

บทที่ 4

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูล

การทดสอบตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบรูปประกอบพาราโบลา (CPC) ที่ได้พัฒนาขึ้นนั้น จะทำการทดสอบ โดยการติดตั้งแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลาเข้ากับระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศ ที่มีจำนวนท่อสุญญากาศ 9 ท่อ แล้วทำการทดสอบสมรรถนะของระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศร่วมกับแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลาเทียบกับระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ไม่มีแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา โดยแต่ละระบบมีรายละเอียด ดังนี้

- ระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศร่วมกับแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา (CPC)

จำนวนท่อแก้วสุญญากาศ	9	ท่อ
ปริมาณน้ำในระบบ	106.7	ลิตร
Gross Area	2.18	ตารางเมตร
Absorber Area	1.44	ตารางเมตร

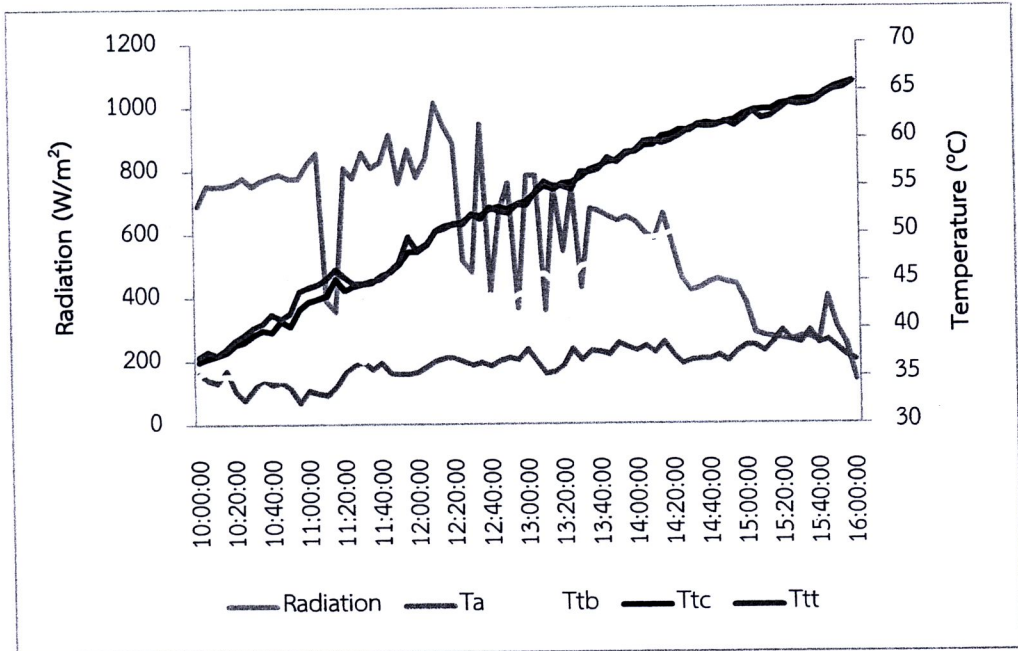
- ระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ไม่มีแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา (Non-CPC)

จำนวนท่อแก้วสุญญากาศ	9	ท่อ
ปริมาณน้ำในระบบ	106.7	ลิตร
Gross Area	2.18	ตารางเมตร
Absorber Area	0.72	ตารางเมตร

ผลการทดสอบระบบทั้ง 2 ระบบ ได้ผลดังนี้

4.1 ผลการทดสอบระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศร่วมกับแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา (CPC)

จากการทดสอบระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศร่วมกับแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา (CPC) ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงค่ารังสีอาทิตย์ อุณหภูมิแวดล้อม และอุณหภูมิน้ำร้อน ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศร่วมกับแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา



ตารางที่ 4.1 ข้อมูลจากการทดสอบระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศร่วมกับ
แผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา

Time	Radiation (W/m ²)	T _a (°C)	T _{tb} (°C)	T _{tc} (°C)	T _{tt} (°C)
10:00	691.3	35.4	35.2	36.6	37.1
10:05	754.6	34.7	35.7	37.0	37.7
10:10	751.1	34.4	35.0	37.3	37.3
10:15	752.9	35.7	35.1	37.6	38.0
10:20	760.8	33.5	35.0	38.4	38.9
10:25	779.2	32.6	33.6	38.7	39.4
10:30	753.7	33.8	34.6	39.4	40.2
10:35	770.4	34.8	35.0	39.9	40.6
10:40	781.9	34.2	34.9	39.7	41.6
10:45	789.8	34.5	34.8	40.9	41.1
10:50	776.6	33.8	34.8	40.3	41.7
10:55	776.6	32.3	34.9	42.1	44.0
11:00	822.3	33.6	35.4	42.9	44.4
11:05	857.5	33.3	35.2	43.2	44.7
11:10	389.6	33.1	35.9	43.5	45.3
11:15	355.3	34.0	38.8	45.3	46.3
11:20	810.9	35.5	36.8	44.1	45.5
11:25	777.5	36.2	37.1	44.5	44.8
11:30	859.3	36.6	36.6	44.8	44.8
11:35	810.9	35.8	37.4	44.9	45.1
11:40	827.6	36.5	38.4	45.6	45.3
11:45	915.6	35.4	37.9	46.0	46.1
11:50	761.7	35.3	38.1	46.8	47.0
11:55	869.0	35.3	40.6	48.1	49.7
12:00	780.1	35.5	39.0	48.1	48.3

Time	Radiation (W/m ²)	T _a (°C)	T _{tb} (°C)	T _{tc} (°C)	T _{tt} (°C)
12:05	840.8	36.1	39.8	48.8	48.9
12:10	1015.8	36.7	41.2	50.3	50.3
12:15	942.8	37.0	41.4	50.8	50.6
12:20	888.3	37.0	42.2	51.0	51.1
12:25	515.4	36.6	42.0	51.2	51.0
12:30	478.5	36.2	43.3	52.0	52.1
12:35	948.1	36.5	42.5	51.9	51.6
12:40	415.1	36.1	43.6	52.6	52.8
12:45	669.3	36.7	43.1	52.8	52.4
12:50	760.8	37.0	42.9	52.6	52.2
12:55	365.9	36.8	43.6	53.1	53.1
13:00	784.5	37.9	43.9	53.4	53.0
13:05	784.5	36.6	45.7	54.3	54.4
13:10	358.8	35.3	45.8	55.0	55.5
13:15	752.0	35.5	44.9	54.7	55.0
13:20	545.3	36.2	45.5	55.3	55.0
13:25	744.1	37.9	45.4	55.4	54.7
13:30	430.1	36.7	46.6	55.9	56.5
13:35	679.9	37.7	46.8	56.7	56.5
13:40	671.1	37.6	47.3	57.0	56.8
13:45	654.4	37.3	48.0	57.5	58.0
13:50	641.2	38.5	47.8	57.7	57.5
13:55	653.5	38.1	48.3	58.5	58.3
14:00	636.8	37.7	48.7	58.6	58.7
14:05	601.6	38.2	49.5	59.2	59.7

