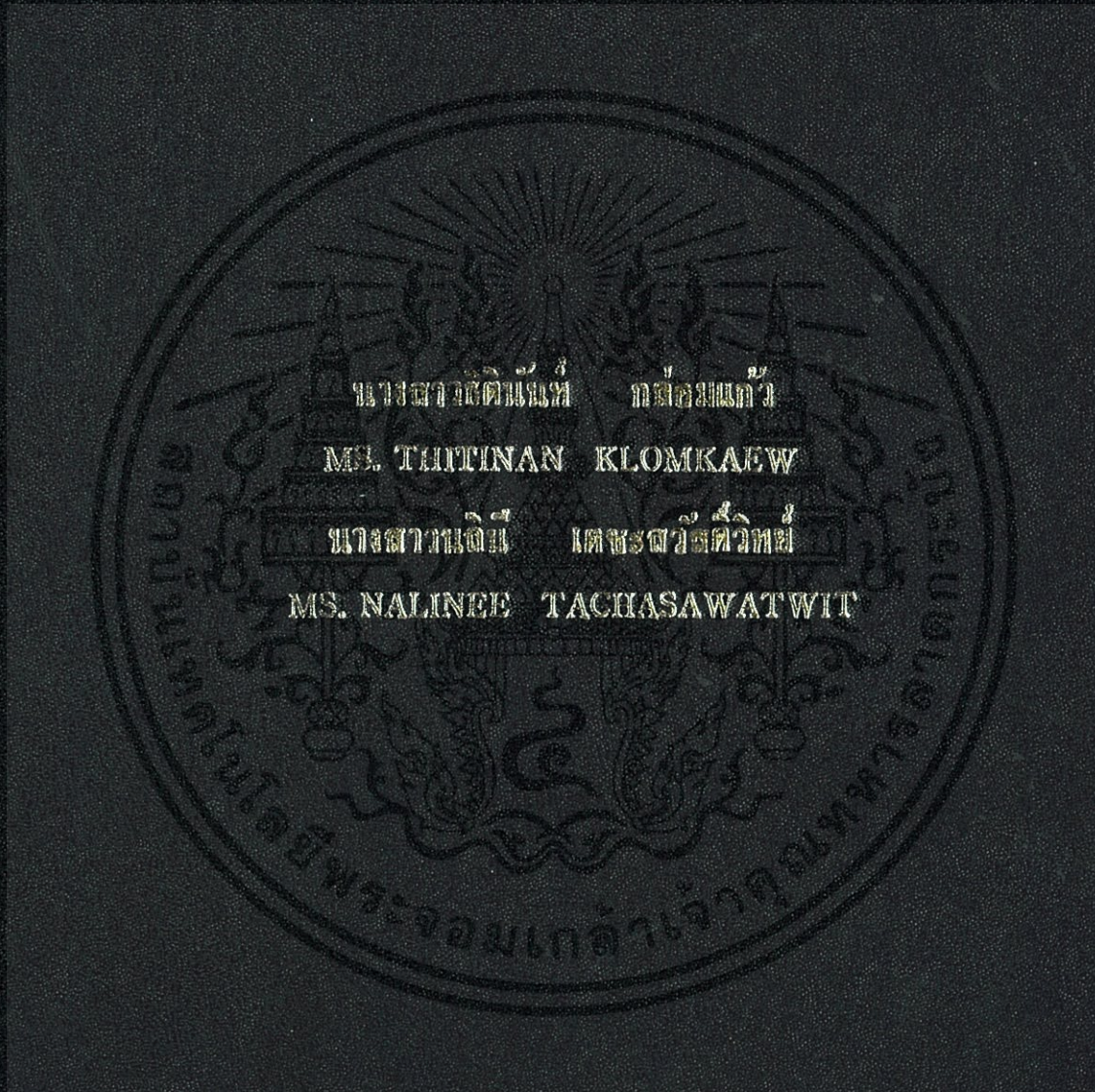


เรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด
CLOSED LOOP SOLER DRYER HOUSE



ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อสนองความต้องการของภาควิชาเกษตรพลังงานแสงอาทิตย์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 2555

เรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด

CLOSED LOOP SOLER DRYER HOUSE



นางสาวธิตินันท์ กล่อมแก้ว

นางสาวนลินี เตชะสวัสดีวิทย์

MS. THITINAN KLOMKAEW

MS. NALINEE TACHASAWATWIT

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CLOSED LOOP SOLER DRYER HOUSE

MS. THITINAN KLOMKAEW

MS. NALINEE TACHASAWATWIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2012

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท

เรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด

CLOSED LOOP SOLAR DRYER HOUSE

นักศึกษา

นางสาวธิดินันท์ กล่อมแก้ว

รหัสประจำตัว

52010509

นางสาวนลินี เตชะสวัสดิ์วิทย์

รหัสประจำตัว

52010583

หลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท



(รศ.ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด
นักศึกษา	นางสาวธิดินันท์ กล่อมแก้ว นางสาวนลินี เตชะสวัสดิ์วิทย์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา	2555
อาจารย์ควบคุมปริญญานิพนธ์	รศ.ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต

บทคัดย่อ

การตากแห้งเป็นหนึ่งในวิธีการถนอมคุณภาพอาหารให้สามารถจัดเก็บได้นานขึ้น แต่การตากแห้งแบบโดยตรงมักเกิดปัญหามากมาย ตัวอย่างเช่นความไม่แน่นอนทางสภาพอากาศ มนุษย์ได้พยายามพัฒนาเครื่องมือต่างๆ มาเป็นเวลานาน เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่มีการศึกษาวิจัยเพื่อนำมาช่วยลดปัญหาดังกล่าว สำหรับในงานวิจัยนี้ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบและสร้างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดเปรียบเทียบกับแบบวงเปิด มีส่วนประกอบ 4 ส่วนคือ 1) แผงรับแสงอาทิตย์ มีพื้นที่รับแสงขนาด 1 ตารางเมตร โดยใช้แผ่นอะคริลิกจำนวน 2 แผ่นเป็นตัวรับแสง มีช่องว่างอากาศระหว่างแผ่นทั้งสองทำหน้าที่เป็นฉนวน 2) ท่อลมร้อนเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ที่ต่อกับท่อลดพีวีซีให้เหลือขนาด 2 นิ้ว 3) ห้องอบแห้งปริมาตร 0.15 ลูกบาศก์เมตร และ 4) ขาดังแผงรับแสงอาทิตย์ สำหรับการทดสอบจะใช้พัดลมเพื่อช่วยให้อากาศเคลื่อนที่ ในกรณีแบบวงปิดจะนำอากาศร้อนจากห้องอบแห้งกลับมาใช้ใหม่โดยต่อท่อเข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์ ส่วนแบบวงเปิดอากาศร้อนในห้องอบแห้งจะถูกปล่อยสู่อากาศภายนอก จากการทดสอบเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้เร็วกว่าและเกิดความแปรปรวนของอุณหภูมิในห้องอบแห้งน้อยกว่าเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิด เรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 2 แบบ สามารถทำอุณหภูมิได้สูงสุดในช่วงเวลา 12.00 - 14.00 นาฬิกา โดยเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้สูงสุดอยู่ในช่วง 45 - 55 องศาเซลเซียส และเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิดสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้สูงสุดอยู่ในช่วง 40 - 48 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Closed loop solar dryer housed
Student	MS. Thitinan klomkaew MS. Nalinee Tachasawatwit
Degree	Bachelor of Engineering in industrial Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Academic Year	2012
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Sakon Klongboonjit

