เครื่องกำเนิดความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

Energy from Solar Reciever

โดย

นายพิเชษฐ	ประเสริฐพงษ์	36012109
นายสรายุทธ	หวังดี	36012124
นายอวิรุทธ์	สมสงวน	36012129

วัน เดือน ปี 29 ก.ค. 2540
เลขทะเบียน 036912
เลขเรียกหนังสือ T38005 พ.654 ค

ปริญญานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สถาบัน เทคโนโลยีพระจอม เกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

036912

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2538

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบัน เทคโนโลยีพระจอม เกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง Energy from Solar Reciever

ผู้จัดทำ

1. นายพิเชษฐ ประเสริฐพงษ์ 36012109
2. นายสรายุทธ หวังดี 36012124
3. นายอวิรุทธ์ สมสงวน 36012129

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องกำเนิดความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

นักศึกษา นายพิเชษฐ ประเสริฐพงษ์ 36012109

นายสรายุทธ หวังดี 36012124

นายอวิรุทธ์ สมสงวน 36012129

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์

ระดับการศึกษา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมควบคุมทางอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา พ.ศ. 2538

บทคัดย่อ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่นำมาใช้อย่างไม่มีวันหมด การที่นำพลังงานแสงอาทิตย์ มาประยุกต์ใช้ได้ถือว่าเป็นคุณประโยชน์อย่างยิ่ง เพื่อทดแทนทรัพยากรธรรมชาติที่มีวันจะหมดไป เช่น น้ำมัน ถ่านหิน เป็นต้น ดังงานวิจัยเครื่องกำเนิดความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์นี้ เป็นการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ ด้วยหลักการที่ว่าใช้แผงพาราโบลิครับพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้เกิดการรวมแสงที่ท่อรับรังสี ซึ่งติดตั้งอยู่กลางแผงพาราโบลิค โดยใช้ของเหลวเป็นสารทำงาน ไหลผ่านเพื่อรับความร้อนอยู่ในท่อรับรังสีเพื่อเปลี่ยนสภาพให้อยู่ในรูปของพลังงานไอน้ำ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis : Energy from Solar Reciever

Student : Mr.Piched Prasertpong 36012109

Mr.Sarayuth Wangdee 36012124

Mr.Awirutt Somsaghuan 36012129

Advisor : Mr.Prapas Aukakimapun

Education Level: Bachaelor of industrial instrument engineer

Education year : 1995

Abstract.

The solar energy is not to be loss of world's natural resource.In the using solar energy to apply is very usefulness. Because It'll replace the other natural resource.Such as Oil , Coke etc. So this solar energy generate reserch to be take the solar energy to the useful in other purpose. with principle 's use the parabolic reciever to recive radiation of the sun. And combine this radiation to the reciever tube which situate in the middle of parabolic solar reciever.The reciever tube have a working fluid flow in the line of reciever tube for change a fluid to steam energy.Then to apply for any purpose.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

โครงงานนี้ เกิดจากความคิดที่ว่า พลังงานธรรมชาติต่างๆบนโลกนี้เริ่มจะหมดไปเรื่อยๆ เนื่องจากมีความต้องการในการใช้พลังงานมากขึ้น แต่ไม่สามารถสร้างพลังงานธรรมชาติ ทดแทนส่วนที่ใช้ไปได้อย่างเพียงพอ จึงมีความคิดที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีปริมาณที่จะนำมาใช้ได้อย่างไม่มีวันหมด มาประยุกต์ให้อยู่ในรูปพลังงานความร้อน โดยมีอุปกรณ์คือ แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบรวมแสงรับรังสีจากดวงอาทิตย์ มาเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของพลังงานความร้อน

ดังนั้น ในระบบรับพลังงานแสงอาทิตย์นี้ จะกล่าวถึง การดำเนินงานวิจัย การสร้างระบบรางพาราโบลิค การประเมินผลทางพลังงาน และทางเศรษฐกิจ เพื่อวัดผลความคุ้มค่าในการลงทุนเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

บทนำ

วัตถุประสงค์ ขอบเขตของโครงงาน และขั้นตอนการวิจัย

บทที่ 1 ทฤษฎีในงานวิจัย

- ทฤษฎีของระบบรางพาราโบลิค 1
- ทฤษฎีของการสร้างพลังงานไอน้ำ 13

บทที่ 2 การดำเนินงานวิจัย

รางรับพลังงานแสงอาทิตย์ 16

- การออกแบบรางพาราโบลิค 16
- ขนาดความกว้างของรางพาราโบลิค 18
- ขนาดของท่อรับรังสี 18
- ความยาวของรางพาราโบลิค 19
- ความเข้มของการรวมแสง 19
- โครงสร้างของระบบรางพาราโบลิค 20

บทที่ 3 การทดสอบและการประเมินผล

- การทดลอง 26
- การเก็บข้อมูล 26
- ผลการทดลอง 27
- การประเมินค่าใช้จ่ายของระบบรางพาราโบลิค 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ 39

- ผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ 40
- ข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงระบบรางพาราโบลิค 42

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

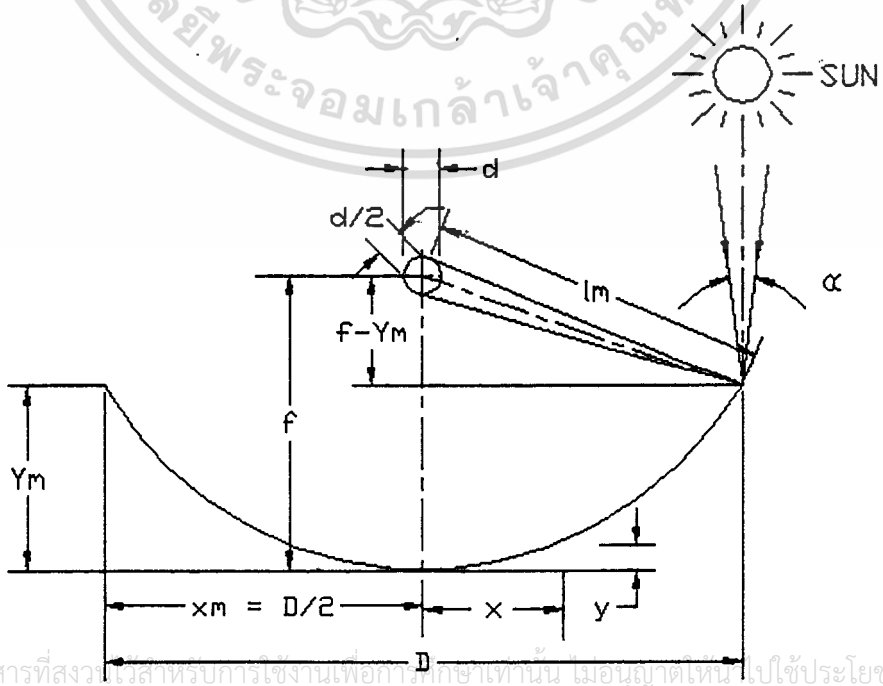
บทที่ 1

ทฤษฎีของระบบรางพาราโบลิค

การเปลี่ยนรูปพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในรูปแบบของพลังงานความร้อนสามารถจะใช้ได้โดยอุปกรณ์รับรังสีซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่คือ ตัวรับรังสีแบบรวมแสง และตัวรับรังสีแบบแผ่นราบ ผลที่ได้จากอุปกรณ์ทั้งสองแบบจะแตกต่างกันคือ การรับรังสีแบบรวมแสง จะให้อุณภูมิในช่วงใช้งานของของไหลในเกณฑ์ที่สูงกว่าหลายประเภท ซึ่งจุดประสงค์ของงานวิจัยชิ้นนี้ต้องการใช้งานอุณภูมิที่สูงที่สุด จึงเลือกที่จะสร้างอุปกรณ์รับแสงแบบรวมแสง

ทฤษฎีของการรวมแสง

1. พลังงานที่ตกกระทบลงบนแผงรับพลังงานต้องถูกสะท้อนออกไปทั้งหมด
2. พื้นที่เป้ารับแสง จะต้องมีขนาดเล็ก เมื่อเทียบกับแผงรับพลังงาน นั่นก็คือ เป้ารับแสงจะไม่บัง แสงที่ตกลงบนกระจกเงา
3. การแผ่รังสีจะต้องขนานกับแนวแกนทางออพติกส์ของกระจกเงา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ อัตราส่วนความเข้มของการแผ่รังสี ; $CR = \frac{Anm}{At}$ .....(1)

เมื่อ Anm = พื้นที่ผิวรับรังสีที่ตั้งฉากกับรังสีที่ตกกระทบ

At = พื้นที่ผิวของท่อรับรังสี

และ L = ความยาวของรางพาราโบลิค

D = ความกว้างของรางพาราโบลิค

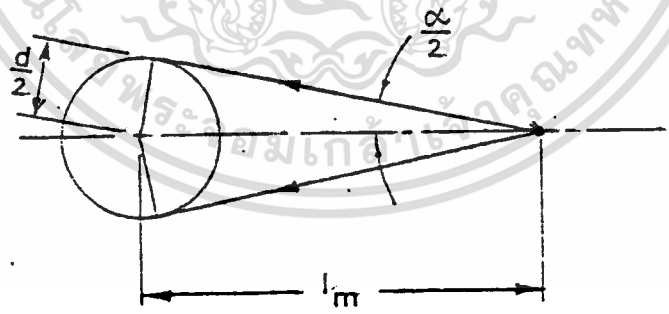
d = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อรับรังสี

จะได้

$$CR = \frac{Dl}{\pi dl} = \frac{D}{\pi d} \qquad .....(2)$$

กำหนดให้ Relative Aperture (n) มีค่าเท่ากับ D/f จะได้ว่า

$$D = nf \qquad .....(3)$$



รูปลักษณะแสงที่ตกลงบนเป้ารับแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุม α เป็นมุมของลำแสงอาทิตย์ มีขนาด 32 ลิปดา ซึ่งเป็นตัวกำหนดขนาดของเป้ารับแสง จากรูปที่ (2) จะได้ว่า

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{d}{2lm}$$

จัดเรียงรูปใหม่ จะได้

$$d = lm \left(2 \sin \frac{\alpha}{2}\right) \qquad \ldots\ldots\ldots(4)$$

จากรูปที่ 1

$$lm = \sqrt{(f-Ym)^2 + Xm^2} \qquad \ldots\ldots\ldots(5)$$

จากสมการพาราโบรา จะได้

$$Y = \frac{x^2}{4f}$$

หรือ $x^2 = 4fY$

ที่ขอบของรางจะได้ว่า

$$Xm^2 = 4fYm$$

แทนค่าในสมการที่ (5)

$$lm = \sqrt{(f-Ym)^2 + 4fm}$$

จัดเรียงรูปใหม่จะได้

$$lm = \sqrt{(f-Ym)^2}$$

$$lm = f+Ym \qquad \ldots\ldots\ldots(6)$$

$$Ym = \frac{Xm^2}{4f} \qquad \ldots\ldots\ldots(7)$$

และ $$n = \frac{2Xm}{f}$$

$$Xm = \frac{nf}{2}$$

แทนค่า (7),(8) ลงใน (6) จะได้

$$lm = f+Ym$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= f + \frac{Xm^2}{4f}$$

$$= f + \frac{1}{4f}\left(\frac{nf}{2}\right)^2$$

$$= f + \frac{n^2 f}{16}$$

ฉะนั้น $$lm = f\left(1 + \frac{n^2}{16}\right) \qquad \text{.....(9)}$$

แทนค่าสมการ (9) ลงในสมการ (4)

$$d = f\left(1 + \frac{n^2}{16}\right)\left(2 \sin \frac{\alpha}{2}\right) \qquad \text{.....(10)}$$

แทนค่าสมการ (3) และ (10) ลงใน (2) จะได้

$$CR = \frac{D}{\pi d}$$

$$= nf/\left[\pi\left[f\left(1+\frac{n^2}{16}\right)\left(2 \sin \frac{\alpha}{2}\right)\right]\right]$$

$$= n/\left[\pi\left(1+\frac{n^2}{16}\right)\left(2 \sin \frac{\alpha}{2}\right)\right] \qquad \text{.....(11)}$$

ค่าสูงสุดของความเข้มของการรวมแสง ของรางพาราโบลิค ซึ่งมีท่อกลมเป็นเป้ารับแสง จากสมการที่ (11)

$$CR = n/\left[\pi\left(1+\frac{n^2}{16}\right)\left(2 \sin \frac{\alpha}{2}\right)\right]$$

$$CR = An/\left(1 + \frac{n^2}{16}\right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ A มีค่าเท่ากับ $= \dfrac{1}{\pi \sin(\alpha/2)}$

ค่าสูงสุดของความเข้มของการรวมแสงจะหาได้จาก derivative $dCR/dn = 0$

$$\frac{dC_r}{dn} = 0 = A\left[\frac{1}{1+(n^2/16)} + \frac{(-1)n\,(2n/16)}{(1+n^2/16)^2}\right]$$

$$0 = 1 + \frac{n^2}{16} - \frac{2n^2}{16}$$

หรือ $n^2 - 16 = 0$

$$n = \pm 4 \qquad \text{.....(12)}$$

แทนค่า $n=\pm 4$ ลงในสมการที่ (11)

$$CR = n/[\pi(1+\frac{n^2}{16})(2 \sin \frac{\alpha}{2})]$$

$$= \frac{1}{\pi \sin(\alpha/2)} \qquad (\alpha = 32 \text{ ลิปดา})$$

$$= 68.3$$

<u>ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เล็กที่สุดของท่อกลมเป้ารับแสง</u>

จากสมการ (10)

$$d = f\,(\,1 + \frac{n^2}{16}\,)(2 \sin \frac{\alpha}{2}\,)$$

เมื่อ $n=4$ จะได้ว่า $d_{min} = 4f \sin \dfrac{\alpha}{2}$

$$= 0.0186\ f$$

ดังนั้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เล็กที่สุด ของท่อกลมเป้ารับแสง มีค่าประมาณ 0.0186 เท่าของระยะโฟกัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า Rim angle เมื่อมีความเข้มของการรวมแสงสูงสุด

จากรูปที่ 1 เมื่อ β เป็น Rim angle จะได้ว่า

$$\sin \beta = \frac{D}{2lm}$$

จากสมการที่ (9)

$$lm = f \left(1 + \frac{n^2}{16} \right)$$

จากสมการ $n = 4$

จะได้ว่า $lm = 2f$

ดังนั้น

$$\sin \beta = \frac{D}{4f} \qquad \text{.....(13)}$$

จากสมการ $D = nf = 4f$ .....(14)

แทนค่าสมการ (14) ลงใน (13) จะได้ว่า

$$\sin \beta = 1$$

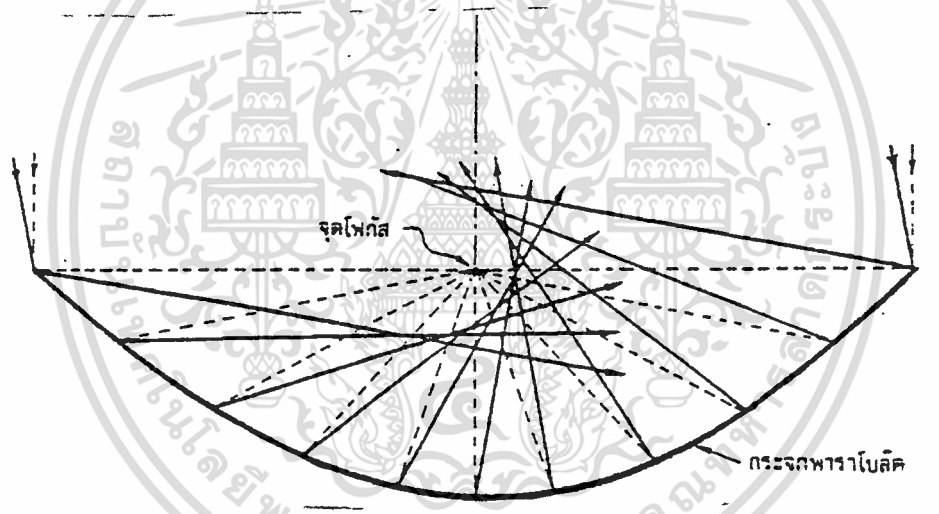
$$\beta = 90 \text{ องศา}$$

ดังนั้น Rim angle ที่ทำให้ความเข้มของการรวมแสงมีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของการรวมแสงเมื่อการแผ่รังสีไม่ขนานกับแกนของรางพาราโบลิค

ตัวสะท้อนแสงแบบพาราโบลิคนี้จะให้ภาพเงาแสง (image) ดีเมื่อแนวรังสีของดวงอาทิตย์ ขนานกับแกนของพาราโบลิค (on axis rays) เมื่อแนวรังสีนี้เฉออกจากแกน (off axis) ภาพเงาแสงจะจางลงอย่างรวดเร็วดังรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าลำแสงทั้งหมดไม่ไปรวมกันที่จุดโฟกัส ส่วนเส้นประเป็นการรวมแสงของแนวรังสีที่ขนานกับแกนพาราโบลิค จะเห็นได้ว่าการรวมแสงให้มารวมที่จุดโฟกัสของพาราโบลิคนี้เป็นการทำได้ยาก



รูปที่ 3 ลักษณะของเส้นรังสีเมื่อเกิดการ off axis บนพาราโบลิค ที่มี Rim angle เท่ากับ 90 องศา