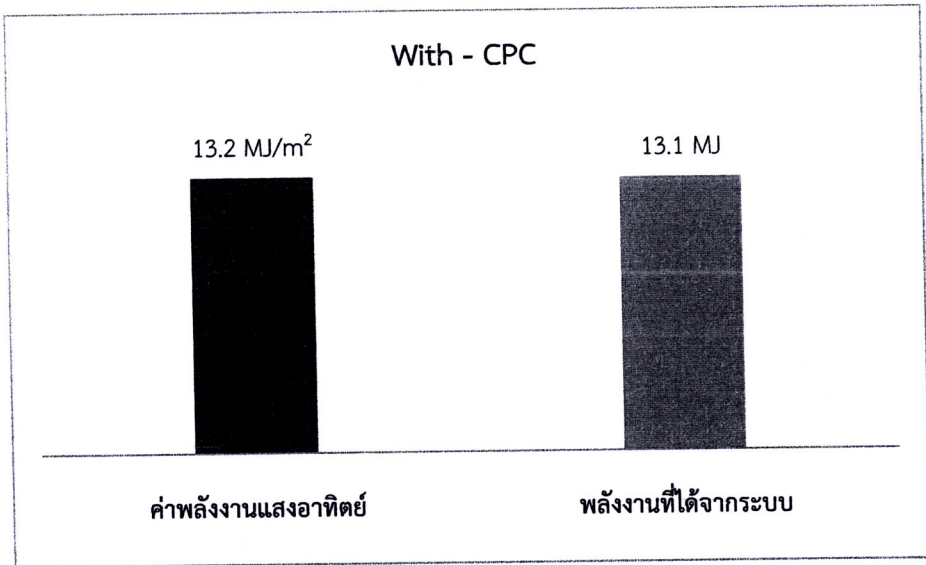
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลจากการทดสอบระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศร่วมกับแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา (ต่อ)

Time	Radiation (W/m ²)	T _a (°C)	T _{tb} (°C)	T _{tc} (°C)	T _{tt} (°C)	Time	Radiation (W/m ²)	T _a (°C)	T _{tb} (°C)	T _{tc} (°C)	T _{tt} (°C)
14:10	584.0	37.5	49.6	59.3	59.8	15:10	277.0	37.6	53.6	63.0	62.1
14:15	663.1	38.6	49.8	60.2	59.5	15:15	272.6	38.6	53.6	63.0	62.3
14:20	563.8	37.3	50.2	60.4	59.8	15:20	267.4	39.8	54.8	63.5	63.0
14:25	459.1	36.3	50.9	60.9	60.3	15:25	263.9	38.8	54.7	63.7	63.7
14:30	419.5	36.7	51.0	60.8	61.0	15:30	274.4	38.5	54.9	64.0	63.5
14:35	428.3	36.8	51.9	61.4	61.3	15:35	271.8	39.8	55.1	64.0	63.6
14:40	445.9	36.8	51.7	61.6	61.2	15:40	258.6	38.4	55.1	64.1	63.9
14:45	455.6	37.2	51.5	61.4	61.3	15:45	401.9	38.8	56.6	64.8	64.6
14:50	445.9	36.6	52.1	61.7	61.8	15:50	305.2	38.0	57.5	65.3	65.1
14:55	439.8	37.6	52.4	61.9	61.3	15:55	252.4	37.1	58.0	65.6	65.3
15:00	381.7	38.2	53.5	62.5	62.0	16:00	138.1	36.7	58.7	65.9	65.9
15:05	286.7	38.2	54.2	62.9	62.9						

จากรูปที่ 4.1 และตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า การทดสอบระบบเริ่มตั้งแต่เวลา 10.00 น. ถึงเวลา 16.00 น. ที่อุณหภูมิน้ำต่ำสุด ($t_{tc \text{ start}}$) เท่ากับ 36.6 °C (ณ เวลา 10.00 น.) อุณหภูมิน้ำสูงสุดระหว่างการทดสอบ ($t_{tc \text{ end}}$) เท่ากับ 62.9 °C (ณ เวลา 16.00 น.) อุณหภูมิแวดล้อมตลอดช่วงเวลา 10.00 – 16.00 น. อยู่ระหว่าง 32.3 – 39.8 °C และค่ารังสีอาทิตย์ตลอดช่วงเวลา 10.00 – 16.00 น. อยู่ระหว่าง 138.1 – 1,015.8 W/m² เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศร่วมกับแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา

Collector Type	Temp [°C]		Temp Diff	T _{amb} (Avg.)	I _T	Q	Efficiency [%]	
	Start	End	[°C]	[°C]	[MJ/m ²]	[MJ]	Gross	Absorber
With - CPC	36.6	65.9	29.3	36.4	13.2	13.1	45.6	68.7



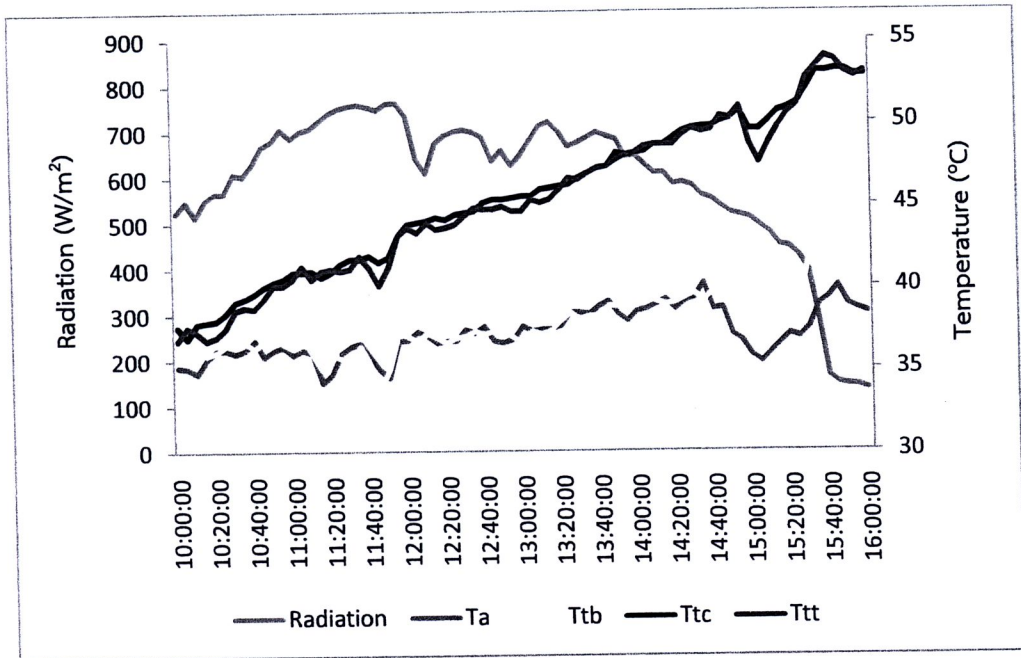
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าพลังงานแสงอาทิตย์กับพลังงานที่ได้จากระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศร่วมกับแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา (CPC)

จากตารางที่ 4.2 และรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศร่วมกับแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา (CPC) สามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำได้ 29.3 °C โดยทำน้ำร้อนจากอุณหภูมิ 36.6 °C ไปเป็น 65.9 °C ใช้เวลา 6 ชั่วโมง (10.00 – 16.00 น.) ซึ่งระบบสามารถผลิตพลังงานความร้อนได้ 13.1 MJ ที่ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ 13.2 MJ/m² หรือคิดเป็นพลังงานความร้อนที่ได้จากระบบ 0.992 MJ ต่อพลังงานแสงอาทิตย์ 1 MJ/m² ประสิทธิภาพของระบบ (base on gross area) เท่ากับ 45.6 % และประสิทธิภาพของระบบ (base on absorber area) เท่ากับ 68.7%



4.2 ผลการทดสอบระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบทอสุญญากาศที่ไม่มีแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา (Non-CPC)

จากการทดสอบระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์แบบทอสุญญากาศที่ไม่มีแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา (Non-CPC) ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่ารังสีอาทิตย์ อุณหภูมิแวดล้อม และอุณหภูมิน้ำร้อน ณ ตำแหน่งต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบทอสุญญากาศที่ไม่มีแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลจากการทดสอบระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ไม่มี
แผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา

Time	Radiation (W/m ²)	T _a (°C)	T _{tb} (°C)	T _{tc} (°C)	T _{tt} (°C)
10:00	525.1	35.2	35.7	37.6	36.8
10:05	548.8	35.1	36.5	36.9	37.6
10:10	514.5	34.8	36.4	37.8	37.3
10:15	552.3	35.7	35.9	37.9	36.8
10:20	566.4	36.2	36.1	38.0	37.0
10:25	567.3	36.2	36.5	38.4	37.5
10:30	609.5	36.0	37.0	39.1	38.6
10:35	604.2	36.2	36.7	39.3	38.8
10:40	632.4	36.8	36.3	39.6	38.7
10:45	668.4	35.8	36.8	40.0	39.3
10:50	680.7	36.2	37.2	40.3	40.1
10:55	707.1	36.4	36.6	40.5	40.1
11:00	686.9	35.9	36.3	40.9	40.5
11:05	701.8	36.2	37.0	40.9	41.3
11:10	708.0	36.0	36.0	41.0	40.5
11:15	724.7	34.2	35.0	40.6	41.0
11:20	741.4	34.7	35.9	40.9	41.1
11:25	752.0	36.0	35.7	41.4	41.0
11:30	756.4	36.4	35.5	41.7	41.1
11:35	759.9	36.6	36.4	41.7	41.9
11:40	755.5	35.8	35.4	41.9	41.2
11:45	747.6	35.0	33.8	41.5	40.1
11:50	762.5	34.5	35.0	41.8	41.2
11:55	764.3	36.7	37.2	43.1	43.1
12:00	735.3	36.8	37.0	43.8	43.6

Time	Radiation (W/m ²)	T _a (°C)	T _{tb} (°C)	T _{tc} (°C)	T _{tt} (°C)
12:05	642.0	37.3	36.7	43.9	43.3
12:10	609.5	37.0	37.2	44.0	43.9
12:15	673.7	36.6	36.9	44.2	43.5
12:20	692.2	36.7	36.6	44.1	43.6
12:25	700.1	36.7	36.9	44.4	43.8
12:30	704.5	37.4	37.0	44.5	44.3
12:35	699.2	37.2	37.3	44.6	44.8
12:40	687.8	37.6	37.1	45.1	44.7
12:45	635.9	36.7	37.3	45.3	44.7
12:50	658.8	36.6	37.3	45.3	44.9
12:55	625.3	36.8	36.9	45.4	44.6
13:00	649.1	37.6	36.6	45.5	44.6
13:05	681.6	37.3	37.3	45.5	45.3
13:10	711.5	37.4	37.1	45.9	45.1
13:15	721.2	37.4	37.3	46.0	45.3
13:20	699.2	37.6	37.9	46.1	45.9
13:25	666.7	38.4	38.4	46.2	46.6
13:30	675.5	38.4	38.0	46.6	46.5
13:35	686.0	38.3	38.2	46.9	46.9
13:40	698.3	38.8	38.2	47.2	47.2
13:45	689.5	39.1	38.8	47.3	47.3
13:50	682.5	38.3	38.8	48.1	47.7
13:55	644.7	37.9	38.8	48.0	48.0
14:00	647.3	38.5	38.8	48.1	48.1
14:05	627.1	38.6	39.3	48.2	48.5