ABSTRACT

Drying is one method of food preservation to store longer time but direct sunlight drying causes a lot of problems since the uncertain of weather. Human try to develop something for a long time, solar dryer is one of objects which is studied to reduce these problems. For this research, closed loop solar dryer house is designed and constructed to compare with opened loop solar dryer house. Both of these dryers have 4 parts : 1) solar collectors has collector area as 1 square meters producing by use 2 sheets of acrylic with air gap between acrylic serving as insulator, 2) air ducts have diameter as 4 inch are linked with reduction pipe to reduce diameter to 2 inch, 3) solar chamber with volume of 0.15 cubic meters and 4) easel for support solar collector set. In the experiment, electric fans are used to flow air in system. In case of closed loop, hot air is brought back into solar collector to heat again, but opened loop, hot air is ventilated to external ambient air. The results show that closed loop solar dryer house can increase temperature faster and less varied of temperature than that of opened loop. Both of solar dryer houses can make the highest temperature around 12.00 AM to 2.00 PM. The highest temperature of closed loop is about 45 – 55 degree celsius and the highest temperature of opened loop is about 40 – 48 degree celsius.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรเรื่อง เรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี กลุ่มผู้วิจัยขอกราบ
ขอบพระคุณบุคคลทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องส่งผลให้ปริญญาบัตรฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

รศ.ดร. สกนธ์ คล่องบุญจิต อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาบัตร กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับการให้โอกาสในการศึกษาปริญญาบัตรฉบับนี้ รวมทั้งความรู้ คำแนะนำ ความช่วยเหลือและความเอาใจใส่ในทุกๆ ด้าน
ตลอดเวลาที่ผ่านมา

อาจารย์พลชัย โชติปรายนกุล กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับความรู้ คำแนะนำ และความ
ช่วยเหลือทุกๆ ด้านในการจัดทำปริญญาบัตรฉบับนี้

ดร. วิภู ศรีสืบสาย หัวหน้าสาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับการ
ให้โอกาสในการศึกษาปริญญาบัตรฉบับนี้ คำแนะนำ ความเอาใจใส่และทุกสิ่งทุกอย่างตลอดการศึกษาระดับปริญญาตรี ใน
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับความเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำปริญญาบัตร รวมทั้งอาจารย์ทุกท่าน

ชุมชนอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กลุ่มผู้วิจัยขอ
กราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับความเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการสร้างและการทดสอบเรือนอบแห้งพลังงาน
แสงอาทิตย์ รวมทั้งสมาชิกทุกท่าน

บิดา มารดา รวมทั้งเพื่อนทุกคน กลุ่มผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง สำหรับความช่วยเหลือและกำลังใจทำ
ให้ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นางสาวธิดินันท์ กล่อมแก้ว

นางสาววันลินี เตชะสวัสดิ์วิทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1	บทนำ
1.1 ที่มาของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับดวงอาทิตย์.....	3
2.2 พลังงานจากดวงอาทิตย์เมื่อเดินทางมาถึงโลก.....	5
2.3 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย.....	5
2.4 เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์.....	10
2.5 หลักการทำงานของ การอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์.....	11
2.5.1 รับรังสีอาทิตย์โดยตรง.....	11
2.5.2 รับรังสีอาทิตย์โดยอ้อม.....	12
2.5.3 รับรังสีอาทิตย์แบบผสม.....	13
2.6 ชนิดของระบบอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์.....	14
2.6.1 การอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์แบบ Passive system.....	16
2.6.2 การอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์แบบ Active system.....	16
2.7 ฉนวนความร้อน.....	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.8 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์	19
2.8.1 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบรวม	19
2.8.2 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบตรง	20
2.9 กว๊วข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์	22
2.10 ความร้อน	24
2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	25
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	
3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	34
3.2 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการออกแบบ	35
3.3 ออกแบบเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	36
3.3.1 แผงรับแสงอาทิตย์	36
3.3.2 ขาดังแผงรับแสงอาทิตย์	36
3.3.3 ท่อลมร้อน	37
3.3.4 ห้องอบแห้ง	37
3.4 การสร้างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	37
3.4.1 แผงรับแสงอาทิตย์	37
3.4.2 ขาดังแผงรับแสงอาทิตย์	37
3.4.3 ท่อลมร้อน	38
3.4.4 ห้องอบแห้ง	38
3.5 ทดสอบและเก็บผลการทำงานของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	38
3.5.1 การวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	38
3.5.2 ผลการทดสอบ	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

4.1	ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	40
4.2	สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการออกแบบ	41
4.3	ออกแบบเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	46
4.3.1	แผงรับแสงอาทิตย์	46
4.3.2	ขาตั้งแผงรับแสงอาทิตย์	47
4.3.3	ท่อลมร้อน	47
4.3.4	ห้องอบแห้ง	48
4.4	การสร้างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์.....	50
4.4.1	แผงรับแสงอาทิตย์	50
4.4.2	ขาตั้งแผงรับแสงอาทิตย์	55
4.4.3	ท่อลมร้อน	57
4.4.4	ห้องอบแห้ง	58
4.5	ทดสอบและเก็บผลการทำงานของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์.....	64
4.5.1	การวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	64
4.5.2	ผลการทดสอบ	68

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

5.1	สรุปผลการทดสอบเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบวงปิดและแบบวงเปิด	79
5.2	วิจารณ์ผลการทดสอบ	80
5.3	ข้อเสนอแนะการแก้ไข	80

