



รลช.01

ทะเบียนข้อมูลเลขที่ ว1. 6277

หนังสือรับรองการแจ้งข้อมูล  
ลิขสิทธิ์  
ออกให้เพื่อแสดงว่า  
มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ได้แจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ ประเภทงาน วรรณกรรม

ลักษณะงาน โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ชื่อผลงาน โปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

ไว้ต่อกรมทรัพย์สินทางปัญญา ตามคำขอแจ้งข้อมูลลิขสิทธิ์ เลขที่ 351042

เมื่อวันที่ 7 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560

ให้ไว้ ณ วันที่ 8 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560

ลงชื่อ..... 


นางสาวอำพันธ์ เดชสกุลชัย

นักวิชาการพาณิชย์ชำนาญการ

ปฏิบัติราชการแทนผู้อำนวยการสำนักลิขสิทธิ์

**หมายเหตุ**

1. เอกสารนี้มิได้รับรองความเป็นเจ้าของลิขสิทธิ์
2. การเปลี่ยนแปลงรายการข้างต้น ให้ดูด้านหลัง



**โปรแกรมแบบจำลอง  
ทางคณิตศาสตร์ระบบผลิตน้ำร้อน  
พลังงานแสงอาทิตย์**



**จัดทำโดย  
รองศาสตราจารย์ ดร.นัฐพร ไชยญาติ**

**วิทยาลัยพลังงานทดแทน  
มหาวิทยาลัยแม่โจ้**

**ตุลาคม 2559**



**คำนำ**

บทที่ 1	โปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ .....	1
บทที่ 2	การพัฒนาโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์.....	8
2.1	Worksheet.....	8
2.1.1	Design Thermal (hour).....	8
2.1.2	Average Temp.....	65
2.1.3	Average IT .....	69
2.1.4	Average IT .....	74
2.2	Modules .....	75
2.2.1	Module3 .....	75

## สารบัญรูป

รูปที่ 1.1 โปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ .....	2
รูปที่ 1.2 การเลือกเดือนและตำแหน่งที่ตั้งของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์.....	3
รูปที่ 1.3 การเลือกลักษณะพื้นที่สะท้อนของรังสีอาทิตย์ที่มาจากสิ่งแวดล้อม และการคำนวณค่ารังสีอาทิตย์ รายชั่วโมงของเดือนและตำแหน่งที่ตั้งระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์.....	4
รูปที่ 1.4 การเลือกขนาดถังเก็บน้ำร้อน ประเภทของตัวรับรังสีอาทิตย์และลักษณะการต่อร่วม .....	5
รูปที่ 1.5 การเลือกขนาดถังเก็บน้ำร้อน ประเภทของตัวรับรังสีอาทิตย์และลักษณะการต่อร่วม .....	6
รูปที่ 1.6 ผลการคำนวณอุณหภูมิน้ำร้อนในถังเก็บน้ำร้อนโดยค่ารังสีอาทิตย์ทางทฤษฎี .....	6
รูปที่ 1.7 ผลการคำนวณอุณหภูมิน้ำร้อนในถังเก็บน้ำร้อนโดยค่ารังสีอาทิตย์ที่ได้จากการตรวจวัด.....	7
รูปที่ 2.1 โปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ .....	9

## บทที่ 1

### โปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

โปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ พัฒนาโดยโปรแกรม Microsoft excel ร่วมกับ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Visual Basic Application (VBA) เพื่อใช้ในการออกแบบระบบผลิตน้ำร้อนที่ใช้แหล่งความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energy) ซึ่งลักษณะของ โปรแกรมเมื่อเปิดใช้งานจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 1.1

Developed by: Associate Professor Dr.Nattaporn Chaiyat

Initial condition

- Start water temperature ( $T_{HW, Tank}$ )
- Year day (for year have 365 day, n) and solar radiation
- Daily global radiation on a horizontal surface (H)
- Location
- Latitude of solar collector location ( $\phi$ )
- Longitude of solar collector location ( $L_{bc}$ )
- Local constant coefficients
- Altitude ( $\beta$ )
- Azimuth ( $\gamma$ )
- Reflectance of the foreground ( $\rho$ )