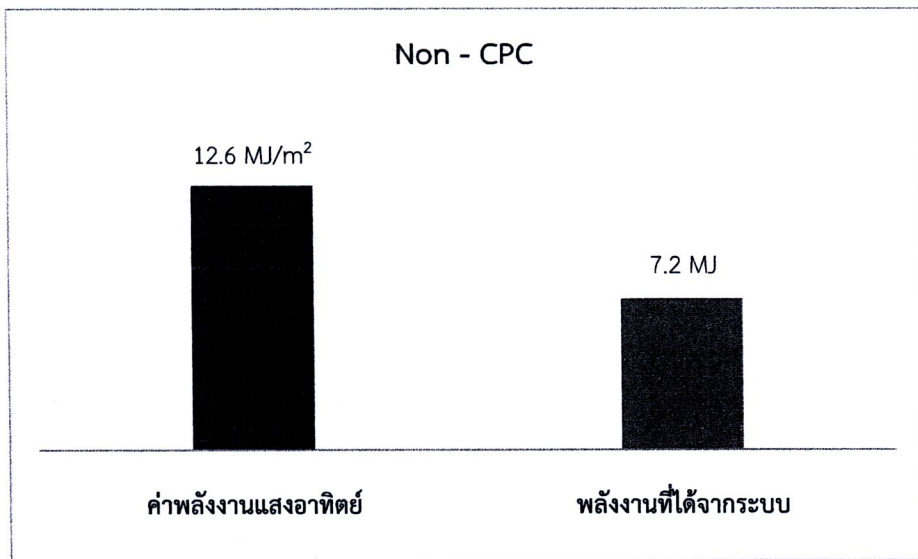
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลจากการทดสอบระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ไม่มี
แผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา (ต่อ)

Time	Radiation (W/m ²)	T _a (°C)	T _{tb} (°C)	T _{tc} (°C)	T _{tt} (°C)	Time	Radiation (W/m ²)	T _a (°C)	T _{tb} (°C)	T _{tc} (°C)	T _{tt} (°C)
14:10	608.6	38.9	39.1	48.6	48.6	15:10	477.6	36.0	37.1	50.0	48.7
14:15	608.6	39.2	38.9	48.6	48.6	15:15	450.3	36.6	37.7	50.6	49.7
14:20	584.0	38.6	39.0	49.0	48.6	15:20	445.9	37.1	38.6	50.8	50.5
14:25	587.5	39.1	39.3	49.4	49.2	15:25	426.6	36.9	39.0	51.1	51.0
14:30	580.5	39.3	39.6	49.6	49.6	15:30	394.0	37.5	41.6	52.0	52.6
14:35	559.4	40.2	39.1	49.7	49.4	15:35	285.8	38.9	42.5	53.0	53.3
14:40	552.3	38.6	39.7	49.7	49.5	15:40	163.6	39.3	43.2	53.0	53.9
14:45	536.5	38.7	40.1	50.0	50.3	15:45	147.8	40.0	42.9	53.1	53.7
14:50	521.5	37.1	39.1	50.2	50.2	15:50	144.2	38.9	42.7	53.1	53.0
14:55	516.3	36.7	39.6	50.7	50.9	15:55	141.6	38.6	41.8	52.8	52.7
15:00	510.1	35.8	37.3	49.5	48.7	16:00	135.4	38.4	41.8	52.8	53.0
15:05	493.4	35.4	36.3	49.5	47.5						

จากรูปที่ 4.3 และตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่า การทดสอบระบบเริ่มตั้งแต่วันที่ 10.00 น. ถึงเวลา 16.00 น. ที่อุณหภูมิน้ำต่ำสุด (t_{tc start}) เท่ากับ 36.9 °C (ณ เวลา 10.05 น.) อุณหภูมิน้ำสูงสุดระหว่างการทดสอบ (t_{tc end}) เท่ากับ 53.1 °C (ณ เวลา 15.45 น.) อุณหภูมิแวดล้อมตลอดช่วงเวลา 10.05 – 15.45 น. อยู่ระหว่าง 34.2 – 40.2 °C และค่ารังสีอาทิตย์ตลอดช่วงการทดสอบระบบอยู่ระหว่าง 147.8 – 764.3 W/m² เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์ ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ไม่มีแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา

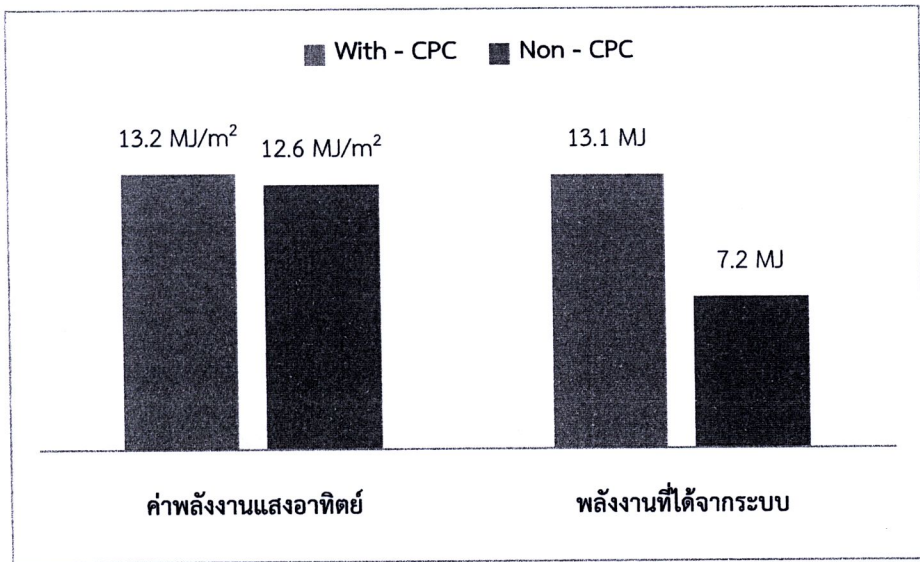
Collector Type	Temp [°C]		Temp Diff	T _{amb} (Avg.)	I _T	Q	Efficiency [%]	
	Start	End	[°C]	[°C]	[MJ/m ²]	[MJ]	Gross	Absorber
Non - CPC	36.9	53.1	16.2	37.1	12.6	7.2	26.3	79.1



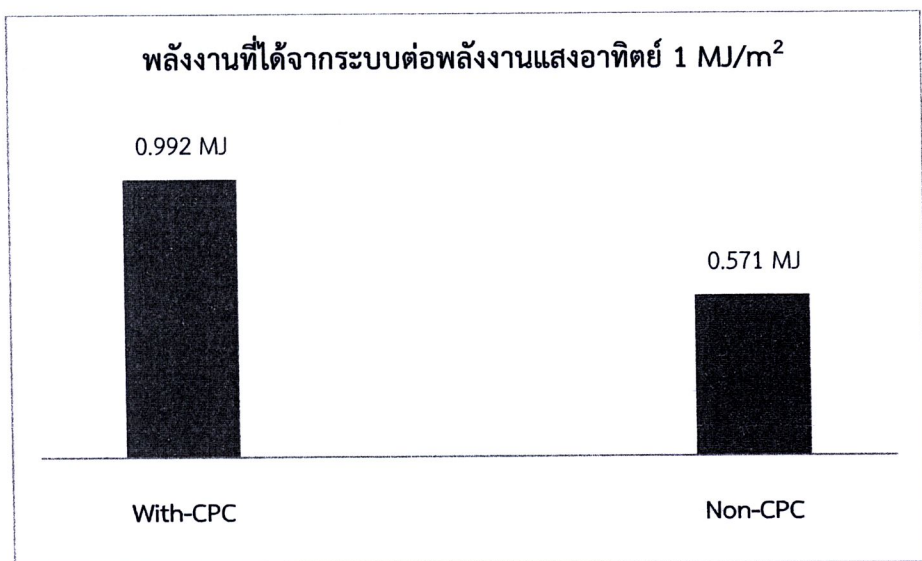
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าพลังงานแสงอาทิตย์กับพลังงานที่ได้จากระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ไม่มีแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา (Non-CPC)

จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ไม่มีแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา (Non - CPC) สามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำได้ 16.2 °C โดยทำน้ำร้อนจากอุณหภูมิ 36.9 °C ไปเป็น 53.1 °C ใช้เวลา 5 ชั่วโมง 40 นาที (10.05 – 15.45 น.) ซึ่งระบบสามารถผลิตพลังงานความร้อนได้ 7.2 MJ ที่ค่าพลังงานแสงอาทิตย์ 12.6 MJ/m² หรือคิดเป็นพลังงานความร้อนที่ได้จากระบบ 0.571 MJ ต่อพลังงานแสงอาทิตย์ 1 MJ/m² ประสิทธิภาพของระบบ (base on gross area) เท่ากับ 26.3% และประสิทธิภาพของระบบ (base on absorber area) เท่ากับ 79.1%

4.3 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลจากการทดสอบระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อดูดสุญญากาศร่วมกับแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลาและที่ไม่มีแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา



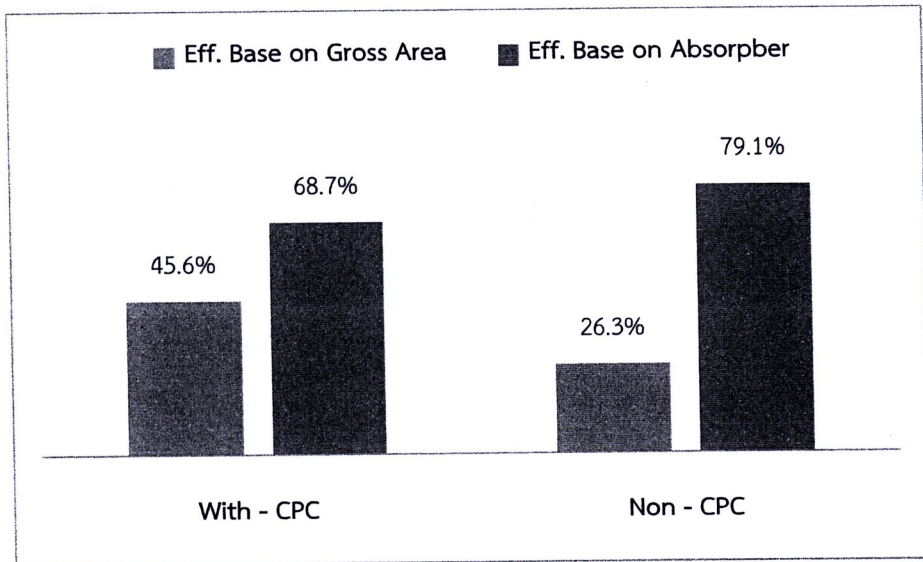
รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบพลังงานที่ระบบได้รับและพลังงานที่ได้จากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 2 ระบบ



รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบพลังงานที่ผลิตได้ต่อพลังงานแสงอาทิตย์ 1 MJ/m² จากระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 2 ระบบ

จากรูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 แสดงให้เห็นว่า พลังงานที่ระบบผลิตได้ต่อพลังงานแสงอาทิตย์ 1 MJ/m² ของระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อดูดสุญญากาศร่วมกับแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา

และที่ไม่มีแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลาเท่ากับ 0.992 MJ และ 0.571 MJ ตามลำดับ ซึ่งระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศร่วมกับแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลาสามารถผลิตพลังงานความร้อนได้มากกว่าระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ไม่มีแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา ถึง 73.7 %



รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 2 ระบบ

ประสิทธิภาพของระบบแบบ base on gross area ของระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศร่วมกับแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ไม่มีแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา โดยมีค่าเท่ากับ 45.6% และ 26.3% ตามลำดับ

ส่วนประสิทธิภาพของระบบแบบ base on absorber area นั้น ระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศที่ไม่มีแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบผลิตน้ำร้อนด้วยพลังงานแสงอาทิตย์แบบท่อสุญญากาศร่วมกับแผ่นสะท้อนรูปประกอบพาราโบลา โดยมีค่าเท่ากับ 79.1% และ 68.7% ตามลำดับ