หนังสืออ้างอิง

ภาคผนวก ก. แสดงตารางข้อมูลผลการทดลอง จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ภาคผนวก ข. แสดงวัสดุ อุปกรณ์ และแบบเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ภาคผนวก ค. แสดงตารางข้อมูลผลการทดลอง เนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของดวงอาทิตย์	4
รูปที่ 2.2 แสดงศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (ความเข้มรังสีของดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันต่อปี)	6
รูปที่ 2.3 แสดงเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ที่ระดับต่างๆ	6
รูปที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีที่ประเทศต่างๆ ได้รับ	7
รูปที่ 2.5 แสดงการแปรค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือน โดยเฉลี่ยทุกพื้นที่ทั่วประเทศ	8
รูปที่ 2.6 แสดงศักยภาพพลังงานความเข้มรังสีตรงของประเทศไทย	9
รูปที่ 2.7 แสดงการแจกแจงของรังสีตรงตามพื้นที่	10
รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างของระบบอบแห้งแบบ Direct solar drying	12
รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของระบบอบแห้งแบบ Indirect solar drying	13
รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของ Reverse absorber cabinet dryer	14
รูปที่ 2.11 แสดงการออกแบบระบบอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์แบบต่างๆ	15
รูปที่ 2.12 แสดงโครงสร้างเครื่องอบแห้งแบบ Passive	16
รูปที่ 2.13 แสดงเครื่องอบแห้งแบบ Indirect active solar drying	17
รูปที่ 2.14 แสดงเครื่องอบแห้งแบบ Indirect active solar drying	18
รูปที่ 2.15 แสดงแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบ	19
รูปที่ 2.16 แสดงแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบฮีทไปป์	20
รูปที่ 2.17 แสดงแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิค	21
รูปที่ 2.18 แสดงแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบเฟรสเนล	21
รูปที่ 2.19 แสดงแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบจาน	22
รูปที่ 2.20 แสดงคุณสมบัติของระบบสำหรับกระบวนการที่มีการไหลแบบคงที่สภาวะคงที่	23
รูปที่ 2.21 แสดงสมบัติต่างๆ ที่ขอบเขตของระบบ รวมถึงความร้อนและงาน ที่เกิดขึ้นมีค่าคงที่ตลอดกระบวนการ	24
รูปที่ 2.22 แสดงเครื่องอบแห้งของ Exell และคณะ 1979	26
รูปที่ 2.23 แสดงเครื่องอบแห้งและเก็บรักษาข้าวเปลือกด้วยแสงอาทิตย์	27
รูปที่ 2.24 แสดงเครื่องอบแห้งผลไม้	28
รูปที่ 2.25 แสดงรูปตัดขวางของแผงรับแสงอาทิตย์	28

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.26 แสดงภาพตัดตามยาวของแผงรับแสงอาทิตย์	29
รูปที่ 2.27 แสดงการวางตะแกรงภายในตู้อบ	29
รูปที่ 2.28 แสดงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้นโดย เสริม จันทรฉาย และคณะ	30
รูปที่ 2.29 แสดงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์.....	31
รูปที่ 2.30 แสดงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม	32
รูปที่ 2.31 แสดงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์แบบมหาวิทยาลัยศิลปากร	32
รูปที่ 2.32 แสดงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ที่ปรับปรุงระบบให้ความร้อนเสริม	33
รูปที่ 3.1 แสดงตารางบันทึกผลทดสอบการทำงานของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์	35
รูปที่ 4.1 แสดงรังสีรวมของเขตลาดกระบัง - กรุงเทพฯ	41
รูปที่ 4.2 แสดงการเคลื่อนที่ของอากาศในแผงรับแสงอาทิตย์	42
รูปที่ 4.3 แสดงการเคลื่อนที่ของอากาศในห้องอบแห้ง	43
รูปที่ 4.4 แสดงโปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์	44
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงอุณหภูมิของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดใน 1 วัน	45
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงอุณหภูมิของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบทั่วไปใน 1 วัน	45
รูปที่ 4.7 แสดงแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์	46
รูปที่ 4.8 แสดงแบบจำลองขาดังแผงรับแสงอาทิตย์	47
รูปที่ 4.9 แสดงแบบจำลองท่อลมร้อน	47
รูปที่ 4.10 แสดงแบบจำลองห้องอบแห้ง	48
รูปที่ 4.11 แสดงแบบจำลองเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด	49
รูปที่ 4.12 แสดงแบบจำลองเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิด	49
รูปที่ 4.13 แสดงโครงสร้างของแผงรับแสง	51
รูปที่ 4.14 แสดงการประกอบโครงสร้างแผงรับแสงอาทิตย์	52
รูปที่ 4.15 แสดงการบุนวนของแผงรับแสง	53
รูปที่ 4.16 แสดงการเจาะช่องแผงรับแสงอาทิตย์	54
รูปที่ 4.17 แสดงแผงรับแสงอาทิตย์แบบสมบูรณ์	55

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.18 แสดงขาตั้งแผงรับแสงอาทิตย์	56
รูปที่ 4.19 แสดงท่อลมที่สมบูรณ์	58
รูปที่ 4.20 แสดงโครงหน้าตัดของห้องอบแห้ง	59
รูปที่ 4.21 แสดงการติดไม้อัดเข้ากับโครงหน้าตัดห้องอบแห้ง	60
รูปที่ 4.22 แสดงการบุนวนของห้องอบแห้ง	61
รูปที่ 4.23 แสดงการเชื่อมต่อโครงและบุนวนของห้องอบแห้ง	62
รูปที่ 4.24 แสดงการเจาะรูของห้องอบแห้ง	62
รูปที่ 4.25 แสดงห้องอบแห้งที่สมบูรณ์	63
รูปที่ 4.26 แสดงขาตั้งแผงรับแสงแผงรับแสงอาทิตย์ทำมุม 14 องศา กับพื้นราบ	65
รูปที่ 4.27 แสดงการติดตั้งเสร็จสมบูรณ์	65
รูปที่ 4.28 แสดงการติดตั้ง power supply เข้ากับพัดลมภายในห้องอบแห้ง	66
รูปที่ 4.29 แสดงตำแหน่งเทอร์โมมิเตอร์ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด	67
รูปที่ 4.30 แสดงตำแหน่งเทอร์โมมิเตอร์ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด	67
รูปที่ 4.31 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 1 (วันที่ 21 ธันวาคม 2555)	69
รูปที่ 4.31 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 1 (วันที่ 21 ธันวาคม 2555) (ต่อ)	70
รูปที่ 4.32 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 2 (วันที่ 22 ธันวาคม 2555)	71
รูปที่ 4.32 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 2 (วันที่ 22 ธันวาคม 2555) (ต่อ)	72
รูปที่ 4.33 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 3 (วันที่ 23 ธันวาคม 2555)	73
รูปที่ 4.33 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 3 (วันที่ 23 ธันวาคม 2555) (ต่อ)	74
รูปที่ 4.35 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 4 (วันที่ 24 ธันวาคม 2555)	75
รูปที่ 4.35 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 4 (วันที่ 24 ธันวาคม 2555) (ต่อ)	76
รูปที่ 4.36 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 5 (วันที่ 27 ธันวาคม 2555)	77
รูปที่ 4.36 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 5 (วันที่ 27 ธันวาคม 2555) (ต่อ)	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของงานวิจัย

ผักและผลไม้เป็นพืชเศรษฐกิจและเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งมีอยู่มากมายหลายชนิด บางชนิดสามารถให้ผลผลิตได้ตลอดทั้งปี แต่บางชนิดให้ผลผลิตได้ตามฤดูกาล การถนอมผลิตภัณฑ์เหล่านี้จึงเป็นสิ่งจำเป็นในการรักษาคุณภาพของอาหารให้สามารถยืดอายุการจัดเก็บให้นานขึ้น และเพื่อเพิ่มมูลค่าทางผลผลิต นำไปสู่การแปรรูปประเภทต่างๆ เช่น การหมักดอง การกวน การเชื่อม การแช่แข็ง หรือการตากแห้ง เป็นต้น

มนุษย์รู้จักและเรียนรู้การตากแห้ง หรือใช้ความร้อนจากแสงอาทิตย์มาเป็นเวลานานแล้ว ไม่ว่าจะเป็นการตากผลผลิตทางการเกษตร การตากเสื้อผ้า การทำนาเกลือ เป็นต้น แต่ส่วนมากเป็นการตากแห้งแบบโดยตรง ซึ่งประสบปัญหามากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งความไม่แน่นอนทางสภาพอากาศ การพยายามหาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ เพื่อช่วยลดปัญหาดังกล่าวจึงถูกพัฒนาขึ้นในรูปของเครื่องอบแห้ง โดยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นอุปกรณ์ที่มนุษย์พยายามคิดค้นและพัฒนาขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งพืชผลทางการเกษตร และลดความเสียหายในการตากแห้งลง

และเนื่องจากประเทศไทยอยู่บริเวณศูนย์สูตร ซึ่งมีศักยภาพด้านการใช้ประโยชน์จากพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง การอบแห้งหรือการตากแห้งด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการสามารถเลือกใช้ ดังนั้นจึงพัฒนาเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดเพื่อให้ได้เรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถใช้อบแห้งผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิสูงกว่าเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์วงเปิด ทั้งยังใช้เวลาในการอบแห้งอาหารน้อยลง ซึ่งจะช่วยยกระดับมาตรฐานคุณภาพอาหารให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย
2. เพื่อออกแบบและสร้างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด ที่สามารถสร้างความร้อนภายในห้องอบแห้งประมาณ 90 องศาเซลเซียส และศึกษาประสิทธิภาพเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. ออกแบบและสร้างเรือนอบพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดขนาด 0.125 ตารางเมตร
2. ศึกษาและทดสอบเครื่องโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศเขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ต้นแบบเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด
2. ทราบประสิทธิภาพการทำงานของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์
3. เป็นแนวทางในการพัฒนาเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

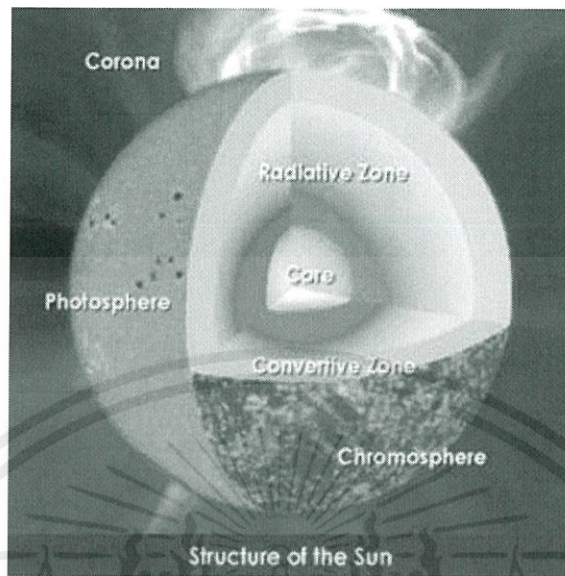
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับดวงอาทิตย์ [6]

แหล่งพลังงานธรรมชาติที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบนโลก รวมทั้งธรรมชาติและระบบนิเวศต่างๆ คือพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีแหล่งกำเนิดมาจากดวงอาทิตย์ที่เป็นดาวฤกษ์ที่ใหญ่ที่สุดในระบบสุริยะ มีอายุเกือบ 5,000 ล้านปี อยู่ห่างจากโลกประมาณ 150 ล้านกิโลเมตร แสงจากดวงอาทิตย์ใช้เวลาเดินทางมายังโลกเพียง 8.30 นาที หรือ 499 วินาทีเท่านั้น พลังงานจำนวนมหาศาลในดวงอาทิตย์ได้มาจากการเปลี่ยนก๊าซไฮโดรเจนเป็นฮีเลียมที่อุณหภูมิประมาณ 15 ล้านเคลวิน หรือประมาณ 27 ล้านองศาฟาเรนไฮต์ มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.39×10^6 กิโลเมตร มีปริมาตร 1,300,000 เท่าของโลก และมีมวลมากกว่าโลกของเรา 333,434 เท่า