ดังนั้นความเร็วในการหมุนชุดบังคับ จะต้องเท่ากับความเร็วของการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ซึ่งเท่ากับ 15 องศาต่อชั่วโมง เพื่อให้แนวแกนของรางถูกหมุนไปให้ขนานกับแสงอาทิตย์ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>การติดตั้งรางพาราโบลิคแบบอนุกรมแนวเหนือ-ใต้ (NS Horizontal)</u>

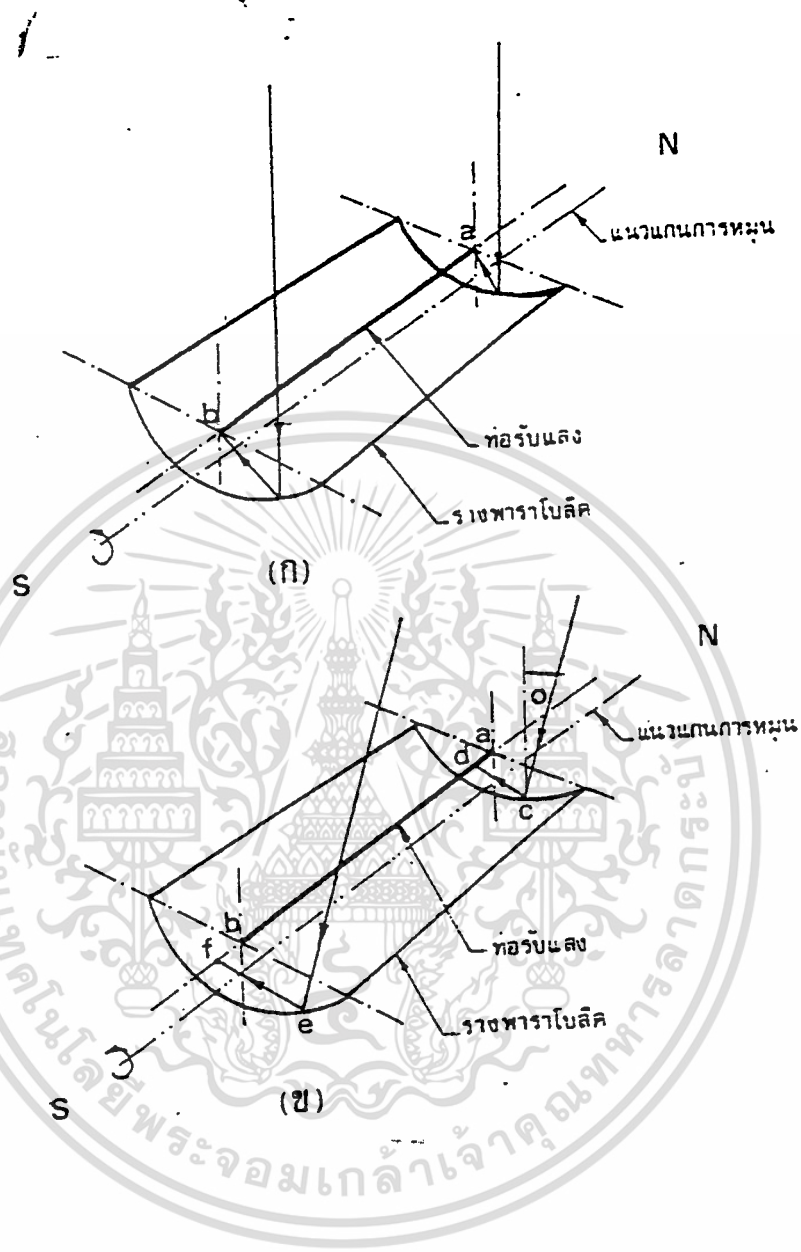
การติดตั้งรางพาราโบลิคแบบนี้ แนวแกนการหมุนของรางจะอยู่ในแนวราบขนานกับทิศเหนือ - ใต้ของท้องฟ้า และระบบชุดบังคับจะหมุนรางเคลื่อนที่จากทิศตะวันออกไปทิศตะวันตก ซึ่งการติดตั้งรางแบบนี้ จะทำให้เกิด End loss effect ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ของการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ในแต่ละฤดูกาล ดวงอาทิตย์จะทำมุมกับพื้นโลกไม่เท่ากันในแต่ละวันโดยทำมุมฉากกับระนาบนอนบนพื้นโลกในฤดูร้อนและทำมุมน้อยที่สุดประมาณ 52 องศา 30 ลิปดาในเดือนธันวาคมทำให้แสงอาทิตย์ที่ตกลงมาขนานกับแนวแกนของราง ไม่ตั้งฉากกับแนวการหมุนของรางที่ไม่ตั้งฉากกับแนวแกนการหมุนของรางมีผลทำให้การรวมแสงที่สะท้อนจากรางไปตกรอบท่อนั้น ไม่เต็มตลอดความยาวของท่อ ดังแสดงในรูปที่ 4 ทั้งนี้ระยะ End loss effect (ad) จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับมุม Azimuth (γ) และมุม Elevation (θ) ที่ดวงอาทิตย์ทำกับพื้นโลกในแต่ละวันและเวลา

$$\text{ระยะ End loss effect} = \left| \sqrt{\frac{(53.25)^2 \cos^2(57) \cos^2(68)}{1-\cos^2(57) \cos^2(68)}} \right|$$

f = ระยะโฟกัสของรางพาราโบลิค

ถึงแม้ว่าการติดตั้งรางพาราโบลิคแบบนี้ จะมีผลเสียที่มี End loss effect เกิดขึ้นแต่ก็มีผลดี เมื่อภายในอนาคตมีการเพิ่มราง พาราโบลิคอนุกรมเข้าไป ก็จะเป็นการประหยัดชุดติดตามดวงอาทิตย์ (Tracking) ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 การเกิด End loss effect

(ก) เมื่อแสงที่ตกลงมาตั้งฉากกับแนวแกนการหมุน

(ข) เมื่อแสงที่ตกลงมาทำมุม (90-Φ) กับแนวแกนการหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

036912

สมการแสดงความร้อนที่ใช้ประโยชน์ จากรางรวมรังสีแบบพาราโบลิค

สมการแสดงความร้อนที่ได้จากราง สมมุติฐานที่ใช้ในการพิจารณาค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากท่อรับรังสีบางมาก และมีสภาพการนำความร้อนสูง ทำให้ไม่มีความแตกต่างของอุณหภูมิผิวท่อ ด้านนอกและด้านใน

$$qu = F' \, Anm \, [S - \frac{At}{Anm} U_L \, (T_f - T_a)] \quad .....(15)$$

โดย

qu = พลังงานความร้อนที่ได้รับต่อหน่วยความยาวของท่อรับรังสี , Watt

F' = Collector flow efficiency factor = Uo/Ul .:(16)

Uo = สัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนทั้งหมด ระหว่างอุณหภูมิของไหลกับบรรยากาศ

$$= [\frac{1}{U_L} + \frac{1}{h_f}]^{-1} \quad .....(17)$$

hf = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ระหว่างของไหล กับผิวท่อรับรังสี

Ul = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากผิวท่อรับแสงสู่บรรยากาศ, W/m^2-C

$$= [\frac{1}{h_r} + \frac{1}{h_w}]^{-1} \quad .....(18)$$

hr = สัมประสิทธิ์การแผ่รังสี (Linerized radiation coefficient)

$$= 4\sigma\varepsilon_r\bar{T}^3 \quad .....(19)$$

hw = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน เนื่องจากผลของลม

$$= 5.7 + 3.8(V) \quad .....(20)$$

V = ความเร็วของลม m/sec

S = ปริมาณรังสีตรง ซึ่งท่อรังสีรับได้ , W/m^2

$= I_b \rho \tau \alpha$; เมื่อไม่มีท่อแก้วสวมรอบท่อรับรังสี

$= I_b \rho \tau (\tau\alpha)_e$; เมื่อมีท่อแก้วสวมรอบท่อรับรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ρ = ค่าสะท้อนรังสี (Reflectance)

σ = Intersept factor

α = ค่าการดูดรังสี (Absolute)

τ = ค่าการส่งรังสีผ่านท่อแก้ว (Transmittance)

ε_r = ค่าการส่งออกของพื้นผิวรีซีฟเวอร์

$(\tau\alpha)_e$ = ผลคูณประสิทธิผล ของการส่งผ่านรังสี กับการดูดรังสีของท่อแก้ว

Ib = ค่าการแผ่รังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ที่ตกกระทบผิวรับรังสี , W/m^2

Tf = อุณหภูมิเฉลี่ยของ ๆ ไหล ภายในท่อรับรังสี , C

Ta = อุณหภูมิบรรยากาศบริเวณที่ตั้ง ของรางพาราโบลิค , C

<u>สมการแสดงประสิทธิภาพของรางพาราโบลิค</u>

ประสิทธิภาพในทางทฤษฎีของรางรับรังสี หาได้จากอัตราส่วน ของพลังงานความร้อนตามทฤษฎี ที่ได้จากรางต่อค่าพลังงานแสงอาทิตย์ ที่รางได้รับ

$$= \frac{qu}{Ib\ Anm} \qquad \text{.....(21)}$$

แทนค่าจากสมการที่ (15) $$= \frac{F'}{Ib}\left[S - \frac{At}{Anm} U_L(T_f - T_a)\right]$$

พิจารณาเมื่อมีท่อแก้วสวมรอบท่อรับรังสี

$$= \frac{F'}{Ib}\left[\rho\sigma(\alpha)_e - \frac{At}{Anm} U_L(T_f - T_a)\right]$$

$$= F'\left[\rho\sigma(\alpha)_e - \frac{U_L}{CR.Ib}(T_f - T_a)\right] \quad (22)$$

ส่วนประสิทธิภาพของรางพาราโบลิคคือ

$$= \frac{mC_p\ (T_{fo} - T_{fi})}{Ib.Anm} \qquad \text{.....(23)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย

$\dot{m}$ = อัตราการไหลของๆไหลภายในท่อรับรังสี ,kg/sec

Cp_f = ความร้อนจำเพาะของๆไหล ,kJ/kg-c

Tfo = อุณหภูมิของๆไหล ที่ทางออกของท่อรับรังสี , C

Tfi = อุณหภูมิของๆไหล ที่ทางเข้าของท่อรับรังสี , C

Anm = พื้นที่ของรางรับรังสีที่ตั้งฉากกับ รังสีที่ตกกระทบ ,m^2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทฤษฎีของการสร้างพลังงานไอน้ำ

ของไหลที่จะใช้ในกระบวนการ

หลักการเลือกของไหลที่จะใช้ในกระบวนการผลิตไอน้ำ จะต้องคำนึงถึงหลักประสิทธิภาพของไอน้ำที่ได้มา ความประหยัด และการนำไปใช้ได้จริง ในที่นี้จะพิจารณาถึงจุดอิ่มตัวของ ๆ เหลวอิ่มตัวที่อุณหภูมิเฉลี่ยภายในท่อรับแสง ซึ่งสัมพันธ์กับความดันภายในท่อรับแสงด้วย น้ำ (H_2O) จึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดเมื่อคำนึงถึงหลักความประหยัดและ คุณสมบัติของน้ำก็เพียงพอสำหรับ ความต้องการ

คุณสมบัติของน้ำ

ค่าคงที่วิกฤต		
Temp	647.3	K
Pressur	22.09	Mpa
Volume	0.0568	$m^3/kmol$
คุณสมบัติอื่น ๆ		
ค่าความร้อนจำเพาะ (Cp)	4.184	kJ/kg-K
ของน้ำ	997	kg/m^3

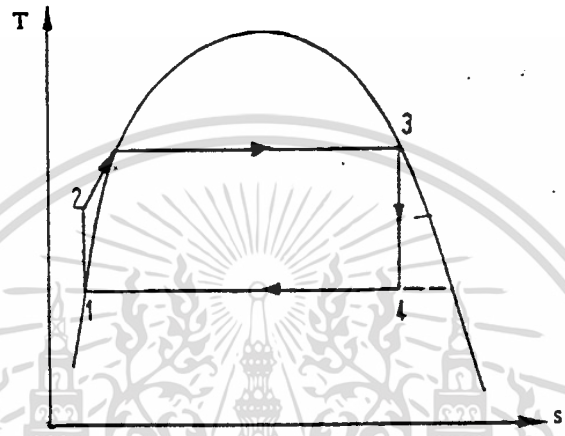
คุณสมบัติค่าคงที่วิกฤตของ Methyl Alcohol

Temp (K)	513.2
Pressure (MPa)	7.95
Volume ($m^3/kmol$)	0.1180

ขบวนการ ๆ ผลิตไอน้ำ

หลักการคำนวณหาไอน้ำที่จะนำมาใช้ในการคำนวณ ในกระบวนการนี้จะใช้หลักการคำนวณด้วยทฤษฎีทางเทอร์โมไดนามิกส์ ว่าด้วยกฎข้อที่ 2 ในวัฏจักรแรงคิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

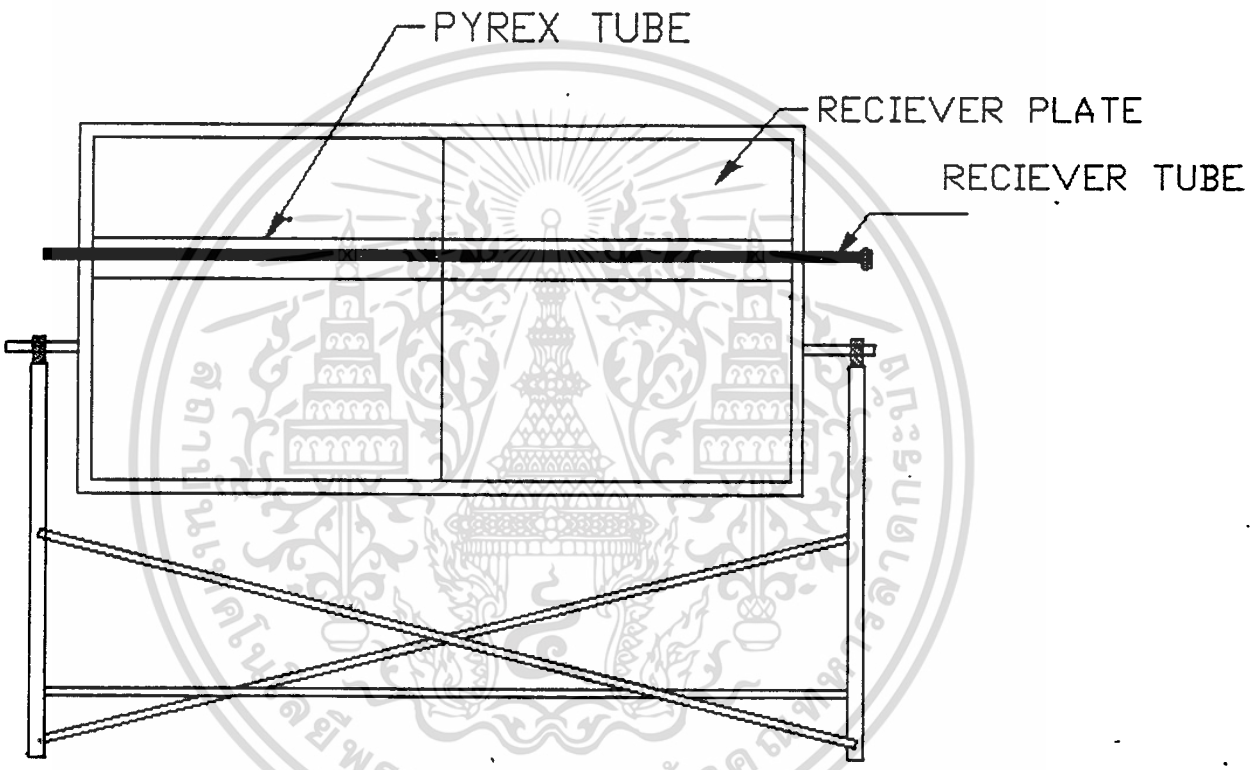


แผนภาพ T-S แสดงวัฏจักรแรงคินในอุดมคติ

วัฏจักรแรงคินคือวัฏจักร 1-2-3-4-1 และวัฏจักร 1-2-3'-4'-1(ไอร้อนยวดยิ่ง) ดังแสดงในรูป ความร้อนถูกถ่ายเทสู่ของไหลทำงานแทนด้วยพื้นที่ a-2-2'-3-b-a ความร้อนถ่ายเทออกจากของไหลทำงานแทนด้วยพื้นที่ a-1-4-b-a และงานสุทธิในวัฏจักรแทนด้วยพื้นที่ 1-2-2'-3-4-1 ประสิทธิภาพทางความร้อนคือ

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{q_H} = \frac{\text{พื้นที่ } 1\text{-}2\text{-}2'\text{-}3\text{-}4\text{-}1}{\text{พื้นที่ } a\text{-}2\text{-}2'\text{-}3\text{-}b\text{-}a}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Front View

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การดำเนินงานวิจัย

รางรับพลังงานแสงอาทิตย์

1. การออกแบบและ เลือกขนาดของรางรับแสงแบบพาราโบลิค

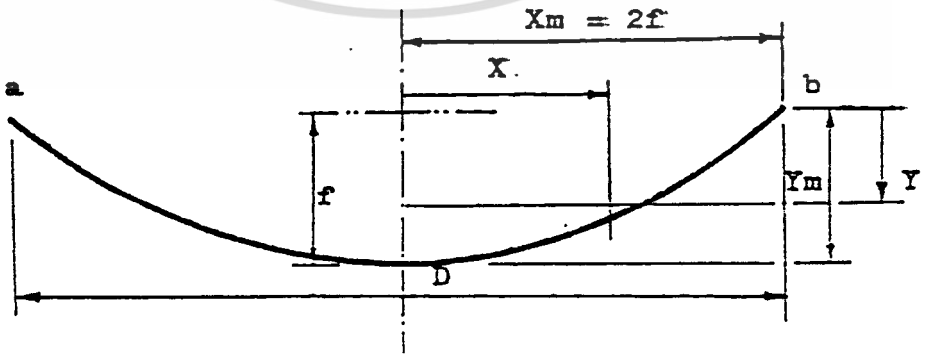
- ผิวสะท้อนแสง

ในโครงการนี้จะเลือกแผ่นสเตนเลสขัดมัน ชนิดไร้สนิม Non-Magnatic เพราะจะไม่ทำให้เกิดปัญหาการเกิดสนิมกัดกร่อน ซึ่งตามคุณลักษณะของแผ่นสเตนเลสชนิดนี้จะให้ค่าสัมประสิทธิ์ การสะท้อนรังสี (Reflectance) เท่ากับ 0.7 และมีราคาถูกเมื่อเทียบกับแผ่นสะท้อนแสงชนิดอื่น มีความคงทนในการใช้งานสูง จึงเลือกแผ่นสเตนเลสขัดมันแบบกระจกเบอร์ BWG - 28 ซึ่งแผ่นสเตนเลสนี้มีขนาด 4 * 8 ตารางฟุต หรือ (121.92 * 243.8 ตารางซ.ม)และหนา 0.35 มม.