Benzaky 2016 : Solar Water Heating System

Input  °C

Input  MJ/m<sup>2</sup>-day

Input  °N

Input  °

Input  °

Input  °

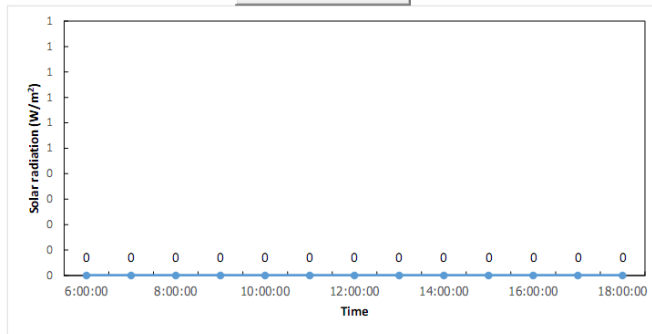
Input  °

Input  °

Input  °

Input  °

Calculate solar radiation



- Capacity of storage water tank ( $V_{Tank}$ )
- Type of solar collector
- Heat remove factor ( $F_R(\tau\alpha)$ )
- Heat loss factor ( $F_R U_L$ )
- Area of solar collector ( $A_{SC}$ )
- Mass flow rate of hot water circulate in each solar collector ( $\dot{m}_{SC, Unit}$ )
- Heat transfer of storage (UA)
- Number of solar collector ( $N_{SC}$ )
- Number of each solar collector row ( $N_{SC, Series}$ )
- Number of each solar collector column ( $N_{SC, Parallel}$ )
- Volume flow rate of supplied hot water ( $V_{Sup}$ )
- Temperature setting of auxiliary heat ( $T_{Set}$ )
- Heat rate of auxiliary heat ( $Q_{Aux}$ )
- Using of useful heat ( $Q_{Sup}$  and  $T_{Sup}$ )
- Different temperature of supplied hot water
- Different water temperature to cut pump
- Filling water temperature in storage tank
- Time

