

เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์

## สารบัญ

| เรื่อง                                                                    | หน้า |
|---------------------------------------------------------------------------|------|
| บทนำ                                                                      | 3    |
| 1. ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย                                   | 4    |
| 2. เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์                                             | 8    |
| 2.1 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้า                                   | 8    |
| 2.1.1 เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)                  | 8    |
| 2.1.2 เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยระบบรวมแสงอาทิตย์ (Concentrating Solar Power) | 10   |
| 2.2 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตความร้อน                                | 12   |
| 2.2.1 เทคโนโลยีผลิตน้ำร้อนด้วยแผงรับแสงอาทิตย์ (Solar Collector)          | 12   |
| 2.2.2 เทคโนโลยีอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Drying)                 | 13   |
| 2.3 เทคโนโลยีระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์                          | 14   |
| 2.3.1 ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน (Absorption Chiller)                       | 14   |
| 2.3.2 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ (Adsorption Chiller)                        | 16   |
| 3. สถานภาพและแนวโน้มพลังงานแสงอาทิตย์                                     | 18   |
| 3.1 เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์                                 | 18   |
| 3.2 เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยระบบรวมแสงอาทิตย์                               | 26   |
| 3.3 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตความร้อน                                | 29   |
| 3.4 เทคโนโลยีระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์                          | 30   |

-----

## บทนำ

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานจากธรรมชาติ ที่มีความสะอาดปราศจากการก่อกมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม มีปริมาณมากมายมหาศาลอยู่ทั่วทุกหนแห่งของโลก และสามารถนำมาใช้อย่างไม่หมดสิ้น ดังนั้นหากมนุษย์สามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพก็จะเป็นหนทางในการแก้ไขสภาพความไม่แน่นอนของราคาจากพลังงานน้ำมัน ซึ่งนับวันจะมีแนวโน้มที่ราคาพุ่งสูงขึ้นและมีความผันผวนสูง ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาของประเทศที่จำเป็นต้องพึ่งพาการนำเข้าน้ำมัน และประเทศไทยก็ได้รับผลกระทบจากปัญหานี้เป็นอย่างมาก

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์อาจจำแนกเป็นผลที่ได้รับสองด้านหลักๆ คือ การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ และการผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยแสงอาทิตย์ที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับหนึ่งมีสองชนิด คือ การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้า (Solar Cell) และการใช้ระบบรวมแสงอาทิตย์เพื่อผลิตไฟฟ้า (Concentrating Solar Power) สำหรับการผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ เทคโนโลยีที่นำมาใช้ ได้แก่ การใช้แผงรับแสงอาทิตย์ (Solar Collector) ผลิตน้ำร้อนเพื่อนำไปใช้ในการอุปโภค บริโภค ซึ่งปัจจุบันมีการใช้อย่างแพร่หลาย และอีกชนิดหนึ่งคือการอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Drying) เพื่อทำการอบแห้งผลิตภัณฑ์ต่างๆ ทั้งผลิตภัณฑ์จากการเกษตรและอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามการนำเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องทราบศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่บริเวณที่จะใช้งานด้วย

หนังสือฉบับนี้จะได้กล่าวถึงศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบการผลิตไฟฟ้า และรูปแบบการผลิตความร้อน รวมถึงสถานภาพและแนวโน้มของพลังงานแสงอาทิตย์ โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานคาดว่าจะให้ประโยชน์แก่ผู้สนใจทั่วไป

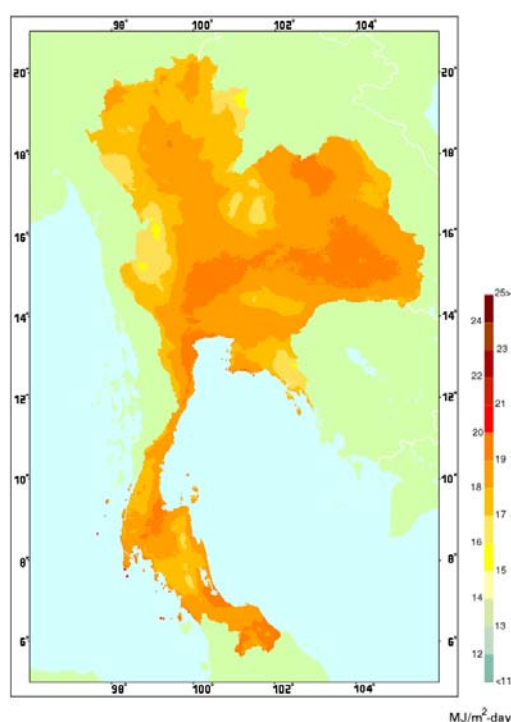
สำนักพัฒนาพลังงานแสงอาทิตย์

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

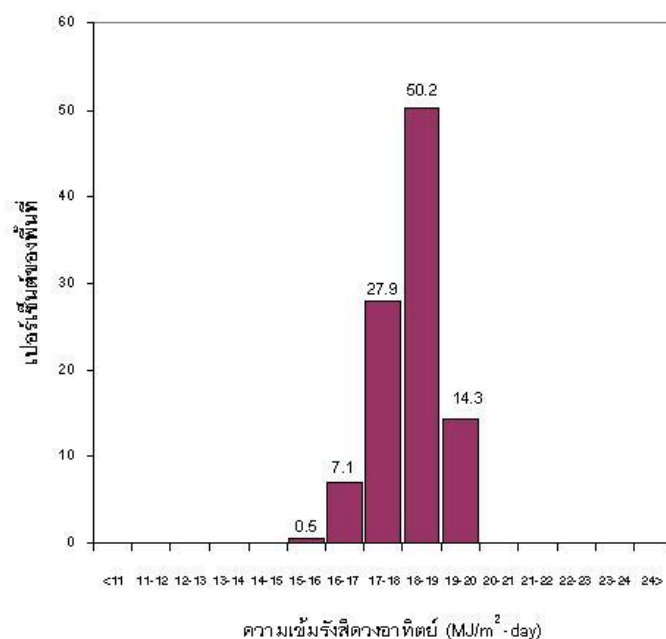
## 1. ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

โดยทั่วไปศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่แห่งหนึ่งจะสูงหรือต่ำขึ้นกับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นดินนั้นโดยบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากก็จะมีศักยภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สูง สำหรับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้อุปกรณ์รวมแสง เราจำเป็นต้องทราบศักยภาพรังสีตรงด้วย

ในกรณีของประเทศไทย ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในบริเวณต่าง ๆ โดยเฉลี่ยทั้งปีสามารถแสดงได้ด้วยแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีดังรูปที่ 1.1 จากรูปจะเห็นว่าบริเวณที่มีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สูงแม้เป็นบริเวณกว้างทางตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และตอนบนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่จังหวัดอุดรธานี รวมทั้งบางส่วนของภาคกลาง สำหรับส่วนที่เหลือจะมีศักยภาพลดหลั่นกันตามที่แสดงในแผนที่ เมื่อทำการจำแนกเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ตามความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับ จะได้ผลดังรูปที่ 1.2

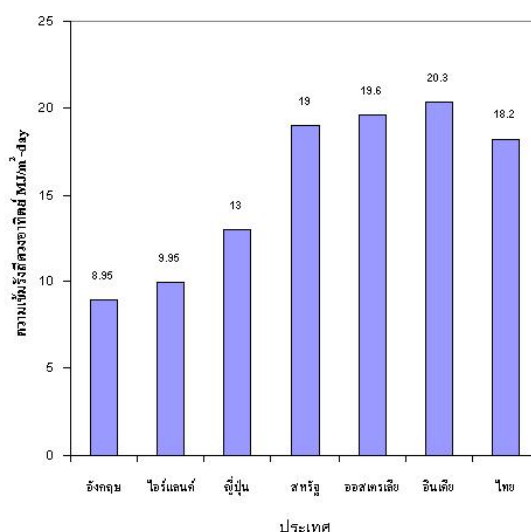


รูปที่ 1.1 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย(ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันต่อปี)



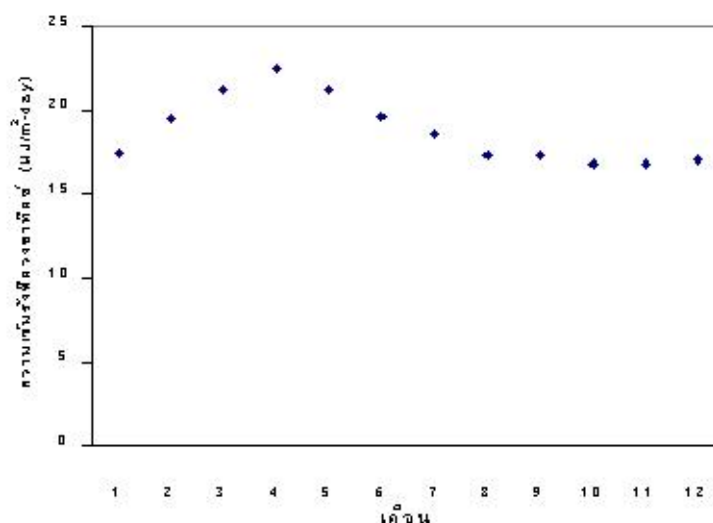
รูปที่ 1.2 แสดงเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ที่ระดับต่าง ๆ

จากรูปจะเห็นว่า 14.3% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สูง คือได้รับรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีในช่วง 19-20 MJ/m<sup>2</sup>-day และ 50.0% ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์ในช่วง 18-19 MJ/m<sup>2</sup>-day ซึ่งถือว่ามีความศักยภาพแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง ส่วนบริเวณที่มีความศักยภาพค่อนข้างต่ำมีเพียง 0.5% ของพื้นที่ทั้งหมด เมื่อทำการเฉลี่ยความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทั่วประเทศจากทุกพื้นที่เป็นค่ารายวันเฉลี่ยต่อปีจะได้เท่ากับ 18.2 MJ/m<sup>2</sup>-day จากการนำค่าดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากประเทศอื่น ๆ ดังรูปที่ 1.3 จะเห็นว่าประเทศไทยมีความศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง



รูปที่ 1.3 แสดงการเปรียบเทียบความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีที่ประเทศต่าง ๆ ได้รับ

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องทราบการแปรค่าในรอบปีของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ด้วย จากรูปที่ 1.4 แสดงให้เห็นถึงการแปรค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในรอบปี

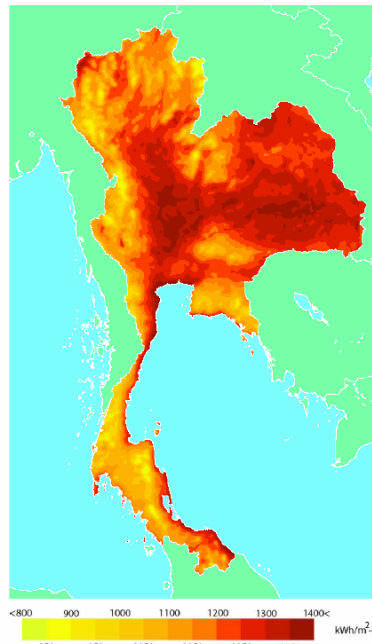


รูปที่ 1.4 แสดงการแปรค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือน โดยเฉลี่ยทุกพื้นที่ทั่วประเทศ

จากรูปที่ 1.4 จะเห็นว่าค่ารังสีดวงอาทิตย์แปรค่าในรอบปีอยู่ในระหว่าง 16-22 MJ/m<sup>2</sup>-day โดยมีค่าค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคมและสูงสุดในเดือนเมษายน แล้วค่อยลดลงต่ำสุดในเดือนธันวาคม การเปลี่ยนแปลงนี้ถือว่าไม่มากนักซึ่งเป็นผลดีต่อการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้