ดวงอาทิตย์ คือก้อนก๊าซขนาดมหึมาที่ลอยอยู่ในอวกาศ พื้นผิวของดวงอาทิตย์ที่ส่องแสงสว่างจ้า มีการระเบิดที่รุนแรงและแปรปรวนอยู่ตลอดเวลาไม่เคยหยุดนิ่ง เนื้อสารของดวงอาทิตย์ทั้งปวงเป็นก๊าซ เนื่องจากอุณหภูมิภายในดวงอาทิตย์สูงมากจนสสารทุกชนิดแม้แต่เหล็กและทองคำละลายกลายเป็นไอ หากนักบินอวกาศขับยานอวกาศสมมติที่สามารถทนความร้อนนับสิบล้านเคลวิน บินตรงเข้าไปยังดวงอาทิตย์ ยานอวกาศลำนั้นจะบินทะลุดวงอาทิตย์ไปโดยไม่ชนกับของแข็งใดๆ เลย ดวงอาทิตย์ประกอบด้วยไฮโดรเจนประมาณ 70% ฮีเลียม 28% และธาตุหนักอื่นๆ ประมาณ 2% โดยมวล ดวงอาทิตย์มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1,392,000 กิโลเมตร หรือเท่ากับ 109 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของโลกและมีมวลถึง 2,000 ล้านล้านล้านตัน ซึ่งคิดเป็นมวลกว่า 98% ของมวลของวัตถุทั้งหมดในระบบสุริยะ ด้วยเหตุนี้ดวงอาทิตย์จึงเป็นเสมือนหัวหน้าครอบครั้ว ที่ดึงดูดดาวเคราะห์ทุกดวงและวัตถุในระบบสุริยะรวมทั้งโลกของเราให้โคจรไปรอบๆ ดวงอาทิตย์มีความหนาแน่นมากที่สุดที่บริเวณแกนซึ่งเป็นแหล่งผลิตพลังงาน และมีค่าน้อยลงตามระยะห่างที่ออกมาจากแกน แม้ว่าภายในดวงอาทิตย์จะไม่สามารถมองเห็นได้แต่นักวิทยาศาสตร์สามารถศึกษาภายในผ่านทางการใช้คลื่นสะเทือนในดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของดวงอาทิตย์

ที่มา : <http://www.thaigoodview.com/node/132337>

จากรูปที่ 2.1 เป็นการแสดงโครงสร้างของดวงอาทิตย์ ทั้งเขตถ่ายเทความร้อนและขอบเขตของบรรยากาศชั้นต่างๆ ของดวงอาทิตย์ ซึ่งเขตของการถ่ายเทความร้อนแบ่งได้เป็น 3 เขต ได้แก่ เขตแผ่รังสีความร้อน (Radiation zone) เขตพาความร้อน (Convection zone) และเขตโฟโตสเฟียร์ (Photosphere)

เขตแผ่รังสีความร้อน อยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.7 ส่วนของรัศมีดวงอาทิตย์ ในชั้นนี้จะไม่มีการพาความร้อนเพราะอัตราความแตกต่างของอุณหภูมิเมื่อเทียบกับระยะความสูงน้อยกว่าอัตราการเปลี่ยนอุณหภูมิตามความสูงแบบอะเดียบาติก (Adiabatic lapse rate) พลังงานในส่วนนี้ถูกนำออกสู่ภายนอกช้ามากอย่างรวดเร็วประมาณ 50 ล้านปี อย่างช้าประมาณ 17,000 ปี เพราะโฟตอนพลังงานสูง (รังสีเอกซ์และรังสีแกมมา) ถูกดูดกลืนไปในพลาสมา แล้วเปล่งพลังงานออกมาสลับกันเรื่อยๆ ทุกๆ ระยะไม่กี่มิลลิเมตร

ในส่วนเขตพาความร้อนซึ่งอยู่บริเวณผิวนอก ที่เหลือเป็นส่วนที่พลังงานถูกถ่ายเทผ่านแท่งความร้อน (Heat column) โดยเนื้อสารที่ร้อนและมีพลังงานเริ่มต้นจากด้านล่าง แล้วไหลขึ้นด้านบนจนถึงผิว จากนั้นถ่ายเทความร้อนและกลับลงไปใหม่ แท่งความร้อนสามารถสังเกตได้จาก “เกล็ด” บนภาพถ่ายดวงอาทิตย์

ในส่วนของเขตโฟโตสเฟียร์ ซึ่งเป็นส่วนที่เรามองเห็นดวงอาทิตย์ แสงสว่างที่เปล่งในดวงอาทิตย์นั้นเกิดจากอิเล็กตรอนชนกับอะตอมไฮโดรเจนเกิดเป็น H^- เหนือชั้นนี้แสงอาทิตย์จะถูกปลดปล่อยออกมา และมีอุณหภูมิต่ำลงตามความสูงที่มากขึ้น จนทำให้สังเกตเห็นรอยมัวตรงขอบดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการทีมงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 พลังงานจากดวงอาทิตย์เมื่อเดินทางมาถึงโลก [6]

กว่าที่พลังงานจากดวงอาทิตย์จะเดินทางมาถึงผิวโลกจะต้องเดินทางผ่านชั้นบรรยากาศของโลกที่มีหลายชั้นและในแต่ละชั้นก็มีคุณสมบัติและลักษณะทางกายภาพต่างๆ กัน นอกจากนี้ยังต้องเดินทางผ่านอากาศที่สภาวะต่างๆ อาจมีเมฆหมอก ไอน้ำ หรือควัน และยังคงต้องเดินทางผ่านพื้นผิวโลกที่เป็นภูเขา ที่ราบสูง หุบเขา หรือพื้นน้ำอีก ทำให้พลังงานแสงอาทิตย์ถูกลดทอน เปลี่ยนทิศทาง และเกิดการกระจัดกระจายไปบางส่วน โดยปกติแล้วแสงอาทิตย์ที่เดินทางมาถึงผิวโลกจะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ แสงอาทิตย์แบบตรง (Direct radiation) และแสงอาทิตย์แบบกระจาย (Diffuse radiation) ดังนั้นที่ตำแหน่งใดๆ บนผิวโลกพลังงานแสงอาทิตย์รวม (Global radiation) ที่ได้รับจะเป็นผลรวมของพลังงานแสงอาทิตย์จากแสงอาทิตย์แบบตรงและแบบกระจาย

พลังงานแสงอาทิตย์แบบรวม คือ พลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมดซึ่งประกอบด้วย พลังงานแสงอาทิตย์แบบตรงและแบบกระจาย ที่ได้รับบนระนาบระดับ (Horizontal surface) ต่อหน่วยเวลาต่อหน่วยพื้นที่

พลังงานแสงอาทิตย์แบบตรง คือ พลังงานที่ได้รับโดยตรงจากดวงอาทิตย์โดยทิศทางของพลังงานจากดวงอาทิตย์มีทิศทางที่แน่นอน แสงอาทิตย์แบบตรงนี้เมื่อมีการบังแสงจะเกิดเงาขึ้นและเกิดการสะท้อนที่ผิวของวัตถุที่บังไว้ด้วย