Input  L

Input  W/m<sup>2</sup>-K

Input  W/m<sup>2</sup>-K

Input  m<sup>2</sup>

Input  kg/s

Input  W/K

Input  Unit

Input  Unit

Calculate number of column

Optimal mass flow rate

Input  L/s

Input  °C

Input  kW

Input  °C

Input  °C

Input  °C

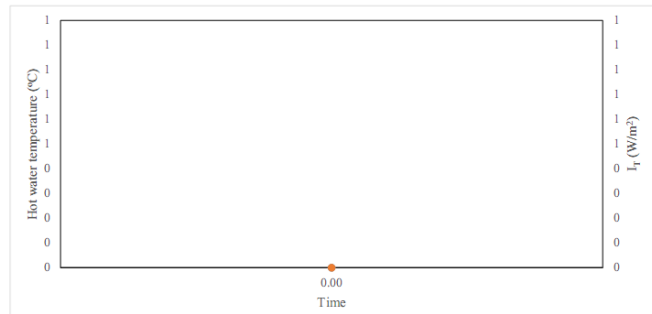
Input  °C

Clear gharp

Start  Stop  Step  Period

Calculate hot water temperature

Calculate from measurement IT



Hot water temperature (Celcius)  
0.00

Time  $I_T$  (W/m<sup>2</sup>)  
0.00 0

รูปที่ 1.1 โปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

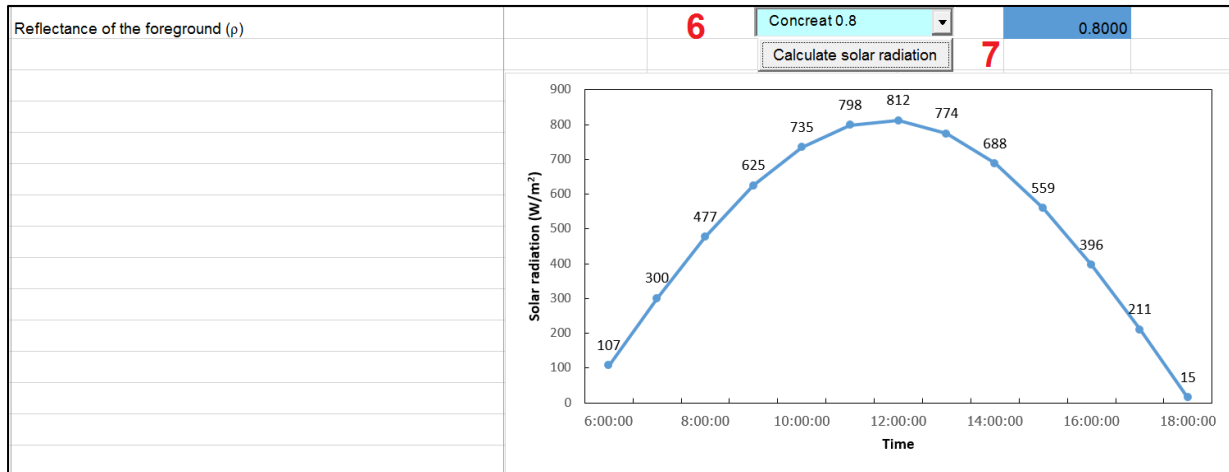
โปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ มีขั้นตอนการใช้งานดังต่อไปนี้

1. กดปุ่ม Benzaky 2016 : Solar Water Heating System (หมายเลข 1) เพื่อเริ่มต้นการใช้งาน โปรแกรม และทำการตั้งค่าพื้นฐานต่าง ๆ มาไว้สำหรับรองรับการคำนวณ ดังแสดงในรูปที่ 1.2
2. ทำการเลือกเดือนในการคำนวณ (หมายเลข 2)
3. ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนแปลงค่ารังสีรวมรายวันในแนวระดับ ให้ทำการแก้ไขค่าในช่อง Daily global radiation on a horizontal surface (H) (หมายเลข 3)
4. ทำการเลือกตำแหน่งที่ตั้งในการคำนวณ (หมายเลข 4)
5. ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนแปลงค่าตำแหน่งที่ตั้งในการคำนวณ ให้ทำการแก้ไขค่าในช่องต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ (หมายเลข 5)
  - Latitude of solar collector location ( $\phi$ )
  - Longitude of solar collector location ( $L_{loc}$ )
  - Local constant coefficients ( $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$  และ  $b_2$ )
  - Attitude ( $\beta$ )
  - Azimuth ( $\gamma$ )

Developed by: Associate Professor Dr.Nattaporn Chaivat		1	Benzaky 2016 : Solar Water Heating System	
Initial condition				
Start water temperature ( $T_{HW, Tank}$ )				30.00 °C
Year day (for year have 365 day, n) and solar radiation		2	april	
				105
Daily global radiation on a horizontal surface (H)				22.36 MJ/m <sup>2</sup> .day
Location		4	Chiangmai	
Latitude of solar collector location ( $\phi$ )				18.7800 °N
Longitude of solar collector location ( $L_{loc}$ )				98.9800 °
Constants coefficient				
			$a_1$	0.5140
			$a_2$	0.2280
			$b_1$	0.5120
			$b_2$	0.0330
Attitude ( $\beta$ )				18.7800 °
Azimuth ( $\gamma$ )				0.0000 °

รูปที่ 1.2 การเลือกเดือนและตำแหน่งที่ตั้งของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

6. ทำการเลือกลักษณะพื้นที่สะท้อนของรังสีอาทิตย์ที่มาจากสิ่งแวดล้อม (คอนกรีต ดินหรือพื้นหญ้า) ในการคำนวณ (หมายเลข 6) ดังแสดงในรูปที่ 1.3
7. ทำการคำนวณค่ารังสีอาทิตย์รายชั่วโมงของเดือน และตำแหน่งที่ตั้งระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (หมายเลข 7) โดยค่ารังสีอาทิตย์ที่ได้จากการคำนวณจะถูกแสดงผลในรูปแบบตัวเลขใน Worksheet.Data เพื่อนำไปใช้งานต่อไป



