



ทิศทางงานวิจัยด้านระบบความร้อนรังสีอาทิตย์ในภาคอุตสาหกรรมพลังงาน A Trend of Research on Solar Thermal System on Industrial Energy

จารุวัฒน์ เจริญจิต^{1*} และ คมกฤษณ์ ศรีสุวรรณ²

Jaruwat Jareanjit^{1*} and Khomkrit Srisuwan²

¹สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย สงขลา

²สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สกลนคร

*Correspondent author: j.jaruwat@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นบทความวิชาการปริทรรศน์การใช้รังสีอาทิตย์ในรูปแบบความร้อน (solar thermal) ในแนวทางการประยุกต์ใช้ในการเป็นแหล่งพลังงานความร้อนหลัก หรือเสริมการใช้พลังงานรูปแบบอื่นๆ ในภาคอุตสาหกรรม ภาคการผลิตเชื้อเพลิงทางเล็กละเอียด การผลิตกำลังและภาคการผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจน ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่สำคัญในอนาคต พบว่าการใช้รังสีอาทิตย์ผ่านระบบผลิตความร้อนด้วยรังสีอาทิตย์ โดยใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบต่างๆ สำหรับการผลิตอุณหภูมิที่ต้องการในกระบวนการทางความร้อน ร่วมกับระบบสะสมความร้อน และการทำงานผสมผสานกับแหล่งความร้อนอื่น เพื่อเพิ่มเสถียรของระบบ เป็นแนวทางที่เหมาะสม และมีศักยภาพเพียงพอ ในการอนุรักษ์พลังงาน การส่งเสริมการผลิตพลังงานทางเล็กละเอียด นำไปสู่การแปรรูปพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ เป็นพลังงานรูปแบบอื่น (กำลัง ปฏิกิริยาเคมี ไฟฟ้า เชื้อเพลิง ความร้อน) ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางโดยตรง หรือโดยอ้อมในปัจจุบัน และอนาคต

Abstract

This academic review article presents the application of solar radiation in forms of solar thermal as a primary thermal source or alternative energy source for another kind of energy in fields of industry, alternative energy production, energy production fields, hydrogen fuel production, which are important energy sources in the future. The result indicated that the utilization of solar radiation by means of the solar thermal production using solar radiation with different kinds of solar radiant collectors integrated with other kinds of energy sources could increase system stability. It was also an appropriate and potential way in promoting energy preservation and alternative energy production. Moreover; this application can be used to transform solar energy of solar radiation into other forms of energy power, chemical reaction energy, electric energy, fuel, thermal). Therefore, the transformation of solar radiation can be widely used for direct and indirect benefits at present and in the future.

คำสำคัญ: พลังงานรังสีอาทิตย์ เชื้อเพลิง ความร้อน

Keywords: solar energy, fuel, thermal

1. บทนำ

รังสีอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่ปราศจากมลพิษ มีศักยภาพในการทดแทนพลังงานฟอสซิล ซึ่งมีแนวโน้มราคาที่จะเพิ่มสูงขึ้นและกำลังหมดไปอย่างรวดเร็ว รวมถึงเป็นสาเหตุหลักของภาวะโลกร้อน ปัจจุบันรังสีอาทิตย์สามารถนำมาใช้ได้สองรูปแบบ คือ การนำรังสีอาทิตย์มาใช้ในรูปแบบ ความร้อน (solar thermal) และรูปแบบไฟฟ้า (solar cell) ในอนาคตสามารถนำรังสีอาทิตย์มาช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนทางด้านพลังงาน และการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงและทางอ้อม ในบทความนี้จะกล่าวถึงเทคโนโลยีความร้อนจากรังสีอาทิตย์สำหรับภาคอุตสาหกรรมพลังงานในอนาคต และการประยุกต์ใช้สำหรับประเทศไทยในปัจจุบันพบว่า มีศักยภาพการส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนอย่างเป็นรูปธรรม โดยกระทรวงพลังงานจัดทำแผนการพัฒนาด้านพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก 25% ใน 10 ปี (พ.ศ. 2555-2564) (Alternative Energy Development Plan: AEDP (2012-2021)) (1) เพื่อกำหนดกรอบและทิศทางการพัฒนาด้านพลังงานทดแทนของประเทศ โดยส่งเสริมการนำรังสีอาทิตย์มาผลิตความร้อนในภาคอุตสาหกรรม ทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ Pagnarith และ Limmeechokchai (2) ได้ทำการวิเคราะห์แผนการใช้พลังงานทดแทนระยะยาวในภูมิภาคลุ่มแม่น้ำโขง (Greater Mekong Sub-region, GMS) เพื่อส่งเสริมพลังงานทดแทน ลดการพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล และบรรเทาผลกระทบ CO₂ ในภาคพลังงาน โดยการสร้างแบบจำลองจากข้อมูลดังกล่าวแสดงถึงทิศทางการพัฒนาพลังงานทดแทนมากขึ้น ซึ่งบทความนี้ พิจารณาว่าพลังงานทางความร้อนรังสีอาทิตย์ เป็นหนึ่งในแหล่งพลังงานทดแทนที่มีศักยภาพสามารถส่งเสริมความมั่นคงทางด้านพลังงานภายในประเทศ และช่วยรักษาสีเขียวสิ่งแวดล้อมในภาพรวมระดับประเทศอย่างชัดเจน จึงได้ปริทรรศน์งานวิจัยด้านการใช้รังสีอาทิตย์ในรูปแบบความร้อน (solar thermal) ในแนวทางการประยุกต์ใช้ใน

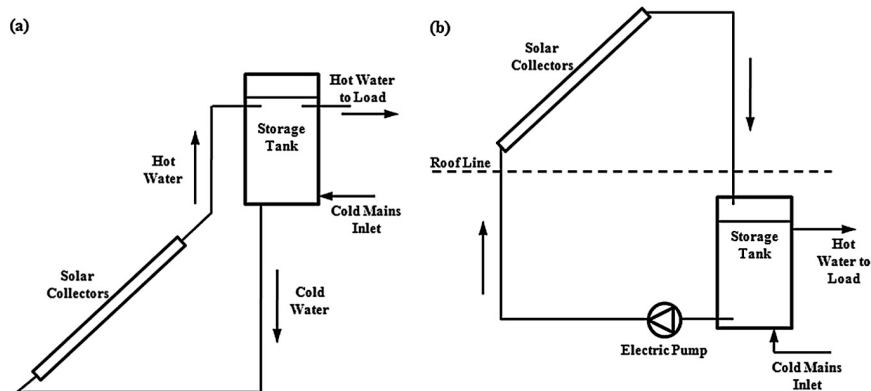
การเป็นแหล่งพลังงานความร้อนหลัก หรือเสริมการใช้พลังงานรูปแบบอื่นๆ เพื่อเป็นทิศทางในการพัฒนาในภาคอุตสาหกรรมพลังงานต่อไป

2. ระบบผลิตความร้อนด้วยรังสีอาทิตย์

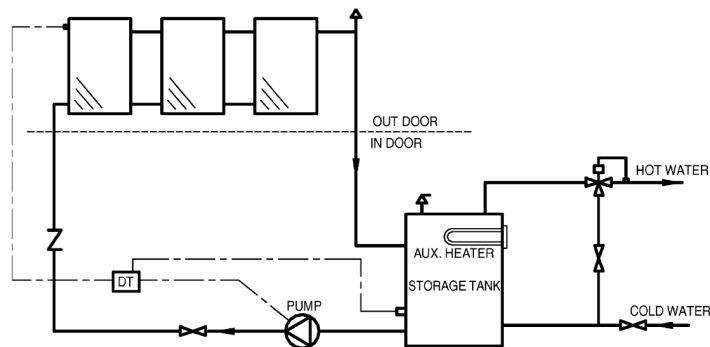
โดยทั่วไประบบผลิตความร้อนด้วยรังสีอาทิตย์อยู่บนพื้นฐานการทำให้ตัวกลาง หรือสารทำงานต่างๆ ในรูปแบบของไหล เช่น อากาศ และน้ำ มีอุณหภูมิสูงขึ้น เพื่อใช้เป็นแหล่งความร้อนในกระบวนการต่างๆ ที่เหมาะสม เช่น กระบวนการอบแห้ง (3-6) และกระบวนการกลั่น (7-9) เป็นต้น ซึ่งเป็นการใช้ความร้อนรังสีอาทิตย์โดยตรง ที่นิยม และแพร่หลายในปัจจุบัน โดยในบทความฉบับนี้ให้ความสำคัญในรูปของตัวกลางหรือสารทำงานที่เป็นน้ำ เนื่องจากน้ำเป็นตัวกลางที่มีศักยภาพในการถ่ายโอนความร้อน มีราคาถูก และไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ ระบบผลิตน้ำร้อนด้วยรังสีอาทิตย์ ประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักๆ ดังต่อไปนี้ ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบต่างๆ (10) ทำหน้าที่ดูดกลืนรังสีอาทิตย์แล้วเปลี่ยนเป็นความร้อนโดยถ่ายโอนให้กับตัวกลางที่ไหลผ่าน เช่น น้ำ อากาศ หรือของไหลชนิดอื่น ทำให้ตัวกลางมีอุณหภูมิสูงขึ้น และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการทางความร้อนได้ทันที หรือส่งไปต้มน้ำเก็บสะสมความร้อนในกรณีที่ไหลความร้อนไม่คงที่หรือต้องการสำรองความร้อนไว้ใช้ในกรณีที่ไม่มีรังสีอาทิตย์ อุปกรณ์ต่อมาคือปั๊ม หมุนเวียนสารทำงานหรือตัวกลาง ในการทำงานแบบ Active systems นอกจากนี้ ระบบดังกล่าวสามารถออกแบบให้มีการหมุนเวียนสารทำงานโดยอาศัยหลักการแรงลอยตัวของสารทำงานบนตัวแปรของอุณหภูมิที่ส่งผลต่อความหนาแน่นของสารทำงานที่ต่างกัน (thermosyphon) โดยไม่ต้องใช้ปั๊ม ในการทำงานแบบ Passive systems (11) ดังแสดงในรูปที่ 1 พลังงานความร้อนดังกล่าวสามารถนำไปใช้งานได้โดยตรง (direct systems) หรือโดยทางอ้อม (indirect systems) โดยใช้ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (12) ดังแสดงในรูปที่ 2-3 กรณีแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารตัวกลางถ่ายโอนความร้อนให้สารต่างชนิดกันตามวัตถุประสงค์การใช้งาน

ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งความร้อนหลัก หรือแหล่งความร้อนเสริมได้เพื่อประหยัดพลังงาน โดยน้ำเป็นสารทำงานที่นิยมใช้มากในระบบดังกล่าว จากสมบัติทางความร้อนที่เหมาะสม (ความจุความร้อนจำเพาะเท่ากับ $4.187 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$ ส่งผลให้สามารถกักเก็บความร้อนได้ดี และสามารถถ่ายโอนความร้อนให้กับสารทำงานชนิดอื่นที่มีค่าความจุความร้อนจำเพาะต่ำกว่า (อากาศ หรือน้ำมัน) อีกทั้งมีค่าความหนืดน้อยกว่าเมื่อเทียบกับน้ำมัน

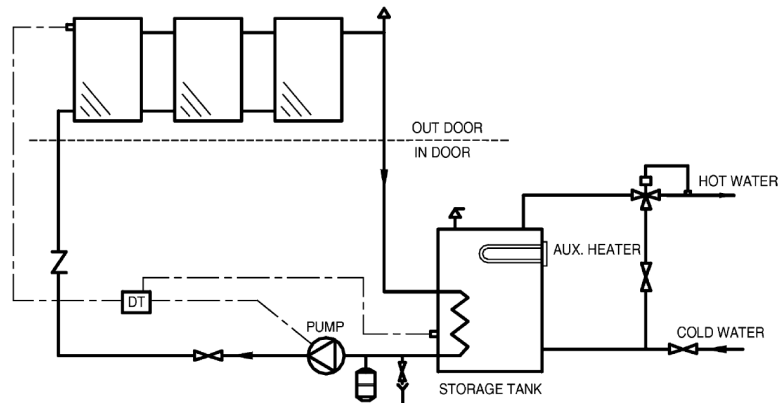
ราคาถูกไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ระบบสามารถใช้ตัวกลางประเภทแก๊ส เช่น อากาศ ผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์ระบบอากาศ (solar air system collector) ได้ ในรูปแบบทำงานระบบเดี่ยว หรือระบบผสมผสาน อากาศ - น้ำ ตามความเหมาะสม



รูปที่ 1. ระบบทำน้ำร้อนด้วยรังสีอาทิตย์พื้นฐาน (a): Passive systems (b): Active systems (11)



รูปที่ 2. ระบบใช้งานน้ำร้อนโดยตรง (12)



รูปที่ 3. ระบบใช้งานน้ำร้อนโดยทางอ้อม (12)

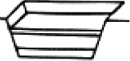
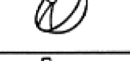
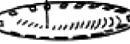
เนื่องจากธรรมชาติของรังสีอาทิตย์มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาตามสภาวะภูมิอากาศ ไม่คงที่ และทำงานได้ในช่วงเวลาที่มิมีรังสีอาทิตย์เท่านั้น ต่างจากแหล่งความร้อนจากเชื้อเพลิงฟอสซิล หรือไฟฟ้า ซึ่งเป็นจุดด้อยของระบบดังกล่าว ดังนั้นเพื่อเพิ่มสมรรถนะของระบบความร้อนรังสีอาทิตย์ให้มีความสม่ำเสมอ และทำงานได้ในเวลาที่มากขึ้น ตัวเก็บพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ ต้องทำงานร่วมกับระบบสะสมความร้อน (Heat storage systems) และทำงานในลักษณะผสมผสาน (Hybrid solar heating systems) ร่วมกับแหล่งความร้อนเสริมอื่นๆ เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานเหลือทิ้งจากแหล่งอื่น เพื่อให้กระบวนการทางความร้อนเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ต่อเนื่อง ดังมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ตัวเก็บพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์

ปัจจุบันมีตัวเก็บรังสีอยู่หลายชนิดและมีคุณลักษณะเฉพาะ (10) โดยศึกษาภาพการทำงานร้อนของแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน และแปรผันตามสมรรถนะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ชนิดนั้นๆ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1 ซึ่งแต่ละชนิดมีศักยภาพเชิงความร้อนหรือช่วงอุณหภูมิที่ผลิตได้แตกต่างกัน โดยพบว่าช่วงอุณหภูมิที่

ตัวเก็บรังสีทำได้สามารถประยุกต์ใช้ในกระบวนการทางความร้อนหลายระดับตามความเหมาะสม ตัวเก็บรังสีที่มีจำหน่ายเชิงพาณิชย์ เหมาะสำหับนำมาใช้ในภาคอุตสาหกรรมทั่วไป และเป็นที่ยอมรับมากมีอยู่สองชนิดคือ ตัวเก็บรังสีแบบแผ่นราบมีกระจกปิด และตัวเก็บรังสีแบบท่อสุญญากาศ ซึ่งทั้งสองจัดอยู่ในกลุ่มของตัวเก็บรังสีแบบแผ่นราบ ยึดอยู่กับที่ (stationary) นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาตัวเก็บรังสีแบบอื่นๆ บนพื้นฐานของการรวมแสงหรือรังสีอาทิตย์ เพื่อเพิ่มความเข้มของรังสีด้วยตัวรวมรังสีอาทิตย์ (solar concentrator) อัตราส่วนระหว่างพื้นที่สะท้อนรังสีต่อพื้นที่ดูดซับรังสีเรียกว่า อัตราส่วนการรวมรังสี (concentration ratio) นอกจากนี้ตัวเก็บรังสีแบบรวมแสงยังติดตั้งระบบการติดตามดวงอาทิตย์แบบแกนเดียว (single-axis tracking) เพื่อติดตามดวงอาทิตย์ในแนวทิศตะวันออกถึงทิศตะวันตก และการติดตามแบบสองแกน (two-axis tracking) เพื่อติดตามดวงอาทิตย์ในแนวทิศตะวันออกถึงทิศตะวันตก ทิศเหนือถึงทิศใต้ ตามลำดับ ส่งผลให้ตัวสะท้อนรังสีอาทิตย์ตั้งฉากกับรังสีตลอดการทำงาน ทำให้อุณหภูมิสารทำงานสูงขึ้นดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. คุณลักษณะของตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบต่างๆ (10)

		Collector Type		Concentration Ratio, C_1 for Direct Insolation	Indicative Temperature Obtained T (K)	
		Name	Schematic Diagram			
Motion	Stationary	Non-convecting Solar Pond		Flat Absorbers	$C \leq 1$	$300 < T < 360$
		Flat-plate Absorber			$C \leq 1$	$300 < T < 350$
		Evacuated Envelope		Tubular Absorbers	$C \leq 1$	$320 < T < 460$
		Compound Parabolic Reflector			$1 \leq C \leq 5$	$340 < T < 510$
	Single Axis	Parabolic Reflector			$5 \leq C \leq 15$	$340 < T < 560$
		Fresnel Refractor			$15 < C < 40$	$340 < T < 560$
		Cylindrical Refractor			$10 < C < 40$	$340 < T < 540$
	Two Axis	Parabolic Dish Reflector		Point Absorbers	$10 < C < 50$	$340 < T < 540$
		Spherical Bowl Reflector			$100 < C < 1000$	$340 < T < 1200$
		Heliostat Field			$100 < C < 300$	$340 < T < 1000$

2.2 ระบบสะสมความร้อน (Heat storage systems)

การสะสมความร้อนในระบบผลิตความร้อนด้วยรังสีอาทิตย์ เป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการใช้รังสีอาทิตย์เป็นแหล่งความร้อน ระบบดังกล่าวจะช่วยสะสมความร้อนในเวลาที่มีรังสีอาทิตย์สูง ให้ระบบทำงานต่อไปได้ในกรณีที่ระดับความเข้มรังสีอาทิตย์ไม่เพียงพอ หรือในกรณีที่ค่าความเข้มของรังสีอาทิตย์สูงเกินไป ซึ่งการเก็บความร้อนดังกล่าวไว้เพื่อลดความผันผวนของอุณหภูมิที่แปรผันตามรังสีอาทิตย์ สำหรับระบบที่ต้องการความสม่ำเสมอ หรือต่อเนื่อง รวมถึงเป็นการเพิ่มเวลาการทำงานจากปกติ โดยสามารถดำเนินการต่อเนื่องจนถึงเวลากลางคืน กรณีที่ระบบต้องการทำงานให้เสร็จสิ้นในขั้นตอนเดียว โดยวิธีการที่พบมากที่สุดในการสะสมความร้อน ประกอบด้วย

การสะสมความร้อนในตัวของสารทำงานประเภทของเหลว และการจัดเก็บความร้อนโดยตรงจากรังสีอาทิตย์ โดยระบบสะสมความร้อนจะมี 3 ประเภท คือ แบบความร้อนสัมผัส (sensible heat) เช่น การเก็บสะสมในน้ำหรือน้ำมัน รวมถึงหิน พื้นดิน คอนกรีตและทราย แบบความร้อนแฝง (latent heat) ใช้สารเปลี่ยนสถานะ (phase change material, PCM) ในรูปของแข็ง-ของเหลว เช่น พาราฟิน และแบบความร้อนในรูปเคมี (chemical energy storage) ซึ่งสารตัวกลางในการเก็บสะสมความร้อน มีการเปลี่ยน โครงสร้างทางเคมี เมื่อมีการรับความร้อนหรือคายความร้อน โดย Gil และ คณะ (13) ได้มีการรวบรวมสมบัติทางอุณหภาพของสารทำงานที่ใช้สะสมความร้อนแบบความร้อนสัมผัส และแบบความร้อนแฝง (PCM) ในสถานะของแข็ง และของเหลว รวมถึงสารเคมีต่างๆ (13, 14) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2 สำหรับ

