



## การใช้น้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ด้วยระบบผสมผสาน

กิตติ ดวงใจบุญ  
หัวหน้าแผนกพลังงานทดแทน  
ฝ่ายพลังงาน

โครงการ Training School  
บริษัท ไอ อีซีเอ็ม จำกัด

6 มิถุนายน 2552



## Agenda

- ระบบผลิตน้ำร้อนชนิดต่างๆ
- หลักการทำงานของระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน

## Coffee Break

- การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน
- กรณีศึกษาโรงแรมโดมอนด์ดองเทจ รีสอร์ทแอนด์สปา จ.ภูเก็ต



## ระบบผลิตน้ำร้อนชนิดต่างๆ



ระบบผลิตน้ำร้อนแบ่งออกเป็น 2 ชนิด  
หลัก ๆ คือ

1. เครื่องทำน้ำร้อนชนิดหม้อต้ม  
(Storage Tank Heater)



2. เครื่องทำน้ำร้อนชนิดน้ำผ่าน  
(Tankless Heater)



ระบบผลิตน้ำร้อนเมื่อแบ่งออกตามชนิดเชื้อเพลิง จะสามารถแบ่งออกได้ดังนี้



เครื่องทำน้ำร้อนแบบใช้ถ่านหิน (Coal Fired Heater)

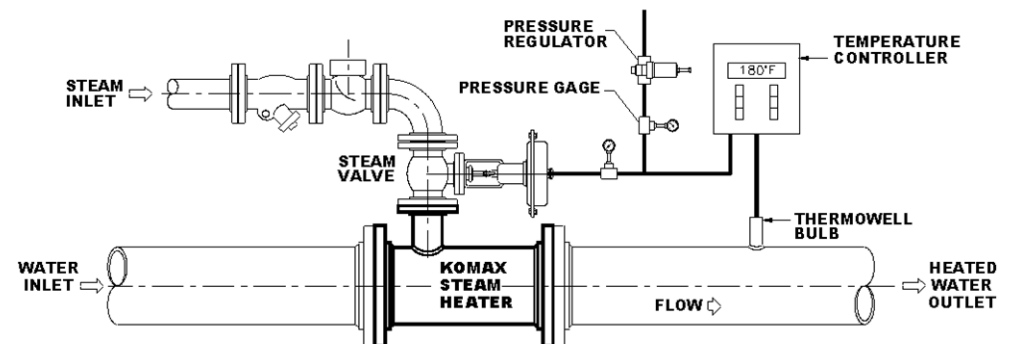
เครื่องทำน้ำร้อนแบบใช้ก๊าซ (Natural Gas Water Heater)





## เครื่องทำน้ำร้อนแบบใช้น้ำผ่าน (Indirect Steam Water Heater)

## เครื่องทำน้ำร้อนแบบใช้น้ำผสม (Direct Steam Water Heater)





## เครื่องทำน้ำร้อนแบบใช้น้ำมัน (Oil Fired Water Heater)

## เครื่องทำน้ำร้อนแบบ Heat Pump (Heat Pump Water Heater)







## เครื่องทำน้ำร้อนแบบใช้แสงอาทิตย์ (Solar Collector Water Heater)

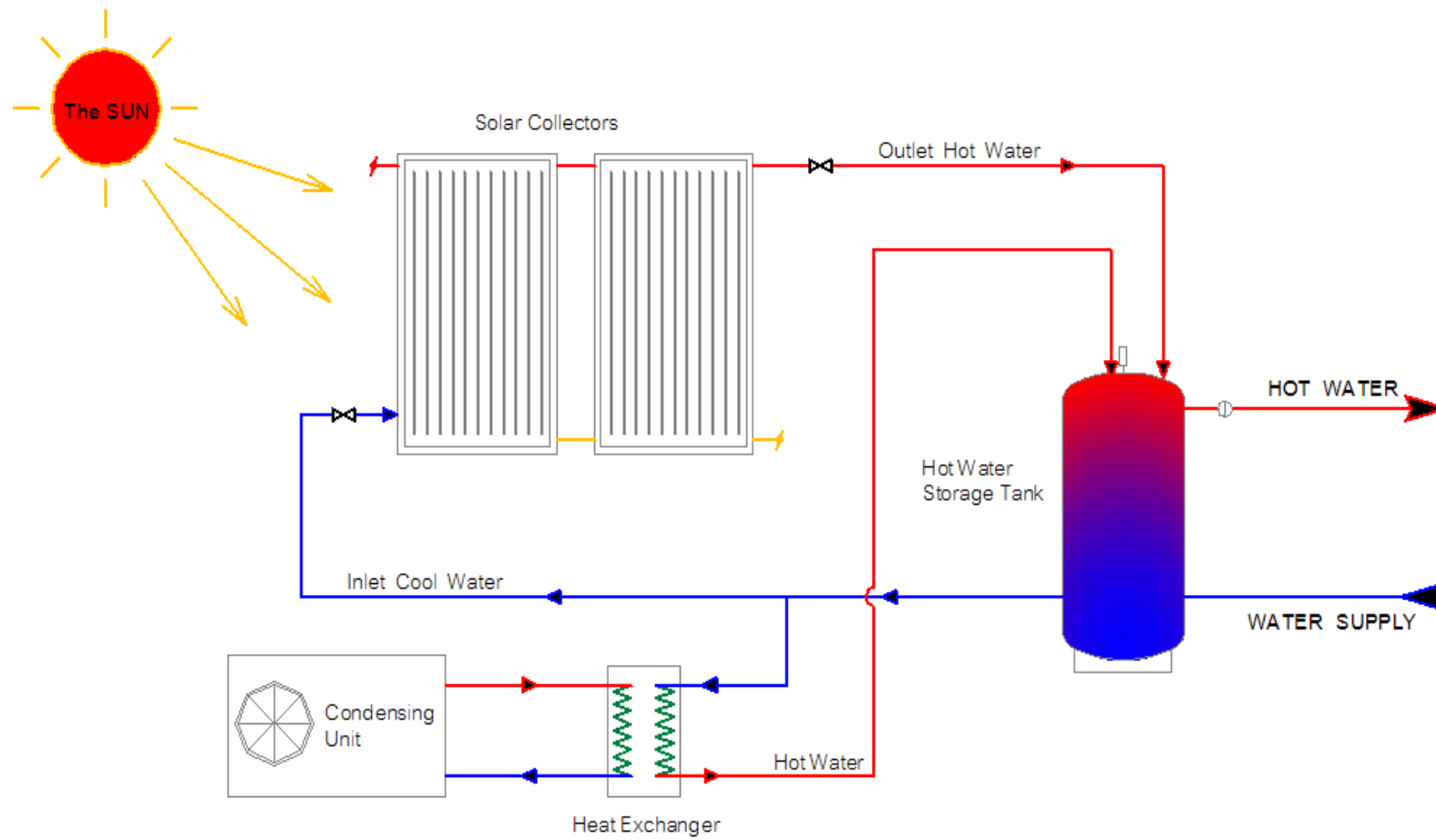
## เครื่องทำน้ำร้อนจากความร้อนทิ้ง (Waste Heat Water Heater)







## หลักการทำงานของ ระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน

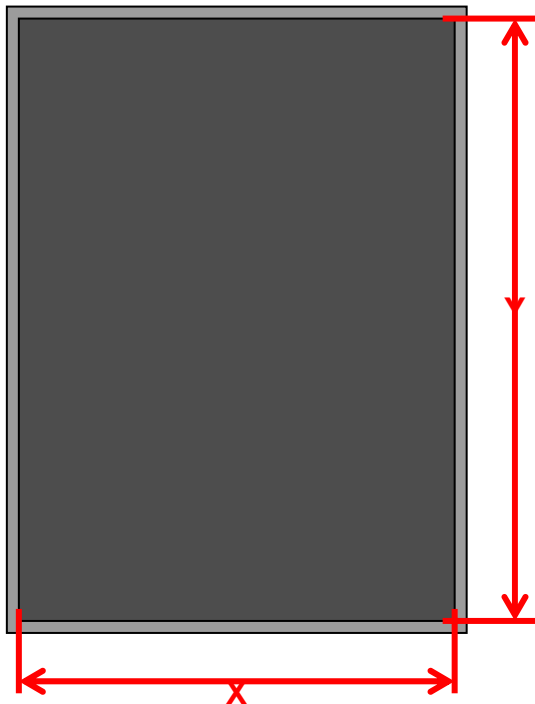




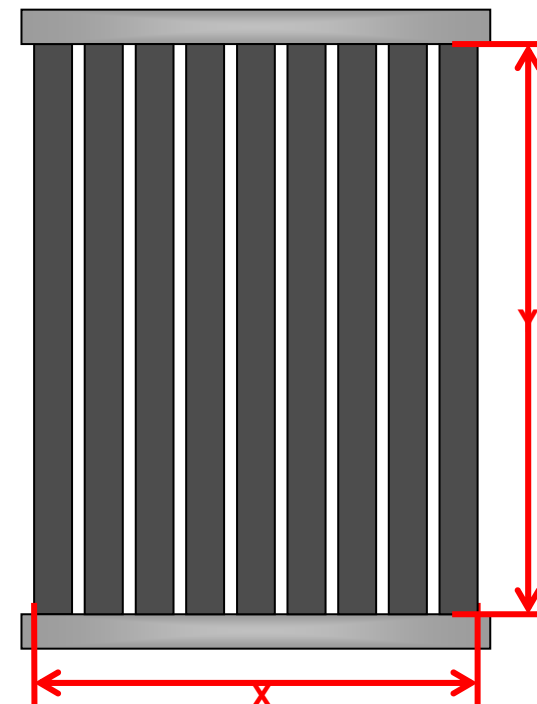
## เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตน้ำร้อน เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีด้วยกัน 2 แบบ คือ

