\overline{G}_t$ ) ที่อยู่ในหน่วยของ MJ/m<sup>2</sup>-day มาแปลงให้อยู่ในหน่วยของความเข้มรังสี ( $\overline{I}_t$ ) ให้อยู่ในหน่วย W/m<sup>2</sup> ดังสมการที่ (1) จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ย ( $\overline{I}$ ) และค่าส่วนเบี่ยงเบนค่าเฉลี่ย ( $\sigma$ ) สมการที่ (2) และ (3) ตามลำดับ

$$\overline{I}_t = \frac{\overline{G}_t}{3600} \quad (1)$$

$$\overline{I} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N I_i = \frac{I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_N}{N} \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (I_i - \overline{I})^2} \quad (3)$$

เมื่อ N คือ จำนวนสมาชิกของชุดข้อมูล และ i คือลำดับข้อมูล

การคำนวณความร้อนที่ผลิตได้จากตัวเก็บรังสีแบบแผ่นเรียบ โดยใช้น้ำเป็นสารทำงาน ในระบบผลิตน้ำร้อนดังรูปที่ 1 ซึ่งได้ใช้ตัวเก็บรังสีขนาด  $2 \text{ m}^2$  จำนวน 1 แผง โดยกำหนดให้อัตราการไหลของน้ำ  $0.05 \text{ kg/s}$  และอุณหภูมิของน้ำเริ่มต้น ( $T_{fi}$ )  $30^\circ\text{C}$  และอุณหภูมิอากาศแวดล้อม ( $T_a$ )  $25^\circ\text{C}$  (โดยอุณหภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา) ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อน ( $F_R U_L = 10.37 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ ) และผลคูณประสิทธิภาพการส่งผ่านและดูคกลืนรังสีอาทิตย์ ( $F_R(\alpha_t) = 0.803$ ) (นรินทร์, 2551) ทำการคำนวณค่าปริมาณความร้อน ( $Q_u$ ) จากสมการที่ (4)

$$Q_u = F_R(\alpha_t) I_T A_C - F_R U_L A_C (T_{fi} - T_a) \quad (4)$$

#### การต่อตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบอนุกรม

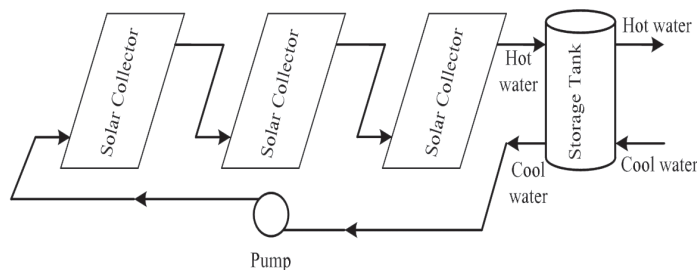
การติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ จำเป็นต้องคำนึงถึงขนาดพื้นที่ของตัวเก็บรังสีที่เหมาะสมกับปริมาณแสงแดดที่เหมาะสมกับความร้อนที่ต้องการ จึงได้คำนวณหาขนาดพื้นที่ตัวเก็บรังสีที่สามารถผลิตความร้อนและทำอุณหภูมิได้สูงสุด ซึ่งเลือกติดตั้งตัวเก็บรังสีเป็นแบบอนุกรม (รูปที่ 1) เนื่องจากค่า  $FRUL$  และ  $FR(\alpha_t)$  เป็นคุณสมบัติเฉพาะของตัวเก็บรังสี หากมีการติดตั้งต่อกันเป็นชุดที่มากกว่าหนึ่งแผง จำเป็นต้องคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนและผลคูณประสิทธิภาพการส่งผ่านและดูคกลืนรังสีอาทิตย์ใหม่ สามารถคำนวณค่าทั้งสองได้จากสมการที่ (5) และ (6) ตามลำดับ (นรินทร์, 2551)

$$F_R(\alpha_t) = F_{R1}(\alpha_t)_i \{ [1 - (1 - K)^N] / NK \} \quad (5)$$

$$F_R U_L(\alpha_t) = F_{R1} U_L \{ [1 - (1 - K)^N] / NK \} \quad (6)$$

$$K = \frac{A F_R U_L}{m C_p} \quad (7)$$

เมื่อ  $N$  คือ จำนวนของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ที่ต่ออนุกรมกัน