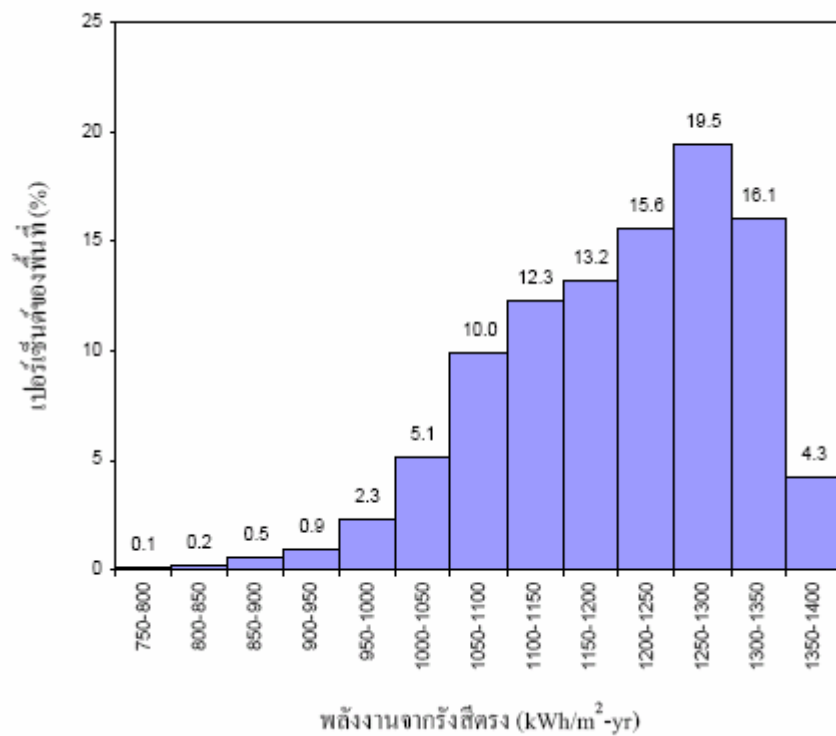
เนื่องจากอุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์บางชนิด เช่น การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบ concentrator จะใช้ประโยชน์จากรังสีตรงดวงอาทิตย์เท่านั้น โดยไม่สามารถใช้ประโยชน์จากรังสีกระจายได้ ดังนั้น นอกจากทราบข้อมูลปริมาณรังสีรวมแล้วเราจำเป็นต้องทราบศักยภาพรังสีตรงดวงอาทิตย์ด้วย จากการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม พบว่าในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีตรงค่อนข้างสูง (14-17 MJ/m<sup>2</sup>-day) ทั้งนี้เพราะช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงฤดูแล้ง (dry season) ท้องฟ้าส่วนใหญ่แจ่มใสปราศจากเมฆ รังสีดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่จึงเป็นรังสีตรง ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป รังสีตรงจะค่อย ๆ ลดลงจนถึงเดือนกันยายน ทั้งนี้เพราะช่วงเวลาดังกล่าวประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ท้องฟ้ามักมีเมฆปกคลุมทำให้รังสีตรงมีค่าลดลง หลังจากนั้นรังสีตรงในตอนกลางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจากเดือนตุลาคมจนถึงเดือนธันวาคม เพราะช่วงเวลาดังกล่าวประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ท้องฟ้าส่วนใหญ่ในภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือค่อนข้างแจ่มใส รังสีตรงที่รับจึงมีค่าสูง สำหรับช่วงเวลาเดียวกัน ภาคใต้ยังคงมีค่ารังสีตรงต่ำ เนื่องจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดผ่านอ่าวไทยจะนำความชื้นมายังภาคใต้ ทำให้มีเมฆมากและมีฝนตก รังสีตรงจึงมีค่าต่ำ

เมื่อพิจารณาพลังงานรังสีตรงที่ได้รับรวมทั้งปี (รูปที่ 1.5) จะเห็นว่าบริเวณที่ได้รับรังสีตรงสูงสุด จะอยู่ในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างในพื้นที่บางส่วน โดยพื้นที่ดังกล่าวได้รับรังสีตรงต่อไปในช่วง 1,350-1,400 KWh/m<sup>2</sup>-yr



รูปที่ 1.5 ศักยภาพพลังงานความเข้มรังสีตรงของประเทศไทย

การแจกแจงระดับของรังสีตรงในช่วงต่างๆ โดยหาว่ารังสีตรงในระดับนั้นๆ ครอบคลุมพื้นที่กี่เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด (รูปที่ 1.6) พบว่าการแจกแจงดังกล่าวมีลักษณะไม่สมมาตร โดยเบ้ไปทางค่ารังสีตรงที่มีความมาก และบริเวณที่มีความเข้มรังสีตรงสูงสุด (1,350-1,400 kWh/m<sup>2</sup>-yr) ครอบคลุมพื้นที่ 4.3% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ที่บางส่วนของภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง



รูปที่ 1.6 การแจกแจงของรังสีตรงตามพื้นที่

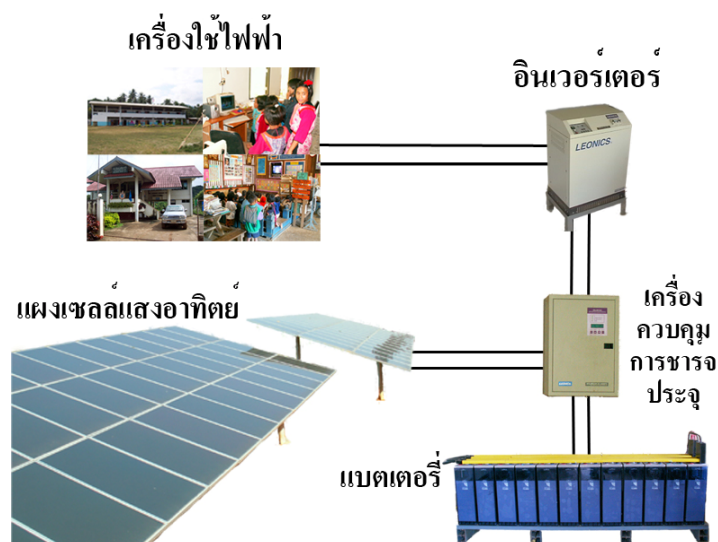
## 2. เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์

เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์อาจจำแนกเป็น 2 รูปแบบ โดยคำนึงถึงประโยชน์ที่จะได้รับ กล่าวคือ รูปแบบที่ 1 คือเทคโนโลยี พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า และรูปแบบที่ 2 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน

2.1 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตกระแสไฟฟ้า สามารถจำแนกเป็น 2 แบบ คือ เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ และเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยระบบรวมแสงอาทิตย์

2.1.1 เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) แบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ

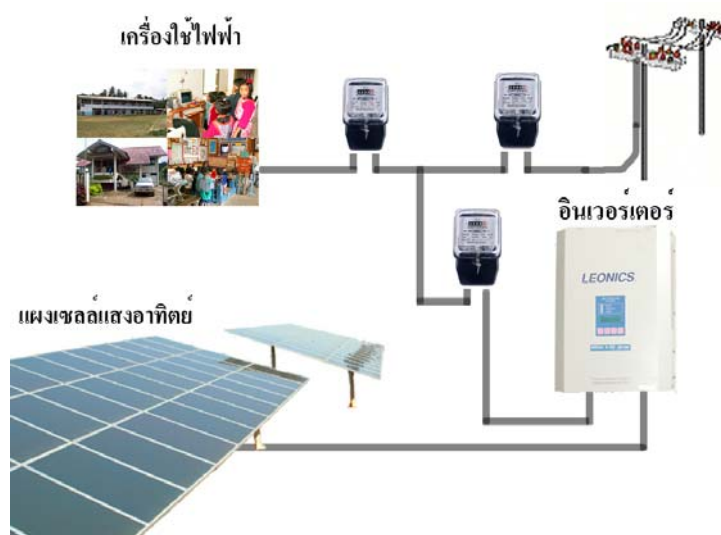
- ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand alone system) ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าจาก National Grid โดยมีหลักการทำงานแบ่งได้เป็น 2 ช่วงเวลา กล่าวคือ ช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดพร้อมทั้งประจุพลังงานไฟฟ้าส่วนเกินไว้ในแบตเตอรี่พร้อมๆ กัน ส่วนในช่วงกลางคืน เซลล์แสงอาทิตย์ไม่ได้รับแสงแดดจึงไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้น พลังงานจากแบตเตอรี่ที่เก็บประจุไว้ในช่วงกลางวันจะถูกจ่ายให้แก่โหลด จึงสามารถกล่าวได้ว่า ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้โหลดได้ทั้งกลางวันและกลางคืน อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิด Stand alone เป็นต้น



รูปที่ 2.1 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ

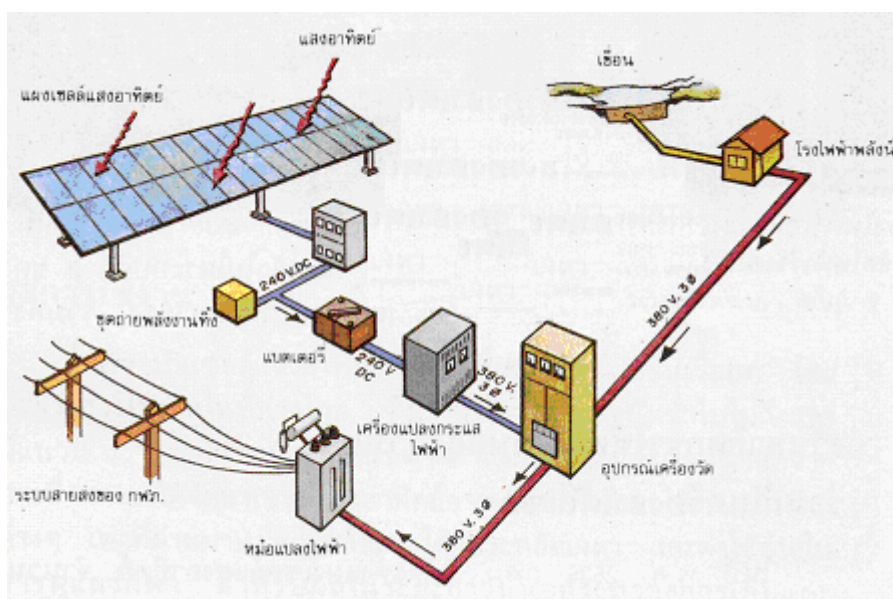
- ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนกระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับเข้าสู่ระบบจำหน่ายไฟฟ้า National Grid โดยตรง มีหลักการทำงานแบ่งเป็น 2 ช่วง กล่าวคือ ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าจ่ายให้แก่โหลดได้โดยตรง โดยผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และหากมีพลังงานไฟฟ้าส่วนที่เกินจะถูกจ่ายเข้าระบบจำหน่ายไฟฟ้า สังเกตได้เนื่องจากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าจะหมุนกลับทาง ส่วนในช่วงกลางคืนเซลล์แสงอาทิตย์ไม่สามารถผลิตไฟฟ้าได้ กระแสไฟฟ้าจากระบบจำหน่ายไฟฟ้าจะจ่ายให้แก่โหลดโดยตรง สังเกตได้จากมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าจะหมุนปกติ ดังนั้น ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่ายจะเป็นการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า Grid connected เป็นต้น





รูปที่ 2.2 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย

- ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับ การออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณีเฉพาะ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลมและเครื่องยนต์ดีเซล มีหลักการทำงาน กล่าวคือ ในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ได้รับแสงแดดสามารถผลิตไฟฟ้าได้ จะจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิด Multi function ทำงานร่วมกับไฟฟ้าจากพลังงานลมจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลดพร้อมทั้งทำงานประจุไฟฟ้าส่วนที่เกินไว้ในแบตเตอรี่ ในกรณีพลังงานลมต่ำไม่สามารถผลิตไฟฟ้าหรือเวลากลางคืนไม่มีไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ ชุดแบตเตอรี่จะจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่โหลด และกรณีแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้ามากจนถึงพิกัดที่ออกแบบไว้เครื่องยนต์ดีเซลจะทำงานโดยอัตโนมัติเป็นอุปกรณ์สำรองพลังงาน กล่าวคือ จะจ่ายกระแสไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่โดยตรงและแบ่งจ่ายให้แก่โหลดพร้อมกัน และหากโหลดมีมากเกินไประบบจะหยุดทำงานทันที และจะทำงานใหม่อีกครั้งเมื่อเซลล์แสงอาทิตย์หรือพลังงานลมสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าประจุแบตเตอรี่ได้ ปริมาณตามพิกัดที่ออกแบบไว้พร้อมทั้งขนาดโหลดอยู่ในพิกัดที่ชุดแบตเตอรี่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้



รูปที่ 2.3 ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

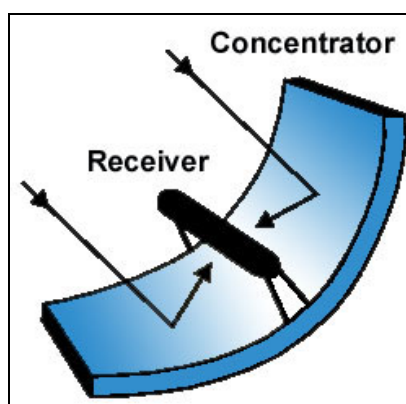
2.1.2 เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยระบบรวมแสงอาทิตย์ (Concentrating Solar Power) แบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ แบบParabolic Troughs แบบCentral Receivers และแบบParabolic Dishes

เทคโนโลยีทั้ง 3 แบบนี้จะทำการรวมแสงไว้ที่ตัวรับแสงโดยใช้กระจกหรือวัสดุสะท้อนแสงและหมุนตามดวงอาทิตย์เพื่อสะท้อนแสงและส่งไปยังตัวรับแสงซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานที่มีอุณหภูมิสูง

- แบบ Parabolic Troughs ประกอบด้วยตัวรับแสงที่มีลักษณะเป็นรางยาวโค้งแบบมิติเดียวที่ติดตั้งไว้บนระบบหมุนตามดวงอาทิตย์แกนเดียว (single-axis tracking system) ทำหน้าที่รวมพลังงานแสงอาทิตย์สะท้อนไปยังท่อที่ตั้งขนานกับแนวรางรวมแสงเพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับของเหลวที่ไหลหมุนเวียนผ่านท่อโดยการแลกเปลี่ยนความร้อน ความร้อนเมื่อถูกถ่ายเทให้ของเหลวทำงาน (โดยปกติจะเป็นน้ำ) จะกลายเป็นไอน้ำไปขับเคลื่อนกังหันไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า ไอน้ำที่ผลิตจาก parabolic troughs plants โดยทั่วไปจะต้องมีแหล่งความร้อนจากก๊าซธรรมชาติเพื่อเสริมให้เป็นไอดง (superheater)

