

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

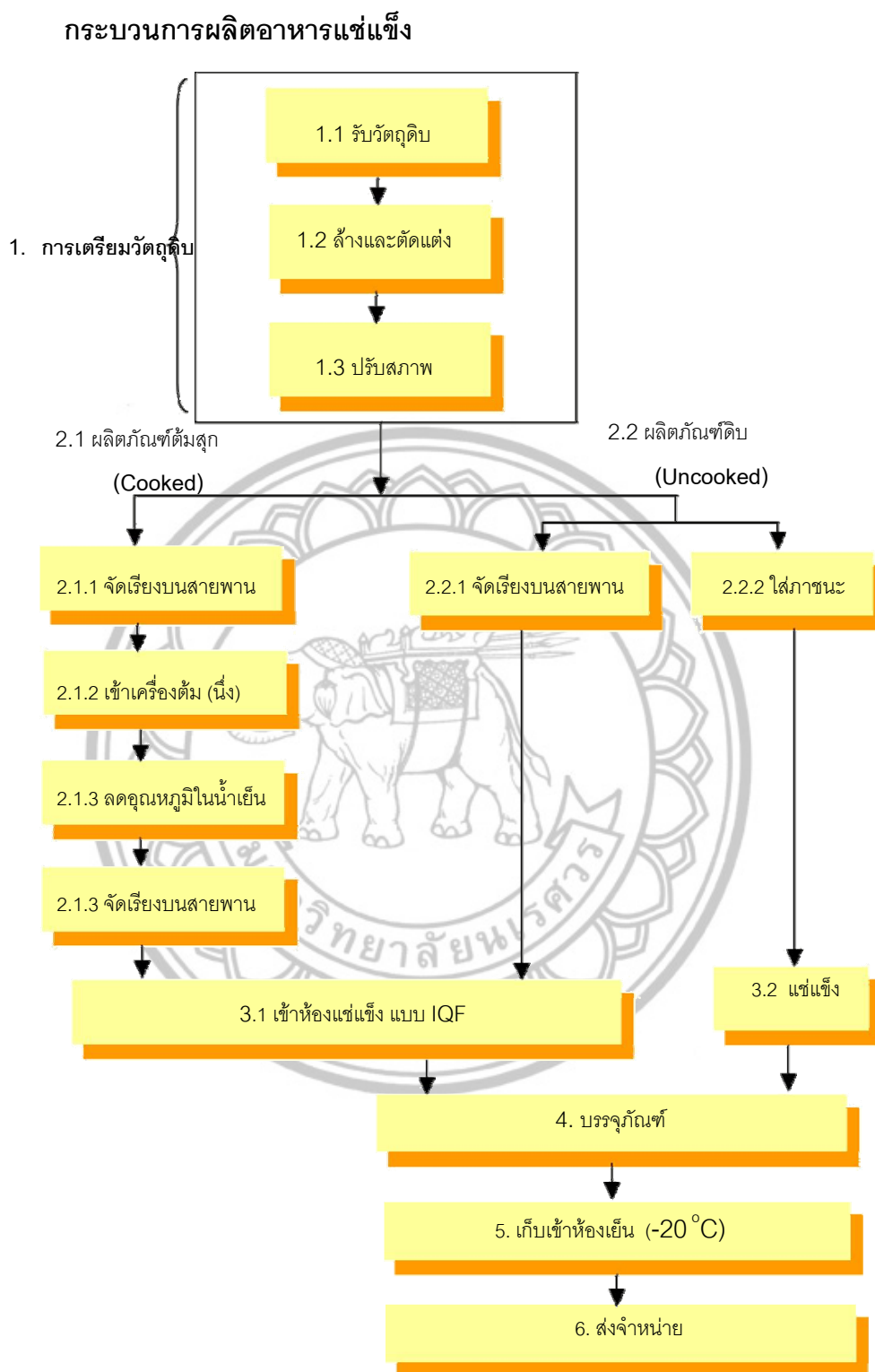
ในการศึกษาเรื่อง “การศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตน้ำร้อนด้วยระบบผสมผสานระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์กับความร้อนเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมอาหาร” นั้นมีการศึกษา ทบทวนเอกสาร และงานวิจัยโดยมีผู้ทำการศึกษาวิจัยในประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องไว้ดังนี้

1. สภาพโดยทั่วไปของโครงการที่ทำการศึกษา
2. เทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์
3. เทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนด้วยความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศ และตู้แช่
4. ความเหมาะสมด้านเทคนิคของเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนระบบผสมผสาน
5. การศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สภาพโดยทั่วไปของโครงการที่ทำการศึกษา

บริษัท องกรณ์ห่งเย็น จำกัด ก่อตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2528 โดยนาย วัฒนชัย นิมพิจารณ์ บริษัท องกรณ์ห่งเย็น จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ 60/104 หมู่ 4 ถนนเอกชัย ตำบลโคกขาม อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร 74000

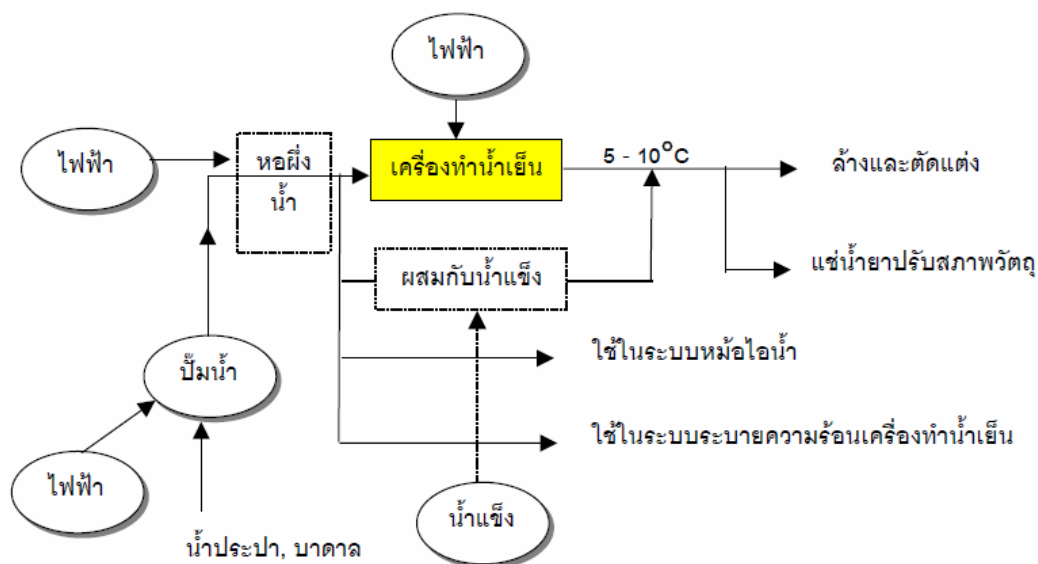
บริษัท องกรณ์ห่งเย็น จำกัด ประกอบธุรกิจกิจการห่งเย็นให้บริการรับฝาก แช่แข็ง ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแก่ลูกค้าทั่วไป ในช่วงเริ่มต้นของกิจการจนกิจการมีความเจริญก้าวหน้าทำ ให้บริษัทขยายกิจการมาทำการผลิตอาหารทะเลแช่แข็ง และผลไม้แช่แข็ง ปัจจุบันผลิตภัณฑ์หลักที่ บริษัท องกรณ์ห่งเย็น จำกัด ได้ทำการผลิต คือ ผลิตภัณฑ์อาหารทะเลทั้งผลิตภัณฑ์สุกพร้อม รับประทานและผลิตภัณฑ์ดิบที่นำไปปรุงประกอบเป็นอาหาร ได้แก่ กุ้งกุลาดำ, กุ้งขาวแช่แข็ง, ปู, ปลาหมึก และอาหารทะเลแช่แข็งอื่น ๆ (รายงานการจัดการพลังงาน (ฉบับร่าง) บริษัท องกรณ์ห่ง เย็น จำกัด, 2552)



ภาพ 1 กระบวนการผลิตอาหารทะเลแช่แข็ง

ที่มา: คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทห้องเย็น, 2547

การเตรียมวัตถุดิบ



ภาพ 2 การใช้พลังงานในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบ

ที่มา: คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทห้องเย็น, 2547

1. การรับวัตถุดิบ

อาหารทะเล เช่น กุ้ง ปู และปลาหมึก ที่รับเข้ามาจะมาในรูปแบบของการแช่ในน้ำแข็ง หรือแช่แข็งมาจากห้องเย็นของเรือ หรืออาจรับมาสด ๆ จากแหล่งผลิต ซึ่งในการเตรียมจะต้องทำการล้างให้สะอาด โดยปกติจะล้างในน้ำเย็นที่อุณหภูมิประมาณ 5-10 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพของวัตถุดิบ ในระหว่างการเตรียมวัตถุดิบ แล้วจึงนำไปคัดแยกขนาด

2. การตัดแต่งวัตถุดิบ

ในกรณีของกุ้งอาจจะต้องมีการตัดแต่งตามที่ถูกค้าต้องการในหลาย ๆ รูปแบบ เช่น

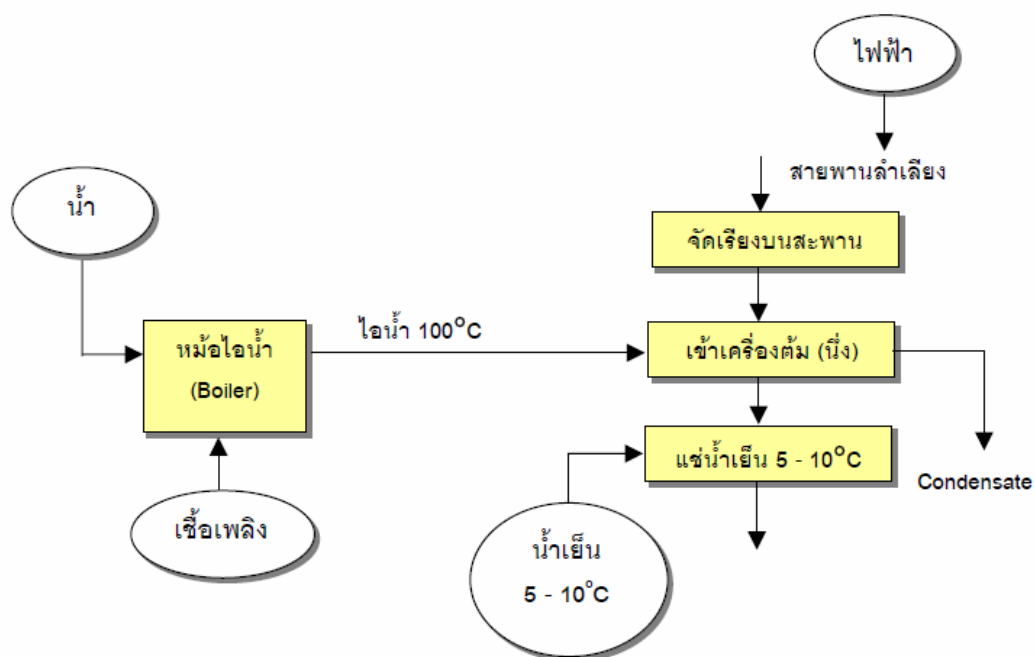
- 2.1 กุ้งทั้งตัวไม่ลอกเปลือก (Head on, Shell on)
- 2.2 ไม่ลอกเปลือกเอาแต่หัวออก (Shell on, Head less)
- 2.3 ลอกเปลือก (Peeled)
- 2.4 ดึงเส้นกลางตัว (Deveined)
- 2.5 ไม่รวมหาง (Tail off)
- 2.6 แล่ตรงกลางแผ่ออก (Butterfly)

อาจเป็นรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งหรือรวมกันหลาย ๆ แบบ ส่วนปลาหมึกจะเป็นในรูปลอกเปลือก และล้างทำความสะอาด

3. การปรับสภาพ

หลังจากขั้นตอนนี้แล้ว ในบางรายจะต้องนำไปแช่ในสารปรับแต่งสภาพ ซึ่งจะทำให้ดูสวยงาม และรสชาติดีขึ้นด้วย โดยกระบวนการนี้ต้องแช่น้ำยาในน้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 5-10 องศาเซลเซียส ในขั้นตอนต่อไปยังแบ่งออกเป็นการผลิตแบบต้ม (นึ่ง) สุก (Cooked) และผลิตภัณฑ์แบบเด็ม หรือผลิตภัณฑ์ดิบ (Raw, Uncooked)