รูปที่ 1 แสดงลักษณะการติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบอนุกรม

### การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การพัฒนาแบบจำลองเพื่อทำนายความเข้มรังสีอาทิตย์ จำเป็นต้องทราบตำแหน่งและเวลาสุริยะที่เกิดจากความแตกต่างของเส้นลองจิจูดกับเส้นเมริเดียนของตำแหน่งที่พิจารณา และวงโคจรของโลก รอบดวงอาทิตย์ที่แตกต่างกันทั้งปี ความสัมพันธ์ของเวลาสุริยะกับเวลามาตรฐานท้องถิ่นแสดงดังสมการที่ (8) (9) และ (10) และค่ารังสีอาทิตย์เมื่ออยู่นอกชั้นบรรยากาศของโลก ( $H_0$ ) ในแต่ละวันหาได้จากสมการที่ (11) (12) และ (13) (Duffie and Beckman, 1980)

$$\text{Solar time} - \text{Standard time} = 4 (L_{st} - L_{loc}) + E \quad (8)$$

$$E = 9.87 \sin(2B) - 7.53 \cos(B) - 1.5 \sin(B) \quad (9)$$

$$B = \frac{360(n-81)}{365} \quad (10)$$

$$H_0 = \frac{24 \times 3600}{\pi} G_{sc} \left[ 1 + 0.033 \frac{360n}{365} \right] \left[ \cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{2\pi \omega_s}{360} \sin \phi \sin \delta \right] \quad (11)$$

$$\sin \omega_s = -\frac{\sin \phi \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta} = -\tan \phi \tan \delta \quad (12)$$

$$\delta = 23.45 \sin \left( 360 \frac{284 + n}{365} \right) \quad (13)$$

เมื่อ  $E$  คือสมการเวลา,  $n$  คือจำนวนของวันที่พิจารณา,  $L_{st}$  คือตำแหน่งเส้นลองจิจูดที่ใช้คำนวณเวลามาตรฐานท้องถิ่น,  $L_{loc}$  คือตำแหน่งเส้นลองจิจูดของพื้นที่พิจารณา,  $G_{sc}$  คือค่าคงที่สุริยะ ( $\approx 1,367 \text{ W/m}^2$ ),  $\phi$  คือมุมละติจูดหรือเส้นรุ้ง,  $\omega_s$  คือมุมชั่วโมงที่พระอาทิตย์ตกดิน และ  $\delta$  คือมุมระหว่างตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่เที่ยงสุริยะทำกับแนวระนาบอิกเวเตอร์หรือเรียกมุมเดคลิเนชัน

รังสีอาทิตย์รวม ( $H$ ) ที่ตกบนพื้นโลกเท่ากับผลรวมของรังสีตรง ( $H_b$ ) และรังสีกระจาย ( $H_d$ ) ซึ่งค่ารังสีกระจายหาได้จากสมการที่ (14) (Pratinthong, 1996) และค่ารังสีอาทิตย์รวมรายชั่วโมง ( $r_t$ ) คือค่าอัตราส่วนรังสีรวมรายชั่วโมงต่อรังสีรวมรายวัน สมการที่ (15)

$$\frac{H_d}{H_0} = -4.6408 + 26.5495 \left( \frac{H}{H_0} \right) - 28.3422 \left( \frac{H}{H_0} \right)^2 - 31.4546 \left( \frac{H}{H_0} \right)^3 - 46.4421 \left( \frac{H}{H_0} \right)^4 \quad (13)$$

$$r_t = \frac{I}{H} = \frac{\pi}{24} (a + b \cos \omega_s) \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\cos \omega - \left( \frac{2\pi \omega_s}{360} \right) \cos \omega_s} \quad (14)$$

$$\text{โดยที่ } a = a_1 + a_2 \sin(\cos \omega_s - 60)$$

$$\text{และ } b = b_1 + b_2 \sin(\cos \omega_s - 60)$$

เมื่อ  $I$  คือ ค่ารังสีอาทิตย์รายชั่วโมง ( $\text{MJ}/\text{m}^2\cdot\text{day}$ ),  $\omega$  คือ มุมชั่วโมงเท่ากับ 15 องศาต่อชั่วโมง และ  $a_1, a_2, b_1, b_2$  คือค่าคงที่ที่สถานีต่างๆ ของประเทศไทย