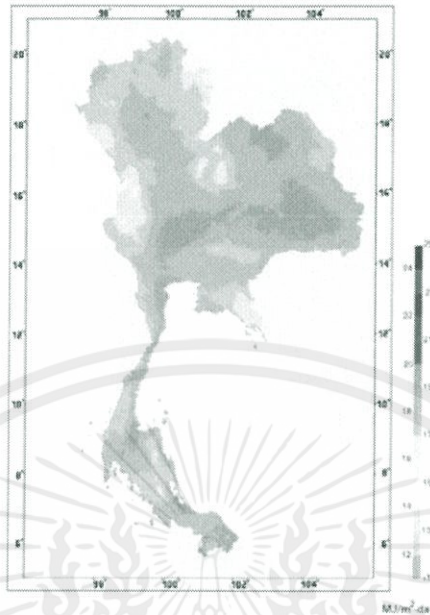
พลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจาย คือ พลังงานแสงอาทิตย์แบบตรงที่ถูกเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติไปเนื่องจากสภาพบรรยากาศและภูมิศาสตร์ เช่น มีเมฆหรือหมอกบนท้องฟ้า ทำให้แสงเกิดการสะท้อนหรือกระจายออกทุกทิศทาง

2.3 ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย [14]

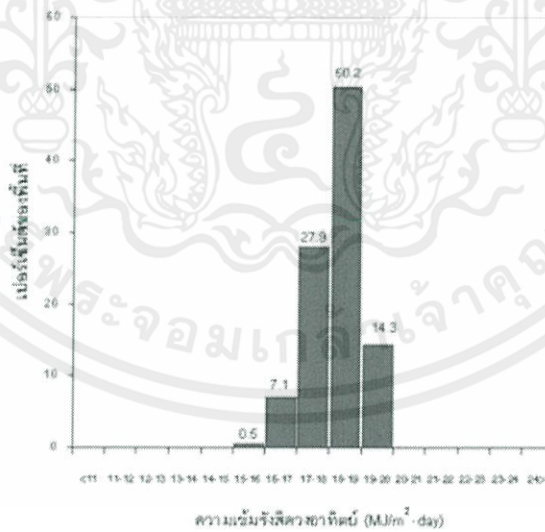
โดยทั่วไปศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของพื้นที่แห่งหนึ่งจะสูงหรือต่ำขึ้นกับปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นที่นั้นโดยบริเวณที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากจะมีศักยภาพในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สูง สำหรับการนำพลังงานแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้อุปกรณ์รวมแสงจำเป็นต้องทราบศักยภาพรังสีตรงด้วย

ในกรณีของประเทศไทย ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ในบริเวณต่างๆ โดยเฉลี่ยทั้งปีสามารถแสดงได้ด้วยแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยทั้งปีดังรูปที่ 2.2 จากรูปพบว่าบริเวณที่มีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สูงแผ่เป็นบริเวณกว้างทางตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และตอนบนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่จังหวัดอุดรธานี รวมทั้งบางส่วนของภาคกลาง สำหรับส่วนที่เหลือจะมีศักยภาพพลัดกันตามที่แสดงในแผนที่ เมื่อทำการจำแนกเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ตามความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับ จะได้ผลดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



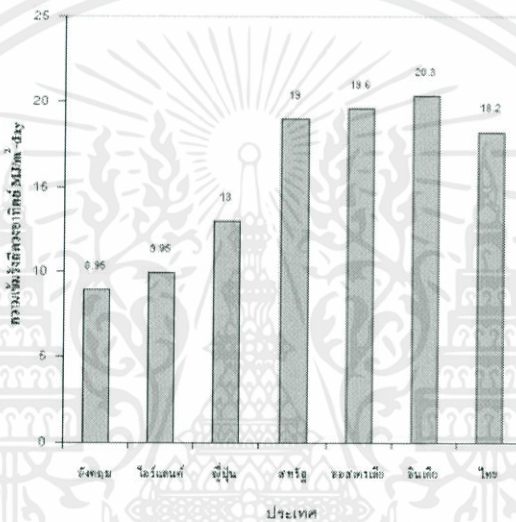
รูปที่ 2.2 แสดงศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย (ความเข้มรังสีของดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันต่อปี)
ที่มา : http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/usr/bose/document/solar%20energy%20technology_paper.pdf



รูปที่ 2.3 แสดงเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ได้รับรังสีดวงอาทิตย์ที่ระดับต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ที่มา : http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/usr/bose/document/solar%20energy%20technology_paper.pdf เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปพบว่า 14.30% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สูง คือได้รับรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีในช่วง 19 - 20 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน และ 50% ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์ช่วง 18 - 19 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งถือว่ามีความศักยภาพแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง ส่วนบริเวณที่มีความศักยภาพค่อนข้างต่ำมีเพียง 0.50% ของพื้นที่ทั้งหมด เมื่อทำการเฉลี่ยความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทั่วประเทศจากทุกพื้นที่เป็นค่ารายวันเฉลี่ยต่อปีจะได้เท่ากับ 18.20 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน จากการนำค่าดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากประเทศอื่นๆ ดังรูปที่ 2.4 จะเห็นว่าประเทศไทยมีความศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง

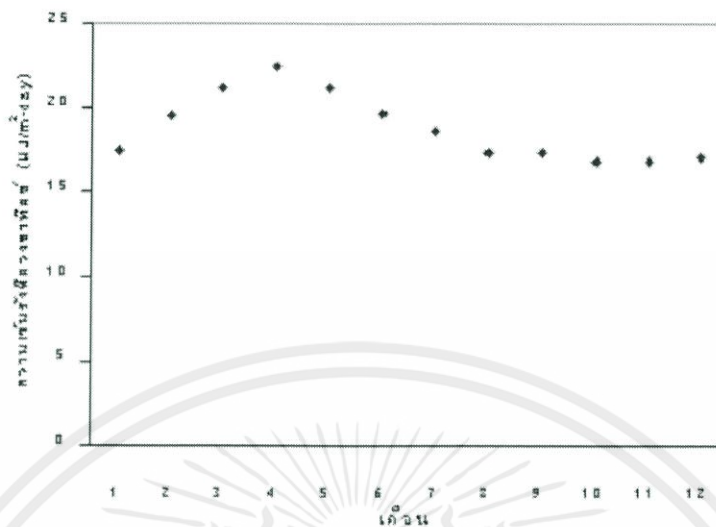


รูปที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีที่ประเทศต่างๆ ได้รับ

ที่มา : http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/usr/bose/document/solar%20energy%20technology_paper.pdf

การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องทราบการแปรค่าในรอบปีของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ จากรูปที่ 2.5 แสดงการแปรค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในรอบปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงการแปรค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยรายเดือน โดยเฉลี่ยทุกพื้นที่ทั่วประเทศ

ที่มา : http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/usr/bose/document/solar%20energy%20technology_paper.pdf