รูปที่ 1.3 การเลือกลักษณะพื้นสะท้อนของรังสีอาทิตย์ที่มาจากสิ่งแวดล้อม และการคำนวณค่ารังสีอาทิตย์รายชั่วโมงของเดือนและตำแหน่งที่ตั้งระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

8. ทำการเลือกปริมาตรของถังเก็บน้ำร้อนในการคำนวณ (หมายเลข 8) ดังแสดงในรูปที่ 1.4
9. ทำการเลือกประเภทตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ (หมายเลข 9) ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนแปลงค่าคุณลักษณะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์และลักษณะการใช้งาน ให้ทำการแก้ไขค่าในช่องต่าง ๆ ดังต่อไปนี้
  - Heat remove factor ( $F_R(\tau\alpha)$ )
  - Heat loss factor ( $F_R U_L$ )
  - Area of solar collector ( $A_{SC}$ )
  - Mass flow rate of hot water circulate in each solar collector ( $\dot{m}_{SC,Unit}$ )
10. ทำการป้อนค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของถังเก็บน้ำร้อน (หมายเลข 10) ในกรณีที่ ไม่ทำการแก้ไขระบบจะป้อนค่า 3 W/K
11. ทำการป้อนจำนวนแผงรับรังสีอาทิตย์ทั้งหมด (หมายเลข 11) ในกรณีที่ ไม่ทำการแก้ไขระบบจะป้อนค่า 1 Unit
12. ทำการป้อนจำนวนแผงรับรังสีอาทิตย์ที่ต้องการต่ออนุกรม (หมายเลข 12) ในกรณีที่ ไม่ทำการแก้ไขระบบจะป้อนค่า 1 Unit
13. ทำการคำนวณจำนวนแถวของแผงรับรังสีอาทิตย์ที่ต่อขนานทั้งหมด (หมายเลข 13)
14. ทำการคำนวณอัตราการไหลของน้ำที่จะนำออกไปใช้งานที่เหมาะสม (หมายเลข 14)



Capacity of storage water tank ( $V_{Tank}$ )			8	150.00 L
Type of solar collector	9	Evacuated tube		
Heat remove factor ( $F_R(\tau\alpha)$ )				0.8100
Heat loss factor ( $F_R U_L$ )				2.5500 W/m <sup>2</sup> ·K
Area of solar collector ( $A_{SC}$ )				2.4000 m <sup>2</sup>
Mass flow rate of hot water circulate in each solar collector ( $\dot{m}_{SC,Unit}$ )				0.0430 kg/s
Heat transfer of storage (UA)			10	3.00 W/K
Number of solar collector ( $N_{SC}$ )			11	1.00 Unit
Number of each solar collector row ( $N_{SC,Series}$ )			12	1.00 Unit
Number of each solar collector column ( $N_{SC,Parallel}$ )	13	Calculate number of column		1.00
Volume flow rate of supplied hot water ( $V_{Sup}$ )	14	Optimal mass flow rate		0.0430 L/s

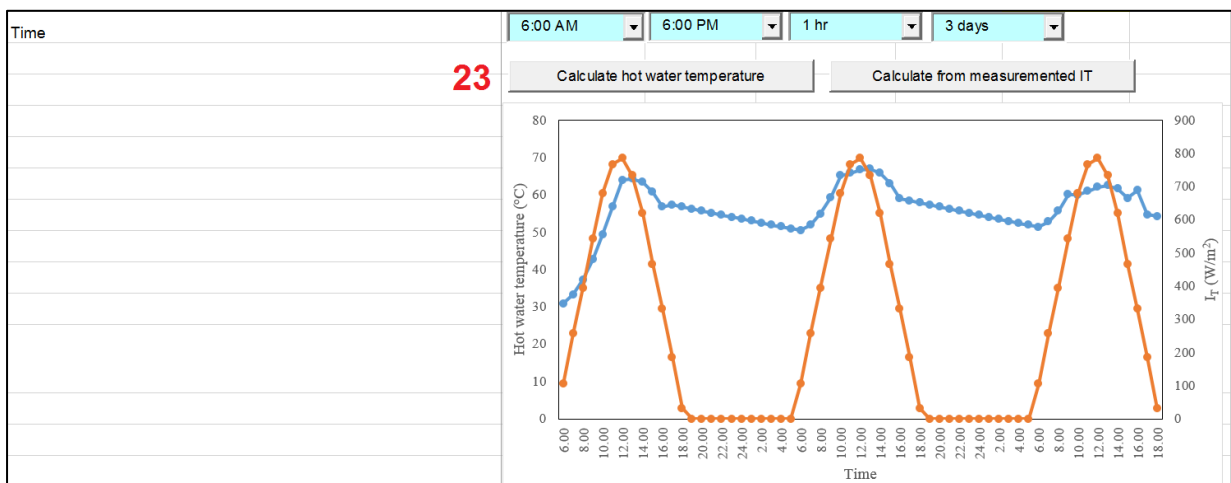
รูปที่ 1.4 การเลือกขนาดถังเก็บน้ำร้อน ประเภทของตัวรับรังสีอาทิตย์และลักษณะการต่อรวม

15. ทำการป้อนอุณหภูมิน้ำสูงสุดในการทำงานของคุณค่าความร้อนเสริม (Auxiliary heater) สำหรับการเพิ่มอุณหภูมิน้ำร้อนร่วมกับระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (หมายเลข 15) ในกรณีที่ไมทำการแก้ไขระบบจะป้อนค่า 60 °C ดังแสดงในรูปที่ 1.5
16. ทำการป้อนอัตราการให้ความร้อนของคุณค่าความร้อนเสริม สำหรับการเพิ่มอุณหภูมิน้ำร้อนร่วมกับระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (หมายเลข 16) ในกรณีที่ไมทำการแก้ไขระบบจะป้อนค่า 0 kW
17. ทำการป้อนอัตราการความร้อนของการใช้งานและอุณหภูมิน้ำร้อนขั้นต่ำที่ต้องการใช้น้ำร้อน (หมายเลข 17) ในกรณีที่ไมทำการแก้ไขระบบจะป้อนค่า 1 kW และ 60 °C ตามลำดับ
18. ทำการป้อนผลต่างอุณหภูมิน้ำร้อนใช้งานที่กลับเข้าสู่ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ เมื่อเทียบกับอุณหภูมิน้ำร้อนใช้งานออกจากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับระบบแบบปิด (Close loop system) (หมายเลข 18) ในกรณีที่ไมทำการแก้ไขระบบจะป้อนค่า 5 °C
19. ทำการป้อนผลต่างอุณหภูมิน้ำร้อนออกจากแผงรับรังสีอาทิตย์กับน้ำร้อนในถังเก็บน้ำร้อน หากอุณหภูมิน้ำร้อนที่ออกจากแผงรับรังสีอาทิตย์กับอุณหภูมิน้ำร้อนในถังเก็บน้ำร้อน มีค่าต่ำกว่าค่า นี้จะทำให้ปั้มน้ำร้อนหยุดทำงาน (หมายเลข 19) ในกรณีที่ไมทำการแก้ไขระบบจะป้อนค่า 1 °C
20. ทำการป้อนอุณหภูมิน้ำเต็มกลับเข้าสู่ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับระบบแบบเปิด (Open loop system) (หมายเลข 20) ในกรณีที่ไมทำการแก้ไขระบบจะป้อนค่า 30 °C
21. ใช้สำหรับการลบข้อมูลในแผนภาพแสดงผลก่อนการคำนวณ (หมายเลข 21) ซึ่งโดยปกติเมื่อระบบทำการคำนวณไปก่อนหน้านี้ จะทำให้มีข้อมูลปรากฏอยู่ในแผนภาพอยู่ก่อน ทำให้บางครั้งผลการคำนวณใหม่บางส่วน เกิดการเชื่อมต่อกับข้อมูลเก่า ดังนั้นควรทำการลบข้อมูลก่อนการคำนวณใหม่ทุกครั้ง
22. ทำการเลือกช่วงเวลาเริ่มต้นและหยุดการใช้งานของระบบ รวมทั้งช่วงเวลาการคำนวณและระยะเวลาการคำนวณทั้งหมด (หมายเลข 22)