ค่ารังสีกระจายรายชั่วโมง ( $r_d$ ) คำนวณได้จากอัตราส่วนของรังสีกระจายรายชั่วโมง ( $I_d$ ) ต่อค่ารังสีกระจายรายวัน ( $H_d$ ) ดังสมการ

$$r_d = \frac{I_d}{H_d} = \frac{\omega}{24} \frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\sin \omega_s - \left( \frac{2\pi \omega_s}{360} \right) \cos \omega_s} \quad (16)$$

ดังนั้น ค่ารังสีตรงรายชั่วโมง ( $I_b$ ) หาได้จากผลต่างของรังสีอาทิตย์รวม ( $I$ ) และรังสีอาทิตย์กระจาย ( $I_d$ ) ดังสมการ

$$I_b = I - I_d \quad (17)$$

การติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ให้ทำมุมเอียงกับแนวระดับเพื่อให้สามารถรับรังสีอาทิตย์ได้ตลอดทั้งปี ซึ่งตรงกับมุมละติจูดของพื้นที่นั้นๆ ทำให้คำนวณค่ารังสีอาทิตย์ที่ตกบนพื้นเรียบในแนวเอียง ( $I_T$ ) ดังนี้

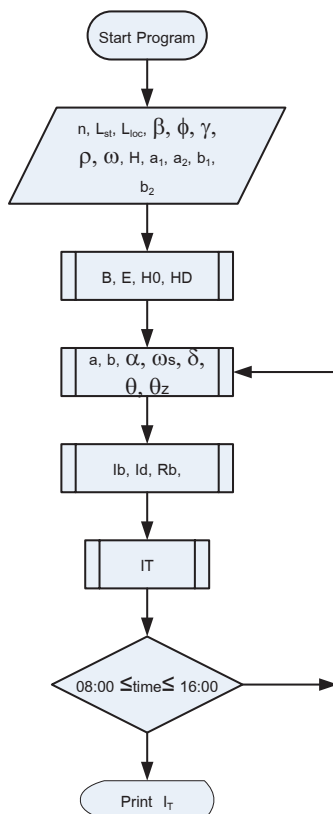
$$I_T = I_b R_b + I_d \left( \frac{1 + \cos \beta}{2} \right) + (I_b + I_d) \left( \frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \rho \quad (18)$$

$$\text{โดยที่ } R_b = \frac{\cos \theta}{\cos \theta_z} \quad (19)$$

$$\cos \theta_z = \cos \varphi \cos \delta \cos \omega + \sin \varphi \sin \delta \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \cos \theta_z = & \sin \varphi \sin \delta \cos \beta - \\ & \cos \varphi \sin \delta \sin \beta \cos \gamma + \\ & \cos \varphi \cos \delta \cos \beta \cos \omega + \\ & \sin \varphi \cos \delta \sin \beta \cos \gamma \cos \omega + \\ & \sin \varphi \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega \end{aligned} \quad (21)$$

เมื่อ  $\theta$  คือมุมตกกระทบของรังสีตรงบนระนาบในแนวเอียง,  $\theta_z$  คือมุมตกกระทบของรังสีตรงบนระนาบในแนวระดับ,  $\rho$  คือแฟกเตอร์ของรังสีอาทิตย์ที่สะท้อนมาจากพื้น,  $\beta$  คือมุมเอียงของระนาบที่พิจารณาจากพื้นในแนวระดับ และ  $\gamma$  คือมุมอะซิมุทของระนาบเอียงมีค่าเป็นศูนย์ในทิศใต้มีค่าเป็นลบในทิศตะวันออก และมีค่าเป็นบวกในทิศตะวันตก



รูปที่ 2 ขั้นตอนการคำนวณของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มีขั้นตอนการคำนวณดังรูปที่ 2 โดยการพัฒนาแบบจำลองสำหรับใช้ทำนายความเข้มรังสีอาทิตย์ได้เลือกใช้โปรแกรม MATLAB version 7.8