### 1. แผ่นรับแสงแบบแผ่นเรียบ (Flat plate collector)

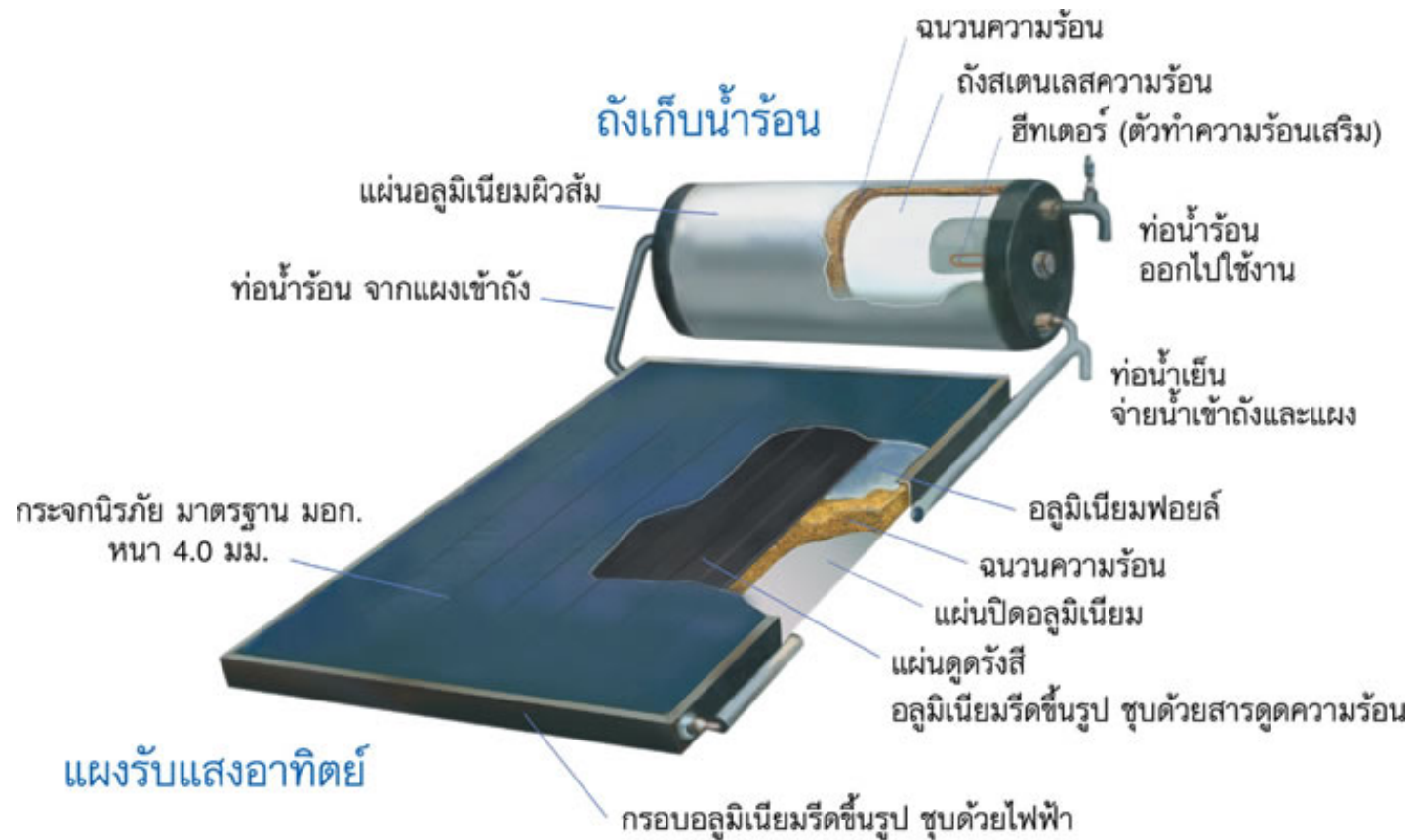


### 2. หลอดแก้วสุญญากาศ (Evacuated tube collector)



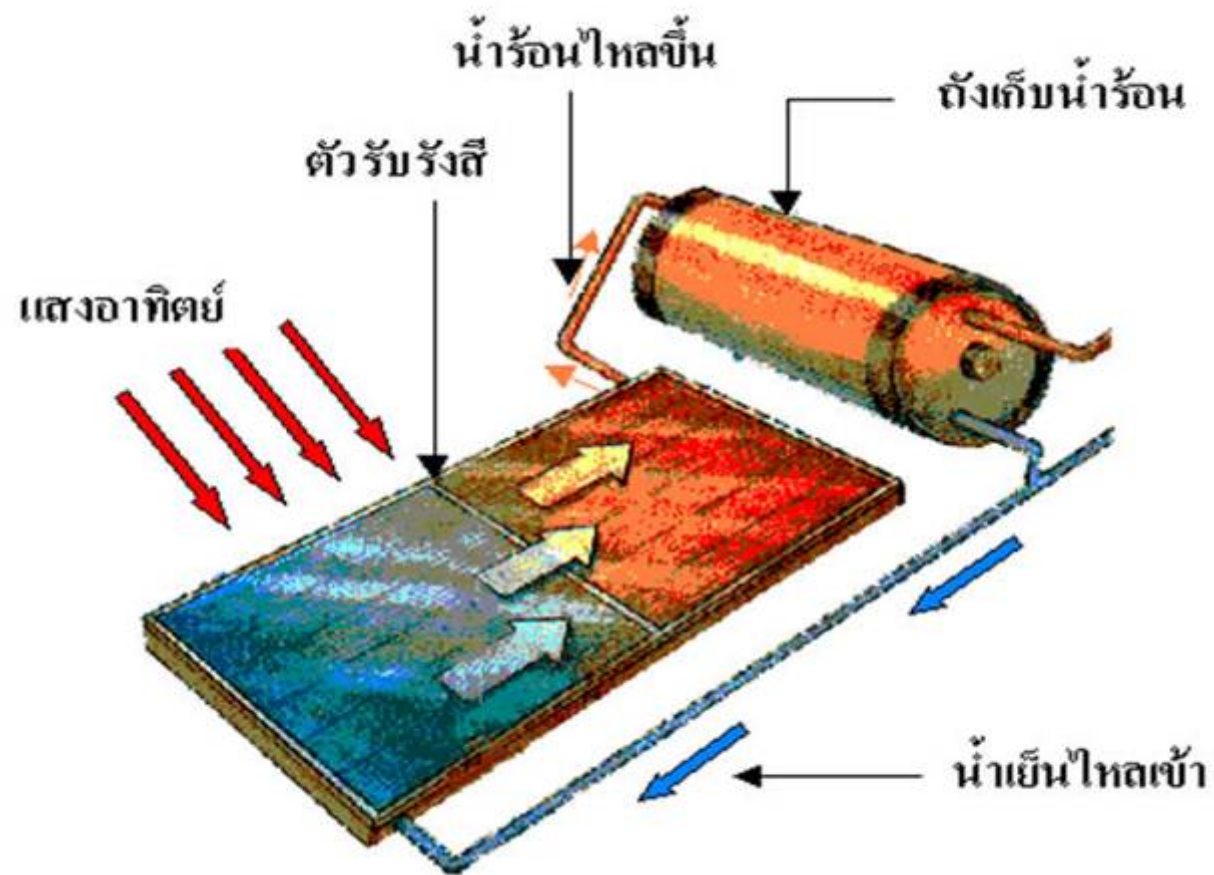


## ส่วนประกอบของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ



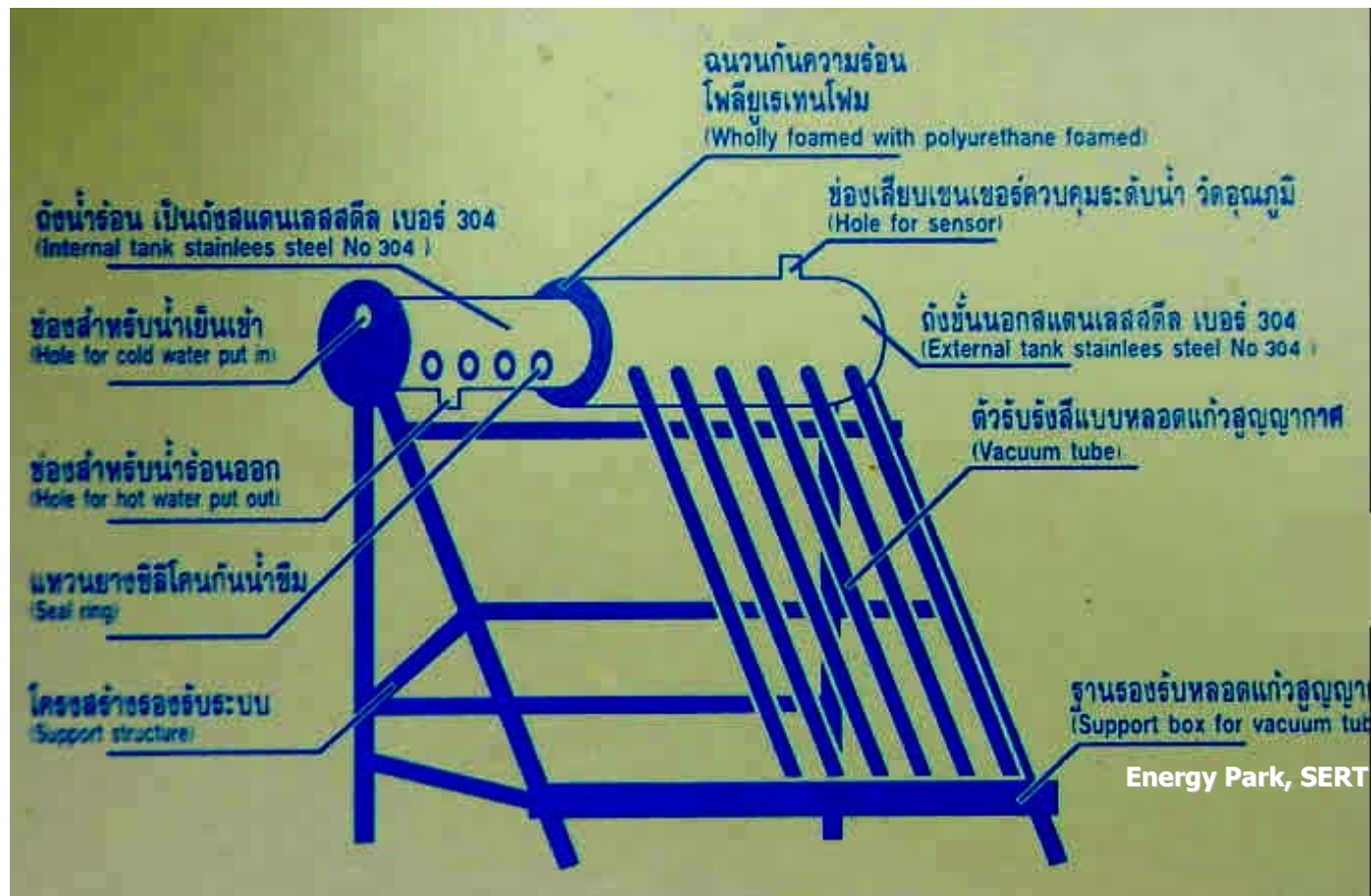


## หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ





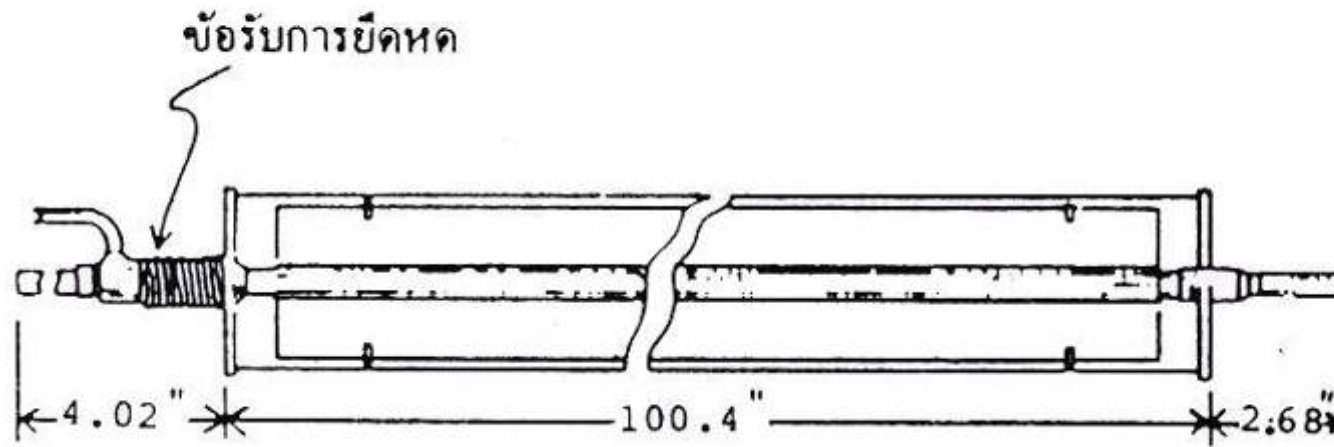
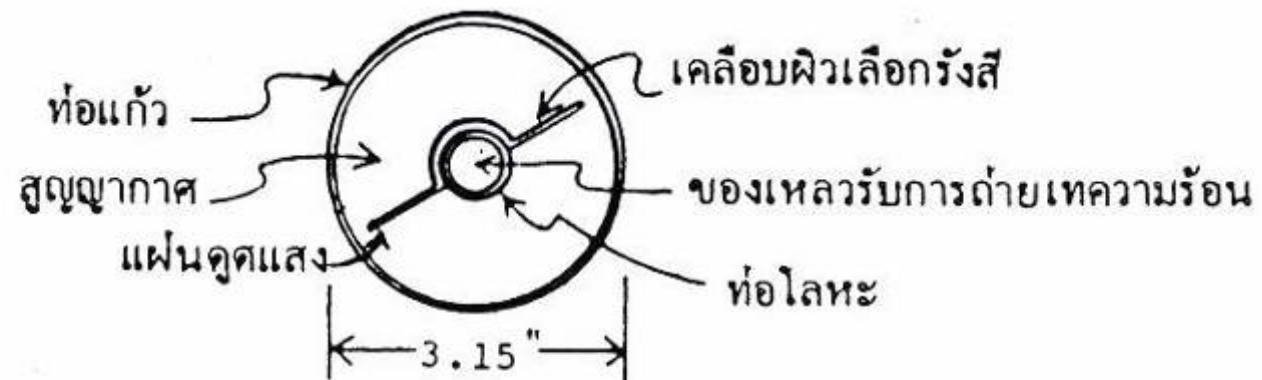
## ส่วนประกอบของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลอดสุญญากาศ





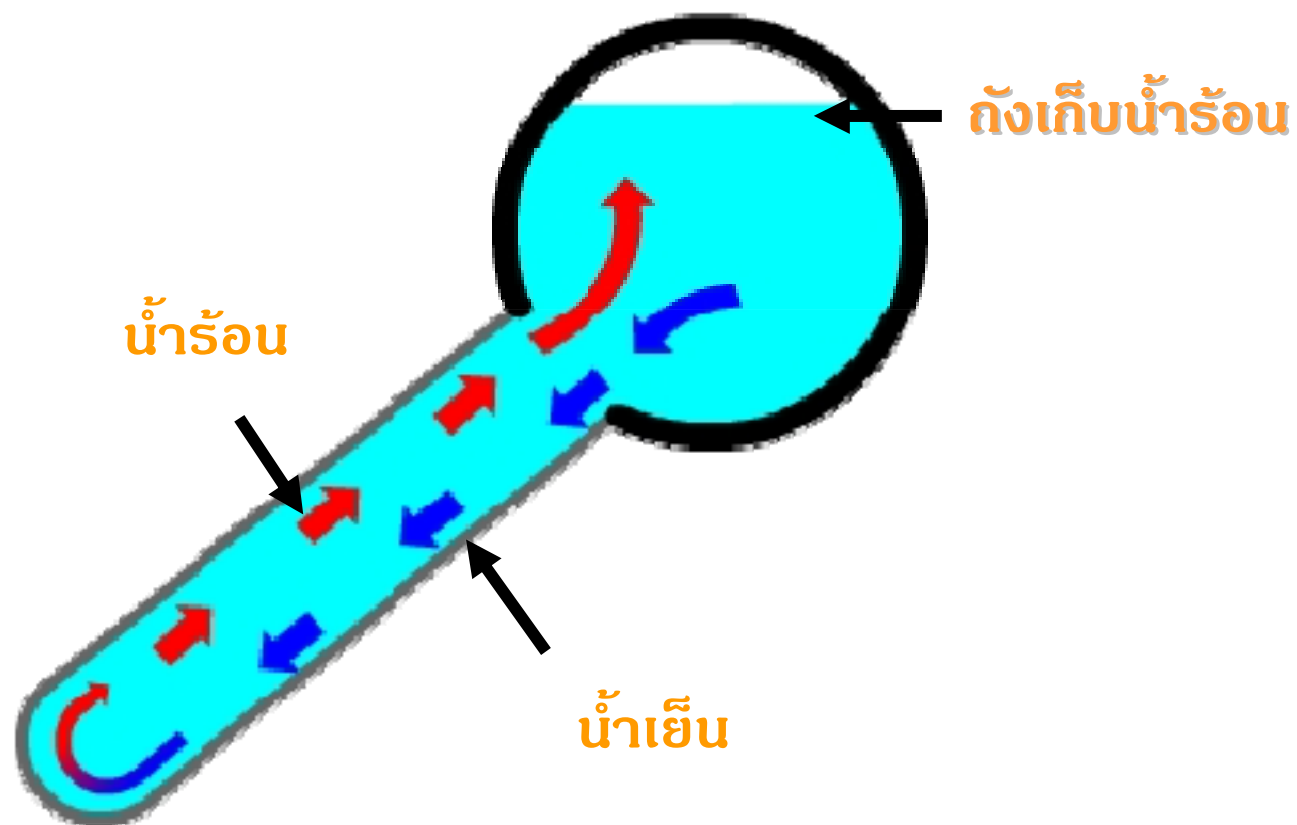


## รายละเอียดของหลอดสุญญากาศแบบดูดกลืนรังสี



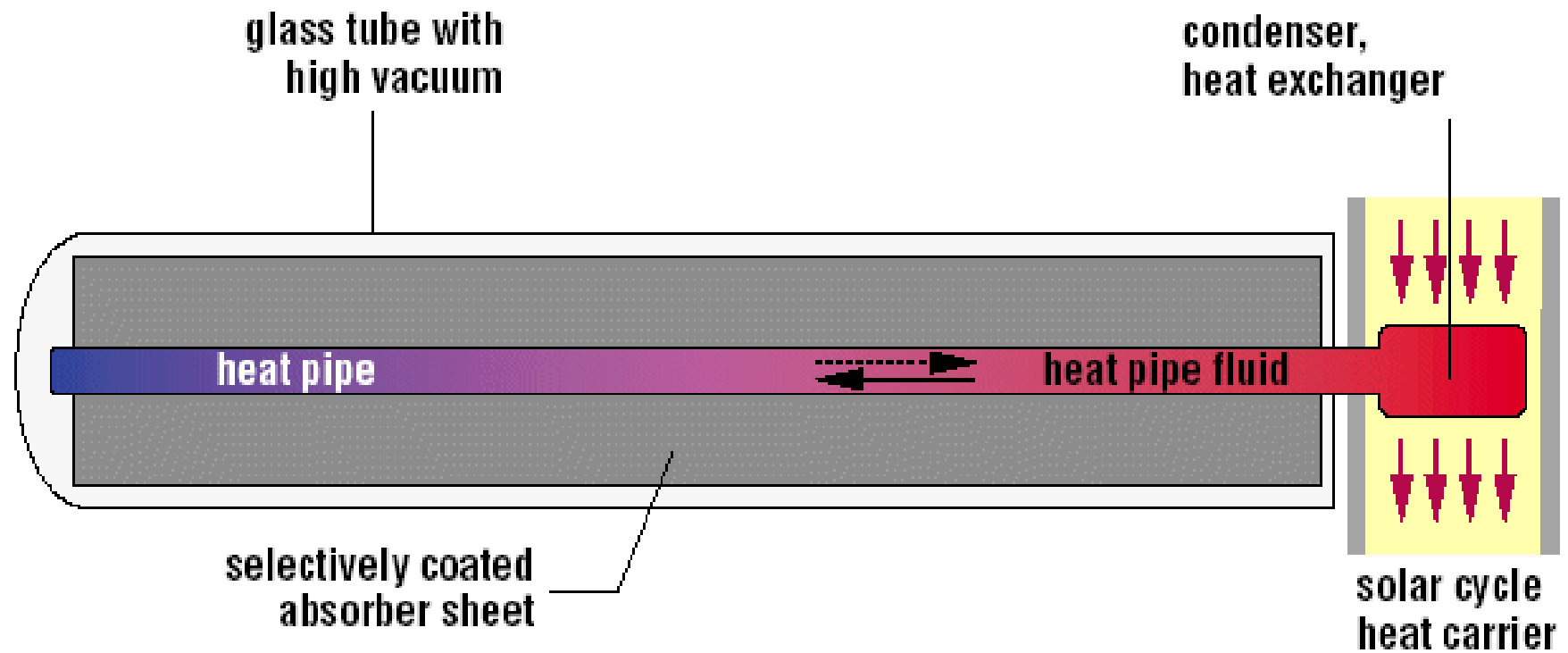


หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบหลอดสูญญากาศ



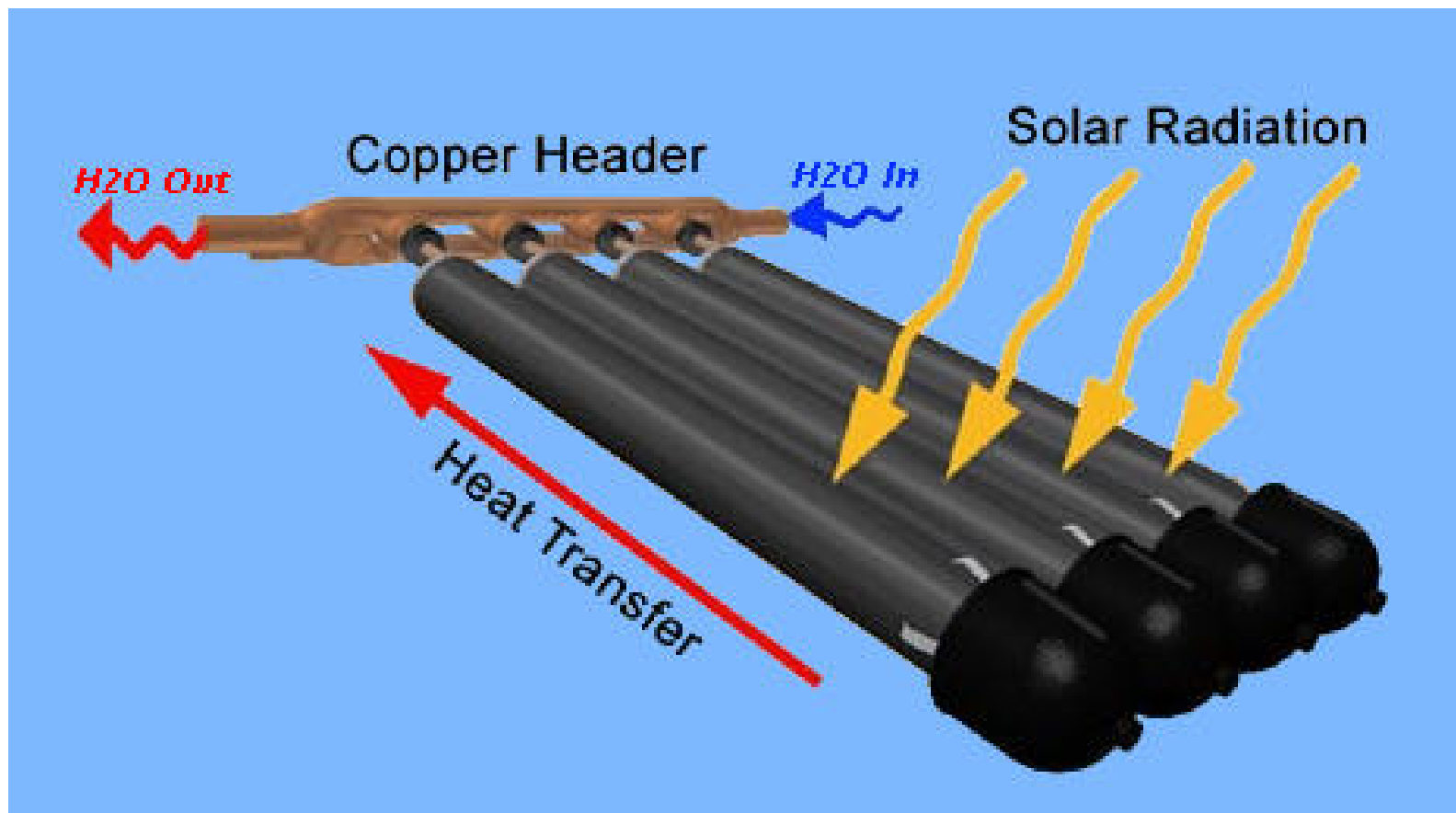


## รายละเอียดของหลอดสุญญากาศแบบ Heat pipe



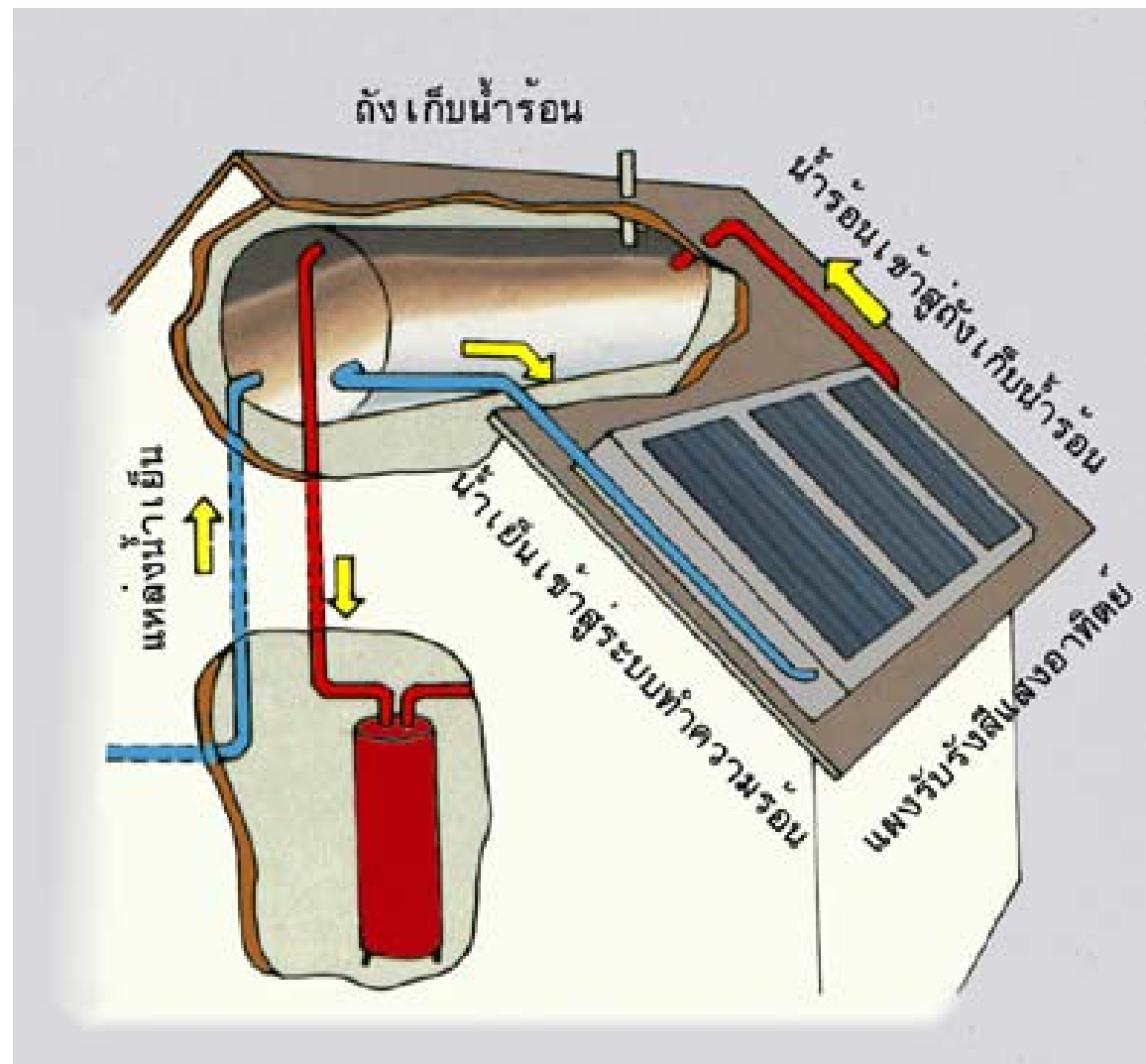


## หลักการทำงานของหลอดสุญญากาศแบบ Heat pipe





## การใช้งานเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์โดยทั่วไป





เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์  
สวนพลังงาน วิทยาลัยพลังงานทดแทน ม.นเรศวร







ลานสาธิตเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์  
วิทยาลัยพลังงานทดแทน ม.นเรศวร



Energy Park, SERT



การใช้เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์อย่างแพร่หลายในประเทศจีน



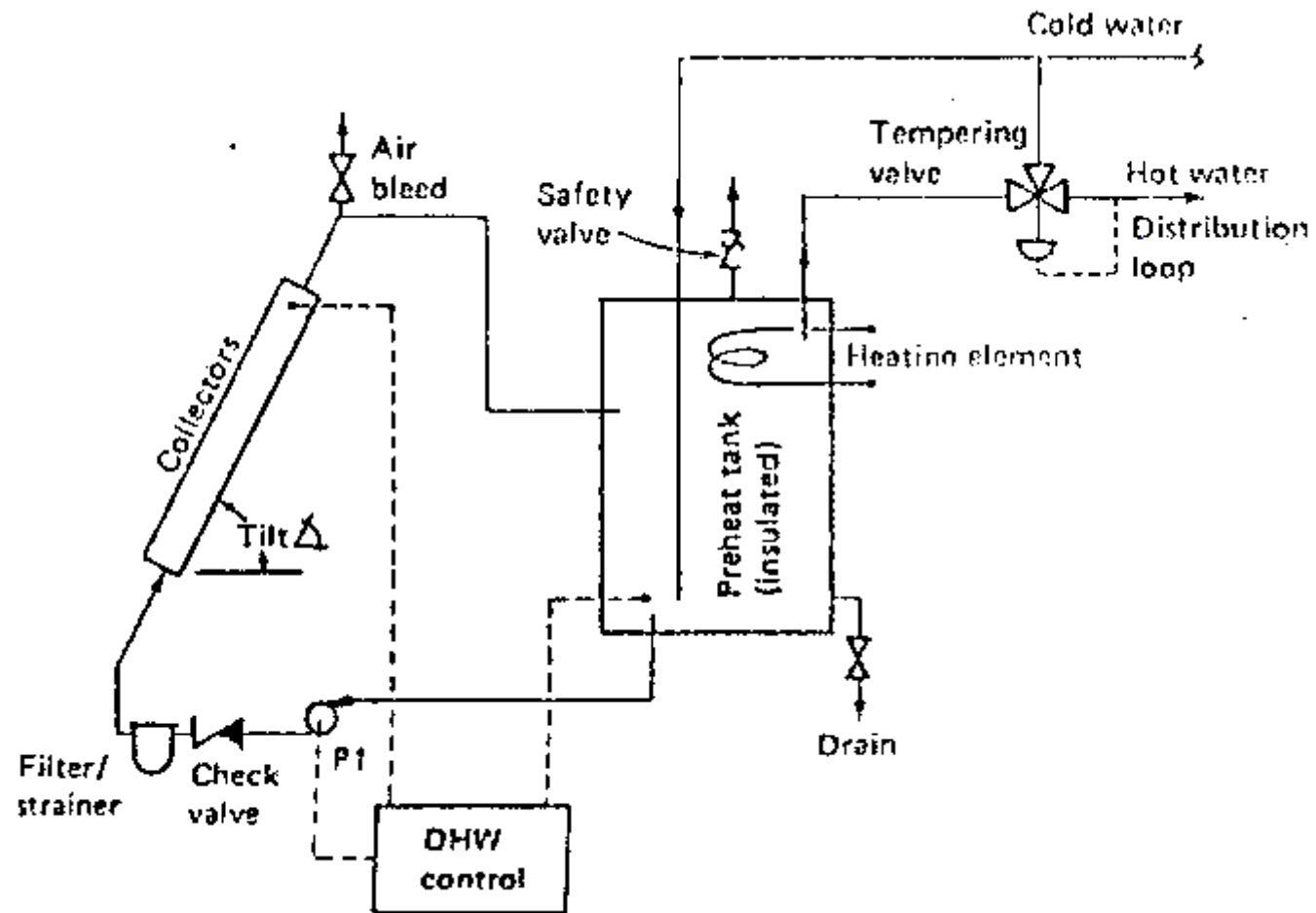


## ชนิดของระบบเครื่องทำน้ำร้อน

- 1) แบบระบบใช้น้ำรับความร้อนโดยตรงจากตัวรับรังสี (Direct System)
- 2) แบบระบบใช้น้ำรับความร้อนจากตัวแลกเปลี่ยนความร้อนที่ได้จากของเหลวที่ไหลเวียนรับความร้อนจากตัวรับรังสี (Indirect System)



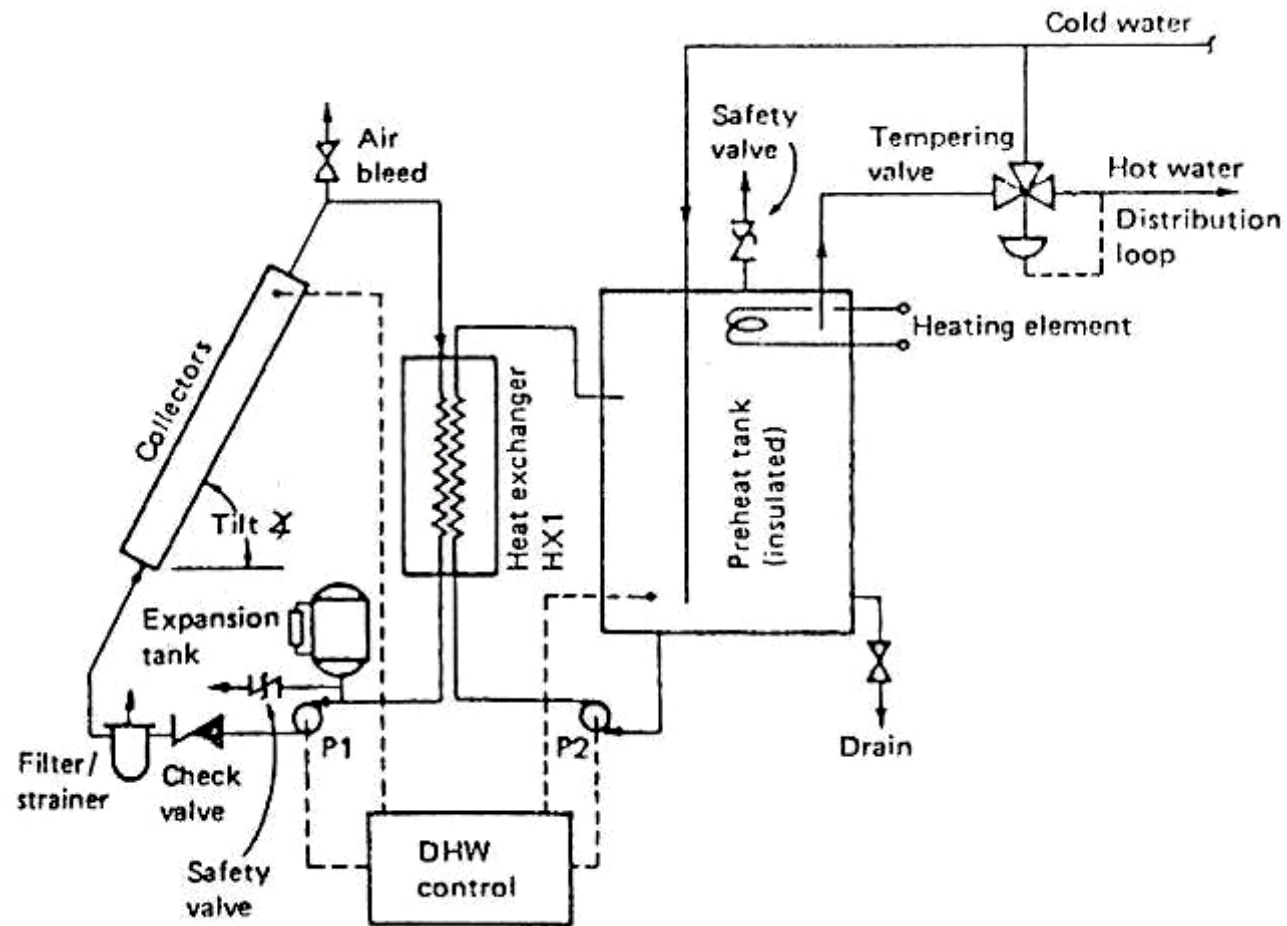
## Direct System







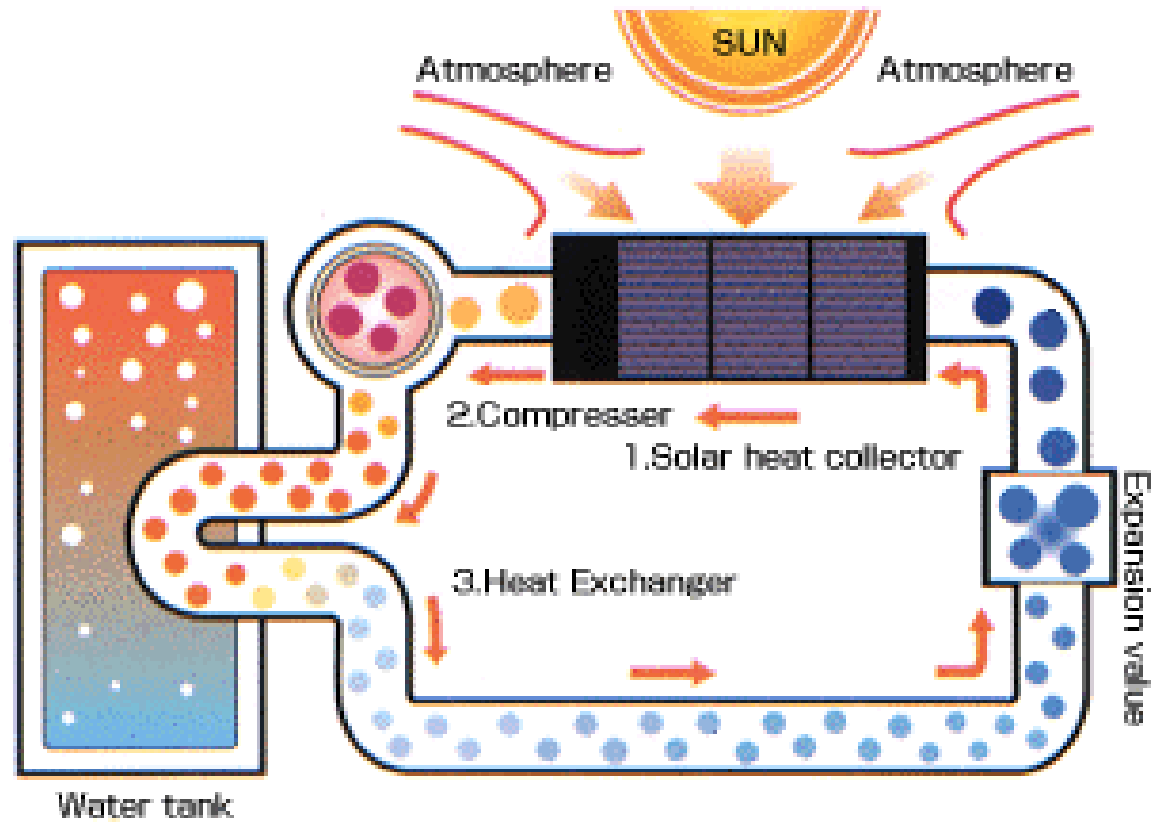
## Indirect System





## Indirect System

**It's SOLPIA style - boiling clean hot water !**







## เปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียระหว่างเครื่องทำน้ำร้อน พลังงานแสงอาทิตย์และเครื่องทำน้ำร้อนแบบใช้ไฟฟ้าหรือน้ำมันเตา



### เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

- 1.ประหยัดค่าไฟฟ้า น้ำมันเตา
- 2.ช่วยรักษาสีสิ่งแวดล้อม
- 3.พลังงานที่ได้จากธรรมชาติและไม่มีวันหมด
- 4.ทนทาน อายุการใช้งานยาวนานเกิน10 ปีขึ้นไป
- 5.การลงทุนในครั้งแรกสูงกว่า แต่ให้ผลตอบแทนระยะยาว
- 6.ไม่มีปัญหาเรื่องอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ อาทิ น้ำร้อน ๆ เย็น ๆ อันเนื่องมาจากแรงดันน้ำต่ำ หรือ แรงดันไม่คงที่
- 7.ช่วยลดงบประมาณการเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าให้แก่ ประเทศชาติ ซึ่งต้นทุนสูงมาก
- 8.ติดตั้งเพียงเครื่องเดียวสามารถใช้น้ำร้อนได้ทุกจุดตามที่ต้องการ

### เครื่องทำน้ำร้อนแบบใช้ไฟฟ้าหรือน้ำมันเตา

- 1.ไม่ประหยัดค่าไฟฟ้า น้ำมันเตา
- 2.ไม่ช่วยรักษาสีสิ่งแวดล้อม เพราะต้องการไฟฟ้าที่ได้จากการเผาเชื้อเพลิงคาร์บอนที่ทำให้เกิดมลภาวะในอากาศ
- 3.ในขนาดค่าไฟฟ้า น้ำมันเตาจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง
- 4.อายุการใช้งานสั้นกว่า
- 5.ลงทุนครั้งแรกต่ำ แต่ต้องจ่ายค่าไฟฟ้า น้ำมันในอัตราสูงขึ้นเรื่อย ๆ
- 6.มีปัญหาอุณหภูมิ น้ำร้อน ๆ เย็น ๆ ในระหว่างการอาบน้ำ หรือใช้น้ำ กรณิระบบไฟฟ้า
- 7.ไม่ช่วยประหยัดงบประมาณของประเทศชาติ
- 8.การติดตั้งเป็นเฉพาะจุดที่ต้องการเท่านั้นกรณิระบบไฟฟ้า