พิจารณาเลือกสารสะสมความร้อนที่เหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งส่งเสริมการเลือกใช้เทคโนโลยีทางเลือกใหม่ที่เหมาะสม พบว่าส่วนใหญ่ให้ความสำคัญ กับแนวทางการใช้วัสดุสะสมแบบเปลี่ยนสถานะ (PCM) ซึ่งมีข้อดีคือสมบัติของการสะสมความร้อนแบบเปลี่ยนสถานะสูงกว่าแบบความร้อนสัมผัสหลายเท่าที่ปริมาตร

สารทำงานเท่ากัน ส่งผลให้การใช้ปริมาณของสารทำงานน้อยกว่ามากเป็นการประหยัดต้นทุนในส่วนของระบบสะสม โดยระบบที่ใช้ PCM จะมีขนาดของระบบสะสมความร้อนเล็กกว่า เมื่อเทียบกับวัสดุอื่นๆ เนื่องจากสามารถสะสมความร้อนได้ในรูปแบบความร้อนแฝงและความร้อนสัมผัส

ตารางที่ 2. สมบัติทางอุณหภาพของสารทำงานที่ใช้สะสมความร้อนแบบความร้อนสัมผัสและแบบความร้อนแฝง (13, 14)

(a) Sensible heat storage liquid materials and their properties								
Storage medium	HIETC solar salt	Mineral oil	Synthetic oil	Silicone oil	Nitrite salts	Nitrate salts	Carbonate salts	Liquid sodium
Temp. (cold) (°C)	120	200	250	300	250	265	450	270
Temp. (hot) (°C)	133	300	350	400	450	565	850	530
Avg. density (kg/m ³)	n/a	770	900	900	1825	1870	2100	850
Avg. thermal conductivity (W/m K)	n/a	0.12	0.11	0.10	0.57	0.52	2.0	71.0
Avg. heat capacity (kJ/kg K)	n/a	2.6	2.3	2.1	1.5	1.6	1.8	1.3
Volume specific heat capacity (kWh/m ³)	n/a	55	57	52	152	250	430	80
Cost per kWh (US\$/kWh)	n/a	4.2	43.0	80.0	12.0	3.7	11.0	21.0
(b) Sensible heat storage solid materials and their properties								
Storage Medium	Sand-rock Mineral Oil	Reinforced Concrete	NaCl (Solid)	Cast Iron	Cast Steel	Silica Fire Bricks	Magnesia Fire Bricks	
Temp. (cold) (°C)	200	200	200	200	200	200	200	
Temp. (hot) (°C)	300	400	500	400	700	700	1200	
Avg. density (kg/m ³)	1700	2200	2160	7200	7800	1820	3000	
Avg. thermal conductivity (W/m K)	1.0	1.5	7.0	37.0	40.0	1.5	5.0	
Avg. heat capacity (kJ/kg K)	1.30	0.85	0.85	0.56	0.60	1.00	1.15	
Volume specific heat capacity (kWh/m ³)	60	100	150	160	450	150	600	
Cost per kWh (US\$/kWh)	4.2	1.0	1.5	32.0	60.0	7.0	6.0	
(c) Commercial phase change materials (PCMs) and their properties								
Name	Type	Phase change temp. (°C)	Density (kg/m ³)	Specific heat (kJ/kg K)	Thermal conductivity (W/m K)	Latent heat (kJ/kg)		
RT110	Paraffin	112	n/a	n/a	n/a	213		
E117	Inorganic	117	1450	2.61	0.70	169		
A164	Organic	164	1500	n/a	n/a	306		

2.3 ระบบผลิตความร้อนด้วยรังสีอาทิตย์ชนิดผสมผสาน (Hybrid solar heating systems)

ระบบผลิตความร้อนแบบผสมผสาน อาศัยพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ ร่วมกับแหล่งความร้อนอื่น ในกรณีที่รังสีอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอ หรือในบางฤดูที่มีปริมาณรังสีอาทิตย์น้อย เพื่อให้กระบวนการผลิตความร้อนเป็นไปอย่างต่อเนื่อง หรือต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการประหยัดพลังงานให้สูงขึ้น โดยแหล่งความร้อนเสริมที่นำมาใช้ เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานเหลือทิ้งจากแหล่งอื่น พลังงานความร้อนจากชีวมวล หรือก๊าซชีวภาพ ทำงานร่วมกับการสะสมความร้อนอย่างน้อย 1 ขั้นตอน ขึ้นไปแบบต่างๆ จากลักษณะข้างต้นทำให้

ระบบดังกล่าวมีความยืดหยุ่นสูงคือระบบสามารถทำงานได้โดยใช้ รังสีอาทิตย์แหล่งเดียว ความร้อนเสริมแหล่งเดียว หรือทำงานร่วมกันทั้งคู่ การทำงานแบบผสมผสาน มักใช้ในระบบที่มีความจุขนาดใหญ่ สามารถเพิ่มระยะเวลาการทำงานโดยใช้พลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่สะสมไว้ตามลำดับ ซึ่งกระบวนการส่วนใหญ่นิยมใช้ในการผลิตก๊าซร้อน และของเหลวร้อน หรือทั้ง 2 ระบบ โดยจัดความสำคัญตามความต้องการของอุตสาหกรรมแต่ละประเภท ดังแสดงในรูปที่ 4-6 ซึ่งมีแนวคิดที่นำตัวเก็บรังสีอาทิตย์ระบบอากาศ สำหรับใช้อุ่นอากาศให้อุณหภูมิเหมาะสมกับการอยู่อาศัย หรือเหมาะกับการอุตสาหกรรมต่างๆ ทดแทนการใช้ขดลวดความร้อน

3. แนวทางการใช้ประโยชน์จากความร้อนที่ได้จากโรงสีอาทิตย์ต่ออุตสาหกรรมพลังงานในอนาคต

3.1 แนวทางเสริมพลังงานความร้อนสำหรับภาคอุตสาหกรรม

เพื่อนำพลังงานความร้อนจากโรงสีอาทิตย์ในการทดแทน หรือลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ในกระบวนการความร้อนอุตสาหกรรม จากข้อมูลตารางที่ 3 พบว่าโรงสีอาทิตย์มีศักยภาพทางความร้อนในการผลิตสารทำงานอุณหภูมิช่วงต่างๆ ผ่านตัวเก็บรังสีอาทิตย์ และเมื่อ

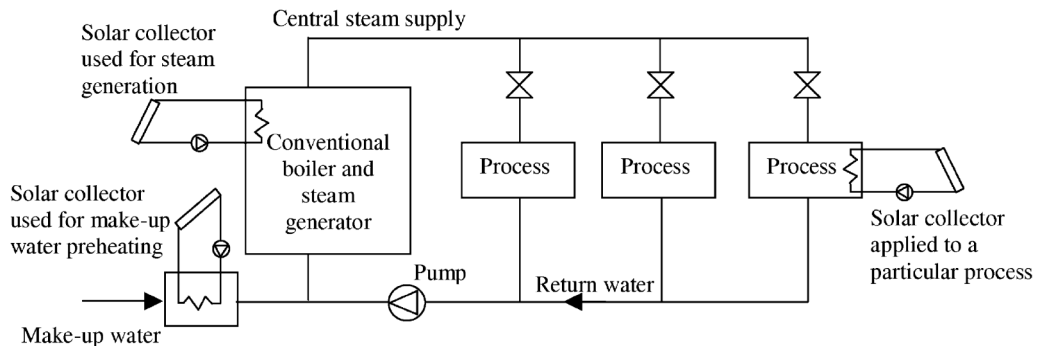
พิจารณาพร้อมกับช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการและภาคอุตสาหกรรม พบว่าความร้อนจากโรงสีอาทิตย์ มีแนวโน้มนำมาใช้ประโยชน์ในภาคอุตสาหกรรมต่างๆ สามารถจำแนกออกเป็น 3 ระดับอุณหภูมิ คือช่วงอุณหภูมิต่ำ ($< 100^{\circ}\text{C}$) ช่วงอุณหภูมิปานกลาง ($100-400^{\circ}\text{C}$) และช่วงอุณหภูมิสูง ($> 400^{\circ}\text{C}$) ขึ้นกับประเภทของตัวเก็บรังสีอาทิตย์ โดยความร้อนที่ได้จากโรงสีอาทิตย์สามารถใช้เป็นแหล่งความร้อนในการผลิตลมร้อน น้ำร้อน สำหรับกระบวนการความร้อนทั่วไป ซึ่งบทความนี้จะกล่าวถึงการใช้องค์อาทิตย์ในช่วงอุณหภูมิต่ำ-อุณหภูมิปานกลาง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในกระบวนการทางความร้อนในกลุ่มอุตสาหกรรมในวงกว้าง

ตารางที่ 3. ช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการต่างๆ ในภาคอุตสาหกรรม (15)

Industry	Process	Temperature ($^{\circ}\text{C}$)
Dairy	Pressurization	60–80
	Sterilization	100–120
	Drying	120–180
	Concentrates	60–80
	Boiler feed water	60–90
Tinned food	Sterilization	110–120
	Pasteurization	60–80
	Cooking	60–90
	Bleaching	60–90
Textile	Bleaching, dyeing	60–90
	Drying, degreasing	100–130
	Dyeing	70–90
	Fixing	160–180
	Pressing	80–100
Paper	Cooking, drying	60–80
	Boiler feed water	60–90
	Bleaching	130–150
Chemical	Soaps	200–260
	Synthetic rubber	150–200
	Processing heat	120–180
	Pre-heating water	60–90
Meat	Washing, sterilization	60–90
	Cooking	90–100
Beverages	Washing, sterilization	60–80
	Pasteurization	60–70
Flours and by-products	Sterilization	60–80
Timber by-products	Thermo diffusion beams	80–100
	Drying	60–100
	Pre-heating water	60–90
	Preparation pulp	120–170
Bricks and blocks	Curing	60–140
Plastics	Preparation	120–140
	Distillation	140–150
	Separation	200–220
	Extension	140–160
	Drying	180–200
	Blending	120–140

การประยุกต์ใช้รังสีอาทิตย์ในกระบวนการต่างๆ พบว่าอุณหภูมิที่ต้องการอยู่ในช่วงอุณหภูมิต่ำ-อุณหภูมิปานกลาง ซึ่งตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบแผ่นราบ (flat plate collector, FPC) ตัวเก็บรังสีแบบท่อสุญญากาศ (evacuated tube collector, ETC) และตัวเก็บรังสีแบบซีพีซี (compound parabolic concentrating collector, CPC) สามารถนำไปใช้