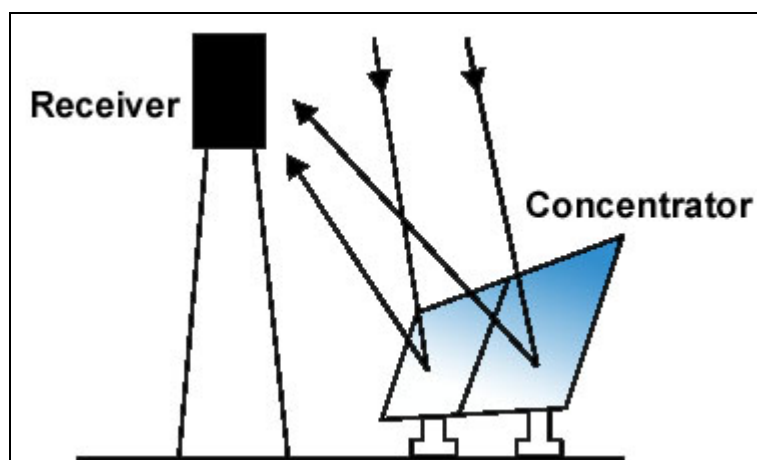


รูปที่ 2.4 Parabolic Troughs



รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของ Parabolic Trough

- แบบ Central Receivers หรือ Power Tower ประกอบด้วยตัวรับความร้อนที่ติดตั้งอยู่กับที่ตั้งอยู่บนหอคอยที่ล้อมรอบด้วยแผงกระจกขนาดใหญ่เป็นจำนวนมากที่เรียกว่าเฮลิโอสแตท เฮลิโอสแตทจะหมุนตามดวงอาทิตย์และสะท้อนรังสีไปยังตัวรับความร้อน ซึ่งภายในบรรจุของเหลวทำงานทำหน้าที่ดูดซับพลังงานความร้อนไว้ ของเหลวที่ดูดซับพลังงานความร้อนที่รับมาจากตัวรับความร้อนจะส่งต่อไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกังหันหรือนำไปเก็บไว้ในถังเก็บกักเพื่อนำมาใช้งานต่อไป



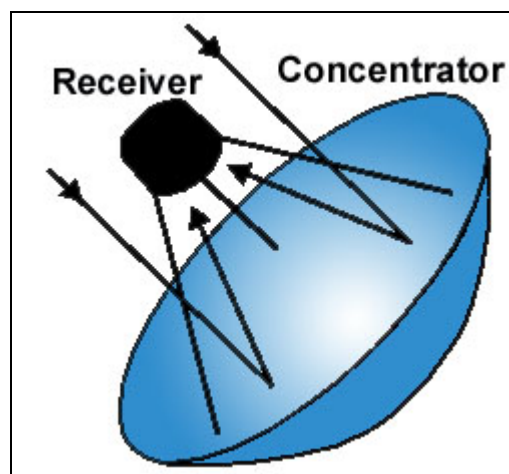
รูปที่ 2.6 หลักการทำงานของ Central Receivers หรือ Power Tower



รูปที่ 2.7 Central Receivers หรือ Power Tower

- แบบ Parabolic Dishes

ประกอบด้วยตัวรวมแสงลักษณะเป็นจานรูปทรง parabolic ที่มีจุดศูนย์รวมแสงเพื่อสะท้อนพลังงานแสงอาทิตย์ไปยังตัวรับความร้อนที่ตั้งอยู่บนจุดศูนย์รวม Parabolic Dishes จะใช้แผงสะท้อนที่มีลักษณะโค้งเป็นจำนวนมากซึ่งทำด้วยกระจกหรือฟิล์มบาง (laminated film) ตัวรวมแสงเหล่านี้จะตั้งอยู่บนโครงสร้างซึ่งใช้ระบบหมุนตามดวงอาทิตย์สองแกน



รูปที่ 2.8 หลักการทำงานของ Parabolic Dishes

(two-axis tracking system) เพื่อรวมแสงให้เป็นจุดเดียวไปรวมอยู่บนตัวรับความร้อน ความร้อนที่ได้สามารถใช้ประโยชน์ได้โดยตรงกับ cycle heat engine ซึ่งติดตั้งอยู่บนตัวรับความร้อน หรือนำความร้อนที่ได้ไปทำให้อุณหภูมิของเหลวร้อนก่อนแล้วนำไปใช้กับ central engine ระบบตัวรวมความร้อนแบบเน้นเป็นจุดศูนย์กลาง (parabolic dishes) มีประสิทธิภาพการแปลงเป็นความร้อนได้สูงกว่าชนิดตัวรวมแบบราง (parabolic troughs) เนื่องจากสามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิที่สูงกว่า



รูปที่ 2.9 Parabolic Dishes



2.2 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผลิตความร้อน ปัจจุบันมีการยอมรับใช้งาน 2 ลักษณะคือ เทคโนโลยีอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ และเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

2.2.1 เทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนด้วยแผงรับแสงอาทิตย์ (Solar Collector) การผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

- ระบบผลิตน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์จากแผงรับแสงอาทิตย์ (Solar Collector) ระบบจะประกอบด้วยสองส่วนหลักๆคือ ถังเก็บน้ำร้อน และแผงรับความร้อนแสงอาทิตย์ซึ่งปัจจุบันมีจำหน่ายในท้องตลาด 2 ชนิดคือ ชนิดแผ่นเรียบ (Flat Plate Collector) และ ชนิดหลอดแก้วสุญญากาศ (Evacuum Tube Collector)

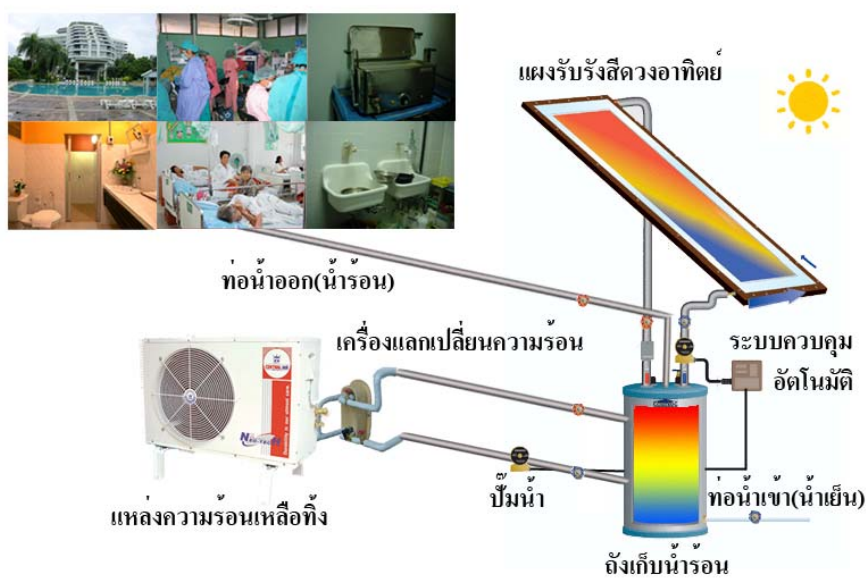


รูปที่ 2.12 Flat Plate Collector



รูปที่ 2.13 Evacuum Tube Collector

- ระบบผลิตน้ำร้อนโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน เป็นการนำเทคโนโลยีการผลิตน้ำร้อนจากแสงอาทิตย์มาผสมผสานกับความร้อนเหลือทิ้ง เช่น จากการระบายความร้อนของเครื่องทำความเย็นหรือเครื่องปรับอากาศ จากหม้อต้มไอน้ำ จากปล่องไอเสีย เป็นต้น โดยผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) เพื่อลดขนาดพื้นที่แผงรับรังสีความร้อน และใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างคุ้มค่า



รูปที่ 2.14 ระบบผลิตน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์แบบผสมผสาน

### 2.2.2 เทคโนโลยีอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

- การอบแห้งโดยใช้พลังงานเฉพาะจากดวงอาทิตย์ คือระบบที่เครื่องอบแห้งทำงานโดยอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ วัสดุที่อบจะอยู่ในเครื่องอบแห้งที่ประกอบด้วยวัสดุที่โปร่งใส ความร้อนที่ใช้ออบแห้งได้มาจากการดูดกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ และ หรือเป็นเครื่องอบแห้งชนิดที่วัสดุที่อยู่ภายในได้รับความร้อน 2 ทาง คือ ทางตรงจากดวงอาทิตย์ และทางอ้อมจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ทำให้อากาศร้อนก่อนที่จะผ่านวัสดุอบแห้ง การหมุนเวียนของอากาศอาศัยหลักการขยายตัวของอากาศร้อนภายในเครื่องอบแห้งทำให้เกิดการหมุนเวียนของอากาศเพื่อช่วยถ่ายเทอากาศขึ้น *Passive* หรือมีเครื่องช่วยให้อากาศไหลเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น จะมีพัดลมติดตั้งในระบบเพื่อบังคับ (active) ให้มีการไหลของอากาศผ่านระบบ พัดลมจะดูดอากาศจากภายนอกให้ไหลผ่านแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อรับความร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ อากาศร้อนที่ไหลผ่านพัดลมและห้องอบแห้งจะมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าความชื้นของวัสดุ จึงพาความชื้นจากเครื่องอบออกสู่ภายนอกทำให้วัสดุที่อบไว้แห้งได้



รูปที่ 2.10 เครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจก

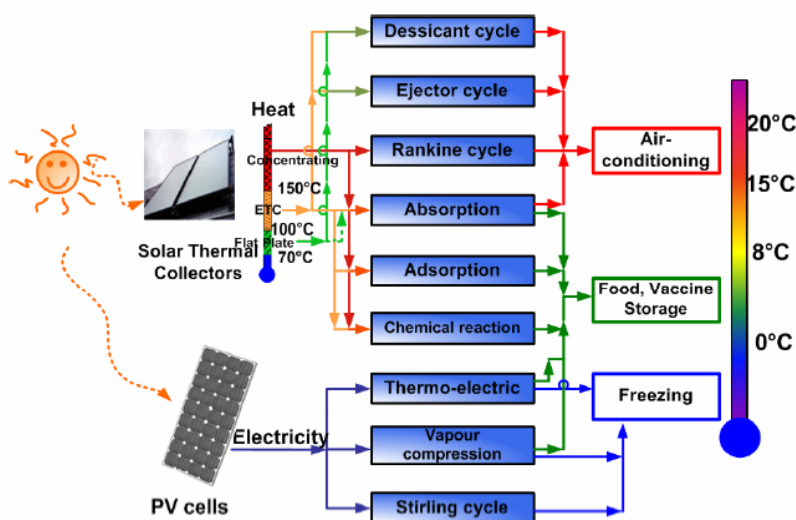
- การอบแห้งระบบ Hybrid คือ ระบบอบแห้งที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์และยังต้องอาศัยพลังงานในรูปแบบอื่นๆ ช่วยในเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอหรือต้องการให้ผลผลิตทางการเกษตรแห้งเร็วขึ้น เช่น ใช้ร่วมกับพลังงานเชื้อเพลิงจากชีวมวล พลังงานไฟฟ้า วัสดุอบแห้งจะได้รับความร้อนจากอากาศร้อนที่ผ่านเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ และการหมุนเวียนของอากาศจะอาศัยพัดลมหรือเครื่องดูดอากาศช่วย



รูปที่ 2.11 เครื่องอบแห้งระบบ Hybrid

### 2.3 เทคโนโลยีระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

ระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในปัจจุบันมีหลายเทคโนโลยีดังรูปที่ 2.12 ซึ่งแต่ละเทคโนโลยีมีทั้งจุดเด่นจุดด้อยแตกต่างกัน หากพิจารณาถึงความเหมาะสมของเทคโนโลยีระบบทำความเย็นด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ ระบบที่ใช้ความร้อนขับเคลื่อนระบบ (Thermal driven system) และเป็นเทคโนโลยีที่อาศัยการถ่ายเปลี่ยนรูปของพลังงานความร้อน (Heat transformation) มีทั้งที่เป็นระบบเปิด (Open cycle) กับระบบปิด (Closed cycle) เป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจมากกว่าหลายเทคโนโลยีทำความเย็นชนิดอื่นๆ

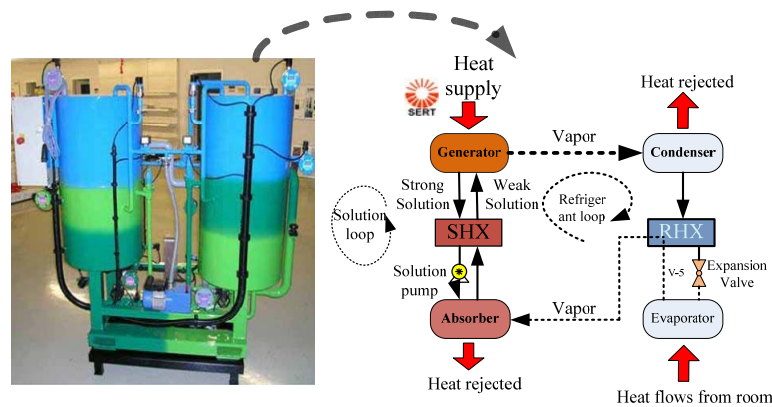


รูปที่ 2.12 เทคโนโลยีระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

เทคโนโลยีระบบทำความเย็นด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เป็นระบบเปิด (Open cycle) ได้แก่ Desiccant cooling system และระบบทำความเย็นด้วยพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่เป็นระบบปิด (Closed cycle) ได้แก่ ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืนความร้อน มีทั้งแบบ Absorption ที่ใช้ของไหลดูดกลืนความร้อน และแบบที่ใช้ของแข็งดูดกลืนความร้อน Adsorption ซึ่งระบบทำความเย็นที่ผลิตในเชิงพาณิชย์หรือเป็นที่นิยมส่วนมากในตลาดอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะเป็นระบบทำความเย็นพลังงานแสงอาทิตย์ที่เป็นวัฏจักรปิด ได้แก่ ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน (Absorption Chiller) และระบบทำความเย็นแบบดูดซับ (Adsorption Chiller)