-ขนาดของรางพาราโบลิค

(1) จุดโฟกัสของรางพาราโบลิค

เมื่อคำนึงถึงหลักการประหยัดที่จะใช้แผ่นสะท้อนแสง แผ่นสเตนเลสโดยไม่มีการตัดให้เหลือเศษ ดังนั้นเมื่อนำแผ่นสเตนเลสยาว 8 ฟุต (243.84 ซม.) มาขึ้นรูปโค้งพาราโบลิค ที่มี Rim angle เท่ากับ 90 องศา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากทฤษฎีของการรวมแสง $Ym = \frac{X^2 m}{4f}$

จากเส้นรอบรูป S จะได้ว่า

$$s = \int_{x=a}^{x=b} \sqrt{1 + \frac{(dY)^2}{dX}}\, dX$$

$$\frac{dYm}{dXm} = \frac{Xm}{2f}, \quad \left(\frac{dYm}{dXm}\right)^2 = \frac{1}{4f^2} Xm^2$$

จากสมการ (14) เมื่อพาราโบลิคมี Rim angle 90 องศา

$$D = 4f = 2Xm$$

$$Xm = 2f$$

$$s = 2 \int_{Xm=0}^{Xm=2f} \sqrt{1 + \frac{1}{4f^2} Xm^2}\, dXm$$

$$s = \frac{1}{f} \int_{Xm=0}^{Xm=2f} \sqrt{4f^2 + Xm^2}\, dXm$$

$$S = \frac{1}{f}\left(Xm\frac{\sqrt{X^2 m+4f^2}}{2} + \frac{4f^2}{2} \ln\left(Xm+\sqrt{Xm^2+4f^2}\right)\right)\Bigg|^{xm=2f}$$

$$s = \sqrt{8f} + 2f \ln (2f+\sqrt{8f}) - 2f \ln (2f)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ S เป็นเส้นรอบรูปมีความยาวเท่ากับความยาวของแผ่นสเตนเลส = 243.84 cm.

$$243.84 = \sqrt{8f} + 2f[\ln(4.8284f) - \ln(2f)]$$

$$f = 53.12 \text{ cm.}$$

ฉะนั้น ระยะโฟกัสของรางพาราโบลิค = 53.12 cm.

(2) **ขนาดความกว้างของราง**

จากสมการที่ (14)

$$D = 4f$$

$$D = 4 \star 53.12 \text{ cm.}$$

$$D = 212.48 \text{ cm.}$$

ขนาดความกว้างของราง ประมาณ 212.5 cm.

(3) **ขนาดของท่อรับแสง**

ขนาดของท่อรับแสง จากทฤษฎีการรวมแสง ขนาดของท่อรับแสงที่เล็กที่สุด เท่ากับ 0.0186 เท่าของความยาวโฟกัส = 0.0186 ⋆ 53.12 = 0.988 cm. แต่ในทางปฏิบัติต้องคำนึงถึง ของไหล ที่ไหลภายในท่อ ความดันภายในท่อ ความเร็วของการไหล ปริมาณการไหลภายในท่อที่ต้องส่งกำลังไอน้ำออกไปด้วย ดังนั้น ขนาดท่อที่มีความเหมาะสมที่สุดคือ 3.34 cm. หรือท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในขนาด 1" (2.54 cm.) ดังนั้น ขนาดท่อจะโตกว่าทางทฤษฎีประมาณ 33.8 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) ความยาวของรางพาราโบลิค

ความยาวของรางพิจารณาจาก

-ท่อแก้วไพเร็กซ์สำหรับสวมรอบนอกท่อรับแสงมีขนาด 4" ยาว 152.4 cm.

-แผ่นสเตนเลสมีขนาด 121.92 * 243.8 cm^2

จะพิจารณาให้ความยาวของรางเท่ากับ 300 cm. จะทำให้ใช้ท่อแก้วไพเร็กซ์จำนวน 2 ท่อพอดี และแผ่นสเตนเลส 2 แผ่นครึ่ง

(5) ความเข้มของการรวมแสง

จากสมการที่ (1)

$$CR = \frac{Anm}{At} = \frac{DL}{\pi dL}$$

D = 212.5 cm.

L = 300 cm.

d = 3.34 cm.

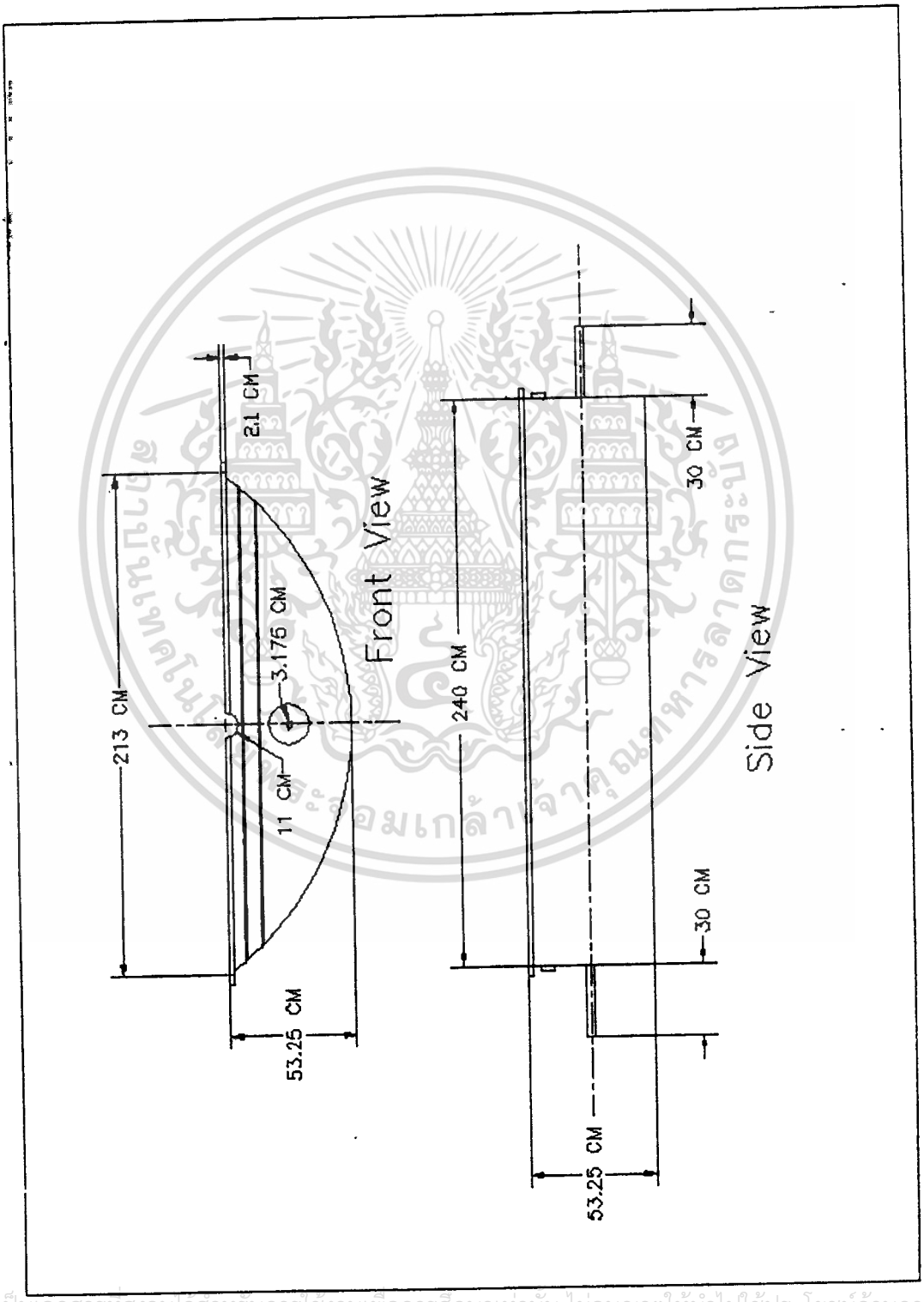
$$CR = \frac{213 * 240}{* 3.34 * 240}$$

$$= 20.29$$

จากทฤษฎีความเข้มของการรวมแสง สูงสุดเท่ากับ 68.3 ดังนั้น ความเข้มของการรวมแสงชุดนี้น้อยกว่าทางทฤษฎีประมาณ 33.7 %

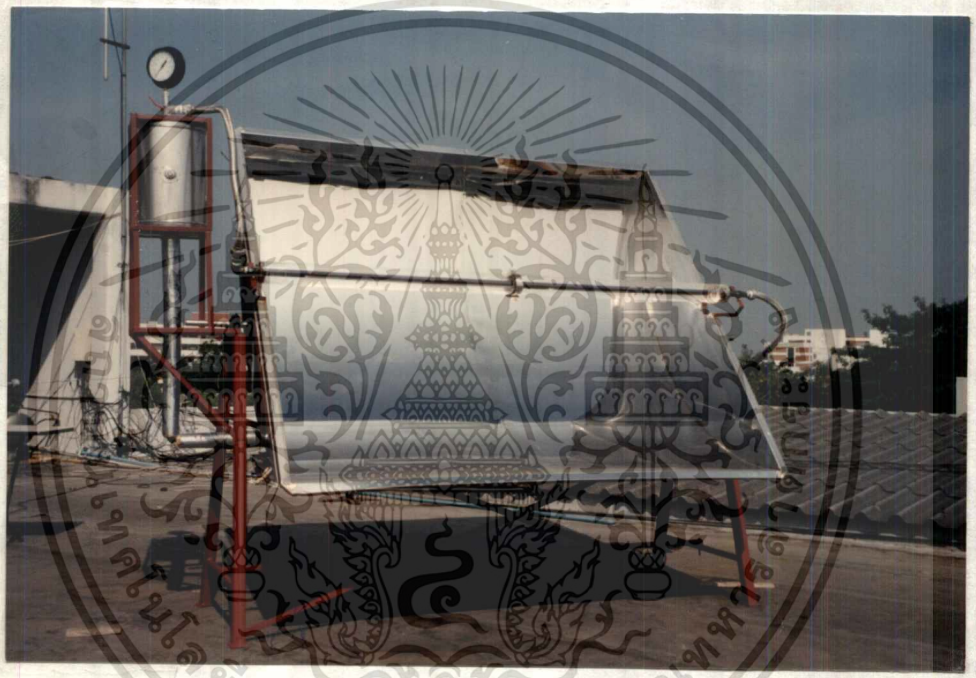
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(6) โครงสร้างของรางพาราโบลิค



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1 **รางรับแสงแบบพาราโบลิค** – ประกอบด้วยโครงรางซึ่งทำมาจากสเตนเลสขัดมันแบบกระจก นำมาขึ้นรูปโค้งมีขนาดความกว้างของราง 213 ซม.และยาว 240 ซม. ซึ่งผิวสะท้อนรังสีนี้มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีประมาณ 0.85 และค่าสัมประสิทธิ์นี้จะลดลงประมาณเดือนละ 0.01



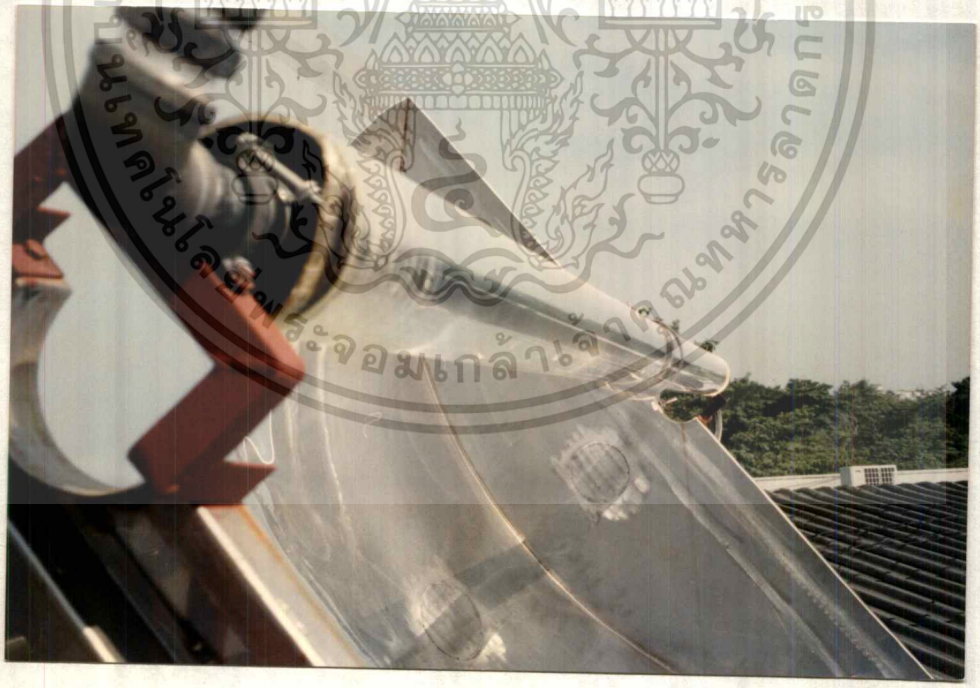
ลักษณะของจานรับรังสีแบบพาราโบลิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 **ท่อรับรังสี** - เป็นท่อเหล็กทั่วไปตามท้องตลาด (Schedule 40) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในขนาด 1 นิ้ว ผิวภายนอกท่อจะพ่นสีดำทนความร้อนสูง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งผ่านความร้อนระหว่างท่อกับสารทำงาน

1.3 **ท่อแก้วไพเร็กซ์** - เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบรางพาราโบลิค ที่เกิดจากการสูญเสียอันเนื่องมาจากการพาความร้อนรอบท่อรับรังสี โดยใช้ท่อไพเร็กซ์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม.ยาวท่อละ 120 ซม.จำนวน 2 ท่อ สวมรอบท่อรับรังสีมาต่อชนกันและจะรองรับด้วยแผ่นแบคก้าไลท์กลึงกลมขนาดหนา 1 นิ้ว

1.4 **ของไหลในระบบ** - เลือกใช้น้ำในงานวิจัยครั้งนี้เพราะจัดหาง่ายและมีคุณสมบัติเพียงพอสำหรับความต้องการ



การประกอบกันระหว่างท่อรับรังสี, ท่อแก้วไพเร็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 **ถังพักไอน้ำ** – ซึ่งทำมาจากสเตนเลสเช่นเดียวกันกับรางพาราโบลิค เพื่อป้องกันการเกิดสนิมทำให้มีอายุการใช้งานยาวนาน และทำให้เกิดความปลอดภัยสูงในการใช้งาน จุดประสงค์ของถังพักไอน้ำนี้ เพื่อทำการแยกไอน้ำออกจากน้ำร้อนที่ออกจากท่อรับรังสี เมื่อของเหลวไหลเข้ามาในถัง จะทำให้อุณหภูมิของไอน้ำที่สะสมอยู่ในถังสูงขึ้น ส่วนที่เป็นไอน้ำจะลอยตัวสูงขึ้นด้านบนทางออกของถัง และส่วนที่เป็นน้ำร้อนจะไหลกลับเข้าที่ทางเข้า ของท่อรับรังสีอีกครั้งหนึ่ง

1.6 **ท่อไอน้ำแบบอ่อน** – เนื่องจากรางพาราโบลิคและท่อรับรังสี ต้องเคลื่อนที่ตลอดเวลาตามดวงอาทิตย์ แต่ถังพักไอน้ำที่ต้องต่อเข้ากับท่อรับรังสีต้องอยู่กับที่ตลอดเวลาเพื่อรักษาเสถียรภาพของระบบ ดังนั้นต้องใช้ท่อไอน้ำแบบอ่อน ยาว 1 เมตร จำนวน 2 ท่อ ต่อเชื่อมเข้าที่ทางเข้าและออกของท่อรับรังสี