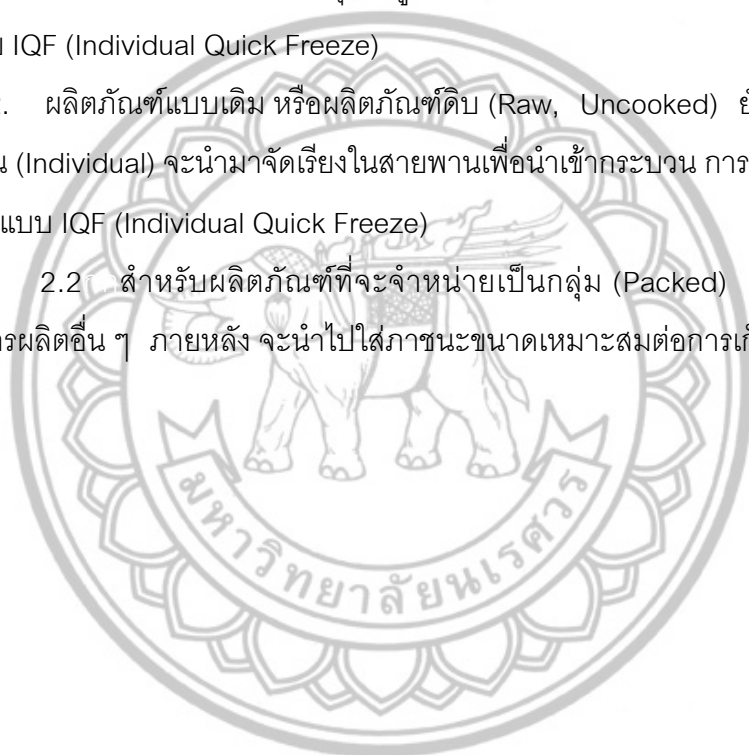
การเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนแช่แข็ง



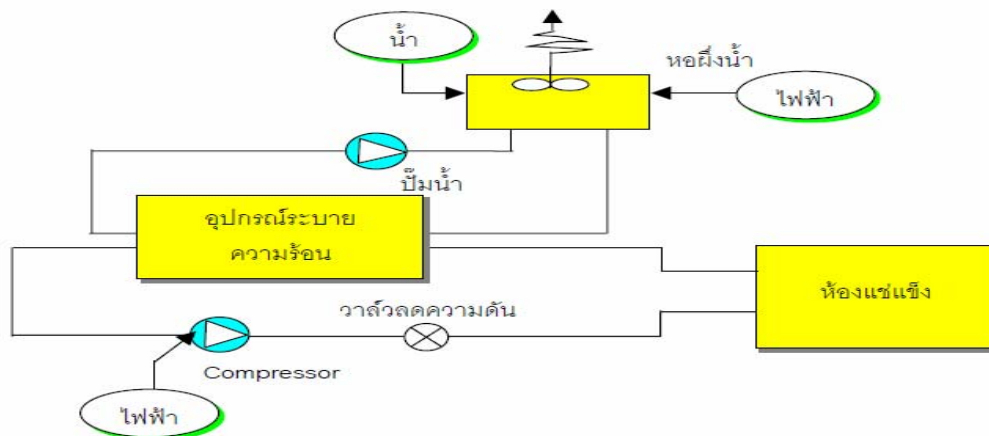
ภาพ 3 การใช้พลังงานในกระบวนการต้มและนึ่งให้สุก

ที่มา: คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทห้องเย็น, 2547

1. ผลิตภัณฑ์แบบต้มสุก (Cooked)
 - 2.1 จัดเรียงวัตถุดิบที่ตัดแต่งปรับสภาพแล้วลงบนสายพาน
 - 2.2 สายพานลำเลียงวัตถุดิบเข้าบริเวณต้ม (นิ่ง) โดยใช้ไอน้ำให้ความร้อน ความเร็วของสายพานจะสัมพันธ์กับอุณหภูมิ และเวลาที่ต้องการให้ผลิตภัณฑ์สุกพอดีกับความ ต้องการ
 - 2.3 จากนั้นจะนำผลิตภัณฑ์ที่สุกแล้วลงแช่ในน้ำเย็น (5-10°C) เพื่อลดอุณหภูมิ และรักษาสภาพของวัตถุดิบ
 - 2.4 นำผลิตภัณฑ์ที่ลดอุณหภูมิแล้วจัดเรียงบนสายพาน เพื่อนำเข้ากระบวนการ แช่แข็งแบบ IQF (Individual Quick Freeze)
2. ผลิตภัณฑ์แบบเดิม หรือผลิตภัณฑ์ดิบ (Raw, Uncooked) ยังแยกเป็นผลิตภัณฑ์ แบบเป็นชิ้น (Individual) จะนำมาจัดเรียงในสายพานเพื่อนำเข้ากระบวนการ แช่แข็งเพื่อเตรียมเข้า ห้องแช่แข็งแบบ IQF (Individual Quick Freeze)
 - 2.2 สำหรับผลิตภัณฑ์ที่จะจำหน่ายเป็นกลุ่ม (Packed) หรือเก็บไว้ใช้ใน กระบวนการผลิตอื่น ๆ ภายหลัง จะนำไปใส่ภาชนะขนาดเหมาะสมต่อการเก็บ เพื่อนำเข้าห้องแช่ แข็งต่อไป



กระบวนการแช่แข็ง



ภาพ 4 การใช้พลังงานในระบบแช่แข็งแบบใช้สารทำความเย็น

ที่มา: คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทห้องเย็น, 2547

กระบวนการแช่แข็ง มีจุดประสงค์เพื่อต้องการให้ผลิตภัณฑ์นั้น มีอุณหภูมิภายใน (Core temperature) ไม่ต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส ซึ่งแบ่งวิธีการแช่แข็งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

1. แช่แข็งแบบ Individual Quick Freeze สามารถแบ่งตามอุปกรณ์ได้ดังนี้

1.1 แบบ Air blast โดยใช้ลมเย็น (ประมาณ -40°C) จากเครื่องทำความเย็นเป่าลมลงไปโดยตรงยังผลิตภัณฑ์ที่ผ่านมาในสายพาน โดยให้ความสัมพันธ์ความเร็วของสายพานกับเวลาของกระบวนการเป่าลมเย็นให้สอดคล้องกับที่กำหนด เพื่อที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ มีอุณหภูมิภายใน (Core temperature) ไม่ต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส

1.2 แบบ Cryogenic โดยใช้ก๊าซเหลว (N_2 – Nitrogen หรือ CO_2 – Carbon dioxide) ปรับความดันให้ได้อุณหภูมิประมาณ -70 องศาเซลเซียส แล้วเป่าโดยตรงไปยังผลิตภัณฑ์ โดยอาจมีพัดลมเล็ก ๆ จำนวนหนึ่ง หมุนเวียนความเย็นให้ทั่วถึงผลิตภัณฑ์ ซึ่งเคลื่อนที่บนสายพาน จนอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์ภายใน (Core temperature) ไม่ต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียสหลังจากผ่านกระบวนการ IQF ผลิตภัณฑ์จะเข้าสู่กระบวนการบรรจุต่อไป

2. แช่แข็งแบบ Packed ส่วนใหญ่จะมี 2 ระบบ ดังนี้

2.1 แบบห้องแช่แข็ง (Freezing Room) นำผลิตภัณฑ์ใส่ภาชนะขนาดพอเหมาะแล้ว นำไปใส่ในชั้นที่มีล้อเข็นนำไปแช่แข็งในห้องแช่แข็ง (ซึ่งมี 2 แบบ คือ แบบ Air blast และ

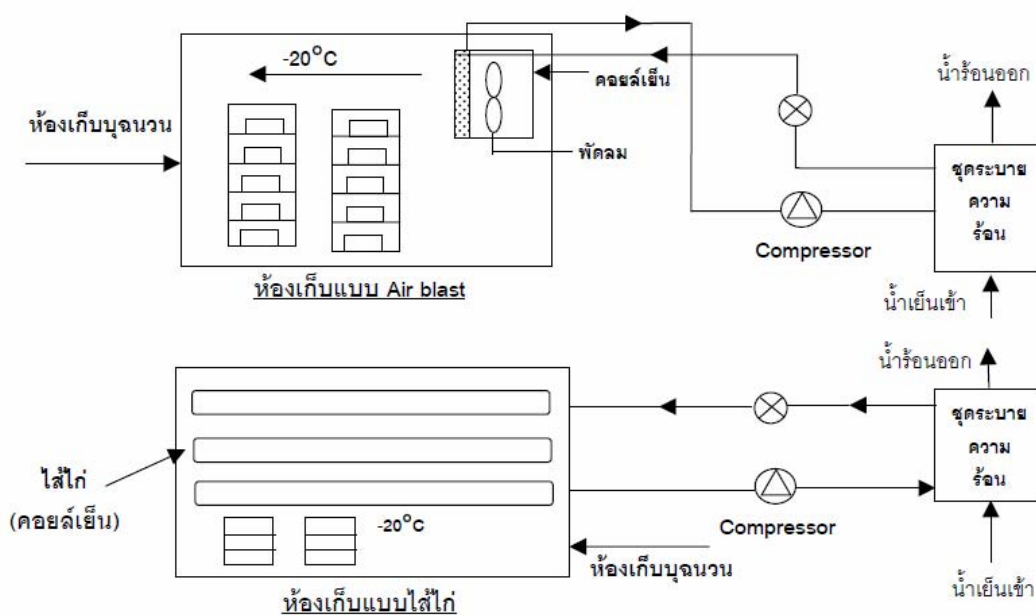
แบบคอยล์ใส่ไถ่) ที่อุณหภูมิ - 40 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิถึงกลางผลิตภัณฑ์ภายใน (Core temperature) ไม่ต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส

2.2 แช่แข็งโดยใช้เครื่องระบบ Contact Plate freeze วัตถุดิบจะถูกนำมาบรรจุลงในถาดเฉพาะสำหรับเครื่องระบบ Contact Plate freeze โดยใส่น้ำเต็มลงจนเต็ม แล้วนำถาดนี้วางไว้บนชั้นของเครื่อง Contact Plate Freeze เมื่อเรียงถาดเสร็จแล้วจะมีอุปกรณ์เลื่อนชั้นต่าง ๆ ให้กดลงชิดกับถาดพอดี (Contact) ภายในชั้นต่าง ๆ จะมีสารทำความเย็นหมุนเวียนอยู่ดึงความร้อนออกจากผลิตภัณฑ์จนกระทั่งอุณหภูมิจึงกลางผลิตภัณฑ์ -18 องศาเซลเซียส จึงนำออกจากเครื่อง

การบรรจุภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์ที่นำออกจากห้องแช่แข็งอาจจะต้องนำเข้าบรรจุหีบห่อเพื่อเตรียมจำหน่าย โดยการบรรจุจะกระทำภายในห้องที่มีอุณหภูมิต่ำ เพื่อป้องกันการเสียหายของผลิตภัณฑ์

การเก็บในห้องเย็น



ภาพ 5 แผนภาพการทำงานของห้องเก็บแบบ Air blast และแบบใส่ไถ่

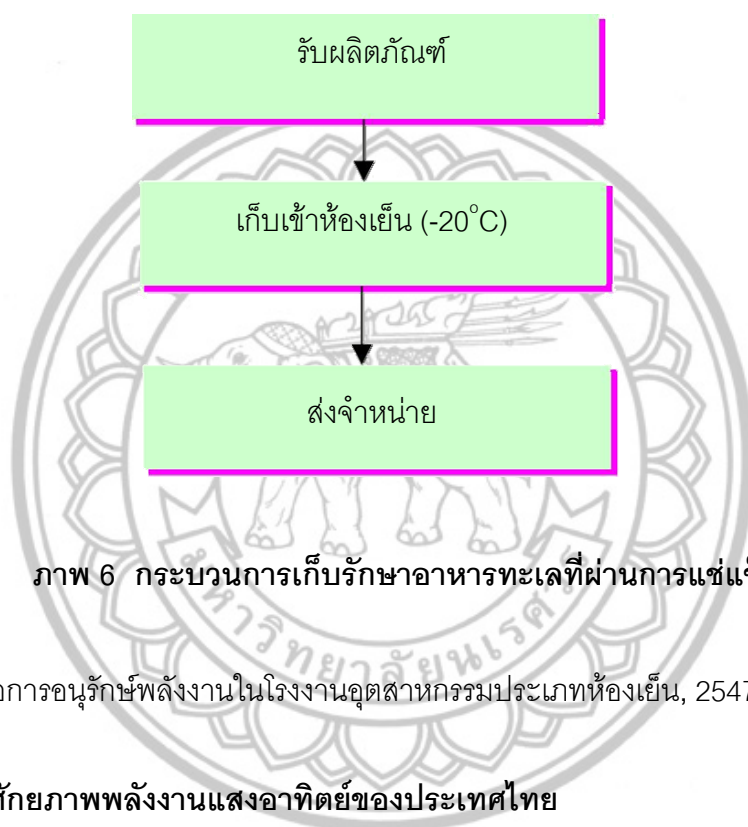
ที่มา: คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทห้องเย็น, 2547