#### 2.3.1 ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน (Absorption Chiller)

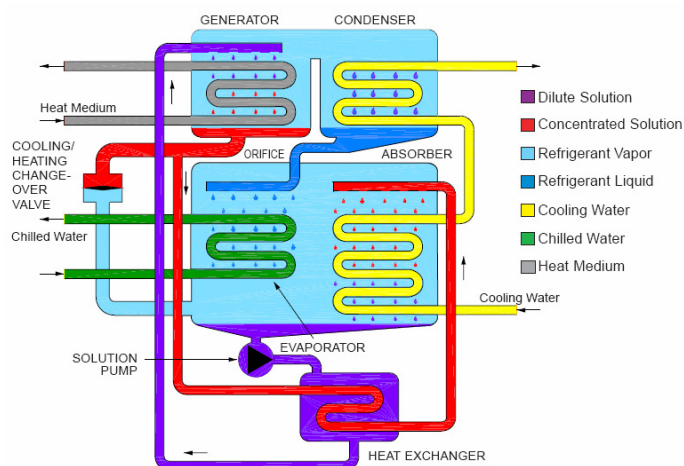
เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนเป็นเทคโนโลยีทำความเย็นที่ใช้ความร้อนในการขับเคลื่อนระบบ ซึ่งเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนนิยมใช้สารทำงานอยู่สองชนิดคือ ลิเทียมโบไมด์กับน้ำ ( $\text{LiBr}/\text{H}_2\text{O}$ ) และ แอมโมเนียกับน้ำ ( $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ ) เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนเป็นเทคโนโลยีที่มีใช้กันมานานโดยปกติจะใช้การให้ความร้อนโดยตรง (Direct-fired) แต่การให้ความร้อนโดยตรงส่วนใหญ่จะใช้แหล่งพลังงานจากฟอสซิล (Fossil) ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเกิดปัญหามลพิษและพลังงานเหล่านี้กำลังจะหมดไปในอนาคตอันใกล้ ดังนั้นหลายประเทศจึงได้พัฒนาเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนโดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนมีส่วนประกอบหลักอยู่ 4 ส่วน ประกอบด้วย เจนเนอเรเตอร์ (Generator) คอนเดนเซอร์ (Condenser) อีวาพอเรเตอร์ (Evaporator) และ แอ็บซอร์เบอร์ (Absorber) ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ระบบเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืน

โดยปกติเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนที่ใช้สารทำงานเป็นลิเทียมโบรไมด์กับน้ำจะใช้อุณหภูมิประมาณ  $70 - 100^{\circ}\text{C}$  และค่า COP อยู่ระหว่าง 0.6 ถึง 0.8 ส่วนเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนชนิดวัฏจักรเดี่ยวที่ใช้สารทำงานเป็นแอมโมเนียกับน้ำต้องการอุณหภูมิของน้ำร้อนประมาณ  $130 - 180^{\circ}\text{C}$  ค่า COP ประมาณ 1.2

การทำงานของระบบที่ใช้สารทำงานลิเทียมโบรไมด์กับน้ำ เริ่มจากเมื่อป้อนความร้อนให้กับเครื่องทำความเย็นในส่วนของเจนเนอเรเตอร์ (Generator) ความร้อนก็จะถูกดูดกลืนด้วยสารทำงานคือ ลิเทียมโบรไมด์กับน้ำ เมื่อสารคู่ทำงานดูดกลืนความร้อนน้ำก็จะระเหยกลายเป็นไอที่ความดันสูงและอุณหภูมิสูง ผ่านไปที่คอนเดนเซอร์ บริเวณคอนเดนเซอร์เป็นบริเวณที่ถ่ายเทความร้อนออกจากระบบ เมื่อไอน้ำที่ความดันสูงถูกถ่ายเทความร้อนออกก็จะเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว และถูกบีบผ่านไปยังวาล์ว (Expansion Valve) เพื่อลดความดัน เมื่อน้ำถูกลดความดันส่งผลให้อุณหภูมิลดลงตาม จากนั้นน้ำก็จะเปลี่ยนสถานะเป็นสองเฟสประกอบด้วยไอน้ำและน้ำที่เป็นของเหลวและมีอุณหภูมิต่ำ ผ่านไปที่อีวาพอเรเตอร์ ที่อีวาพอเรเตอร์ก็จะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำงาน (coolant) คือน้ำกับความเย็นภายในห้อง ความเย็นภายในห้องก็จะถูกถ่ายเทให้กับน้ำจากนั้นก็ถูกบีบไปยัง Absorber ที่ส่วนนี้น้ำเมื่อดูดความร้อนจากห้องก็จะไปรวมกับลิเทียมโบรไมด์ความร้อนส่วนหนึ่งก็จะถูกถ่ายเทออกไปทิ้ง จากนั้นสารคู่ทำงานก็จะถูกบีบไปยังเจนเนอเรเตอร์ (Generator) อีกครั้งแล้วการทำงานก็จะวนรอบดังกล่าวมาซ้ำต้น การทำงานของระบบสามารถแสดงลักษณะต่าง ๆ ภายในเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนได้ดังแสดงในรูปที่ 2.14

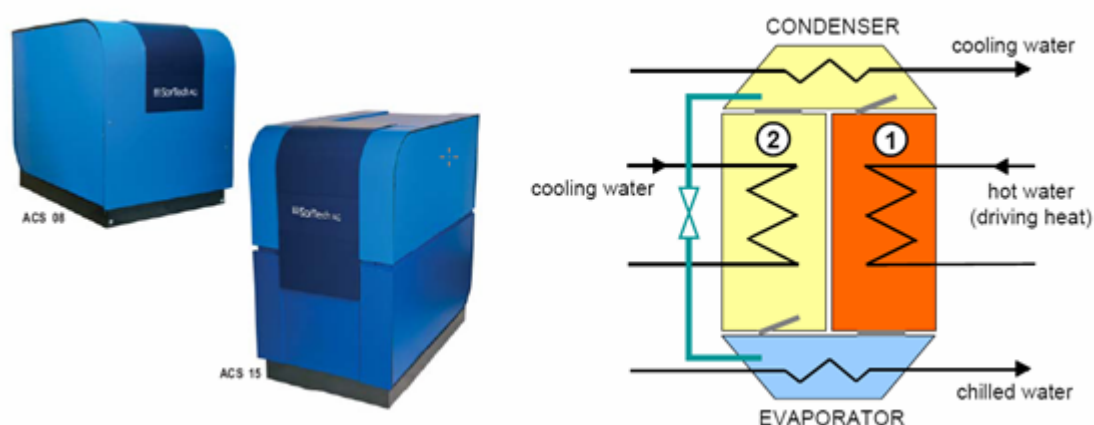


รูปที่ 2.14 การทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืน

สำหรับเครื่องทำความเย็นที่ใช้สารทำงานเป็น  $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$  จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่เพิ่มเข้ามาในระบบเพื่อทำหน้าที่ในการดักไอน้ำไว้เรียกว่า ตัวดักไอน้ำ (Rectifier) มีหลักการทำงานคล้ายกับเครื่องทำความเย็นที่ใช้สารทำงานเป็นแบบ  $\text{LiBr}/\text{H}_2\text{O}$  ซึ่งขนาดของเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนมีตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ ตั้งแต่ 10 kW – 100000 kW

### 2.3.2 ระบบทำความเย็นแบบดูดซับ (Adsorption Chiller)

เครื่องทำความเย็นแบบดูดซับแตกต่างจากเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนคือ เครื่องทำความเย็นแบบดูดซับใช้สารดูดซับที่เป็นของแข็ง (Solid sorption) และส่วนประกอบของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซับยังแตกต่างจากเครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืน ดังต่อไปนี้ ส่วนประกอบหลักของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซับจะประกอบด้วย Adsorber (2) Desorber (1) Evaporator และ Condenser (ดังรูปที่ 15) ซึ่งความร้อนจากแหล่งพลังงานความร้อนจ่ายให้กับ Denoted 1 ส่วน Cooling Tower เชื่อมต่ออยู่กับ Denote 2 ดังแสดงในรูปที่ 2.15

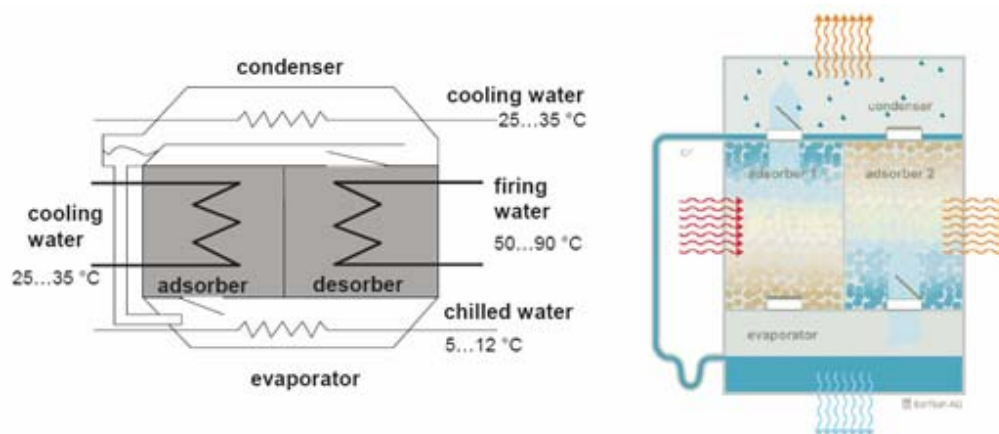


รูปที่ 2.15 เครื่องทำความเย็นแบบดูดซับ (Adsorption Chiller)

สารคู่ทำงานที่ใช้ในเครื่องทำความเย็นแบบดูดซับ (Adsorption Chiller) ที่มีการใช้งานจริงในตลาดการทำความเย็นด้วยเครื่องทำความเย็นแบบดูดซับมีเพียงชนิดเดียวคือ Water/Silicagel สามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิระหว่าง  $60 - 70^{\circ}\text{C}$

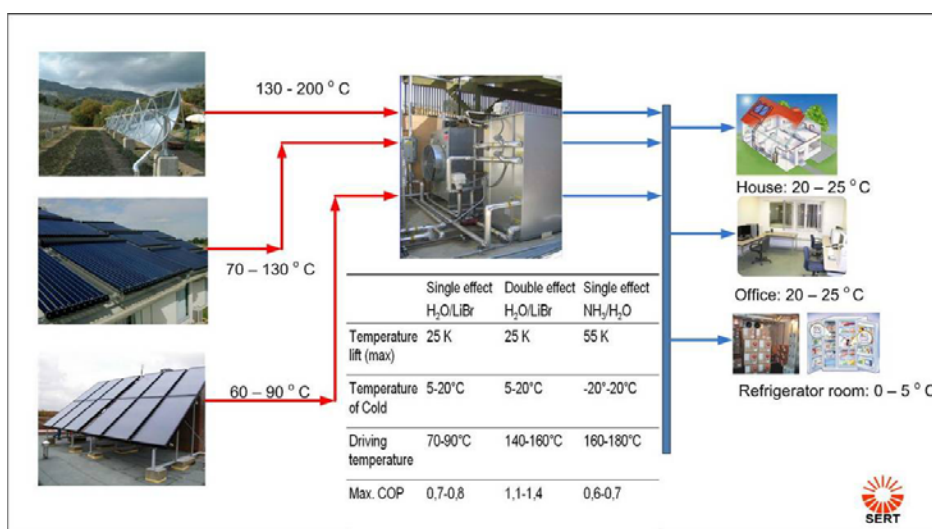
Adsorption Chiller เป็นอีกเทคโนโลยีหนึ่งที่สามารถทำความเย็นด้วยการใช้พลังงานความร้อนแสงอาทิตย์เป็นพลังงานในการขับเคลื่อนระบบ และสามารถทำงานที่อุณหภูมิไม่สูงมากประมาณ  $60 - 100^{\circ}\text{C}$  ค่า COP ประมาณ  $0.3 - 0.7$  ซึ่งขนาดของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซับมีตั้งแต่ขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ ตั้งแต่ 5 kW – 500 kW หลักการทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซับ เมื่อสารดูดกลืนในบริเวณ Desorber ได้รับความร้อนจากแหล่งพลังงานความร้อน น้ำซึ่งเป็นสารทำความเย็นรับความร้อนและเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอที่มีอุณหภูมิและความดันสูง สารดูดซับที่เป็นของแข็งดูดซับไอน้ำและผ่านไปยัง Condenser เพื่อที่จะคายความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม จากนั้นสารทำความเย็นวนกลับมาผ่านวาล์วลดความดันทำให้สารทำงานมีอุณหภูมิต่ำบริเวณ Evaporator บริเวณนี้สารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำดูดกลืนความร้อนภายในห้องปรับอากาศ หลังจากนั้นก็จะผ่านวาล์วเปิดปิดไปยัง Adsorber วงจรการทำงานก็จะวนรอบอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ ตลอดการทำงานของเครื่อง การทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซับแสดงดังรูปที่ 2.16





รูปที่ 2.16 หลักการทำงานของเครื่องทำความเย็นแบบดูดซับ

การประยุกต์ใช้งานระบบทำความเย็นด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์สามารถที่จะประยุกต์ใช้งานได้หลายรูปแบบตามความต้องการของผู้บริโภค เช่น การปรับอากาศในอาคารที่ต้องการอุณหภูมิและความชื้นอยู่ในช่วงความสบายของมนุษย์ที่มีอุณหภูมิประมาณ  $20 - 28^{\circ}\text{C}$  และการทำความเย็นสำหรับถนอมอาหารที่ต้องการอุณหภูมิต่ำกว่า  $0 - 5^{\circ}\text{C}$  ซึ่งในการเลือกเทคโนโลยีให้มีความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในการใช้งานมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะเครื่องทำความเย็นแต่ละชนิดมีความสามารถแตกต่างกัน และต้องการอุณหภูมิในการขับเคลื่อนระบบต่างกัน ตัวอย่างระบบทำความเย็นด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันสามารถแสดงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 การประยุกต์ใช้งานระบบทำความเย็นด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์

ส่วนประกอบหลักของระบบปรับอากาศด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ประกอบด้วย

- 1) เครื่องทำความเย็นแบบดูดกลืนหรือเครื่องทำความเย็นแบบดูดซับ
- 2) ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์
- 3) หอผึ่งลม (Cooling Tower)
- 4) FAN Coil Unit
- 5) ถังน้ำร้อนน้ำเย็น (Hot and Cool Buffer Tank)
- 6)

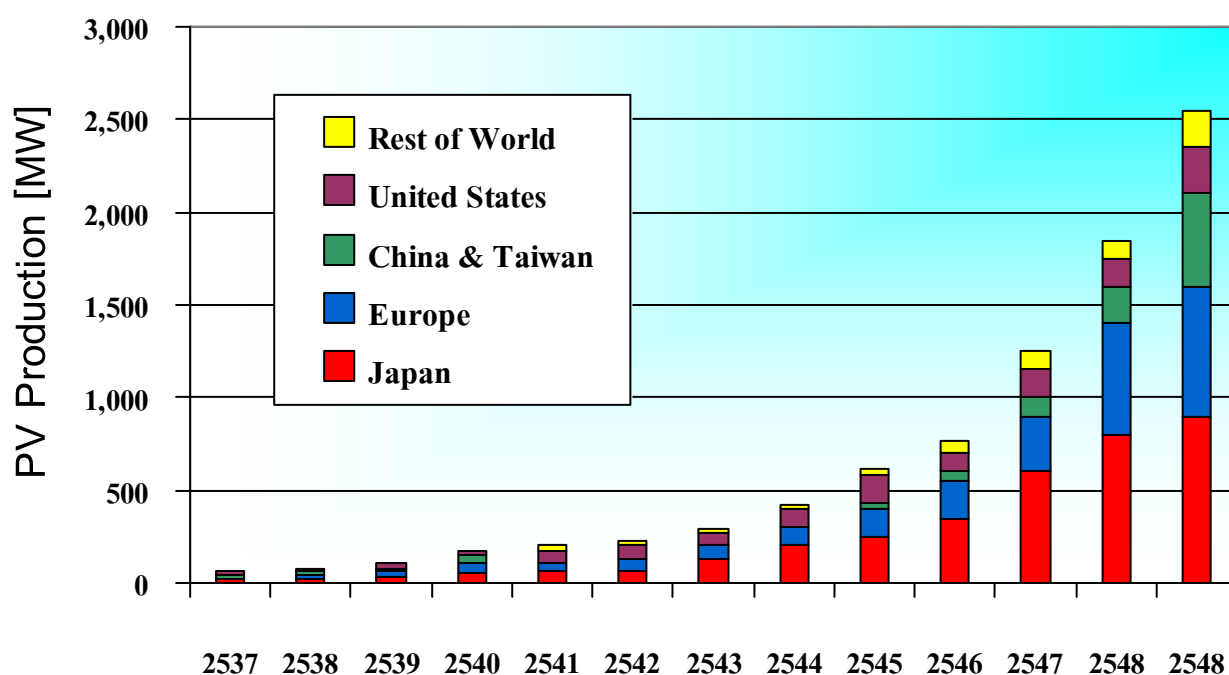
### 3. สถานภาพและแนวโน้มพลังงานแสงอาทิตย์

#### 3.1 เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์

##### 3.1.1 สถานภาพและแนวโน้มด้านเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก

##### 1) ปริมาณการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก

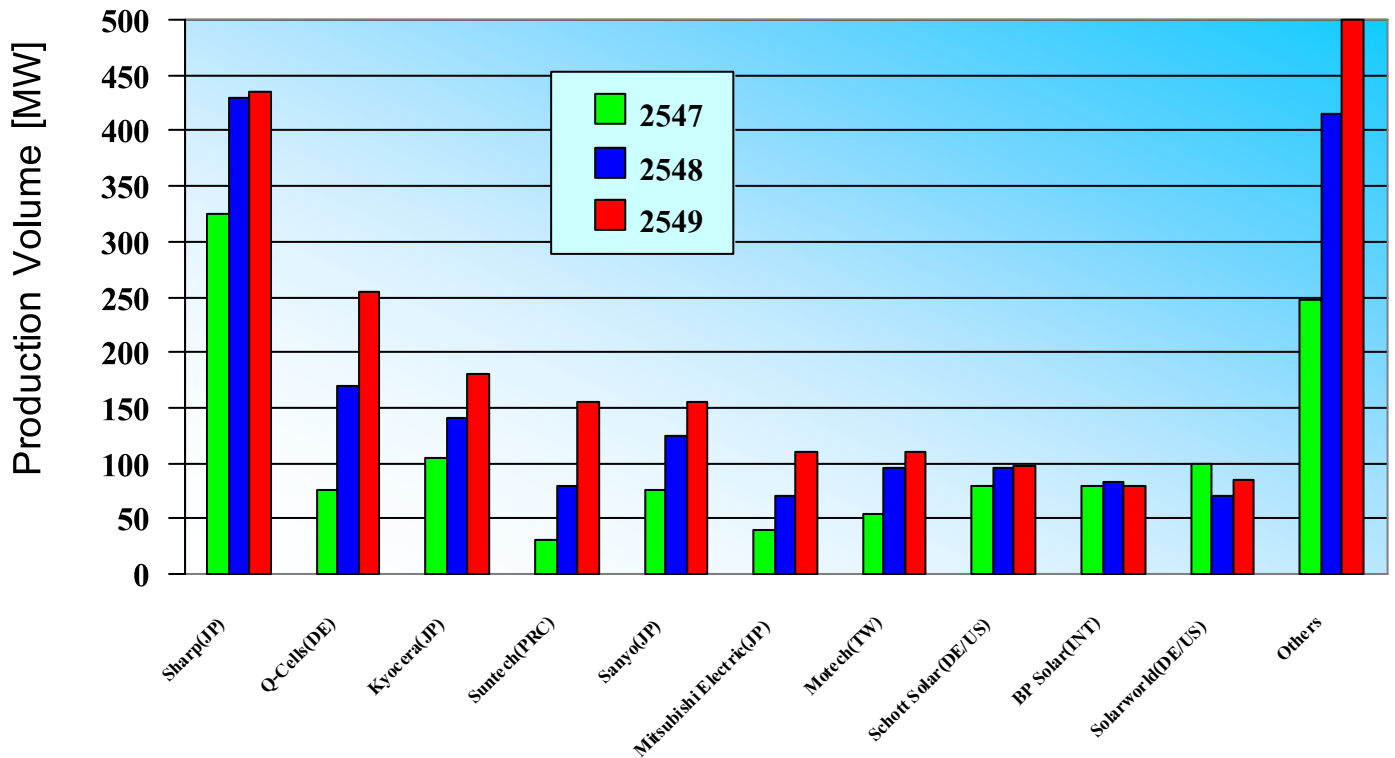
การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วโลกใน พ.ศ.2549 มีปริมาณ 2,520 MW (ดูรูปที่ 3.1) สูงกว่าการผลิตในปี พ.ศ.2548 คิดเป็น 43 % สำหรับในประเทศญี่ปุ่น มีปริมาณการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุดในโลกประมาณ 37 % สำหรับในยุโรป ประมาณ 27 % ประเทศจีนและไต้หวัน ประมาณ 22% และประเทศสหรัฐอเมริกา ประมาณ 8 %



รูปที่ 3.1 ปริมาณการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกในแต่ละปี (MW/ปี)

##### 2) บริษัทผู้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์

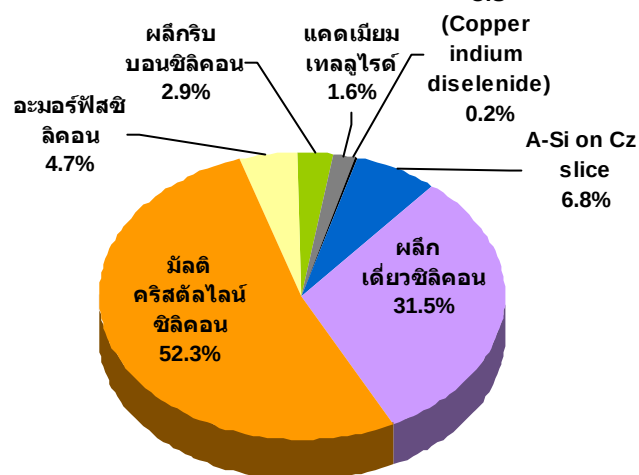
ปัจจุบัน ทั่วโลกมีบริษัทผู้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์จำหน่ายเชิงพาณิชย์ (รวมทั้งผลิตเซลล์ และประกอบแผง) จำนวน ประมาณ 65 –70 แห่ง รูปที่ 3.2 แสดงสัดส่วนบริษัทผู้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก บริษัทขนาดใหญ่ของโลก 10 อันดับแรกมีปริมาณการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์สูงถึง 66%



รูปที่ 3.2 สัดส่วนบริษัทผู้ผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ของโลก ในปี พ.ศ.2549

### 3) ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตทั่วโลก

ผลการสำรวจสัดส่วนปริมาณการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์เชิงพาณิชย์ในปี พ.ศ.2548 แสดงดังรูปที่ 3.3 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า การใช้เซลล์แสงอาทิตย์ที่ผลิตจากซิลิกอนแบบผลึกยังครองสัดส่วนสูงกว่าร้อยละ 80 ส่วนที่เหลือนั้นจะเป็นเซลล์ที่ผลิตจากเทคโนโลยีฟิล์มบางซึ่งรวมทั้งที่เป็น ซิลิกอนแบบอสัณฐาน ซิลิกอนแบบที่เป็นแผ่นบาง และฟิล์มบางของ CdTe



รูปที่ 3.3 สัดส่วนปริมาณการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทต่างๆ เชิงพาณิชย์ ในปี พ.ศ.2548

ที่มา : โครงการวิจัยและพัฒนาเชิงนโยบายเพื่อการผลิตเชิงอุตสาหกรรมของเซลล์แสงอาทิตย์, กระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ.2549

เซลล์แสงอาทิตย์ประเภทต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ยังมีเซลล์แสงอาทิตย์ประเภทอื่นๆ ที่อยู่ระหว่างการวิจัยและพัฒนา อาทิ เซลล์แสงอาทิตย์แบบ Dye Sensitized เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดโพลีเมอร์ เซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Quantum Well

#### 4) ต้นทุนการผลิตและราคาขายเซลล์แสงอาทิตย์

ต้นทุนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์จากอดีตจนถึงปัจจุบันได้ลดลงเรื่อยๆ ใน พ.ศ.2518 ซึ่งเป็นช่วงเกิดวิกฤติการณ์น้ำมัน ต้นทุนเซลล์แสงอาทิตย์สูงถึง 60\$/W และเมื่อทั่วโลกเริ่มให้ความสำคัญกับเซลล์แสงอาทิตย์ จึงทำให้ต้นทุนเซลล์แสงอาทิตย์ลดลงจนถึงระดับ 8\$/W ใน พ.ศ.2533 และใน พ.ศ.2545 ต้นทุนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิคอนที่มีประสิทธิภาพระดับ 13-14% ได้ลดลงเหลือ 3-3.5 \$/W แล้ว ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลต้นทุนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ และการคาดการณ์ในอนาคต

การลดลงของต้นทุนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ มีสาเหตุหลักดังต่อไปนี้

- ต้นทุนค่าซิลิคอนถูกลง
- ประสิทธิภาพของเซลล์แสงอาทิตย์สูงขึ้น
- มีการผลิตในปริมาณมากขึ้น
- การสูญเสียสินค้าเสีย ลดลงมาก

เป็นที่คาดการณ์ว่า ต้นทุนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์จะลดลงประมาณ 10-15 % ต่อปี ดังนั้น ใน พ.ศ.2553 คาดว่าต้นทุนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์จะเหลือเพียง 1.0-1.25 \$/W

ตารางที่ 3.1 การคาดการณ์ต้นทุนการผลิต และราคาขายเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดต่างๆ

(Profitable Price Includes 40% Gross Product Margin)

| Option               | 2543<br>Price (\$) | 2548<br>Cost(\$) | 2548<br>Price(\$) | 2553<br>Cost(\$) | 2553<br>Price (\$) |
|----------------------|--------------------|------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| Single Crystal       | 3.00-4.00          | 2                | 3.33              | 1.4              | 2.33               |
| Multiicrystalline Si | 3.00-4.00          | 1.75             | 2.92              | 1.2              | 2                  |
| Silicon Ribbon       | 3.00-4.00          | 1.75             | 2.92              | 1.2              | 2                  |
| Concentrator         | 4.00-6.00          | 1.75             | 2.92              | 0.8              | 1.33               |
| Amorphous Si         | 2.00-3.00?         | 1.2              | 2                 | 0.75             | 1.25               |
| CIS                  | NA                 | 1.2              | 2                 | 0.75             | 1.25               |
| CdTe                 | NA                 | 1.2              | 2                 | 0.75             | 1.25               |
| Si Film/LCS          | NA                 | 1.5              | 2.5               | 0.8              | 1.33               |
| Factory Price        | 2.50-4.00          | 2                | 3.5               | 2                | 2                  |
| Lowest Price         | 2.5                | 2                | 2                 | 1.25             | 1.25               |

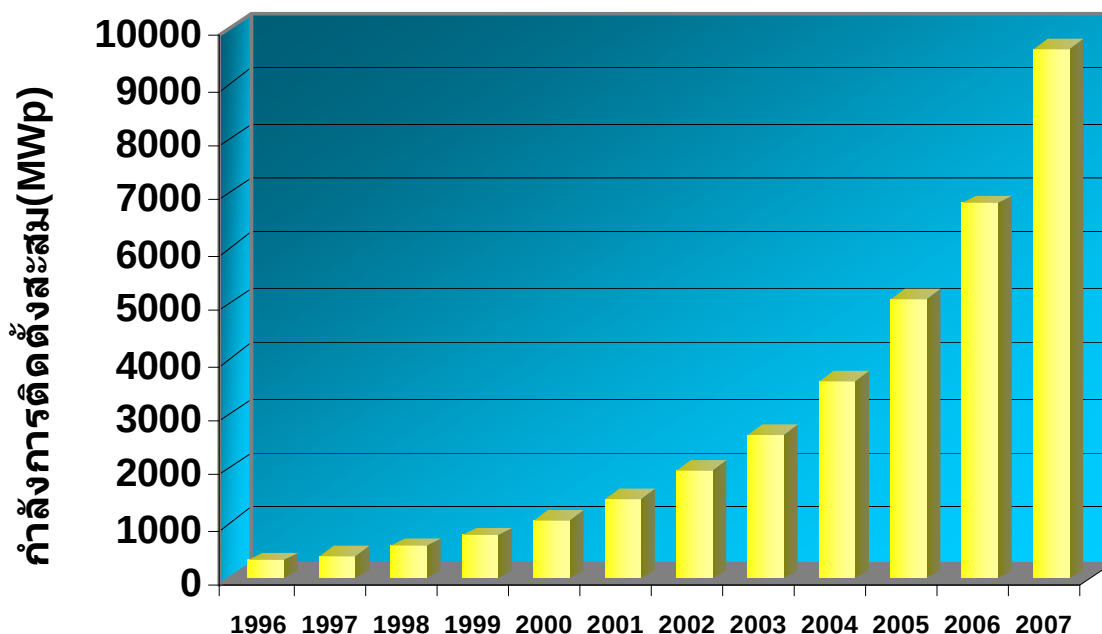
NA: Pilot Production 2001

ที่มา : Photovoltaic Technology Performance and Cost 1995-2010, PV Energy System, Inc., 2002. (พ.ศ.2545)

#### 5) สถานภาพการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ในลักษณะต่างๆ

การติดตั้งใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกในปี พ.ศ. 2550 สูงถึง 2,826 MW ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปีก่อนถึง 62 % ทำให้ปริมาณสะสมของการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วโลกจนถึงปี พ.ศ.2550 มีจำนวนทั้งสิ้น 9,650 MW

ในปี พ.ศ. 2550 นั้น ประเทศเยอรมันมีการติดตั้งใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์มากที่สุด 1,328 MW คิดเป็น 47 % ของโลก ประเทศสเปนมียอดการติดตั้งระบบฯ ทะยานสูงขึ้น 480 % อยู่ที่ 680 MW ขณะที่ประเทศสหรัฐอเมริกาปริมาณการติดตั้ง 220 MW ส่วนประเทศญี่ปุ่นมียอดการติดตั้ง 230 MW ลักษณะการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อสายส่งและติดตั้งบนหลังคาที่พักอาศัยมีสัดส่วนในปริมาณสูง



รูปที่ 3.4 ปริมาณสะสมของการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ทั่วโลก ช่วง พ.ศ. 2538-2550

ที่มา : โครงการวิจัยและพัฒนาเชิงนโยบายเพื่อการผลิตเชิงอุตสาหกรรมของเซลล์แสงอาทิตย์, กระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ.2549

: Marketbuzz 2007, Marketbuzz 2008

#### 6) แนวโน้มการผลิตและการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ของโลกในอนาคต

ผลการวิจัยโดย European Commission Joint Research Center 2002 ได้คาดการณ์ว่าใน พ.ศ.2553 ทั่วโลก จะมีเซลล์แสงอาทิตย์สะสมรวมประมาณ 14,000 MW พ.ศ.2563 จะเป็น 70,000 MW และ ใน พ.ศ.2573 จะเป็น 140,000 MW (ตารางที่ 3.2)

| ประเทศ กลุ่ม | พ.ศ.2543 | พ.ศ.2553 | พ.ศ.2563 | พ.ศ.2573 |
|--------------|----------|----------|----------|----------|
| สหรัฐอเมริกา | 140      | 3,000    | 15,000   | 25,000   |
| ยุโรป        | 150      | 3,000    | 15,000   | 30,000   |
| ญี่ปุ่น      | 250      | 5,000    | 30,000   | 72,000   |
| รวมทั่วโลก   | 1,000    | 14,000   | 70,000   | 140,000  |

ตารางที่ 3.2 คาดการณ์การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ (ปริมาณสะสมรวม)

ที่มา : Status of PV Research, Solar Cell Production and Market Implementation by European Commission Joint Research Center, 2002. (พ.ศ.2545)

การเพิ่มจำนวนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ จะขึ้นอยู่กับราคาต่อวัตต์ของเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งราคาของเซลล์แสงอาทิตย์ก็ขึ้นกับต้นทุนการผลิต ในขณะที่ต้นทุนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์จะขึ้นกับปริมาณการผลิต

จากการคาดการณ์ต้นทุนการผลิตและราคาขายเซลล์แสงอาทิตย์ มีเหตุผลที่เชื่อได้ว่านับจากทศวรรษที่ 21 เป็นต้นไป จะมีการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ให้มีมูลค่าการลงทุนใกล้เคียงกับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน

เนื่องจากเชื้อเพลิงจะมีปริมาณลดลง กอปรกับมาตรการด้านมลภาวะจะขยายตัวในวงกว้างและจะเข้มงวดมากขึ้น ดังนั้นการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ในเชิงพาณิชย์จะเป็นทางเลือกที่ดี และมีการใช้งานมากขึ้นในอนาคต

จากแนวโน้มต้นทุนการผลิตและราคาเซลล์แสงอาทิตย์แต่ละชนิดที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง จะเห็นว่าการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (amorphous silicon) มีศักยภาพที่จะผลิตให้มีต้นทุนที่ต่ำกว่าการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่น แต่เซลล์แสงอาทิตย์ทุกชนิดสามารถพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตให้มีต้นทุนต่ำลงได้เช่นกัน

ในปัจจุบันนั้นเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน และชนิดมัลติคริสตัลไลน์ซิลิคอนกำลังได้รับความนิยมในการใช้งานมากที่สุด เพราะมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าสูงกว่าแบบอื่น แต่เนื่องจากต้องใช้วัสดุซิลิคอนมากและมีขั้นตอนการผลิตหลายขั้นตอนจึงทำให้ต้นทุนการผลิตสูง ดังนั้น จึงมีการพัฒนากระบวนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอื่นๆ เพื่อลดต้นทุนการผลิต

จากคุณสมบัติและแนวโน้มด้านต้นทุนการผลิต คาดว่าเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน น่าจะได้รับความนิยมสูงขึ้นในอนาคต แม้ว่าขณะนี้ยังไม่ได้รับความนิยมเชื่อถือเท่ากับเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกซิลิคอน

### 3.1.2 สถานภาพและแนวโน้มด้านเทคโนโลยีเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศไทย

#### 1) สถานภาพและแนวโน้มการใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศไทย

การใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยเริ่มตั้งแต่ พ.ศ. 2520 ซึ่งเป็นปีที่หน่วยงานแพทยศาสตรมหาบัณฑิต ใช้เซลล์แสงอาทิตย์สำหรับการติดต่อวิทยุสื่อสารระหว่างสถานที่ทำงานในชนบทห่างไกลกับสถานีอนามัยหรือโรงพยาบาลในเมืองเพื่อส่งข้อมูลผลการตรวจโรคหรือขอข้อมูลผลการวินิจฉัยโรคพร้อมคำแนะนำต่างๆ การใช้งานต่างๆ ส่วนใหญ่ดำเนินการโดยหน่วยงานราชการในกระทรวงต่างๆ ใน พ.ศ. 2536 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้เริ่มทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ให้แก่พื้นที่ในเขตห่างไกลซึ่งไม่มีกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเข้าถึง จนถึงปัจจุบัน พ.ศ. 2550 ได้มีการติดตั้งเป็นปริมาณทั้งสิ้น 3.15 เมกะวัตต์ (ตารางที่ 3.3) และมีแผนที่จะติดตั้งต่อไปจนถึงปี 2554



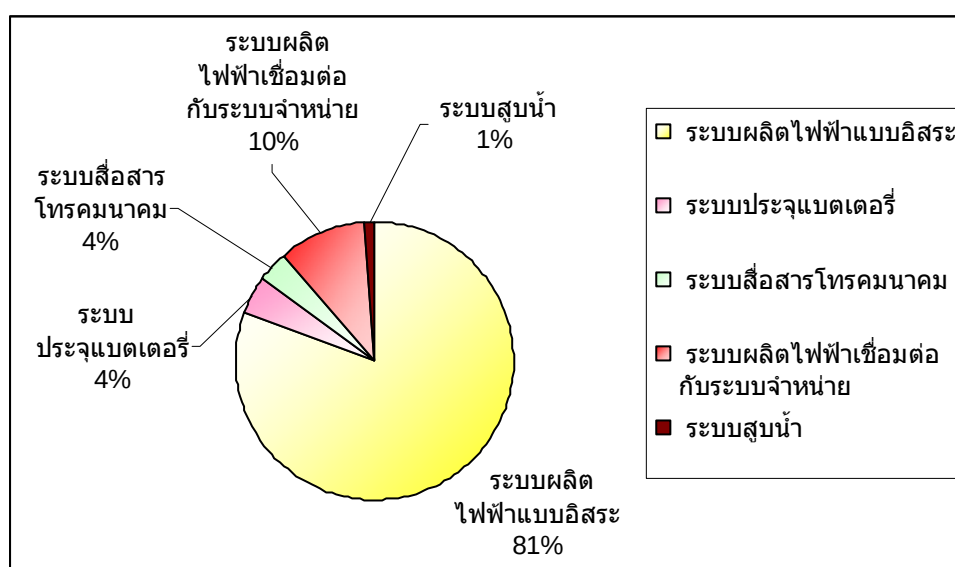
ตารางที่ 3.3 แสดงการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์โดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานตั้งแต่ปี 2536-2551

| ชนิดของระบบ                                                                                | จำนวน (แห่ง) | ขนาด (kW) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|
| 1. ระบบประจุแบตเตอรี่สำหรับหมู่บ้าน                                                        | 353          | 1025.5    |
| 2. ระบบประจุแบตเตอรี่สำหรับพื้นที่โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ                          | 2            | 4.5       |
| 3. ระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับฐานปฏิบัติการทางทหารและตำรวจตระเวนชายแดน                             | 192          | 43.2      |
| 4. ระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับโรงเรียนชนบท                                                         | 197          | 866.5     |
| 5. ระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับโรงเรียนตำรวจตระเวนชายแดน                                            | 38           | 100.75    |
| 6. ระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับศูนย์การเรียนรู้ชุมชน                                                | 137          | 205.5     |
| 7. ระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับสถานีอนามัย                                                          | 90           | 180.0     |
| 8. ระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับเขตพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติและเขตอุทยานแห่งชาติ                        | 30           | 90.0      |
| 9. ระบบผลิตไฟฟ้าสำหรับพื้นที่โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ                               | 7            | 26.6      |
| 10. ระบบสูบน้ำสำหรับหมู่บ้าน                                                               | 65           | 130       |
| 11. ระบบสูบน้ำสำหรับสถานีอนามัย                                                            | 1            | 4         |
| 12. ระบบสูบน้ำสำหรับพื้นที่โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ                                 | 19           | 64.35     |
| 13. ระบบแสงสว่างสำหรับครัวเรือนในพื้นที่โครงการพระราชดำริ                                  | 40           | 95.086    |
| 14. ระบบแสงสว่างสำหรับอาคารสำนักงาน/พลับพลาที่ประทับในพื้นที่โครงการพระราชดำริ             | 17           | 35.5      |
| 15. ระบบแสงสว่างสำหรับถนนสาธารณะในพื้นที่โครงการพระราชดำริ                                 | 1            | 9.75      |
| 16. ระบบผลิตไฟฟ้าแบบ Mini Grid สำหรับหมู่บ้าน                                              | 5            | 50        |
| 17. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า                           | 15           | 202.2     |
| 18. ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์เชื่อมต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้าในพื้นที่โครงการพระราชดำริ | 5            | 25.4      |
| รวม                                                                                        | 1,183        | 3,158.316 |