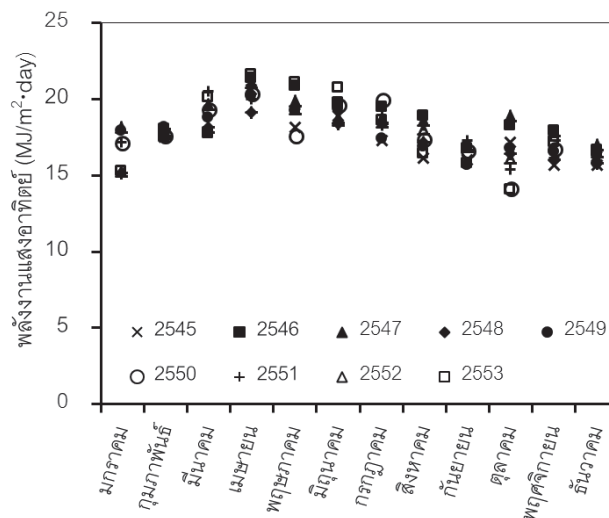
#### การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง สำหรับการทำนายความเข้มรังสีอาทิตย์ด้วยการเปรียบเทียบค่าความเข้มรังสีที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ ที่ได้จากบันทึกข้อมูลในเขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา โดยเป็นข้อมูลความเข้มรังสีอาทิตย์ปี พ.ศ. 2550-2552 ขั้นตอนการคำนวณเริ่มจากการป้อนค่าตำแหน่งที่ตั้งทางพิกัดภูมิศาสตร์,  $n, a_1, a_2, b_1, b_2, \omega, \beta, \phi, \gamma$  และ  $H$  เนื่องจากงานวิจัยตัวแปรหลายค่าที่ละบุค่าเฉพาะของจังหวัดยังไม่มีการศึกษา ดังนั้น งานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าคงที่บางตัวที่ได้จากจังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งตั้งอยู่ในตำแหน่งละติจูดและลองจิจูดที่ใกล้เคียงกับจังหวัดนครราชสีมา ได้แก่  $a_1=0.760, a_2=-0.031, b_1=0.207$  และ  $b_2=0.238$  (Pratinthong, 1996) การคำนวณจะใช้วิธีการแทนค่าแบบต่อเนื่อง มีขั้นตอนการคำนวณดังรูปที่ 2

## ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

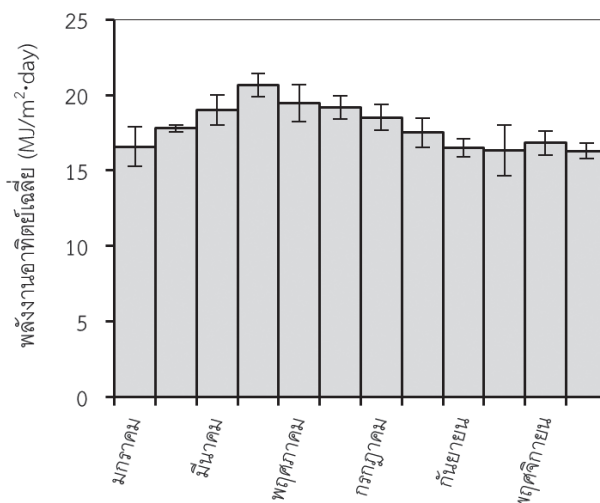
### ผลการวิเคราะห์ความเข้มรังสีอาทิตย์

จากการเปรียบเทียบความเข้มรังสีอาทิตย์ของอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2553 พบว่า ความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนจะอยู่ในช่วง 646.28 ถึง 818.69 W/m<sup>2</sup> คิดเป็นพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ  $16.28 \pm 0.51$  ถึง  $20.63 \pm 0.77$  MJ/m<sup>2</sup>·day ดังรูปที่ 3 และ 4 ความเข้มรังสีอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเมษายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูหนาวต่อฤดูร้อนจนมีความเข้มสูงสุด โดยเป็นช่วงที่มีท้องฟ้าแจ่มใสและมีเมฆน้อย ทำให้รังสีอาทิตย์สามารถทะลุผ่านมายังพื้นที่ในเขตอำเภอเมืองได้สูง จากนั้นความเข้มรังสีอาทิตย์จะค่อยๆ ลดลงตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมเมื่อเข้าสู่ฤดูฝน จนมีความเข้มรังสีต่ำสุด และจากนั้นความเข้มรังสีจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นถึงเดือนธันวาคมแต่ไม่ค่อยสูงนัก เนื่องจากเป็นต้นฤดูหนาวปริมาณเมฆในท้องฟ้าค่อนข้างสูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Janjai et al., (2009)