หลังจากนำผลิตภัณฑ์ที่บรรจุหีบห่อเสร็จแล้ว จัดเรียงในชั้นที่มีรถเข็นเข้ามาเก็บในห้องเย็น โดยจะรักษาอุณหภูมิไว้ที่ประมาณ -20 องศาเซลเซียส

การส่งจำหน่าย

เมื่อมีการจำหน่าย หรือทำกระบวนการผลิตจะนำผลิตภัณฑ์ออกจากห้องเก็บ เป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมแช่แข็งและเก็บอาหารทะเล

สำหรับโรงงานที่รับเฉพาะเก็บอาหารทะเลที่แช่แข็งแล้วจะมีกระบวนการดังนี้



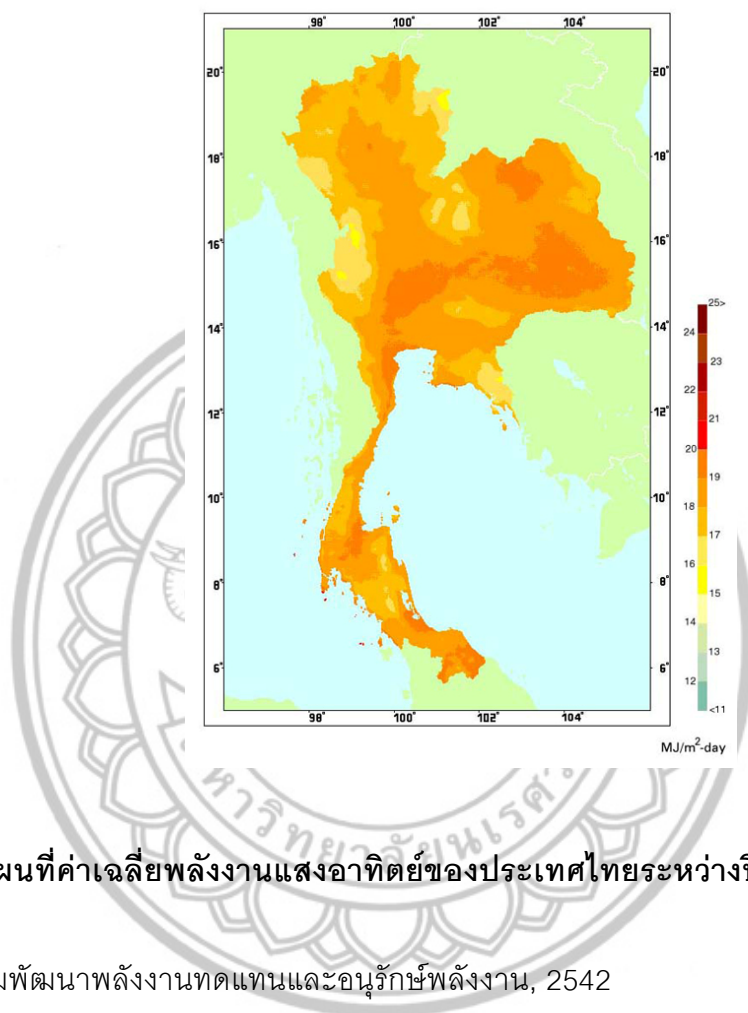
ภาพ 6 กระบวนการเก็บรักษาอาหารทะเลที่ผ่านการแช่แข็งแล้ว

ที่มา: คู่มือการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทห้องเย็น, 2547

ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานที่มีอย่างมากมายมหาศาล และจัดว่าเป็นพลังงานหมุนเวียน หากเราสามารถนำพลังงานจากแสงอาทิตย์มาใช้ได้ก็จะเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญที่สุด เมื่อคำนึงถึงสภาพทางภูมิศาสตร์ และแหล่งที่ตั้งของประเทศไทย กล่าวคือ ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งขนาน 5 องศาเหนือ ถึง 22 องศาเหนือ และอยู่ระหว่างเส้นแวง 96 องศาตะวันออก ถึง 106 องศาตะวันออก นอกจากนั้นสภาพภูมิศาสตร์ประกอบด้วยที่ราบลุ่ม ภูเขา และชายฝั่งทะเลอันยาวแล้วยังพบว่าสภาพทางภูมิศาสตร์ และแหล่งที่ตั้งของประเทศไทยเหมาะสมที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดี ซึ่งดูจากข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (Department of Alternative Energy Development and Efficiency) ได้ทำการพัฒนาแผนที่พลังงาน

แสงอาทิตย์โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศจากดาวเทียม GSM4, GSM5 และสถานีเก็บข้อมูลภาคพื้นดินระหว่างปี พ.ศ. 2536-2541 ดังภาพ 7



ภาพ 7 แผนที่ค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2536-2541

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2542

จากภาพ 7 พบว่าการกระจายของความเข้มรังสีอาทิตย์ตามบริเวณต่าง ๆ ในแต่ละเดือนของประเทศ ได้รับอิทธิพลสำคัญจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีอาทิตย์สูงสุดระหว่างเดือนเมษายน และเดือนพฤษภาคม โดยมีค่าสูงสุดอยู่ในช่วง 20 ถึง 24 $\text{MJ/m}^2\cdot\text{day}$ เมื่อพิจารณาแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปี พบว่าพื้นที่ร้อยละ 14.3% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศได้รับรังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีมีค่าเท่ากับ 19 ถึง 20 $\text{MJ/m}^2\cdot\text{day}$ นอกจากนี้ยังพบว่าพื้นที่ร้อยละ 50.2% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศได้รับรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีมีค่าเท่ากับ 18 ถึง 19 $\text{MJ/m}^2\cdot\text{day}$ จากการคำนวณรังสีอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีของพื้นที่ทั่วทั้ง

ประเทศพบว่ามีค่าเท่ากับ $18.2 \text{ MJ/m}^2\cdot\text{day}$ จากผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง เหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้ประโยชน์โดยใช้เป็นพลังงานทดแทน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2542)

เทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

การผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ที่ใช้กันโดยทั่วไปในปัจจุบันมีการผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำ โดยมีเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อน 3 แบบดังนี้ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2550)

1. การผลิตน้ำร้อนชนิดไหลเวียนตามธรรมชาติ เป็นการผลิตน้ำร้อนชนิดที่มีถังเก็บอยู่สูงกว่าแผงรับแสงอาทิตย์ ใช้หลักการหมุนเวียนตามธรรมชาติ (Thermosyphon)
2. การผลิตน้ำร้อนชนิดใช้ปั๊มน้ำหมุนเวียน เหมาะสำหรับการใช้ผลิตน้ำร้อนจำนวนมาก และมีการใช้อย่างต่อเนื่อง
3. การผลิตน้ำร้อนชนิดผสมผสาน เป็นการนำเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์มาผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้ง จากการระบายความร้อนของเครื่องทำความเย็นหรือเครื่องปรับอากาศ โดยผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ตัวรับรังสีอาทิตย์

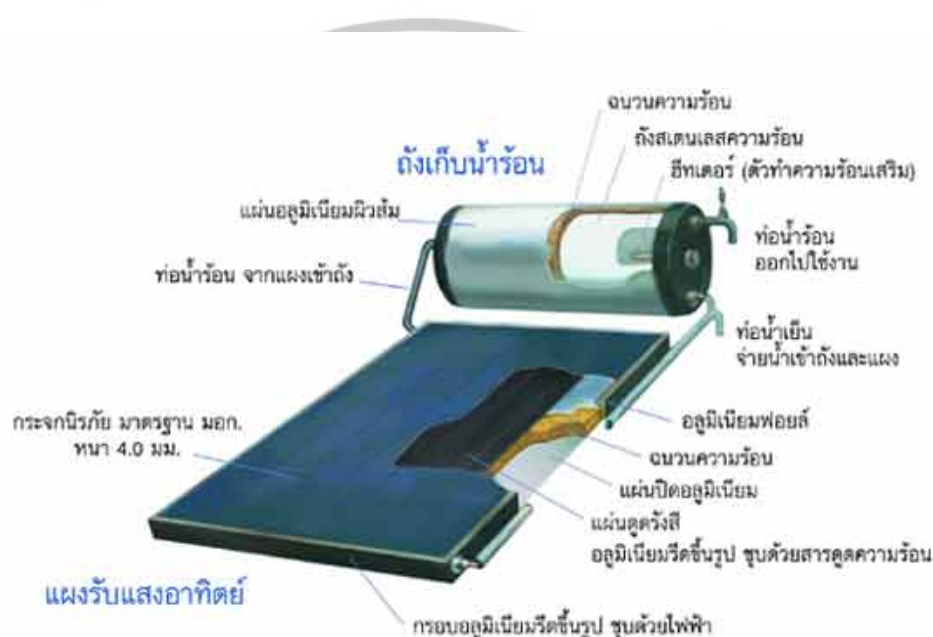
ตัวรับรังสีอาทิตย์ ทำหน้าที่รับความร้อนจากดวงอาทิตย์แล้วถ่ายเทความร้อนที่ได้รับให้กับน้ำที่ไหลอยู่ในท่อภายในตัวรับรังสีอาทิตย์ ซึ่งสามารถจำแนกได้ 2 แบบ คือ ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ และตัวรับรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ

ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (Flat Plate Solar Collector)

ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ เป็นชนิดที่นิยมใช้มากที่สุดสำหรับระบบผลิตน้ำร้อนที่ใช้ในบ้านเรือน และจะให้ความร้อนได้ดีแก่ของเหลว หรืออากาศที่อุณหภูมิต่ำกว่า 82 องศาเซลเซียส มีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

1. แผ่นดูดกลืนรังสี (Absorber Plate) เป็นตัวดูดกลืนรังสีอาทิตย์ทำจากทองแดง แผ่นเหล็ก หรืออลูมิเนียม พื้นผิวจะเคลือบด้วยสีดำที่มีค่าการดูดกลืนรังสีสูง อาจจะถูกเคลือบด้วยสารเรืองสี (Selective Surface) ซึ่งจะให้ค่าการดูดกลืนรังสีอยู่ในช่วงความถี่ที่เหมาะสม
2. ท่อส่งผ่านความร้อนเป็นท่อที่ของไหลรับพาความร้อนจากตัวรับรังสีอาทิตย์สู่ของไหลที่ไหลผ่านไปใช้งาน นิยมใช้ทองแดงเพราะนำความร้อนได้ดีและทนทาน

3. แผ่นกันความร้อน (Cover Plate) แผ่นปิด หรือแผ่นครอบตัวรับรังสีอาทิตย์ ส่วนใหญ่จะใช้กระจกหรือพลาสติกใสที่แสงส่องผ่านได้ดี แผ่นปิดจะทำหน้าที่ป้องกันการพาและการนำความร้อนจากผิวของตัวรับรังสีอาทิตย์
4. ฉนวนกันความร้อน (Insulator) ป้องกันการสูญเสียความร้อนของตัวรับรังสีอาทิตย์ ซึ่งจะติดไว้ด้านล่าง และด้านข้างของตัวรับรังสีอาทิตย์ วัสดุที่ใช้จะเป็นใยแก้ว หรือโฟม
5. กรอบ (Enclosure) กรอบรอบนอกของตัวรับรังสีอาทิตย์เป็นกรอบเพื่อใช้บรรจุส่วนประกอบทั้งหมดของตัวรับรังสีไว้ ทำจากวัสดุที่มีความแข็งแรงและไม่เป็นสนิม