จากรูปที่ 2.5 พบว่าค่ารังสีดวงอาทิตย์แปรค่าในรอบปีอยู่ในระหว่าง 16 - 22 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน โดยมีค่าค่อยๆ เพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคมและสูงสุดในเดือนเมษายน แล้วค่อยลดลงต่ำสุดในเดือนธันวาคม การเปลี่ยนแปลงนี้ถือว่าเป็นไม่มากนักซึ่งเป็นผลดีต่อการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ เนื่องจากอุปกรณ์พลังงานแสงอาทิตย์บางชนิด เช่น การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ระบบ Concentrator จะใช้ประโยชน์จากรังสีแบบตรงของดวงอาทิตย์เท่านั้น โดยไม่สามารถใช้ประโยชน์จากรังสีแบบกระจายได้ ดังนั้น นอกจากทราบข้อมูลปริมาณรังสีรวมแล้ว เราจำเป็นต้องทราบศักยภาพรังสีแบบตรงของดวงอาทิตย์ด้วย จากการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม พบว่าในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศได้รับรังสีแบบตรงค่อนข้างสูงคือ 14 - 17 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ทั้งนี้เพราะช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงฤดูแล้ง (Dry season) ท้องฟ้าส่วนใหญ่แจ่มใสปราศจากเมฆ รังสีดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่จึงเป็นรังสีแบบตรง ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป รังสีแบบตรงจะค่อยๆ ลดลงจนถึงเดือนกันยายน ทั้งนี้เพราะช่วงเวลาดังกล่าวประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ท้องฟ้ามักมีเมฆปกคลุมทำให้รังสีแบบตรงมีค่าลดลง หลังจากนั้นรังสีแบบตรงในภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจากเดือนตุลาคมจนถึงเดือนธันวาคม เพราะช่วงเวลาดังกล่าวประเทศไทยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ท้องฟ้าส่วนใหญ่ในภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือค่อนข้างแจ่มใส รังสีแบบตรงที่รับจึงมีค่าสูง สำหรับช่วงเวลาเดียวกันภาคใต้ยังคงมีค่ารังสีตรงต่ำ เนื่องจากลมมรสุม

ตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดผ่านอ่าวไทยจะนำความชื้นมาซึ่งภาคใต้ ทำให้มีเมฆมากและมีฝนตก รังสีแบบตรงจึงมีค่าต่ำ การค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาพลังงานรังสีแบบตรงที่ได้รับรวมทั้งปี ดังรูปที่ 2.6 พบว่าบริเวณที่ได้รับรังสีแบบตรงสูงสุด จะอยู่ในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างในบางส่วน โดยพื้นที่ดังกล่าวได้รับรังสีแบบตรงต่อไปในช่วง 1,350 – 1,400 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี

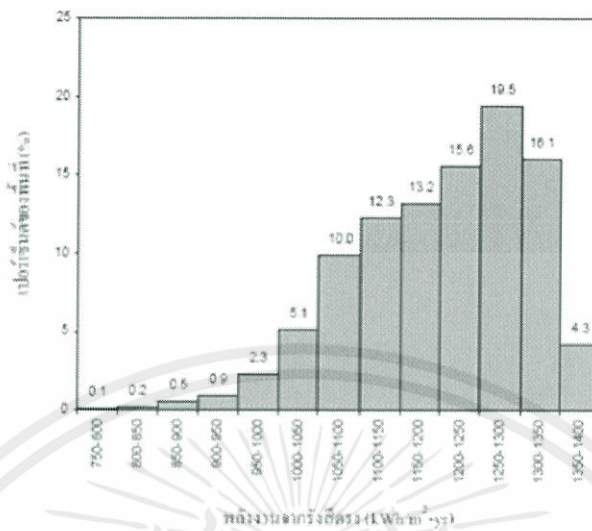


รูปที่ 2.6 แสดงศักยภาพพลังงานความเข้มรังสีแบบตรงของประเทศไทย

ที่มา : http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/usr/bose/document/solar%20energy%20technology_paper.pdf

การแจกแจงระดับของรังสีแบบตรงในช่วงต่างๆ โดยหารังสีแบบตรงในระดับนั้นๆ ครอบคลุมพื้นที่ที่เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด รูปที่ 2.7 พบว่าการแจกแจงดังกล่าวมีลักษณะไม่สมมาตร โดยเบ้ไปทางค่ารังสีแบบตรงที่มีค่ามาก และบริเวณที่มีความเข้มรังสีแบบตรงสูงสุดช่วง 1,350 – 1,400 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี ครอบคลุมพื้นที่ 4.30% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ที่บางส่วนของภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงการแจกแจงของรังสีตรงตามพื้นที่

ที่มา : http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/usr/bose/document/solar%20energy%20technology_paper.pdf

2.4 เทคโนโลยีการอบแห้งด้วยแสงอาทิตย์ [7]

หลักการการทำงานของเครื่องอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ที่มีใช้กันอยู่ในประเทศไทย คือการไล่ความชื้นออกจากวัสดุ โดยการถ่ายเทความร้อนให้แก่วัสดุด้วยวิธีการพาด้วยอากาศ (Convection) หรือการแผ่รังสี (Radiation) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุให้ ความชื้นกลายเป็นไอระเหยออกไป โดยเริ่มต้นที่พื้นผิวของวัสดุอบแห้งจนเกิดการแพร่ความร้อนภายในเนื้อวัสดุมาสู่พื้นผิวและ จะถูกไล่ออกไปด้วยวิธีการพาด้วยอากาศต่อไป ทำให้ความชื้นโดยรวมของวัสดุลดลง โดยที่ความสามารถของอากาศในการทำ ให้เกิดการระเหยจากวัสดุ (Drying potential) ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ รวมถึงความเร็วลมที่นำพา ความร้อน ซึ่งกระบวนการในการอบแห้งเป็นการระเหยน้ำที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ออกไปให้เหลือปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งผลิตภัณฑ์ แต่ละชนิดจะมีค่าความชื้นสุดท้ายไม่เท่ากัน โดยอาศัยพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ ความร้อนดังกล่าวจะอยู่ในรูปของ รังสีอาทิตย์ซึ่งปกติแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนพื้นโลกจะประกอบด้วยรังสีต่างๆ 3 ช่วง คือ อัลตราไวโอเล็ต (UV) เป็นช่วงรังสี ที่ฆ่าเชื้อโรคบางชนิดได้ทำให้เกิดโรคมะเร็งได้และทำให้สีซีดจางลง อัลตราไวโอเล็ตมีประมาณ 3% ของรังสีอาทิตย์ ช่วงที่สอง คือ แสงสว่าง ทำให้เราสามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ ได้ และช่วงสุดท้าย คือ อินฟราเรด (Infrared) เป็นช่วงที่มีความสำคัญต่อการ อบแห้งหรือตากแห้งเพราะช่วงนี้จะทำให้เกิดความร้อนขึ้น ซึ่งมีปริมาณมากถึง 53% ของรังสีอาทิตย์ พลังงานที่ปลดปล่อย จากดวงอาทิตย์และเคลื่อนที่มายังบรรยากาศนอกโลกอันที่จริงมีปริมาณสูงมาก แต่จะถูกบรรยากาศเหนือพื้นโลกดูดซับ ฝากบางส่วนและเหลือประมาณ 800-1000 วัตต์ต่อตารางเมตร ศึกษานี้เท่านั้น ไม่นับเอาที่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