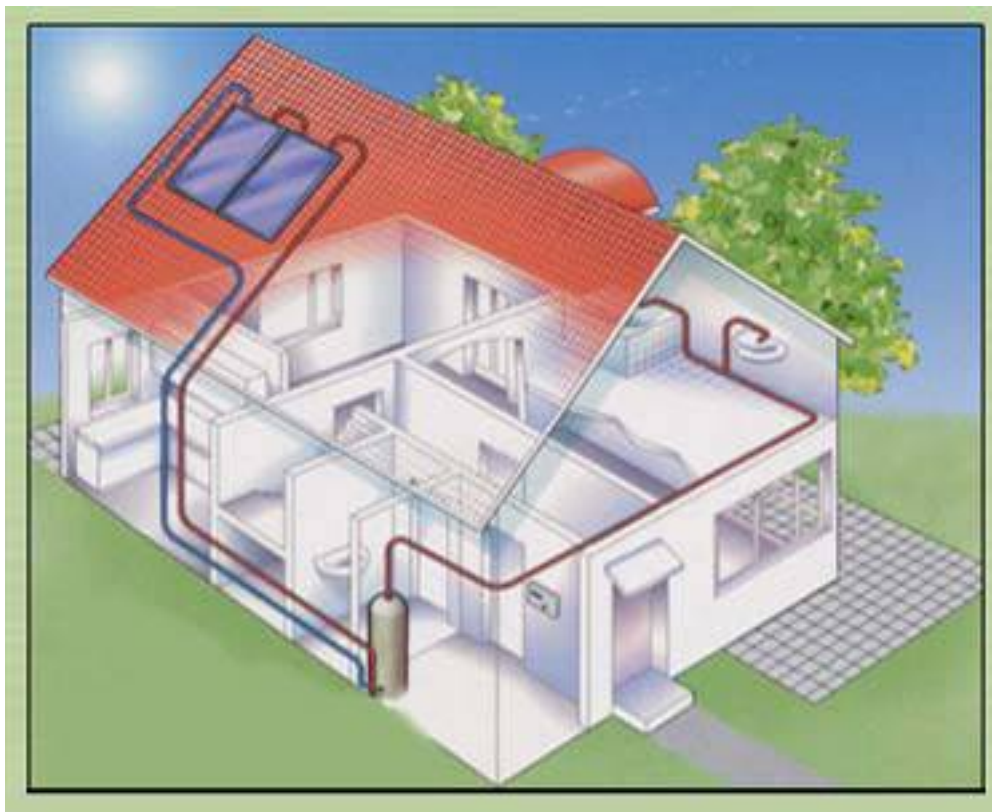
## ประโยชน์ของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์



- ไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงในการทำน้ำร้อน
- ลดมลภาวะจากการใช้เชื้อเพลิงธรรมชาติ
- ลดการจ่ายค่าไฟฟ้า น้ำมันรายเดือน
- สามารถใช้ได้กับงานอุปโภคบริโภคทุกประเภท
- สามารถติดตั้งได้ทุกที่ที่ไม่มีร่มเงาบัง
- ปลอดภัยมากกว่าเครื่องทำน้ำร้อนชนิดอื่น
- เครื่องเดียวสามารถใช้งานได้หลายจุดในบ้าน
- อายุการใช้งานนานกว่า 10 ปี
- คืนทุนได้ในเวลา 4 – 5 ปี กรณีใช้แสงอาทิตย์อย่างเดียว  
และอาจไม่เกิน 1-3 ปีกรณีใช้ร่วมกับแหล่งความร้อนเหลือทิ้ง



## การประยุกต์ใช้งาน



### ระบบอิสระ (Stand Alone)

เป็นระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้กันตามบ้านพักอาศัยโดยทั่ว ๆ ไป มีขนาดของถังเก็บน้ำร้อน ประมาณ 200 ลิตร 300 ลิตร หรือ 600 ลิตร ขึ้นอยู่กับปริมาณผู้พักอาศัยภายในบ้านหลังนั้น ๆ







## ระบบขนาดใหญ่หรือระบบรวมศูนย์



เป็นระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ติดตั้งเพื่อใช้งานในที่อยู่อาศัยที่มีคนอยู่รวมกันมาก ๆ หรือมีความต้องการใช้น้ำร้อนปริมาณมาก เช่น คอนโดมิเนียม อพาร์ทเมนต์ โรงแรม โรงพยาบาล เป็นต้น

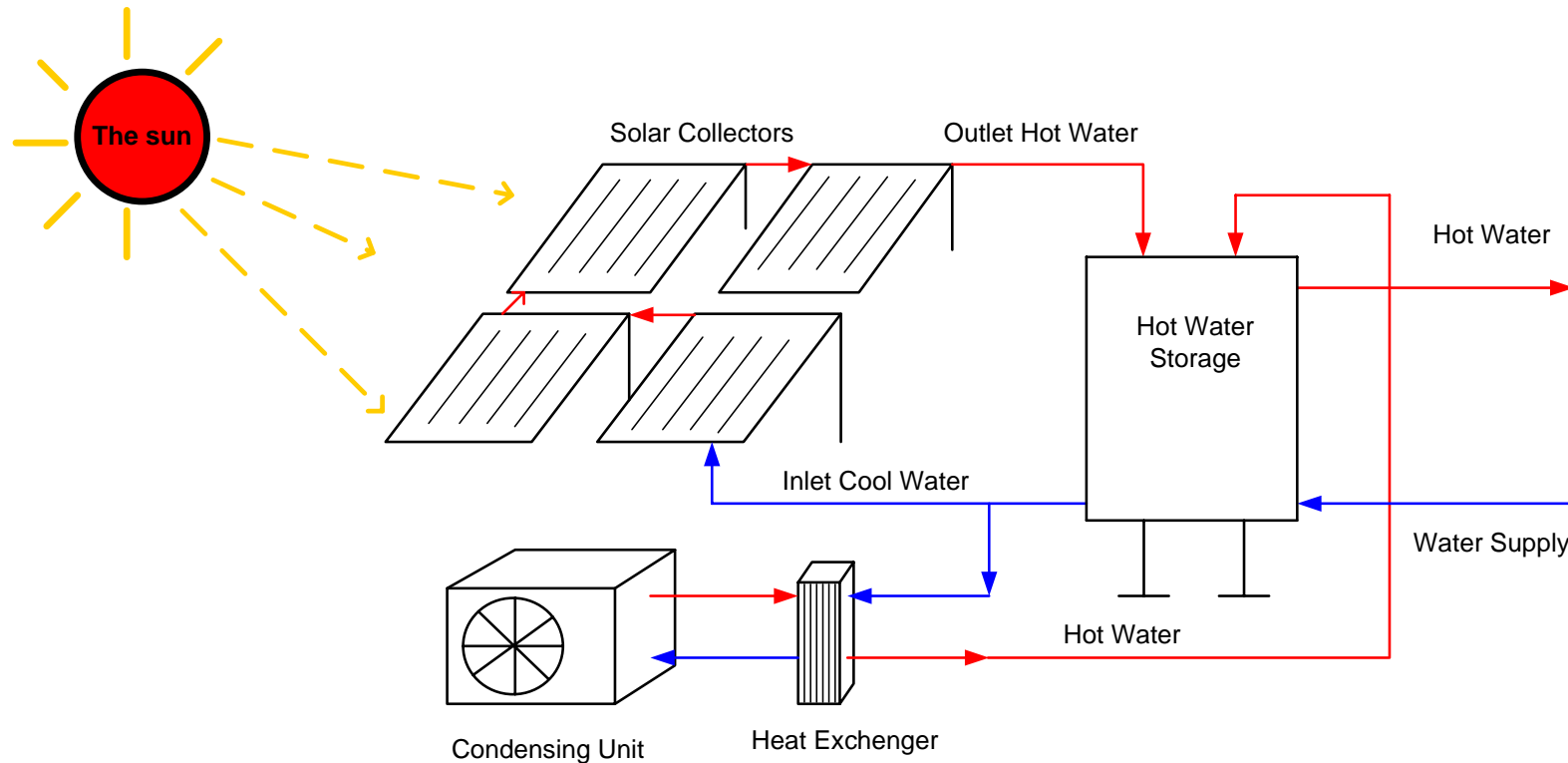








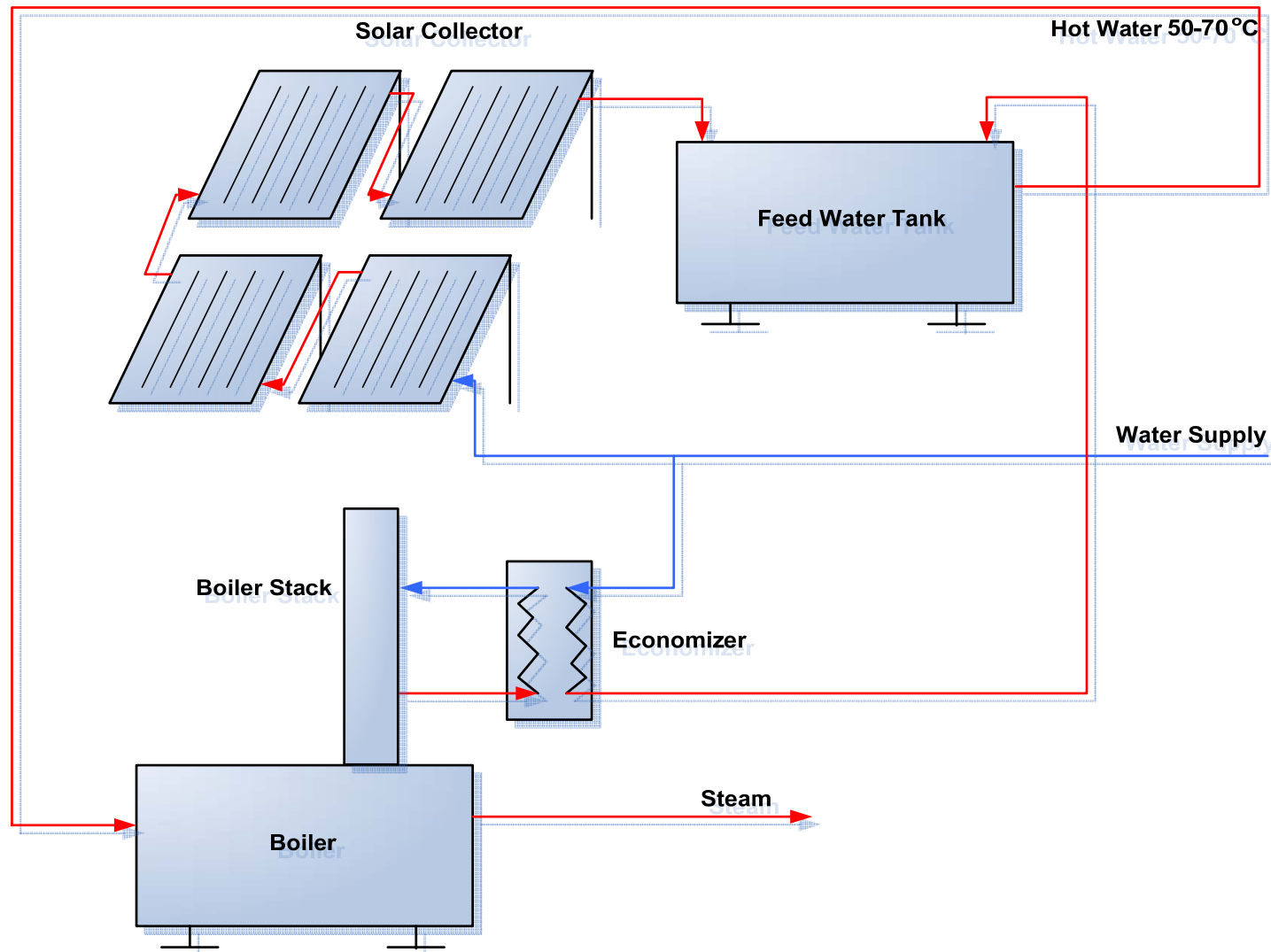
## ระบบผสมผสาน (Hybrid)

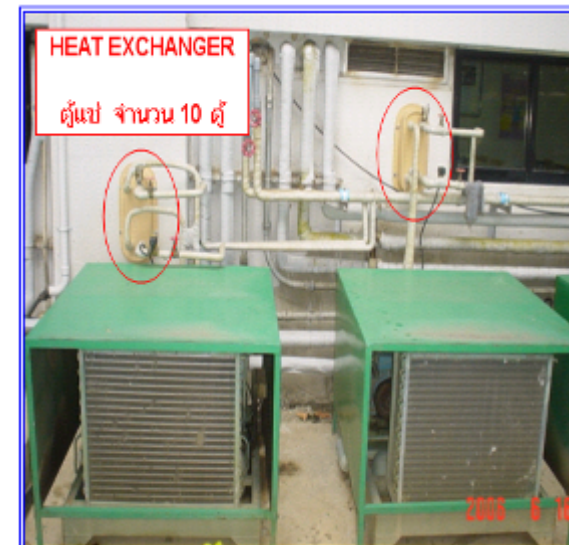


เป็นระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับแหล่งกำเนิดความร้อนอื่น ๆ เช่น ความร้อนเหลือทิ้งจากระบบปรับอากาศ และระบบทำความเย็น เป็นต้น ซึ่งระบบนี้จะมีระยะเวลาการคืนทุนที่เร็วขึ้น



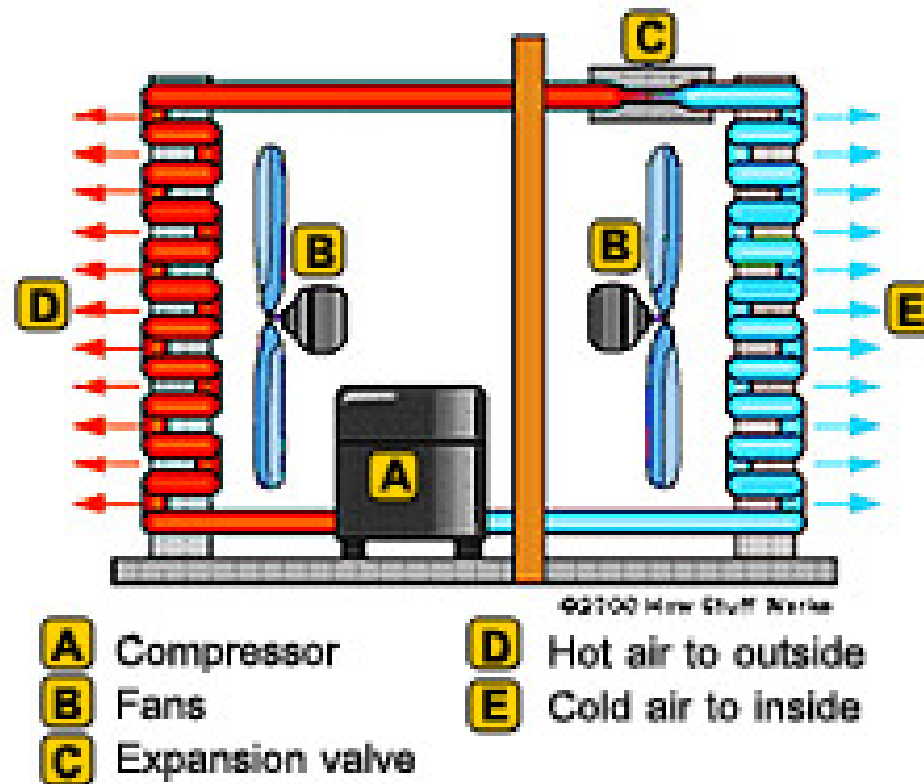
## ระบบผสมผสาน พลังงานแสงอาทิตย์และความร้อนเหลือทิ้งจากหม้อไอน้ำ







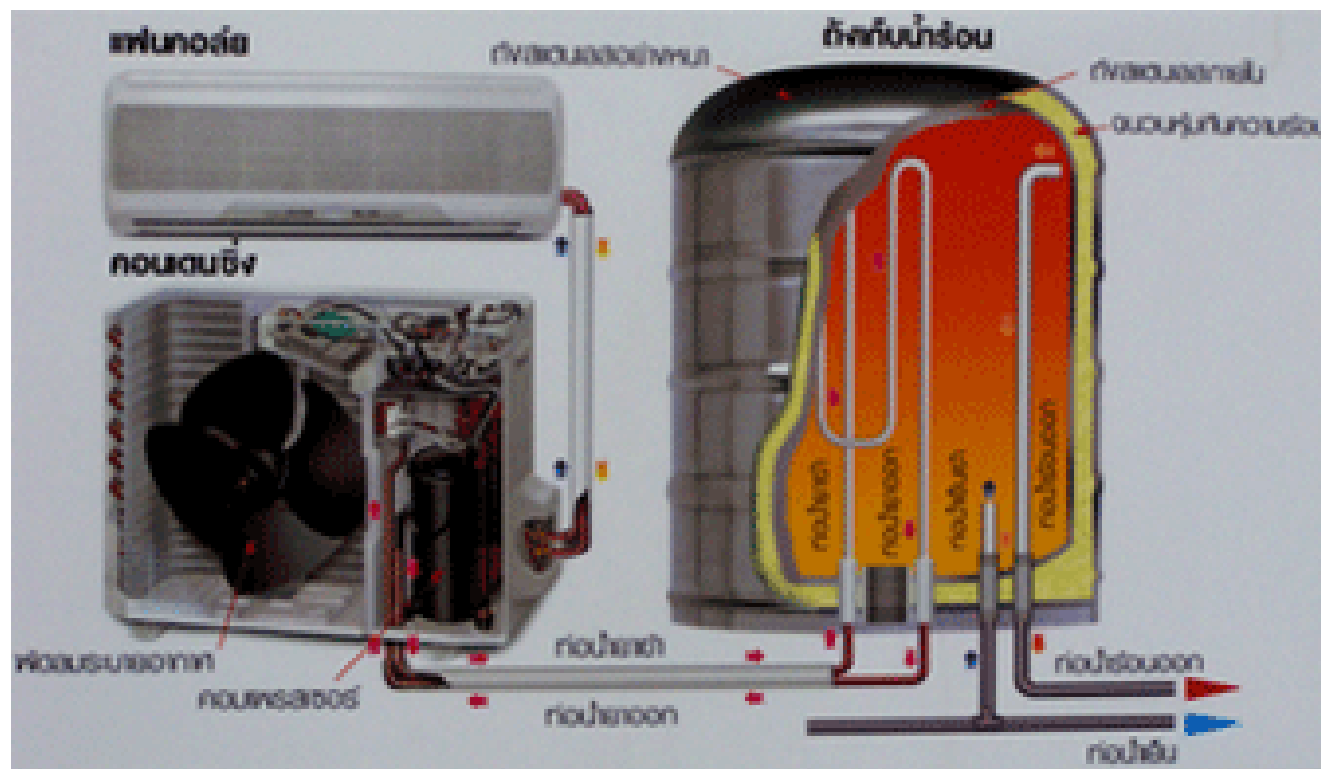
## หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ



ภาพแสดงหลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

ที่มา : เครื่องทำน้ำร้อน PAC , Modern Environmental Co, Ltd.