รูปที่ 3 พลังงานแสงอาทิตย์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545—2553

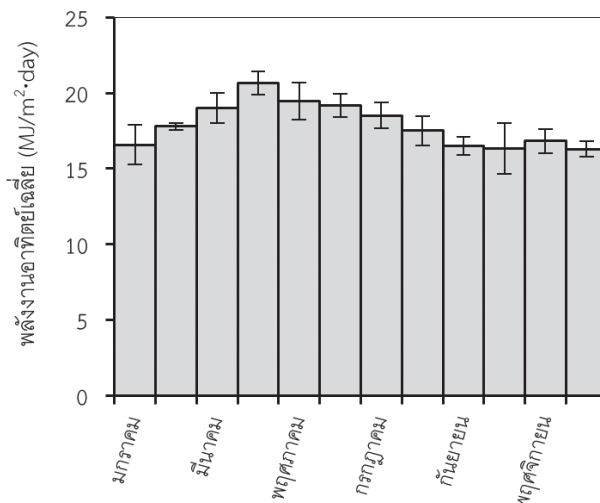




รูปที่ 4 พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือน

#### ผลการวิเคราะห์พลังงานความร้อน

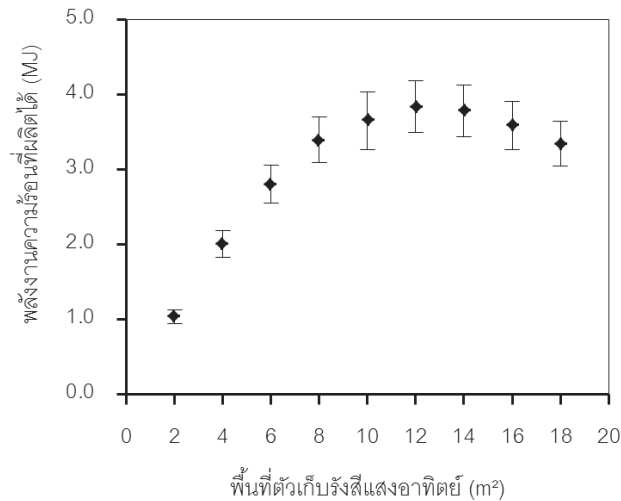
การวิเคราะห์พลังงานความร้อนที่ผลิตได้จากความเข้มรังสีอาทิตย์โดยใช้ตัวเก็บรังสีแบบแผ่นเรียบ (Flat Plate Collector) ขนาด  $2 \text{ m}^2$  และอัตราการไหลของน้ำ  $0.05 \text{ kg/s}$  พบว่าระบบทำน้ำร้อนสามารถผลิตความร้อนได้  $22.19\text{--}34.43 \text{ MJ/day}$  ดังรูปที่ 5 ความร้อนที่ผลิตจะเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเมษายน เนื่องจากเป็นฤดูหนาวต่อฤดูร้อนที่มีท้องใส ทำให้ความเข้มรังสีค่อนข้างสูงจึงทำให้สามารถผลิตความร้อนได้สูง โดยเดือนเมษายนผลิตความร้อนได้สูงสุดเท่ากับ  $32.87 \pm 1.24 \text{ MJ/day}$  จากนั้นความร้อนจะค่อยลดลงตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม เนื่องจากเป็นช่วงฤดูร้อนต่อฤดูฝนโดยท้องฟ้าค่อนข้างจะมีเมฆมาก ทำให้ความเข้มรังสีอาทิตย์ลดลงเนื่องจากความสามารถในการทะลุผ่านก้อนเมฆที่ยากขึ้นทำให้สามารถผลิตความร้อนลดลง โดยเดือนตุลาคมผลิตความร้อนได้ต่ำสุดเท่ากับ  $25.97 \pm 2.69 \text{ MJ/day}$  และช่วงปลายปีซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนต่อฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม ท้องฟ้าเริ่มแจ่มใสแต่ยังคงมีเมฆสูง ส่งผลให้รังสีอาทิตย์ทะลุผ่านได้น้อยทำให้สามารถผลิตความร้อนทำให้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 พลังงานความร้อนเฉลี่ยที่ได้จากตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบขนาด 2 m<sup>2</sup>