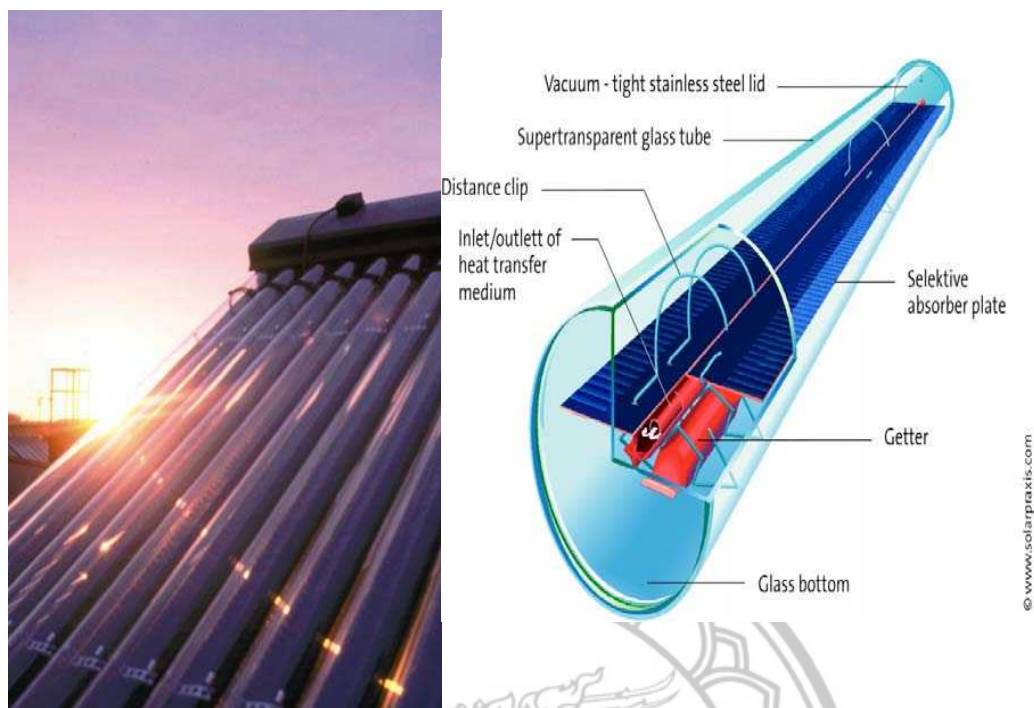


ภาพ 8 ส่วนประกอบตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ

ที่มา: พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตน้ำร้อน ระบบผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้ง, 2551

ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ (Evacuated Tube Solar Collector)

เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อนอีกรูปแบบหนึ่ง มีลักษณะเป็นหลอดแก้วสองชั้นระหว่างชั้นเป็นสุญญากาศ ภายในเคลือบด้วยสารดูดกลืนรังสีที่มีประสิทธิภาพสูงเหมาะกับการใช้งานที่ต้องการน้ำร้อนอุณหภูมิสูง



ภาพ 9 ส่วนประกอบตัวรับรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ

ที่มา: พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตน้ำร้อน ระบบผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้ง, 2551

ตาราง 1 แสดงระดับอุณหภูมิทำได้จากตัวรับรังสีชนิดต่าง ๆ

ชนิดของตัวรับรังสี	ประสิทธิภาพทางความร้อน	ระดับอุณหภูมิสูงสุดโดยประมาณ (องศาเซลเซียส)
1. ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (Flat Plate Solar Collector)	40-60%	40-100
2. ตัวรับรังสีอาทิตย์แบบหลอดแก้วสุญญากาศ (Evacuated Tube Solar Collector)	>60%	90-200

ที่มา: พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตน้ำร้อน ระบบผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้ง, 2551

สมรรถนะเชิงความร้อนของตัวรับรังสีอาทิตย์แสดงอยู่ในรูปของประสิทธิภาพ เมื่อพิจารณาช่วงระยะเวลาสั้น ๆ สามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพ ณ ขณะใดขณะหนึ่ง (Instantaneous efficiency, η) ของตัวรับรังสีอาทิตย์ได้ดังสมการนี้ (พิสิษฐ มณีโชติ, 2553)

$$\eta = \frac{Q_u}{G_T A_c}$$

เมื่อ Q_u คือ พลังงานที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

G_T คือ ปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบกับตัวรับรังสีอาทิตย์

A_c คือ ขนาดพื้นที่รับแสง, m^2

การนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้ใหม่

ในกิจการของอุตสาหกรรมโรงงาน โรงพยาบาล และโรงแรมทั่วไปจะมีความร้อนเหลือทิ้งจากหม้อต้ม ตู้แช่ เครื่องปรับอากาศ หม้อไอน้ำ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นต้น ในการนำความร้อนเหลือทิ้งกลับมาใช้นั้น เป็นแนวทางหนึ่งที่จะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตน้ำร้อน ซึ่งเครื่องมือและอุปกรณ์แต่ละชนิดจะมีแหล่งความร้อนเหลือทิ้งและวิธีการนำมาใช้งานแตกต่างกันออกไป โดยมีรายละเอียด ดังนี้

การผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศ และตู้แช่เย็น

1. แหล่งความร้อนเหลือทิ้ง

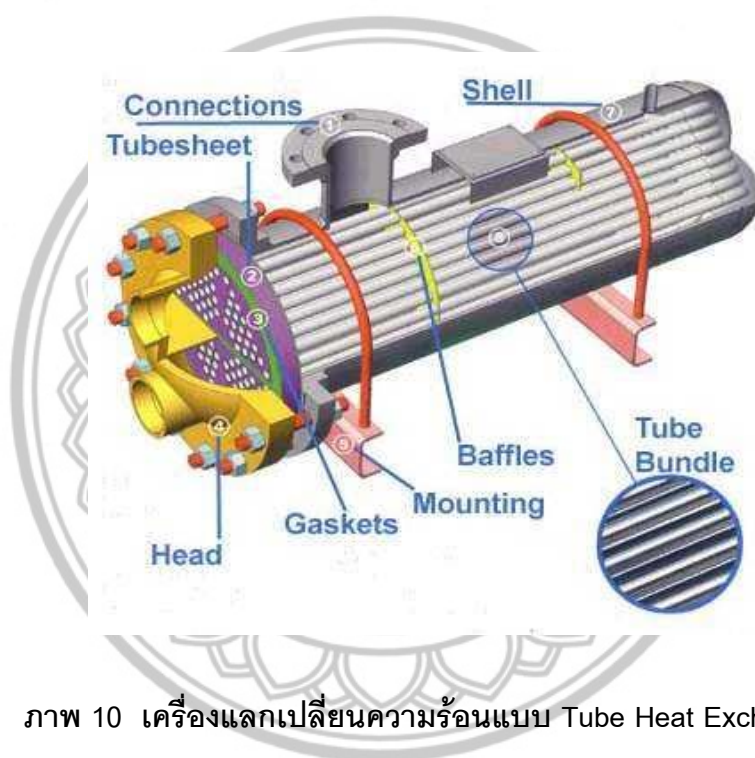
เครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็นที่สามารถนำความร้อนเหลือทิ้งมาใช้ผลิตน้ำร้อนควรเป็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศแบบ วัฏจักรอัดไอ ที่มีชุดคอมเพรสเซอร์เป็นอุปกรณ์อัดไอสารทำความเย็น โดยสารทำความเย็นจะนำความร้อนที่ได้จากวัฏจักรทำความเย็นออกจากห้องที่ต้องการทำความเย็นไประบายทิ้งที่ชุดควบแน่น เพื่อสารทำความเย็นควบแน่นเป็นของเหลวไปตามวัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ

ความร้อนที่ระบายทิ้งนี้สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งความร้อนผลิตน้ำร้อนได้ โดยสารทำความเย็นที่ไหลออกจากคอมเพรสเซอร์จะมีอุณหภูมิระหว่าง 70 - 80 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่กับภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งสูงพอที่จะผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสได้ โดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

2. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนสำหรับเครื่องปรับอากาศหรือตู้แช่เย็น
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อทำน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศหรือตู้แช่เย็น มีอยู่ 3 แบบดังนี้

2.1 Tube Heat Exchanger

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Tube Heat Exchanger จะมีลักษณะเป็นขดท่อวัสดุที่ใช้จะเป็นสแตนเลส 316L หรือทองแดง ใช้ได้ดีกับของเหลวที่มีความหนืดสูง ต้องการพื้นที่ติดตั้งมาก ดังนั้นการขยายพื้นที่จึงต้องเปลี่ยนชุดใหม่



ภาพ 10 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Tube Heat Exchanger

ที่มา: พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตน้ำร้อน ระบบผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้ง, 2551

2.2 Shells-and-Tube Heat Exchanger

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Shell-and-Tube Heat Exchanger วัสดุที่ใช้จะทำด้วยสแตนเลส 316L หรือทองแดง มีอุณหภูมิใช้งานอยู่ในช่วง 200 องศาเซลเซียส หรือ 700 องศาเซลเซียส ความดันใช้งานประมาณ 350 bar สามารถใช้งานได้ดีกับของไหลทุกชนิด แต่การบำรุงรักษาค่อนข้างยุ่งยาก การขยายพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนต้องเปลี่ยนใหม่ทั้งหมด

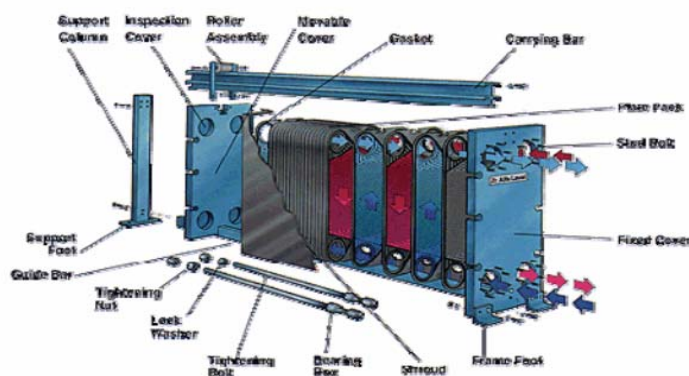


ภาพ 11 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Shell-and-Tube Heat Exchanger

ที่มา: พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตน้ำร้อน ระบบผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้ง, 2551

2.3.1 Plate Heat Exchanger

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ทำด้วยสแตนเลส 316L เคลือบไททาเนียม วัสดุ
กันของไหลทั้งสองจะทำด้วยทองแดง สามารถใช้งานได้ในช่วง -200 องศาเซลเซียส ถึง 980
องศาเซลเซียส ใช้ได้กับของไหลทุกชนิดมีค่าประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนสูงมีขนาด
กะทัดรัด น้ำหนักเบา ง่ายต่อการบำรุงรักษาสามารถขยายพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนได้ง่าย



ภาพ 12 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Plate Heat Exchanger

ที่มา: พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตน้ำร้อน ระบบผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้ง, 2551

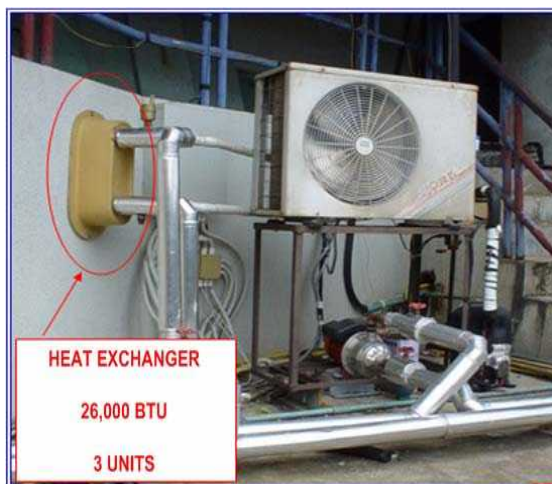
หลักการผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศหรือตู้แช่เย็นนั้น จะมีลักษณะดังภาพ 13 ในการนำความร้อนทิ้งจากเครื่องปรับอากาศหรือตู้แช่เย็นนั้นจะทำการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนหลังคอมเพรสเซอร์ ซึ่งเป็นด้านที่สารทำความเย็นไหลออก และถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำ ทำให้น้ำเมื่อไหลผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนจะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการออกแบบ และประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ในการนำความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศหรือตู้แช่เย็นกลับมาใช้จะได้น้ำร้อนโดยสิ้นเปลืองพลังงานเพียงเล็กน้อยสำหรับเดิน ในขณะที่เดียวกันการระบายความร้อนด้วยน้ำจะทำให้ระบบมีการระบายความร้อนได้ดี ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศและตู้แช่เย็นจะดีขึ้น