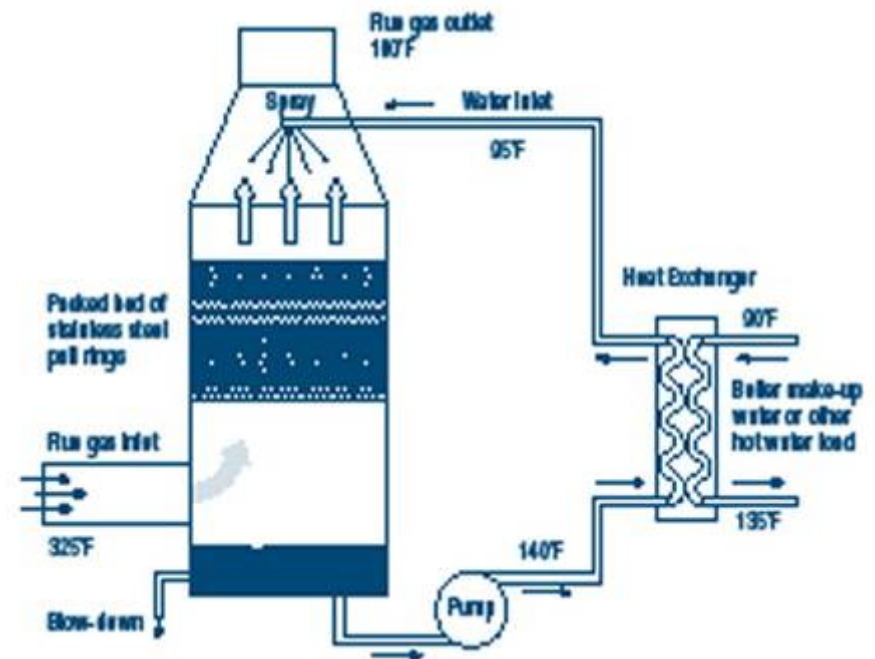
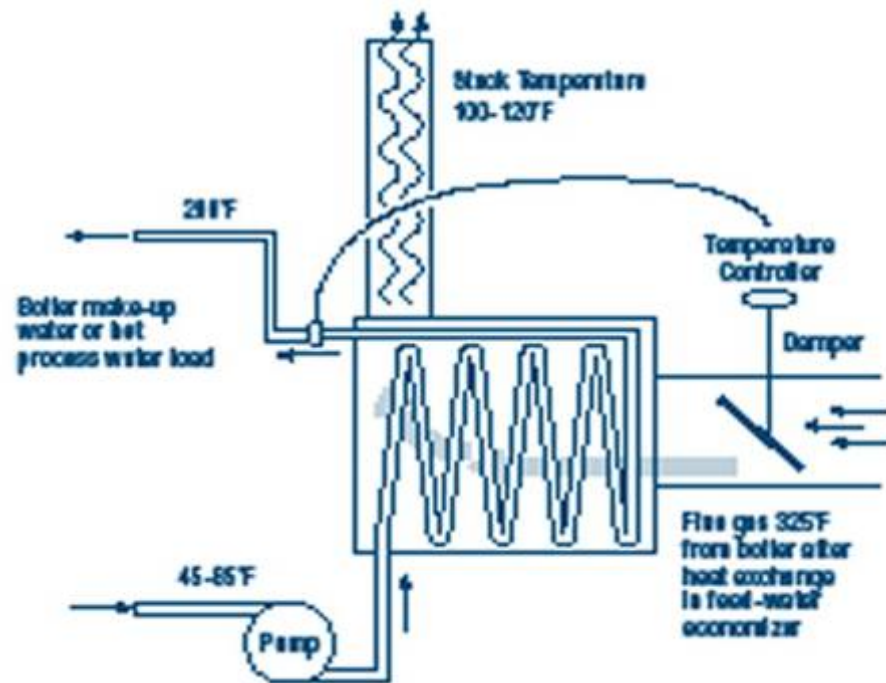
## ระบบทำน้ำร้อนด้วยเครื่องปรับอากาศ (ระบบโรงแรม)



ที่มา : Solar Ultra; <http://www.solarfreeenergy.net>



## Economizer





# การศึกษาความเป็นไปได้ ในการใช้ระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน



## การศึกษาและออกแบบเบื้องต้น

### รายละเอียดในการศึกษา

- สรุปผลการประเมินความต้องการการใช้ความร้อน
- ขนาดของระบบที่เหมาะสม
- การประเมินผลการประหยัด การลงทุน และค่าใช้จ่ายต่าง ๆ
- แบบ schematic diagram
- ข้อเสนอแนะในการติดตั้ง และการทดสอบระบบ



## แนวทางการออกแบบระบบที่เหมาะสม



- การประเมินความต้องการของระบบ
- การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้
- การกำหนดขนาดระบบแสงอาทิตย์
- การเลือกขนาดของระบบที่เหมาะสม



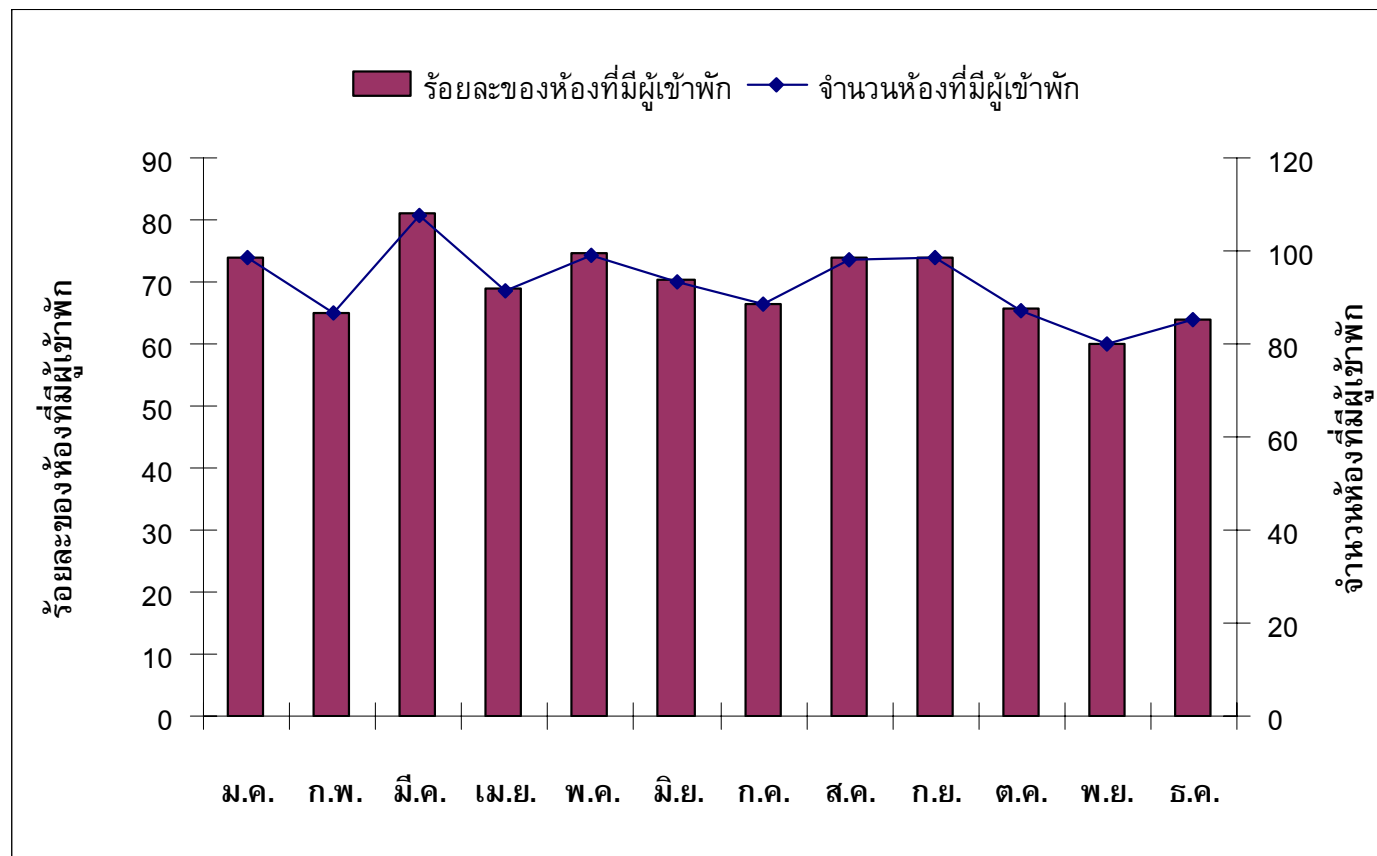


## การประเมินความต้องการของระบบ





## อัตราการใช้น้ำร้อน ในสถานประกอบการ





## การประเมินความต้องการของระบบ

### ค่าที่ใช้ในการคำนวณและการประเมิน

	Consumption per occupant		Peak demand per occupant		Storage per occupant	
	<i>liter/day</i>	<i>gal/day</i>	<i>liter/hr</i>	<i>gal/hr</i>	<i>liter</i>	<i>gal</i>
<b>Factories (no process)</b>	<b>22 - 45</b>	<b>5-10</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>
<b>Hospitals, general</b>	<b>160</b>	<b>35</b>	<b>30</b>	<b>7</b>	<b>27</b>	<b>6</b>
<b>Hospitals, mental</b>	<b>110</b>	<b>25</b>	<b>22</b>	<b>5</b>	<b>27</b>	<b>6</b>
<b>Hostels</b>	<b>90</b>	<b>20</b>	<b>45</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>7</b>
<b>Hotels</b>	<b>90 - 160</b>	<b>20 - 35</b>	<b>45</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>7</b>
<b>Houses and flats</b>	<b>90 - 160</b>	<b>20 - 35</b>	<b>45</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>7</b>
<b>Offices</b>	<b>22</b>	<b>5</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>
<b>Schools, boarding</b>	<b>115</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>4</b>	<b>25</b>	<b>5</b>
<b>Schools, day</b>	<b>15</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>



## การประเมินความต้องการของระบบ



### ค่าที่ใช้ในการคำนวณและการประเมิน



Ambient temperature	30	C
Hot water temperature	60	C
Inlet water temperature	25	C

หรือตามความต้องการจริงของแต่ละสถานประกอบการ



## การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้

**มีศักยภาพการนำกลับมาใช้**

**มีความเหมาะสมทางปริมาณ  
ความร้อนและการทำงาน**

**คุ้มค่าการลงทุน**

**พิจารณาเลือกอุปกรณ์**

- ระบบปรับอากาศ
- ระบบอัดอากาศ
- หม้อไอน้ำ
- อื่น ๆ



## แหล่งและระดับอุณหภูมิของความร้อนทั้งอุณหภูมิสูง



อุปกรณ์	อุณหภูมิ(C)
Aluminum refining furnace	650-750
Zinc refining furnace	750-1100
Copper refining furnace	750-800
Steel heating furnace	900-1050
Copper reverberatory furnace	900-1100
Cement kiln (dry process)	600-750
Glass melting furnace	1000-1550
Solid waste incinerator	650-1000
Fume incinerator	650-1450





## แหล่งและระดับอุณหภูมิของความร้อนทิ้งอุณหภูมิปานกลาง

อุปกรณ์	อุณหภูมิ (C)
Steam boiler exhaust	220-380
Gas turbine exhaust	380-540
Reciprocating engine exhaust	320-600
Heat treating furnace	420-650
Drying and baking oven	220-600
Annealing furnace cooling system	420-650



## แหล่งและระดับอุณหภูมิของความร้อนทิ้งอุณหภูมิต่ำ



อุปกรณ์	อุณหภูมิ (°C)
Process steam condensate	50-90
Cooling water from:	
Injection molding machine	35-90
Annealing furnace	65-220
Air compressor	30-50
Internal combustion engine	65-120
Air conditioning and refrigeration condenser	35-45
Drying, baking and curing oven	90-220
Hot-processed liquid	35-220



## การนำความร้อนทั้งกลับมาใช้



### ระบบปรับอากาศ

#### ระบายความร้อนด้วยอากาศ

แลกเปลี่ยนความร้อน จากสารทำความเย็นเพื่อผลิตน้ำร้อน

อุณหภูมิใช้งาน ประมาณ 60 °C

#### ระบายความร้อนด้วยน้ำ

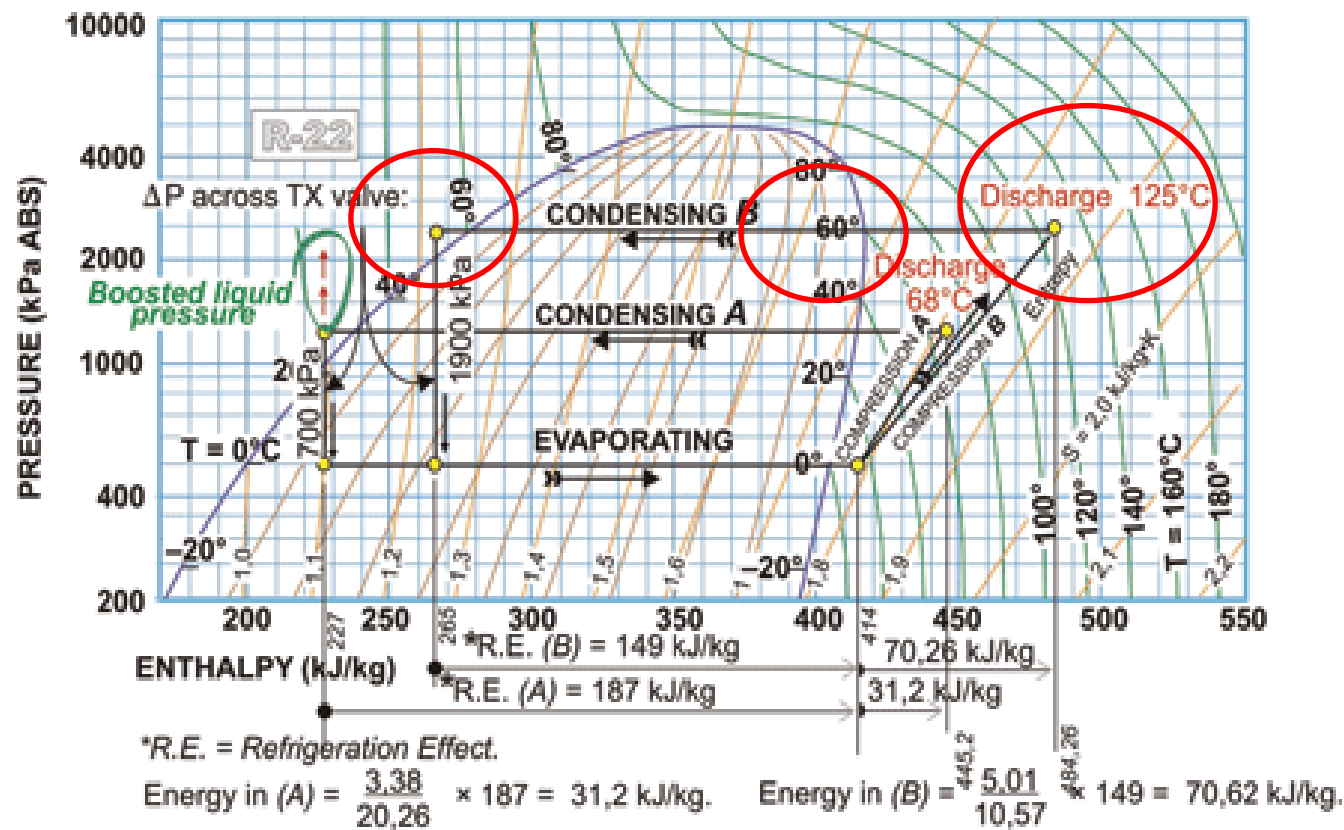
แลกเปลี่ยนความร้อนจากระบบระบายความร้อนด้วยน้ำเดิม

อุณหภูมิใช้งาน ประมาณ 40 °C



## ระบบปรับอากาศ

ความร้อนที่นำกลับมาใช้ ได้แก่ ส่วน condenser + compressor





## ระบบปรับอากาศ

### ค่าที่ใช้ในการคำนวณและการประเมิน

สัดส่วนการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ เฉพาะ Superheat		30%
สัดส่วนการทำงาน (Load Factor)	ประเมินจากการสำรวจ การทำงานของ compressor	
ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ	ประเมินจากการสำรวจ สภาพของเครื่องปรับอากาศ	
ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อน	75%	





## ระบบปรับอากาศ

### ชนิดเครื่องปรับอากาศที่นำมาประยุกต์ใช้

สังเกตได้จากชนิดของ Compressor

- Reciprocating Type
- Scroll Type
- Rotary Type
- Screw Type (ที่มีหลาย Modules)
- Centrifugal ไม่เหมาะสม

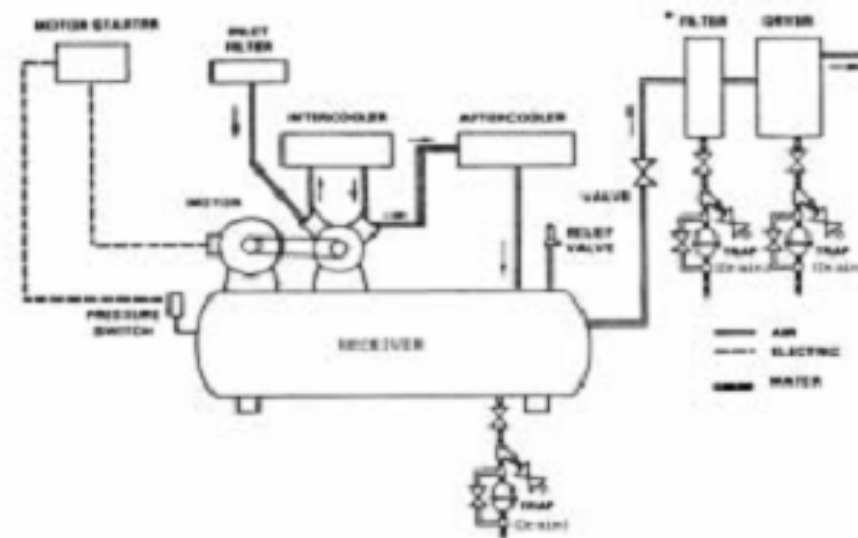
ที่มีประสิทธิภาพ ตั้งแต่ 0.6 kW/Ton ขึ้นไป

ทั้งนี้ขึ้นกับ Heat Reject ของแต่ละ model



## การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้

### ระบบอัดอากาศ





## การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้

### ระบบอัดอากาศ

- เครื่องอัดอากาศชนิด Oil injected Screw compressor
  - แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างชุดระบายความร้อนด้วยน้ำมันและ आफเตอร์คูลเลอร์กับน้ำหมุนเวียนภายนอก
- เครื่องอัดอากาศชนิด Oil free Screw compressor
  - แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างชุดอินเตอร์คูลเลอร์ आफเตอร์คูลเลอร์กับน้ำหมุนเวียนภายนอก



## การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้

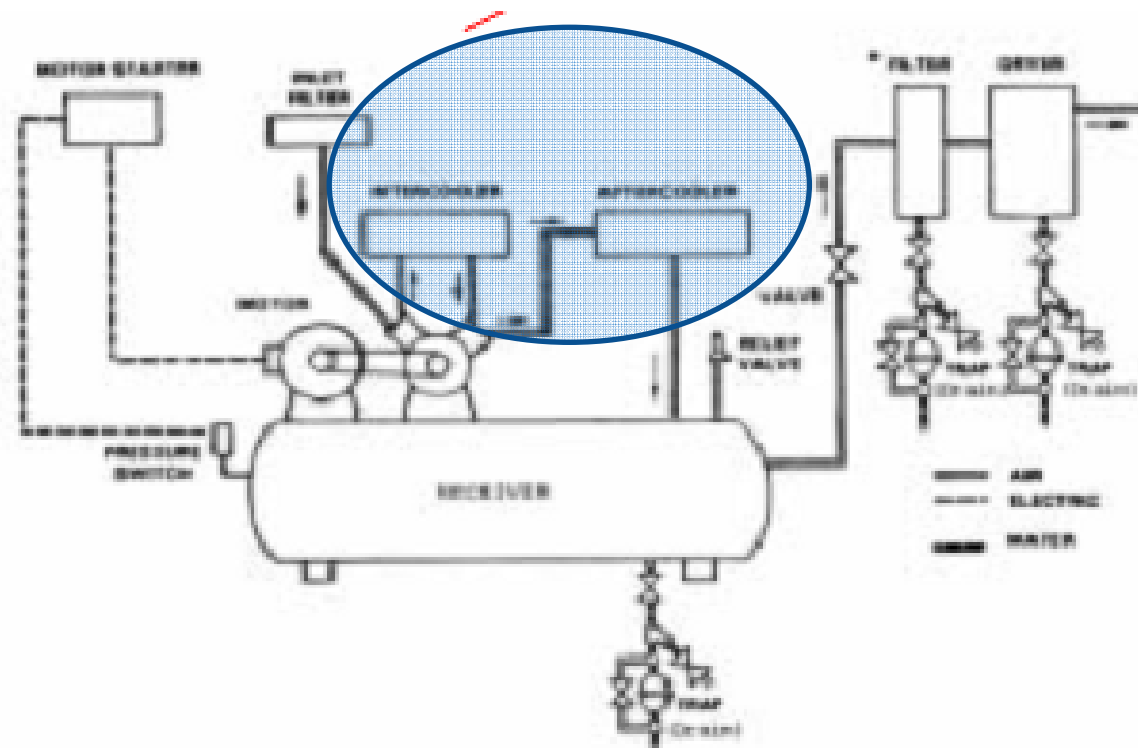
### ระบบอัดอากาศ

- เครื่องอัดอากาศชนิด Reciprocating compressor
  - ระบายความร้อนด้วยอากาศ เหมาะกับการอุ่นอากาศ มากกว่า
  - ระบายความร้อนด้วยน้ำ สามารถใช้งานผลิตน้ำร้อนได้ โดยแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างชุดอินเตอร์คูลเลอร์ ออฟเตอร์คูลเลอร์กับน้ำหมุนเวียนภายนอก
- เครื่องอัดอากาศชนิด Centrifugal compressor
  - ส่วนใหญ่ระบายความร้อนด้วยน้ำ ต้องระวังเรื่องอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่มาแลกเปลี่ยน
- เครื่องอัดอากาศชนิด Engine driven Air compressor
  - ขนาดใหญ่ ไม่พบมาก ใช้ความร้อนทิ้งจากเครื่องยนต์ได้



## การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้

### ระบบอัดอากาศ





## การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้

### ระบบอัดอากาศ

#### ❑ คำที่ใช้ในการคำนวณและการประเมิน ❑

สัดส่วนการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ *	90%
สัดส่วนการทำงาน (Load Factor)	ประเมินจากการสำรวจ
ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อน	75%

\* ที่มา เอกสารเผยแพร่ การนำความร้อนทิ้งจากเครื่องอัดอากาศกลับมาใช้ใหม่



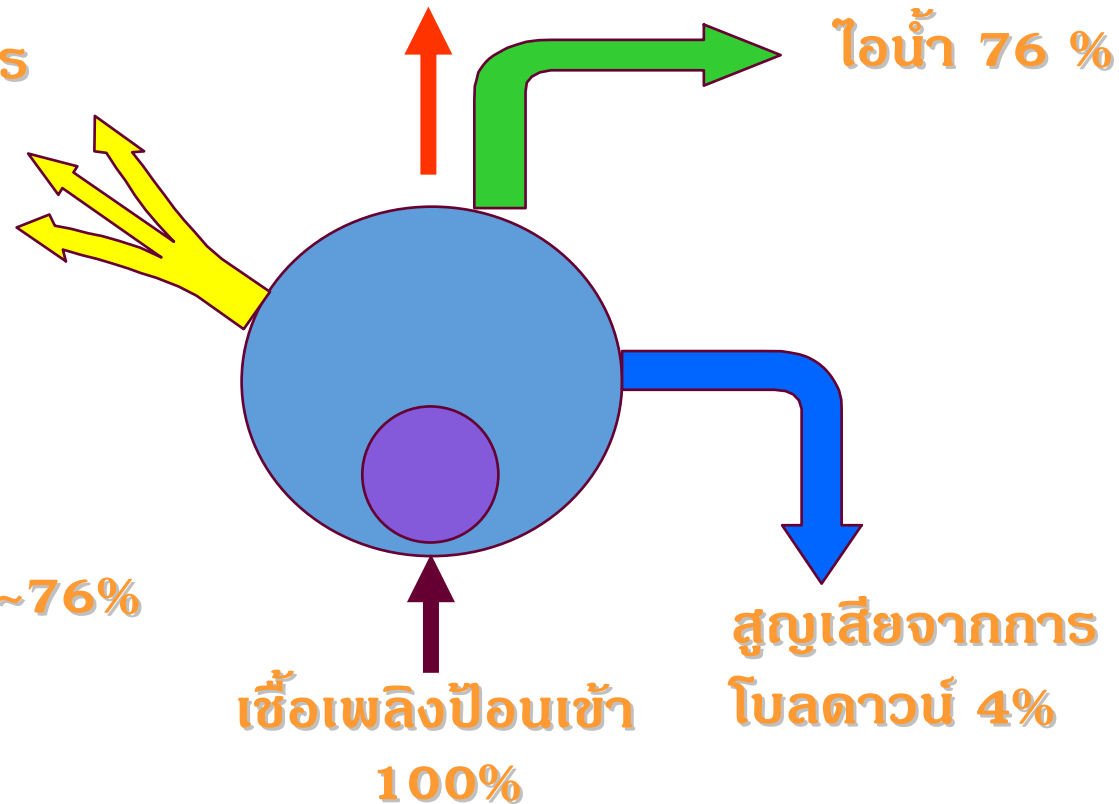


## การนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้

ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำ  
สูญเสียไปทางปล่อง 18%

สูญเสียจากการ  
แผ่รังสี 2%

ประสิทธิภาพ ~76%

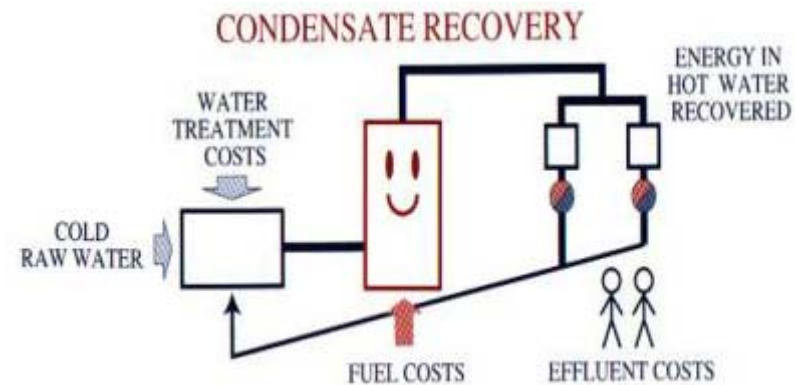
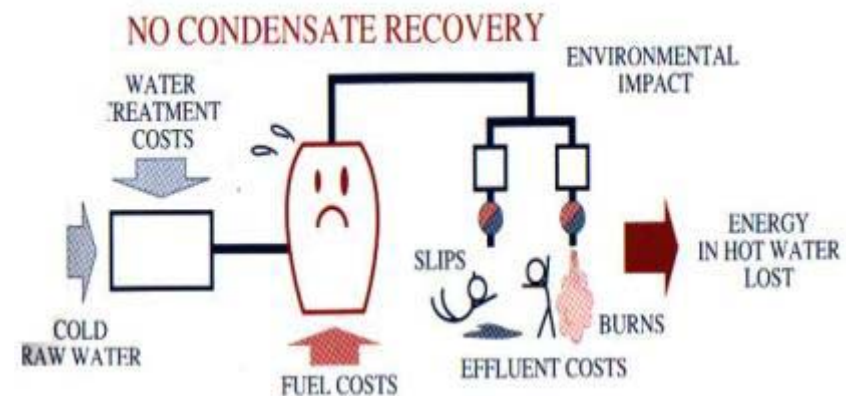




## ความร้อนทิ้งจากหม้อไอน้ำ

การนำความร้อนทิ้งจาก  
condensate กลับมาใช้

- ส่วนใหญ่ ใช้ป้อนกลับ
- เข้าหม้อไอน้ำ หรือ
- นำมาแลกเปลี่ยนความร้อน
- เพื่อผลิตน้ำร้อน

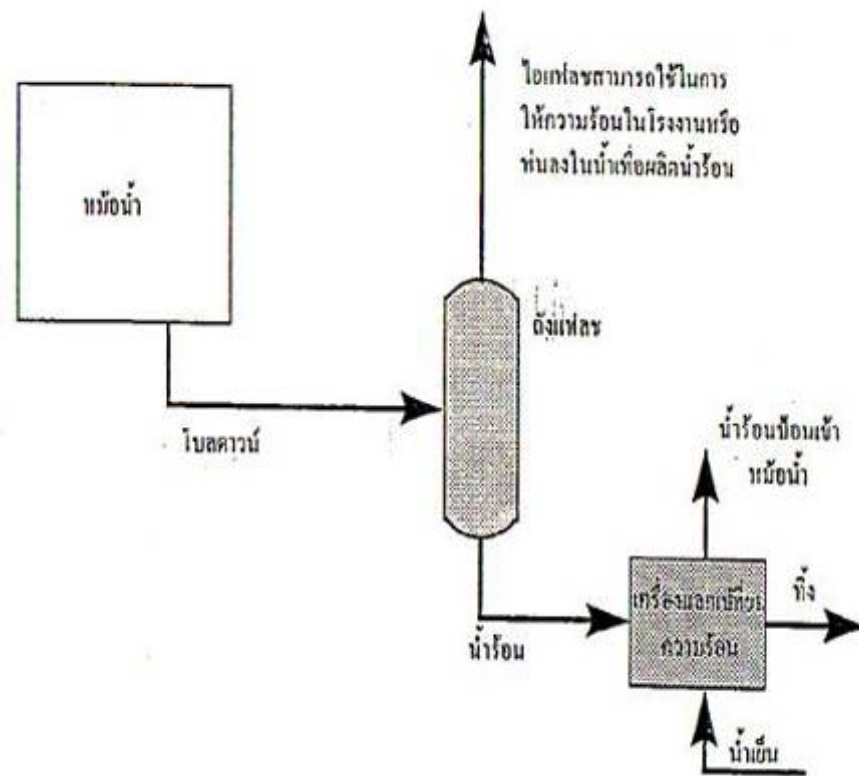




## ความร้อนทิ้งจากหม้อไอน้ำ



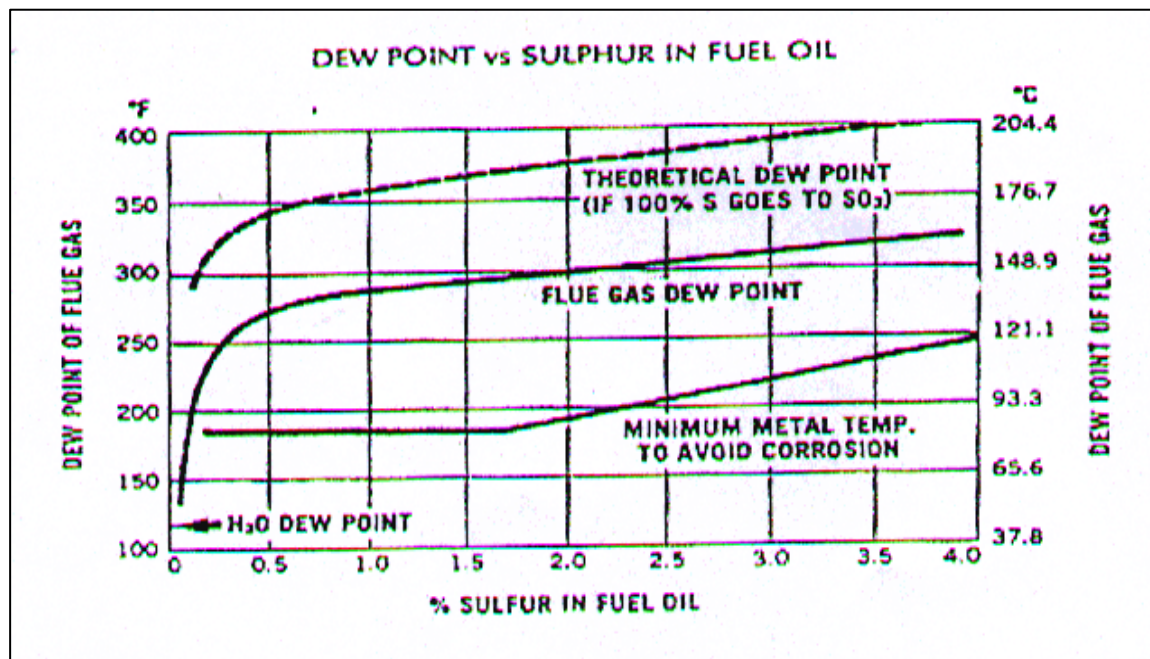
การนำความร้อนทิ้งจาก น้ำ  
Blow down กลับมาใช้ ไม่  
สามารถนำมาใช้ได้โดยตรง  
ต้องผ่านอุปกรณ์  
แลกเปลี่ยนความร้อน





## ความร้อนทิ้งจากหม้อไอน้ำ

การนำความร้อนทิ้งจากปล่องไอเสีย กลับมาใช้จะต้องนำมาแลกเปลี่ยน  
ความร้อน ผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อผลิตน้ำร้อน



การนำไอเสียไปใช้งานควร  
พิจารณาอุณหภูมิควบแน่น  
ของน้ำในไอเสียซึ่งเมื่อรวมกับ  
 $\text{SO}_3$  จะเกิดเป็นกรดซัลฟูริก  
( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) เกิดการกัดกร่อน

ไม่ควรลดอุณหภูมิต่ำกว่า  
170 °C น้ำมันเตากำมะกันสูง  
130 °C น้ำมันเตากำมะกันต่ำ  
110 °C ถ้าธรรมดา



## การกำหนดขนาดระบบแสงอาทิตย์



- พิจารณา ความต้องการน้ำร้อนทั้งหมด โดยให้การผลิตน้ำร้อนจากความร้อนทิ้ง สำหรับรองรับการใช้งานน้ำร้อน ตามภาระโหลดคงที่
- ความต้องการน้ำร้อน ที่เหลือ จะผลิตโดยระบบแสงอาทิตย์
- กำหนด ขนาดของระบบแสงอาทิตย์ ตามปริมาณน้ำร้อนที่ต้องการผลิต
- พิจารณา เทียบกับพื้นที่ติดตั้งจริง และปริมาณความเข้มรังสี ณ พื้นที่ติดตั้งจริง



## การเลือกขนาดของระบบที่เหมาะสม



- เลือกขนาดของระบบที่เหมาะสม เพื่อทดแทนระบบเดิม ตามผลตอบแทนการลงทุนที่มีผลตอบแทนดีที่สุด
- โดยการเลือก จะต้องคำนึงถึง
  - ความมั่นคงของระบบ
  - พื้นที่การติดตั้งจริง และการบำรุงรักษา
  - รองรับการใช้งานน้ำร้อนได้ ตลอดเวลา
  - ไม่กระทบต่อ เครื่องจักรหรือระบบที่ทำงานอยู่ปัจจุบัน





## ค่าที่ใช้ในการคำนวณและการประเมิน

ค่าความเข้มรังสีเฉลี่ยตามพื้นที่	18.2	MJ/m <sup>2</sup> - ปี
ประสิทธิภาพแผงรับรังสี	50	%
ชั่วโมงการทำงาน	5	ชั่วโมง
ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่	800	W/m <sup>2</sup>



## รายงานผลการศึกษาและออกแบบเบื้องต้น



### เนื้อหารายงาน

- สรุปผลการประเมินความต้องการการใช้น้ำร้อน
- ขนาดของระบบที่เหมาะสม
- การประเมินผลการประหยัด การลงทุน และค่าใช้จ่ายต่าง ๆ
- แบบ schematic diagram
- ข้อเสนอแนะในการติดตั้ง และการทดสอบระบบ



## การประมาณความต้องการน้ำร้อนตาม ความต้องการน้ำร้อนที่ % ต่าง ๆ

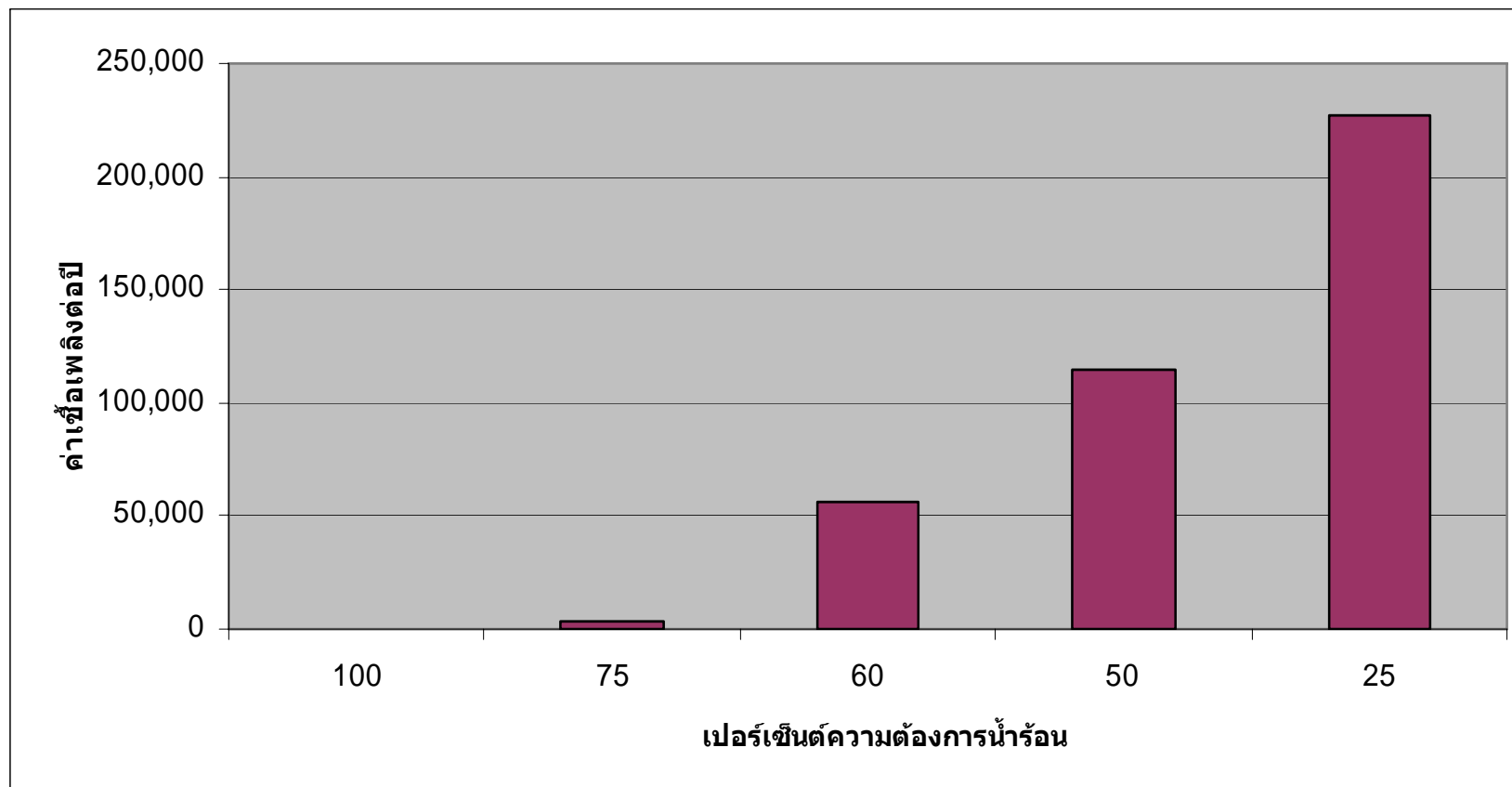
**ตารางที่ 3** ข้อมูลชุดผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ปริมาณการใช้น้ำร้อนต่าง ๆ กัน

เปอร์เซ็นต์ความต้องการน้ำร้อน	100%	75%	60%	50%	25%	
ปริมาณการใช้น้ำร้อน	27,531	20,648	16,519	13,766	6,883	liter/day
ปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้จากความร้อนเหลือทิ้งจากตู้แช่			8,511			liter/day
ปริมาณน้ำร้อนที่ต้องการจาก Collector	19,020	12,138	8,008	5,255	0	liter/day
พลังงานความร้อนที่ผลิตได้จาก Collector	1,273,305	812,546	536,091	351,787	0	kJ/day
ประสิทธิภาพของ Solar Collector			50			%
ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปี			18.61			MJ/m <sup>2</sup> -day
ขนาดของพื้นที่ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์	137	87	58	38	0	m <sup>2</sup>



## การประมาณความต้องการน้ำร้อนตาม ความต้องการน้ำร้อนที่ % ต่าง ๆ

ค่าใช้จ่ายระบบเสริม (บาท)





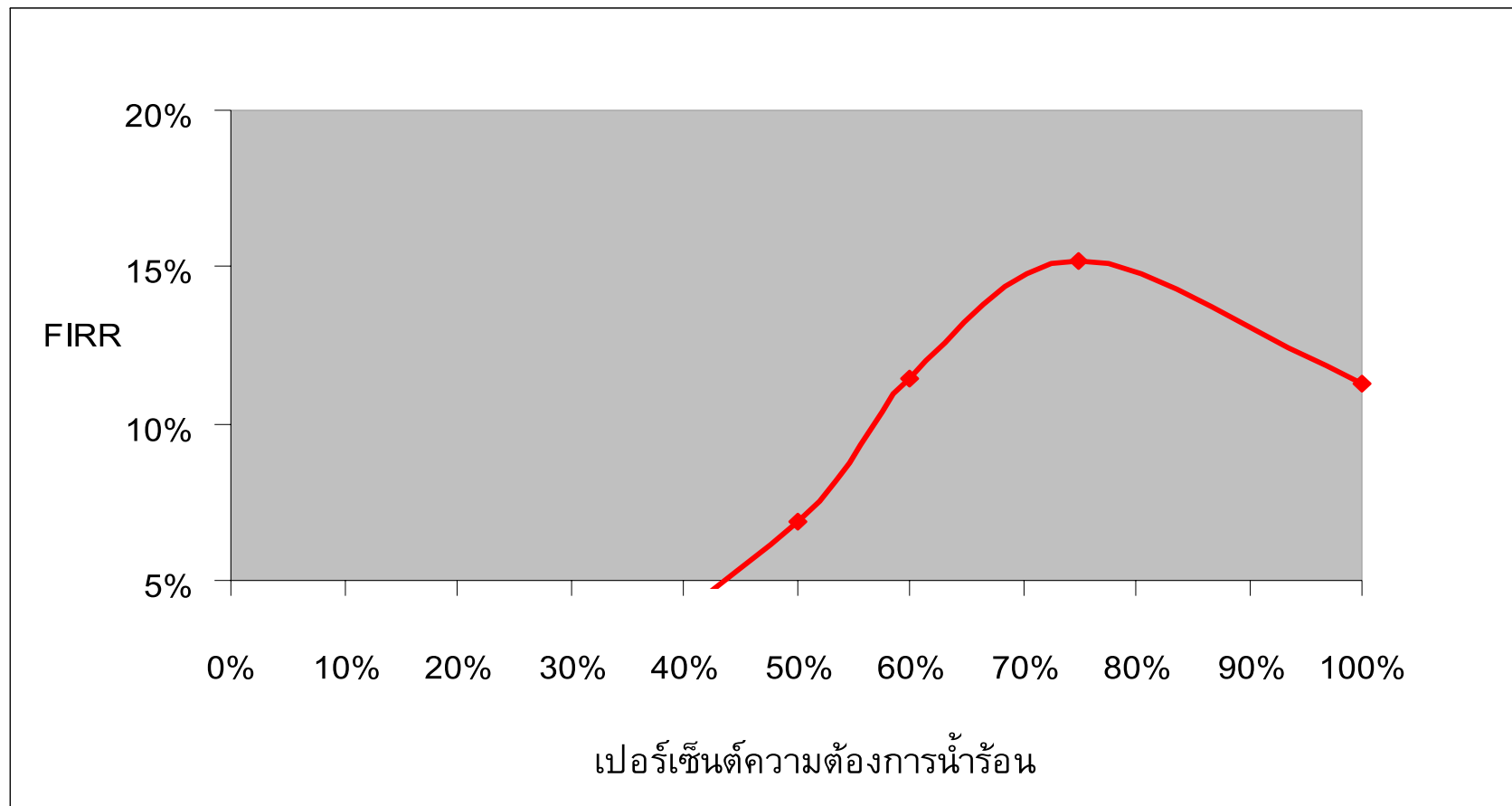
## การประเมินค่าใช้จ่ายของระบบ

ตารางที่ 6 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบทำน้ำร้อนแบบผสมผสานที่เปอร์เซ็นต์ความต้องการน้ำร้อนต่าง ๆ กัน

เปอร์เซ็นต์ความต้องการน้ำร้อน	100	75	60	50	25	%
พื้นที่ของตัวรับรังสีที่จะติดตั้ง	137	87	58	38	0	m <sup>2</sup>
<b>1) เงินลงทุนเริ่มต้น</b>						
1.1) ระบบพลังงานแสงอาทิตย์						
แผงรับรังสีดวงอาทิตย์+ติดตั้ง	1,644,000	1,044,000	696,000	456,000	-	บาท
ถังเก็บน้ำร้อน	900,000	600,000	600,000	500,000	200,000	บาท
เงินลงทุนในการติดตั้งระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	2,544,000	1,644,000	1,296,000	956,000	200,000	บาท
1.2) ระบบความร้อนเหลือทิ้ง						
Plate Heat Exchanger	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	บาท
เงินลงทุนในการติดตั้งชุดแลกเปลี่ยนความร้อนจากตู้แช่	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	บาท
รวมเป็นเงินลงทุนเริ่มต้น	2,564,000	1,664,000	1,316,000	976,000	220,000	บาท
<b>2) ค่าใช้จ่ายรายปี (ตลอดอายุการใช้งาน)</b>						
ค่าเชื้อเพลิงเดินระบบความร้อนเสริมตลอดอายุการใช้งาน	-	55,889	839,487	1,720,394	3,401,815	บาท
ค่าดูแลรักษาและซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งาน	384,600	249,600	197,400	146,400	33,000	บาท
รวมค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของระบบ	2,948,600	1,969,489	2,352,887	2,842,794	3,654,815	บาท
<b>3) ผลประโยชน์ (Benefit) ของระบบ</b>						
Collector Benefit	392,048	257,953	171,969	112,669	0	บาท/ปี
Waste Heat Benefit	179,981	179,981	179,981	179,981	179,981	บาท/ปี
CO <sub>2</sub> Benefit	45,241	33,930	27,144	22,620	11,310	บาท/ปี
รวมผลประโยชน์ (Benefit) ของโครงการ	617,270	471,865	379,094	315,271	191,292	บาท/ปี



## การประเมินด้านเศรษฐศาสตร์







## ข้อเสนอแนะในการก่อสร้าง ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ผสมผสาน

### 1. การเลือกแผงรับรังสีแสงอาทิตย์

การเลือกแผงชนิดใดนั้นขึ้นอยู่กับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน เพราะราคาของแผงทั้ง 2 แบบนั้นแตกต่างกัน แต่การควบคุมให้ผลิตน้ำร้อนได้ตามอุณหภูมิที่ต้องการนั้นขึ้นอยู่กับเทคนิคการควบคุมอัตรา การไหลของน้ำในแผงและการต่อแผงแบบอนุกรมหรือแบบขนาน

### 2. ปริมาณถังเก็บน้ำร้อน

โดยทั่วไปปริมาณน้ำร้อนที่ในถังสามารถนำมาใช้งานมีเพียงร้อยละ 60 ของความจุของถัง เนื่องจากการแบ่งชั้นของอุณหภูมิน้ำในถัง ดังนั้นจึงควรออกแบบถังให้มีขนาดใหญ่กว่าความจุอย่างน้อยร้อยละ 25 เพื่อทดแทนน้ำร้อนที่ไม่สามารถใช้งานได้



## ข้อเสนอแนะในการก่อสร้าง ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ผสมผสาน

### 3. การเลือกปั๊มและระบบท่อจ่ายน้ำร้อน

1. คำนวณความต้องการน้ำร้อนที่ผลิตได้สูงสุดใน 1 ชม. และแปลงหน่วยอัตราการไหลของน้ำในหน่วย (ลิตร/วินาที) เป็นตัวกำหนดอัตราการไหลของปั๊ม
2. ความเร็วสูงสุดของน้ำในท่อไม่ควรเกิน 4.6 เมตร/วินาที (เกิดเสียงเมื่อความเร็วมากกว่า 1.8 เมตร/วินาที) เป็นตัวกำหนดขนาดของท่อ
3. คำนวณ Friction Loss ที่เกิดขึ้นในระบบทั้งหมด (meter/100 meters) เช่น มาตรฐานน้ำ ชนิดของท่อ ข้อต่อ/ลด/งอ ความยาวท่อ ความสูง เป็นต้น เป็นตัวกำหนด Head ของปั๊ม



## ข้อเสนอแนะในการก่อสร้าง ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ผสมผสาน

### 4. ข้อกำหนดทั่วไปในการออกแบบระบบผลิตน้ำร้อน ถังเก็บน้ำร้อน

- ส่วนบนของถังน้ำร้อนติดตั้งท่อจ่ายน้ำร้อนไปสู่ผู้ใช้งาน
- ส่วนกลางของถังติดตั้งท่อนำน้ำร้อนจากแผงรับรังสีแสงอาทิตย์และระบบผลิตน้ำร้อนจากแหล่งความร้อนเหลือทิ้งและท่อน้ำหมุนกลับ
- ส่วนล่างของถังติดตั้งท่อเติมน้ำเย็นและท่อน้ำหมุนเวียนเข้าแผงรับรังสีแสงอาทิตย์และระบบผลิตน้ำร้อนจากแหล่งความร้อนเหลือทิ้ง
- ติดตั้งวาล์วเปิด/ปิดที่ท่อน้ำที่ต่อเข้าถังทั้งหมดและวาล์วระบายน้ำทิ้งที่กันถัง
- หุ้มฉนวนท่อน้ำร้อนตลอดทั้งเส้น
- ติดตั้งมาตรวัดน้ำที่ท่อน้ำเย็นเข้าถังเก็บน้ำร้อน
- ติดตั้งมาตรวัดอุณหภูมิที่ท่อจ่ายน้ำร้อนไปยังผู้ใช้งาน
- ติดตั้ง Pressure relief valve ที่ส่วนบนของถัง



## ข้อแนะนำในการก่อสร้าง ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ผสมผสาน

### แผงรับรังสีแสงอาทิตย์

- ต่อท่อนำน้ำเย็นที่ด้านล่างของแผงและต่อท่อนำน้ำร้อนที่ด้านบนของแผง
- ติดตั้งวาล์วที่น้ำเข้าและออกของแผงแต่ละชุด
- ท่อน้ำร้อนรวมและน้ำเย็นรวม (Header) ให้ติดตั้งขนานไปกับพื้น
- ติดตั้งมาตรวัดอุณหภูมิที่ท่อน้ำร้อนรวมของแผงรับรังสีแสงอาทิตย์
- ติดตั้ง Air Vent Valve ที่ตำแหน่งสูงสุดของท่อ Header ส่งน้ำร้อน
- หุ้มฉนวนท่อน้ำร้อนตลอดทั้งเส้น

### อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

- ติดตั้งเฉพาะวาล์วที่น้ำเข้าและออกของแต่ละชุด
- หุ้มฉนวนท่อน้ำร้อนตลอดทั้งเส้น



กรณีศึกษา  
โรงแรมไดมอนด์ดอยเตา  
รีสอร์ทแอนด์สปา จ.ภูเก็ต







## ข้อมูลเบื้องต้นของโรงแรมฯ



โรงแรมโดมอนด์ดอกทเทจ รีสอร์ทแอนด์สปา  
ตั้งอยู่บนหาดกะรน อำเภอเมือง จังหวัด  
ภูเก็ต มีผู้เข้าพักตลอดทั้งปีเฉลี่ยอยู่ที่  
ประมาณ 33.41%



แบ่งออกเป็น 2 เฟสด้วยกันคือ เฟสใหม่และ  
เฟสเก่า นับจำนวนห้องรวมได้ 148 ห้อง  
สำหรับเฟสเก่าประกอบด้วยอาคาร A, อาคาร  
B, อาคาร SPA และ วิลล่า นับจำนวนห้องรวม  
ได้ 67 ห้อง





## ข้อมูลงานระบบเบื้องต้นของโรงแรมฯ



อาคารเฟสใหม่ จำนวน 81 ห้อง



ใช้ Heat Pump  
ขนาด 11 kW  
จำนวน 2 ชุด ใน  
การผลิตน้ำร้อน



ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

Chiller Water Cool ขนาด 100 ตัน 2 ชุด





## ข้อมูลงานระบบเบื้องต้นของโรงแรมฯ

อาคารเฟสเก่า จำนวน 67 ห้อง

ใช้ Heater ไฟฟ้า  
ขนาด 4.8 kW  
จำนวน 10 ชุด ใน  
การผลิตน้ำร้อน



ใช้ระบบปรับอากาศ  
แบบแยกส่วน ขนาด  
16,000 btu/hr  
จำนวน 67 ชุด







## ข้อมูลงานระบบเบื้องต้นของโรงแรมฯ



ใช้ Heater ไฟฟ้าขนาด 4.8 kW จำนวน 10 ชุด ในการผลิตน้ำร้อน มีความต้องการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 65 °C ซึ่งปัจจุบันระบบผลิตน้ำร้อนได้ใช้งานมานานหลายปี และทางโรงแรมมีนโยบายที่ต้องการปรับปรุงระบบผลิตน้ำร้อนใหม่ โดยคาดว่าจะนำระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานมาใช้งานแทนการใช้ Heater ไฟฟ้า โดยจะดึงความร้อนทิ้งจากเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 16,000 BTU/hr จำนวน 2 ชุด มาผลิตน้ำร้อนของแต่ละอาคาร





## การประมาณความต้องการน้ำร้อนของโรงแรมฯ

**ตารางที่ 1** ประมาณการปริมาณความต้องการน้ำร้อนของโรงแรมฯ

จำนวนห้องพักที่ใช้คำนวณ	67	ห้อง
ความต้องการน้ำร้อนรวมต่อห้อง*	110	ลิตร/ห้อง-วัน
อุณหภูมิของน้ำป้อน	25	°C
อุณหภูมิของน้ำร้อน	65	°C
ปริมาณความต้องการน้ำร้อนรวมต่อวัน	7,370	ลิตร
ปริมาณการสูญเสียกับระบบหมุนเวียน คิดที่ 15 % ของความต้องการน้ำร้อน	1,106	ลิตรต่อวัน
ปริมาณการใช้น้ำร้อนรวม (100%)	8,476	ลิตรต่อวัน



## การคำนวณปริมาณน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้ง



ตารางที่ 2 ข้อมูลชุดผลิตน้ำร้อนด้วยความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	16,000	BTU/h
จำนวน	2	เครื่อง
ชั่วโมงการผลิตน้ำร้อนต่อวัน LF~60-65%	12	ชั่วโมง
ปริมาณความร้อนเหลือทิ้ง	384,000	BTU
ปริมาณความร้อนเหลือทิ้งทั้งหมด	384,000	BTU
ปริมาณความร้อนเหลือทิ้งทั้งหมด	405,142	kJ
ความสามารถการดึงความร้อน	30	%
ประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน	75	%
ปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้ (100% Waste Heat)	545	ลิตร/วัน



## การคำนวณปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตจากแสงอาทิตย์

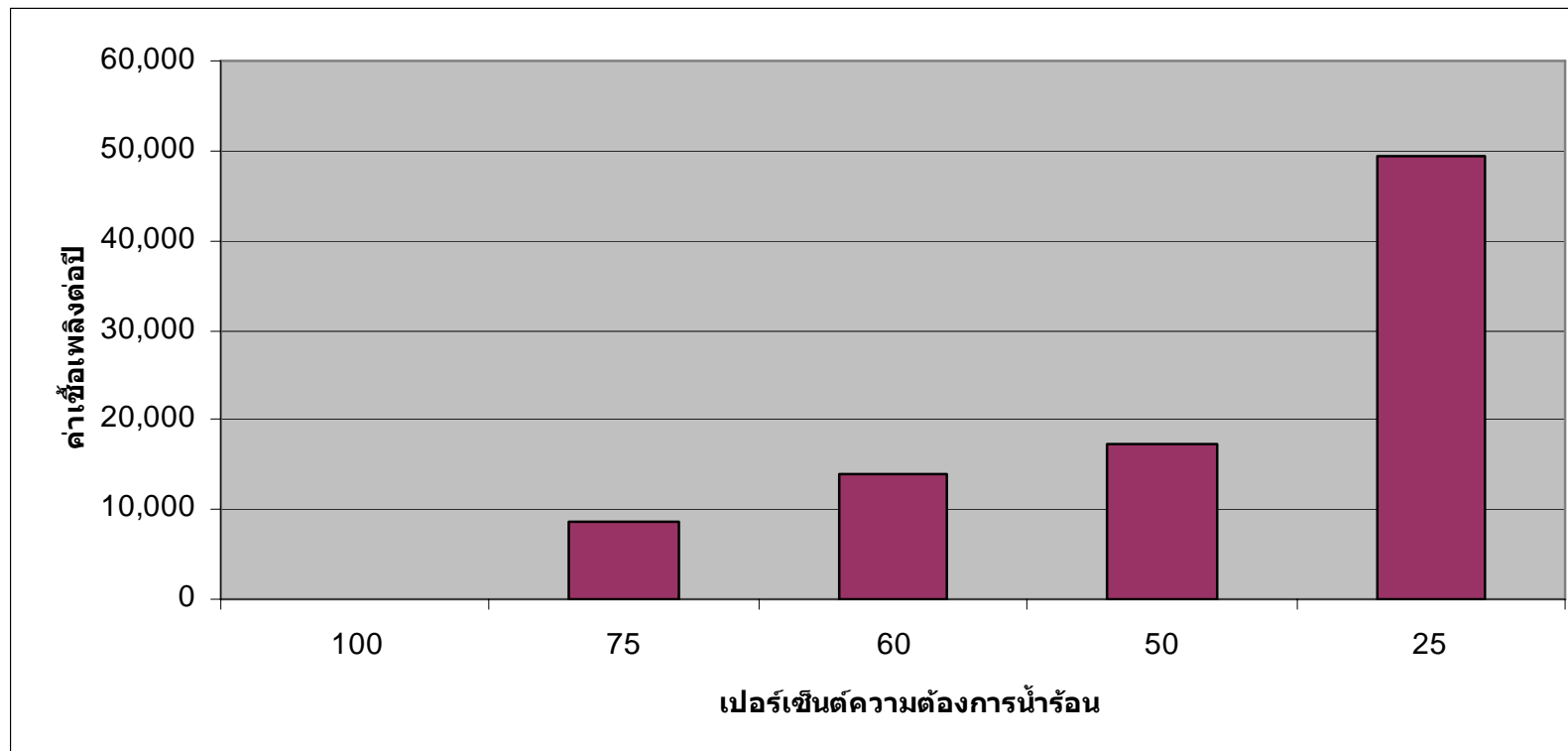
ตารางที่ 3 ข้อมูลชุดผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ที่ปริมาณการใช้น้ำร้อนต่าง ๆ กัน

เปอร์เซ็นต์ความต้องการน้ำร้อน	100%	75%	60%	50%	25%	
ปริมาณการใช้น้ำร้อน	8,476	6,357	5,085	4,238	2,119	liter/day
ปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้จากความร้อนเหลือทิ้ง			545			liter/day
ปริมาณน้ำร้อนที่ต้องการจาก Collector	7,931	5,812	4,541	3,693	1,574	liter/day
พลังงานความร้อนที่ผลิตได้จาก Collector	1,327,282	972,667	759,898	618,052	263,437	kJ/day
ประสิทธิภาพของ Solar Collector			50			%
ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปี			20.28			MJ/m <sup>2</sup> -day
ขนาดของพื้นที่ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์	131	96	75	61	26	m <sup>2</sup>





## การคำนวณค่าใช้จ่ายเมื่อต้องเดินระบบเสริม





### ตารางที่ 5 ค่าใช้จ่ายในการทำน้ำร้อนจากระบบเดิม

[illegible]



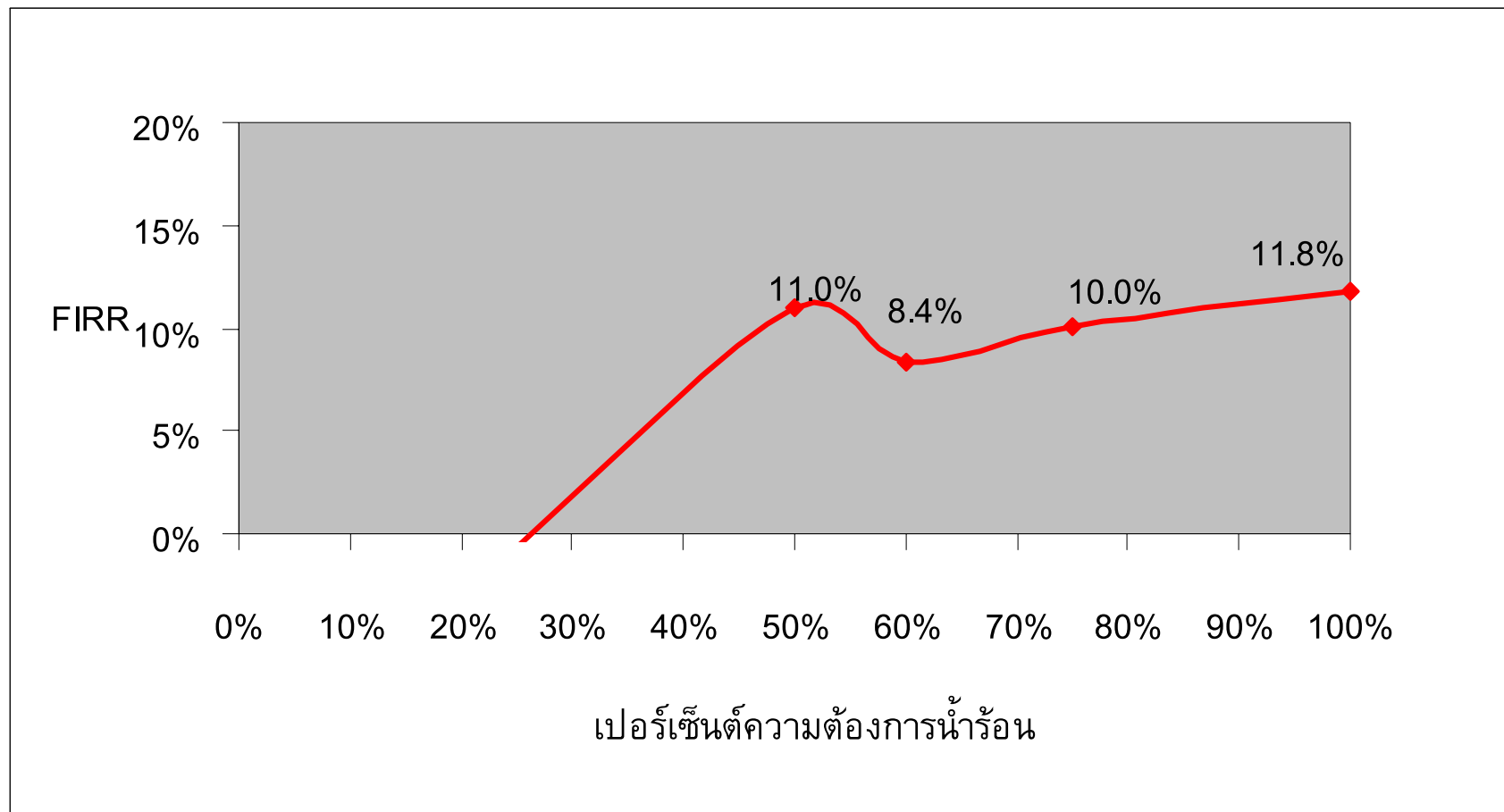
## ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบ Hybrid

ตารางที่ 6 ค่าใช้จ่ายในการลงทุนติดตั้งระบบทำน้ำร้อนแบบผสมผสานที่เปอร์เซ็นต์ความต้องการน้ำร้อนต่าง ๆ กัน

เปอร์เซ็นต์ความต้องการน้ำร้อน	100	75	60	50	25	%
พื้นที่ของตัวรับรังสีที่จะติดตั้ง	131	96	75	61	26	m <sup>2</sup>
<b>1) เงินลงทุนเริ่มต้น</b>						
1.1) ระบบพลังงานแสงอาทิตย์						
แผงรับรังสีดวงอาทิตย์+ติดตั้ง	1,572,000	1,152,000	900,000	732,000	312,000	บาท
ถังเก็บน้ำร้อน	400,000	400,000	400,000	200,000	200,000	บาท
เงินลงทุนในการติดตั้งระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์	1,972,000	1,552,000	1,300,000	932,000	512,000	บาท
1.2) ระบบความร้อนเหลือทิ้ง						
Plate Heat Exchanger	22,667	22,667	22,667	22,667	22,667	บาท
เงินลงทุนในการติดตั้งชุดแลกเปลี่ยนความร้อนจาก						
เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	22,667	22,667	22,667	22,667	22,667	บาท
รวมเป็นเงินลงทุนเริ่มต้น	1,994,667	1,574,667	1,322,667	954,667	534,667	บาท
<b>2) ค่าใช้จ่ายรายปี (ตลอดอายุการใช้งาน)</b>						
ค่าเชื้อเพลิงเดินระบบความร้อนเสริมตลอดอายุการใช้งาน	1,233	131,129	209,037	260,987	741,051	บาท
ค่าดูแลรักษาและซ่อมบำรุงตลอดอายุการใช้งาน	299,200	236,200	198,400	143,200	80,200	บาท
รวมค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของระบบ	2,295,099	1,941,995	1,730,103	1,358,854	1,355,917	บาท
<b>3) ผลประโยชน์ (Benefit) ของระบบ</b>						
Collector Benefit	426,351	312,441	244,094	198,530	84,619	บาท/ปี
Waste Heat Benefit	28,998	28,998	28,998	28,998	28,998	บาท/ปี
CO <sub>2</sub> Benefit	34,819	26,114	20,891	17,409	8,705	บาท/ปี
รวมผลประโยชน์ (Benefit) ของโครงการ	490,168	367,553	293,984	244,938	122,322	บาท/ปี



## การวิเคราะห์ผลตอบแทนในด้านเศรษฐศาสตร์





## สรุปผลการศึกษาคือความเป็นไปได้

### ข้อมูลการใช้พลังงานเพื่อผลิตน้ำร้อนระบบเดิม

Electrical Heater 4.8 kW	10	เครื่อง
เชื้อเพลิงที่ใช้	ไฟฟ้า	
อุณหภูมิน้ำร้อนใช้งาน	65 .. .. . °C	

### ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์

ชนิดแผงรับความร้อน	แผ่นเรียบ หรือหลอดสุญญากาศ
ประสิทธิภาพแผง	50 .. .. . %
ขนาดพื้นที่รับแสง	131 ... ตารางเมตร
มุมตั้งแผง	16 .. .. . องศา
มุม Azimuth	หันไปทางทิศใต้
ปริมาณ น้ำร้อนที่ผลิตได้	7,992 ... .. ลิตร/วัน

### ระบบผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้ง

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	16,000 ... .. BTU/h
จำนวน	2 ... .. เครื่อง
ปริมาณ น้ำร้อนที่ผลิตได้	545 ... .. ลิตร/วัน

### ระบบเก็บสำรองน้ำร้อน

ถังน้ำร้อนขนาด	10,000 ... .. ลิตร
จำนวน	0 ... .. ถัง
ถังน้ำร้อนขนาด	5,000 ... .. ลิตร
จำนวน	2 ... .. ถัง
สารเก็บความร้อน	น้ำ

### ระบบท่อส่งน้ำร้อน

การหุ้มฉนวน	Close Cell Tube
ความหนาของฉนวน (ไม่น้อยกว่า)	12.7 ..... มิลลิเมตร



## สรุปผลการศึกษาความเป็นไปได้

### ข้อมูลการลงทุนติดตั้งระบบ

เงินลงทุนเริ่มต้น

- เงินลงทุนระบบพลังงานแสงอาทิตย์	1,972,000	... ..บาท
- เงินลงทุนระบบความร้อนเหลือทิ้ง	22,667	... ..บาท

ค่าใช้จ่ายรายปี

- ค่าดูแลรักษาและซ่อมบำรุง	19,947	... บาท/ปี
----------------------------	--------	------------

รวมค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน

2,293,867 ... ..บาท

FIRR

11.8 ... .. %

ระยะเวลาคืนทุน

4.60 .. ... ..ปี

### ผลประโยชน์ของโครงการ (ตลอดอายุการใช้งาน 15 ปี)

Collector Benefit	6,395,272	... ..บาท
Waste Heat Benefit	434,974	.....บาท
CO <sub>2</sub> Benefit	522,279	.....บาท
ผลประโยชน์ตลอดอายุการใช้งาน	7,352,526	... ..บาท

### สัดส่วนการผลิตน้ำร้อน

พลังงานแสงอาทิตย์	89.19	%
ความร้อนเหลือทิ้ง	8.31	%
ความร้อนเสริม	2.50	%

### ค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำร้อนต่อลิตร

พลังงานแสงอาทิตย์	0.05	บาท/ลิตร
ความร้อนเหลือทิ้ง	0.0076	บาท/ลิตร





Thank You !