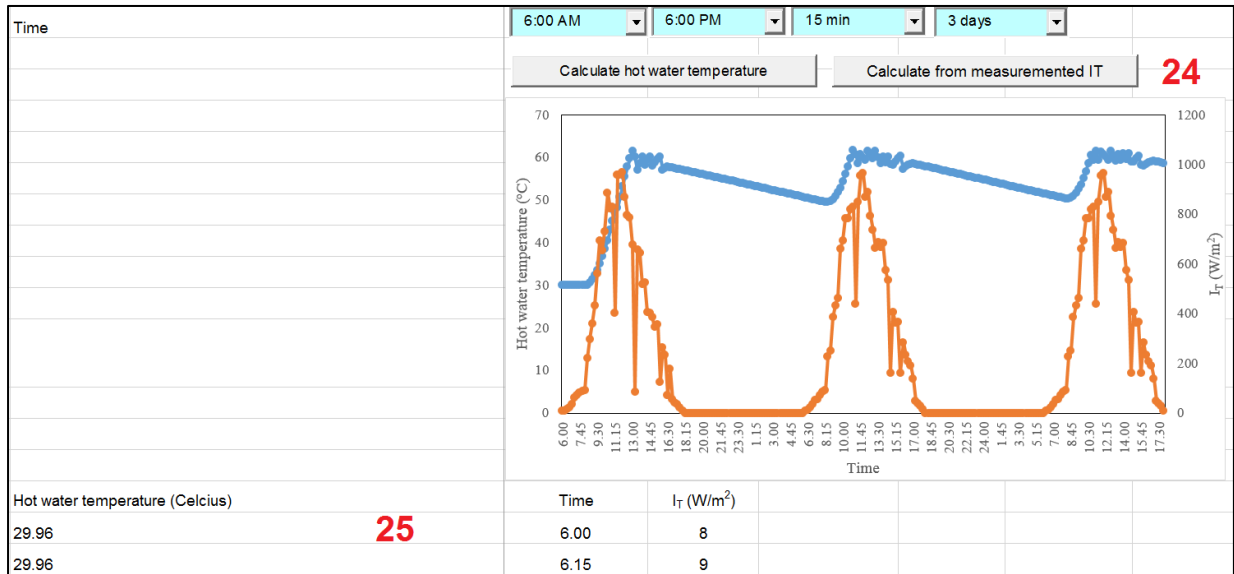
Temperature setting of auxiliary heat ( $T_{Set}$ )				15	60.00 °C
Heat rate of auxiliary heat ( $Q_{Aux}$ )				16	0.00 kW
Using of useful heat ( $Q_{Sup}$ and $T_{Sup}$ )		17	1.00		60.00 °C
Different temperature of supplied hot water				18	5.00 °C
Different water temperature to cut pump				19	1.00 °C
Filling water temperature in storage tank	21	Clear gharp		20	30.00 °C
Time	22	6:00 AM	6:00 PM	1 hr	3 days

รูปที่ 1.5 การเลือกขนาดถังเก็บน้ำร้อน ประเภทของตัวรับรังสีอาทิตย์และลักษณะการต่อรวม

23. ทำการปุ่ม  เพื่อคำนวณอุณหภูมิน้ำร้อนในถังเก็บน้ำร้อนจากข้อมูลต่าง ๆ ข้างต้น (หมายเลข 23) ดังแสดงในรูปที่ 1.6
24. ในกรณีที่ต้องการนำผลการตรวจวัดค่ารังสีอาทิตย์มาใช้ สำหรับการคำนวณอุณหภูมิน้ำร้อนในถังเก็บน้ำร้อน (สามารถทำการป้อนข้อมูลค่ารังสีอาทิตย์ใน Worksheet.Average IT และค่าอุณหภูมิอากาศแวดล้อมใน Worksheet.Average Temp) โดยกดปุ่ม  ดังแสดงในรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.6 ผลการคำนวณอุณหภูมิน้ำร้อนในถังเก็บน้ำร้อนโดยค่ารังสีอาทิตย์ทางทฤษฎี