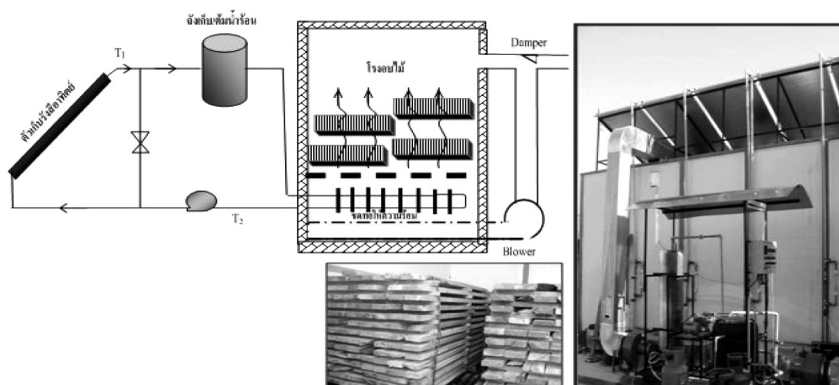
ในกระบวนการความร้อนในรูปแบบความร้อนหลักหรือความร้อนเสริมเพื่อลดการใช้พลังงานตามความเหมาะสม ดังแนวทางเบื้องต้นสำหรับการใช้ประโยชน์ ในรูปที่ 7 ในลักษณะของแหล่งความร้อนโดยตรงในระบบ หรือโดยทางอ้อมผ่านการเพิ่มศักยภาพของสารทำงานที่ใช้ในระบบความร้อน



รูปที่ 7. การนำระบบความร้อนพลังงานรังสีอาทิตย์ร่วมกับระบบความร้อนในกระบวนการทั่วไป (12)

นอกจากนี้ สามารถประยุกต์ใช้ในรูปแบบของระบบทำน้ำร้อนด้วยรังสีอาทิตย์ทั่วไป ที่มีถึงสะสมความร้อนเป็นแหล่งผลิตน้ำร้อนระดับอุณหภูมิต่างๆ เพื่อนำไปถ่ายเทให้กับอากาศในการผลิตอากาศร้อนสำหรับระบบอบแห้ง ดังรูปที่ 8 ซึ่งเป็นการผลิตน้ำร้อนเพื่อใช้ในการอบแห้งผลิตภัณฑ์ไม้ (16) น้ำร้อนที่ผลิตได้ จะถูก

ป้อนผ่านขดท่อในห้องอบไม้ และทำอากาศภายในห้องให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นอากาศร้อนจะลอยตัวผ่านกองไม้ที่ต้องการอบแห้ง และพาความชื้นออกไปจากห้อง ในกรณีที่อุณหภูมิไม่สูงพอ ที่ถังต้มน้ำร้อนจะมีการให้ความร้อนเสริม เพื่อรักษาอุณหภูมิน้ำที่เข้าสู่ขดท่อในห้อง ให้อยู่ที่ อุณหภูมิอากาศร้อนสามารถทำได้ถึง 80°C

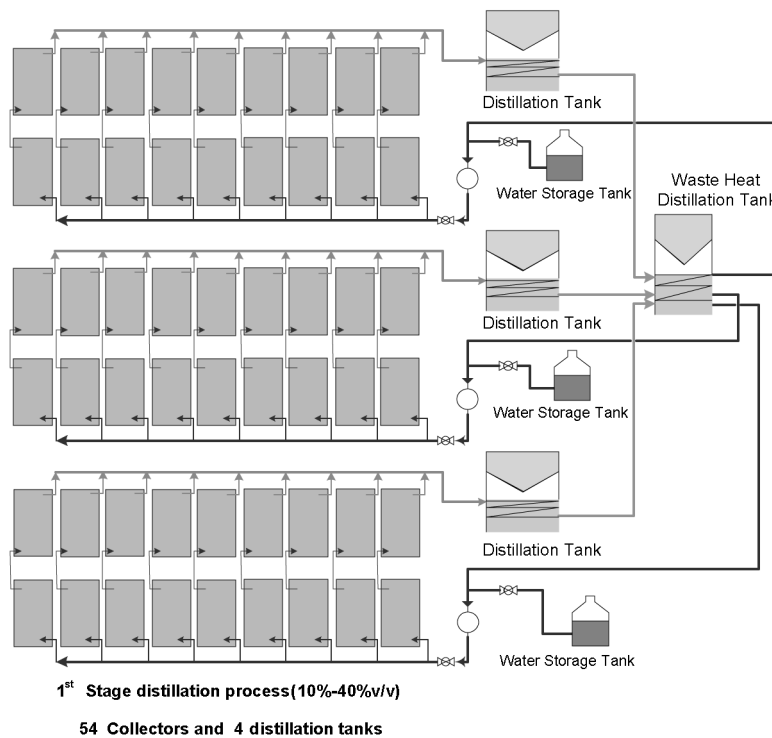


รูปที่ 8. การอบแห้งผลิตภัณฑ์ไม้ด้วยระบบน้ำร้อนจากรังสีอาทิตย์ (16)

3.2 แนวทางเสริมศักยภาพการผลิตพลังงานหมุนเวียน

บทความนี้นำเสนอแนวทางการลดพลังงานในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงทางเลือกต่างๆ โดยกระบวนการดังกล่าวมีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นแหล่งเชื้อเพลิงหลัก ซึ่งจากงานวิจัยของ Pimentel และคณะ(17), Pleanjai และ Gheewala (18) ทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานในการผลิตแก๊สโซลล์ และไบโอดีเซลตามลำดับ พบว่ากระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพทางความร้อนต่ำ กล่าวคือพลังงานความร้อนที่ป้อนเข้าสู่ระบบ มีค่ามากกว่าพลังงานความร้อนที่ได้จากเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ จึงได้เริ่มมีงานวิจัยในการนำพลังงานหมุนเวียนมาเข้าร่วมในกระบวนการผลิต เช่นการใช้รังสีอาทิตย์ใน

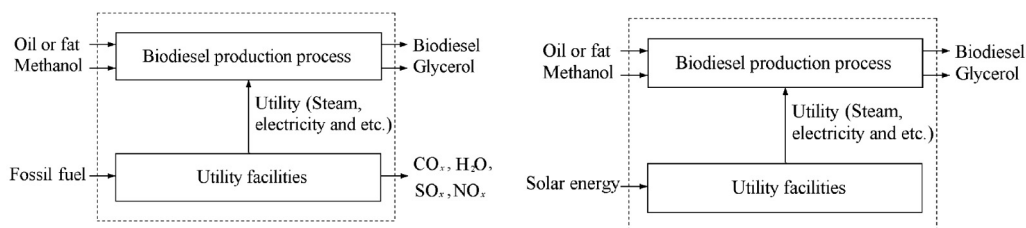
กระบวนการกลั่นเอทานอลเพื่อสนับสนุนให้เอทานอลเป็นพลังงานสะอาดที่แท้จริง เป็นแนวทางที่มีการศึกษาและทำวิจัยอย่างต่อเนื่องในหลายๆ แนวทาง เพื่อการใช้รังสีอาทิตย์ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด Siangsukone และคณะ(19), Jareanjit และ คณะ (20) ได้ดำเนินการสร้างและทดสอบสมรรถนะในการลดพลังงานเบื้องต้นในระบบกลั่นเอทานอลที่ได้จากมันสำปะหลัง แบบไม่ต่อเนื่องโดยใช้รังสีอาทิตย์ ต้นแบบดังแสดงในรูปที่ 9 และนำไปสู่การใช้งานในชุมชน ก่อนส่งให้อุตสาหกรรมผลิตเอทานอลไร้แอลกอฮอล์ เพื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอทานอล ส่งผลให้ลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และลดต้นทุนการผลิต ตามลำดับ



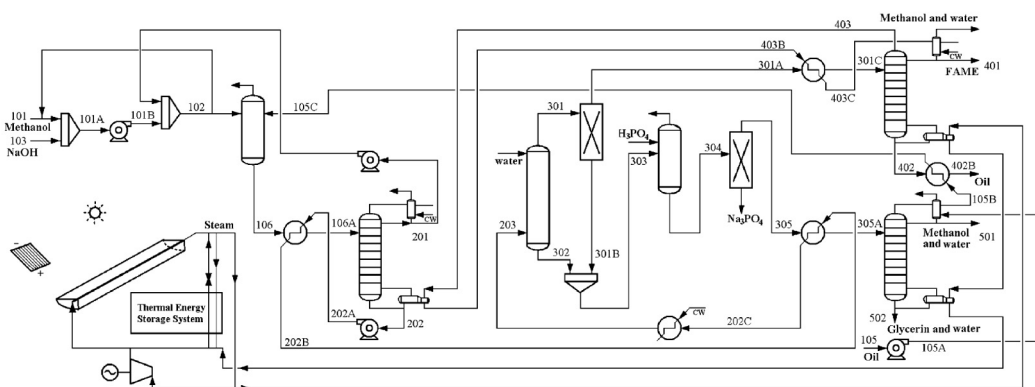
รูปที่ 9. โค้ดแกรมของระบบการกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานรังสีอาทิตย์ (19, 20)

นอกจากนี้ในส่วนของไบโอดีเซล ซึ่งเป็นพลังงานทางเลือกที่สำคัญ Buapoom และคณะ(21) ได้ทำการประยุกต์ใช้รังสีอาทิตย์มาใช้เป็นแหล่งความร้อนสำหรับปฏิกิริยาเคมี ที่อุณหภูมิ 50-60°C โดยใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์เป็นแหล่งความร้อน นอกจากนี้ Hou และ Zheng (22) ได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานจากรังสีอาทิตย์ในการผลิตไอน้ำและไฟฟ้าเพื่อใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการลดการใช้พลังงาน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังแสดงในรูปที่ 10-11 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาดังกล่าวสามารถ ลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินและ

ลดการปล่อย CO_2 เมื่อพิจารณาจาก renewability index ซึ่งพิจารณาจากสัดส่วนของ exergy หรือ ศักยภาพการเปลี่ยนความร้อนเป็นงานกลสูงสุดของกระบวนการที่มีการใช้พลังงานหมุนเวียน เทียบกับ exergy ในกระบวนการทั้งหมด โดยดัชนีนี้มีค่าจะส่งผลกระทบท่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวนานน้อยกว่า พบว่า การผลิตไบโอดีเซลที่ใช้พลังงานที่ได้จากรังสีอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 99.9% สูงกว่า ระบบที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล 10.5% แสดงให้เห็นว่ากระบวนการผลิตไบโอดีเซลโดยใช้พลังงานจากรังสีอาทิตย์ เสริมในกระบวนการผลิตมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ



รูปที่ 10. แผนผังการเปรียบเทียบกระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วยเชื้อเพลิงจากฟอสซิลและพลังงานรังสีอาทิตย์ (22)



รูปที่ 11. ไคอะแกรมของกระบวนการผลิตไบโอดีเซลด้วยรังสีอาทิตย์ (22)

จากข้อมูลข้างต้น พลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ สามารถใช้ประโยชน์ได้โดยตรง หรือในรูปแบบพลังงานเสริม ร่วมกับกระบวนการทางความร้อนช่วงใดช่วงหนึ่งในระบบ ตามศักยภาพที่ทำได้จากรังสีอาทิตย์ในทุกอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานความร้อน เพื่อลดพลังงาน

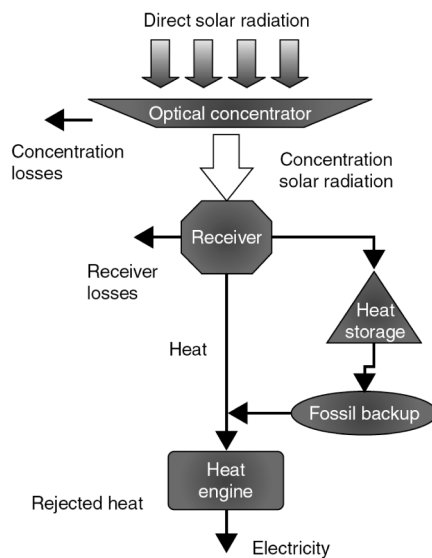
ฟอสซิลที่ใช้ในกระบวนการนำไปสู่การส่งเสริมการใช้พลังงานหมุนเวียนอย่างเป็นรูปธรรม

3.3 แนวทางเสริมศักยภาพโรงงานผลิตกำลัง

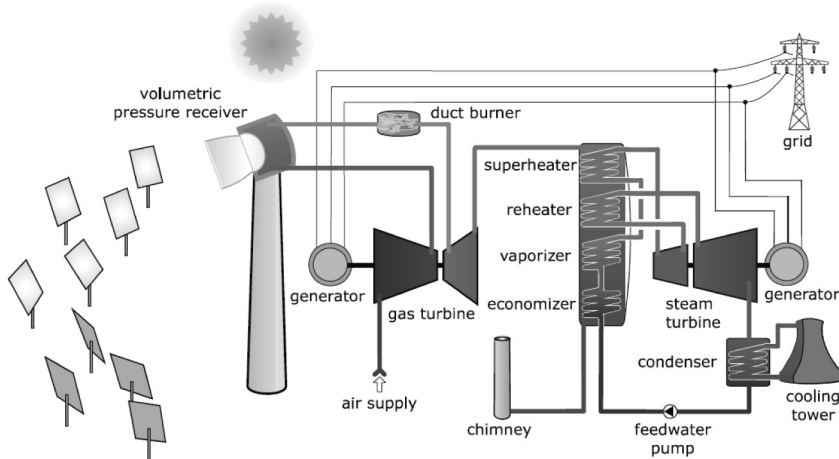
โดยพื้นฐานของการผลิตกระแสไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแบบกังหันไอน้ำ (steam turbine) คือการใช้

แรงดันของไอน้ำที่ได้จากการต้มน้ำไปขับให้กังหัน (turbine) ที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า(generator)เกิดการหมุนจึงจะผลิตกระแสไฟฟ้าออกมาได้ โรงไฟฟ้าแบบนี้โดยทั่วไปจะใช้แหล่งพลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (fossil) ในการต้มน้ำ ดังนั้นแนวคิดในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์จึงเป็นแนวคิดที่เอาพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์มาแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิลนั่นเอง โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์โดยทั่วๆไปจะมีหลักการทำงานดังรูปที่ 12

ซึ่งใช้เทคนิคการรวมรังสีอาทิตย์มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการทางความร้อนต่างๆ เช่นประยุกต์ใช้กับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (combine cycle power plant) ในส่วนของการเพิ่มอุณหภูมิอากาศร้อนที่ผ่านการอัดจากคอมเพรสเซอร์ ก่อนเข้าห้องเผาไหม้ของชุดกังหันก๊าซ (gas turbine) เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการเผาไหม้ ดังแสดงในรูปที่ 13 โดยมีลักษณะการรวมแสงแบบต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 14 ตามลำดับ



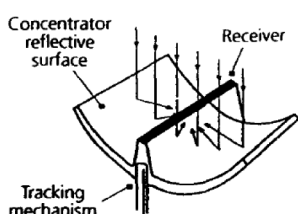
รูปที่ 12. โดอะแกรมการผลิตไฟฟ้าด้วยความร้อนจากรังสีอาทิตย์แบบรวมแสง (23)



รูปที่ 13. โรงไฟฟ้าความร้อนร่วมโดยใช้หอคอยรังสีอาทิตย์ (24)

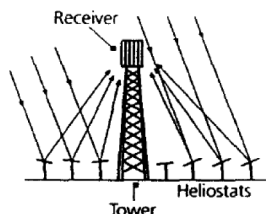
โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์แบบรวมแสง (concentrating solar thermal power plant, CSP) ทั่วไปมีอยู่ 3 แบบ คือ แบบหอคอย (solar tower plant) แบบรางพาราโบลา (parabolic trough power plant) และแบบจานพาราโบลา (parabolic dish concentrator system) ซึ่งทั้ง 3 แบบจะมีหลักการทำงานคล้ายกันโดยจะแตกต่างกันในส่วนของการจัดเรียงและรูปแบบส่วนประกอบซึ่งส่วนประกอบหลักที่สำคัญของโรงไฟฟ้านี้ ได้แก่

1. ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ (collector) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและสะท้อนรังสีอาทิตย์ เพื่อให้การรวมแสงอาทิตย์และเปลี่ยนไปเป็นพลังงานความร้อน สำหรับรูปร่างมีทรงเรขาคณิตเช่น ส่วนโค้งทรงกลมและทรงกระบอก แผ่นเรียบ มีลักษณะเป็นตัวรวมรังสีอาทิตย์ที่จะทำให้ได้ปริมาณความร้อนจากรังสีอาทิตย์มากๆ ผิววัสดุที่ใช้จะมีสมบัติในรับและการสะท้อนแสงได้ดี เช่น กระจกเงา อะลูมิเนียมสีเทาเคลือบ หรืออะลูมิเนียมขัดมัน ผิวมันและเรียบ เป็นต้น



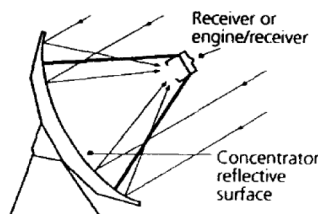
a) Parabolic trough

- Line Focusing
C = 30 to 80
- Unit 30 to 80 MW
- Trough Curvature
One Direction



b) Central receiver

- Point Area Focusing
C = 200 to 1000
- Unit 30 to 200 MW
- Elements of Different
Paraboloids with
Various Focal Lengths



c) Parabolic dish

- Point Focusing
C = 1000 to 4000
- Unit 7.5 to 25 kW
- Ideal Paraboloidal
Shape
Limited by Aberration

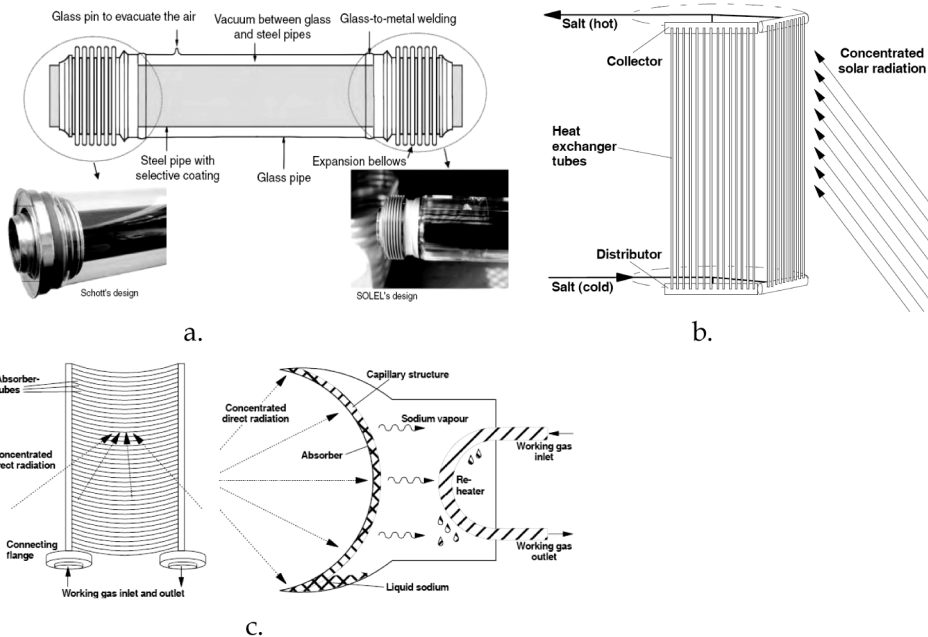
รูปที่ 14. สมบัติของระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์แต่ละชนิด (25)

2. ตัวรับแสงสะท้อน (receiver) แสงที่สะท้อนมาจากตัวรับรังสีอาทิตย์จะมีลักษณะการสะท้อนอยู่ 2 แบบคือ แบบรวมแสงที่จุดเดียว (point focus) เช่น ระบบของโรงไฟฟ้าแบบหอคอยพลังงานและระบบจานพาราโบลา กับแบบรวมแสงตามเส้น (line focus) เช่น ระบบโรงไฟฟ้าแบบรางพาราโบลา ตัวรับแสงสะท้อน

ของโรงไฟฟ้าภายในจะมีท่อสำหรับการไหลวนของสารทำงาน (working fluid) เพื่อไหลเข้าไปรับพลังงานความร้อนจากการรวมแสง ในกรณีของระบบรางพาราโบลา ส่วนใหญ่จะใช้เป็นท่อ 2 ชั้น โดยชั้นในเป็นท่อสำหรับการนำความร้อนให้แก่สารทำงานที่อยู่ภายใน ส่วนชั้นนอกมักทำเป็นท่อสุญญากาศหรือก๊าสเฉื่อย เพื่อช่วย

ลดการสูญเสียความร้อนจากการคายความร้อนของสารทำงานในท่อชั้นใน กรณีของตัวรับแสงสะท้อนแบบหอคอยจะมีลักษณะเป็นท่อยาวและตัวรับแสงสะท้อนแบบจานพาราโบลาก็คล้ายๆ กันดังแสดงในรูปที่ 15 ภายในบรรจุสารทำงานภายในมักจะเป็นน้ำ เกลือมอลเทน (molten rock salt) หรือน้ำมันสังเคราะห์

(synthetic oil) เป็นต้น สารเหล่านี้เมื่อได้รับความร้อนจากบริเวณส่วนรับแสงสะท้อนแล้วจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการนำความร้อนไปถ่ายเทให้กับน้ำ ซึ่งเมื่อน้ำได้รับความร้อนจะทำให้เดือดและระเหยกลายเป็นไอที่สามารถหมุนกังหันของเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าได้



รูปที่ 15. ตัวรับแสงสะท้อน (26)

- แบบท่อสุญญากาศของระบบรางพาราโบล่า
- ตัวรับแสงสะท้อนของระบบหอคอย
- ตัวรับแสงสะท้อนของระบบจานพาราโบล่า

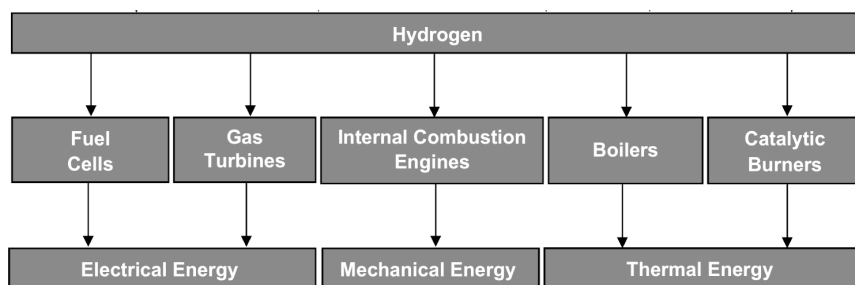
3. ระบบเก็บสะสมพลังงาน (energy storage system) เป็นแหล่งเก็บสะสมพลังงานสำรองของระบบเพื่อไว้ในกรณีที่ไม่มีรังสีอาทิตย์ เช่นในตอนกลางคืนหรือในช่วงที่มีรังสีอาทิตย์แต่มีไม่มากพอ เช่นในตอนเช้าตอนเย็น ช่วงมีเมฆหรือฝนตก เป็นต้น การเก็บสะสมพลังงานที่ใช้ในระบบเหล่านี้มักเก็บในวัสดุที่มีสมบัติในการเก็บความร้อนได้ดี เช่นน้ำมันสังเคราะห์ เกลือมอลเทน หินน้ำมัน เป็นต้น โดยวัสดุเหล่านี้จะถูกบรรจุไว้ในถังเก็บสะสมพลังงาน (storage tank) ซึ่งมีการออกแบบเฉพาะให้สามารถเก็บรักษาความร้อนได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้ระบบดังกล่าวสามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับ ระบบผลิตกำลัง (organic rankine cycle, ORC) ซึ่งสามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิต่ำจนถึงอุณหภูมิปานกลาง (100-350°C) โดยใช้สารทำงานชนิดต่างๆ (27) ที่มีจุดเดือดต่ำกว่าน้ำ ส่งผลให้สามารถใช้แหล่งความร้อนอุณหภูมิต่ำได้ เช่นความร้อนทิ้งจากอุตสาหกรรมต่างๆ รวมถึงความร้อนจากรังสีอาทิตย์จากตัวเก็บรังสีอาทิตย์ทั่วไป นอกเหนือจาก ตัวรวมรังสีรังสีอาทิตย์ ซึ่งทำให้ลดต้นทุนลง

3.4 แนวทางการผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจนด้วยรังสีอาทิตย์

ไฮโดรเจนเป็นพลังงานทางเลือกใหม่ที่ได้รับ ความสนใจในการเป็นแหล่งพลังงานในอนาคตเนื่องจาก มีเทคโนโลยีที่สามารถใช้พลังงานหมุนเวียนรูปแบบต่างๆ ในการการผลิตอย่างเป็นรูปธรรม โดยไฮโดรเจนสามารถ ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในการแปรรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า พลังงานงานกลและพลังงานความร้อนผ่านกระบวนการ ทางเคมีโดยตรงและโดยทางอ้อม ตามลำดับ ดังแสดงใน รูปที่ 16 เช่นระบบผลิตกระแสไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ สูงอย่างเซลล์เชื้อเพลิง ซึ่งประยุกต์ใช้กับทั้งยานพาหนะ และโรงไฟฟ้า โดยเซลล์เชื้อเพลิงเปลี่ยนพลังงานเคมีของ

เชื้อเพลิง (ไฮโดรเจน) และ ออกซิเจน (ออกซิเจนบริสุทธิ์ หรือออกซิเจนจากอากาศ) เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง โดยอาศัยปฏิกิริยาเคมีไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ จะ ได้ไฟฟ้าและน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ (28) ซึ่งต่างจากเชื้อ เพลิงอื่นที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และ ไนโตรเจนออกไซด์ (29) หลักการผลิตไฮโดรเจนมา จากแนวคิดในการแยกไฮโดรเจนอะตอมออกจากสารตั้ง ต้นที่มีไฮโดรเจน เป็นองค์ประกอบ เช่น สารประกอบ ไฮโดรคาร์บอน (HC) เชื้อเพลิงฟอสซิล และพลังงาน หมุนเวียนต่างๆ ทำให้การใช้พลังงานไฮโดรเจนในอนาคต เป็นการเพิ่มความมั่นคงทางพลังงานและเศรษฐกิจ อย่าง มีศักยภาพอีกด้วย (29)



รูปที่ 16. การใช้ประโยชน์ของไฮโดรเจน (30)

เทคโนโลยีในการผลิตไฮโดรเจน สามารถแบ่ง ออกได้เป็น 3 เทคโนโลยีหลัก ได้แก่

1.) กระบวนการความร้อนเคมี (thermochemical process) เป็นการใช้ความร้อนในการเปลี่ยนมวลชีวภาพ ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ให้กลายเป็นก๊าซผสม และ แยกไฮโดรเจนออกมา ไฮโดรเจนที่ผลิตโดยวิธีทางเคมี โดยใช้ความร้อน จะใช้สารตั้งต้นที่เป็นสารประกอบ ไฮโดรคาร์บอน เช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน ชีวมวล เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ก๊าซสังเคราะห์ (synthesis gas) ซึ่งประกอบด้วยไฮโดรเจน (H_2), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO_2), น้ำ (H_2O) และมีเทน (CH_4) โดยมีสัดส่วนต่างกัน แปรตามชนิดของสาร สารตั้งต้น จากนั้นจะผ่านกระบวนการต่างๆ เพื่อให้ได้ ไฮโดรเจนที่บริสุทธิ์ขึ้น

2.) กระบวนการไฟฟ้าเคมี (electro chemical process) เป็นการใช้ไฟฟ้าเพื่อแยกน้ำเพื่อให้ได้ไฮโดรเจน

และออกซิเจน โดยไฟฟ้าที่มาจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ทุกชนิดสามารถใช้ได้กับกระบวนการนี้ ไม่ว่าจะเป็น ไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน รวมทั้งจากพลังงาน นิวเคลียร์

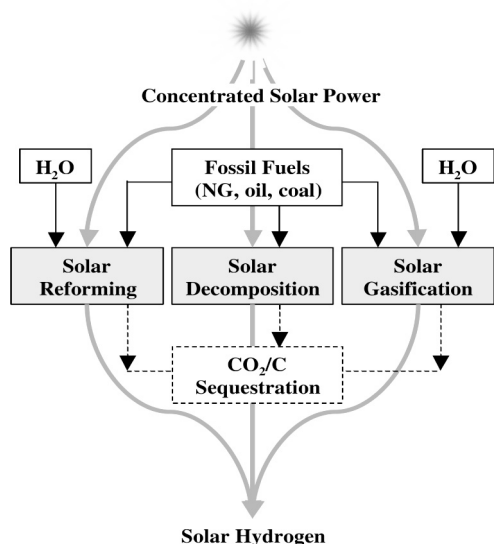
3.) กระบวนการทางแสง (photo processes) กระบวนการทางแสงที่ใช้ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน มีหลายเทคโนโลยี เช่น กระบวนการทางชีวภาพของ สาหร่ายเซลล์เดียวและแบคทีเรีย ในการแยกน้ำให้เป็น ไฮโดรเจนและออกซิเจน (photo biological processes), เซลล์ไฟฟ้ารังสีอาทิตย์ (photovoltaic cells) สำหรับผลิต ไฟฟ้าที่ต่อกับเครื่องแยกน้ำด้วยไฟฟ้า (electrolyzer), เซลล์ไฟฟ้าเคมีรังสีอาทิตย์ (Photo electrochemical cells) พร้อมอิเล็กโทรดกึ่งตัวนำ 1-2 ชั้น และระบบการ ย่อยสลายโดยใช้แสง (Photo degradation systems) ตาม วัตถุประสงค์ และประสิทธิภาพการใช้งาน ตามลำดับ

ตารางที่ 4. การเปรียบเทียบกระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจนแบบต่างๆ (31)

กระบวนการ	ชนิดของกระบวนการ	สารตั้งต้น	พลังงานที่ใช้	ผลิตภัณฑ์ที่ออกมา
ทางความร้อน	Steam reforming	ก๊าซธรรมชาติ	ไอน้ำอุณหภูมิสูง	มีการให้ CO หรือ CO ₂ ออกมา
	การแยกน้ำด้วยความร้อน (Thermochemical water splitting)	น้ำ	ความร้อนอุณหภูมิสูงจากเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ทำให้ก๊าซเย็นลง	ไม่มี
	การแยกก๊าซ (gasification)	ถ่านหิน วัสดุชีวภาพต่างๆ	น้ำและ O ₂ ที่มีความดันและอุณหภูมิสูง	มีการให้ CO หรือ CO ₂ ออกมา
	การเผา (pyrolysis)	วัสดุชีวภาพต่างๆ	ไอน้ำอุณหภูมิไม่สูงมาก	มีการให้ CO หรือ CO ₂ ออกมา
ทางเคมีไฟฟ้า	การแยกน้ำด้วยไฟฟ้า	น้ำ	พลังงานจากแหล่งหมุนเวียนกลับ เช่น ลม แสงแดด เป็นต้น	ไม่มี
	การแยกน้ำด้วยไฟฟ้า	น้ำ	พลังงานจากแหล่งสิ้นเปลือง เช่น ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น	มีการปลดปล่อยสารก่อมลภาวะขึ้นกับแหล่งให้พลังงานไฟฟ้า
	การแยกน้ำด้วยเซลล์ไฟฟ้าเคมี และแสง	น้ำ	แสงแดด	ไม่มี
ทางชีวภาพ	กระบวนการทางชีวภาพที่ใช้แสง	น้ำและสาหร่ายบางชนิด	แสงแดด	ไม่มี
	การย่อยสลายของแบคทีเรียที่ไม่ใช้ O ₂	วัสดุชีวภาพต่างๆ	ความร้อนที่อุณหภูมิสูง	อาจจะมีบ้าง
	การบ่ม หมักของจุลินทรีย์ต่างๆ	วัสดุชีวภาพต่างๆ	ความร้อนที่อุณหภูมิสูง	อาจจะมีบ้าง

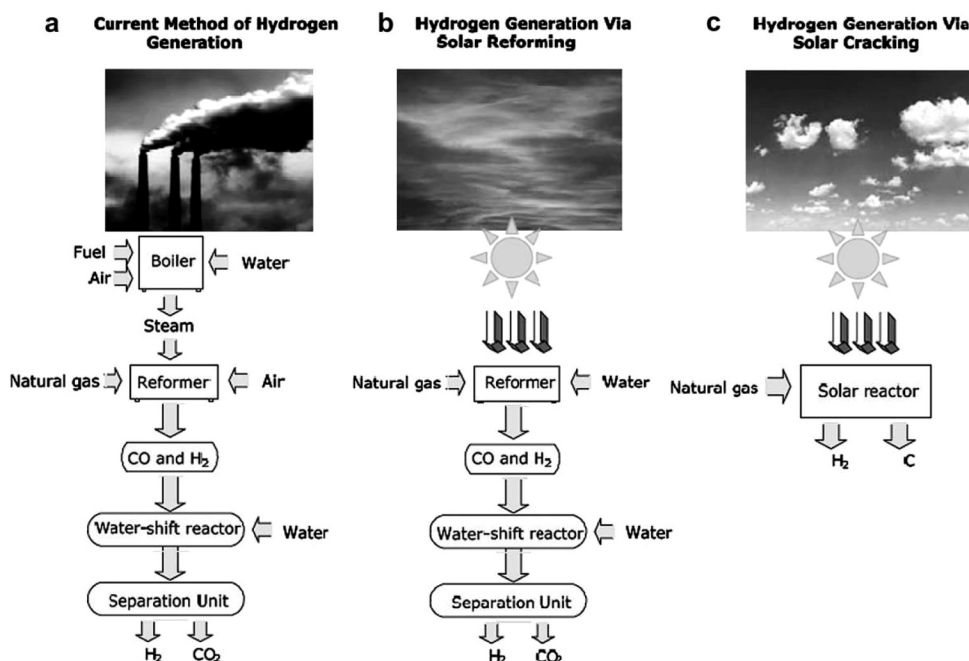
จากตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบกระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจนแบบต่างๆ เมื่อพิจารณาชนิดของกระบวนการ และแหล่งพลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต พบว่ากระบวนการความร้อนเคมี ต้องการแหล่งความร้อนอุณหภูมิสูง เพื่อใช้ในกระบวนการแปลงสภาพสารตั้งต้นต่างๆ ไปเป็นเชื้อเพลิงไฮโดรเจน ผ่านกระบวนการรีฟอร์มมิง (reforming process) สำหรับสารตั้งต้นที่เป็นก๊าซหรือของเหลว (ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซชีวภาพ และเอทานอล) และผ่านกระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (gasification) สำหรับสาร

ตั้งต้นที่เป็นของแข็ง (วัสดุชีวมวล และถ่านหิน) เป็นต้น โดยกระบวนการความร้อนเคมี หรือ การแยกน้ำด้วยอุณหภูมิสูง (high-temperature water splitting) (32) ต้องการความร้อนในช่วงอุณหภูมิ 500 - 2000°C ในการทำปฏิกิริยาเคมีอนุกรมเพื่อผลิตไฮโดรเจน โดยสามารถใช้ความร้อนจากปฏิกิริยาไฟฟ้านิวเคลียร์ (1000°C) และจากตัวรวมรังสีอาทิตย์ (solar concentrators) ซึ่งทำจากกระจกและเลนส์สะท้อนเพื่อเก็บและรวมแสงให้สามารถเพิ่มอุณหภูมิได้ถึง 2000°C ที่อุณหภูมินี้จะสามารถใช้ขับเคลื่อนปฏิกิริยาเคมีสำหรับการผลิตไฮโดรเจนได้



รูปที่ 17. การแยกสลายสารประกอบไฮโดรคาร์บอนด้วยความร้อนจากตัวรวมรังสีอาทิตย์ในการผลิตไฮโดรเจน (33)

รูปที่ 17 แสดงภาพแผนผังการแยกสลายสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ด้วยรังสีอาทิตย์ ผ่านกระบวนการความร้อนเคมี ซึ่งประกอบด้วย: (1) การสลายตัวด้วยความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (solar thermal decomposition) (2) การรีฟอร์มมิงด้วยไอน้ำ (solar reforming) และ (3) แก๊สซิฟิเคชันไอน้ำ (solar gasification) โดยใช้แหล่งความร้อนอุณหภูมิสูงจากรังสีอาทิตย์ในการแปลงสภาพสารตั้งต้นต่างๆ ผ่านปฏิกิริยาแบบดูดความร้อน (endothermic) ที่อุณหภูมิ 800-1500 K (33) ไปเป็นไฮโดรเจน เพื่อลดการปล่อย CO_2 ในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนเชิงพาณิชย์ ซึ่งวิธีการที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ การรีฟอร์มมิงด้วยไอน้ำ (steam reforming) โดยใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นสารตั้งต้น เนื่องจากมีส่วนประกอบของมีเทน (CH_4) เป็นหลัก จึงสามารถให้ก๊าซไฮโดรเจนปริมาณมาก รวมถึงสารประกอบไฮโดรคาร์บอนในธรรมชาติ เช่น ถ่านหิน วัสดุเหลือใช้จากการเกษตร แอลกอฮอล์ที่ได้จากการหมักเศษวัสดุทางชีวภาพ ที่มีไฮโดรเจนอะตอมเป็นองค์ประกอบ



รูปที่ 18. การรีฟอร์มมิง การรีฟอร์มมิงด้วยความร้อนจากรังสีอาทิตย์ และการแตกตัวด้วยรังสีอาทิตย์ สำหรับกระบวนการผลิตไฮโดรเจนจากก๊าซธรรมชาติ (34)

จากรูปที่ 18 แสดงแนวทางการพัฒนาการใช้ การรวมรังสีอาทิตย์เป็นแหล่งความร้อนในกระบวนการ รีฟอร์มมิงด้วยไอน้ำ ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นสารตั้งต้นใน การผลิตไฮโดรเจนซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือ 1) นำ ก๊าซธรรมชาติรีฟอร์มมิงกับไอน้ำที่มีอุณหภูมิสูง (อาจ จะมีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นของแข็งร่วมด้วย) เพื่อให้ ได้ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซไฮโดรเจน (H_2) จากขั้นตอนที่ 1 จะเห็นว่ามี CO เกิดขึ้นร่วมด้วย ดังนั้น จะมีการนำไอน้ำเข้ามาทำปฏิกิริยากับ CO อีกครั้งเพื่อให้ ได้ก๊าซไฮโดรเจนเพิ่มขึ้น ผ่านปฏิกิริยา Water-Gas Shift reaction (WGS) และได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ ซึ่งพบว่ายังมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ต่าง จากกระบวนการแตกตัวด้วยรังสีอาทิตย์ (solar cracking) ซึ่งจะทำการแตกตัวสารประกอบไฮโดรคาร์บอนด้วย ความร้อนระหว่าง 700-2000 K เป็นคาร์บอน (ของแข็ง) และก๊าซไฮโดรเจน โดยตรง โดยไม่ต้องใช้น้ำเป็นสาร ตั้งต้นในปฏิกิริยาป้องกันการเกิดออกซิเดชันกับคาร์บอน เป็นก๊าซเรือนกระจก ต่อไป