ภาพ 13 ระบบวงจรของเครื่องทำน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น

ที่มา: พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตน้ำร้อน ระบบผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้ง, 2551

อย่างไรก็ตามการผลิตน้ำร้อนจากเครื่องปรับอากาศและเครื่องทำความเย็นจะมีปัญหาบ้างในช่วงฤดูหนาว เนื่องจากในประเทศไทยจะเปิดเครื่องปรับอากาศน้อย ถึงแม้จะมีการใช้งานแต่ปริมาณความร้อนที่ระบายทิ้งก็จะน้อยมาก



ภาพ 14 ตัวอย่างการนำความร้อนเหลือทิ้งจากเครื่องปรับอากาศมาใช้ผลิตน้ำร้อน

ที่มา: พลังงานแสงอาทิตย์ผลิตน้ำร้อน ระบบผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้ง, 2551

ความเหมาะสมด้านเทคนิคของเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสาน

เทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานผลิตน้ำร้อนที่มีแผ่นรับแสงแบบแผ่นเรียบชนิดมีแผ่นปิดใส และเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศ หรือตู้แช่ ซึ่งเทคโนโลยีจะมีคุณลักษณะเชิงเทคนิคดังนี้

1. เทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนที่มีแผ่นรับแสงแบบแผ่นเรียบชนิดมีแผ่นปิดใส
 - 1.1 ผลิตน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำประมาณ 40 - 90 องศาเซลเซียสโดยไม่ต้องใช้พลังงานเสริม
 - 1.2 ผลิตน้ำร้อนได้เฉพาะในช่วงเวลากลางวันที่ท้องฟ้าโปร่ง
 - 1.3 ต้องการสถานที่ติดตั้งแบบโล่งแจ้งไม่มีเงาบัง และใช้พื้นที่มากถ้าหากต้องการปริมาณน้ำร้อนมาก
 - 1.4 ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
 - 1.5 ต้องการการดูแลบำรุงรักษาบ้างโดยเฉพาะการทำความสะอาดแผ่นปิด
 - 1.6 สามารถผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสประมาณ 70 ลิตร/ตร.ม./วัน
2. เทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนจากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศ
 - 2.1 ผลิตน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำประมาณ 40 - 90 องศาเซลเซียสโดยไม่ต้องใช้พลังงานเสริม

- 2.2 ผลิตน้ำร้อนได้เฉพาะในช่วงเวลาที่อุปกรณ์ผลิตความร้อนทำงาน
- 2.3 ต้องการสถานที่ติดตั้งเล็กน้อยเท่านั้น
- 2.4 ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- 2.5 ต้องการการดูแลบำรุงรักษาบ้างเพียงเล็กน้อย
- 2.6 สามารถผลิตน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสได้ประมาณ 45.5 ลิตร/ตัน
ความเย็น/ ชั่วโมง

3. ความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานแสงอาทิตย์กับความร้อนเหลือทิ้งในการผลิตน้ำร้อน

จากคุณลักษณะเชิงเทคนิคของเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนที่กล่าวมานั้น จะเห็นได้ว่าการผลิตน้ำร้อนทั้งสองแบบจะมีความสัมพันธ์ และสอดคล้องเหมาะสมที่จะนำมาผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานกันดังนี้

- 3.1 ผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิค่าประมาณ 40 - 70 องศาเซลเซียสเหมือนกัน
- 3.2 ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
- 3.3 ต้องการการดูแลบำรุงรักษาบ้างเพียงเล็กน้อยเหมือนกัน
- 3.4 การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตน้ำร้อน จะสามารถผลิตได้เฉพาะในช่วงเวลากลางวันที่ท้องฟ้าโปร่งเท่านั้น ในช่วงฤดูฝน การผลิตน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์จะไม่สามารถผลิตน้ำได้เต็มความสามารถจำเป็นต้องใช้พลังงานเสริม
- 3.5 การใช้พลังงานจากความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศ หรือตู้แช่สามารถผลิตน้ำร้อนได้ตลอดเวลาที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน ซึ่งโดยปกติจะทำงานได้ดีในช่วงฤดูร้อน และฤดูฝน แต่จะมีปัญหาในช่วงฤดูหนาวซึ่งมีอากาศเย็นทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลง จำเป็นต้องใช้พลังงานเสริม

จะเห็นได้ว่าการผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์กับพลังงานความร้อนเหลือทิ้งของเครื่องปรับอากาศ หรือตู้แช่ จะผลิตน้ำร้อนได้สม่ำเสมอตลอดทั้งปี โดยไม่ต้องมีพลังงานเสริมใด ๆ เนื่องจากหากใช้พลังงานแสงอาทิตย์แต่เพียงอย่างเดียวก็จะมีปัญหาตอนฤดูฝนคือในวันที่ไม่มีแสงแดดหรือมีแสงแดดน้อย แหล่งพลังงานที่จะมาทำให้น้ำเย็นเป็นน้ำร้อนนั้นไม่มีก็ต้องใช้พลังงานเสริม

ดังนั้นหากใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานจากความร้อนเหลือทิ้งจากตู้แช่จะสามารถตัดปัญหาที่จะใช้พลังงานเสริมออกไปตลอดจนสามารถลดขนาดของระบบผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์ลงได้อีก

ในปัจจุบันนี้ถึงแม้ว่าระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในระดับหนึ่งแล้ว แต่ทั้งนี้การติดตั้งจะต้องมีความรู้ความเข้าใจในด้านเทคนิค เพื่อให้การใช้งานระบบการผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับความร้อนเหลือทิ้ง สามารถใช้ได้ อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้จัดทำโครงการสนับสนุนการลงทุนในการผลิตน้ำร้อนด้วยระบบผสมผสาน ซึ่งโครงการนี้มี เป้าหมายที่จะกระตุ้นให้ธุรกิจภาคโรงงานอุตสาหกรรม โรงแรม และโรงพยาบาลหันมาใช้ พลังงานแสงอาทิตย์และความร้อนเหลือทิ้ง เพื่อผลิตน้ำร้อนให้เกิดการประหยัดพลังงาน เป็นการ ประหยัดค่าใช้จ่ายของธุรกิจเอง และยังเป็นการประหยัดพลังงานของประเทศ ซึ่งเป็นการ ตอบสนองต่อยุทธศาสตร์การใช้พลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานของกระทรวงพลังงาน (คู่มือขอรับการสนับสนุนการลงทุนติดตั้งระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ โครงการส่งเสริม การใช้น้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบผสมผสาน, 2553)

หลักเกณฑ์และเงื่อนไขการสนับสนุนการลงทุนผลิตน้ำร้อนด้วยระบบผสมผสาน

1. คุณสมบัติของผู้ขอรับการสนับสนุน

1.1 เป็นกิจการ โรงแรม โรงพยาบาลหรืออาคารธุรกิจหรือโรงงานที่ใช้น้ำร้อนใน การผลิตหรือการให้บริการ และมีความประสงค์จะใช้ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วย ระบบผสมผสาน

1.2 มีความพร้อมในการลงทุนในเทคโนโลยีพลังงานทดแทนหรือพลังงานสะอาด เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานโดยรวม และต้องได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูงซึ่งเป็นผู้มีอำนาจลงนามในการยืนยันเข้าร่วมโครงการ

1.3 เป็นนิติบุคคลที่จัดตั้งตามกฎหมายไทย

2. หลักเกณฑ์การสนับสนุนลงทุน

2.1 ให้การสนับสนุนลงทุนในระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบ ผสมผสาน ซึ่งหมายถึง การผลิตน้ำร้อนโดยใช้ตัวรับรังสีอาทิตย์ (Solar collector) ร่วมกับแหล่ง ความร้อนเหลือทิ้งต่าง ๆ ความร้อนเหลือทิ้งจากชุดระบายความร้อน (Condensing Unit) เช่น เครื่องปรับอากาศแบบอัดไอ ตู้แช่ ความร้อนเหลือทิ้งจากปล่องไอเสียของหม้อไอน้ำ (boiler) ความ ร้อนเหลือทิ้งจากท่อไอเสียเครื่องกำเนิดไฟฟ้าดีเซล ความร้อนทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ และ/หรือ ความร้อนเหลือทิ้งอื่น ๆ ที่สามารถใช้ในการผลิตน้ำร้อนได้

2.2 สนับสนุนการลงทุนเฉพาะในส่วนของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งไม่รวมในส่วนของระบบการนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ใหม่

2.3 สนับสนุนการลงทุนระบบผลิตน้ำร้อนแสงอาทิตย์ ดังนี้

2.3.1 สันับสนุนเงิน 4,500 บาทต่อตารางเมตร สำหรับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ (กรณีตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบคิดที่พื้นที่ช่องรับแสง - Aperture Area กรณีตัวรับรังสีแบบหลอดแก้วสุญญากาศคิดที่พื้นที่รวมสุทธิ - Gross Area) สำหรับอุปกรณ์ที่มีค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตัวรับรังสีผลิตได้ในรอบปีมีค่าตั้งแต่ 800 kWh/m².Year ขึ้นไป และเป็นระบบปิดเท่านั้น ซึ่งได้แก่ระบบที่ความดันในระบบท่อน้ำร้อนและถังเก็บน้ำร้อนถูกควบคุมโดยเครื่องสูบน้ำร้อนหรือระบบควบคุมความดันอื่น ๆ

2.3.2 สันสนับสนุนเงิน 3,500 บาทต่อตารางเมตร สำหรับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ (กรณีตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบคิดที่พื้นที่ช่องรับแสง - Aperture Area กรณีตัวรับรังสีแบบหลอดแก้วสุญญากาศคิดที่พื้นที่รวมสุทธิ - Gross Area) สำหรับอุปกรณ์ที่มีค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตัวรับรังสีผลิตได้ในรอบปีมีค่าตั้งแต่ 800 kWh/m².Year ขึ้นไป และเป็นระบบเปิด ซึ่งได้แก่ระบบที่ความดันในระบบท่อน้ำร้อน และถังเก็บน้ำร้อนถูกควบคุมโดยความดันบรรยากาศ

2.3.3 สันสนับสนุนเงิน 3,000 บาทต่อตารางเมตร สำหรับตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ (กรณีตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบคิดที่พื้นที่ช่องรับแสง - Aperture Area กรณีตัวรับรังสีแบบหลอดแก้วสุญญากาศคิดที่พื้นที่รวมสุทธิ - Gross Area) สำหรับอุปกรณ์ที่มีค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยที่ตัวรับรังสีผลิตได้ในรอบปีมีค่าต่ำกว่า 800 แต่ไม่ต่ำกว่า 500 kWh/m².Year โดยเป็นได้ทั้งระบบปิดและระบบเปิด ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยของตัวรับรังสีที่ผลิตได้ในรอบปีอ้างอิงภายใต้สภาวะเงื่อนไขในหมายเหตุด้านล่าง

2.4 ให้การสนับสนุนการลงทุนระบบผลิตน้ำร้อนแสงอาทิตย์ขั้นต่ำไม่น้อยกว่า 40 ตารางเมตรของพื้นที่รับแสง และชั้นสูงไม่เกิน 1,000 ตารางเมตรของพื้นที่รับแสง หรือไม่เกิน 4,500,000 บาท ต่อแห่ง

2.5 ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบผสมผสานที่ได้ติดตั้งอุปกรณ์ไปแล้ว ไม่สามารถขอรับเงินสนับสนุนจากโครงการนี้ได้ ซึ่งโครงการที่ให้การสนับสนุนเป็นได้ทั้งโครงการใหม่ และโครงการปรับปรุงเปลี่ยนตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ใหม่ หรือการเพิ่มขนาดหรือกำลังผลิต โดยมีระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 5 ปี