#### ผลการต่อตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบอนุกรม

การออกแบบระบบทำน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้ตัวเก็บรังสีแบบแผ่นเรียบ การหาขนาดตัวเก็บรังสีที่สามารถทำน้ำร้อนได้สูงสุด ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งยวดต่อการใช้งานกับระบบที่ต้องการน้ำร้อนอุณหภูมิสูง งานวิจัยนี้ได้เลือกระบบทำน้ำร้อนที่มีการเชื่อมต่อตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบอนุกรม เนื่องจากเป็นระบบที่สามารถทำอุณหภูมิได้สูงกว่าที่ต่อกับแบบขนาน และได้เพิ่มขนาดพื้นที่ตัวเก็บรังสีครึ่งละ 2 m<sup>2</sup> พบว่า เมื่อเพิ่มพื้นที่ตัวเก็บรังสีขึ้นจะสามารถผลิตความร้อนได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงจุดๆ หนึ่ง หากเมื่อเพิ่มพื้นที่ตัวเก็บรังสีต่อไปจะทำให้ความร้อนที่ผลิตค่อยๆ ลดลง ดังรูปที่ 6 เนื่องจากระบบที่มีการติดตั้งตัวเก็บรังสีแบบอนุกรมนั้น ตัวเก็บรังสีตัวแรกสามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำร้อนได้สูงสุดและทำให้ประสิทธิภาพสูง และเมื่อต่อตัวเก็บรังสีตัวถัดมาอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ผลิตได้จะเพิ่มขึ้นน้อยกว่าเมื่อเทียบกับตัวแรก ค่าอุณหภูมิของน้ำที่ผลิตได้จะเพิ่ม เพิ่มขึ้นในช่วงแรก ทำให้ประสิทธิภาพตัวถัดไปลดลง และเมื่อต่อตัวเก็บรังสีเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ ซึ่งตัวเก็บรังสีอาทิตย์แผงที่ 6 จะมีประสิทธิภาพต่ำสุดโดยเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเพียงเล็กน้อย ดังรูปที่ 6 แต่หากเพิ่มตัวเก็บรังสีแผงที่ 7 ระบบจะเป็นการระบายความร้อนมากกว่าการทำความร้อน เมื่อพิจารณาขนาดของตัวเก็บรังสีที่เหมาะสมกับระบบทำน้ำร้อนด้วยการต่อตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบอนุกรมจึงควรใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์เพียง 6 แผง (ขนาดพื้นที่ตัวเก็บรังสี 12 m<sup>2</sup>) เท่านั้นซึ่งสามารถผลิตความร้อนได้สูงสุด

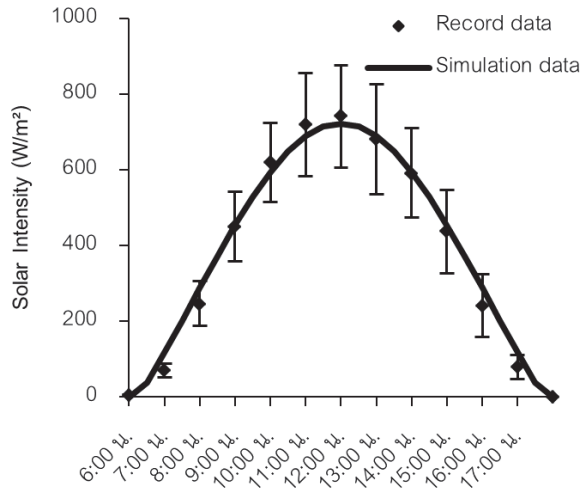


รูปที่ 6 ผลการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ตัวเก็บรังสีที่มีผลต่อพลังงานความร้อนเฉลี่ย