รูปที่ 1.7 ผลการคำนวณอุณหภูมิน้ำร้อนในถังเก็บน้ำร้อนโดยค่ารังสีอาทิตย์ที่ได้จากการตรวจวัด

## บทที่ 2

### การพัฒนาโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์

โปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ มีการพัฒนาโปรแกรม Excel (Worksheet) ร่วมกับโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ VBA (Modules) ดังต่อไปนี้

#### 2.1 Worksheet

##### 2.1.1 Design Thermal (hour)

Solar auxiliary heat6 (Basic) - Excel

FILE HOME INSERT PAGE LAYOUT FORMULAS DATA REVIEW VIEW DEVELOPER Load Test Team

Clipboard Font Alignment Number Conditional Formatting Table Styles Cells

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2			Developed by: Associate Professor Dr.Nattaporn Chaiyat						Benzaky 2016 : Solar Water Heating System
3			Initial condition						
4			Start water temperature ( $T_{HW,Tank}$ )					30.00	°C
5			Year day (for year have 365 day, n) and solar radiation			Input			
6								0	
7			Daily global radiation on a horizontal surface (H)					0.00	MJ/m <sup>2</sup> .day
8			Location			Input			
9			Latitude of solar collector location ( $\phi$ )					0.0000	° N
10			Longitude of solar collector location ( $L_{loc}$ )					0.0000	°
11			Local constant coefficients			$a_1$		0.0000	
12						$a_2$		0.0000	
13						$b_1$		0.0000	
14						$b_2$		0.0000	
15			Attitude ( $\beta$ )					0.0000	°
16			Azimuth ( $\gamma$ )					0.0000	°
17			Reflectance of the foreground ( $\rho$ )			Input		0.0000	
18						Calculate solar radiation			
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32			Capacity of storage water tank ( $V_{ST}$ )					150.00	L
33			Type of solar collector			Input			

34	Heat remove factor ( $F_R(\tau\alpha)$ )				0.8100
35	Heat loss factor ( $F_R U_L$ )				2.5500 W/m <sup>2</sup> ·K
36	Area of solar collector ( $A_{SC}$ )				2.4000 m <sup>2</sup>
37	Mass flow rate of hot water circulate in each solar collector ( $\dot{m}_{SC,Unit}$ )				0.0430 kg/s
38	Heat transfer of storage tank ( $UA_{ST}$ )				3.00 W/K
39	Number of solar collector ( $N_{SC}$ )				1.00 Unit
40	Number of each solar collector row ( $N_{SC,Series}$ )				1.00 Unit
41	Number of each solar collector collumn ( $N_{SC,Parallel}$ )			Calculate number of column	
42	Suitable mass flow rate of supplied hot water ( $\dot{m}_{Sup}$ )			Optimal mass flow rate	
43	Temperature setting of auxiliary heat ( $T_{Set}$ )				60.00 °C
44	Heat rate of auxiliary heat ( $Q_{Aux}$ )				0.00 kW
45	Using of useful heat ( $Q_{Sup}$ and $T_{Sup}$ )		1.00	kW	60.00 °C
46	Different temperature of supplied hot water				5.00 °C
47	Different water temperature to cut pump				1.00 °C
48	Filling water temperature in storage tank				30.00 °C
49	Time				
50					
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63	Hot water temperature (Celcius)				
64	0.00				
65					

Clear gharp

Start  Stop  Step  Period

Calculate hot water temperature    Calculate from measurement IT

Time	I <sub>T</sub> (W/m <sup>2</sup> )
0.00	0

รูปที่ 2.1 โปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

```

#####
*****Benzaky: Solar Water Heating System*****
*****Developer: Dr.Nattaporn Chaiyat*****
#####
    
```

- Option Explicit
- Public LatitudeThailand As Double
- Public SolarCon As Double
- Public ODayMonth As Double
- Public OSR1 As Double
- Public OLat As Double
- Public OAlt As Double
- Public OAzi As Double
- Public Oa1 As Double
- Public Oa2 As Double
- Public Ob1 As Double
- Public Ob2 As Double