2.6 วัสดุอุปกรณ์ประกอบที่ใช้ในระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบผสมผสาน ต้องได้รับมาตรฐานอุตสาหกรรมหรือมาตรฐานสากล

2.7 ท่อน้ำร้อนที่ใช้ในระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยระบบผสมผสาน ต้องเป็นท่อทองแดง หรือท่อพีพีอาร์ หรือท่อชนิดอื่นที่ตามที่วิศวกรผู้ออกแบบกำหนด และสามารถ

ทนอุณหภูมิ และแรงดันใช้งานปกติของระบบได้ โดยท่อน้ำร้อนภายนอกอาคารรวมทั้งข้อต่อ และ วาล์วจะต้องหุ้มด้วยฉนวนใยแก้ว หรือฉนวนสังเคราะห์ และหุ้มด้วย Jacket เพื่อป้องกันการเสียหายของฉนวน

2.8 กระจกตัวเก็บรังสีอาทิตย์

2.8.1 กระจกตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นเรียบต้องเป็นชนิด Tempered Glass หรือเป็นชนิดกระจกแผ่นตามมาตรฐาน มอก. 54-2516

2.8.2 กระจกกระจกตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบสุญญากาศต้องเป็นชนิด Borosilicate

2.9 ถังเก็บน้ำร้อนทำด้วยวัสดุ Stainless หรือเหล็กแผ่น หรือทำด้วยไฟเบอร์กลาส หรือพลาสติกทนความร้อนสูง หรือวัสดุชนิดอื่นตามที่วิศวกรผู้ออกแบบกำหนด ซึ่งสามารถทนอุณหภูมิ และแรงดันใช้งานปกติของน้ำภายในถังได้ตามมาตรฐานสากล พร้อมหุ้มด้วยฉนวนใยแก้ว หรือฉนวนสังเคราะห์ ที่มีความหนาเพียงพอที่จะรักษาอุณหภูมิน้ำร้อนให้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด และหุ้มด้วย Jacket เพื่อป้องกันการเสียหายของฉนวน กระจกที่ใช้ถังน้ำร้อนเดิมต้องมีการปรับปรุงให้เทียบเท่าหลักเกณฑ์ข้างต้น

2.10 การติดตั้งระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ต้องดำเนินการภายใต้มาตรฐานสากล

2.11 การออกแบบระบบ และการใช้วัสดุและอุปกรณ์ จะต้องได้รับการรับรองจากวิศวกรผู้ออกแบบที่ได้รับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมตามที่สภาวิศวกรกำหนด

3. เงื่อนไขในการดำเนินงาน

3.1 ผู้สมัครที่ได้รับการอนุมัติการสนับสนุนจาก พพ. แล้วจะต้องดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ให้แล้วเสร็จภายใน 6 เดือน นับตั้งแต่วันที่ลงนามในสัญญาับการสนับสนุนมิฉะนั้น พพ. มีสิทธิบอกเลิกการให้การสนับสนุน

3.2 เอกสารประกอบการขอรับการสนับสนุน ประกอบด้วย

3.2.1 แบบขอรับการสนับสนุน ฯ

3.2.2 ผลการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นและแบบเบื้องต้น

3.2.3 เอกสารด้านเทคนิคประกอบการพิจารณา เช่น คุณสมบัติเฉพาะ (Specifications) อายุการใช้งาน ไปรับรองมาตรฐาน ผลทดสอบสมรรถนะ จากสถาบันทดสอบที่เชื่อถือได้ตามมาตรฐาน ASHRAE 93 หรือมาตรฐานอื่น ๆ ที่เทียบเท่า การหุ้มฉนวนในระบบท่อส่ง

น้ำร้อน และรายการคำนวณการประหยัดพลังงานระยะเวลาคืนทุน และแบบแสดงการติดตั้งถ้าจำเป็น

3.2.4 เอกสารรับรองมาตรฐานของอุปกรณ์ประกอบในระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน ดังนี้

- ท่อน้ำร้อนและท่อน้ำเย็น
- ข้อต่อและวาล์วประเภทต่าง ๆ
- ฉนวนกันความร้อน
- เครื่องสูบน้ำ
- กังน้ำร้อน หรือวัสดุเพื่อทำถังน้ำร้อน

3.2.5 ภาพถ่ายจุดอ้างอิงที่ถาวร แสดงอยู่บนรูปเพื่อเปรียบเทียบกับรูปถ่ายหลังจากการติดตั้งแล้ว

3.2.6 แผนการดำเนินการติดตั้งและแผนการบำรุงรักษา

3.2.7 เอกสารการรับประกันการใช้งานระบบอย่างน้อย 1 ปี และตัวรับรังสีอาทิตย์อย่างน้อย 5 ปี

3.2.8 หนังสือรับรองความปลอดภัยในการออกแบบและติดตั้ง

3.2.9 รายละเอียดแสดงการติดตั้ง อุปกรณ์วัดพลังงานที่ผลิตได้ของระบบ เช่น อุปกรณ์วัดการไหลของน้ำเข้าระบบผลิต และการติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิน้ำร้อนของระบบ เป็นต้น

3.3 พพ. จะพิจารณาใบสมัครของผู้ที่ยื่นใบสมัครตามลำดับก่อนหลัง ซึ่งจะดูจากความถูกต้องสมบูรณ์ของใบสมัคร และเอกสารประกอบ

3.4 การพิจารณาให้การสนับสนุนของคณะกรรมการถือเป็นที่ยึดถือที่สุด ผู้ขอรับการสนับสนุนไม่อาจเรียกร้องใดๆ ได้

3.5 ผู้ขอรับการสนับสนุนในโครงการนี้ จะขอรับการสนับสนุนซ้ำซ้อนกับโครงการสนับสนุนอื่น ๆ ของ พพ. ไม่ได้ ยกเว้นโครงการเงินหมุนเวียนเพื่อการอนุรักษ์พลังงานและพลังงานทดแทน, ESCO Fund

หมายเหตุ:

1. ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย ระบบที่ผลิตน้ำร้อนด้วยตัวรับรังสีอาทิตย์ (Solar collector) ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ตัวรับรังสีแบบแผ่นเรียบ (Flat plate collector) หรือ ตัวรับรังสีแบบหลอดสุญญากาศ (Evacuated tube collector) ถังกักเก็บน้ำร้อน และระบบท่อส่งน้ำร้อน (จากตัวรับแสงอาทิตย์ไปยังถังเก็บน้ำร้อน) และระบบควบคุม

2. สภาวะเงื่อนไข เพื่อการประเมินค่าพลังงานแสงอาทิตย์ เฉลี่ยของตัวรับรังสีที่ผลิตได้ในรอบปี

- 2.1 อุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_a) 35 °C
- 2.2 อุณหภูมิของไหลที่ไหลเข้าตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ (T_f) 30 °C
- 2.3 อุณหภูมิของไหลที่ไหลออกจากตัวรับรังสีแสงอาทิตย์ (T_o) 60 °C
- 2.4 ค่าความเข้มแสงอาทิตย์ที่ 800 W/m²
- 2.5 ค่าพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายปีของประเทศไทย 1,800 KWh/m²

แนวคิดในการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

การศึกษาศักยภาพความเป็นไปได้ของโครงการมีความหมายเช่นเดียวกับ การวิเคราะห์โครงการ ซึ่งมีการนำส่วนที่เหลือทิ้งมาใช้ใหม่ให้เกิดประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้ได้นำความร้อนเหลือทิ้งมาร่วมพิจารณาเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ เป็นการประเมินผลตอบแทนและต้นทุนของโครงการ โดยการศึกษาความเป็นไปได้ จะเน้นการประเมินความคุ้มค่าของโครงการ ซึ่งจะมีความคุ้มค่าเมื่อผลตอบแทนมีค่าสูงกว่าต้นทุน

ดังนั้นในการศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ในการลงทุนโครงการการผลิตน้ำร้อนด้วยระบบผสมผสานระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์กับความร้อนเหลือทิ้ง จึงมีการจัดขั้นตอนความสำคัญก่อนการตัดสินใจคัดเลือก และดำเนินโครงการ เพราะหลังจากที่ได้มีการวางแผนโครงการแล้ว ผู้จัดทำโครงการควรมีการศึกษาศักยภาพความเป็นไปได้ของโครงการ เพื่อให้มีข้อมูลประกอบการตัดสินใจในเบื้องต้นว่าการลงทุนของโครงการนั้นมีหนทางที่จะดำเนินการต่อไปได้หรือไม่ ก่อนที่จะได้มีการนำเสนอให้ผู้มีอำนาจตัดสินใจพิจารณาโครงการต่อไป โดยอาศัยทฤษฎีและแนวคิดในการศึกษา คือ การวัดความคุ้มค่าของโครงการ (Measures of Project Worth) (ชูชีพ พัฒน์ศิริ, 2544)

การวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์

1. การกำหนดต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการ (Identifying Project costs and Benefits) นิยามของต้นทุนและผลประโยชน์ จะถูกกำหนดโดยวัตถุประสงค์ของโครงการที่ตั้งไว้ คือ

1.1 ต้นทุน หมายถึง มูลค่าของเงินที่สูญเสียไปในการผลิต และไม่สามารถจะนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้อีก ต้นทุนของโครงการในการศึกษา ได้แก่ ค่าอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการผลิตน้ำร้อนด้วยระบบผสมผสานระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์กับความร้อนเหลือทิ้ง เช่น

ตัวรับรังสีอาทิตย์ ถังน้ำร้อน ท่อน้ำร้อน ท่อน้ำเย็น ค่าสายไฟ ค่าบำรุงรักษาระบบ และค่าติดตั้ง เป็นต้น

1.2 ผลประโยชน์ในการศึกษาครั้งนี้ หมายถึง มูลค่าของผลตอบแทนที่สามารถคำนวณได้จากการประเมินมูลค่าพลังงานทดแทนเปรียบเทียบกับการคำนวณค่าพลังงานที่ได้จากการลดการใช้เชื้อเพลิงที่มาจากฟอสซิล รวมทั้งการได้รับเงินสนับสนุนจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

2. การวิเคราะห์กระแสเงินสด (Benefit and Cost) ประกอบด้วยต้นทุนและผลประโยชน์จากการนำระบบพลังงานทดแทนมาใช้แทนก๊าซแอลพีจี (LPG) โดยจะนำข้อมูลต้นทุนและผลประโยชน์ของโครงการมาใช้ในการคำนวณหาตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ ตามการวิเคราะห์แบบปรับค่าของเวลา (Discounted Measures of Project Worth) ซึ่งเป็นวิธีการร่วมสมัย (Contemporary Approach) และใช้กันอย่างแพร่หลายทั่ว ๆ ไป 3 ประการ ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) นอกจากนี้ ยังมีการคำนวณดัชนีชี้วัดความคุ้มค่าแบบไม่ปรับค่าของเวลา (Undiscounted Measures of Project Worth) ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)

3. ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ (Indicators of Project Worth) ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการมีความสำคัญอย่างมากในการนำมาใช้ สำหรับเป็นเกณฑ์การตัดสินใจในการลงทุน (Investment Decision Criteria) ซึ่งภายใต้เทคนิคการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (Cost-Benefit Analysis) มีวิธีการวัด 2 รูปแบบ คือ

3.1 การวิเคราะห์แบบปรับค่าของเวลา (Discounted Measures of Project Worth) ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายทั่ว ๆ ไป มีตัวชี้วัด 3 รูปแบบ ได้แก่

3.1.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) เป็นตัวบ่งชี้ถึงจำนวนผลประโยชน์สุทธิที่ได้รับตลอดระยะเวลาของโครงการ ซึ่งอาจจะมีค่าเป็นลบ เป็นศูนย์ หรือเป็นบวกก็ได้ ขึ้นอยู่กับขนาด (Magnitude) ของมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวม (PVB) หักออกด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม (PVC) ของโครงการนั้นโดย

$$\begin{aligned} NPV &= PVB - PVC \\ &= \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \end{aligned}$$

เมื่อ	B_t	=	ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ 1
	C_t	=	ต้นทุนของโครงการในปีที่ 1
	r	=	อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม
	t	=	ระยะเวลาของโครงการ (1, 2, ..., n)