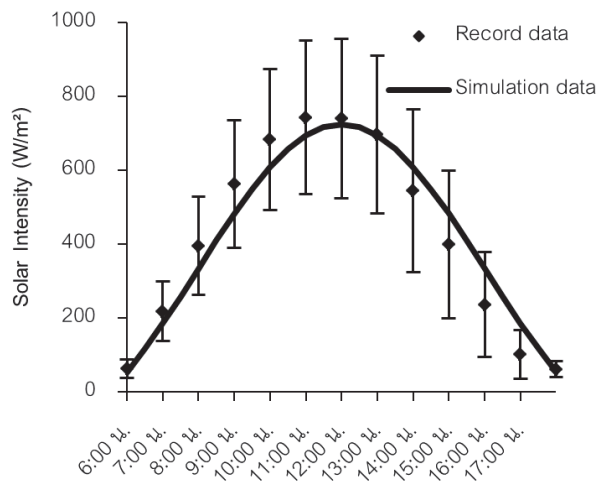
#### ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยเปรียบเทียบความเข้มรังสีรายชั่วโมงโดยแยกออกเป็น 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ดังรูปที่ (7), (8) และ (9) ตามลำดับพบว่า ความเข้มรังสีอาทิตย์ที่ได้จากการจำลองในทุกฤดูมีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่เวลา 06:00 น. มีค่าสูงสุดที่เวลา 12:00 น. และค่อยๆ ลดลงจนความเข้มรังสีอาทิตย์เป็นศูนย์เวลาค่ำ ซึ่งสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูล

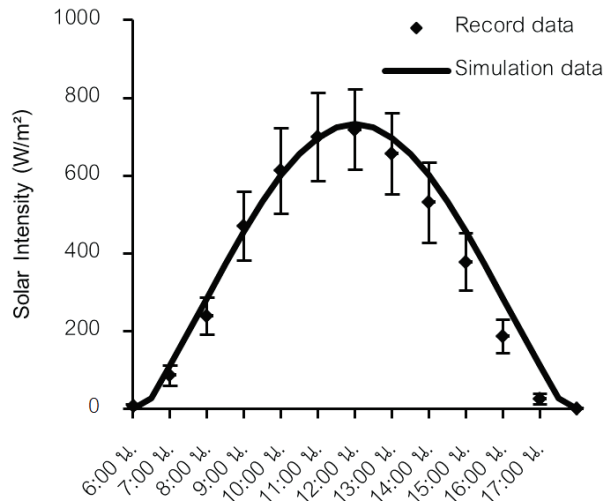
จากการเปรียบเทียบความเข้มรังสีอาทิตย์ในแต่ละฤดูกาล พบว่า ความเข้มรังสีอาทิตย์ในฤดูร้อนมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลดังรูปที่ 7 ต่อมาในฤดูฝน แบบจำลองสามารถทำนายความเข้มรังสีอาทิตย์ต่ำกว่าผลที่วัดได้เล็กน้อยจะช่วงเช้า ขณะที่ช่วงบ่ายจะมีค่าสูงกว่า ดังรูปที่ (8) และฤดูหนาว แบบจำลองทำนายความเข้มรังสีได้ดีในช่วงเช้า แต่ช่วงบ่ายมีค่าสูงกว่าค่าที่บันทึกได้เล็กน้อย ดังรูปที่ (9) เนื่องจากแบบจำลองได้คำนึงถึงตำแหน่งของโลกและดวงอาทิตย์ โดยไม่ได้คำนึงถึงปริมาณเมฆและฝุ่นละอองในอากาศซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความเข้มรังสีที่ส่องผ่านมายังโลก อีกทั้งค่าคงที่บางตัวซึ่งเป็นค่าบ่งบอกถึงลักษณะเฉพาะของพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ยังไม่มีการศึกษาทำให้ต้องใช้ข้อมูลของจังหวัดใกล้เคียงทำให้ผลที่ได้มีความคลาดเคลื่อน



รูปที่ 7 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีอาทิตย์จากแบบจำลองกับข้อมูลที่วัดได้ในฤดูร้อน (กุมภาพันธ์-เมษายน)