4. สรุป

การนำรังสีอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม ผ่านระบบผลิตความร้อนด้วยรังสีอาทิตย์ โดยใช้ตัวเก็บ รังสีอาทิตย์แบบต่างๆ เพื่อผลิตอุณหภูมิช่วงอุณหภูมิต่ำ (< 100°C) ช่วงอุณหภูมิปานกลาง (100-400°C) และ ช่วงอุณหภูมิสูง (> 400°C) ทำงานร่วมกับระบบสะสม ความร้อน และสารทำงานที่มีสมบัติที่เหมาะสม ส่งผล ให้รังสีอาทิตย์มีศักยภาพต่ออุตสาหกรรมพลังงาน ดังนี้ 1. แนวทางเสริมพลังงานความร้อนสำหรับภาค อุตสาหกรรม โดยใช้เป็นแหล่งความร้อนหลัก หรือเสริม เชื้อเพลิงฟอสซิลในอุตสาหกรรมในปัจจุบัน 2. แนวทาง เสริมศักยภาพการผลิตพลังงานหมุนเวียน โดยใช้เป็น แหล่งความร้อนในกระบวนการผลิตเชื้อเพลิงทางเลือก อื่นๆ อีกขั้นตอน ในลักษณะแนวคิดส่งเสริมการผลิต เชื้อเพลิงหมุนเวียนด้วยพลังงานหมุนเวียน เช่น เอทานอล และไบโอดีเซล 3. แนวทางเสริมศักยภาพโรงงานผลิต

กำลัง เป็นการนำพลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์มา ทดแทน หรือเสริมเชื้อเพลิงจากฟอสซิลในโรงงานผลิต กำลัง (power plant) นอกจากนี้สามารถประยุกต์ใช้งาน ร่วมกับ ระบบผลิตกำลัง (ORC) ซึ่งทำงานที่อุณหภูมิต่ำ จนถึงอุณหภูมิปานกลาง ส่งผลให้สามารถใช้แหล่งความ ร้อนอุณหภูมิต่ำได้ และ 4. แนวทางการผลิตเชื้อเพลิง ไฮโดรเจนด้วยรังสีอาทิตย์ผ่านกระบวนการความร้อนเคมี ในการแยกไฮโดรเจนอะตอมออกจากสารตั้งต้นที่มี ไฮโดรเจน เป็นองค์ประกอบ เช่น เชื้อเพลิงฟอสซิล และพลังงานหมุนเวียนต่างๆ จากปริทรรศน์งานวิจัย ทั้งหมด ได้แสดงถึงเหตุผล แนวคิด และทิศทางการ พัฒนาศักยภาพระบบผลิตความร้อนด้วยรังสีอาทิตย์ ต่อ อุตสาหกรรมพลังงานในอนาคต ในลักษณะของแหล่ง ความร้อนในกระบวนการต่างๆ โดยมีบทบาทต่อการลด การใช้พลังงานฟอสซิล สำหรับการผลิตความร้อน การผลิตไฟฟ้า และการผลิตเชื้อเพลิงสะอาด ตลอดจน เป็นการลดการปล่อยมลพิษและก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผล ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต สำหรับ ประเทศไทย ผู้เขียนพิจารณาว่าการพัฒนาระบบผลิต ความร้อนด้วยรังสีอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วยตัวเก็บรังสี อาทิตย์ ทำงานร่วมกับระบบสะสมความร้อน ผสมผสาน ร่วมกับแหล่งความร้อนอื่นๆ เพื่อให้สามารถทำงานสม่ำเสมอ ต่อเนื่อง และทำงานในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น สำหรับ ใช้ในอุตสาหกรรมทั่วไป หรือ อุตสาหกรรมการผลิต เชื้อเพลิงหมุนเวียนต่างๆ ในกระบวนการต่างๆ เป็น แนวทางที่เหมาะสม สามารถดำเนินการได้ทันที ด้วย เทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยความคุ้มค่าทางด้าน เศรษฐศาสตร์จะแปรผันตามราคาพลังงานฟอสซิลที่สูง ขึ้นในอนาคต และการจัดเก็บภาษีคาร์บอน ตามลำดับ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้เขียนบทความวิจัย บทความ วิชาการ ที่ได้ให้อ้างอิงในครั้งนี้ และมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่สนับสนุนบทความนี้

6. เอกสารอ้างอิง

- (1) Alternative Energy Development Plan: AEDP 2012-2021 [Internet]. 2012 [cited 2012 Feb 16]. Available from: <http://www.dede.go.th/dede/images/stories/aedp25.pdf>
- (2) Pagnarith K, Limmeechokchai B, Songklanakarin J. Sci. Technol. 2011; 33(3): 305-313.
- (3) Jareanjit J. A Solar Dryer Technology and Its Development KKU Res. J. 2012; 17(1): 110-124. Thai.
- (4) Jareanjit J, Dusamoh Y, Detsopha S, Chuyin S. A Solar Dryer & Moisture Condensing Cabinet with Thermosyphon Heat Flow. KKU Engineering Journal. 2011; 38(1): 35-42. Thai.
- (5) Fudholi A, Sopian K, Ruslan HM, Alghoul MA, Sulaiman MY. Review of solar dryers for agricultural and marine products. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2010; 14: 1-30.
- (6) Sharma A, Chen CR, Vu Lan N. Solar-energy drying systems: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2009; 13: 1185-210.
- (7) Jareanjit J, Niyomvas B. An Experimental Study on Performance Desalination of Solar Still with Sunray-Reflecting. KKU Engineering Journal. 2011; 38 (3): 265 -274. Thai.
- (8) Zurigat YH, Abu-Arabi MK. Modeling and performance analysis of a regenerative solar desalination unit. Applied Thermal Engineering. 2004; 24: 1061-1072.
- (9) Tiwari GN, Singh HN, Tripathi R. Present status of solar distillation. Solar Energy. 2003; 75: 367-363.
- (10) Norton B. Solar Energy. [Internet]. 2012 [cited 2012 Feb 16]. Available from: <http://www.thermopedia.com/content/1136>
- (11) Pinel P, Cynthia A, Cruickshank, Morrison IB, Wills A. A review of available methods for seasonal storage of solar thermal energy in residential applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2011; 15: 3341- 3359.
- (12) Kalogirou SA. Solar thermal collectors and applications. Progress in Energy and Combustion Science. 2004; 30:231-295.
- (13) Gil A, Medrano M, Martorell I, La.zaro A, Dolado P, Zalba B, Cabeza LF. State of the art on high temperature thermal energy storage for power generation.Part1-concepts, materials and modellization. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2010; 14(1): 31-55.
- (14) Barlev D, Vidu R, Stroeve P. Review Innovation in concentrated solar power. Solar Energy Materials & Solar Cells. 2011; 95: 2703-25.
- (15) Kalogirou SA. The potential of solar industrial process heat applications. Apply Energy. 2003; 76:337-61.
- (16) Vorayos N, Wongsuwan W, Kiatsiriroat T. Development of Solar Hot Water Systems in Thailand. Engng.J.CMU. 2009; 16 (2): 55-69. Thai
- (17) Pimentel D, Patzek TW. Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower. Natural Resources Research. 2005; 14(1): 65-76.
- (18) Pleanjai S, Gheewala SH. Full chain energy analysis of biodiesel production from palm oil in Thailand. Applied Energy. 2009; 86: S209-S214.
- (19) Siangsukone P, Jareanjit J, Therdyothin A, Tia W, Wongwailikit K, Tiansuwan J. The Development of Solar Ethanol Distillation for Thai Local Community. Proceedings of The 8th Asean Science and Technology Week Scientific and Technical Conferences; 2008 July 3-4; Hotel Sofitel, Pasay City. Philippines.

- (20) Jareanjit J, Siangsukone P, Therdyothin A, Tia W, Wongwailikit K, Tiansuwan J. Modification of Thai Local Brewery Tank for a Large Scale Solar Ethanol Distillation Plant. Proceedings of the International Workshop on Advanced Material for New and Renewable Energy 2009; 2009 June 9-11; Putri Duyung Cottage Ancol, Jakarta, Indonesia.
- (21) Buapoom W, Thepa S, Sudaprasert K. Solar Energy Assisted in Biodiesel Production. In: Proceedings of the 1st Energy, Environment and Materials; 2007 Aug 31; Twin Tower Hotel Bangkok, Thailand; 2007. p. 1-9. (In Thai).
- (22) Hou Z, Zheng D. Solar utility and renewability evaluation for biodiesel production process. *Applied Thermal Engineering*. 2009; 29:3169-3174.
- (23) Kreith FJ, Goswami DY. *Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy*, Boca Raton, Fla.: CRC Press. 2007.
- (24) Quaschnig V. *Solar Power Plant, Renewable energy and climate change*, English; 2010. p.144-164.
- (25) Klaiß H, Köhne R, Nitsch J, Sprengel U. Solar thermal power plants for solar countries - Technology economics and market potential. *Applied Energy*. 1995; 52(2-3):165-183.
- (26) Martin Kaltschmitt, Wolfgang Streicher, Andreas Wiese, 2007, *Renewable Energy Technology and Environment*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- (27) Saleh B, Koglbauer G, Wendland M, Fischer J. Working fluids for low-temperature organic Rankine cycles. *Energy*. 2007; 32: 1210-1221.
- (28) Ball M, Wietschel M. The future of hydrogen opportunities and challenges. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2009; 34: 615-627.
- (29) Edwards PP, Kuznetsov VL, David WIF, Brandon NP. Hydrogen and Fuel Cell: Towards a sustainable energy future. *Energy Policy*. 2008; 36: 4356 -4362.
- (30) Yilanci A, Dincer I, Ozturk HK. A review on solar-hydrogen/fuel cell hybrid energy systems for stationary applications. *Progress in Energy and Combustion Science* 35 (2009) 231-244.
- (31) Wanchanthuek R. Hydrogen Gas: The Expectation to Be a Promising Sustainable Energy Source. *Burapha Sci. J.* 2011; 16(1): 131-140. Thai.
- (32) High-temperature Water Splitting. [Internet]. 2008 [updated 2008 Dec 12; cited 2012 Feb 16]. Available from: http://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/production/water_splitting.html
- (33) Zedtwitz PV, Petrasch J, Trommer D, Steinfeld A. Hydrogen production via the solar thermal decarbonization of fossil fuels. *Solar Energy*. 2006; 80: 1333-1337.
- (34) Ozalp N, Kogan A, Epstein M. Review Solar decomposition of fossil fuels as an option for sustainability. *international journal of hydrogen energy*. 2009;710-720.