

บทที่ 5

ผลการทดลอง

5.1 ผลการคำนวณรายวัน(วันฟ้าครึ้มและวันฟ้าโปร่ง) โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองจริง

ได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นมาคำนวณ โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองจริง(ชววรรณ มาลาหอม 2550) ซึ่งได้ทำการทดลอง 2 วันคือวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ.2550 (วันฟ้าครึ้ม) และวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ.2550 (วันฟ้าโปร่ง) โดยมีข้อมูลจากการทดลองจริงดังตารางที่ 5.1 และข้อมูลขนาดของแผงจากภาคผนวก ข และคุณสมบัติของสารจากภาคผนวก ค

ตารางที่ 5.1 ข้อมูลจากการทดลองจริง (ชววรรณ มาลาหอม 2550)

สภาวะในวันที่ทดสอบ	20 พฤศจิกายน 2550	22 พฤศจิกายน 2550
ลักษณะท้องฟ้า	ครึ้ม เมฆมาก	โปร่ง
ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ยในแนวราบ W/m^2	353.43	523.79
พลังงานแสงอาทิตย์ที่แผงได้รับ S ; MJ	7.95	11.8
พลังงานน้ำร้อนในถัง Q ; MJ	3.46	4.99
ประสิทธิภาพของระบบ η ; %	43.52	42.28
อุณหภูมิน้ำในถังสูงสุด $^{\circ}C$	37.6	43
อุณหภูมิน้ำในถังเริ่มต้น $^{\circ}C$	28	29.2
อุณหภูมิอากาศภายนอกสูงสุด $^{\circ}C$	41.6	36.7
อุณหภูมิอากาศภายนอกต่ำสุด $^{\circ}C$	27.9	26.8

หมายเหตุ: พื้นที่รับแสง = 1.1625 ตารางเมตร

ความเร็วลมที่ใช้คำนวณ = 1 m/s

มุมเอียงแผง = 35 องศา

จากการคำนวณโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น ตารางที่ 5.2 ได้แสดงผลการคำนวณในวันฟ้าครึ้มและตารางที่ 5.3 ได้แสดงตารางการคำนวณในวันฟ้าโปร่ง ส่วนกราฟที่ 5.1-5.6 เป็นการแสดงถึงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลวันฟ้าครึ้มในตารางที่ 5.2 สำหรับกราฟที่ 5.7-5.12

ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่ได้จากวันฟ้าโปร่งในตารางที่ 5.3 ส่วนกราฟที่ 5.13 – 5.15 แสดงผลสรุป ประสิทธิภาพ อุณหภูมิน้ำในถัง ความร้อนที่ถ่ายเทสู่น้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ ในวันฟ้าครึ้มและวันฟ้าโปร่ง

ในกราฟที่ 5.1 ในวันฟ้าครึ้มได้แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิพื้นผิวฮีตไปป์ จะสูงกว่าอุณหภูมิ glass 1 และ glass 2 ตามลำดับในทุกช่วงเวลา โดยมีค่าสูงสุดที่เวลา 11.00 น. รองลงมาคือที่เวลา 14.00 น. อุณหภูมิ glass 2 ที่วัดได้จริงกับจากการคำนวณต่างกันพอสมควร อาจเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนในการวัด

ในกราฟที่ 5.2 ในวันฟ้าครึ้มได้แสดงอุณหภูมิผิวน้ำที่ evaporator และภายใน condenser ซึ่งมีผลเป็นเช่นเดียวกับในกราฟที่ 5.1 ส่วนอุณหภูมิในผิวน้ำ condenser จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น และอุณหภูมิ evaporator จะสูงกว่า condenser

ในกราฟที่ 5.3 ในวันฟ้าครึ้มได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความร้อนที่ถ่ายเทสู่น้ำ จะเห็นว่าค่าความเข้มแสงและความร้อนในช่วงเวลาต่าง ๆ ไปในแนวทางเดียวกัน และพบค่าสูงสุดที่เวลา 11.00 น.เหมือนกัน

ในกราฟที่ 5.4 ในวันฟ้าครึ้ม สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่าง glass 2 กับสิ่งแวดล้อมจะสูงกว่า สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่าง glass 1 กับ glass 2 และ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่าง glass 1 กับฮีตไปป์ตามลำดับในทุกช่วงเวลา โดย สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่าง glass 1 กับ glass 2 และ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่าง glass 1 กับฮีตไปป์มีค่าสูงสุดที่เวลา 11.00 น. รองลงมาคือที่เวลา 14.00 น.

ในกราฟที่ 5.5 และ 5.6 ในวันฟ้าครึ้มได้แสดงอุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ของแผง พบว่าอุณหภูมิมีค่าสูงสุดที่ช่วงเวลา 10.00 น.-11.00 น. รองลงมาคือที่ช่วงเวลา 13.00 น.-14.00 น. โดย ณ จุดที่มีอุณหภูมิสูงสุดคืออุณหภูมิพื้นผิวฮีตไปป์ (T_{hp})

ในกราฟที่ 5.7 ในวันฟ้าโปร่งได้แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิพื้นผิวฮีตไปป์ จะสูงกว่าอุณหภูมิ glass 1 และ glass 2 ตามลำดับในทุกช่วงเวลา โดยมีค่าสูงสุดที่ช่วงเวลา 12.00 น.-13.00 น. อุณหภูมิ glass 2 ที่วัดได้จริงกับจากการคำนวณต่างกันพอสมควร อาจเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนในการวัด

ในกราฟที่ 5.8 ในวันฟ้าโปร่งได้แสดงอุณหภูมิผิวน้ำที่ evaporator และภายใน condenser ซึ่งผลเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับ กราฟ 5.7 พบค่าสูงสุดที่ช่วงเวลา 12.00 น.-13.00 น. เช่นเดียวกัน

ในกราฟที่ 5.9 ในวันฟ้าโปร่ง สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่าง glass 1 กับ glass 2 จะน้อยกว่า สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่าง glass 1 กับฮีตไปป์ในทุกช่วงเวลา โดย สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่าง glass 1 กับ glass 2 และ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่าง glass 1

กับฮีตไปป์มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 12.00 น. – 13.00 น. สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่าง glass 2 กับสิ่งแวดล้อมจะมีค่าต่ำกว่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่าง glass 1 กับฮีตไปป์ช่วงเวลา 10.00 น. ถึง 14.00 น.

ในกราฟที่ 5.10 ในวันฟ้าโปร่งได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความร้อนที่ถ่ายเทสู่น้ำ จะเห็นว่าค่าความเข้มแสงและความร้อนในช่วงเวลาต่าง ๆ ไปในแนวทางเดียวกัน และพบค่าสูงสุดในที่ช่วงเวลา 12.00 น.-13.00 น.

ในกราฟที่ 5.11 และ 5.12 ในวันฟ้าโปร่งได้แสดงอุณหภูมิจุดต่าง ๆ ของแผง พบว่าอุณหภูมิมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 11.00 -12.00 น. และ 12.00 น.-13.00 น. โดยจุดที่มีอุณหภูมิสูงสุดคืออุณหภูมิพื้นผิวฮีตไปป์ (T_{hp})

เมื่อเปรียบเทียบวันฟ้าครึ้มและวันฟ้าโปร่ง จะเห็นว่าอุณหภูมิน้ำในถังในวันฟ้าโปร่งสูงกว่าวันฟ้าครึ้มในทุกช่วงเวลา (กราฟที่ 5.13) ส่วนการถ่ายเทความร้อนที่ช่วงเวลาต่าง ๆ ในวันฟ้าโปร่งมีค่าสูงสุดเพียงช่วงเดียวที่เวลาประมาณ 11.00 น. ในขณะที่วันฟ้าครึ้มมีช่วงเวลาถ่ายเทความร้อนสูงสุด 2 ช่วงเวลา คือเวลา 11.00 น. และ 14.00 น. (กราฟที่ 5.14) อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของระบบในช่วงเวลาต่าง ๆ ทั้งในวันฟ้าครึ้มและฟ้าโปร่งมีค่าใกล้เคียงกัน (กราฟที่ 5.15)

ในการเปรียบเทียบระหว่างผลการคำนวณโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวันฟ้าครึ้มและวันฟ้าโปร่ง ในตารางที่ 5.4 และ 5.5 ตามลำดับ พบว่าในวันฟ้าครึ้มมี % แดกต่างของอุณหภูมิน้ำที่แผง พลังงานความร้อนในถังน้ำร้อน และประสิทธิภาพเท่ากับ 1.67, 4.38 และ 1.07 ตามลำดับ ส่วนในวันฟ้าโปร่งมี % แดกต่างเท่ากับ 4.30, 11.38 และ 7.09 ตามลำดับ ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่าผลการคำนวณในวันฟ้าครึ้มมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองจริงมากกว่าวันฟ้าโปร่ง

เมื่อเปลี่ยนปริมาณน้ำจาก 50 ลิตรจนถึง 200 ลิตร ได้ทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นโดยใช้ข้อมูลจากการทดลองจริงในวันฟ้าโปร่ง (วันที่ 22 พฤศจิกายน 2550) ได้ผลการคำนวณของ % ประสิทธิภาพ และอุณหภูมิน้ำดังแสดงในตารางที่ 5.6 ส่วนกราฟที่ 5.16 และ 5.17 ได้แสดงประสิทธิภาพของแผงในแต่ละช่วงเวลาของวันฟ้าโปร่งที่คำนวณได้จากตารางที่ 5.6 พบว่าเมื่อปริมาณของน้ำเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพของแผงจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณของน้ำในถังเพิ่มขึ้น อุณหภูมิน้ำในถังจะลดลง เมื่อเวลาผ่านไปจาก 8.00 น. ถึง 16.00 น. อุณหภูมิน้ำในถังจะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ประสิทธิภาพของระบบจะลดลงในช่วงสายและจะเพิ่มขึ้นในช่วงบ่ายและลดลงในช่วงเย็น โดยเฉพาะเมื่อปริมาณน้ำมีค่าเท่ากับ 50 ลิตร

ตารางที่ 5.2 ผลการคำนวณโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ วันที่ 20 พ.ย. 2550 วันฟ้าครึ้ม (อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำในถัง 28 °C)

เวลา (นาฬิกา)	I (W/m ²) (total radiation)	T _a (°C)	T _{g2} (°C)	T _{g1} (°C)	T _{hp} (°C)	T _{pw,e} (°C)	T _{wv,e} (°C)	T _{v,c} (°C)	T _{pw,c} (°C)	T _{p,c} (°C)	ความร้อนสูญเสียผ่าน heat pipe glass 1 (W)	ความร้อนสูญเสียผ่าน glass 1 ไป glass 2 (W)	ความร้อนสูญเสียผ่าน glass 2 ไป ambient (W)
8-9	323.30	25.30	32.43	41.03	48.85	48.85	38.72	38.72	28.58	28.57	50.80	50.80	50.80
9-10	465.33	26.20	37.12	50.02	61.61	61.61	45.64	45.64	29.66	29.65	77.81	77.81	77.81
10-11	620.77	27.50	42.97	60.79	76.59	76.59	53.86	53.86	31.13	31.12	110.17	110.17	110.17
11-12	523.11	29.60	42.33	57.08	70.28	70.28	51.41	51.41	32.54	32.54	90.66	90.66	90.66
12-13	448.32	30.00	40.98	53.80	65.33	65.33	49.55	49.55	33.76	33.75	78.23	78.23	78.23
13-14	534.79	29.90	43.45	59.09	73.04	73.04	54.04	54.04	35.04	35.03	96.51	96.51	96.51
14-15	317.02	30.80	38.90	48.47	57.15	57.15	46.58	46.58	36.02	36.01	57.73	57.73	57.73
15-16	294.99	29.60	37.39	46.62	55.01	55.01	45.88	45.88	36.74	36.74	55.47	55.47	55.47

เวลา (นาฬิกา)	ความร้อนสูญเสียผ่าน glass 2 ไป ambient (W)	ความร้อนสูญเสียทั้งหมด (W)	ความร้อนที่ถ่ายเทสู่น้ำ (W)	อุณหภูมิน้ำในถัง (87 ลิตร) (°C)	ประสิทธิภาพ (%)
8-9	50.80	50.80	77.76	28.78	41.29
9-10	77.81	77.81	118.70	29.98	43.79
10-11	110.17	110.17	158.49	31.58	43.83
11-12	90.65	90.65	135.76	32.95	44.55
12-13	78.23	78.23	115.82	34.12	44.35
13-14	96.51	96.51	134.94	35.48	43.31
14-15	57.72	57.72	79.50	36.28	43.05
15-16	55.46	55.46	69.15	36.98	40.24

หมายเหตุ : ค่าความเข้มแสงที่วัดได้ในการทดลองในการคำนวณรายวัน (แสดงในตาราง) จะเป็นค่าความเข้มแสงในแนวราบ (horizontal) เพราะฉะนั้นในการคำนวณจะต้อง convert ความเข้มแสง ให้เป็นคามเข้มแสงทั้งหมด (total radiation) โดย ความเข้มแสงที่ใช้คำนวณ $I(t) = I \cos \theta_i / \cos \alpha$ โดย θ_i = incidence angle α = solar altitude angle

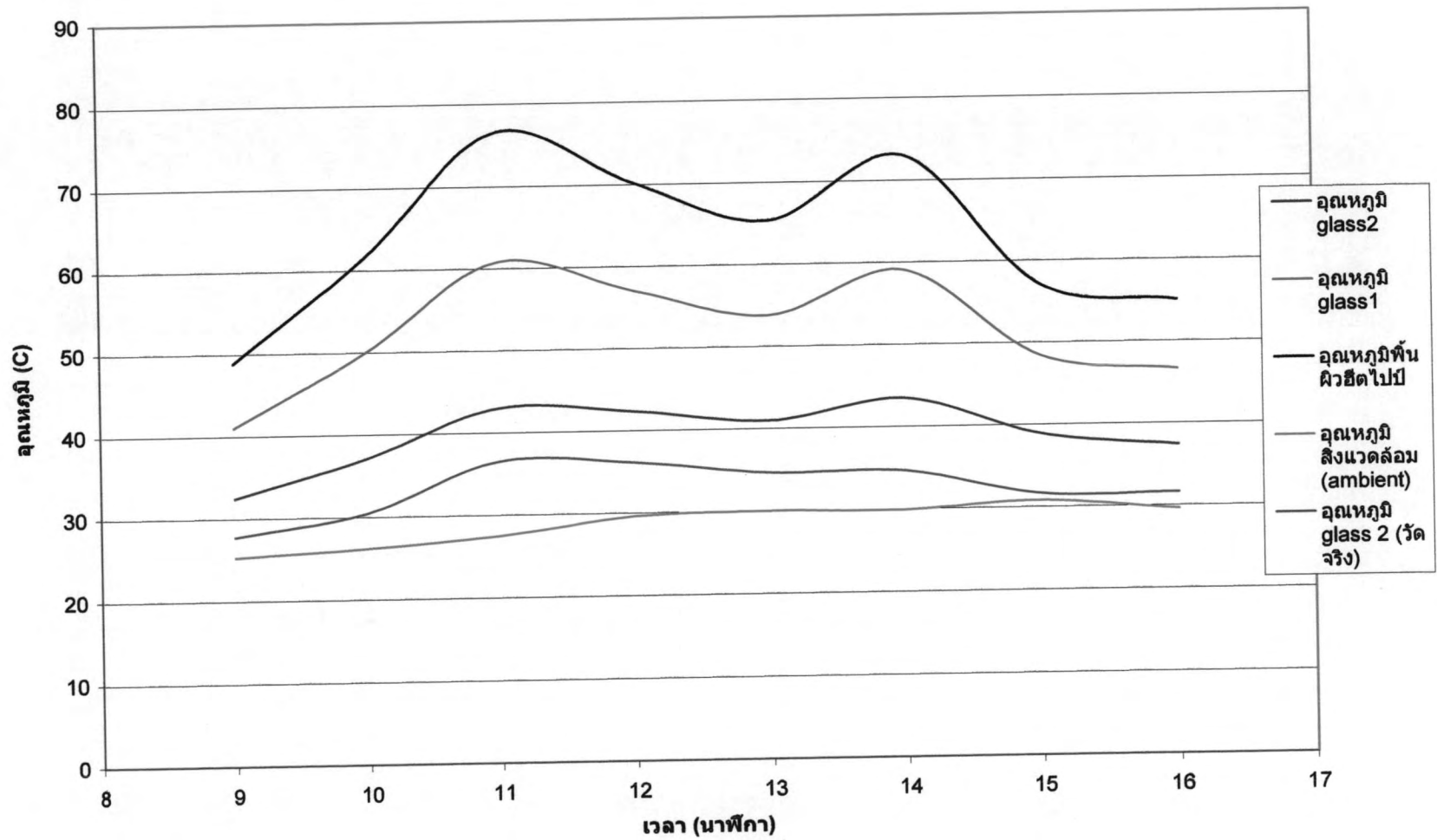
ประสิทธิภาพเฉลี่ย 43.05% พลังงานในถังน้ำร้อน 3.42 MJ

ตารางที่ 5.3 ผลการคำนวณโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ วันที่ 22 พ.ย. 2550 วันฟ้าโปร่ง (อุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำในถัง 29.2 °C)

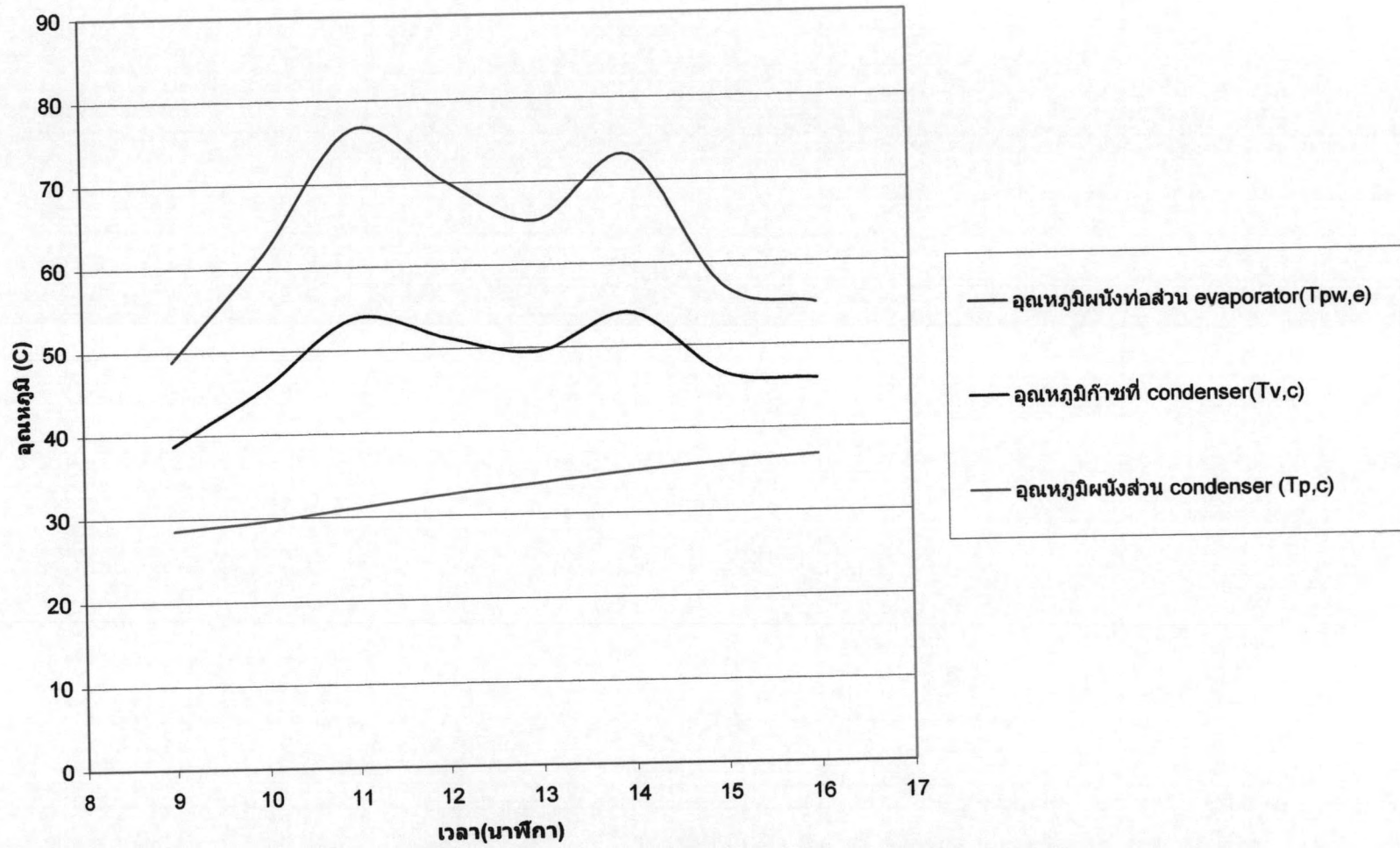
เวลา (นาฬิกา)	I (W/m ²) (total radiation)	T _a (°C)	T _{g2} (°C)	T _{g1} (°C)	T _{hp} (°C)	T _{pw,e} (°C)	T _{wv,e} (°C)	T _{v,c} (°C)	T _{pw,c} (°C)	T _{p,c} (°C)	ความร้อน สูญเสียผ่าน heat pipe ไป glass 1 (W)	ความร้อน สูญเสียผ่าน glass 1 ไป glass 2 (W)
8-9	616.67	26.40	40.33	56.54	70.98	70.98	50.62	50.62	30.27	30.26	99.22	99.22
9-10	742.36	27.40	46.39	67.93	86.86	86.86	59.40	59.40	31.95	31.94	135.25	135.25
10-11	827.46	27.70	52.01	78.93	102.29	102.29	68.03	68.03	33.76	33.75	173.13	173.13
11-12	831.43	29.00	54.69	82.87	107.26	107.26	71.40	71.40	35.54	35.53	182.94	182.94
12-13	799.21	30.00	53.97	80.37	103.32	103.32	70.30	70.30	37.28	37.27	170.65	170.65
13-14	602.81	30.20	46.54	65.13	81.60	81.60	60.22	60.22	38.83	38.82	116.34	116.34
14-15	465.48	30.50	43.20	57.88	71.02	71.01	55.54	55.54	40.05	40.05	90.44	90.44
15-16	305.74	30.70	39.38	49.60	58.86	58.86	49.88	49.88	40.89	40.89	61.83	61.83

เวลา (นาฬิกา)	ความร้อน สูญเสียจาก glass 2 ไป ambient (W)	ความร้อน สูญเสีย ทั้งหมด (W)	ความร้อน ที่ถ่ายเทสู่ น้ำ(W)	อุณหภูมิ น้ำในถัง (87 ลิตร) (°C)	ประสิทธิภาพ (%)
8-9	99.21	99.21	146.00	30.67	40.64
9-10	135.25	135.25	178.22	32.47	41.21
10-11	173.13	173.13	185.02	34.33	38.38
11-12	182.93	182.93	176.75	36.12	36.49
12-13	170.65	170.65	175.26	37.89	37.64
13-14	116.34	116.34	144.59	39.35	41.17
14-15	90.44	90.44	111.03	40.47	40.94
15-16	61.82	61.82	67.27	41.15	37.77

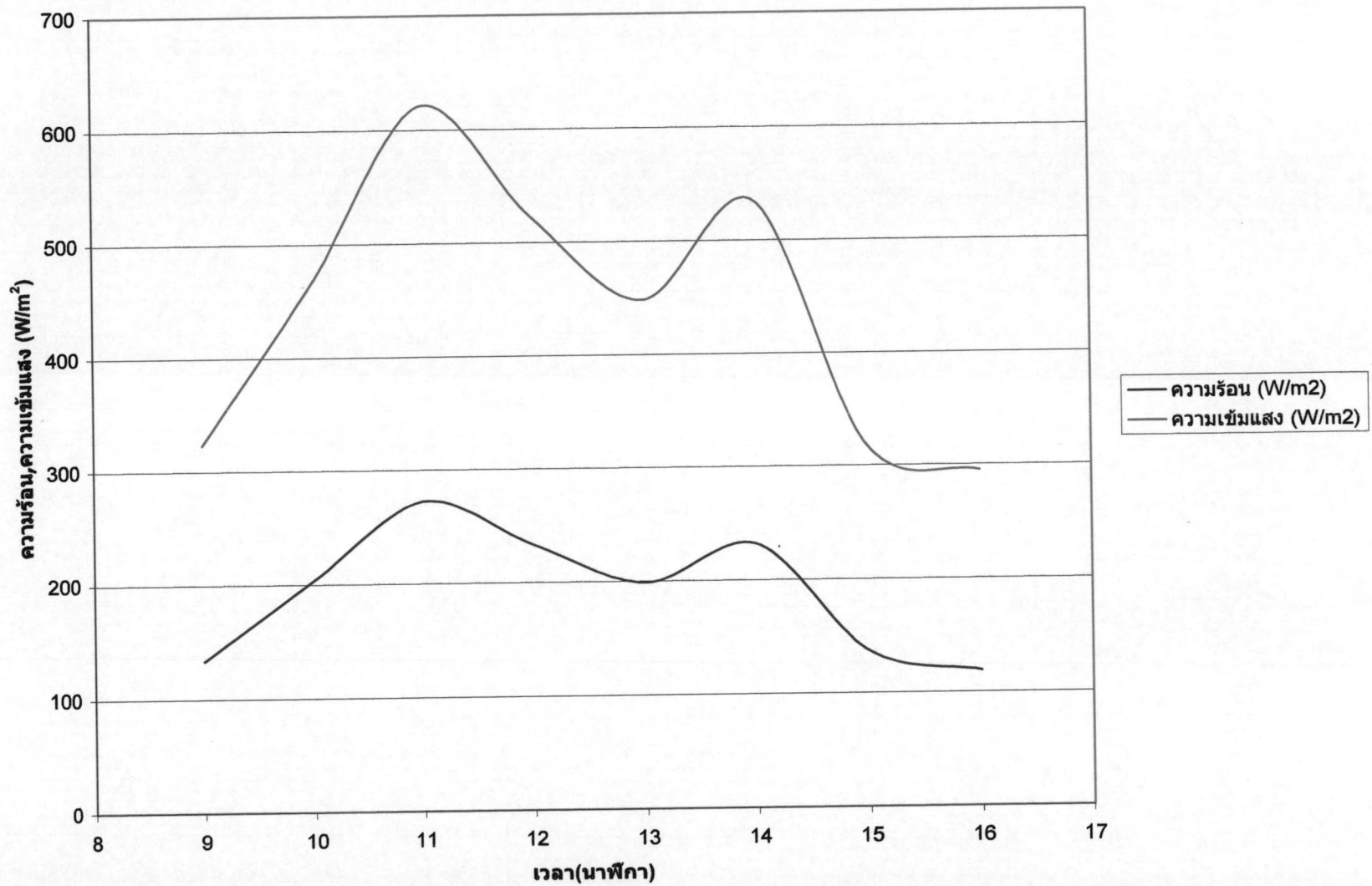
ประสิทธิภาพเฉลี่ย 39.28% พลังงานในถังน้ำร้อน 4.36 MJ



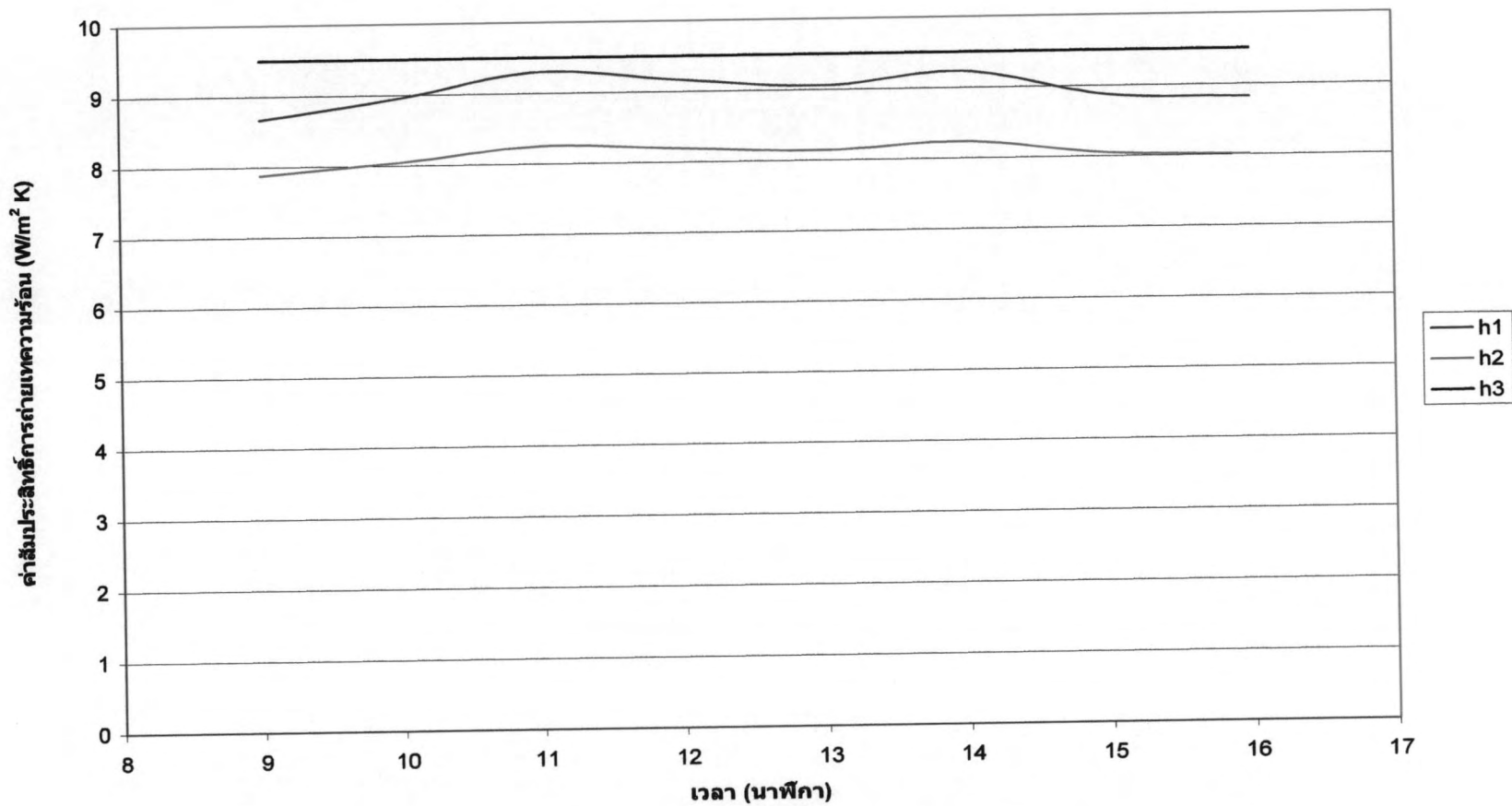
กราฟที่ 5.1 แสดงอุณหภูมิ glass 1 และ glass 2 และอุณหภูมิพื้นผิวฮีตไปป์ในวันที่ 20 พฤศจิกายน 2550 (ฟ้าคราม)



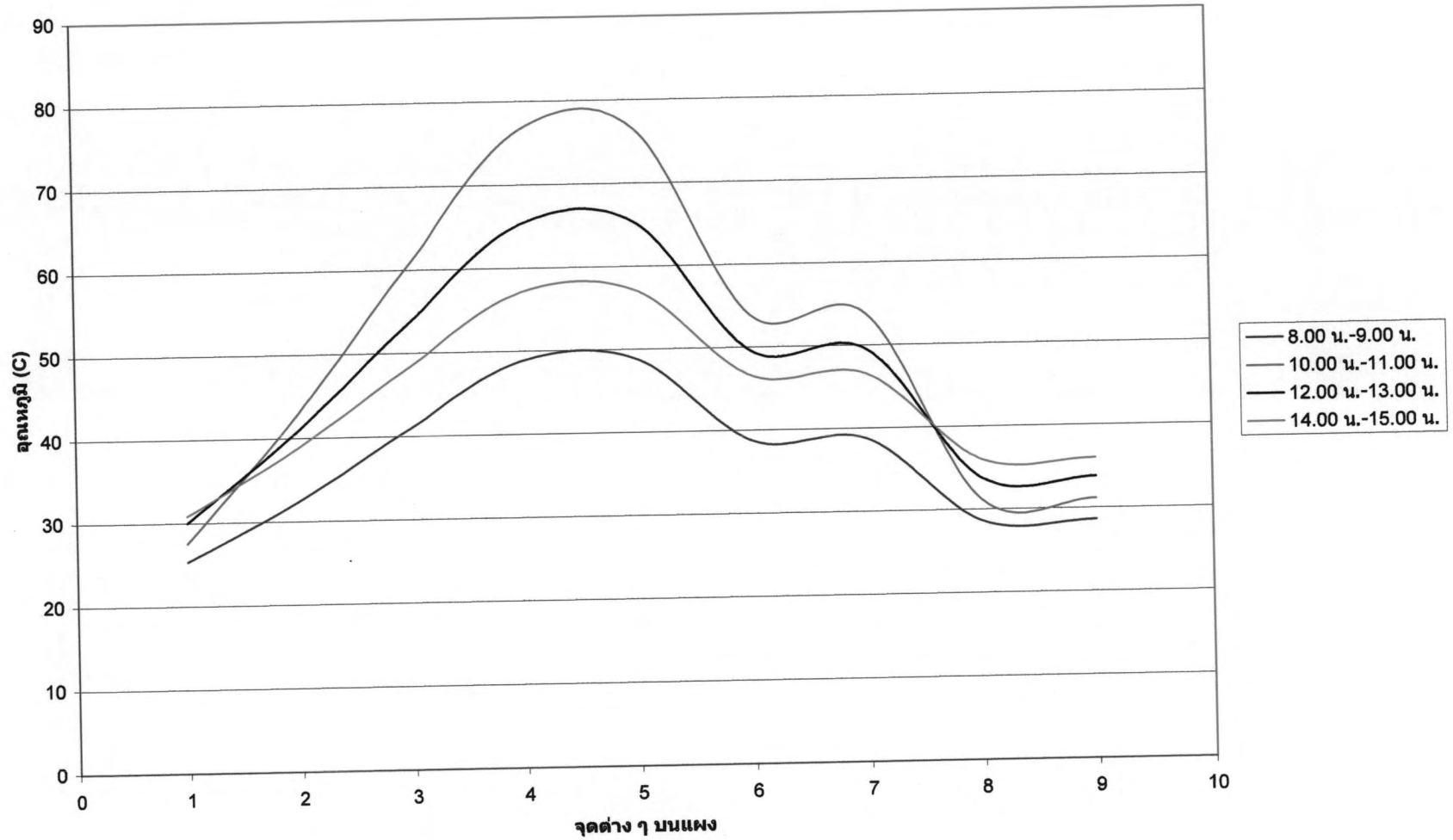
กราฟที่ 5.2 แสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆ ของฮีตปั๊มที่เวลาต่าง ๆ ในวันที่ 20 พฤศจิกายน 2550 (ฟ้าครึ้ม)



กราฟที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงทั้งหมด (total radiation) กับความร้อนที่ถ่ายเทสู่น้ำในวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ.2550 (ฟ้าครึ้ม)

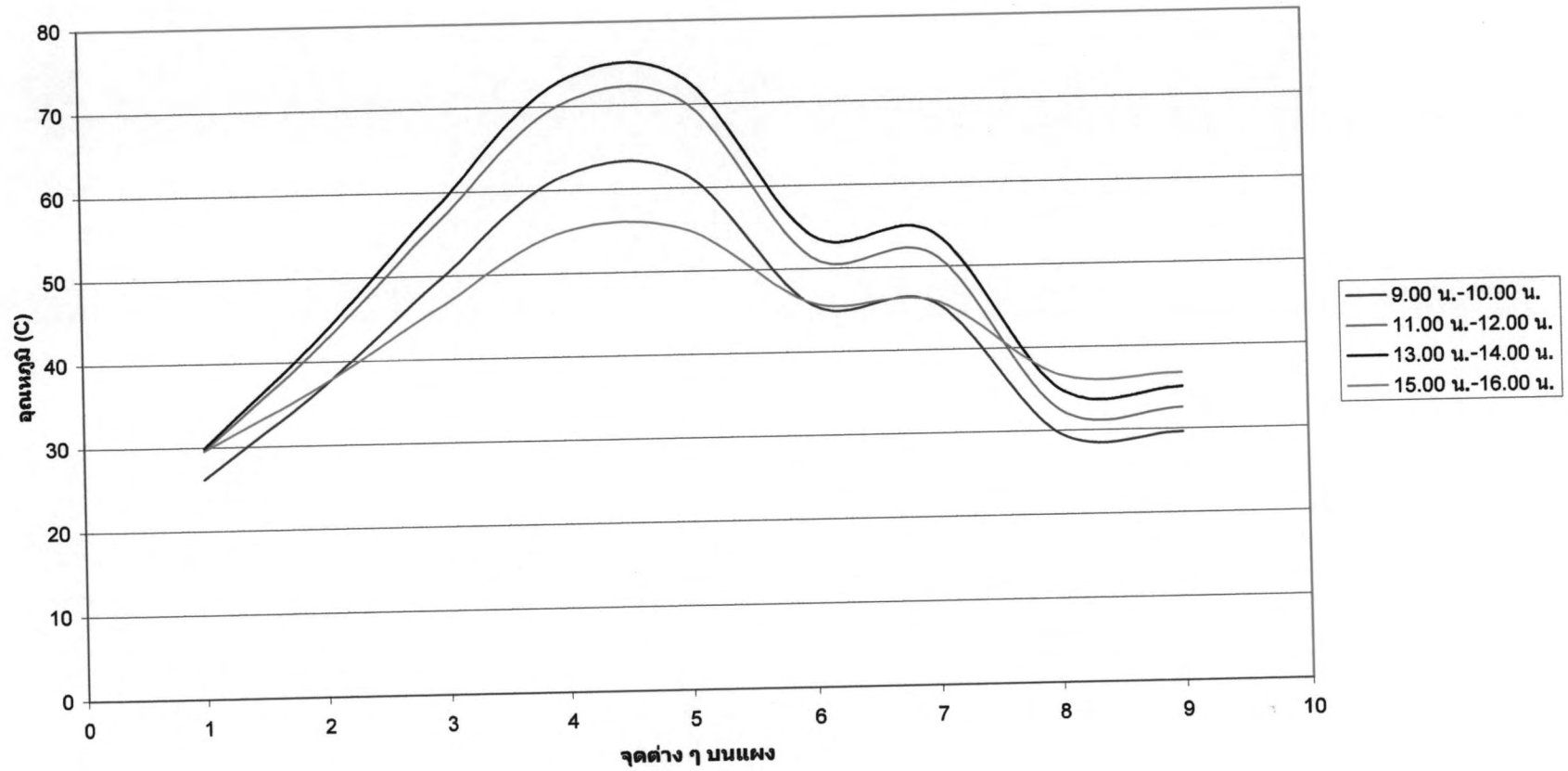


กราฟที่ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนช่วงฮีตไปป์กับ glass 1(h₁) glass 1 กับ glass 2 (h₂) และ glass 2 กับสิ่งแวดล้อม (h₃) ที่เวลาต่าง ๆ ในวันที่ 20 พฤศจิกายน 2550 (ฟ้าคราม)



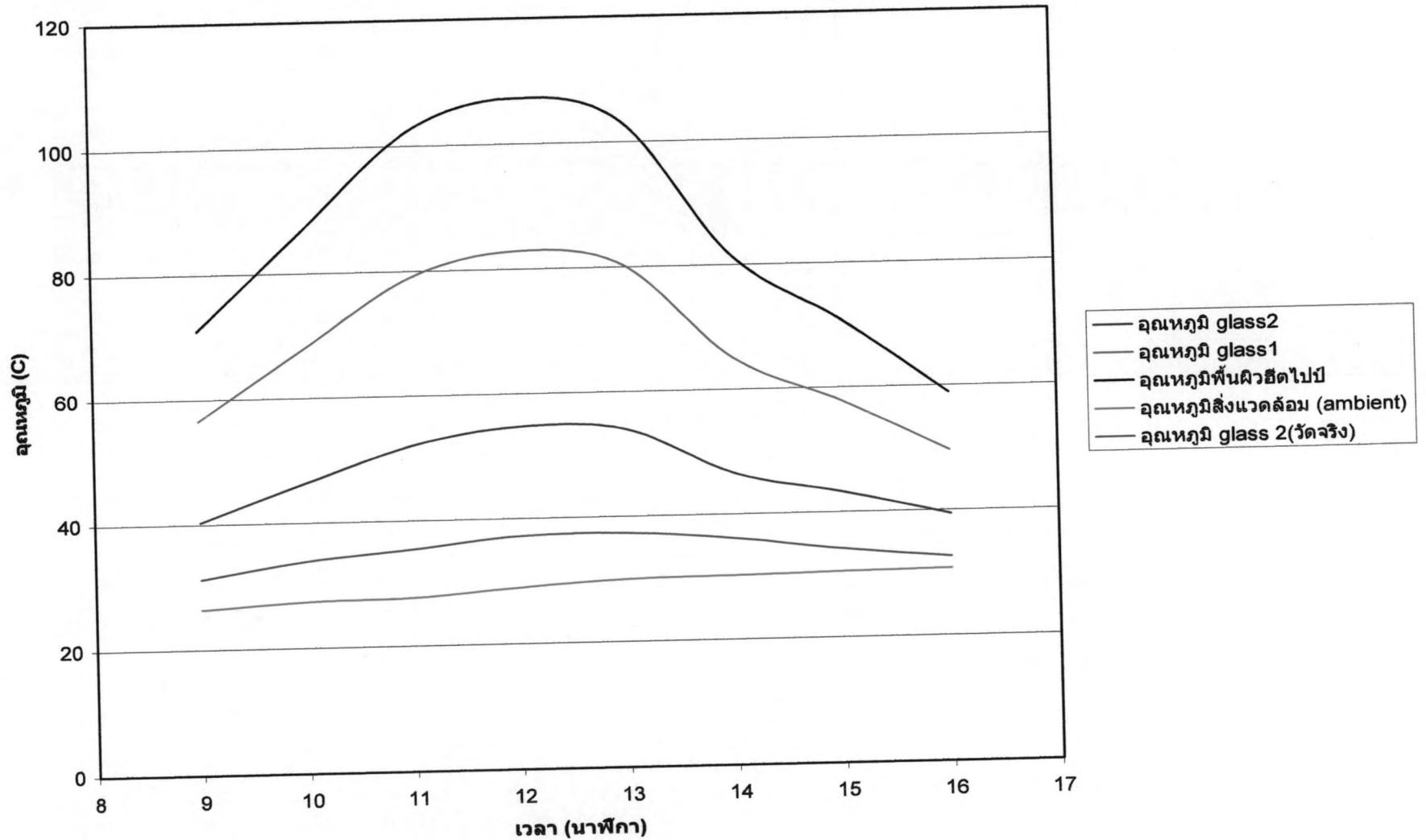
โดย 1 = T_a , 2 = T_{g2} , 3 = T_{g1} , 4 = T_{hp} , 5 = $T_{pw,e}$, 6 = $T_{wv,e}$, 7 = $T_{v,c}$, 8 = $T_{pw,c}$, 9 = $T_{p,c}$

กราฟที่ 5.5 แสดงอุณหภูมิจุดต่าง ๆ ของแผงในวันที่ 20 พฤศจิกายน 2550 (ฟ้าครึ้ม)

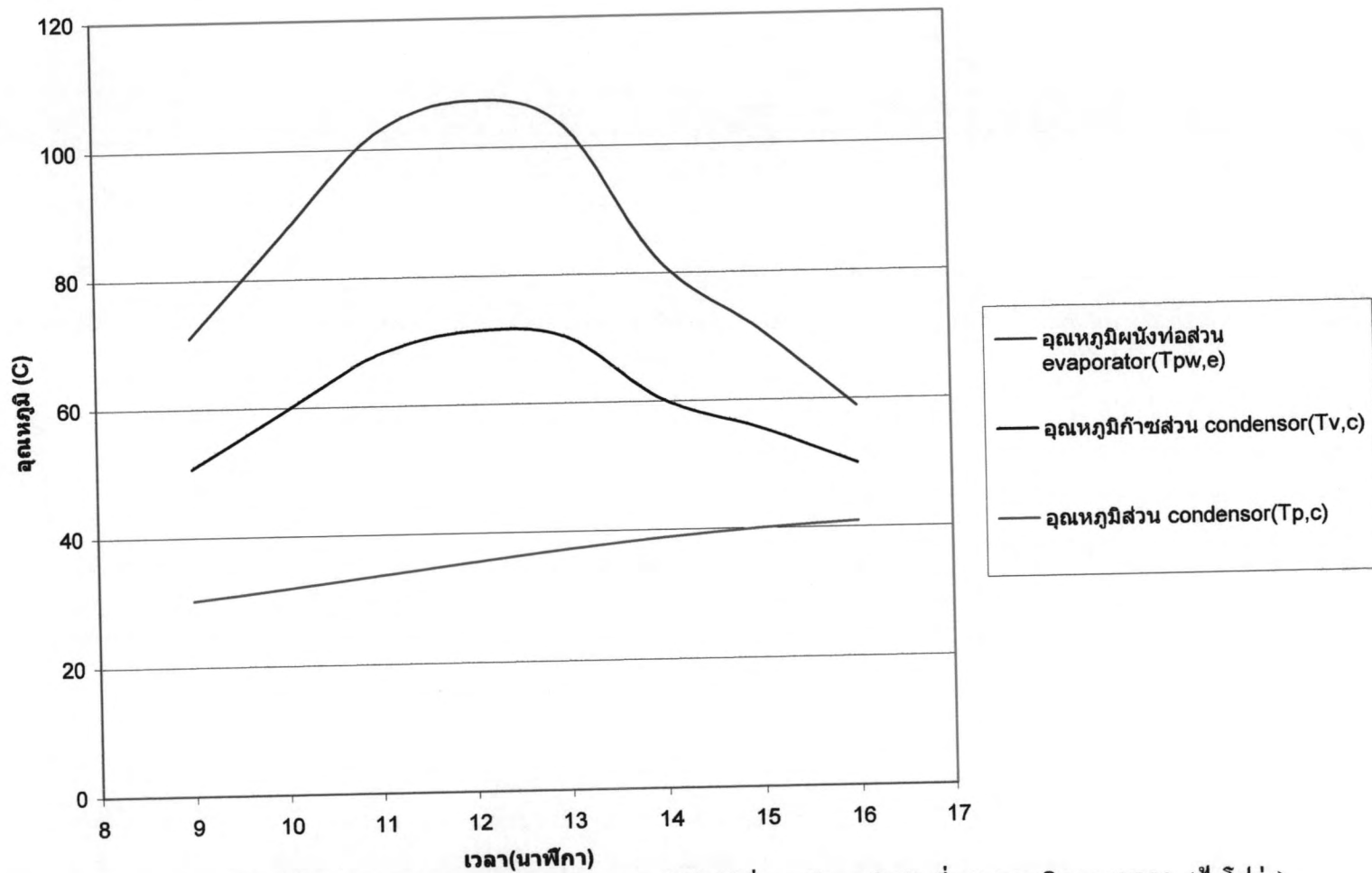


โดย 1 = T_a , 2 = T_{g2} , 3 = T_{g1} , 4 = T_{hp} , 5 = $T_{pw,e}$, 6 = $T_{wv,e}$, 7 = $T_{v,c}$, 8 = $T_{pw,c}$, 9 = $T_{p,c}$

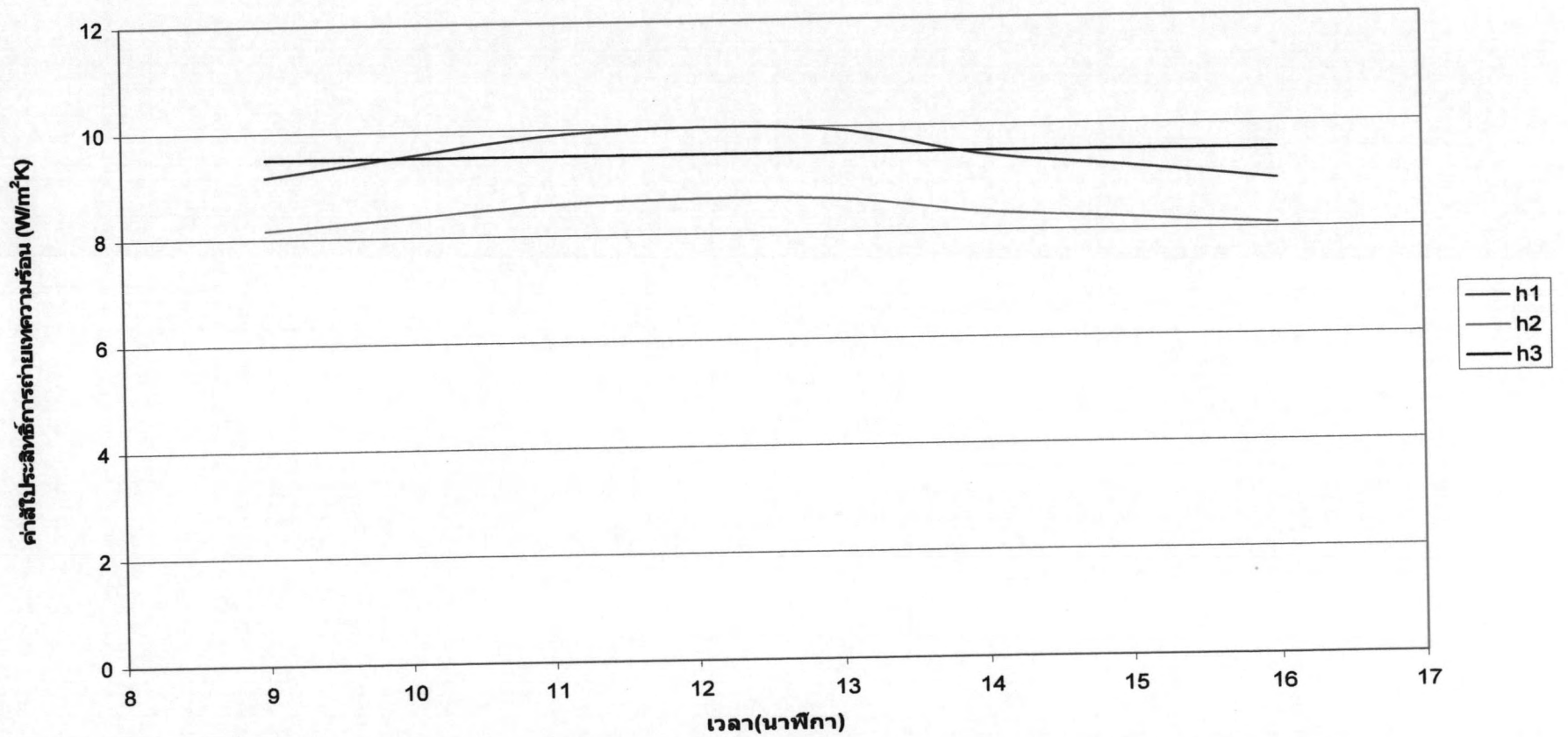
กราฟที่ 5.6 แสดงอุณหภูมิจุดต่าง ๆ ของแผงในวันที่ 20 พฤศจิกายน 2550 (ฟ้าครีเม)



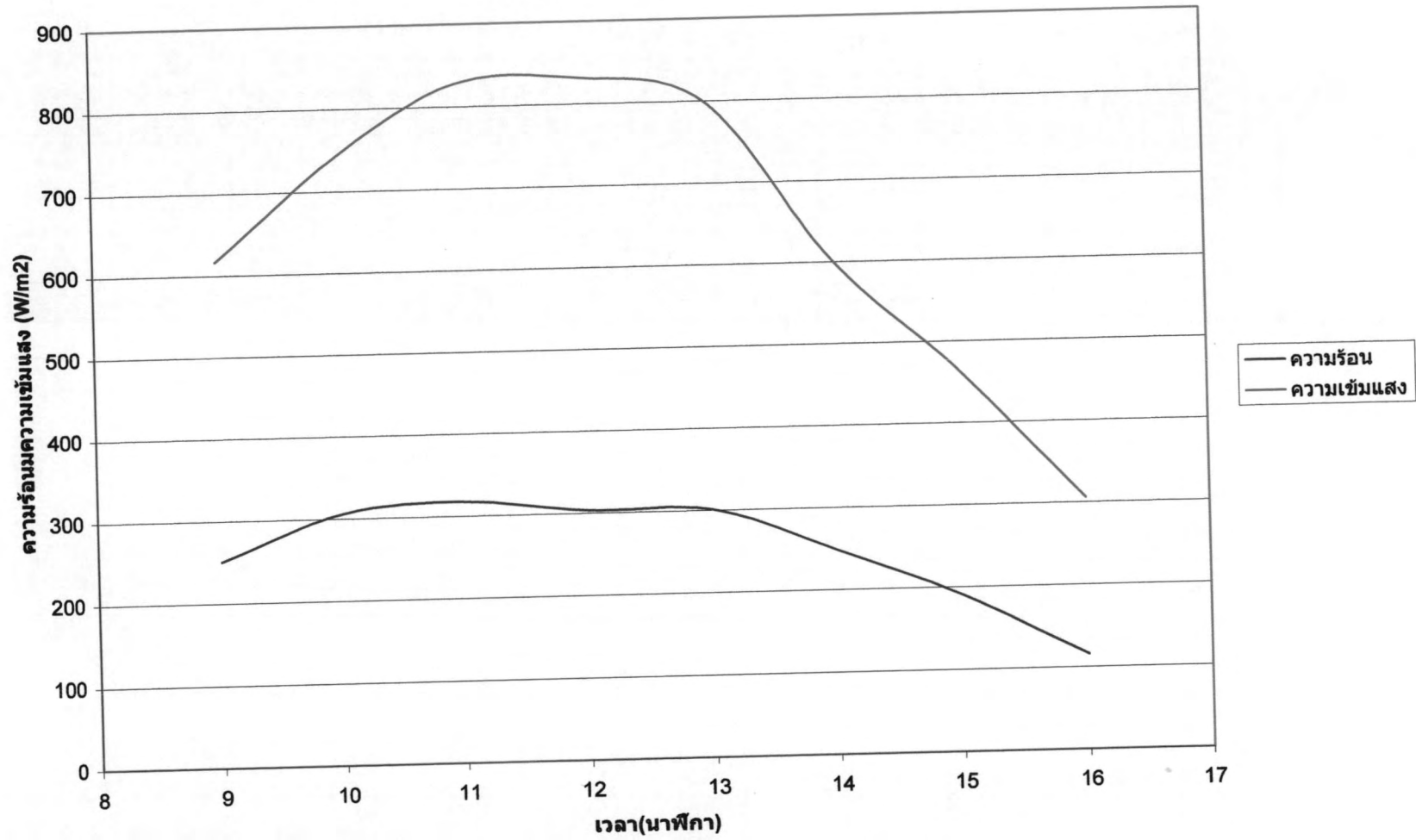
กราฟที่ 5.7 แสดงอุณหภูมิ glass 1 และ glass 2 และอุณหภูมิพื้นผิวฮีตไปป์ในวันที่ 22 พฤศจิกายน 2550 (ฟ้าโปร่ง)



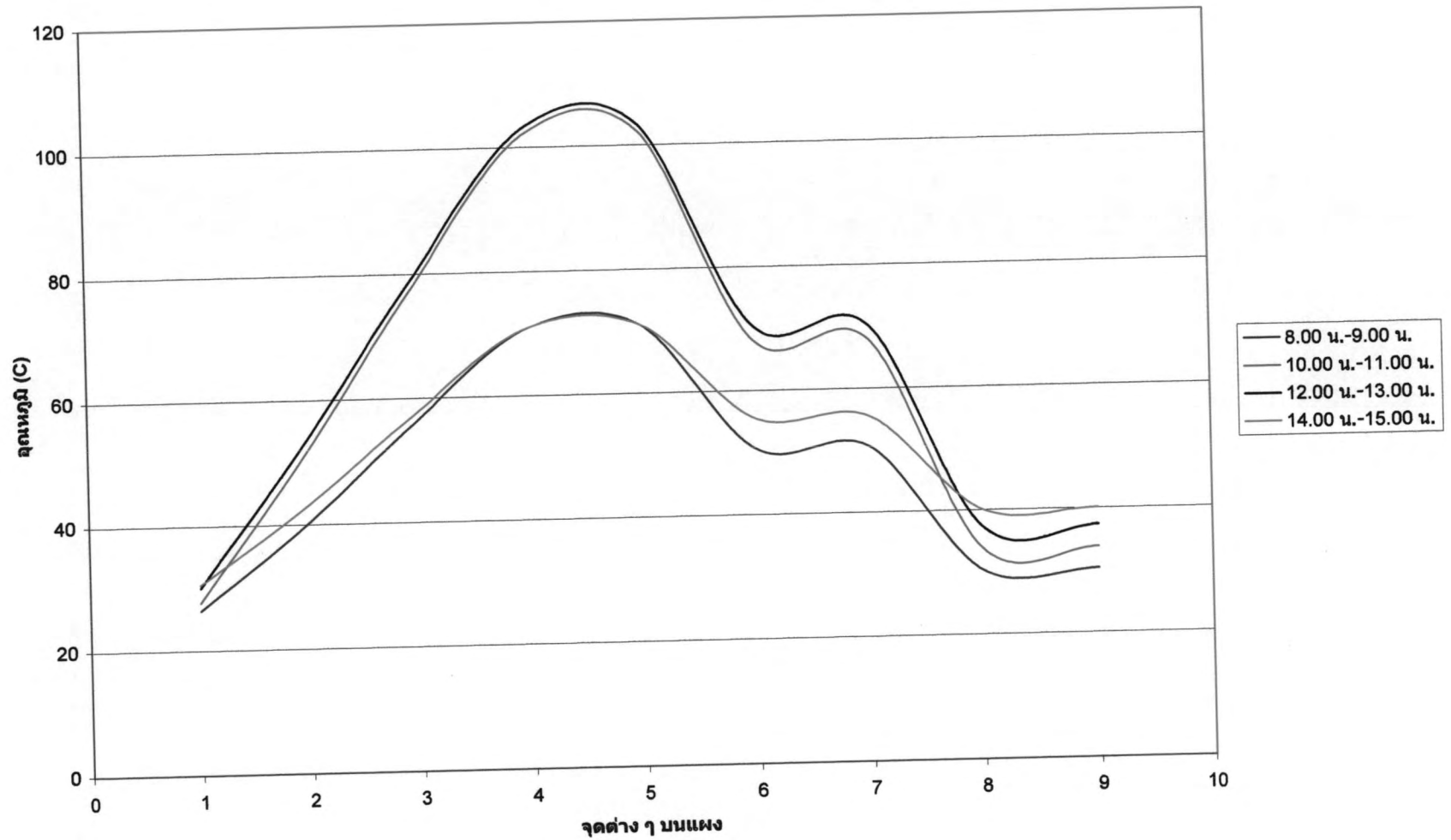
กราฟที่ 5.8 แสดงอุณหภูมิส่วนต่าง ๆ ของฮีตไปป์ที่เวลาต่าง ๆ ในวันที่ 22 พฤศจิกายน 2550 (ฟ้าโปร่ง)



กราฟที่ 5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนช่วงฮิตไปป์กับ glass 1(h₁) glass 1 กับ glass 2 (h₂) และ glass 2 กับสิ่งแวดล้อม (h₃) ที่เวลาต่างๆ ในวันที่ 22 พฤศจิกายน 2550 (ฟ้าโปร่ง)

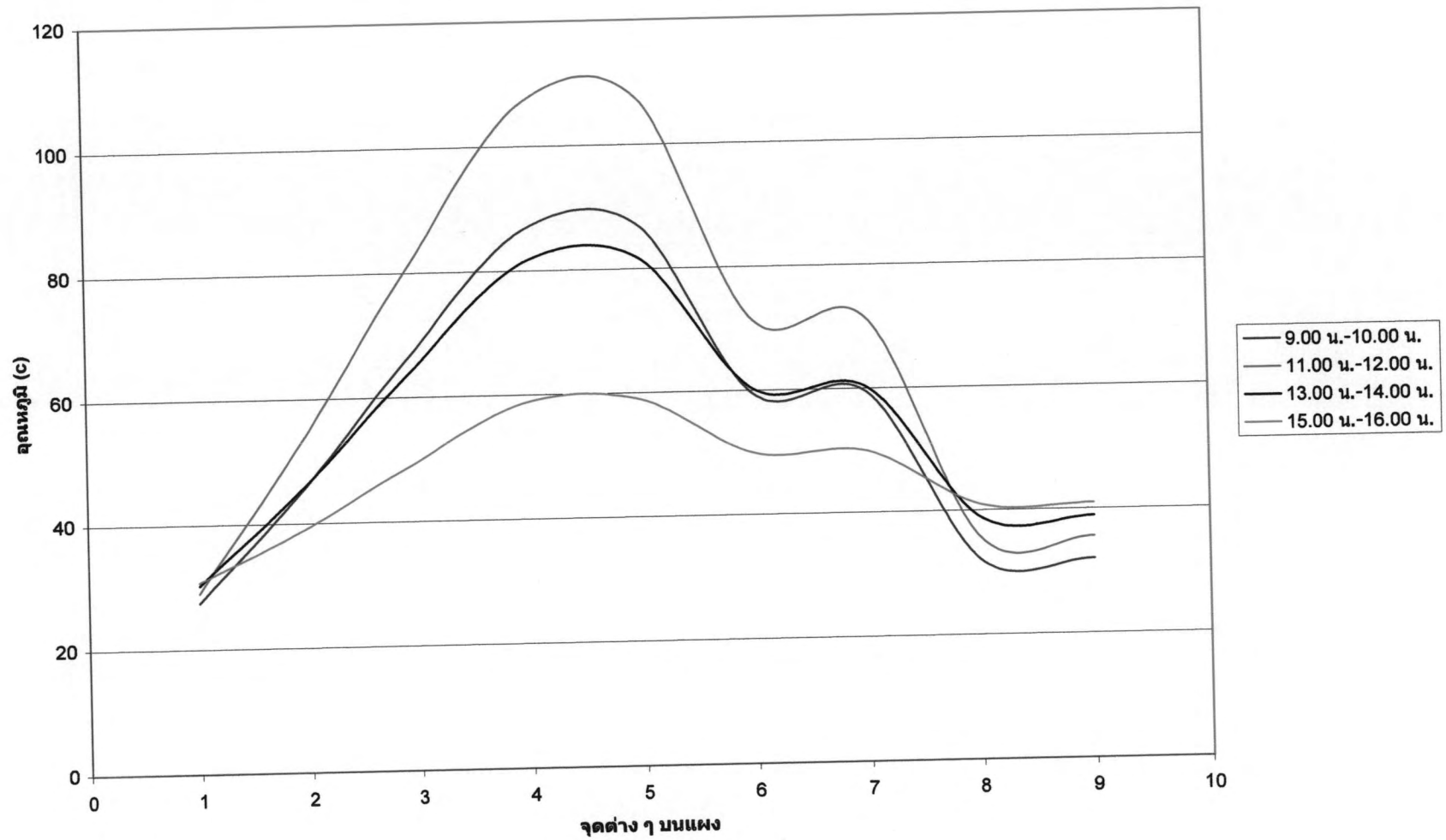


กราฟที่ 5.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงทั้งหมด (total radiation) กับความร้อนที่ถ่ายเทสู่น้ำในวันที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ.2550 (ฟ้าโปร่ง)



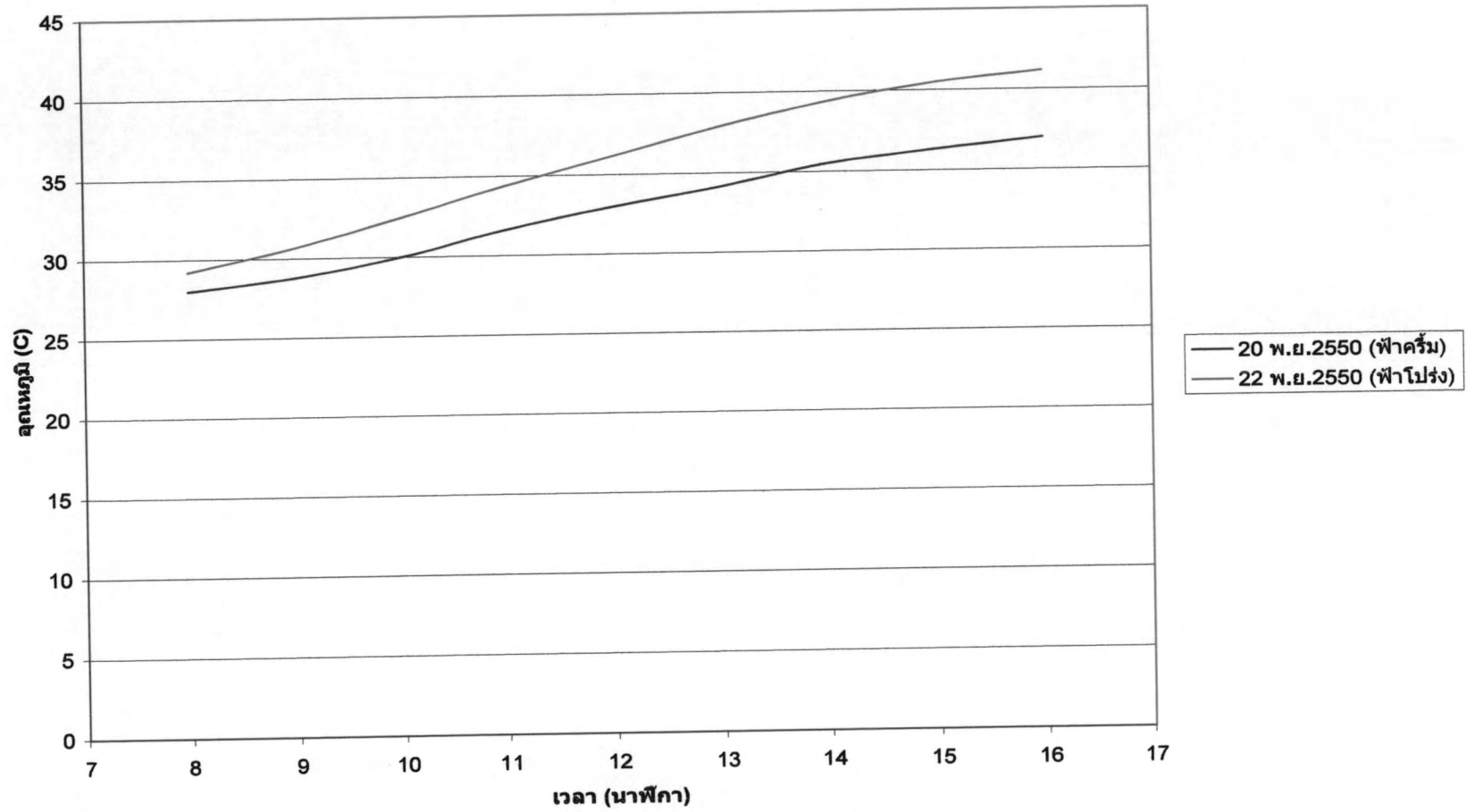
โดย 1 = T_a , 2 = T_{g2} , 3 = T_{g1} , 4 = T_{hp} , 5 = $T_{pw,e}$, 6 = $T_{wv,e}$, 7 = $T_{v,c}$, 8 = $T_{pw,c}$, 9 = $T_{p,c}$

กราฟที่ 5.11 แสดงอุณหภูมิจุดต่าง ๆ ของแผงในวันที่ 22 พฤศจิกายน 2550 (ฟ้าโปร่ง)

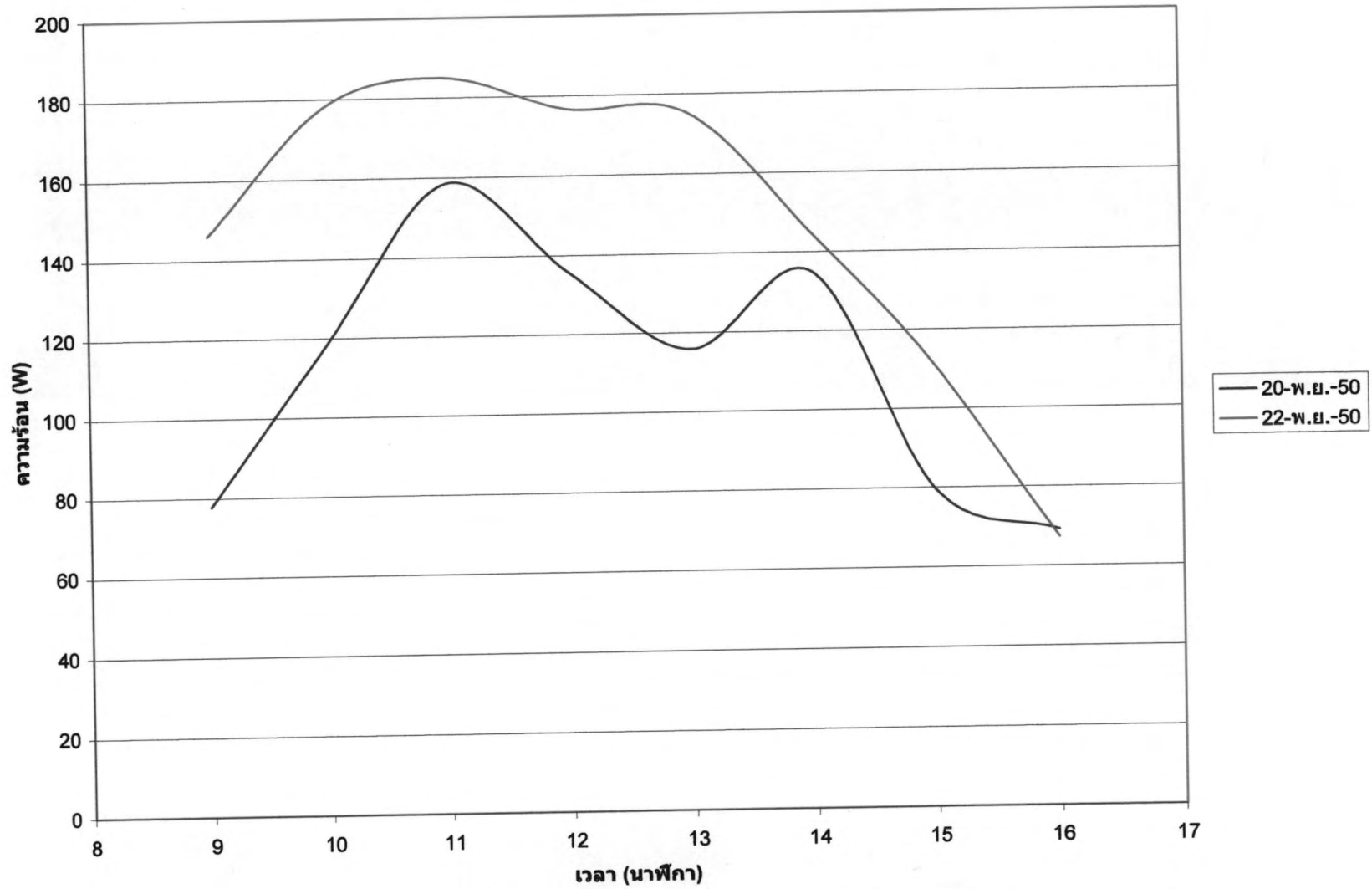


โดย 1 = T_a , 2 = T_{g2} , 3 = T_{g1} , 4 = T_{hp} , 5 = $T_{pw,c}$, 6 = $T_{wv,c}$, 7 = $T_{v,c}$, 8 = $T_{pw,c}$, 9 = $T_{p,c}$

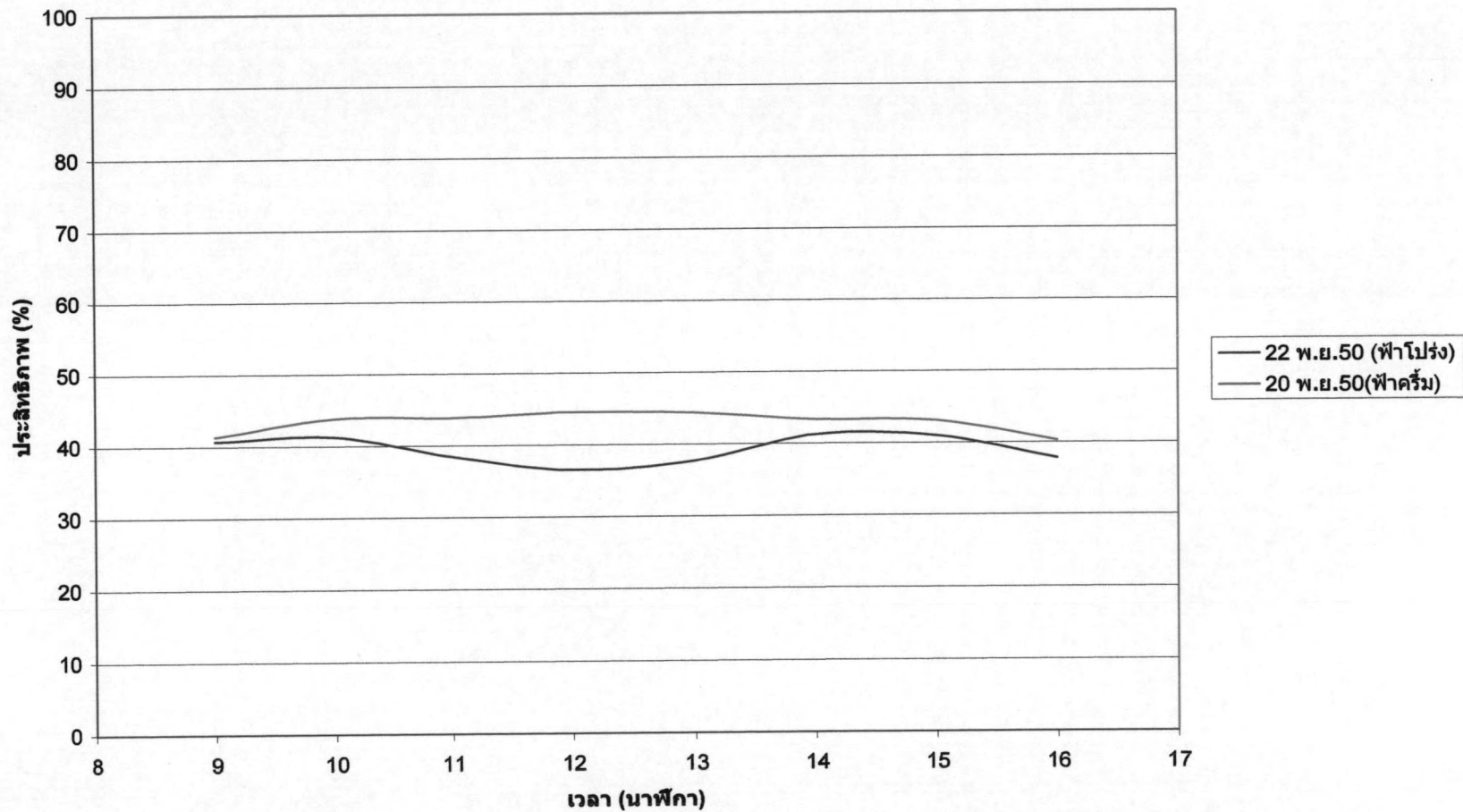
กราฟที่ 5.12 แสดงอุณหภูมิจุดต่าง ๆ ของแผงในวันที่ 22 พฤศจิกายน 2550



กราฟที่ 5.13 แสดงอุณหภูมิน้ำในถังที่เวลาต่าง ๆ ในวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ.2550 (ฟ้าคราม) และวันที่ 22 พฤศจิกายน 2550 (ฟ้าโปร่ง)



กราฟที่ 5.14 แสดงความร้อนถ่ายเทที่เวลาต่างๆ ในวันที่ 20 พ.ย.2550 (ฟ้าคราม) และวันที่ 22 พ.ย. 2550



กราฟที่ 5.15 แสดงประสิทธิภาพของระบบในช่วงเวลาต่าง ๆ ในวันฟ้าครึ้มและวันฟ้าโปร่ง

ตารางที่ 5.4 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลการทดลองจริงกับการคำนวณโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวันฟ้าครึ้ม (20 พฤศจิกายน 2550) เมื่อน้ำที่ใช้ทำความร้อนมีปริมาตร 87 ลิตร ของไหลใช้งานในฮีตปั๊มคือ R-11

ข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบ	ผลการทดลอง		%แตกต่าง
	จริง	ผลการคำนวณโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	
อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	28	28	-
อุณหภูมิที่แผงทำได้(°C)	37.60	36.98	1.67
พลังงานความร้อนในถัง (MJ)	3.42	3.27	4.38
ประสิทธิภาพของระบบ (%)	43.52	43.05	1.07

ตารางที่ 5.5 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลการทดลองจริงกับการคำนวณโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของวันฟ้าโปร่ง (22 พฤศจิกายน 2550) เมื่อน้ำที่ใช้ทำความร้อนมีปริมาตร 87 ลิตร ของไหลใช้งานในฮีตปั๊มคือ R-11

ข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบ	ผลการทดลองจริง		%แตกต่าง
	ผลการทดลองจริง	ผลการคำนวณโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์	
อุณหภูมิเริ่มต้น (°C)	29.20	29.20	-
อุณหภูมิที่แผงทำได้(°C)	43.00	41.15	4.30
พลังงานความร้อนในถัง (MJ)	4.92	4.36	11.38
ประสิทธิภาพของระบบ (%)	42.28	39.28	7.09

ตารางที่ 5.6 ผลการคำนวณรายวันที่ปริมาตรน้ำต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลวันฟ้าโปร่ง 22 พฤศจิกายน 2550

ในการคำนวณโดยอุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 29.20 °C

เวลา	น้ำ 50 ลิตร		น้ำ 87 ลิตร		น้ำ 100 ลิตร	
	ประสิทธิภาพ (%)	อุณหภูมิ น้ำ(°C)	ประสิทธิภาพ (%)	อุณหภูมิ น้ำ(°C)	ประสิทธิภาพ (%)	อุณหภูมิ น้ำ(°C)
8-9	40.65	31.76	40.65	30.67	40.65	30.48
9-10	40.71	34.86	41.22	32.47	41.29	32.05
10-11	36.79	37.97	38.39	34.34	38.64	33.69
11-12	33.47	40.79	36.50	36.12	37.07	35.26
12-13	34.18	43.59	37.65	37.89	38.18	36.82
13-14	38.46	45.96	41.18	39.35	41.68	38.11
14-15	37.24	47.73	40.95	40.47	41.66	39.10
15-16	31.92	48.73	37.78	41.15	38.91	39.71

เวลา	น้ำ 150 ลิตร		น้ำ 200 ลิตร	
	ประสิทธิภาพ (%)	อุณหภูมิ น้ำ(°C)	ประสิทธิภาพ (%)	อุณหภูมิ น้ำ(°C)
8-9	40.65	30.05	40.65	29.84
9-10	41.48	31.10	41.57	30.63
10-11	39.19	32.21	39.47	31.47
11-12	38.16	33.29	38.66	32.29
12-13	39.32	34.36	39.89	33.10
13-14	42.84	35.24	43.42	33.77
14-15	43.25	35.93	44.06	34.30
15-16	41.48	36.36	42.79	34.63

ประสิทธิภาพเฉลี่ยน้ำ 50 ลิตร = 36.68%

น้ำ 87 ลิตร = 39.29%

น้ำ 100 ลิตร = 39.76%

น้ำ 150 ลิตร = 40.80%

น้ำ 200 ลิตร = 41.31%

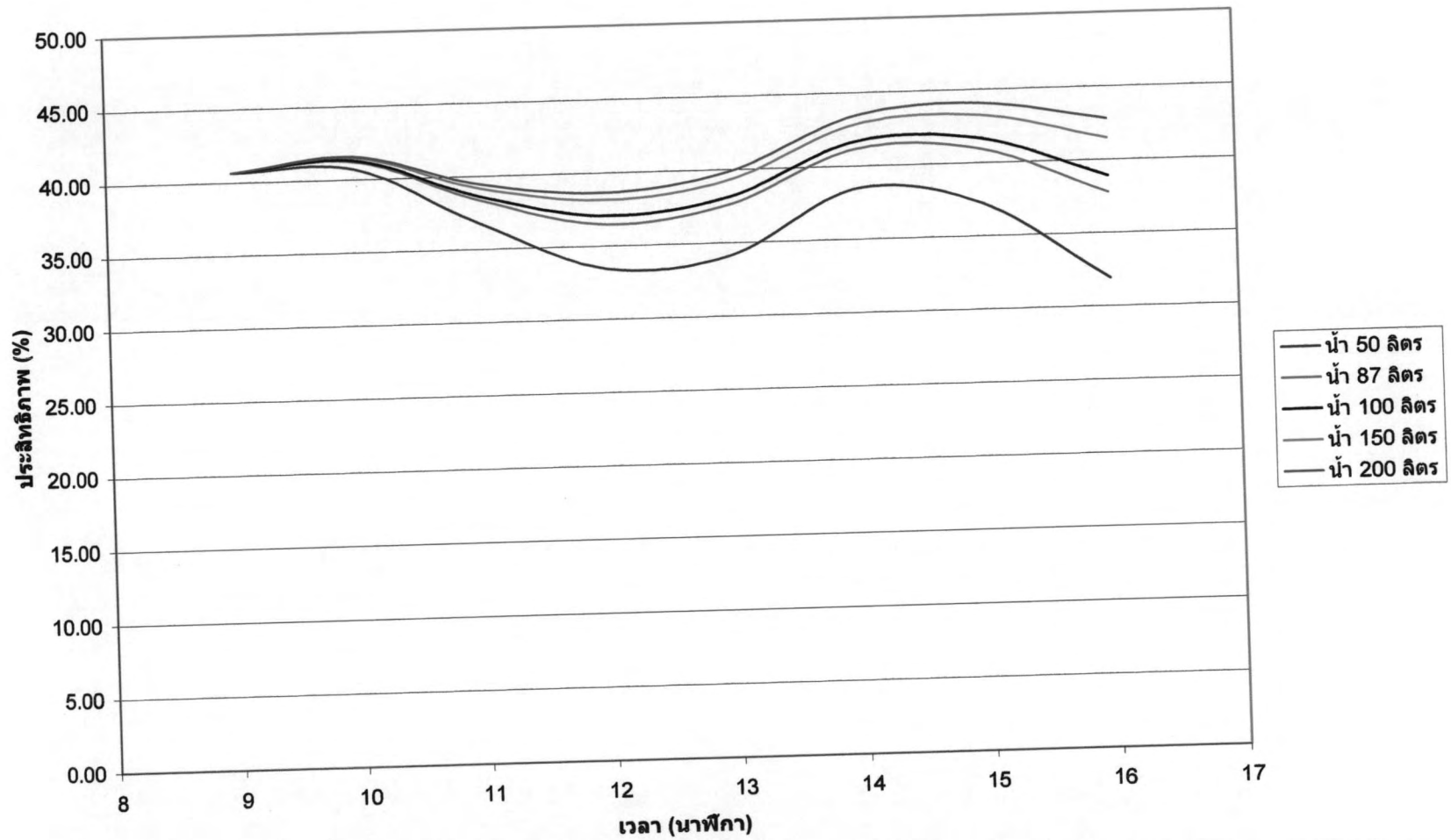
พลังงานในถึงน้ำร้อนน้ำ 50 ลิตร = 4.09 MJ

น้ำ 87 ลิตร = 4.36 MJ

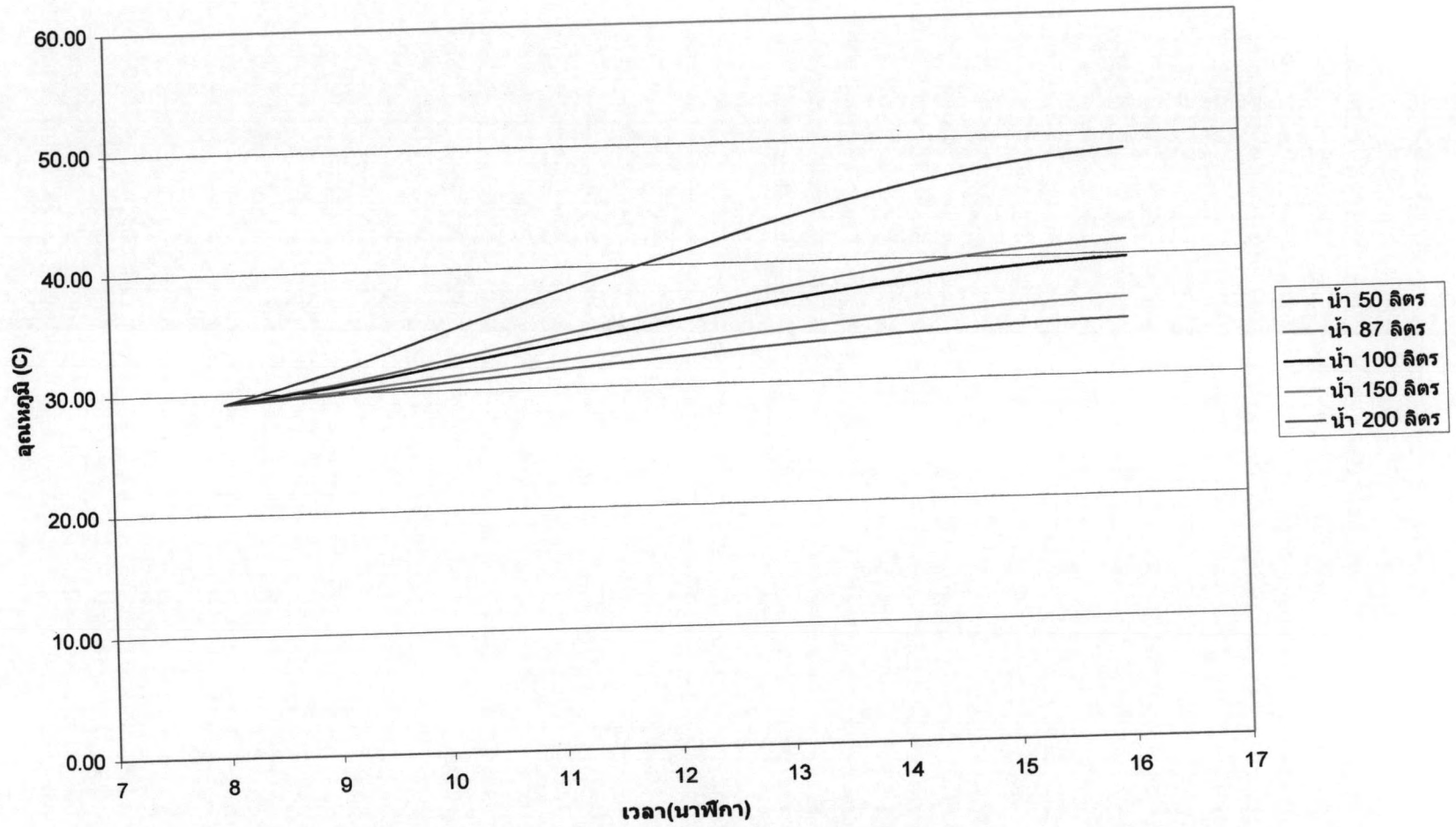
น้ำ 100 ลิตร = 4.40 MJ

น้ำ 150 ลิตร = 4.50 MJ

น้ำ 200 ลิตร = 4.55 MJ



กราฟที่ 5.16 แสดงประสิทธิภาพของระบบที่ปริมาตรน้ำต่าง ๆ ในแต่ละช่วงเวลา โดยใช้ข้อมูลวันที่ 22 พฤศจิกายน 2550 (วันฟ้าโปร่ง)



กราฟที่ 5.17 แสดงอุณหภูมิน้ำในถังที่เวลาต่างๆ โดยใช้ข้อมูลวันที่ 22 พฤศจิกายน 2550 (วันฟ้าโปร่ง)

5.2 ผลการคำนวณรายเดือนในหนึ่งปี

5.2.1 การเปลี่ยนปริมาตรน้ำในถัง

ในการคำนวณจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้ข้อมูลความเข้มแสงและอุณหภูมิจากกรมอุตุนิยมวิทยา ในปี พ.ศ.2550 (ภาคผนวก ง) โดยแผงมีพื้นที่รับแสงเท่ากับ 1.1625 ตารางเมตร ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 1 m/s และมีมุมเอียงเท่ากับ 15 องศาได้ผลดังตารางที่ 5.7 ซึ่งใช้ข้อมูลความเข้มแสงและภูมิอากาศของเดือนมกราคมสำหรับปริมาตรน้ำในถังเท่ากับ 50, 100, 150, 200 ลิตรตามลำดับ กราฟที่ 5.18-5.20 ได้แสดงผลการคำนวณของอุณหภูมิน้ำสูงสุดที่แสงทำได้ พลังงานความร้อนในถังน้ำร้อน และประสิทธิภาพของระบบ เมื่อปริมาตรน้ำในถังมีความจุต่าง ๆ (50-200 ลิตร) พบว่าเมื่อปริมาตรของน้ำเพิ่มขึ้น อุณหภูมิน้ำสูงสุดที่แสงทำได้จะเพิ่มขึ้น พลังงานความร้อนในถังน้ำร้อนจะเพิ่มขึ้น ผลประหยัดค่าไฟฟ้าของแผงจะเพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพของระบบจะเพิ่มขึ้น

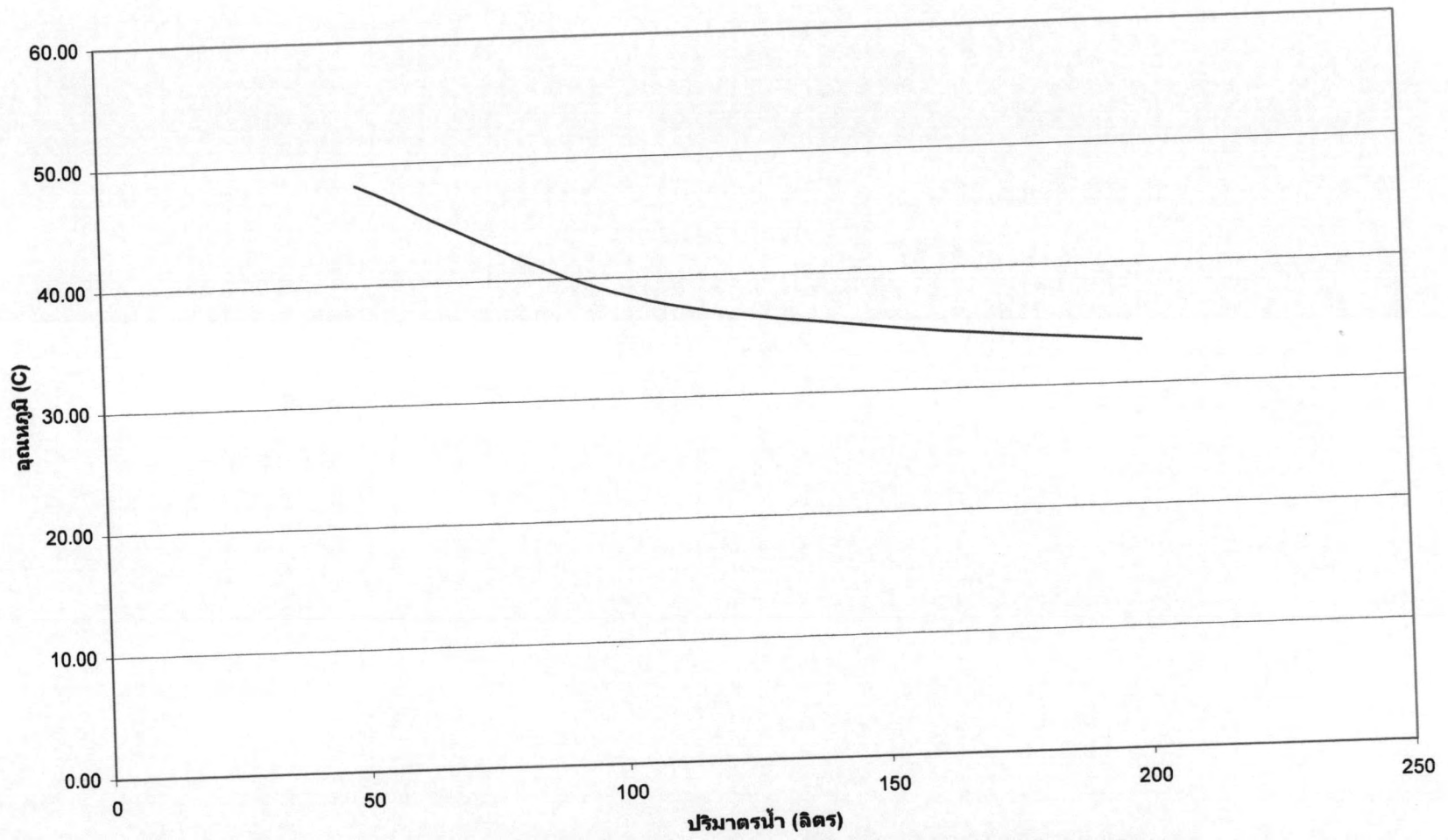
ตารางที่ 5.7 ผลการคำนวณในเดือนมกราคมของค่าต่าง ๆ ที่ปริมาตรน้ำต่าง ๆ อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 28 °C

มุมเอียงแผง	อุณหภูมิ น้ำ(°C)	พลังงาน ความร้อนใน ถังน้ำร้อน (MJ)	ประสิทธิภาพ (%)	ผลประหยัดค่าไฟฟ้า (บาท) (คิดณัดละ 2.5 บาท)
50	48.20	126.97	38.36	88.18
100	38.74	135.01	41.09	93.76
150	35.30	137.73	42.03	95.65
200	33.54	139.23	42.54	96.68

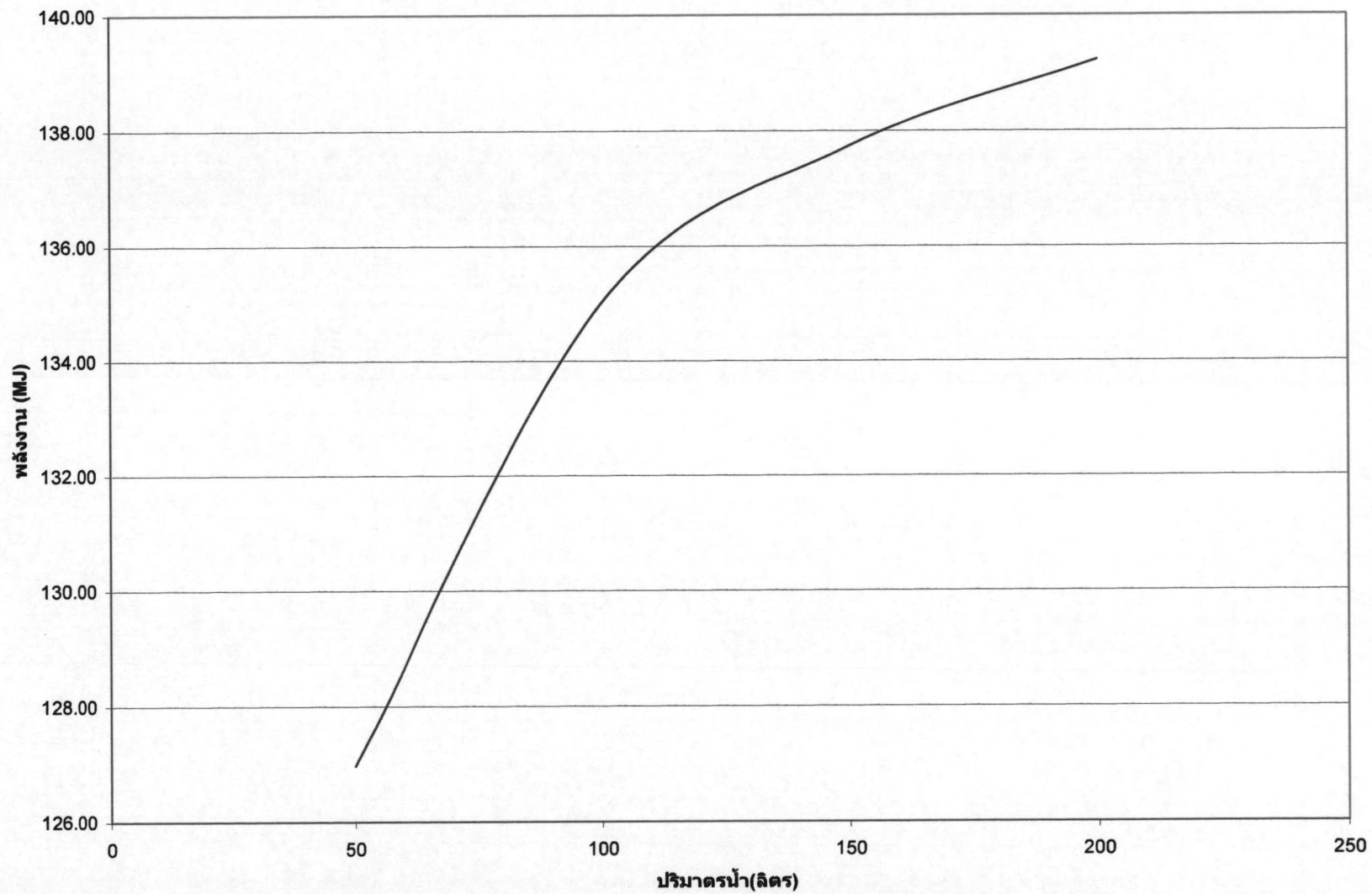
หมายเหตุ : ความเข้มแสงที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นความเข้มแสงชนิด beam radiation และ diffuse radiation เพราะฉะนั้นความเข้มแสงที่ใช้คำนวณ $(I(t)) = I_b R_b + I_d R_d + \rho R_r (I_b + I_d)$

$$R_b = \frac{\cos \theta_r}{\cos \theta_z}, R_d = \frac{1 + \cos \beta}{2}, R_r = \frac{1 - \cos \beta}{2}, \text{ โดย } I_b \text{ คือ beam radiation (W/m}^2) \text{ } I_d \text{ คือ}$$

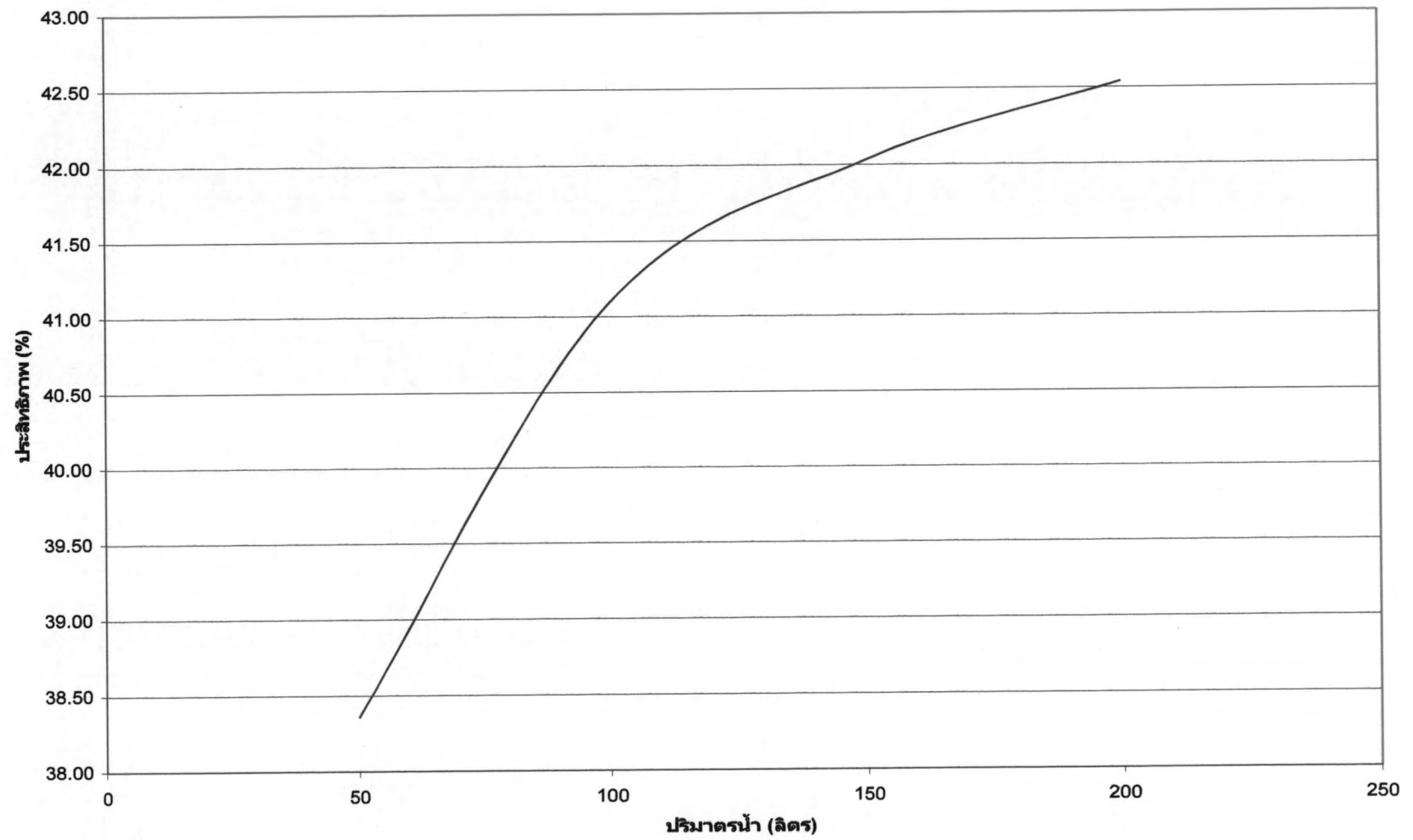
diffuse radiation (W/m²) ρ คือ reflection radiation ของพื้นทั่วไป ซึ่งเท่ากับ 0.2



กราฟที่ 5.18 แสดงอุณหภูมิน้ำสูงสุดที่แพงทำได้ในเดือนมกราคมที่ปริมาณน้ำต่างๆ



กราฟที่ 5.19 แสดงพลังงานความร้อนในถังน้ำร้อนในเดือนมกราคมที่ปริมาณน้ำต่าง ๆ



กราฟที่ 5.20 แสดงประสิทธิภาพของระบบเฉลี่ยในเดือนมกราคมที่ปริมาณน้ำต่าง ๆ

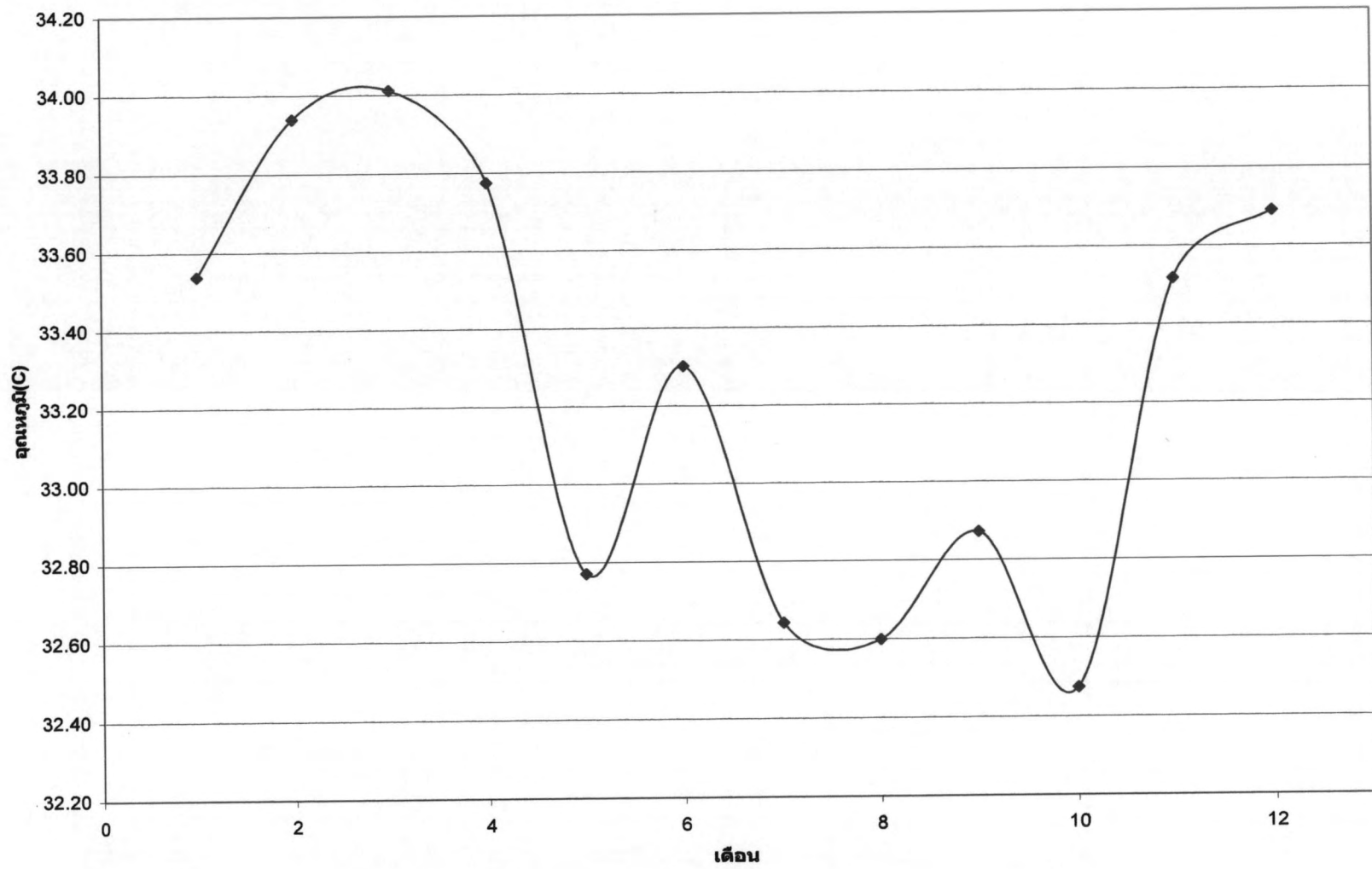
5.2.2 การคำนวณรายปี

ในส่วนนี้จะเป็นการคำนวณรายเดือนในหนึ่งปีโดยให้น้ำในถังมีปริมาตร 200 ลิตร โดยแผงมีพื้นที่รับแสงเท่ากับ 1.1625 ตารางเมตร ความเร็วลมเฉลี่ยเท่ากับ 1 m/s และมีมุมเอียงเท่ากับ 15 องศา ได้ผลคังตารางที่ 5.8 กราฟที่ 5.19-5.23 ได้แสดงผลการคำนวณได้แสดงผลการคำนวณของอุณหภูมิน้ำสูงสุดที่แผงทำได้ พลังงานความร้อนในถังน้ำร้อน และประสิทธิภาพของระบบ ผลการคำนวณพบว่าแผงทำอุณหภูมิน้ำได้สูงสุดและพลังงานความร้อนในถังน้ำร้อนสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์ และต่ำสุดในเดือนตุลาคม ประสิทธิภาพของระบบทำได้สูงสุดในเดือนพฤษภาคมและต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์

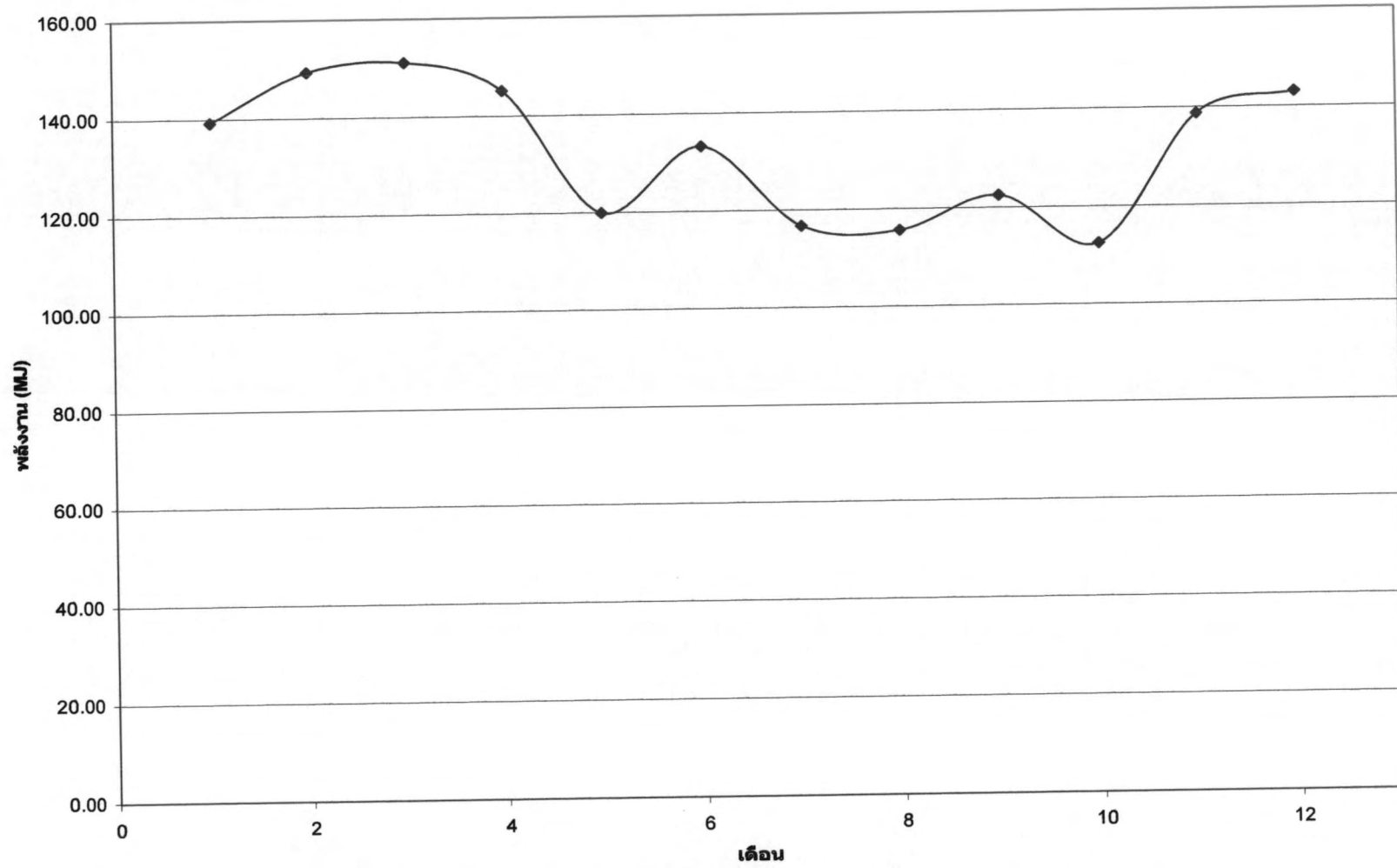
ตารางที่ 5.8 ผลการคำนวณรายปีของค่าต่าง ๆ ที่ปริมาตรน้ำ 200 ลิตรอุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 28 °C

เดือน	อุณหภูมิ น้ำ (°C)	พลังงาน ความร้อน ในถังน้ำ ร้อน (MJ)	ประสิทธิภาพ (%)	ผลประหยัดค่าไฟฟ้า (บาท) (คิดยูนิตละ 2.5 บาท)
1	33.54	139.23	42.54	96.68
2	33.94	149.33	40.91	103.70
3	34.01	151.14	42.32	104.96
4	33.77	145.17	44.24	100.81
5	32.77	119.94	44.89	83.29
6	33.30	133.28	44.16	92.55
7	32.65	116.98	44.57	81.24
8	32.60	115.62	44.83	80.29
9	32.87	122.49	44.73	85.06
10	32.47	112.47	44.77	78.10
11	33.52	138.72	42.12	96.33
12	33.69	143.03	41.98	99.33

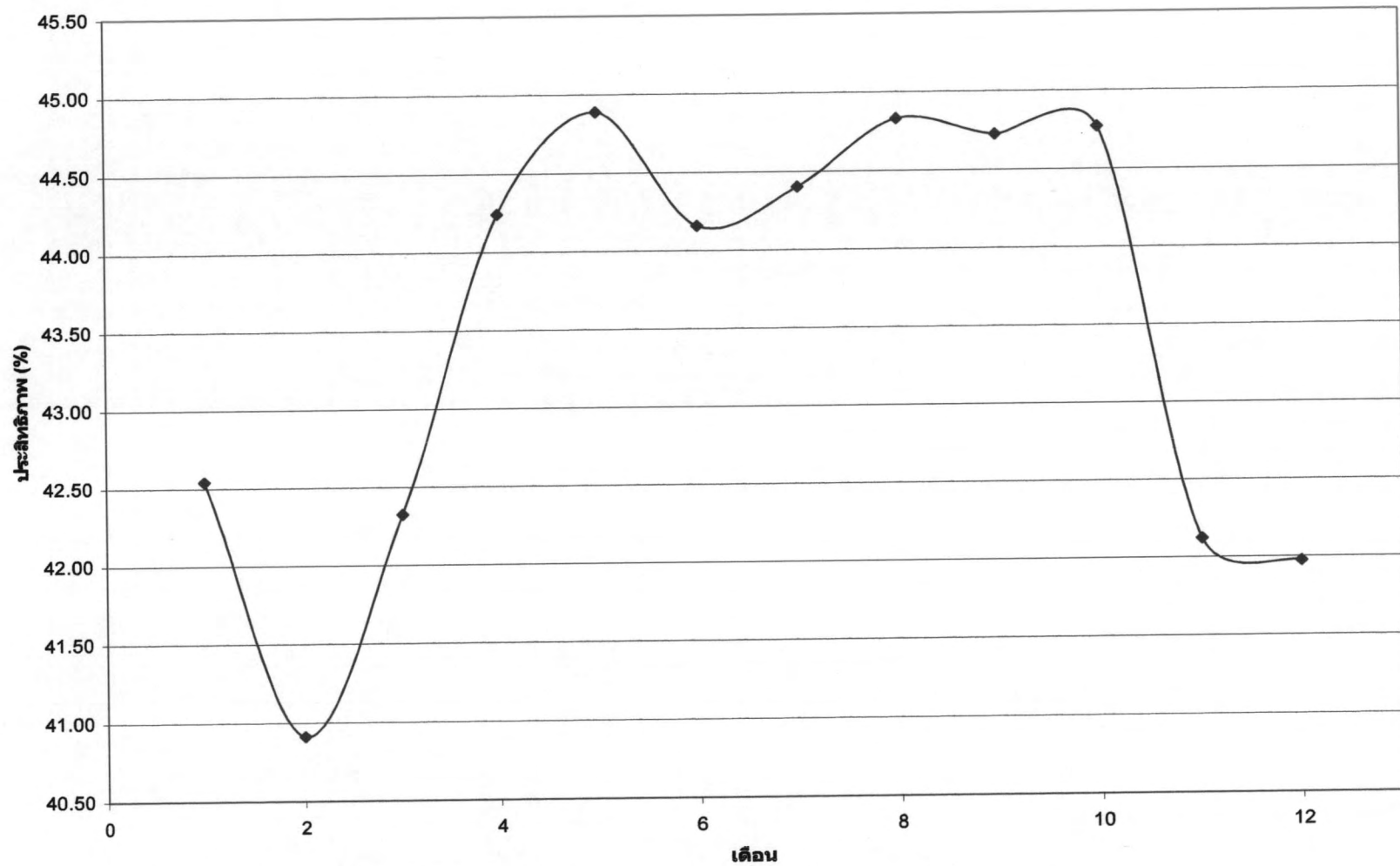
อุณหภูมิเฉลี่ย = 33.26 °C พลังงานความร้อนในถังน้ำร้อนรวม 1587.12 MJ ประสิทธิภาพเฉลี่ย 43.49 % ผลประหยัดค่าไฟฟ้าเท่ากับ 1102 MJ



กราฟที่ 5.21 แสดงอุณหภูมิสูงสุดที่แพงทำได้ในเดือนต่าง ๆ ที่ปริมาณน้ำ 200 ลิตร



กราฟที่ 5.22 แสดงพลังงานความร้อนในถังน้ำร้อนในเดือนต่าง ๆ ที่ปริมาณน้ำ 200 ลิตร



กราฟที่ 5.23 แสดงประสิทธิภาพของระบบเฉลี่ยในเดือนต่าง ๆ ที่ปริมาตร 200 ลิตร

5.2.3 การเอียงมุมของแผงรับแสง

เมื่อแผงรับแสงมีการปรับเอียงมุมจาก 0 ถึง 60 องศาในเดือนต่าง ๆ ซึ่งได้แก่เดือนมกราคม มิถุนายนและตุลาคมผลการคำนวณได้ค่าต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.9-5.11 ส่วนกราฟที่ 5.24-5.26 ได้แสดงอุณหภูมิหน้าที่แผงรับแสงทำได้ พลังงานความร้อนในถังน้ำร้อน ประสิทธิภาพและผลประหยัดค่าไฟฟ้า ของปริมาตรน้ำ 100 ลิตรในเมื่อปรับแผงรับแสงในมุมเอียงต่าง ๆ

พบว่าในเดือนมกราคม อุณหภูมิหน้า พลังงานในถังน้ำร้อน ผลประหยัดค่าไฟฟ้าสูงสุดที่มุม 45 องศา และประสิทธิภาพสูงสุดที่มุม 60 องศา เดือนมิถุนายน อุณหภูมิหน้า พลังงานในถังน้ำร้อน ผลประหยัดค่าไฟฟ้าและประสิทธิภาพสูงสุดที่มุม 0 องศา ส่วนเดือนตุลาคม อุณหภูมิหน้า พลังงานในถังน้ำร้อน ผลประหยัดค่าไฟฟ้าและประสิทธิภาพสูงสุดที่มุม 30 องศา

ตารางที่ 5.9 ผลการคำนวณเมื่อเปลี่ยนมุมเอียงของแผงปริมาตรน้ำ 100 ลิตรในเดือนมกราคม
อุณหภูมิหน้าเริ่มต้น 28 °C

มุมเอียง แผง (องศา)	อุณหภูมิ น้ำ (°C)	พลังงาน ที่ถ่ายเท สู่น้ำ (MJ)	ประสิทธิภาพ (%)	ผลประหยัดค่าไฟฟ้า (บาท) (คิดยูนิตละ 2.5 บาท)
0	37.32	117.20	39.59	81.39
15	38.74	135.01	41.09	93.76
30	39.23	141.16	40.87	98.03
45	39.40	143.31	40.88	99.52
60	39.33	142.36	41.42	98.86

ตารางที่ 5.10 ผลการคำนวณเมื่อเปลี่ยนมุมเอียงของแผงปริมาตรน้ำ 100 ลิตรในเดือนมิถุนายน
อุณหภูมิหน้าเริ่มต้น 28 °C

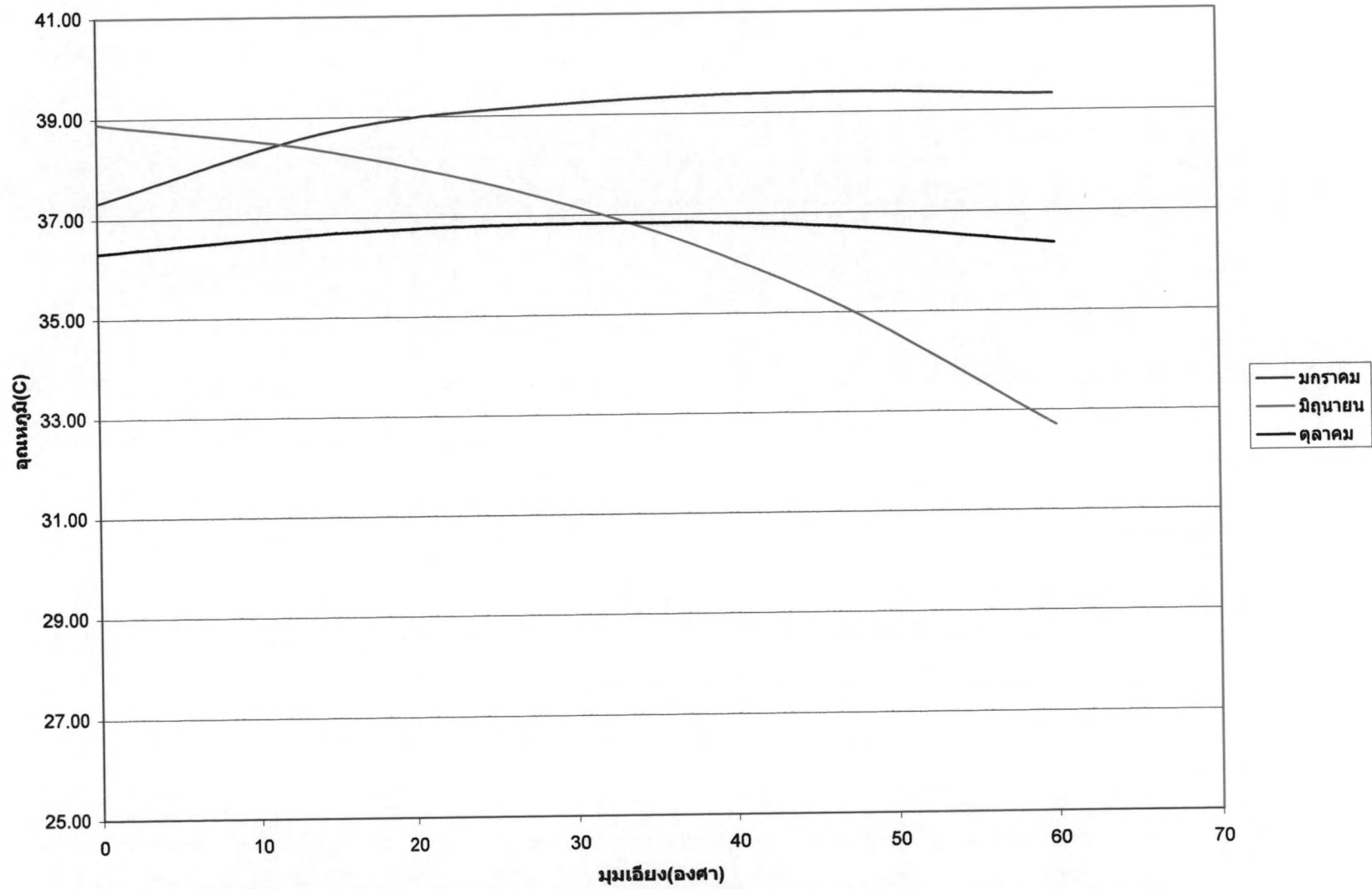
มุมเอียง แผง (องศา)	อุณหภูมิ น้ำ (°C)	พลังงาน ที่ถ่ายเท สู่น้ำ (MJ)	ประสิทธิภาพ (%)	ผลประหยัดค่า ไฟฟ้า(บาท) (คิด ยูนิตละ 2.5 บาท)
0	38.90	136.99	42.87	95.13
15	38.30	129.42	42.59	89.88
30	37.18	115.43	41.31	80.16
45	35.39	92.87	37.27	64.49
60	32.70	59.07	26.42	41.02

ตารางที่ 5.11 ผลการคำนวณเมื่อเปลี่ยนมุมเอียงของแผงปริมาตรน้ำ 100 ลิตรในเดือนตุลาคม อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น 28 °C

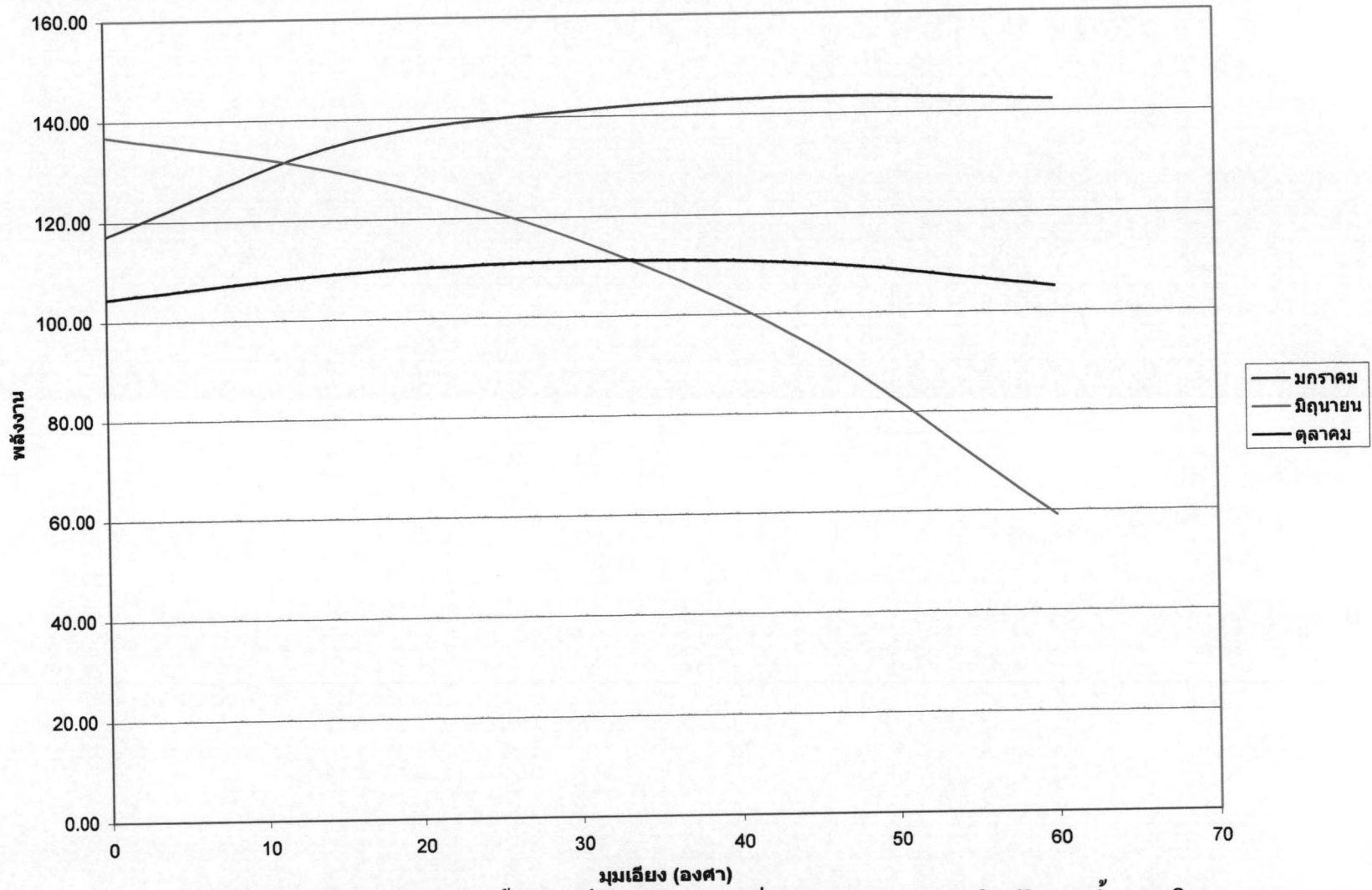
มุมเอียง แผง (องศา)	อุณหภูมิ น้ำ (°C)	พลังงาน ที่ถ่ายเท สู่น้ำ (MJ)	ประสิทธิภาพ (%)	ผลประหยัดค่า ไฟฟ้า(บาท) (คิดยูนิตละ 2.5 บาท)
0	36.31	104.51	42.61	72.57
15	36.69	109.23	42.94	75.85
30	36.83	111.05	43.03	77.12
45	36.75	110.00	42.99	76.39
60	36.35	104.97	42.42	72.89

5.3 ผลการคำนวณแผงต่ออนุกรม

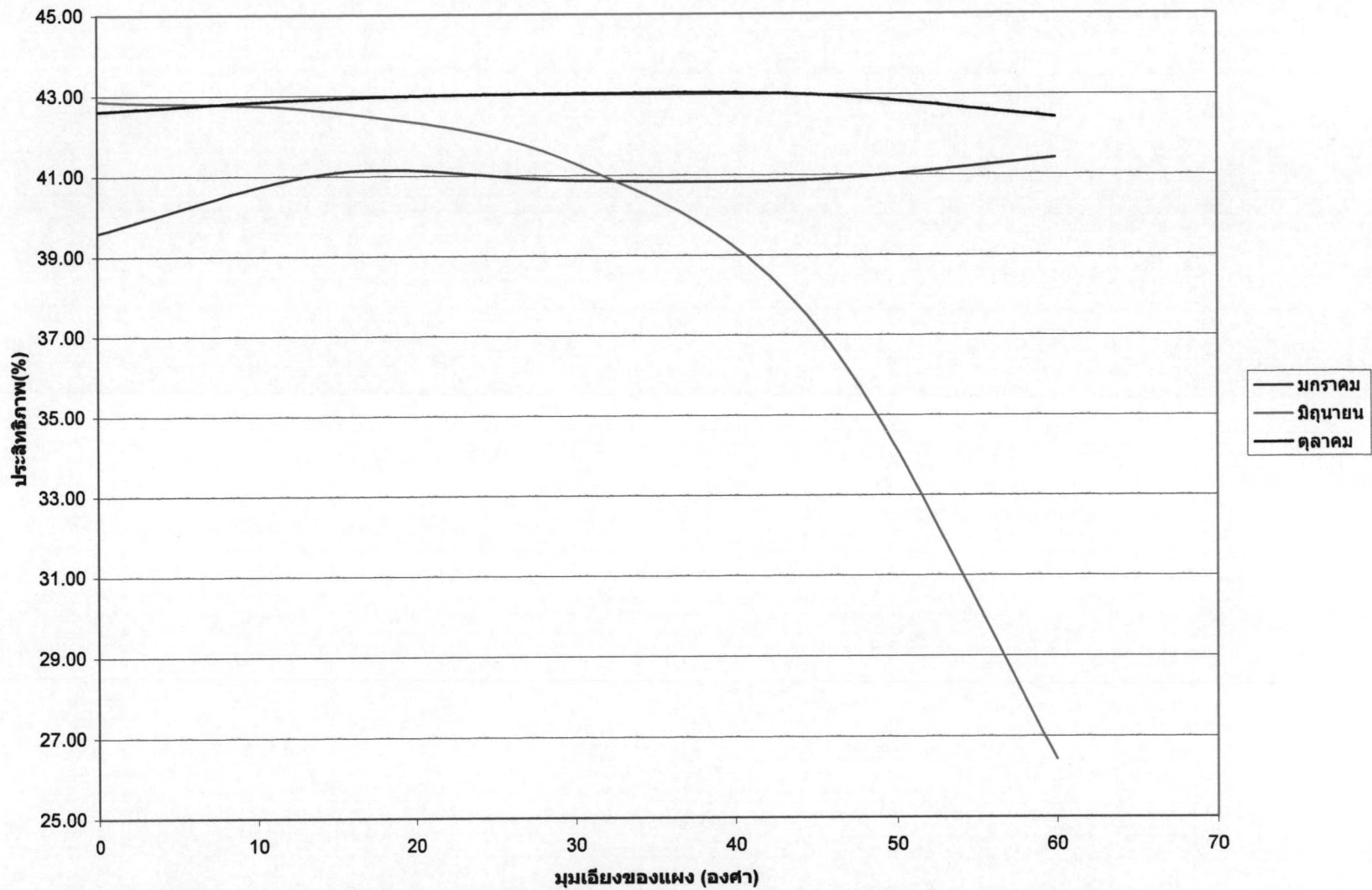
การคำนวณในส่วนนี้จะเป็นการคำนวณการจำลองแผงต่ออนุกรมจำนวน 2 แผงโดยใช้ข้อมูล วันฟ้าครีမ် (20 พฤศจิกายน 2550) ในการคำนวณกราฟที่ 5.27 และ 5.28 ได้เปรียบเทียบระหว่างแผง เดี่ยวและแผงอนุกรม พบว่าเมื่อต่อแผงอนุกรมจะได้อุณหภูมิน้ำสูงกว่าแต่ประสิทธิภาพจะต่ำกว่า



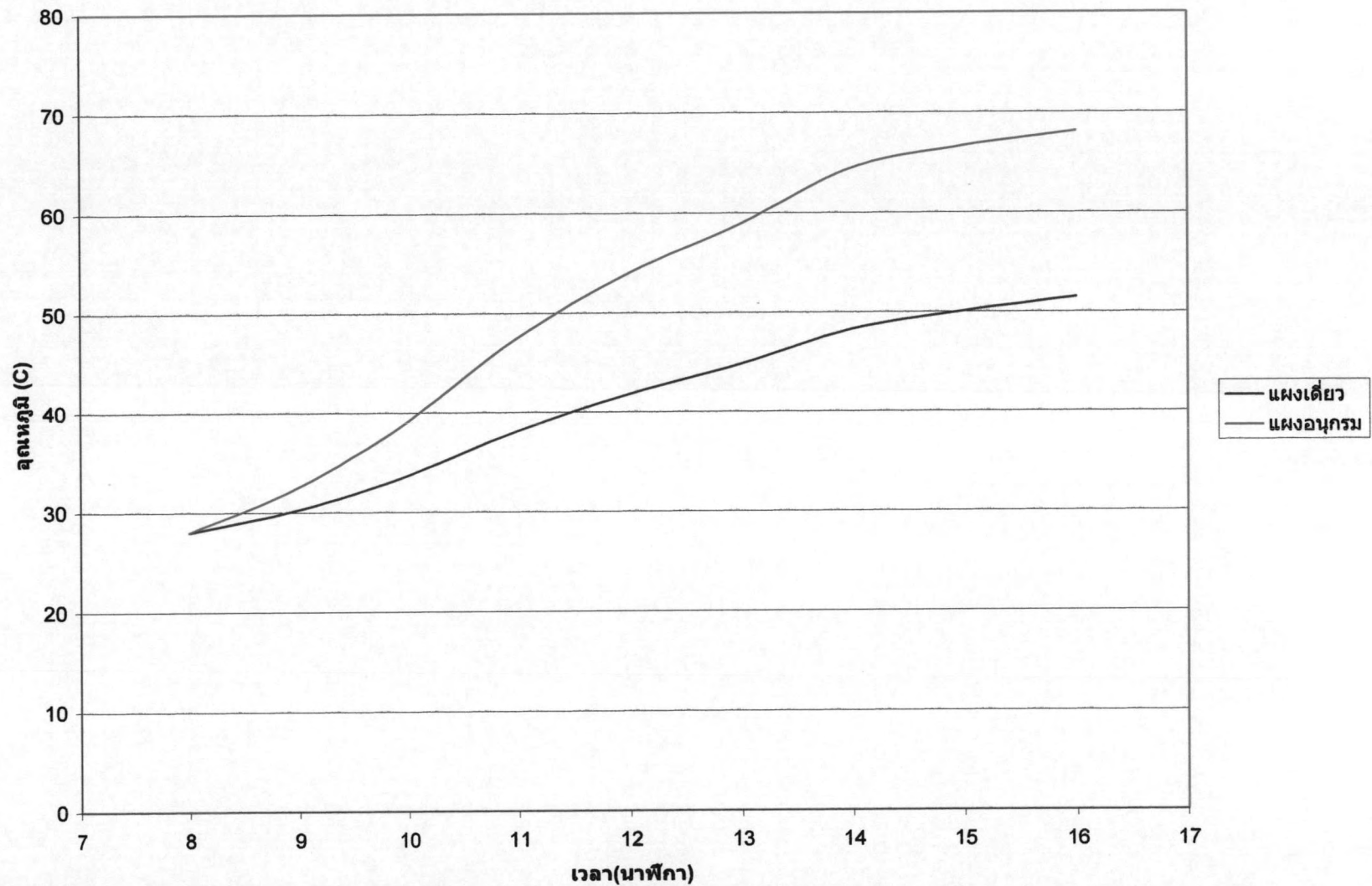
กราฟที่ 5.24 แสดงอุณหภูมิสูงสุดที่แพงทำได้เฉลี่ยในเดือนต่าง ๆ ที่มูลเอียงต่าง ๆ ของแพง ในปริมาณน้ำ 100 ลิตร



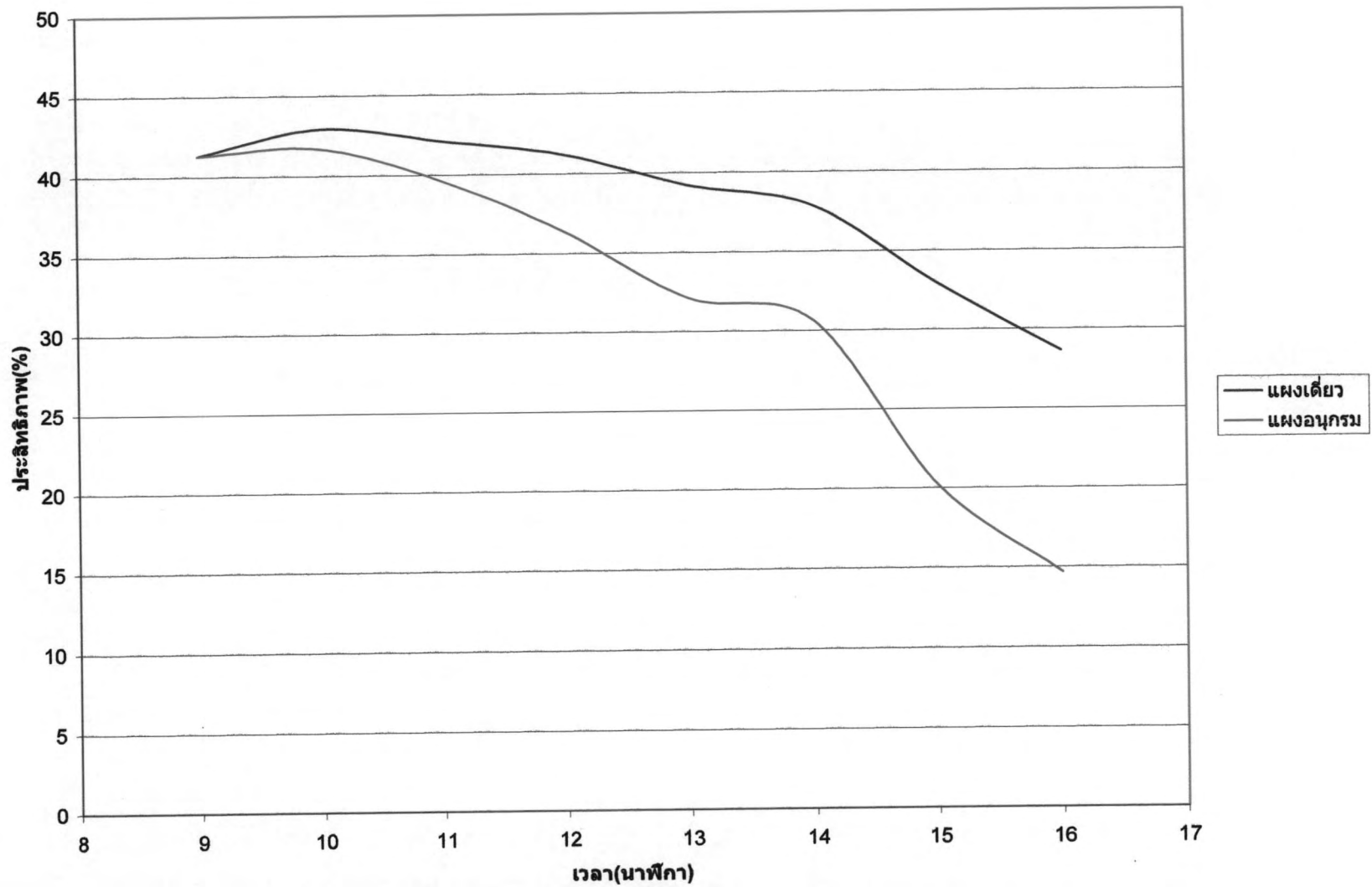
กราฟที่ 5.25 แสดงพลังงานในถังน้ำร้อนเฉลี่ยในเดือนต่าง ๆ ที่มุมเอียงต่าง ๆ ของแผงในปริมาตรน้ำ 100 ลิตร



กราฟที่ 5.26 แสดงประสิทธิภาพของระบบเฉลี่ยในเดือนต่าง ๆ ที่มมเอียงต่าง ๆ ของแ่งในปริมาตรน้ำ 100 ลิตร



กราฟที่ 5.27 แสดงอุณหภูมิน้ำในถังที่แสงทำได้ที่เวลาต่างๆ ของวันฟ้าครึ้ม(20 พฤศจิกายน 2550) ในปริมาณน้ำ 30 ลิตร (แสงอนุกรม)



กราฟที่ 5.28 แสดงประสิทธิภาพของระบบที่เวลาต่าง ๆ ของวันฟ้าครึ้ม (20 พฤศจิกายน 2550) ในปริมาณน้ำ 30 ลิตร (แผงต่ออนุกรม)