หลักการตัดสินใจ (Decision Rule) ที่ว่าโครงการจะมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจและการเงินหรือไม่นั้น ให้พิจารณาที่มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) คือ เมื่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่าศูนย์ หรือมีค่าเป็นบวก แสดงว่าโครงการนั้นมีความเหมาะสมที่จะลงทุนได้ กล่าวคือ มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวมมากกว่ามูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม

สำหรับการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการศึกษาครั้งนี้ ผลประโยชน์เป็นค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้จากการใช้ระบบผสมผสานในการผลิตน้ำร้อนมาเป็นพลังงานทดแทนก๊าซแอลพีจี (LPG) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้จากการนำระบบดังกล่าวมาใช้ นั้นสามารถคำนวณได้จากค่าเปรียบเทียบพลังงาน และกำลังการผลิต แล้วประเมินมูลค่า

3.1.2 อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: BCR) คือ มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์รวมหารด้วยมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนรวม ผลประโยชน์จะเกิดขึ้นตลอดอายุทางเศรษฐกิจของโครงการ ถึงแม้ว่าการลงทุนโครงการผ่านพ้นไปแล้ว ในขณะที่ต้นทุนในการก่อสร้างจะเกิดขึ้นเฉพาะในช่วงการลงทุนเท่านั้น ส่วนต้นทุนที่อยู่ในรูปของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานซ่อมแซมบำรุงรักษา และลงทุนทดแทนอุปกรณ์ที่เสื่อมสภาพจะเกิดขึ้นตลอดช่วงอายุทางเศรษฐกิจของโครงการ (Economic Life or Useful Life of the Project) จากนั้นจึงนำเอากระแสผลประโยชน์ และกระแสต้นทุนของโครงการที่ได้ปรับค่าไปตามเวลา หรือคิดเป็นมูลค่าปัจจุบันแล้วมาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน ดังนี้

$$BCR = \frac{PVB}{PVC}$$

$$= \frac{\sum_{t=1}^n B_t (1+r)^{-t}}{\sum_{t=1}^n C_t (1+r)^{-t}}$$

เมื่อ	B_t	=	ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ 1
	C_t	=	ต้นทุนของโครงการในปีที่ 1

$$r = \text{อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม}$$

$$t = \text{ระยะเวลาของโครงการ (1,2,\dots,n)}$$

หลักการตัดสินใจว่าโครงการจะมีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจและทางการเงิน คือ อัตราส่วนต่อต้นทุนมีค่ามากกว่า หรือเท่ากับ 1

3.1.3 อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) คือ ผลตอบแทนเป็นร้อยละต่อโครงการ หรือ หมายถึงอัตราดอกเบี้ยในกระบวนการคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเท่ากับศูนย์ ณ จุดนี้จำเป็นต้องอธิบายเพิ่มเติมถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราดอกเบี้ยกับขนาดของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ถ้าอัตราดอกเบี้ยระดับหนึ่งที่ใช้ในกระบวนการคิดลดแล้วทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็นบวก อัตราดอกเบี้ยระดับใหม่ที่สูงกว่าจะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าลดลง และลดลงต่อไปตราบเท่าที่อัตราดอกเบี้ยยังคงเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ ในท้ายที่สุดจะมีอัตราดอกเบี้ยระดับหนึ่งที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเท่ากับศูนย์พอดี ซึ่งก็คือ อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ เมื่อกำหนดให้ r คือ อัตราผลตอบแทนภายในโครงการแล้วค่าของ r จะสามารถหาได้จากการแก้สมการดังกล่าวต่อไปนี้

$$\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = 0$$

เมื่อ

$$B_t = \text{ผลประโยชน์ของโครงการในปีที่ } t$$

$$C_t = \text{ต้นทุนของโครงการในปีที่ } 1$$

$$r = \text{อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ยที่เหมาะสม}$$

$$t = \text{ระยะเวลาของโครงการ (1,2,\dots,n)}$$

หลักการตัดสินใจว่าโครงการมีความคุ้มค่าการลงทุนทางด้านเศรษฐกิจ คือ เมื่ออัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (Economic Internal Rate of Return: EIRR) มีค่าสูง และต้องสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยเฉพาะ หรือค่าเสียโอกาสของทุน

การกำหนดค่า IRR หรืออัตราการคิดลดซึ่งทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์นั้นสามารถหาได้จาก 2 วิธี คือ

1. การแทนค่าแบบลองถูกลองผิด (Trial and Error) จากสูตร

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} = 0$$

ดังนั้น r ในสูตรคือ IRR

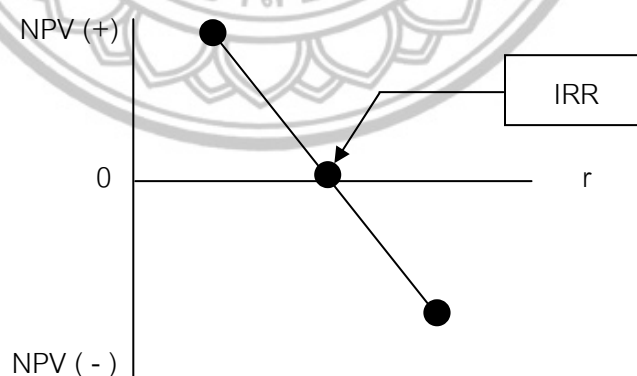
2. วิธีการ Interpolation

2.1 วิธีทางเลขาคณิต (Arithmetically) เป็นการคำนวณค่าความสัมพันธ์ระหว่างอัตราคิดลดกับ NPV 2 คู่ คือ อัตราคิดลด ต่ำต่ำกว่า (Lower Discount Rate: r_L) จะทำให้ NPV มีค่าเป็นบวก ส่วนอัตราคิดลดตัวสูงกว่า (Upper Discount Rate: r_U) จะทำให้ NPV มีค่าเป็นลบ ดังสูตรต่อไปนี้

$$IRR = r_L + (r_U - r_L) \left[\frac{NPV_L}{NPV_L - NPV_U} \right]$$

เมื่อ $NPV_L =$ NPV ของ r_L
 $NPV_U =$ NPV ของ r_U

2.2 วิธีทางกราฟ (Graphically) เมื่อใช้ข้อมูลจากตัวอย่างเดียวกันจะสามารถลงจุดได้ 2 จุดบนอาณาบริเวณระหว่างแกนของอัตราคิดลด และ NPV จากนั้นลากเส้นตรงเชื่อมต่อจุดทั้งสอง ที่จุดตัดระหว่างเส้นตรงนี้กับแกนของอัตราคิดลด (แกนนอน) ก็จะเป็นอัตราคิดลดที่ทำให้ NPV เท่ากับศูนย์ หรือ IRR นั้นเอง



ภาพ 15 การคิดอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการโดยวิธีทางกราฟ

ที่มา: ชูชีพ พิพัฒน์ศิริ, 2544

3. การวิเคราะห์แบบไม่ปรับค่าของเวลา (Undiscounted Measures of Project Worth) มีตัวชี้วัดคือ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB) เป็นเกณฑ์ที่คำนึงถึงระยะเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินงาน (ผลกำไรที่ได้รับในแต่ละปีรวมกัน) เท่ากับค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรกของโครงการ (ค่าใช้จ่ายก่อนเปิดดำเนินการ) นั่นคือ ทำการพิจารณาจำนวนปีที่ได้รับผลประโยชน์คุ้มกับค่าใช้จ่ายในการลงทุน ดังนั้นหากดำเนินงานแล้วผลประโยชน์คุ้มกับจำนวนเงินที่ได้ลงทุนไปรวดเร็วก็จะดี เพราะความเสี่ยงน้อย และผู้ลงทุนสามารถนำเงินที่ถอนทุนได้ไปลงทุนเพื่อหาผลประโยชน์ในกิจการอื่น ๆต่อไป โดยมีสูตรในการคำนวณระยะเวลาคืนทุน คือ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิเฉลี่ยต่อปี}}$$

ระยะเวลาคืนทุนที่ได้จากการคำนวณ สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจได้ว่า ควรเลือกลงทุนในโครงการนั้นหรือไม่ กล่าวคือ ถ้าระยะเวลาคืนทุนที่คำนวณไว้น้อยกว่า หรือเท่ากับระยะเวลาคืนทุนขั้นสูงที่กำหนดก็จะยอมรับโครงการ แต่ถ้าระยะเวลาคืนทุนที่คำนวณไว้มากกว่าระยะเวลาคืนทุนขั้นสูงที่กำหนดก็จะปฏิเสธโครงการ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กฤษณ์ คงเจริญ (2548) ได้ทำการศึกษาในเรื่อง “การศึกษาวិเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ การลงทุนโครงการผลิตน้ำร้อนด้วยระบบผสมผสานพลังงานแสงอาทิตย์ โรงพยาบาลแก่ง จังหวัดระยอง” จากการศึกษาพบว่าในช่วงการศึกษาในช่วง 6 เดือน นับตั้งแต่ติดตั้งระบบโดยกำหนดอายุโครงการเท่ากับ 16 ปี ตามอายุการใช้งานของระบบ และมีการใช้อัตราคิดลดร้อยละ 8 พบว่าโครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 1,071,359.57 บาท อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (BCR) เท่ากับ 2.34 และอัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) เท่ากับร้อยละ 31.15 และผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงต้นทุน และผลประโยชน์ของโครงการ เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ พบว่าโครงการยังมีทั้งความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ ในการลงทุน และการทดสอบค่าการเปลี่ยนแปลงของต้นทุน และผลประโยชน์ของโครงการพบว่าต้นทุนของโครงการสามารถเพิ่มขึ้นได้ถึง 134.33% และผลประโยชน์ของโครงการสามารถลดลงได้ถึงร้อยละ 57.33 จึงทำให้โครงการไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุน

ณัฐพงศ์ สุขใหญ่ (2552) ได้ทำการศึกษา “การประเมินผลความคุ้มค่าของการลงทุนระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานร่วมกับปั๊มความร้อน” โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

วิเคราะห์ต้นทุน และผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนในโครงการผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน จากการศึกษาพบว่า การประเมินผลความคุ้มค่าของการลงทุนระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานร่วมกับปั๊มความร้อน เป็นการให้การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์กับข้อมูลที่มีอยู่จริง มานำเสนอข้อมูลเพื่อหาความคุ้มค่าของการลงทุนในระบบผสมผสานโดยไปศึกษาจากสถานที่จริงคือโรงแรมบางกอกซิตี โอเทล พบว่าใช้ปริมาณน้ำร้อน 10,000 ลิตรต่อวัน โดยใช้แผงน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์แบบเรียบขนาด 1.00*2.00 เมตร จำนวน 60 แผงหรือ 120 ตารางเมตรร่วมกับปั๊มความร้อนขนาด 20 KW โดยลงทุนเริ่มต้น 2,007,750 บาท ค่าบำรุงรักษา 20,077 บาทต่อปีและค่าเปลี่ยนน้ำยา 134A อีกบางส่วน พบว่ามีความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงที่มาจากฟอสซิล LPG, น้ำมันดีเซล, ไฟฟ้า โดยมีผลตอบแทน FIRR 12.24%, 2127% และ 29.15% ตามลำดับ โดยจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 4.53 ปี, 8.05 ปี, และ 4.04 ปี ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า การใช้น้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับปั๊มความร้อน สามารถลดการใช้พลังงานจากฟอสซิลได้มาก และมีจุดคุ้มทุนเร็วซึ่งเทียบกับการใช้แผงน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียวหรือใช้ปั๊มความร้อนอย่างเดียว