นอกจากนี้ในส่วนของหน่วยงานต่างๆ ได้มีการติดตั้งระบบฯ จนถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2551) ประเทศไทยมีปริมาณการติดตั้งรวมทั้งสิ้น 32.5 เมกะวัตต์ (ตารางที่ 3.4) เป็นชนิด Stand Alone ร้อยละ 90.5 และชนิด Grid-Connected ร้อยละ 10.5 รายละเอียดตามรูปที่ 3.5

ตารางที่ 3.4 แสดงปริมาณการติดตั้งใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์จนถึง พ.ศ. 2551

| หน่วยงาน                                                   | ปริมาณที่ใช้ (kW) |
|------------------------------------------------------------|-------------------|
| 1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน                  | 3,158.316         |
| 2. กรมโยธาธิการ (เดิม)                                     | 543.637           |
| 3. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค                                     | 24,507.990        |
| 4. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย                           | 797.164           |
| 5. การไฟฟ้านครหลวง                                         | 463.050           |
| 5. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมพลังงานแสงอาทิตย์ มหาวิทยาลัยนเรศวร | 12.913            |
| 6. ศูนย์การศึกษาทางไกลไทยคม                                | 16.800            |
| 7. กรมการขนส่งทางน้ำและพาณิชยนาวี                          | 4.160             |
| 8. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี                   | 56.100            |
| 9. สำนักงานวิจัยและพัฒนาการทหารกลาโหม                      | 3.700             |
| 10. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ           | 1.640             |
| 11. สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย                             | 42.000            |
| 12. องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย                           | 1,142.022         |
| 13. สถาบันวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์           | 2.700             |
| 14. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ                       | 0.300             |
| 15. เอกชน                                                  | 1,755.00          |
| รวม                                                        | 32,507.49         |



รูปที่ 3.5 แสดงชนิดระบบผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทยจนถึงปัจจุบัน (2551)

## 2) สถานภาพและแนวโน้มอุตสาหกรรมเซลล์แสงอาทิตย์ของประเทศไทย

ประเทศไทยได้เริ่มมีอุตสาหกรรมผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ตั้งแต่ปี 2547 โดยมีบริษัทโซลาร์ตรอน จำกัด ประกอบแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Multi Crystalline และบริษัทบางกอกโซลาร์ จำกัด ผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด Amorphous และต่อมามีได้มีบริษัทเพิ่มขึ้นอีก 5 บริษัท รายละเอียดตามตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 รายชื่อบริษัทที่ลงทุนก่อสร้างโรงงานผลิตแผงเซลล์แสงอาทิตย์และแผ่นเซลล์แสงอาทิตย์ในประเทศไทย

| ชื่อบริษัท                                   | ผลิตภัณฑ์                                           | กำลังการผลิตต่อปี (MW/Y) |          | เครื่องจักร        | เงินลงทุน (ล้านบาท)                      | เริ่มผลิต | จังหวัด<br>สถานที่ตั้ง |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------|----------|--------------------|------------------------------------------|-----------|------------------------|
|                                              |                                                     | แผ่นเซลล์                | แผงเซลล์ |                    |                                          |           |                        |
| บริษัท โซลาร์ตรอน จำกัด (มหาชน)              | แผงเซลล์ชนิดผลึกซิลิคอน (Modules)                   |                          | 30       | ญี่ปุ่น            | 120                                      | 2547      | นครราชสีมา             |
| บริษัท บางกอกโซลาร์ จำกัด                    | แผ่นและแผงเซลล์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Cells/Modules) | 5                        | 5        | ฮังการี            | 500                                      | 2547      | ฉะเชิงเทรา             |
|                                              | แผ่นและแผงเซลล์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Cells/Modules) | 50                       | 50       | ฮังการี            | 3,800                                    | 2550      | ฉะเชิงเทรา             |
| บริษัท ชาร์ป เทพนคร จำกัด                    | แผงเซลล์ชนิดผลึกซิลิคอน (Modules)                   |                          | 7        | ญี่ปุ่น            | 70-80<br>(เครื่องจักรนำเข้าจากบริษัทแม่) | 2548      | นครปฐม                 |
| บริษัท ไทยเอเชียนซีเอ็นเอ็นจีเนียริง จำกัด   | แผงเซลล์ชนิดผลึกและอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Modules)       |                          | 10       | ญี่ปุ่น            | 70-80                                    | 2548      | อยุธยา                 |
| บริษัท เอกรัฐ โซลาร์ จำกัด                   | แผงเซลล์ชนิดผลึกซิลิคอน (Modules)                   |                          | 15       | ญี่ปุ่น            | 200                                      | 2548      | ฉะเชิงเทรา             |
|                                              | แผ่นเซลล์ชนิดผลึกซิลิคอน (Cells)                    | 25                       |          | เยอรมนี            | 1,400                                    | 2550      | ระยอง                  |
| บริษัท Precise Renewable Energy จำกัด        | แผงเซลล์ชนิดผลึกซิลิคอน (Modules)                   |                          | 3        | ญี่ปุ่น            | 12-13<br>(ราคาเครื่องจักร)               | 2548      | ปทุมธานี               |
| สถาบันพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ (ISET) | แผ่นและแผงเซลล์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Cells/Module)  | 3                        | 3        | ออกแบบและประกอบเอง | 200-250                                  | 2550      | ปทุมธานี               |
| รวมกำลังการผลิต จนถึงปี พ.ศ.2550             |                                                     | 83                       | 123      |                    |                                          |           |                        |

## 3.2 เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าด้วยระบบรวมแสงอาทิตย์

### 3.2.1 สถานภาพและแนวโน้มของโลก

## 1) สถานภาพการใช้งานในปัจจุบัน

ในปัจจุบันได้มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยส่วนใหญ่จะเป็นการติดตั้ง  
เพื่องานวิจัย ดังแสดงในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ตัวอย่างระบบผลิตไฟฟ้าความร้อนแสงอาทิตย์

| ระบบ                                 | โรงไฟฟ้าพลังงาน<br>แสงอาทิตย์                       | สถานที่                                    | ขนาด                | ปีใช้งาน<br>(พ.ศ.) |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------|--------------------|
| 1. แบบพาราโบลา (parabolic<br>trough) | Coolidge                                            | รัฐออริโซนา<br>ประเทศสหรัฐอเมริกา          | 150 kW <sub>e</sub> | 2522-2525          |
|                                      | IEA-SSPPS                                           | เมือง Almeria ประเทศสเปน                   | 500 kW <sub>e</sub> | 2525-2526          |
|                                      | Solar Electricity<br>Generating System หรือ<br>SEGS | รัฐแคลิฟอร์เนีย<br>ประเทศสหรัฐอเมริกา      | 350 MW <sub>e</sub> | 2528-2534          |
|                                      | Navada-SEGS                                         | Eldorado Valley<br>รัฐเนวาดา               | 50 MW <sub>e</sub>  | 2549               |
|                                      | Arizona APS 1 MW <sub>e</sub>                       | เมือง Phoenix<br>รัฐออริโซนา               | 1 MW <sub>e</sub>   | 2547-2549          |
| 2. แบบหอคอย (power tower)            | Eurelios                                            | เมือง Adrano<br>บนเกาะ Sicily ประเทศอิตาลี | 10 MW <sub>e</sub>  | 2524               |
|                                      | IEA-SSPS                                            | เมือง Almeria ประเทศสเปน                   | 500 kW <sub>e</sub> | 2524-2529          |
|                                      | Sunshine                                            | เมือง Nio ประเทศญี่ปุ่น                    | 1 MW <sub>e</sub>   | หยุดดำเนินการ      |
|                                      | Solar One                                           | รัฐแคลิฟอร์เนีย<br>ประเทศสหรัฐอเมริกา      | 10 MW <sub>e</sub>  | 2525-2531          |
|                                      | CESA-1                                              | เมือง Almeria ประเทศสเปน                   | 1.0 MW <sub>e</sub> | 2526-2527          |
|                                      | Themis                                              | เมือง Targassonne<br>ประเทศฝรั่งเศส        | 2.4 MW <sub>e</sub> | 2526-2529          |
|                                      | C3C-5                                               | คาบสมุทร Crimea<br>ประเทศสหภาพโซเวียต      | 5 MW <sub>e</sub>   | 2528               |
|                                      | Solar Two                                           | Barstow รัฐแคลิฟอร์เนีย                    | 10 MW <sub>e</sub>  | 2539-2542          |
|                                      | PS 10                                               | เมือง Seville ประเทศสเปน                   | 11 MW <sub>e</sub>  | 2547               |
|                                      | Solar Tres                                          | เมือง Cordoba ประเทศสเปน                   | 15 MW <sub>e</sub>  | -                  |

| ระบบ | โรงไฟฟ้าพลังงาน<br>แสงอาทิตย์ | สถานที่ | ขนาด | ปีใช้งาน<br>(พ.ศ.) |
|------|-------------------------------|---------|------|--------------------|
|------|-------------------------------|---------|------|--------------------|

|                                                    |                                                                                   |                                        |                    |           |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------|-----------|
| 3. ระบบจานพาราโบลาพร้อมกัน<br>เครื่องยนต์สเตอร์ลิง | Vangard 1                                                                         | เมือง Rancho Mirage<br>รัฐแคลิฟอร์เนีย | 25 kW <sub>e</sub> | 2527-2528 |
|                                                    | MDAC                                                                              | -                                      | 25 kW <sub>e</sub> | -         |
|                                                    | SBP 50                                                                            | เมือง Riyad<br>ประเทศซาอุดีอาระเบีย    | 50 kW <sub>e</sub> | -         |
|                                                    | พัฒนาโดยบริษัท Boeing<br>และ Stirling Energy<br>System (SES)                      | -                                      | 50 kW              | -         |
|                                                    | พัฒนาโดยบริษัท<br>Science Application<br>International Corporation<br>(STM Corp.) | -                                      | 50 kW              | -         |
|                                                    | Eurodisk                                                                          | เมือง Almaria ประเทศสเปน               | 10 kW              | 2541-2544 |
|                                                    | โรงไฟฟ้าขนาด 1 MW                                                                 | รัฐเนวาดา ประเทศสหรัฐอเมริกา           | 10-40 kW           | -         |

2) แนวทางการนำเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสงมาใช้งาน

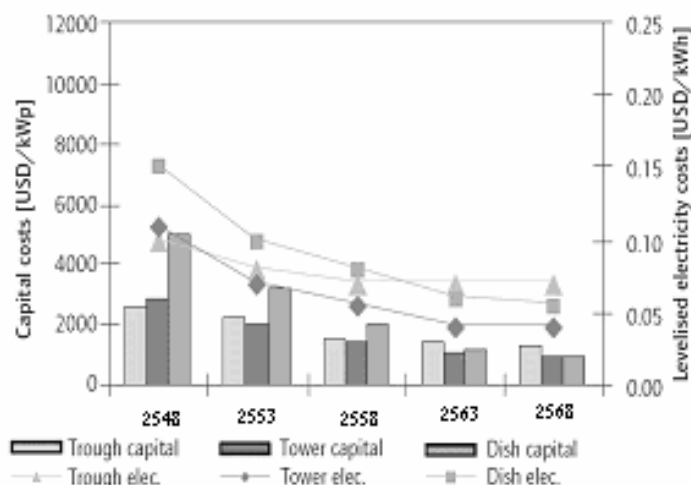
เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ระบบความร้อนแบบรวมแสงที่มีการพัฒนาจนถึงขั้นใช้งานเชิงพาณิชย์และมีความพร้อมทางเทคโนโลยีมากที่สุด คือระบบรางพาราโบลา ระบบที่มีการพัฒนารองลงมา ได้แก่ ระบบหอคอย ซึ่งเป็นระบบที่ใช้เทคโนโลยีระดับสูง เนื่องจากทำงานที่อุณหภูมิสูงมาก ระบบดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นลักษณะของการวิจัยและสาธิต สำหรับระบบจานพาราโบลาพร้อมกับเครื่องยนต์สเตอร์ลิงเป็นระบบที่มีการพัฒนาอย่างมากในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา โดยระบบจะมีลักษณะเป็นโมดูล (module) คล้ายกับการผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ เหมาะสมกับการใช้งานแบบ stand-alone แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบดังกล่าวในลักษณะรวมศูนย์แบบโรงไฟฟ้า

3) การลงทุน

ด้านของต้นทุน (cost) ระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบความร้อนแบบรวมแสงจะมีต้นทุนแตกต่างกันขึ้นกับหลายปัจจัยที่สำคัญ ได้แก่ สมรรถนะทางเทคนิคของระบบ ขนาดขององค์ประกอบของระบบ วัฏจักรกำลังที่ใช้ ขนาดของระบบ สถานที่ตั้ง ความเข้มรังสีตรง ราคาที่ดิน และแหล่งน้ำ เป็นต้น

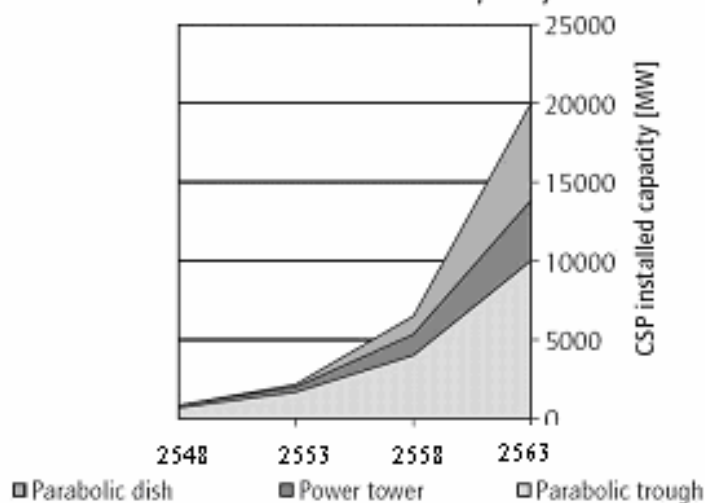
สำหรับต้นทุนการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยความร้อนระบบต่าง ๆ ได้มีการคาดการณ์ว่าจะลดลงตามกราฟในรูปที่ 3.6 และ รูปที่ 3.7 แสดงการคาดการณ์การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในอนาคต

Current and Forecast CSP Capital and Electricity Costs



รูปที่ 3.6 (IEA, 2003) แสดงการคาดการณ์ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบต่างๆ

Predicted CSP Installed Capacity



รูปที่ 3.7 แสดงการคาดการณ์การติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ในอนาคต

### 3.2.2 สถานภาพและแนวโน้มของประเทศไทย

สำหรับในประเทศไทยยังไม่เคยมีการติดตั้งใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนแสงอาทิตย์

ในปี พ.ศ. 2548 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้เริ่มทำการศึกษาศักยภาพความเป็นไปได้ในการใช้งานระบบผลิตไฟฟ้าความร้อนแสงอาทิตย์ และศึกษาศักยภาพความเหมาะสมของเทคโนโลยีสำหรับใช้งานในประเทศไทย และหากผลการศึกษามีศักยภาพสูงและมีเทคโนโลยีมีความเหมาะสม จะได้ติดตั้งระบบสาธิต ทดลองการใช้งานจริงต่อไป

### 3.3 เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ผลิตความร้อน

ระบบผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ อาจจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท ตามระดับอุณหภูมิ ได้แก่ ระบบผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิสูง (High temperature solar thermal system) ซึ่งสามารถใช้ผลิตไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส และ ระบบผลิตความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่อุณหภูมิต่ำ (Low temperature solar thermal system) ซึ่งสามารถใช้ผลิตน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส

โดยทั่วไป ปัญหาและอุปสรรคของเทคโนโลยีความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของระบบอุณหภูมิสูง และระบบอุณหภูมิต่ำ เกิดจาก 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่

- ปัญหาและอุปสรรคด้านเทคโนโลยี อันเกิดจากปัจจัยต่างๆ เช่น
  - ประสิทธิภาพของระบบยังไม่สูงเพียงพอ
  - ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาสูง
  - วัสดุและอุปกรณ์ในระบบไม่ได้มาตรฐาน
  - ไม่สะดวกในการใช้งาน
- ปัญหาและอุปสรรคด้านการลงทุน อันเกิดจากปัจจัยต่างๆ เช่น
  - การลงทุนสูง แต่มีอัตราผลตอบแทนการลงทุนต่ำเกินไป
  - ขาดแหล่งทุนสนับสนุน
  - ขาดการสนับสนุนจากภาครัฐ

#### สถานภาพและแนวโน้มการใช้งาน

ประเทศไทยมีการใช้ประโยชน์จากความร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปแบบการใช้งานต่างๆ อาทิ เครื่องทำน้ำร้อน เครื่องอบแห้ง ส่วนเครื่องกลั่นน้ำ การทำความเย็น ยังมีการใช้งานน้อยเมื่อเทียบกับศักยภาพ และอยู่ในระดับงานวิจัยที่ยังต้องการการพัฒนาต่อไป

#### 1) เครื่องผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มีการนำมาใช้ในประเทศไทยไม่น้อยกว่า 25 ปี และในปัจจุบันเครื่องทำน้ำร้อนเป็นที่ยอมรับและได้มีการนำเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการผลิตน้ำร้อนสำหรับบ้านเรือน โรงแรม โรงพยาบาล เป็นต้น ในระยะแรกของเครื่องทำน้ำร้อนจะเป็นการออกแบบอย่างง่าย ๆ โดยใช้โลหะทาสีดำมาทำเป็นแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ ซึ่งประสิทธิภาพการทำน้ำร้อนจะค่อนข้างต่ำ แต่ต่อมาได้มีการพัฒนาวัสดุที่นำมาเคลือบแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นเรื่อย ๆ เช่น Black Chrome ซึ่งเป็นวัสดุที่คงทนและสามารถดูดความร้อนได้สูงแต่ราคาค่อนข้างแพง

สำหรับประเทศไทยระบบทำน้ำร้อนด้วยแสงอาทิตย์มีการใช้งานโดยติดตั้งตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ชนิดแผ่นราบประมาณ 50,000 ตารางเมตร ซึ่งเป็นทั้งนำเข้าจากต่างประเทศและผลิตเองในท้องถิ่น แต่จากจำนวนยอดจำหน่ายในแต่ละปียังเพิ่มขึ้นไม่มากนักแสดงว่ามีการยอมรับจำกัดและยังไม่แพร่หลายเท่าที่ควร เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น เครื่องทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์มีราคาแพงกว่าเครื่องทำน้ำร้อนจากไฟฟ้า และก๊าซหุงต้ม ความไม่สม่ำเสมอของการทำงานหรือต้องใช้งานควบคู่กับพลังงานชนิดอื่น เครื่องที่ผลิตในประเทศบางบริษัทมีคุณภาพต่ำทำให้ขาดความเชื่อถือในระยะยาว การบริการในการขายและการซ่อมบำรุงหลังการขายเป็นไปอย่างลำบากโดยมักมีศูนย์บริการอยู่แค่ส่วนกลางคือ กรุงเทพมหานคร สำหรับตัวแทนจำหน่ายที่นำเข้าเครื่องทำน้ำร้อนจากต่างประเทศ เมื่ออุปกรณ์ชำรุดต้องรออะไหล่จากต่างประเทศ จากปัญหาดังกล่าว



กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จึงได้ให้การสนับสนุนด้านการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้น แก่กิจการที่ใช้น้ำร้อนและสนใจการผลิตน้ำร้อนจากพลังงานแสงอาทิตย์ รวมถึงการสนับสนุนการลงทุนติดตั้ง ระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ โดยมีเป้าหมายให้มีการติดตั้งแผงรับแสงอาทิตย์ผลิตน้ำร้อน จำนวน 40,000 ตรม. ภายในปี 2554

## 2) เครื่องอบแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทยมีการใช้สำหรับการอบแห้งพืชผลทางการเกษตรเป็น ส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็กและการยอมรับยังอยู่ในวงจำกัด แต่ถึงอย่างไรเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ก็ได้รับการพัฒนาขึ้นมาตามลำดับ เช่น แบบธรรมชาติ แบบบังคับ แบบมีตัวรับรังสี และตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ แต่ก็ยังไม่สามารถใช้ในเชิงอุตสาหกรรมได้เพราะในแต่ละครั้งจะอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้ในปริมาณที่ไม่มากนัก และมีการลงทุนสูงเมื่อเทียบกับวิธีตากโดยตรงซึ่งเป็นวิธีการที่มีการใช้มานานและราคาถูกโดยเฉพาะในระดับ อุตสาหกรรมต้องใช้เครื่องอบแห้งหลายตัวและขนาดใหญ่ทำให้การลงทุนสูง อีกทั้งยังไม่สามารถใช้งานได้ สม่าเสมอตลอดทั้งปีจึงต้องใช้ควบคู่กับพลังงานจากแหล่งอื่นที่มั่นคง ดังนั้นการใช้งานเครื่องอบแห้งพลังงาน แสงอาทิตย์ในระดับอุตสาหกรรมจึงเป็นเพียงพลังงานเสริมและยังเป็นการเพิ่มการลงทุนทำให้ไม่เป็นที่นิยม นำมาใช้ในระดับอุตสาหกรรมมากนัก

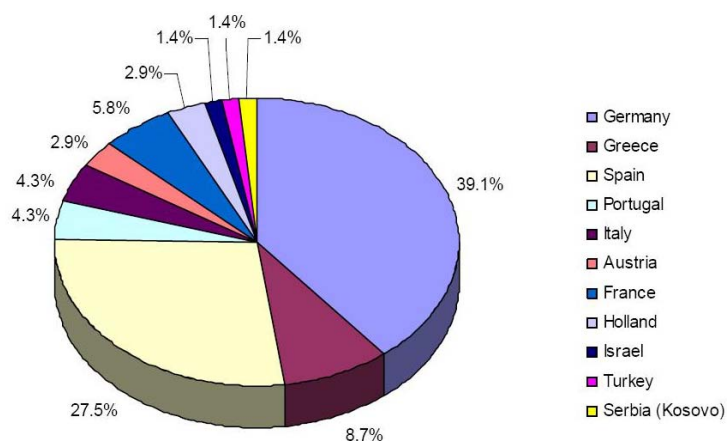
จากปัญหาดังกล่าว จึงจำเป็นต้องทำการวิจัยพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานของระบบอบแห้ง ลดต้นทุนและการใช้งานอย่างสะดวก กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้มีการพัฒนาระบบ อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตผลทางการเกษตรและจัดทำแบบเผยแพร่การใช้งาน และในปี 2552 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานจะดำเนินการพัฒนาต่อยอดและมีแผนจะส่งเสริมการใช้งานให้ แพร่หลายต่อไป

## 3.4 เทคโนโลยีระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

### 3.4.1 สถานภาพและแนวโน้มของโลก

#### 1) สถานภาพการใช้งานในปัจจุบัน

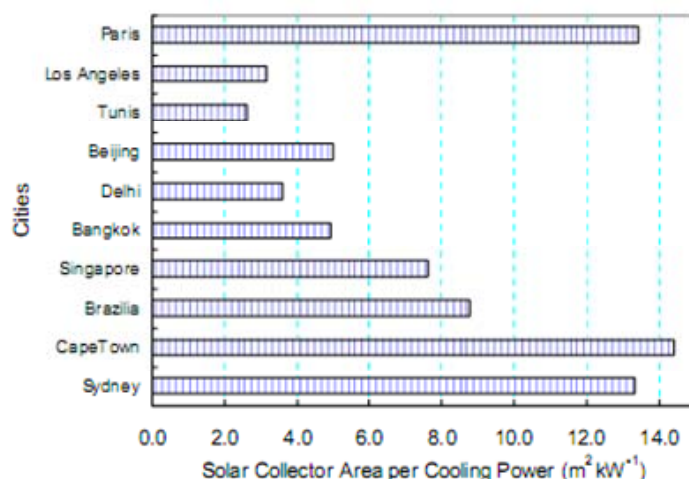
ระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์มีการใช้งานแพร่หลายในต่างประเทศทั้งในยุโรป เอเชีย จากการศึกษ พบว่า ปัจจุบันระบบทำความเย็นและปรับอากาศพลังงานแสงอาทิตย์ถูกติดตั้งในยุโรปประมาณ 100 ระบบ ส่วนใหญ่จะ ถูกติดตั้งในประเทศเยอรมัน สเปน และกรีซ ศักยภาพในการประหยัดพลังงานขึ้นต้นอยู่ที่ประมาณ 30 – 60%



รูปที่ 3.8 โครงการสาธิตระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

## 2) แนวโน้มของเทคโนโลยีระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ของโลก

ทิศทางการใช้ระบบทำความเย็นที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานความร้อนจะมีทิศทางเพิ่สูงขึ้นและจะมีการประยุกต์ใช้งานที่หลากหลายทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยของแหล่งความร้อนและเทคโนโลยีของระบบทำความเย็น ปัจจัยที่เป็นประเด็นหลักของการพัฒนาระบบทำความเย็นด้วยพลังงานความร้อนคือ ศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละพื้นที่ของแต่ละประเทศและปริมาณความร้อนที่ต้องการระบายออก (Cooling Load) ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวข้างต้นสามารถแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของตัวรับรังสีดวงอาทิตย์กับขนาดของเครื่องทำความเย็น [8]

เหตุผลที่สำคัญสำหรับการใช้งานที่เพิ่มขึ้นของระบบทำความเย็นด้วยพลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ในต่างประเทศนั้นเป็นเพราะนโยบายจากภาครัฐที่ให้การสนับสนุนอย่างจริงจัง และจุดแข็งของระบบที่ใช้พลังงานในการขับเคลื่อนจากแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังงานสะอาด และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

## 3) แนวโน้มของเทคโนโลยีระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย

ประเทศไทยมีแนวโน้มติดตั้งระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น ทั้งในส่วนของกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรม ห้างสรรพสินค้า โรงแรม โรงพยาบาล หน่วยงานราชการ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับนโยบายของภาครัฐที่สนับสนุนการใช้พลังงานทดแทน การลดหย่อนภาษี แต่เทคโนโลยีทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ยังต้องนำเข้าจากเทคโนโลยีในต่างประเทศก็ตาม ประกอบกับเทคโนโลยีตัวรับรังสีดวงอาทิตย์สามารถผลิตได้เองในประเทศและจะเกิดการแข่งขันของตลาดมากขึ้น ในเชิงเศรษฐศาสตร์เมื่อธุรกิจเกิดการแข่งขันมากขึ้นราคาก็ย่อมถูกลงเช่นกัน ทำให้มีการเจริญเติบโตทางธุรกิจ ในส่วนการพัฒนาเครื่องต้นแบบระบบทำความเย็นด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จะต้องมีหน่วยงานและผู้เชี่ยวชาญตลอดทั้งงบประมาณสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาต่อเนื่อง