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีอาทิตย์จากแบบจำลองกับข้อมูลที่วัดได้ในฤดูฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม)



รูปที่ 9 การเปรียบเทียบความเข้มรังสีอาทิตย์จากแบบจำลองกับข้อมูลที่วัดได้ในฤดูหนาว (พฤศจิกายน-มกราคม)

### สรุปผลการดำเนินการ

จากการวิเคราะห์พลังงานแสงอาทิตย์บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545-2553 พบว่า ค่าพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าในช่วง  $16.28 \pm 0.51$  ถึง  $20.63 \pm 0.77$  MJ/m<sup>2</sup>·day เมื่อนำตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (Flat Plate Collector) ขนาด 2 m<sup>2</sup> สามารถผลิตความร้อนได้  $25.97 \pm 2.69$  ถึง  $32.87 \pm 1.24$  MJ/day โดยทำความร้อนได้สูงสุดในเดือนเมษายน และต่ำสุดในเดือนตุลาคม และจากระบบทำน้ำร้อนที่มีการเชื่อมต่อตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบอนุกรม ควรใช้ตัวเก็บรังสีจำนวน 6 แผง (มีพื้นที่รับรังสีอาทิตย์ 12 m<sup>2</sup>) สามารถทำน้ำร้อนได้อุณหภูมิสูงสุด และจากการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาค่าความเข้มรังสีอาทิตย์และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง พบว่าแบบจำลองสามารถทำนายความเข้มแสงได้สอดคล้องกับข้อมูลที่วัดได้

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำการวิจัย และห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร และกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงาน ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลสำหรับการศึกษา

## บรรณานุกรม

- กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2550). เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์. เข้าถึงได้ที่ <http://www.dede.go.th/>. เข้าถึงเมื่อ 25 มีนาคม 2555.
- กระทรวงพลังงาน. (2550). สรุปการใช้พลังงานของจังหวัดนครราชสีมา. เข้าถึงได้ที่ <http://www.thaienergydata.in.th/>. เข้าถึงเมื่อ 20 มีนาคม 2555.
- กระทรวงพลังงาน. (2551). การส่งเสริมการใช้น้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์. เข้าถึงได้ที่ <http://www.stasolar.org/>. เข้าถึงเมื่อ 20 พฤษภาคม 2555.
- กระทรวงพลังงาน. (2554). พลังงานแสงอาทิตย์จากการตรวจวัด. เข้าถึงได้ที่ <http://www.dede.go.th/>. เข้าถึงเมื่อ 20 พฤษภาคม 2555
- ณัฐพล รุ่งประแสง. (2551). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์หมุนเวียนด้วยกำลังไอน้ำ. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- นรินทร์ มาละวรรณโณ. (2551). การวิเคราะห์สมรรถนะการกลั่นเอทานอลแสงอาทิตย์แบบการเดือดโดยตรง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2555). จังหวัดนครราชสีมา. เข้าถึงได้ที่ <http://th.wikipedia.org/wiki>. เข้าถึงเมื่อ 2 มิถุนายน 2555
- สมชาย มณีวรรณ ธีระศักดิ์ พลแก้ว และนิพนธ์ เกตุจ้อย. (2550). การเปรียบเทียบสมรรถนะของตัวรับ รังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบแบบใช้แผ่นปิดใสด้านบนและแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์ที่แตกต่างกัน. กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์ไทยกสภายุ
- Duffie, J.A. and Beckman, W.A. (1980). Solar Engineering of Thermal Processes. John Wiley & Sons: New York.
- Pratinthong, N. (1996). Long Term Simulation of Concrete Solar Collector. King Mongkut's Institute of Technology Thonburi.
- Janjai, S. Pankaew, P. and Laksanaboonsong, J. (2009). A model for calculating hourly global solar radiation from satellite data in the tropics. Applied Energy, 86: p. 1450-1457.
- Janjai, S., Buntung, S., Wattan, R. and Masiri, I. (2010). Mapping solar ultraviolet radiation from satellite data in a tropical environment. Remote Sensing of Environment, 114: p. 682-691.