นิพนธ์ เกตุจ้อย และคณะ (2551) ได้ทำการศึกษา “การสำรวจและศึกษาเบื้องต้นศักยภาพความเหมาะสมทางเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ การใช้งานระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้ง” โรงแรมรอยัลเอ็ดจิสตี จังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งโรงแรมรอยัลเอ็ดจิสตี เป็นโรงแรมขนาด 167 ห้อง มีผู้เข้าพักตลอดทั้งปีเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 17.16% ปัจจุบันน้ำร้อนที่ใช้ให้บริการกับลูกค้าที่เข้าพักผลิตจากหม้อต้มไอน้ำ (Boiler) ซึ่งใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง โดยอุณหภูมิของน้ำร้อนที่ใช้งานประมาณ 45 องศาเซลเซียส ซึ่งภายในโรงแรมยังมีแหล่งความร้อนเหลือทิ้งคือ ตู้แช่ ขนาด 2,547 BTU/h จำนวน 4 ตู้ ในการการออกแบบระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานของโรงแรมรอยัลเอ็ดจิสตี เป็นการผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับความร้อนเหลือทิ้งจากตู้แช่ ซึ่งจากการวิเคราะห์เพื่อหาความเหมาะสมของปริมาณน้ำร้อนที่ใช้งาน ร่วมกับการพิจารณาถึงระยะเวลาคืนทุนและอัตราผลตอบแทนทางการเงินแล้วพบว่า การออกแบบระบบฯ ที่ความต้องการใช้น้ำร้อน 15% มีผลตอบแทนทางการเงินสูงที่สุด แต่เมื่อพิจารณาถึงขนาดของพื้นที่ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์แล้ว พบว่ามีขนาดพื้นที่น้อยกว่า 40 ตารางเมตร ซึ่งไม่เข้าเงื่อนไขในการขอรับการสนับสนุนจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน แต่เมื่อพิจารณาการออกแบบระบบฯ ที่ความต้องการใช้น้ำร้อน 20% พบว่าผลตอบแทนทางการเงินต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ขนาดพื้นที่ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์มากกว่า 40 ตารางเมตร ซึ่งเข้าเงื่อนไขในการขอรับการสนับสนุนจากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ดังนั้นการออกแบบระบบ

ที่เปอร์เซ็นต์ความต้องการน้ำร้อนที่ 20% จึงมีความเหมาะสมที่สุด จากการศึกษาพบว่า ระบบผลิตน้ำร้อนแบบผสมผสานที่เหมาะสมกับโรงแรมรอยเอ็ดซี้ดี เป็นการออกแบบระบบที่ความต้องการน้ำร้อน 20% โดยติดตั้งตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ขนาด 48 ตารางเมตร ร่วมกับ Plate Heat Exchanger ขนาด 1 ตัน จำนวน 4 ตัว ผลิตน้ำร้อนได้วันละ 6,943 ลิตร/วัน เป็นปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ 5,498 ลิตร/วัน และปริมาณน้ำร้อนที่ผลิตได้จากความร้อนเหลือทิ้ง 1,445 ลิตร/วัน ใช้เงินลงทุนเริ่มต้น 876,000 บาท ค่าใช้จ่ายรายปี 9,160 บาท/ปี เป็นค่าดูแลรักษา และซ่อมบำรุงโดยมีผลตอบแทนทางการเงินเท่ากับ 22.5% และระยะเวลาคืนทุน 3.11 ปี ผลประโยชน์ของโครงการ 314,682 บาท/ปี เป็นผลประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ 238,935 บาท/ปี ผลประโยชน์จากความร้อนเหลือทิ้ง 67,582 บาท/ปี และผลประโยชน์จากการลดการปลดปล่อย CO₂ 8,165 บาท/ปี

ปณต วิไลพล (2537) ได้ทำการการศึกษา “การนำพลังงานความร้อนทิ้งจากอุปกรณ์ควบแน่นของระบบปรับอากาศสำหรับผลิตน้ำร้อนโดยปั๊มความร้อน แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปั๊มความร้อน” ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ใช้ R-22 เป็นสารทำงานซึ่งถูกสร้างขึ้นเพื่อประเมินสมรรถนะในการผลิตน้ำร้อนโดยใช้แหล่งพลังงานความร้อนจากพลังงานความร้อนทิ้งในน้ำหล่อเย็นของระบบปรับอากาศแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปั๊มความร้อน สร้างขึ้นจากสมการความสัมพันธ์ทางอุณหพลศาสตร์ของอุปกรณ์ปั๊มความร้อน และสมการความสัมพันธ์ของสถานะของ R-22 ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้ในการจำลองสถานการณ์ โดยใช้ข้อมูลสถานะของน้ำหล่อเย็นของระบบปรับอากาศ ซึ่งเป็นข้อมูลป้อนเข้าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปั๊มความร้อนเป็นข้อมูลที่จัดเก็บจริง จากการศึกษาพบว่าสถานที่ทำการวิจัยซึ่งเป็นโรงแรมขนาด 320 ห้องตลอดระยะเวลา 1 ปี ผลของการจำลองสถานการณ์การผลิตน้ำร้อนด้วยปั๊มความร้อนขนาด 3,736 กิโลวัตต์ โดยใช้แหล่งพลังงานความร้อนจากน้ำหล่อเย็นของโรงแรมดังกล่าวพบว่า อุณหภูมิของน้ำร้อนที่ผลิตได้มีค่าระหว่าง 45.2 - 47.3 องศาเซลเซียส และมีอัตราการผลิตน้ำร้อนเท่ากับ 40 กิโลกรัมต่อวินาที ซึ่งเพียงพอต่อการตอบสนองความต้องการอุปโภคน้ำร้อน ของโรงแรมขนาด 320 ห้อง และระบบผลิตน้ำร้อนโดยปั๊มความร้อนมีสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะระหว่าง 3.286 - 3.406 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตน้ำร้อนด้วยปั๊มความร้อน โดยใช้แหล่งพลังงานความร้อนจากน้ำหล่อเย็น และใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงาน เปรียบเทียบกับการผลิตน้ำร้อนด้วยหม้อไอน้ำ ซึ่งใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงนั้น การวิเคราะห์จะใช้ข้อมูลปริมาณการอุปโภคน้ำร้อนซึ่งเป็นข้อมูลที่จัดเก็บจริงจากโรงแรมขนาด 320 ห้องตลอดระยะเวลา 1 ปี เป็นข้อมูลที่กำหนดอัตราการผลิตน้ำร้อนของทั้งสองระบบ ซึ่งการวิเคราะห์จะแบ่งออกเป็น 2 กรณีคือ การวิเคราะห์อัตรา

ผลตอบแทนของการลงทุนของการเปลี่ยนระบบผลิตน้ำร้อน จากการผลิตด้วยหม้อไอน้ำมาเป็นการผลิตน้ำร้อนโดยปั๊มความร้อน เมื่อไม่คิดมูลค่าซากของหม้อไอน้ำ พบว่าอัตราผลตอบแทนของการลงทุนมีค่าเท่ากับ 16.00% และการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนของการลงทุนใหม่ในการผลิตน้ำร้อนโดยปั๊มความร้อน เปรียบเทียบกับการผลิตน้ำร้อนด้วยหม้อไอน้ำ ซึ่งต้องมีการซื้ออุปกรณ์ใหม่ ทั้งสองระบบพบว่าอัตราผลตอบแทนของการลงทุนมีค่าเท่ากับ 17.02%

สรรพวรรณ วิทยาศัย และคณะ (2540) ได้ทำการศึกษา “การเลือกใช้ปั๊มความร้อนเสริมสำหรับระบบผลิตน้ำร้อนแสงอาทิตย์ ในจังหวัดเชียงใหม่” โดยนำสมการทางคณิตศาสตร์มาจำลองการทำงานของระบบ เพื่อศึกษาถึงระยะเวลาการคืนทุนของระบบ โดยทำการปรับเปลี่ยนขนาดของปั๊มความร้อนชนิดสารทำงานในปั๊มความร้อน ชนิดของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ ขนาดตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และขนาดถังเก็บสะสมพลังงาน ปั๊มความร้อนจะถูกนำมาใช้เสริมระบบผลิตน้ำร้อนแสงอาทิตย์กรณีภาวะของระบบคงที่เปรียบเทียบกับระบบผลิตน้ำร้อนแสงอาทิตย์ทั่วไป จากการศึกษาพบว่าระบบผลิตน้ำร้อนแสงอาทิตย์ที่ใช้ปั๊มความร้อนเสริม จะให้ระยะเวลาคืนทุนที่สั้นกว่าระบบผลิตน้ำร้อนแสงอาทิตย์ทั่วไป เมื่อระบบมีอัตราความต้องการความร้อนมากกว่า 10 MJ/h ที่การทำงานแบบต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง (กลางวัน) และ 24 ชั่วโมงต่อวัน ดังเช่นระบบที่มีอัตราความต้องการความร้อน 15 MJ/h แบบต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง (กลางวัน) ระบบใช้ปั๊มความร้อนขนาด 830 W สารทำงาน R-134a และใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบกระจกชั้นเดียว ขนาด 6.6 ตร.ม. ที่มีถังเก็บสะสมพลังงานขนาด 200 ลิตร จะเป็นระบบที่เหมาะสมที่สุดมีระยะเวลาคืนทุน 3.8 ปี กรณีที่ระบบมีความต้องการความร้อนน้อยกว่า 10 MJ/h ระบบผลิตน้ำร้อนแสงอาทิตย์ทั่วไปจะมีความเหมาะสมมากกว่า เช่นระบบที่มีอัตราความต้องการความร้อน 5 MJ/h แบบต่อเนื่อง 12 ชั่วโมง (กลางวัน) ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบกระจกชั้นเดียวขนาด 6.6 ตร.ม. ที่มีถังเก็บสะสมพลังงาน ขนาด 200 ลิตร จะเป็นระบบที่เหมาะสมที่สุด มีระยะเวลาคืนทุน 9.3 ปี

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยข้างต้นพบว่า โครงการการผลิตน้ำร้อนด้วยระบบผสมผสานระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์กับความร้อนเหลือทิ้ง โดยทำการศึกษาจาก โรงพยาบาล และโรงแรม ซึ่งจากการศึกษาในเอกสารดังกล่าวสามารถนำแนวคิดเกี่ยวกับต้นทุน ความเหมาะสมในการใช้งานของระบบ เพื่อสามารถนำมาวิเคราะห์ต้นทุน โดยวิธีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ของผลประโยชน์ในการลงทุนคือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน อัตราผลตอบแทนภายใน และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการการผลิตน้ำร้อนด้วยระบบผสมผสานระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์กับความร้อนเหลือทิ้งได้

โครงการผลิตน้ำร้อนด้วยระบบผสมผสานระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์กับความร้อนเหลือทิ้ง จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการประหยัดพลังงาน และช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม แต่เนื่องจากเอกสารที่ได้ ทำการศึกษามานั้นเป็นโครงการที่ศึกษาจากโรงแรม หรือ โรงพยาบาล ซึ่งมีความต้องการใช้น้ำร้อน ในปริมาณที่มาก และสม่ำเสมอ จึงเลือกใช้ใช้ปั๊มความร้อนเสริม ในการผลิตน้ำร้อน แต่ที่ผู้ศึกษาได้ ทำการศึกษา นั้น คือ บริษัท องค์กรห้องเย็น จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมห้องเย็นที่ใช้น้ำร้อน เพียง 1 ใน 3 ของปริมาณการใช้น้ำทั้งหมดของโรงงาน โดยปริมาณความต้องการใช้น้ำร้อนที่ใช้ใน กระบวนการผลิตคิดเป็น 22,549 ลิตรต่อวัน ซึ่งเป็นปริมาณที่มาก แต่เมื่อเทียบกับปริมาณความ ร้อนเหลือทิ้งที่ได้จากตู้แช่ของโรงงานนั้นนับว่าเป็นปริมาณที่ไม่สมดุลกัน เนื่องจากโรงงาน อุตสาหกรรมห้องเย็นที่มีการใช้ตู้แช่เย็นจำนวนมาก ซึ่งทำให้เกิดความร้อนเหลือทิ้งเป็นปริมาณมาก ด้วยเช่นกัน จากการศึกษาเอกสารงานวิจัย และการเก็บรวบรวมข้อมูลของ บริษัท องค์กรห้องเย็น จำกัด ผู้ศึกษาจึงเกิดความคิดที่จะศึกษาทางด้านเศรษฐศาสตร์ของการผลิตน้ำร้อนด้วยระบบ ผสมผสานระหว่างตัวรับรังสีอาทิตย์กับความร้อนเหลือทิ้งจากตู้แช่ โดยคำนึงถึงความต้องการใน การใช้น้ำร้อนของโรงงานเป็นหลัก และคำนึงถึงความเหมาะสมของเทคโนโลยี เพื่อให้เป็นไปตาม หลักเกณฑ์ และเงื่อนไขในการขอรับเงินสนับสนุนการลงทุนผลิตน้ำร้อนด้วยระบบผสมผสานจาก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน