บทที่ 5
การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ในทางวิศวกรรมค่าในทางเศรษฐศาสตร์มีความสำคัญมากต่อการออกแบบและการสร้างเพื่อใช้ในการพิจารณาตัดสินใจในการลงทุน การวิจัยนี้จะใช้วิธีการประเมินรายจ่ายแบบรายปี (Annual Cost Method) ค่าใช้จ่ายรายปีที่นำมาพิจารณาประกอบด้วยค่าใช้จ่ายของการลงทุน (Initial Cost) ค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงหรือพลังงานของอุปกรณ์ (Running Cost) ค่าใช้จ่ายของการดูแลบำรุงรักษา (Operating and Maintenance Cost) แล้วนำค่าใช้จ่ายรวมรายปีมาเปรียบเทียบการลงทุนระหว่าง การผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อนและการผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้า จากการใช้ข้อมูลตัวแทนของปีคือ เดือนมกราคม, เมษายน, กรกฎาคม และ ตุลาคม เพื่อใช้ในการผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิน้ำร้อนใช้งาน 40 - 60 °C โดยคิดที่อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 15 ต่อปีรายละเอียดการคำนวณเพื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรวมรายปีมีดังนี้

5.1 การผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อน

จากการทดลองผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิน้ำร้อนใช้งาน 50 °C อุณหภูมิน้ำป้อนเข้ามีค่าระหว่าง 25 °C ถึง 35°C ทดลองเป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวันตั้งแต่เวลา 6.00 น. จนถึง 18.00 น. ซึ่งมีข้อมูลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ดังนี้

ก. ระยะเวลาทำงาน 12 h/day
ข. ค่าไฟฟ้าคิดยูนิตละ 2.50 Baht/kWh
ค. สามารถผลิตน้ำร้อนได้ตลอดปีโดยให้ทำงาน 365 day/year
ง. ไม่คิดมูลค่าซาก

5.1.1 ค่าใช้จ่ายของการลงทุน

รายการ	ราคา (บาท)
ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ขนาด 2 m^2	13,000
ถังเก็บน้ำร้อนขนาด 100 liters	16,000
ปั๊มน้ำ 2 ตัว	8,000
คอมเพรสเซอร์ระบบปั๊มความร้อน	6,000
อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนหรือชุดคอนเดนเซอร์	4,600
อีวาปอเรเตอร์กับอุปกรณ์ลดความดัน	2,350
น้ำยา R-134a	500
อุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้าและสายไฟ	3,500
วาล์วระบายแรงดัน	1,500
อุปกรณ์ท่อและข้อต่อ	12,000

ค่าติดตั้ง		7,500
	รวม	74,950

$$\text{ราคาต้นทุนต่อปี} = \left(\frac{i(i+1)^n}{(i+1)^n - 1}\right) P$$

โดยที่

P = เป็นเงินลงทุนหรือเงินต้น

i = อัตราดอกเบี้ยตลอดอายุการใช้งาน

n = จำนวนปีอายุการใช้งาน

ดังนั้น ราคาต้นทุนต่อปี

$$= \left(\frac{0.15(1.15)^8}{(1.15)^8 - 1}\right) 74950 = \quad 16{,}703 \quad \text{บาท}$$

5.1.2 ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงและพลังงานของอุปกรณ์

ค่าไฟฟ้า โดยที่กิโลวัตต์รวมของอุปกรณ์ต่างๆของเครื่องผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อน เท่ากับ 2.25 kW ดังนั้นใช้จ่ายไฟฟ้าต่อปี

= 2.25 kW x 2.50 Bath/kW-h x 12 h/day x 365 day/year

= 24,637.5 บาท

5.1.3 ค่าใช้จ่ายของการดูแลบำรุงรักษา

ค่าใช้จ่ายของการดูแลบำรุงรักษา ของการผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อนซึ่งมีชุดระบบปั๊มความร้อนที่มีคอมเพรสเซอร์เคลื่อนไหวจึงคิดค่าใช้จ่ายของการดูแลรักษาเป็น 3.5 %ของต้นทุน ดังนั้นเสียค่าใช้จ่ายของการดูแลบำรุงรักษาต่อปี

= 0.035 x 74950

= 2,624 บาท

ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมรายปีของระบบผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อน

= 16,703 + 24,637.5 + 2,624

= 43,964.5 บาท

5.2 การผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้า

จากการทดลองผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบฮีตเตอร์ไฟฟ้า ที่อุณหภูมิน้ำร้อนใช้งาน 50 °C อุณหภูมิน้ำป้อนเข้ามีค่าระหว่าง 25 °C ถึง 35°C ทดลองเป็นเวลา 12 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่เวลา 6.00 น. จนถึง 18.00 น. ดังเช่นการผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบปั๊มความร้อน ซึ่งมีข้อมูลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ดังนี้

ก. ระยะเวลาทำงาน 12 h/day

ข. ค่าไฟฟ้าคิดยูนิตละ 2.50 Baht/kWh

ค. สามารถผลิตน้ำร้อนได้ตลอดปีโดยให้ทำงาน 365 day/year

ง. ไม่คิดมูลค่าซาก

5.2.1 ค่าใช้จ่ายของการลงทุน

รายการ	ราคา (บาท)
ตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ขนาด 2 m^2	13,000
ถังเก็บน้ำร้อนขนาด 100 liters	16,000
ปั๊มน้ำ 2 ตัว	8,000
ฮีตเตอร์ไฟฟ้า ขนาด 3600 วัตต์	2,300
ตัวควบคุมอุณหภูมิน้ำร้อนใช้งาน	2,700
อุปกรณ์ควบคุมทางไฟฟ้าและสายไฟ	2,500
วาล์วระบายแรงดัน	1,500
อุปกรณ์ท่อและข้อต่อ	9,800
ค่าติดตั้ง	6,000
รวม	61,800

ดังนั้น ราคาต้นทุนต่อปี $= \left(\frac{i(i+1)^n}{(i+1)^n - 1} \right) P$

โดยที่

P = เป็นเงินลงทุนหรือเงินต้น

i = อัตราดอกเบี้ยตลอดอายุการใช้งาน

n = จำนวนปีอายุการใช้งาน

ดังนั้น ราคาต้นทุนต่อปี

$= \left(\frac{0.15(1.15)^8}{(1.15)^8 - 1} \right) 61800 =$ 13,772 บาท

5.2.2 ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงและพลังงานของอุปกรณ์

ค่าไฟฟ้า โดยที่กิโลวัตต์รวมของอุปกรณ์ต่างๆของเครื่องผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้า เท่ากับ 2.79 kW ดังนั้นใช้จ่ายไฟฟ้าต่อปี

= 2.79 kW x 2.50 Baht/kWh x 8 h/day x 365 day/year

= 20,367 บาท

5.2.3 ค่าใช้จ่ายของการดูแลบำรุงรักษา

ค่าใช้จ่ายของการดูแลบำรุงรักษา ของการผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ ร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้ามีการเคลื่อนที่ของอุปกรณ์น้อยมาก จึงคิดค่าใช้จ่ายของการดูแลรักษาเป็น 2.5 % ของต้นทุน ดังนั้นเสียค่าใช้จ่ายของการดูแลบำรุงรักษาต่อปี

= 0.025 x 61,800

= 1,545 บาท

ดังนั้นค่าใช้จ่ายรวมรายปีของระบบผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อน

= 13,772 + 20,367 + 1,545

= 35,684 บาท

5.3 เปรียบเทียบการลงทุนในแต่ละ ระบบ

จากการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรวมรายปีของทั้งสองระบบพบว่าระบบผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อนเท่ากับ 43,964.5 บาทต่อปี และระบบผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้าเท่ากับ 35,684 บาทต่อปี ดังนั้นค่าใช้จ่ายรายปีของระบบผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อน สูงกว่า ระบบผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้าเท่ากับ 1.232 เท่า เนื่องจากอุปกรณ์ของระบบปั๊มความร้อนมีราคาสูง แต่ถ้าพิจารณาจากการใช้พลังงาน ระบบผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อน มีค่าน้อยกว่า ระบบผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้าจึงเสียค่าใช้จ่ายพลังงานน้อยกว่า

5.4 วิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของระบบทำน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ ร่วมกับระบบปั๊มความร้อนที่อุณหภูมิน้ำร้อนใช้งานคงที่ ที่ 40, 50 และ 60 °C เมื่อคิด ระยะเวลาคืนทุน (Payback period) ซึ่งเป็นการวัดความเร็วของเวลาในการลงทุนที่ได้รับทุนคืนมาสามารถหาได้ดังนี้

$$\text{ระยะเวลาในการคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุนเบื้องต้น}}{\text{(รายได้เฉลี่ยรายปี - ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยตลอดปี)}}$$

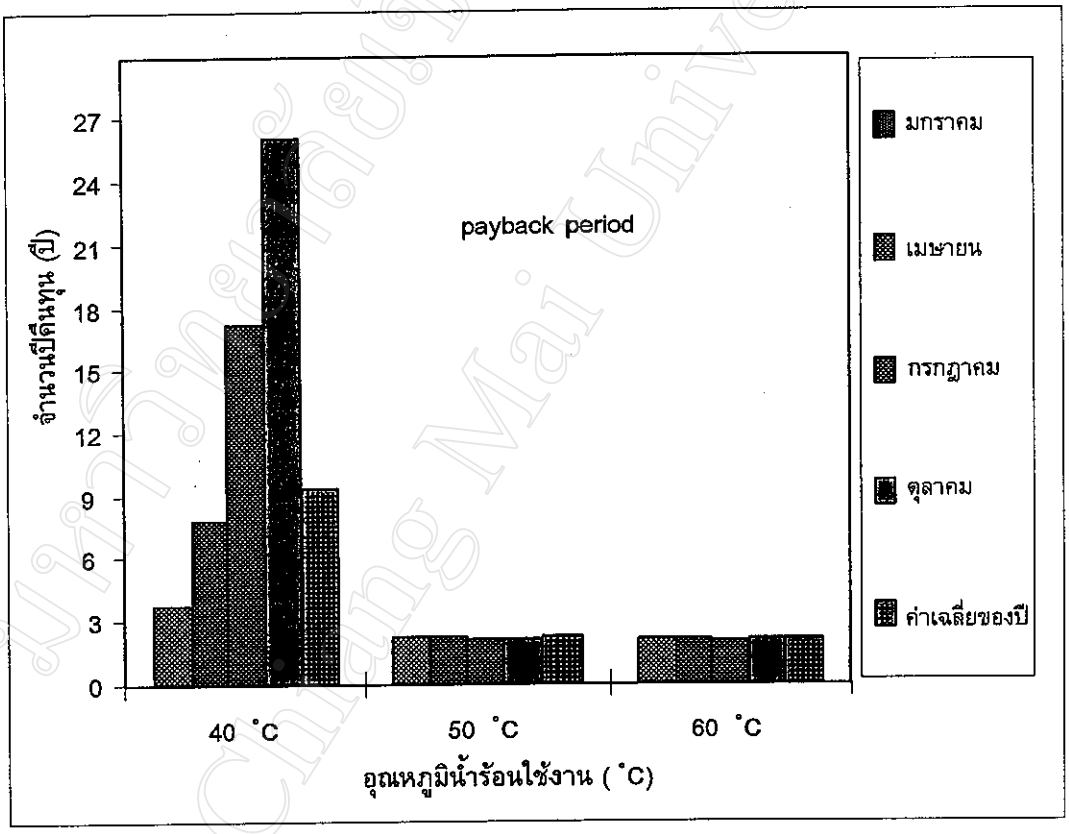
ในกรณีพิจารณา ที่อุณหภูมิน้ำร้อนใช้งาน 60 °C

จากค่าใช้จ่ายในการลงทุนของระบบ ทำร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับ ปั๊มความร้อน	= 74,950	บาท
จากค่าใช้จ่ายในการลงทุนของระบบ ทำร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับ ฮีตเตอร์ไฟฟ้า	= 61,800	บาท
ดังนั้นจะได้ผลต่างของการลงทุน	= 13,150	บาท
พลังงานที่ใช้กับระบบทำร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับ ฮีตเตอร์ไฟฟ้า	= 58.904	kWh/วัน
พลังงานที่ใช้กับระบบทำร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับ ปั๊มความร้อน	= 51.141	kWh/วัน
จะประหยัดพลังงาน	= 7.763	kWh/วัน
หรือ	= 2,833. 5	kWh/ปี
หากคิดที่ค่าไฟฟ้า ยูนิตละ 2.50 บาท/ kWh	= 7,083.75	บาท/ปี

ดังนั้นระยะเวลาในการคืนทุน = $\frac{13,150}{7083.75}$

= 1.856 ปี

จะเห็นว่าที่อุณหภูมิน้ำร้อนใช้งาน 60˚C มีระยะเวลาคืนทุน 1.856 ปี หรือประมาณ 1 ปี 10 เดือน โดยระบบผลิตน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อน การลงทุนจะแพงกว่า การผลิตน้ำร้อนจากระบบตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้า 1.232 เท่า



รูป 5.1 แผนภูมิแสดง ระยะเวลาคืนทุน ที่อุณหภูมิน้ำร้อนใช้งาน 40, 50, และ60 ˚C

สรุปผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ จากรูป 5.1 ซึ่งจะเห็นว่าที่อุณหภูมิน้ำร้อนใช้งานที่ 40 °C จะเป็นช่วงที่ไม่เหมาะแก่การลงทุน เนื่องจากพลังงานที่ใช้กับระบบปั๊มความร้อนมากจึงทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงส่วนกรณีที่อุณหภูมิน้ำร้อนใช้งาน 50 และ 60°C และระบบที่ใช้ปั๊มความร้อนจะมีการใช้พลังงานน้อยกว่าระบบที่ใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าหากพิจารณาในระยะเวลาในการคืนทุนที่อุณหภูมิน้ำร้อนใช้งานที่ 50° C และ 60 °C มีช่วงระยะเวลาในการคืนทุนที่ 2.102 ปี และ 1.856 ปี ตามลำดับ และมีแนวโน้มลดลงเมื่ออุณหภูมิน้ำร้อนใช้งาน สูงขึ้น ซึ่งจะใช้พลังงานน้อยกว่าระบบ การทำน้ำร้อนจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University