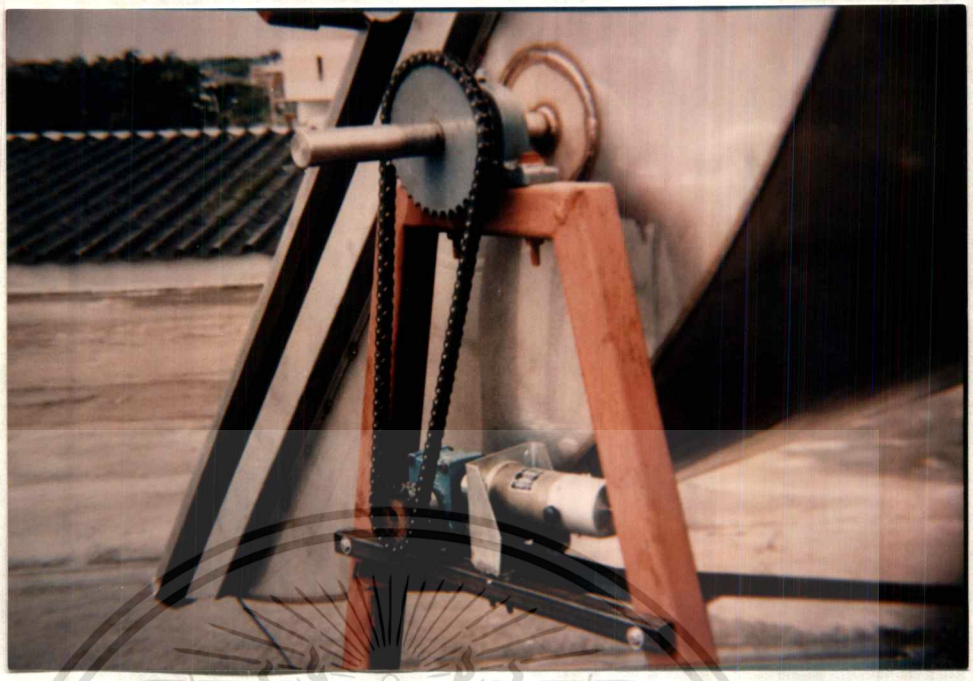
โครงสร้างของถังพักไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกจวัดความดันที่ใช้ในโครงงาน

การต่อเกจวัดความดันเข้ากับถังพักไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของรางพาราโบลิค

ระบบรางพาราโบลิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การทดสอบและการประเมินผล

การทดลอง

จุดประสงค์ของงานคือต้องการวัดพลังงานของไอน้ำจากระบบนี้ จึงเลือกวิธีที่จะทำการเก็บผลการทดลองด้วยการ วัดอุณหภูมิในถังพักไอน้ำด้วย เทอร์โมคัปเปิล และรับสัญญาณจากเทอร์โมคัปเปิลด้วยเรคคอร์ดเดอร์ โดยใช้น้ำเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อน และวัดความดันของไอน้ำ โดยการใช้แอลกอฮอล์ เป็นสารตัวกลางแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการต่อเกจวัดความดันอุดที่ทางออกของถังพักไอน้ำ

การเก็บข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ ชั่วโมงระหว่างเวลาประมาณ 9.00 - 16.00 น.โดยตั้งรางพาราโบลิคตามแนวเหนือใต้ และเริ่มตั้งองศาการรับแสงอาทิตย์ของรางพาราโบลิคที่ 45 องศาทางทิศตะวันออก และจะพิจารณาจากเวลาเที่ยงตรงของดวงอาทิตย์ ในแต่ละวันเช่น ในวันที่ 1 ต.ค ดวงอาทิตย์จะทำมุมกับพื้นโลก 90 องศาในเวลา 12.08 น. ดังนั้นถ้านับเวลา เคลื่อนที่ถอยหลังของดวงอาทิตย์ 3 ชั่วโมง จึงเริ่มสตาร์ทมอเตอร์บังคับรางพาราโบลิคเวลา 9.08 น. จนถึงเวลา 15.08 น. จึงหยุดทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง อุณหภูมิในถังพักไอน้ำจากรางพาราโบลิคแบบที่ไม่มีท่อแก้วไพเร็กซ์สวมรอบท่อรับรังสี

วันที่ 7 ตุลาคม 2538

ค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีตรง 12.25 MJ/m^2-day

เวลา	อุณหภูมิ(C)
9.07	75.0
9.37	78.5
10.07	93.2
10.37	99.8
11.07	95.2
11.37	99.8
12.07	100.4
12.37	102.7
13.07	98.3
13.37	98.5
14.07	99.8
14.37	99.5
15.07	97.3
ค่าเฉลี่ย	95.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง อุณหภูมิในถังพักไอน้ำจากรางพาราโบลิคแบบที่มีท่อแก้วไพเร็กซ์สวมรอบท่อรับรังสี

วันที่ 14 ตุลาคม 2538

ค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีตรง 12.25 MJ/m^2-day

เวลา	อุณหภูมิ(C)
9.05	75.0
9.35	78.5
10.05	93.2
10.35	99.8
11.05	102.5
11.35	100.2
12.05	103.2
12.35	102.9
13.05	100.5
13.35	101.7
14.05	99.8
14.35	100.5
15.05	97.3
ค่าเฉลี่ย	96.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง อุณหภูมิในถังพักไอน้ำจากรางพาราโบลิคแบบที่มีท่อแก้วไพเร็กซ์สวมรอบท่อรับรังสี

วันที่ 15 ตุลาคม 2538

ค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีตรง 12.25 MJ/m^2-day

เวลา	อุณหภูมิ(C)
9.05	80.3
9.35	77.8
10.05	79.5
10.35	80.5
11.05	83.3
11.35	85.7
12.05	84.2
12.35	95.1
13.05	97.8
13.35	97.5
14.05	99.3
14.35	99.0
15.05	85.9
ค่าเฉลี่ย	88.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง อุณหภูมิในถังพักไอน้ำจากรางพาราโบลิคแบบที่มีท่อแก้วไพเร็กซ์สวมรอบท่อรับรังสี

วันที่ 17 ตุลาคม 2538

ค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีตรง 12.25 MJ/m^2-day

เวลา	อุณหภูมิ(C)
9.04	74.8
9.34	75.0
10.04	87.9
10.34	95.7
11.04	94.5
11.34	98.4
12.04	100.1
12.34	95.1
13.04	100.3
13.34	99.6
14.04	99.5
14.34	99.8
15.04	97.3
ค่าเฉลี่ย	93.77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง อุณหภูมิในถังพักไอน้ำจากรางพาราโบลิคแบบที่มีท่อแก้วไพเร็กซ์สวมรอบท่อรับรังสี

วันที่ 18 พฤศจิกายน 2538

ค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีตรง 12.25 MJ/m^2-day

เวลา	อุณหภูมิ(C)
9.04	88.7
9.34	95.8
10.04	98.0
10.34	102.5
11.04	100.2
11.34	103.2
12.04	102.9
12.34	105.3
13.04	106.1
13.34	105.8
14.04	105.3
14.34	106.4
15.04	105.3
ค่าเฉลี่ย	102.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง อุณหภูมิในถังพักไอน้ำจากรางพาราโบลิคแบบที่มีท่อแก้วไพเร็กซ์สวมรอบท่อรับรังสี

วันที่ 20 พฤศจิกายน 2538

ค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีตรง 12.25 MJ/m^2-day

เวลา	อุณหภูมิ(C)
9.03	93
9.33	95
10.03	100.3
10.33	99.7
11.03	100.8
11.33	103.2
12.03	105.3
12.33	106.1
13.03	107.4
13.33	106.2
14.03	106.4
14.33	105.8
15.03	105.3
ค่าเฉลี่ย	102.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง อุณหภูมิในถังพักไอน้ำจากรางพาราโบลิคแบบที่มีท่อแก้วไพเร็กซ์สวมรอบท่อรับรังสี

วันที่ 21 พฤศจิกายน 2538

ค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีตรง 12.25 MJ/m^2-day

เวลา	อุณหภูมิ(C)
9.04	98.0
9.34	100.2
10.04	99.7
10.34	102.4
11.04	102.5
11.34	101.9
12.04	103.2
12.34	104.3
13.04	105.6
13.34	107.1
14.04	106.1
14.34	105.3
15.04	105.9
ค่าเฉลี่ย	103.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง ความดันในถังพักไอน้ำจากรางพาราโบลิคแบบที่มีท่อแก้วไพเร็กซ์สวมรอบท่อรับรังสี

วันที่ 13 ธันวาคม 2538

ค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีตรง 12.25 MJ/m^2-day

เวลา	ความดัน(psi)
10.00	0
10.30	20
11.00	28
11.30	33
12.00	35
12.30	42
13.00	48
13.30	48
14.00	48
ค่าเฉลี่ย	37.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง ความดันในถังพักไอน้ำจากรางพาราโบลิคแบบที่มีท่อแก้วไพเร็กซ์สวมรอบท่อรับรังสี

วันที่ 14 ธันวาคม 2538

ค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีตรง 12.25 MJ/m^2-day

เวลา	ความดัน(psi)
10.00	0
10.30	23
11.00	29
11.30	35
12.00	40
12.30	45
13.00	49
13.30	50
14.00	50
ค่าเฉลี่ย	40.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง ความดันในถังพักไอน้ำจากรางพาราโบลิคแบบที่มีท่อแก้วไพเร็กซ์สวมรอบท่อรับรังสี

วันที่ 15 ธันวาคม 2538

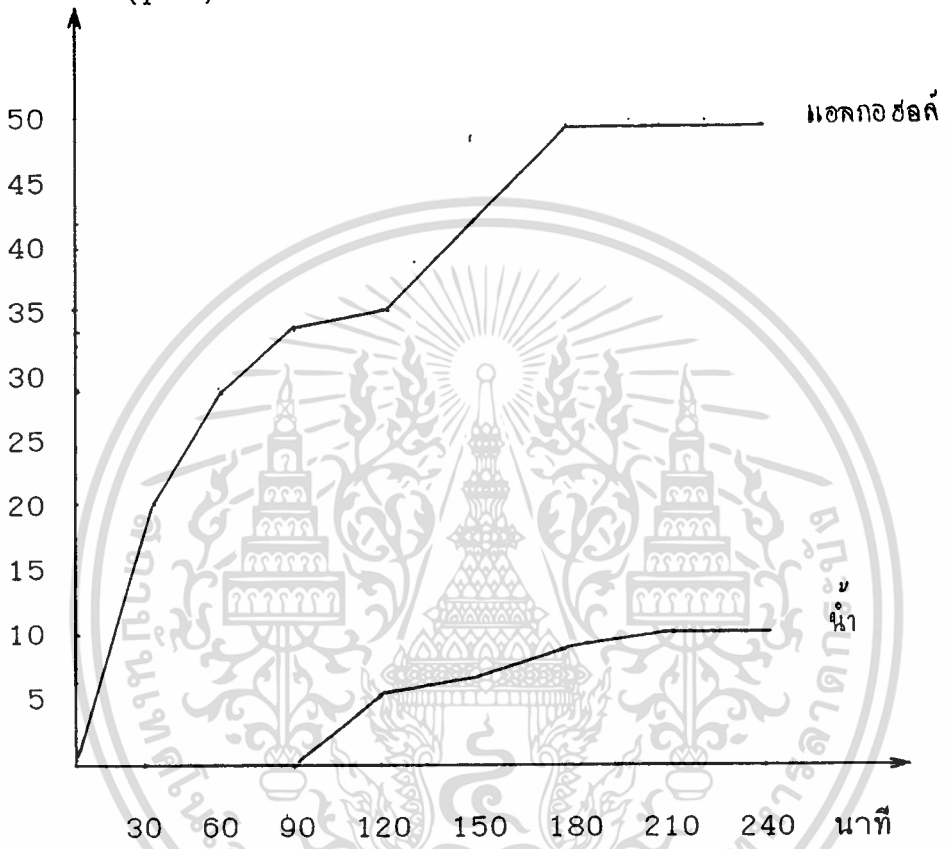
ค่าเฉลี่ยการแผ่รังสีตรง 12.25 MJ/m^2-day

เวลา	ความดัน(psi)
10.00	0
10.30	24
11.00	28
11.30	35
12.00	43
12.30	49
13.00	49
13.30	50
14.00	50
ค่าเฉลี่ย	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟ เปรียบ เทียบความดันระหว่างน้ำกับแอลกอฮอล์

วันที่ 13 ธันวาคม 2538



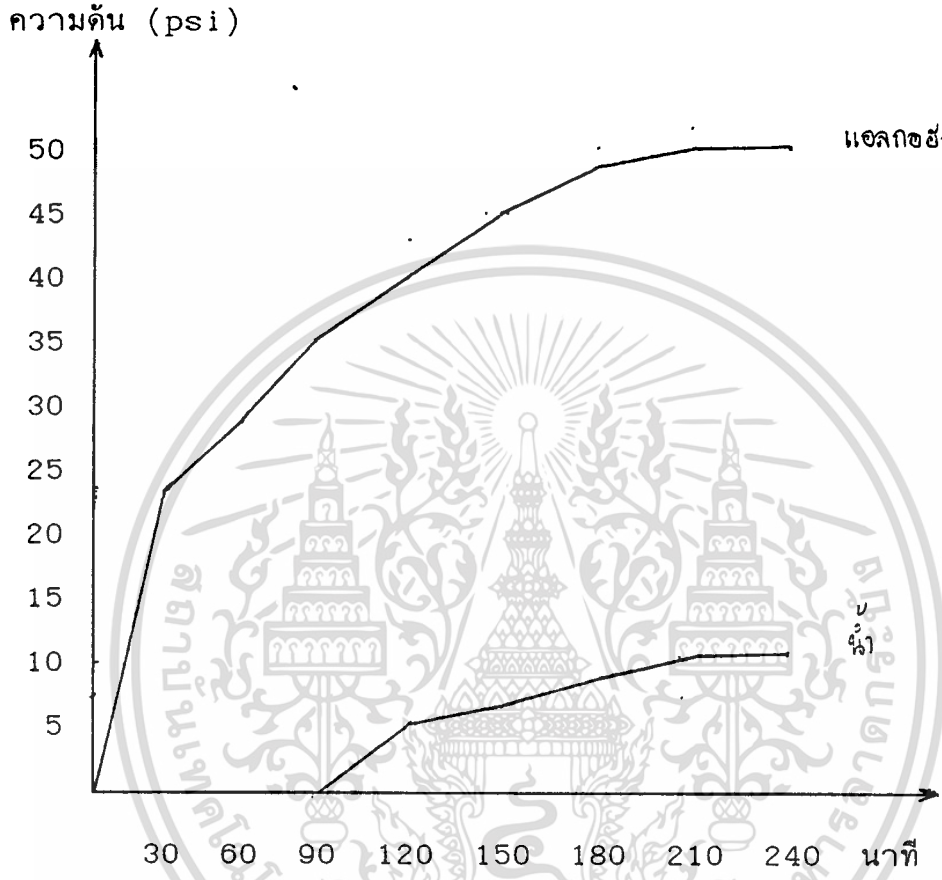
ความดันเฉลี่ยของแอลกอฮอล์ = 37.75 psi

ความดันเฉลี่ยของน้ำ = 8.2 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟเปรียบเทียบความดันระหว่างน้ำกับแอลกอฮอล์

วันที่ 14 ธันวาคม 2538



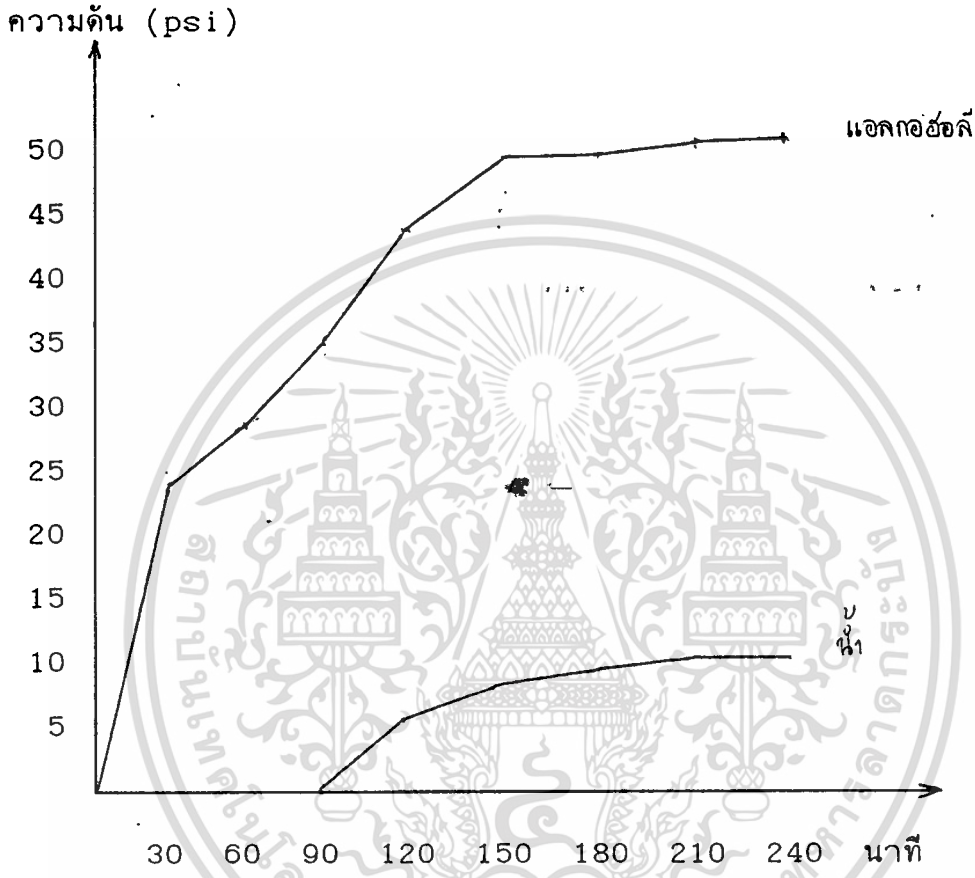
ความดันเฉลี่ยของแอลกอฮอล์ = 40.13 psi

ความดันเฉลี่ยของน้ำ = 8.2 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟเปรียบเทียบความดันระหว่างน้ำกับแอลกอฮอล์

วันที่ 15 ธันวาคม 2538



ความดันเฉลี่ยของแอลกอฮอล์ = 41 psi

ความดันเฉลี่ยของน้ำ = 8.2 psi

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การประเมินค่าใช้จ่ายของระบบรางพาราโบลิค

1) จะประเมินค่าใช้จ่ายของระบบรางพาราโบลิคแบบที่มีท่อแก้วไพเร็กซ์และไม่มีท่อแก้วไพเร็กซ์สวมรอบท่อรับรังสี รวมถึงถังพักไอน้ำและระบบท่อต่างๆที่เดินอยู่ในระบบ
2) ประเมินอายุการใช้งานของระบบรางพาราโบลิคประมาณ 10 ปี,15 ปี และ 20 ปี
3) ราคาค่าติดตั้ง,ค่าจัดสร้าง,ค่าใช้จ่ายในระบบงาน ตลอดจนการดูแลรักษา
4) ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนท่อไพเร็กซ์คิดเป็น ปีละ 2 ท่อที่ต้องเปลี่ยนใหม่เนื่องมาจากสาเหตุการแตกร้าว ชำรุด
5) ในการวิจัยครั้งนี้ ไม่นำราคาค่าติดตั้งอุปกรณ์ที่ติดตั้งเพิ่มขึ้นมา เพื่อผลประโยชน์ในการประเมินสมรรถนะและประสิทธิภาพของระบบมาคำนวนเป็นค่าใช้จ่าย ซึ่งอุปกรณ์เหล่านั้นได้แก่
    5.1 ชุดคอยล์ หรือชุดระบายความร้อนจากระบบ
    5.2 เทอร์โมคัปเปิ้ล , เรคคอร์ดเดอร์ หรืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิอื่นๆ
    5.3 เครื่องจักรพลังงานไอน้ำ
6) ในการคิดเวลาในการใช้งานระบบรางพาราโบลิค จะคิดตลอดปีคือ 365 วัน และทดลองวันละ 6 ชั่วโมง ดังนั้นค่าความเข้มของแสงอาทิตย์ จะคิดตามเดือนที่ทดลองคำนวณจากตารางในภาคผนวก
7) คิดค่าใช้จ่ายในการ ปิด-เปิดระบบราง และค่ากระแสไฟฟ้าในการเดินชุดบังคับรางพาราโบลิคติดตามดวงอาทิตย์ด้วย เพื่อสอดคล้องกับความเป็นจริง
8) ในการประเมินประสิทธิภาพของระบบทุกๆ ปีจะลดต่ำลงด้วย เนื่องมาจากค่าสะท้อนรังสีของผิวสะท้อนรังสีจะลดต่ำลง อันเป็นผลมาจาก น้ำ , ความร้อน , ความชื้น รอยขีดข่วน , การบิดตัวของโครงราง
9) มูลค่าซากของระบบเมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งานคิดเป็น 10 % ของมูลค่าเมื่อเริ่มใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาอุปกรณ์และค่าติดตั้ง ของระบบรางพาราโบลิคและอุปกรณ์ชนิดไม่มีท่อแก้วไพเร็กซ์สวมรอบท่อรับรังสี

ชื่ออุปกรณ์	ราคา (บาท/หน่วย)	ค่าติดตั้ง (บาท/หน่วย)	จำนวน	รวมเงิน (บาท/หน่วย)
1.ชุดรางพาราโบลิค	14,000	600	1	14,600
2.ชุดกลไกติดตามดวงอาทิตย์	4,000	500	1	4,500
3,ระบบท่อของไหลและกระบวนการ	2,500	1,000	1	3,500
4.ถังพักไอน้ำ	4,000	100	1	4,100
			รวมเงิน	26,700

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาอุปกรณ์และค่าติดตั้ง ของระบบรางพาราโบลิคและอุปกรณ์ชนิดมีท่อแก้วไพเร็กซ์สวมรอบท่อรับรังสี

ชื่ออุปกรณ์	ราคา (บาท/หน่วย)	ค่าติดตั้ง (บาท/หน่วย)	จำนวน	รวมเงิน (บาท/หน่วย)
1.ชุดรางพาราโบลิค	14,000	600	1	14,600
2.ชุดกลไกติดตามดวงอาทิตย์	4,000	500	1	4,500
3.ระบบท่อของไหลและกระบวนการ	2,500	1,000	1	3,500
4.ถังพักไอน้ำ	4,000	100	1	4,100
5.แผ่นแบคก้าไลท์	150	50	3	600
6.ท่อแก้วไพเร็กซ์	1,100	50	2	2,300
			รวมเงิน	29,600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าใช้จ่ายประจำปีในการใช้งานระบบรางพาราโบลิคที่ไม่มีท่อแก้วไพเร็กซ์สวมรอบท่อรับรังสี

รายการ	ค่าใช้จ่ายประจำปีที่ (บาท)		
	10	15	20
1. ค่าแรงในการเดินระบบราง คิดค่าแรงในการทำงานวันละ ครึ่งชั่วโมงเท่ากับ 72 บาท	1642.5	1642.5	1642.5
2. ค่าไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ระบบ คิดเป็น 3 บาท/6 ชม.	1095	1095	1095
3. ค่าซ่อมบำรุงรางประมาณ 2,000 บาท	200	200	200
รวมเงิน	2937.5	2870.5	2837.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าใช้จ่ายประจำปีในการใช้งานระบบรางพาราโบลิคที่มีท่อแก้วไพเร็กซ์สวมรอบท่อรับรังสี

รายการ	ค่าใช้จ่ายประจำปีที่ (บาท)		
	10	15	20
1.ค่าแรงในการเดินระบบราง คิดค่าแรงในการทำงานวันละ ครึ่งชั่วโมงเท่ากับ 72 บาท	1642.5	1642.5	1642.5
2.ค่าไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ระบบ คิดเป็น 3 บาท/6 ชม.	1095	1095	1095
3.ค่าซ่อมบำรุงรางประมาณ 2,000 บาท	200	200	200
4.ค่าท่อแก้วไพเร็กซ์ที่เปลี่ยน เนื่องมาจากการแตก-ร้าว ชำรุดจากจำนวน 2 ท่อ	115	76	57.5
รวมเงิน	3052.5	2946.5	2895

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ข้อสรุปและข้อ เสนอแนะ

จะสังเกตุพบว่าอุณหภูมิในถังพักไอน้ำ จะสูงที่สุดในช่วง 11.00 น. ถึง 14.00 น. และเป็นวันที่มีค่าการแผ่รังสีตรงจากดวงอาทิตย์สูงในการทดลอง จะทดลองใน 2 ลักษณะ คือ แบบที่ไม่สวมท่อแก้วไพเร็กซ์รอบท่อรับรังสีและแบบที่สวมท่อแก้วไพเร็กซ์รอบท่อรับรังสี จะเห็นว่า ระบบรางพาราโบลิคที่มีท่อแก้วไพเร็กซ์สวมรอบท่อรับรังสี จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบที่ไม่มีท่อแก้วไพเร็กซ์อย่างชัดเจน

ประสิทธิภาพเฉลี่ยตลอดปีของระบบรางพาราโบลิค โดยใช้น้ำเป็นสารทำงาน และมีอุณหภูมิปรรยากาศโดยรอบบริเวณที่ทำการติดตั้งระบบรางพาราโบลิค 29 องศาเซลเซียส ความเข้มของการแผ่รังสีตรงของดวงอาทิตย์เท่ากับ 283.16 วัตต์/ตร.ม

ประสิทธิภาพของระบบคือ Qu/(Ib*Anm)

	ประสิทธิภาพเฉลี่ยตลอดวัน (nm %)
1) ระบบรางพาราโบลิค ที่ไม่มีท่อแก้วไพเร็กซ์	9
2) ระบบรางพาราโบลิค ที่มีท่อแก้วไพเร็กซ์	19

สรุปได้ว่าการปรับปรุงระบบรางพาราโบลิค โดยการสวมท่อแก้วไพเร็กซ์ รอบท่อรับรังสีนั้น ทำให้ประสิทธิภาพของระบบรางพาราโบลิคสูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ

ผลจากการประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ อายุการใช้งานของรางพาราโบลิคที่ให้ค่าพลังงานจากระบบต่ำที่สุด คืออายุการใช้งาน 20 ปี และเมื่อรวมอัตราดอกเบี้ย 10 % ต่อปีจะได้ค่าพลังงานดังนี้

	ราคาพลังงาน (บาท / กิโลวัตต์)
1) ระบบรางพาราโบลิค ที่ไม่มีท่อแก้วไพเร็กซ์	53.2
2) ระบบรางพาราโบลิค ที่มีท่อแก้วไพเร็กซ์	21.7

จากผลการทดสอบที่แสดงถึงประสิทธิภาพ และราคาของพลังงานที่ได้จากระบบรางพาราโบลิคยังอยู่ในเกณฑ์สูงอยู่มากที่เป็นดังนี้มีข้อสรุป 2 ประการคือ ประสิทธิภาพของระบบ รางพาราโบลิคยังอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สูง อันเป็นจุดอ่อนที่สำคัญในการใช้งานระบบรางพาราโบลิค ในประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศในเขตมรสุมที่มีค่าการแผ่รังสีกระจายค่อนข้างสูง กล่าวคือระบบรางพาราโบลิค สามารถใช้ประโยชน์จากการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ได้เฉพาะการแผ่รังสีตรงเท่านั้น สาเหตุอีกประการหนึ่งที่ทำให้ราคาพลังงานที่ได้จากระบบรางพาราโบลิคยังสูงอยู่ ก็คือ ต้นทุนในการสร้างระบบราง ซึ่งในอนาคตหากมีการ วิจัย,ปรับปรุง ระบบรางพาราโบลิคยังเป็นผลให้ราคาวัสดุในการสร้างต่ำลง และมีการผลิตในเชิงการค้าจำนวนมาก ก็จะทำให้ต้นทุนในการสร้างต่ำลง เป็นผลให้ราคาพลังงานที่ได้จากระบบรางต่ำลงจนสามารถนำมาใช้ในเชิงพาณชย์ได้ ประกอบเป็นพลังงานที่มีจำนวนไม่จำกัดจึงเป็นข้อหนึ่งซึ่งได้เปรียบต่อพลังงานจากแหล่งพลังงานสำคัญที่ใช้กันอยู่ทุกวันนี้ เช่นพลังงานน้ำมัน ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่มีจำนวนจำกัด,ราคาแปรผันตามความต้องการในการใช้กับปริมาณในการผลิต และในอนาคตราคามีแนวโน้มสูงขึ้น ผกผันกับปริมาณที่เหลืออยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการ		ระบบไม่มีท่อแก้ว ไพเร็กซ์	ระบบมีท่อแก้ว ไพเร็กซ์
- เงินลงทุนครั้งแรก (บาท)		26,700	29,600
- มูลค่าซากเมื่อหมดอายุการใช้งาน(บาท)		2,670	2,960
- ประสิทธิภาพของระบบ %		9	19
อายุการใช้งาน 10 ปี	- ค่าใช้จ่ายประจำปี	2,937.5	3,052.5
	- เงินจ่ายรายปี บาท/ปี	5,607.5	6,012.5
	- ราคาพลังงานที่ได้ บาท / กิโลวัตต์	54.33	22.18
อายุการใช้งาน 15 ปี	- ค่าใช้จ่ายประจำปี	2,870.5	2,946.5
	- เงินจ่ายรายปี บาท/ปี	5,540.5	5,906.5
	- ราคาพลังงานที่ได้ บาท / กิโลวัตต์	53.74	21.93
อายุการใช้งาน 20 ปี	- ค่าใช้จ่ายประจำปี	2,837.5	2,895.0
	- เงินจ่ายรายปี บาท/ปี	5,507.5	5,855.0
	- ราคาพลังงานที่ได้ บาท / กิโลวัตต์	53.2	21.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงระบบรางพาราโบลิค

ในการวิจัยครั้งนี้ยังพบข้อบกพร่องของระบบรางที่ทดสอบอยู่หลายประการ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบรางครั้งต่อไป จึงมีข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงดังนี้

1) การจัดวางต่ออนุกรมแนวเหนือ - ใต้ต้องกระทำโดยให้แนวแกนของรางอยู่ในแนวเส้นตรงกันจริงๆ ดังนั้นขาตั้งของระบบรางควรจัดทำให้เคลื่อนที่ได้สะดวก
2) ควรจัดขาตั้งรางพาราโบลิค ให้ด้านใดด้านหนึ่งสามารถปรับระดับได้ เพื่อเป็นการง่ายที่จะปรับระยะ End loss effect ได้ตามการเปลี่ยนแปลงของดวงอาทิตย์ ในแต่ละฤดูกาล
3) ควรมีการปรับปรุงชุดบังคับรางพาราโบลิค ให้มีความแม่นยำขึ้น
4) ควรมีการปรับปรุงผิวหน้ารับแสง ของรางพาราโบลิคให้สามารถถอดเปลี่ยนได้เมื่อเกิดการชำรุด หรือเสื่อมสภาพ และปรับปรุงโครงสร้างของรางพาราโบลิคให้มีน้ำหนักเบาลง เพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้าย และประโยชน์ในการใช้ชุดมอเตอร์ควบคุม จะสามารถกระทำได้แม่นยำขึ้น
5) ควรปรับปรุงให้ท่อรับแสงมีขนาดเบาลง และเคลือบผิวรับรังสี ด้วยสีทนความร้อนสูงได้โดยไม่เปลี่ยนสภาพ
6) ระยะโฟกัสควรจัดให้มีการปรับระดับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีนาคม

วันที่	ตะวันขึ้น น.	Solar noon น.	ตะวันตก น.
1	06.35	12.31	18.27
2	06.35	12.31	18.27
3	06.35	12.31	18.27
4	06.33	12.30	18.27
5	06.33	12.30	18.27
6	06.32	12.30	18.27
7	06.32	12.30	18.27
8	06.31	12.29	18.28
9	06.31	12.29	18.28
10	06.29	12.29	18.28
11	06.29	12.29	18.28
12	06.27	12.28	18.28
13	06.27	12.28	18.28
14	06.26	12.28	18.29
15	06.26	12.28	18.29
16	06.24	12.27	18.29
17	06.24	12.27	18.29
18	06.24	12.27	18.29
19	06.23	12.27	18.29
20	06.23	12.27	18.29
21	06.21	12.26	18.29
22	06.21	12.26	18.29
23	06.20	12.25	18.29
24	06.20	12.25	18.29
25	06.19	12.24	18.30
26	06.19	12.24	18.30
27	06.17	12.24	18.30
28	06.17	12.24	18.30
29	06.16	12.23	18.30
30	06.16	12.23	18.30
31	06.15	12.23	18.30

เมษายน

วันที่	ตะวันขึ้น น.	Solar noon น.	ตะวันตก น.
1	06.14	12.22	18.30
2	06.14	12.22	18.30
3	06.12	12.22	18.30
4	06.12	12.22	18.30
5	06.11	12.21	18.30
6	06.11	12.21	18.30
7	06.10	12.20	18.30
8	06.10	12.20	18.30
9	06.09	12.20	18.30
10	06.09	12.20	18.30
11	06.07	12.20	18.31
12	06.07	12.20	18.31
13	06.07	12.19	18.31
14	06.06	12.18	18.31
15	06.06	12.18	18.31
16	06.06	12.18	18.31
17	06.04	12.18	18.32
18	06.04	12.18	18.32
19	06.02	12.17	18.33
20	06.02	12.17	18.33
21	06.01	12.17	18.33
22	06.01	12.17	18.33
23	06.00	12.17	18.33
24	06.00	12.17	18.33
25	05.59	12.16	18.33
26	05.59	12.16	18.33
27	05.58	12.16	18.34
28	05.58	12.16	18.34
29	05.57	12.16	18.35
30	05.56	12.15	18.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พฤษภาคม

วันที่	ตะวันขึ้น น.	Solar noon น.	ตะวันตก น.
1	05.56	12.15	18.35
2	05.55	12.15	18.35
3	05.55	12.15	18.35
4	05.55	12.15	18.35
5	05.55	12.15	18.35
6	05.54	12.15	18.36
7	05.54	12.15	18.36
8	05.53	12.15	18.36
9	05.53	12.15	18.36
10	05.52	12.15	18.37
11	05.52	12.15	18.37
12	05.52	12.15	18.37
13	05.51	12.14	18.38
14	05.51	22.14	18.38
15	05.51	12.14	18.38
16	05.51	12.14	18.38
17	05.51	12.14	18.38
18	05.51	12.15	18.38
19	05.51	12.15	18.38
20	05.50	12.15	18.39
21	05.50	12.15	18.39
22	05.49	12.15	18.40
23	05.49	12.15	18.40
24	05.49	12.15	18.40
25	05.49	12.15	18.40
26	05.49	12.15	18.41
27	05.49	12.15	18.41
28	05.49	12.15	18.42
29	05.49	12.15	18.42
30	05.49	12.15	18.42
31	05.49	12.16	18.43

มิถุนายน

วันที่	ตะวันขึ้น น.	Solar noon น.	ตะวันตก น.
1	05.49	12.16	18.43
2	05.49	12.16	18.44
3	05.49	12.16	18.44
4	05.49	12.16	18.44
5	05.49	12.16	18.44
6	05.49	12.17	18.45
7	05.49	12.17	18.45
8	05.49	12.17	18.45
9	05.49	12.17	18.46
10	05.49	12.17	18.46
11	05.49	12.17	18.46
12	05.49	12.18	18.47
13	05.49	12.18	18.47
14	05.49	12.18	18.47
15	05.49	12.18	18.48
16	05.49	12.18	18.48
17	05.50	12.19	18.48
18	05.50	12.19	18.48
19	05.50	12.19	18.48
20	05.50	12.19	18.48
21	05.51	12.20	18.49
22	05.51	12.20	18.49
23	05.51	12.20	18.49
24	05.51	12.20	18.49
25	05.51	12.21	18.50
26	05.51	12.21	18.50
27	05.52	12.21	18.50
28	05.52	12.21	18.50
29	05.52	12.21	18.50
30	05.53	12.22	18.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทมทฎาคม

วันที่	ตะวันขึ้น น.	Solar noon	ตะวันตก น.
1	05.53	12.22	18.50
2	05.53	12.22	18.50
3	05.53	12.22	18.50
4	05.54	12.22	18.50
5	05.54	12.22	18.50
6	05.55	12.23	18.50
7	05.55	12.23	18.50
8	05.55	12.23	18.50
9	05.55	12.23	18.50
10	05.55	12.23	18.50
11	05.56	12.24	18.51
12	05.57	12.24	18.51
13	05.57	12.24	18.51
14	05.57	12.24	18.51
15	05.57	12.24	18.51
16	05.57	12.24	18.51
17	05.57	12.24	18.51
18	05.58	12.24	18.50
19	05.58	12.24	18.50
20	05.58	12.25	18.49
21	05.58	12.25	18.49
22	05.59	12.25	18.49
23	05.59	12.25	18.49
24	06.00	12.25	18.48
25	06.00	12.25	18.48
26	06.01	12.25	18.48
27	06.01	12.25	18.48
28	06.01	12.25	18.48
29	06.01	12.25	18.47
30	06.01	12.25	18.47
31	06.01	12.25	18.47

สิงหาคม

วันที่	ตะวันขึ้น น.	Solar noon	ตะวันตก น.
1	06.01	12.25	18.47
2	06.02	12.24	18.46
3	06.02	12.24	18.46
4	06.03	12.24	18.45
5	06.03	12.24	18.45
6	06.03	12.24	18.44
7	06.03	12.24	18.44
8	06.03	12.24	18.44
9	06.03	12.24	18.43
10	06.04	12.24	18.43
11	06.04	12.24	18.43
12	06.04	12.23	18.42
13	06.04	12.23	18.42
14	06.05	12.23	18.40
15	06.05	12.23	18.40
16	06.05	12.22	18.40
17	06.05	12.22	18.40
18	06.05	12.22	18.39
19	06.05	12.22	18.39
20	06.05	12.22	18.38
21	06.05	12.22	18.38
22	06.05	12.21	18.36
23	06.05	12.21	18.36
24	06.06	12.21	18.35
25	06.06	12.20	18.34
26	06.06	12.20	18.34
27	06.06	12.20	18.33
28	06.06	12.20	18.33
29	06.05	12.19	18.32
30	06.06	12.19	18.32
31	06.06	12.18	18.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันยายน

วันที่	ตะวันขึ้น น.	Solar noon น.	ตะวันตก น.
1	06.06	12.18	18.30
2	06.06	12.18	18.29
3	06.06	12.18	18.29
4	06.07	12.17	18.28
5	06.07	12.17	18.28
6	06.07	12.17	18.26
7	06.07	12.17	18.26
8	06.06	12.16	18.25
9	06.07	12.16	18.24
10	06.07	12.16	18.24
11	06.07	12.15	18.23
12	06.07	12.15	18.23
13	06.07	12.14	18.21
14	06.07	12.14	18.21
15	06.07	12.14	18.19
16	06.07	12.14	18.19
17	06.07	12.13	18.18
18	06.07	12.13	18.18
19	06.07	12.12	18.17
20	06.07	12.12	18.17
21	06.07	12.12	18.15
22	06.07	12.12	18.15
23	06.07	12.11	18.14
24	06.07	12.10	18.13
25	06.07	12.10	18.13
26	06.07	12.10	18.12
27	06.07	12.10	18.12
28	06.07	12.09	18.10
29	06.07	12.09	18.10
30	06.07	12.08	18.08

ตุลาคม

วันที่	ตะวันขึ้น น.	Solar noon น.	ตะวันตก น.
1	06.07	12.08	18.08
2	06.07	12.08	18.07
3	06.07	12.08	18.07
4	06.08	12.07	18.06
5	06.08	12.07	18.06
6	06.08	12.07	18.05
7	06.08	12.07	18.05
8	06.08	12.05	18.03
9	06.08	12.05	18.03
10	06.09	12.06	18.02
11	06.09	12.05	18.02
12	06.09	12.05	18.02
13	06.09	12.05	18.00
14	06.09	22.05	18.00
15	06.09	12.04	17.59
16	06.09	12.04	17.59
17	06.10	12.04	17.58
18	06.10	12.04	17.57
19	06.10	12.03	17.57
20	06.10	12.03	17.57
21	06.10	12.04	17.56
22	06.10	12.03	17.55
23	06.10	12.03	17.54
24	06.11	12.03	17.54
25	06.11	12.03	17.53
26	06.11	12.03	17.53
27	06.12	12.02	17.53
28	06.12	12.02	17.52
29	06.12	12.02	17.52
30	06.12	12.02	17.52
31	06.12	12.02	17.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พฤศจิกายน

วันที่	ตะวันขึ้น น.	Solar noon น.	ตะวันตก น.
1	06.12	12.02	17.51
2	06.13	12.02	17.50
3	06.13	12.02	17.50
4	06.14	12.02	17.49
5	06.14	12.02	17.49
6	06.15	12.02	17.49
7	06.15	12.02	17.48
8	06.15	12.02	17.48
9	06.16	12.02	17.48
10	06.16	12.03	17.48
11	06.16	12.03	17.48
12	06.17	12.03	17.48
13	06.17	12.03	17.47
14	06.18	12.03	17.47
15	06.18	12.03	17.47
16	06.19	12.03	17.47
17	06.19	12.03	17.47
18	06.20	12.04	17.48
19	06.20	12.04	17.47
20	06.20	12.04	17.47
21	06.20	12.04	17.47
22	06.20	12.04	17.47
23	06.21	12.05	17.47
24	06.21	12.05	17.47
25	06.22	12.05	17.47
26	06.22	12.05	17.47
27	06.24	12.05	17.48
28	06.24	12.06	17.48
29	06.25	12.07	17.48
30	06.25	12.07	17.48

ธันวาคม

วันที่	ตะวันขึ้น น.	Solar noon น.	ตะวันตก น.
1	06.25	12.07	17.48
2	06.25	12.07	17.48
3	06.27	12.08	17.48
4	06.27	12.08	17.48
5	06.27	12.08	17.48
6	06.28	12.09	17.49
7	06.28	12.09	17.49
8	06.29	12.10	17.49
9	06.29	12.10	17.49
10	06.30	12.11	17.50
11	06.30	12.11	17.50
12	06.32	12.12	17.51
13	06.32	12.12	17.51
14	06.34	12.13	17.51
15	06.34	12.13	17.51
16	06.35	12.14	17.52
17	06.35	12.14	17.52
18	06.36	12.15	17.53
19	06.36	12.16	17.53
20	06.36	12.16	17.53
21	06.37	12.17	17.54
22	06.37	12.17	17.54
23	06.38	12.18	17.56
24	06.38	12.18	17.56
25	06.39	12.19	17.57
26	06.39	12.19	17.57
27	06.40	12.20	17.58
28	06.40	12.20	17.58
29	06.41	12.21	17.59
30	06.41	12.21	17.59
31	06.42	12.22	18.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์รายวัน(ชั่วโมง/วัน)

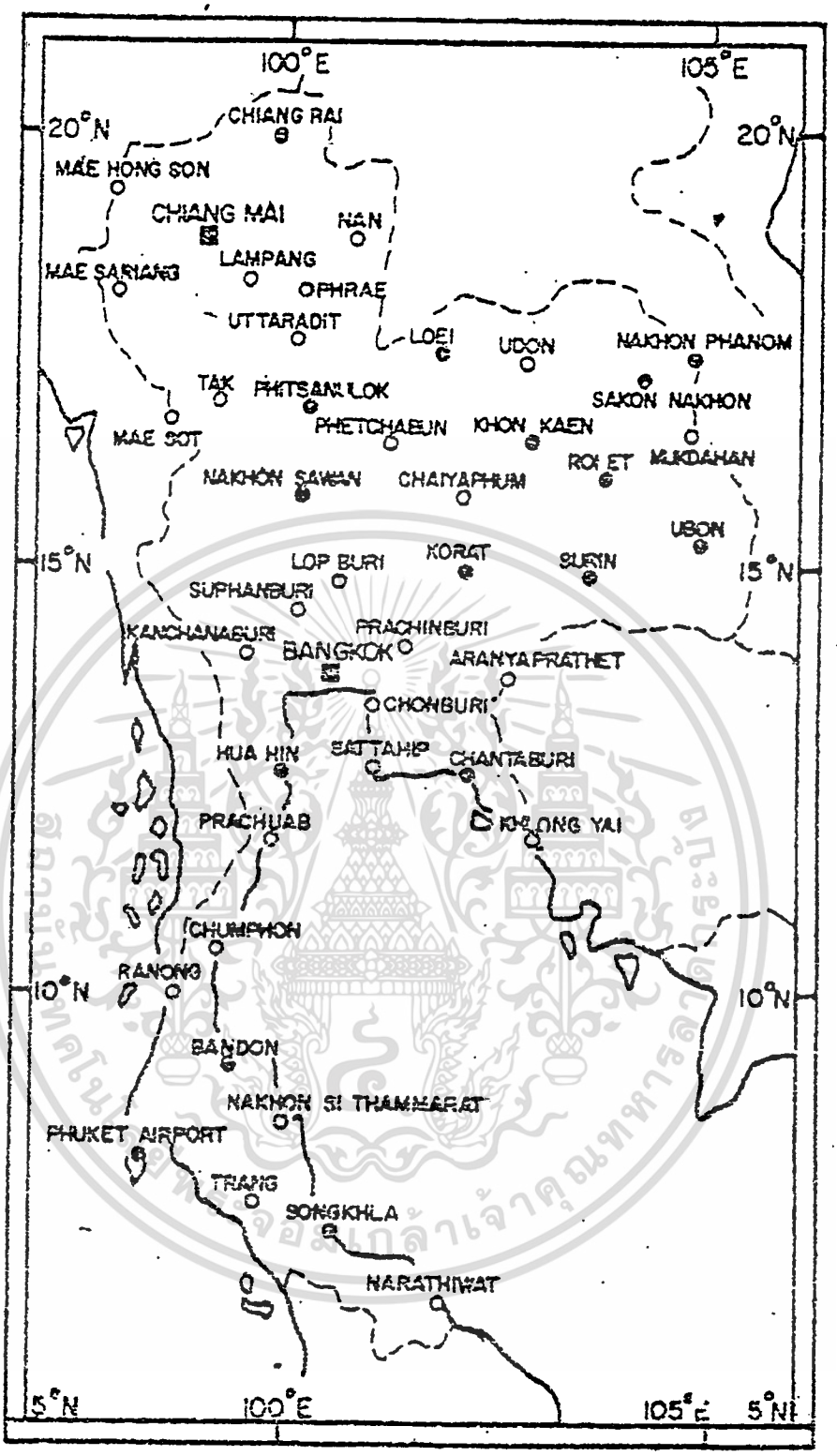
	14 มค. — 26 กพ.	27 กพ. — 12 เมย.	13 เม.ย. — 28 พค.	29 พค. — 15 กค.	16 กค. — 31 สค.	1 กย. — 15 ตค.	16 ตค. — 29 พย.	30 พย. — 13 มค.
เชียงราย	9.1	8.4	7.9	5.1	4.8	6.1	7.2	7.1
แม่ฮ่องสอน	9.2	9.0	8.4	5.1	4.2	5.7	7.8	8.3
เชียงใหม่	9.1	9.3	8.3	5.4	4.5	6.1	8.3	8.7
น่าน	9.2	8.9	8.4	5.5	4.6	5.8	7.9	8.3
ลำปาง	9.2	9.0	8.5	5.6	5.1	5.9	8.2	8.3
แม่สะเรียง	9.2	9.2	8.4	5.1	4.5	6.0	7.9	8.3
แพร่	9.0	8.8	8.4	5.5	4.6	5.8	7.7	8.3
อุตรดิตถ์	9.0	8.8	8.4	5.4	4.5	5.9	8.3	8.5
นครพนม	7.9	7.1	6.7	4.3	4.2	5.4	8.0	8.3
อุดร	8.6	8.0	7.3	5.4	4.6	5.9	8.5	9.0
เลย	8.4	7.8	7.3	5.3	4.9	4.8	6.5	7.4
สกลนคร	8.5	8.1	7.3	5.0	5.0	6.4	8.4	8.9
ตาก	9.0	8.8	8.1	5.4	4.5	5.3	7.7	8.5
พิษณุโลก	8.8	8.8	8.8	6.1	5.3	5.5	8.3	9.0
แม่ฮอด	9.1	9.0	8.5	5.4	4.6	6.1	8.2	9.0
มุกดาหาร	8.4	8.0	7.5	5.7	5.2	5.6	8.4	8.7
ขอนแก่น	9.1	8.1	8.2	6.2	5.5	5.7	8.9	9.3
เพชรบูรณ์	8.8	8.6	8.4	5.6	4.2	5.2	8.3	9.0
ร้อยเอ็ด	8.1	8.4	8.2	6.8	6.1	6.0	8.4	8.5
ชัยภูมิ	8.9	8.1	8.0	6.3	5.7	5.6	8.6	9.1
นครสวรรค์	8.9	8.4	8.1	5.8	5.1	5.4	8.3	9.0
อุบลราชธานี	9.1	8.6	7.9	6.7	5.7	5.8	8.6	9.1
นครราชสีมา	8.8	8.1	7.9	6.7	6.1	5.8	8.4	8.9
สุรินทร์	9.1	8.7	7.7	6.5	6.3	6.4	8.7	9.2
สุพรรณบุรี	8.8	8.1	7.5	6.1	5.4	6.0	8.5	9.0
ปราจีนบุรี	8.9	8.4	7.8	6.4	5.7	5.8	8.6	9.0
กาญจนบุรี	8.7	7.9	6.9	5.7	5.0	5.1	8.2	9.0
กรุงเทพฯ	8.9	8.4	8.2	6.2	5.5	5.4	8.2	9.0
อรัญประเทศ	8.9	8.9	7.5	6.2	5.2	5.2	8.1	9.1
	8.9	8.4	8.1	7.4	6.0	6.4	8.6	9.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	14 มค. 26 กพ.	27 กพ. 12 เมย.	13 เมย. 28 พค.	29 พค. 15 กค.	16 กค. 31 สค.	1 กย. 15 ตค.	16 ตค. 29 พย.	30 พย. 13 มค.
ชลบุรี	9.2	9.1	7.6	6.3	5.4	5.5	8.7	9.1
สัตหีบ	9.2	9.1	7.8	6.4	5.4	5.4	8.5	9.1
จันทบุรี	8.9	8.0	6.6	4.9	4.0	4.2	8.1	9.3
หัวหิน	9.0	8.3	7.2	5.3	4.3	4.9	7.6	8.8
คลองใหญ่	8.5	7.6	6.4	5.0	3.6	4.5	7.5	8.6
ประจวบคีรีขันธ์	9.0	8.3	7.4	5.8	5.0	5.2	7.7	8.8
ชุมพร	9.0	8.7	7.2	6.1	5.5	5.2	6.6	7.6
ระนอง	9.0	8.4	6.2	4.9	4.6	4.0	6.5	7.7
บ้านดอน	8.7	8.4	6.9	6.1	6.4	5.2	5.5	6.3
นครศรีธรรมราช	8.7	8.7	7.0	6.7	6.4	5.5	5.9	6.2
ภูเก็ต	9.4	8.9	6.5	6.0	5.5	4.9	6.8	7.9
ตรัง	9.2	8.6	6.8	6.5	6.4	5.4	6.1	7.4
สงขลา	8.8	8.5	7.5	6.9	6.8	5.7	5.6	6.1
นราธิวาส	8.8	8.6	7.6	7.0	6.8	5.8	5.9	5.9

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



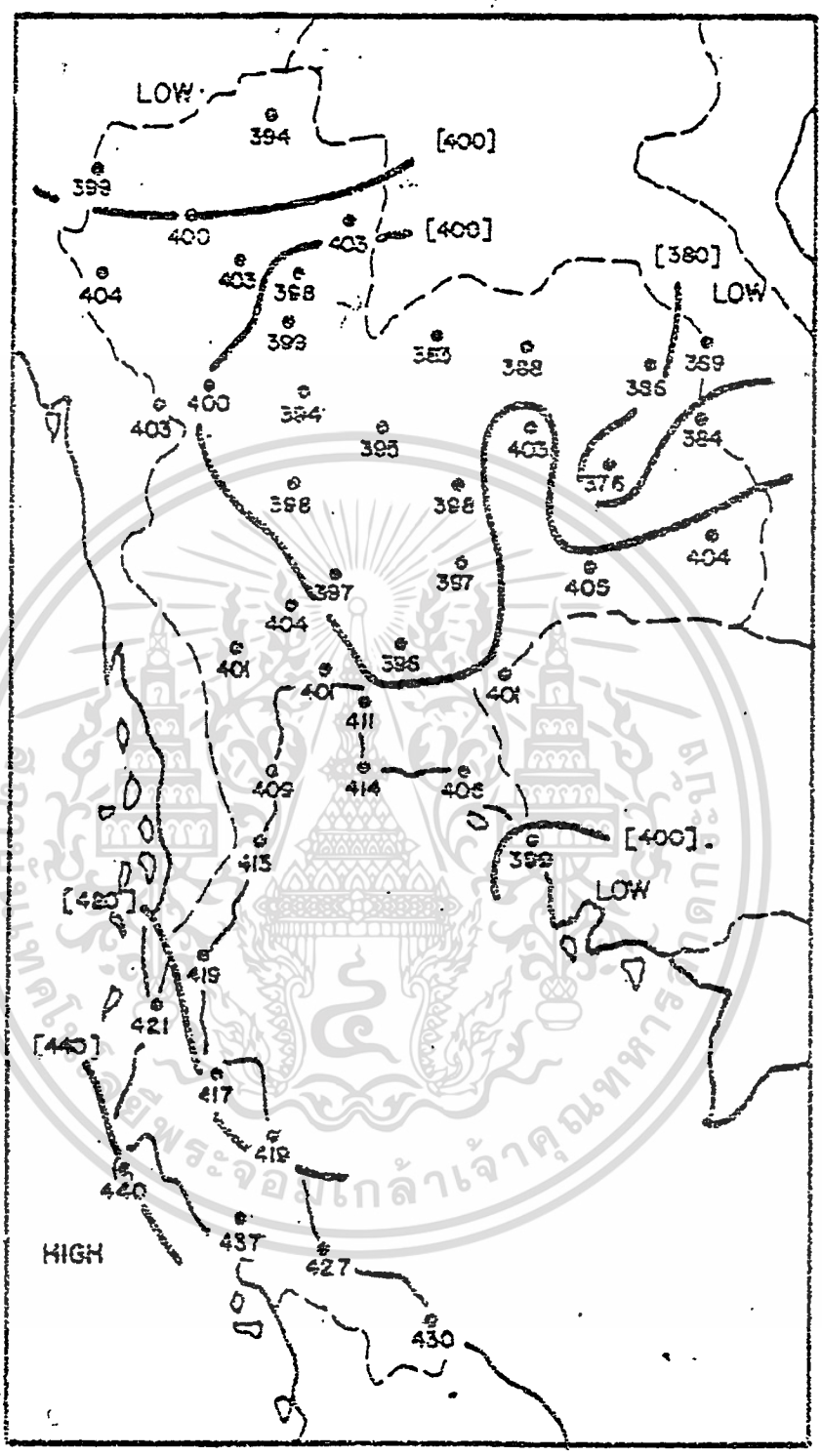
รูปที่ ก. 1 แสดงตำแหน่งของสถานีบรรทึกข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์

▣ สถานีวัดปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์, ช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์และปริมาณเมฆในท้องฟ้า

● สถานีวัดช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์ และปริมาณเมฆในท้องฟ้า

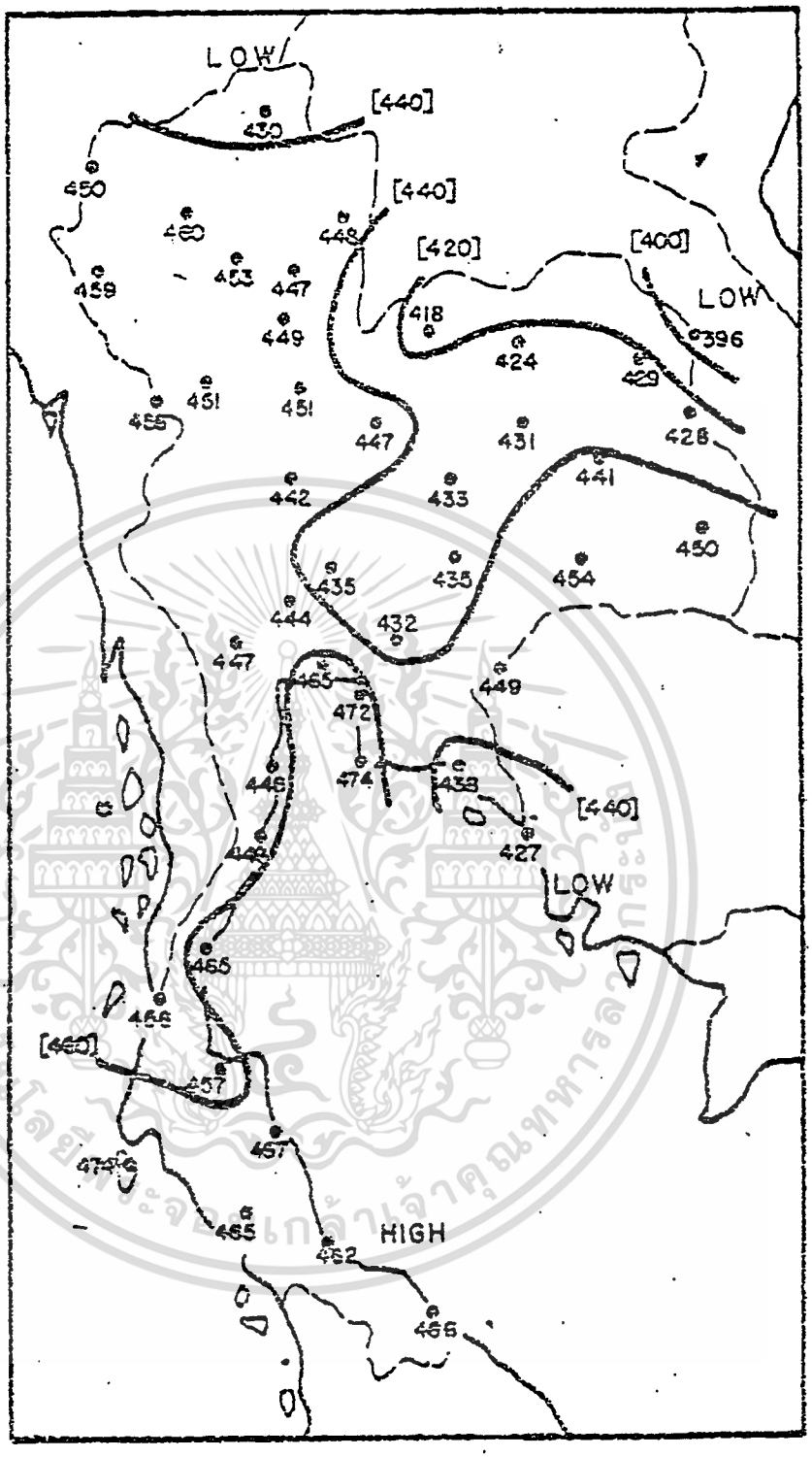
○ สถานีวัดปริมาณเมฆในท้องฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



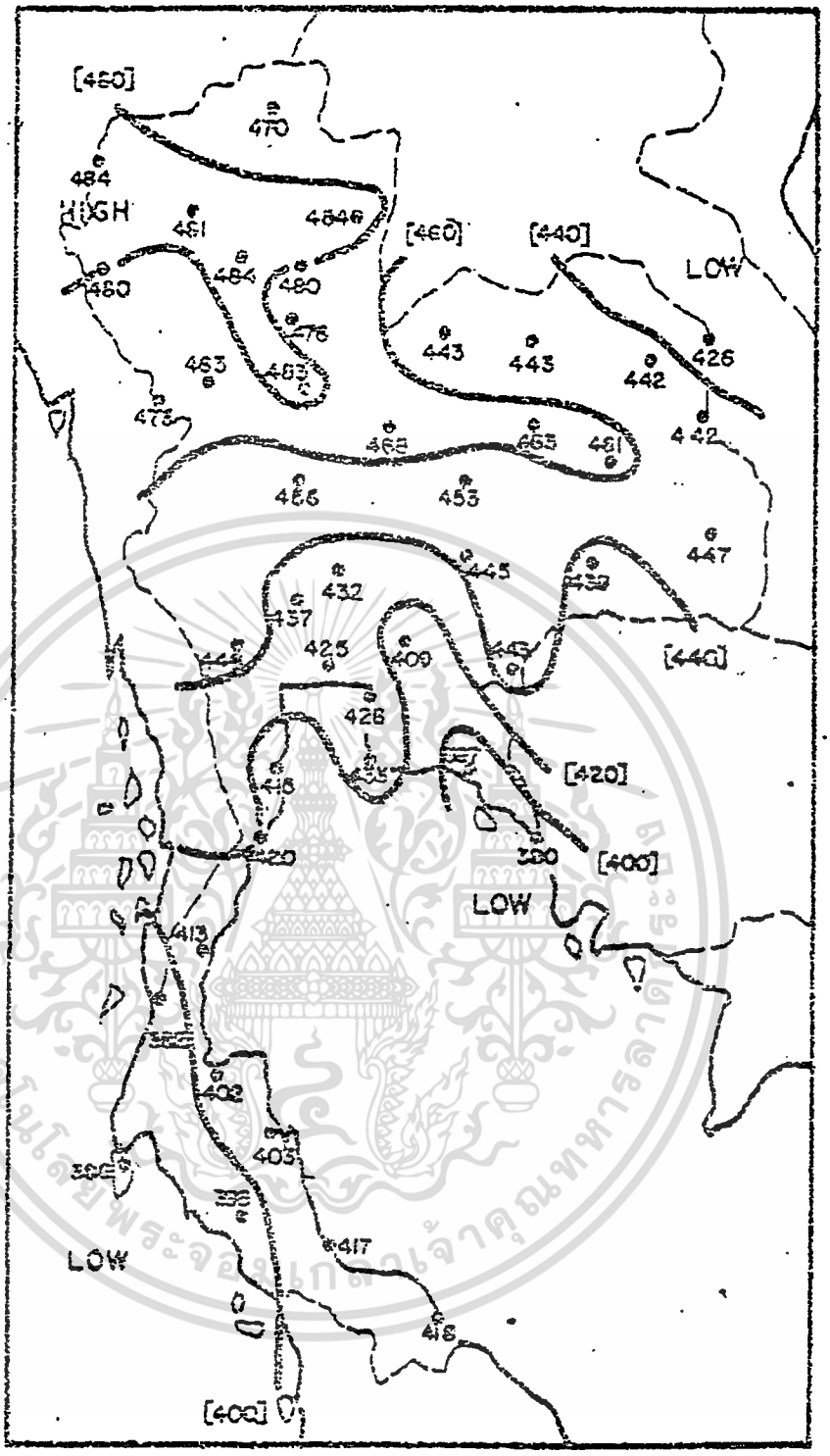
รูปที่ ก. 2 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์แบบตั้งหมดรายวัน (คาลอรี่/ซม^2 วัน)
ระหว่างช่วงเวลา 14 มกราคม – 26 กุมภาพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



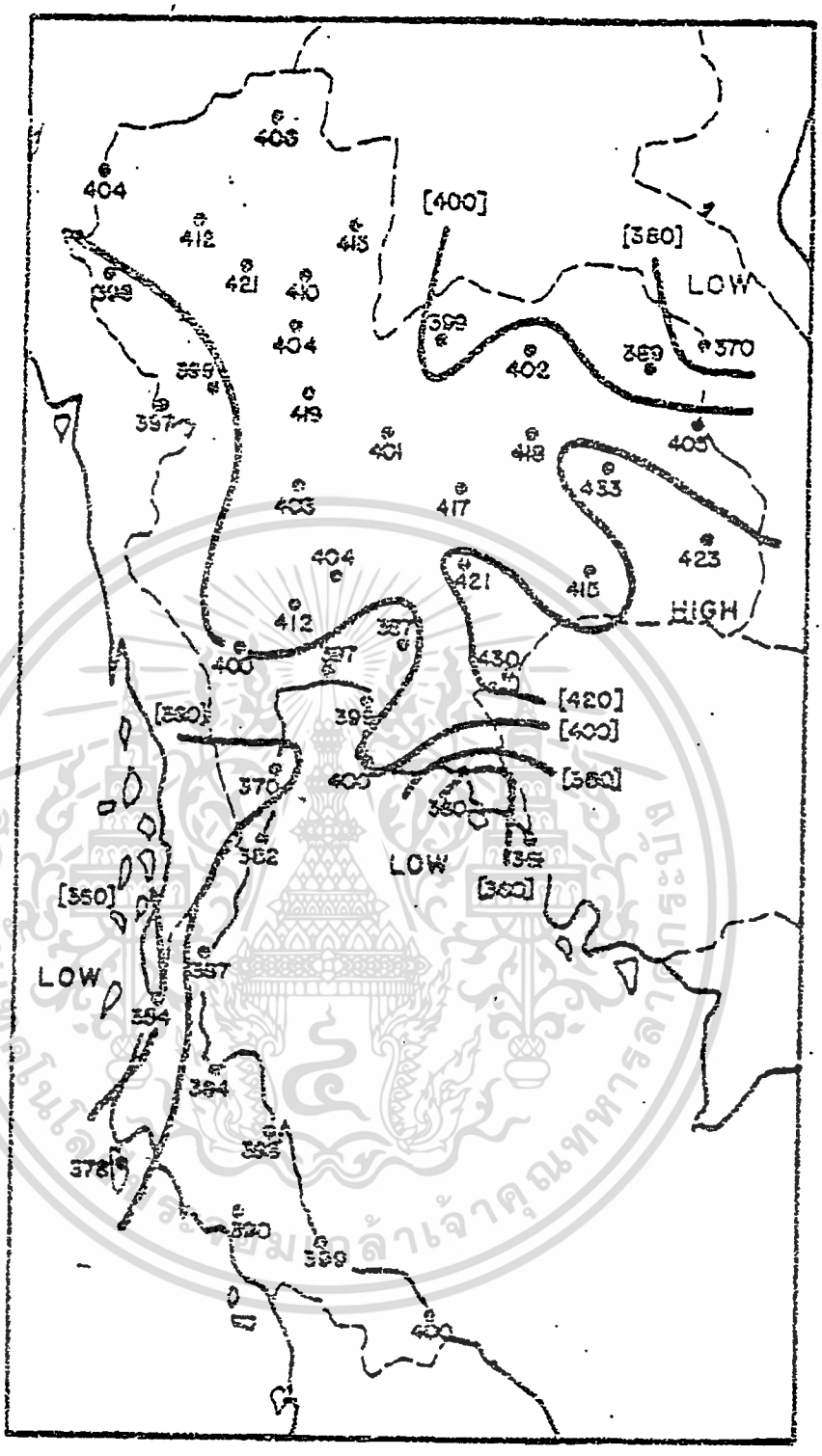
รูปที่ ก. 3 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์แบบทั้งหมดรายวัน (คาลอรี่/ซม^2 ชั่วโมง) ระหว่างช่วงเวลา 27กุมภาพันธ์- 12 เมษายน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



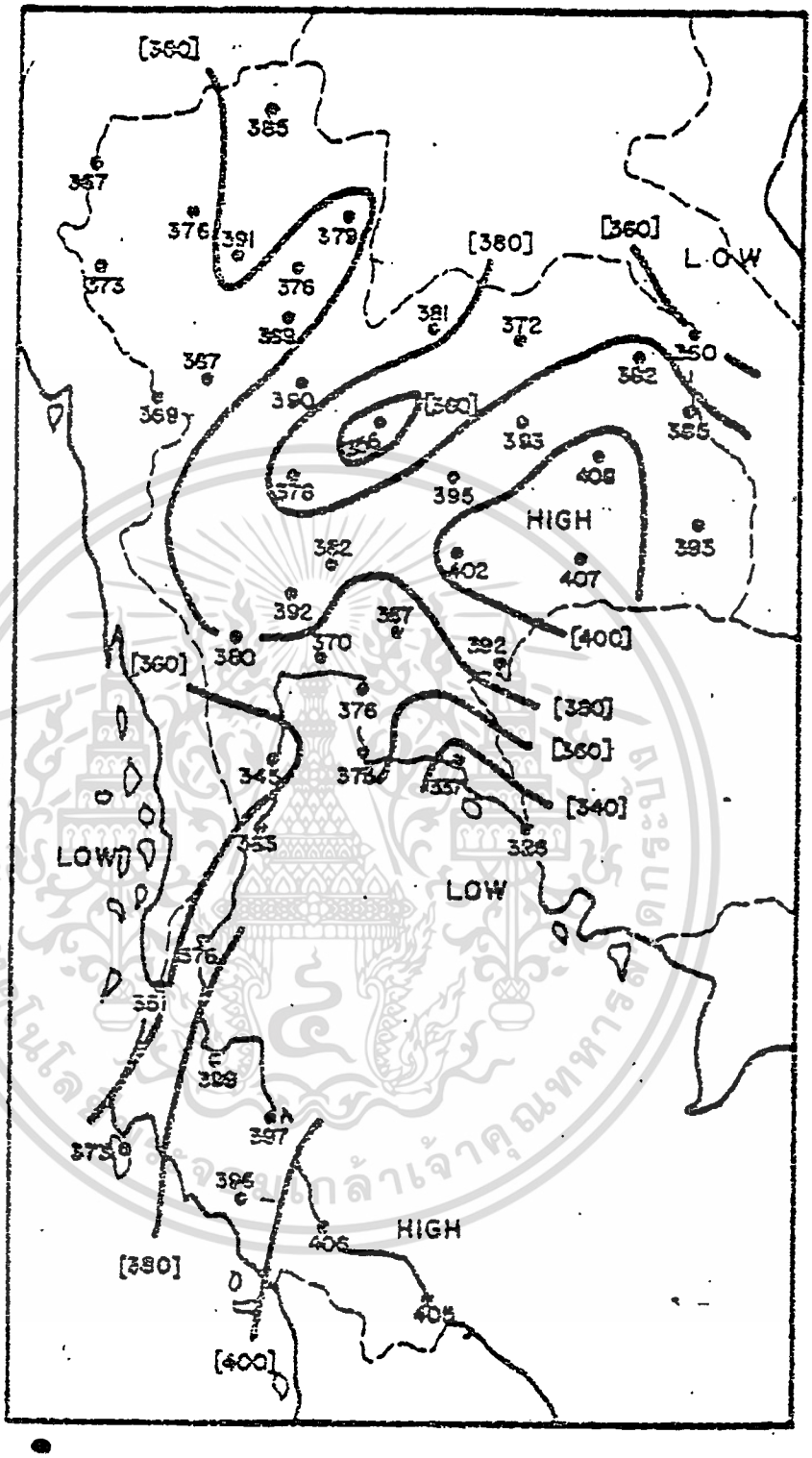
รูปที่ ก. 4 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์แบบทั้งหมดรายวัน (กาลอรี / ซม^2 วัน) ระหว่างช่วงเวลา 13 เมษายน - 28 พฤษภาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



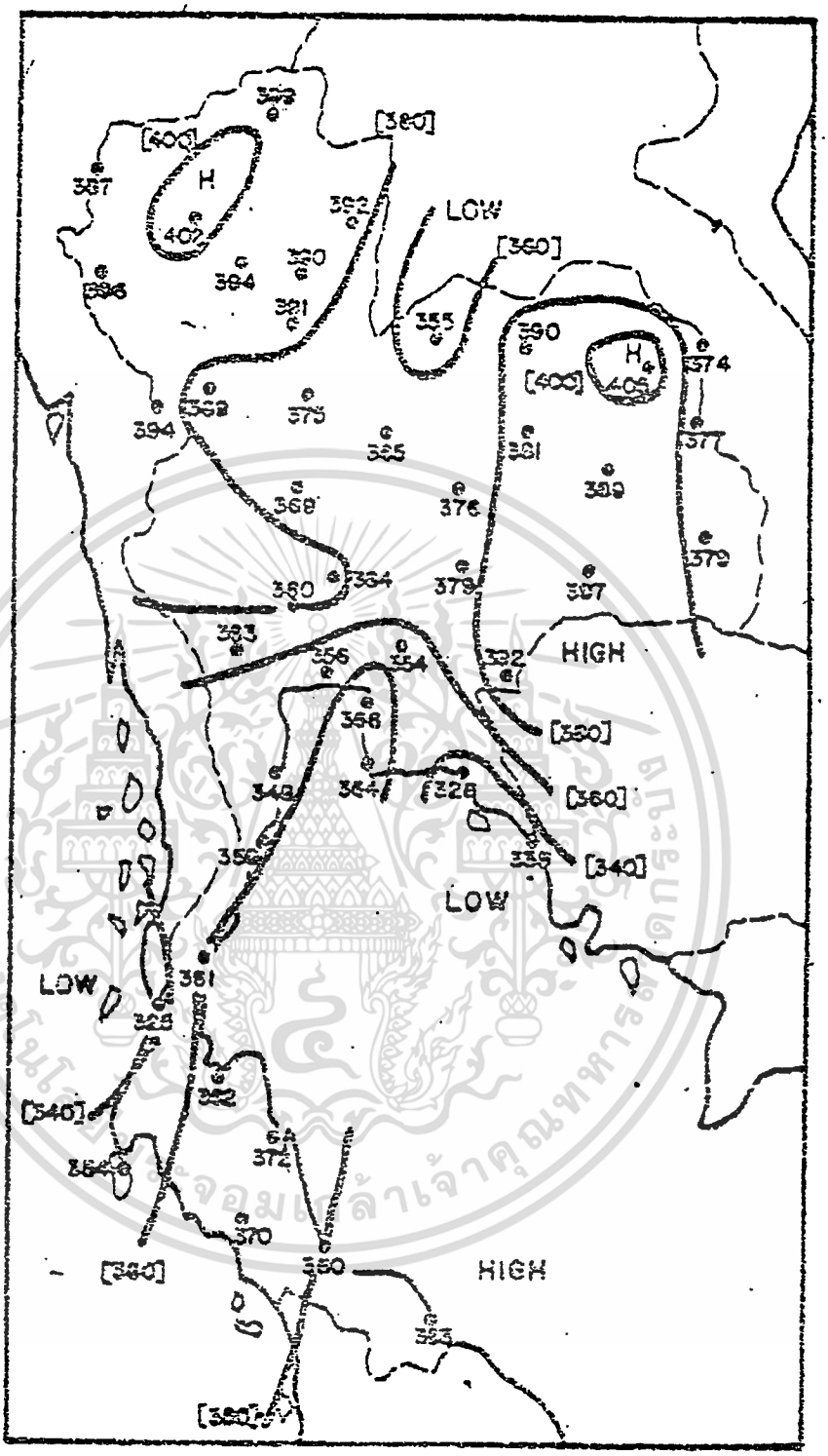
รูปที่ ก. 5 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์แบบทั้งหมดรายวัน (แคลอรี่/ซม.^{2} วัน)
ระหว่างช่วงเวลา 25 พฤษภาคม– 15 กรกฎาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



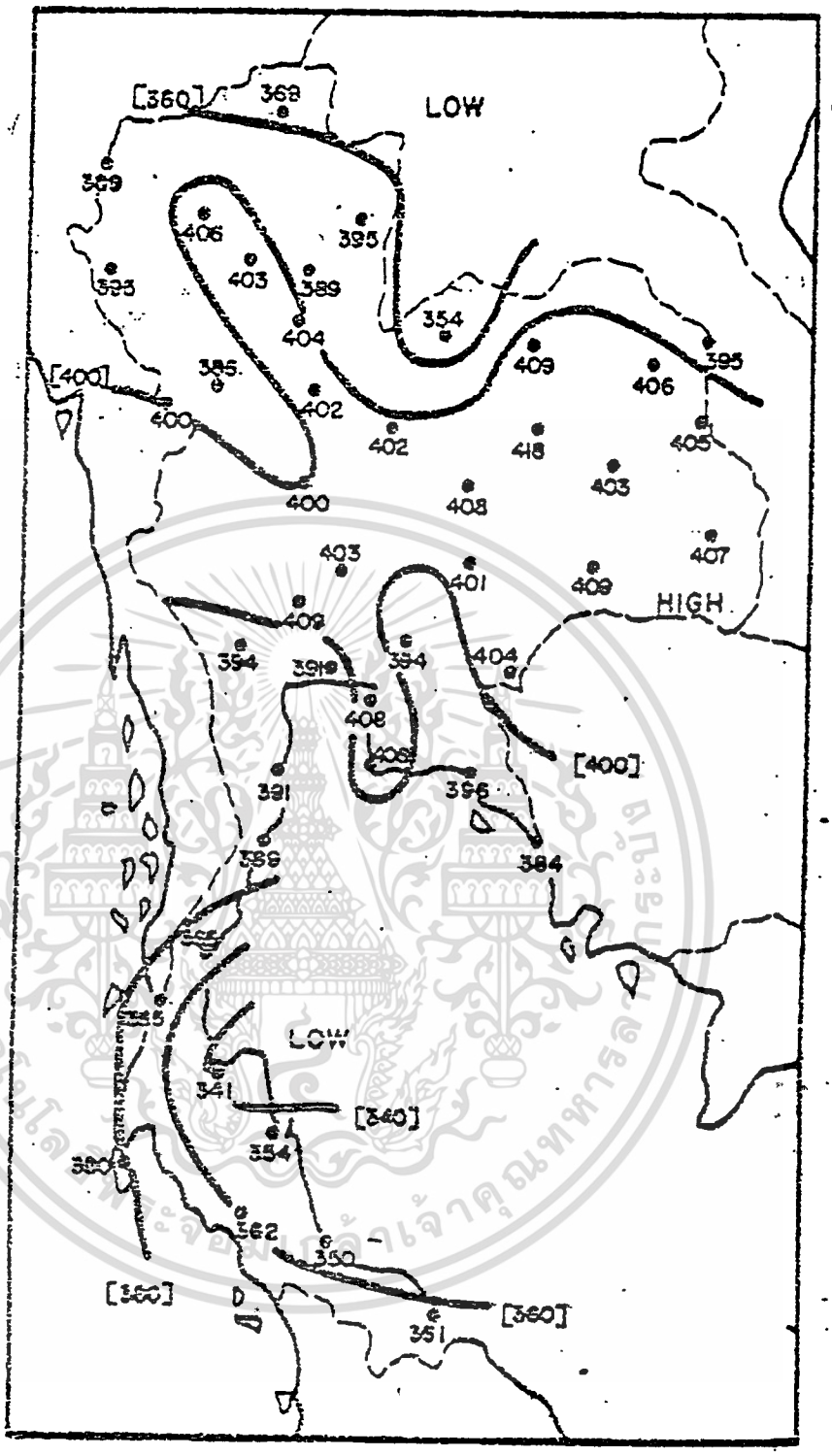
รูปที่ ก. 6 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์แบบทั้งหมดรายวัน (คาลอรี่/ซม^2 วัน) ระหว่างช่วงเวลา 16 กรกฎาคม- 31 สิงหาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



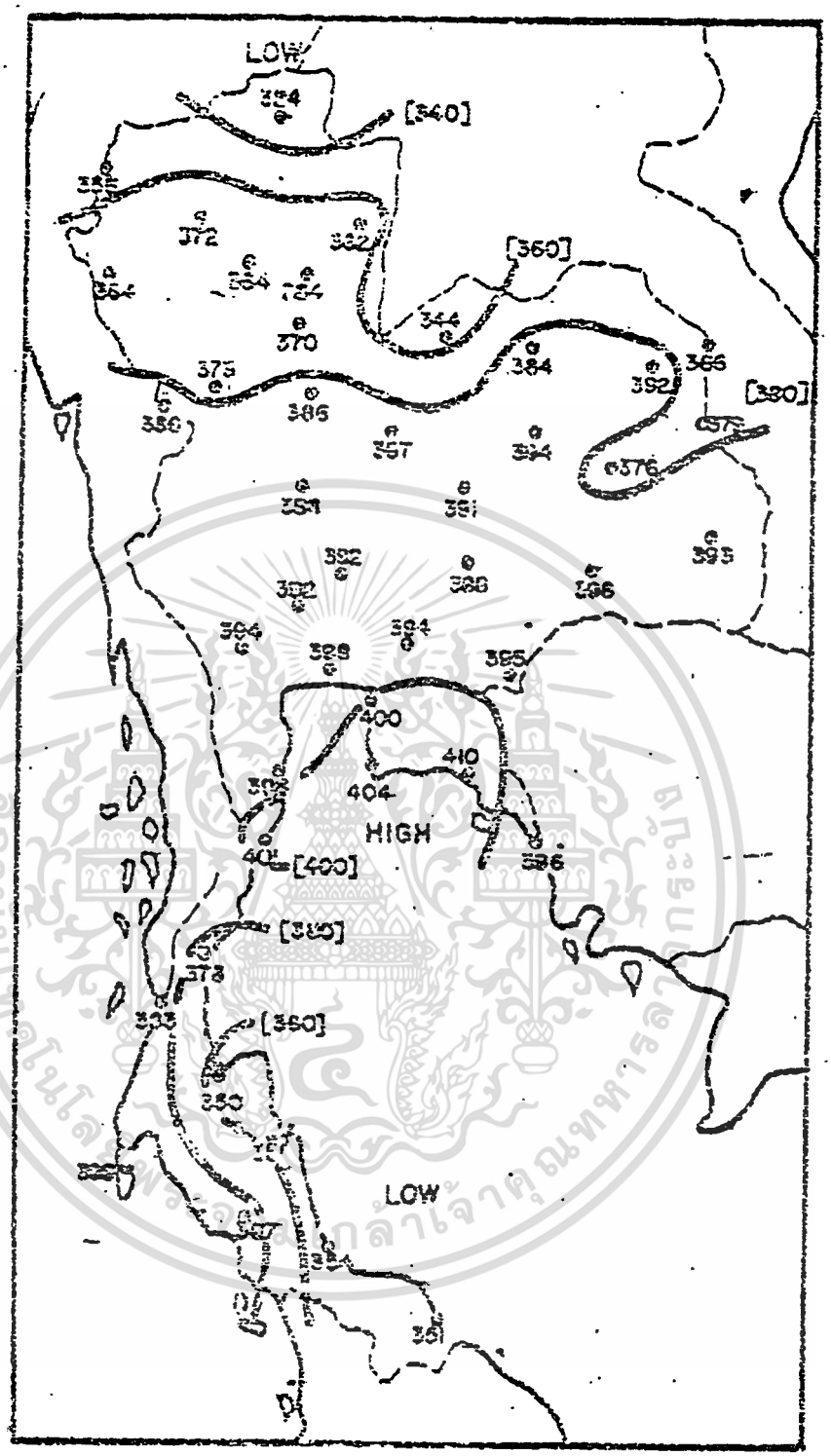
รูปที่ ก. 7 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์แบบทั้งหมดรายวัน (คาลอรี่/ซม ^{2} วัน)
ระหว่างช่วงเวลา 1กันยายน – 15ตุลาคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก. 8 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ฉบนทั้งหมดรายวัน (คาลอรี่ / ซม^{2}วัน)
ระหว่างช่วงเวลา 16 ตุลาคม - 29พฤศจิกายน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก. 9 ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์แบบสั่งหมดรายวัน (คาลอรี่/ซม.^{2} วัน)
ระหว่างช่วงเวลา 30 พฤศจิกายน - 13มกราคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมง (คาลอรี/ซม^{2}ชม)

	ช่วงเวลา									
	7–8	8–9	9–10	10–11	11–12	12–13	13–14	14–15	15–16	16–17
เชียงใหม่										
14 มค.– 26 กพ.	16	32	47	59	65	63	58	45	30	14
27 กพ.– 12 เมย.	18	34	48	61	67	67	60	46	31	16
13 เมย.– 28 พค.	25	42	56	65	72	69	60	46	33	19
29 พค. – 15 กค.	23	36	48	54	57	58	53	43	30	17
16 ตค. 31 สค.	20	34	44	49	51	51	47	38	26	14
1 กย. 15 ตค.	19	34	48	57	63	61	55	46	31	17
16 ตค. 29 พย.	14	29	43	55	62	61	55	43	29	14
30 พย.– 13 มค.	11	27	42	53	58	57	52	41	27	13
กรุงเทพฯ										
14 มค – 26 กพ.	15	30	43	52	58	59	54	44	30	14
27 กพ – 12 เมย.	20	35	48	58	64	65	60	50	34	17
13 เมย.– 28 พค.	22	36	47	56	60	60	55	47	34	18
29 พค. – 15 ตค.	20	33	43	51	53	50	40	38	28	17
16 กค. – 31 สค.	20	34	45	51	53	50	45	37	26	14
1 กย. – 15 ตค.	19	33	44	50	51	49	44	38	25	13
16 ตค. – 29 พย.	16	31	45	54	58	56	50	42	29	12
30 พย. – 13 มค.	15	31	43	54	59	59	53	42	27	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ประภาษ อุคคกิมาพันธุ์ เป็นอย่างยิ่งที่ให้ความกรุณาและให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี ในโครงงานนี้ และเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณ เพื่อนๆและผู้ที่กรุณาให้คำปรึกษาทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาในงานวิจัยด้วยดีมาตลอด ทำให้งานวิจัยชิ้นนี้ ดำเนินไปได้ด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. อุณหพลศาสตร์ มนตรี พิรุณเกษตร
2. พลังงานแสงอาทิตย์ ทฤษฎีและการใช้ประโยชน์ทางความร้อน
   มานิจ ทองประเสริฐ
   สมศรี จงรุ่งเรือง
3. Duffie,J.A.,and Beckman,W.A,"Solar Energy Thermal Process John Wiley & Son 1974
4. Meinel ,A.B.,"Applied Solar Energy",Addison-Wesley,1976

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้