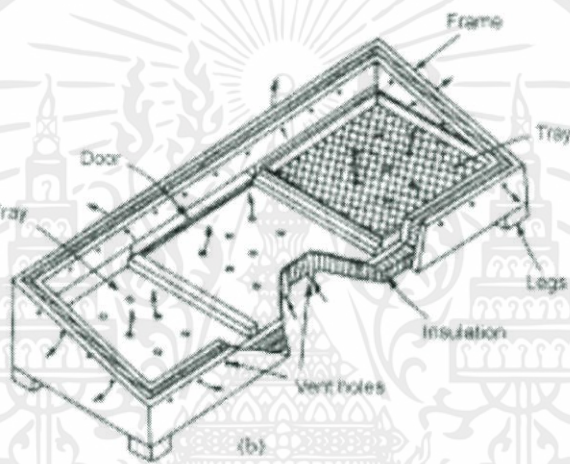
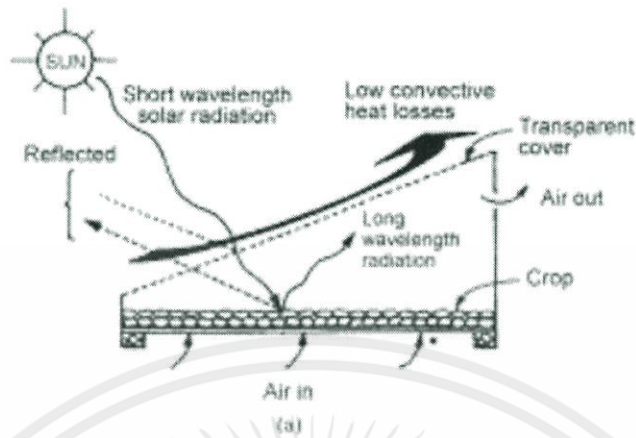
2.5 หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ [15]

หลักการทำงานของเครื่องอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ แบ่งตามวิธีการรับรังสีอาทิตย์ของเครื่องอบแห้งสามารถจำแนกออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

2.5.1 รับรังสีอาทิตย์โดยตรง (Direct solar drying; DSD)

การอบแห้งด้วยวิธีนี้วัสดุอบแห้งรับรังสีอาทิตย์โดยตรง วัสดุอบแห้งมักจะอยู่ในวัสดุโปร่งใส เมื่ออากาศภายในเครื่องอบแห้งได้รับความร้อนจะพาความชื้นออกจากวัสดุและหมุนเวียนตามหลักการพาความร้อนตามธรรมชาติ เครื่องอบแห้งแบบนี้มีอุณหภูมิภายในอาจสูงกว่าบรรยากาศประมาณ 30 องศาเซลเซียส ทำให้เวลาในการอบแห้งสั้นลง มีโครงสร้างพื้นฐาน ดังรูปที่ 2.8 แสดงแบบตู้อบแห้ง (Cabinet solar dryer) ซึ่งประกอบด้วยวัสดุโปร่งใสเพื่อให้รังสีอาทิตย์ส่งผ่านไปยังวัสดุอบแห้งในตู้ โดยรังสีอาทิตย์ส่วนหนึ่งจะสะท้อนกลับสู่บรรยากาศ ที่เหลือส่วนใหญ่จะผ่านกระจกเข้าไปในตู้และถูกดูดกลืนโดยวัสดุอบแห้ง และแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์สีดำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ตามลำดับจนมีอุณหภูมิสูงขึ้นและเปลี่ยนรังสีความร้อนออกมาจากตัวมันเอง ซึ่งรังสีความร้อนดังกล่าวอยู่ในย่านอินฟราเรด ซึ่งมีความยาวคลื่นยาวกว่ารังสีอาทิตย์เป็นผลให้ไม่สามารถสะท้อนทะลุผ่านกระจกออกไปได้เกิดเป็นปรากฏการณ์สภาวะเรือนกระจก (Greenhouse effect) ส่งผลให้อุณหภูมิในห้องอบสูงขึ้นตามลำดับ โดยมีกระจกใสปิดเพื่อช่วยลดความร้อนที่สูญเสียความร้อนออกจากตู้สู่บรรยากาศโดยตรง อย่างไรก็ตามระบบดังกล่าวมีการสูญเสียความร้อนโดยการพาความร้อนและการระเหยตัวของความชื้นเสมอ สำหรับการเจาะรูที่ฐานและที่ด้านบนของตู้เพื่อก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศภายในพาความร้อนออกจากวัสดุอบแห้ง เครื่องอบแห้งชนิดนี้เหมาะสมกับการใช้งานในเขตอากาศร้อนและค่อนข้างแห้ง โดยที่สามารถก่อสร้างและใช้งานได้ง่าย ข้อจำกัดของตู้อบแห้งแบบ Cabinet dryer คือ ส่วนใหญ่มีความจุขนาดเล็ก สีของวัสดุอบแห้งซีดจางลงเนื่องจากสัมผัสกับรังสีอาทิตย์โดยตรงความชื้นกลับตัวเป็นหยดบริเวณกระจกทำให้ค่าส่งผ่านรังสีอาทิตย์ลดลง ประสิทธิภาพการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ต่ำเนื่องจากมีวัสดุอื่นมาบังแผ่นดูดกลืนรังสี ซึ่งปัจจุบันเครื่องอบแห้งแบบนี้ได้รับการพัฒนาให้มีรูปแบบและวัสดุโปร่งใสให้มีประสิทธิภาพสูง เช่น วัสดุที่ใช้ทำหลังคาต้องโปร่งใสทนทานต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต รังสีอาทิตย์ผ่านเข้าง่ายและสะท้อนออกยากทำให้เก็บสะสมความร้อนได้เป็นอย่างดี และมีน้ำหนักเบาเพื่อลดน้ำหนักโครงสร้าง ปัจจัยสำคัญในการพิจารณาปัจจัยหนึ่งคือ ราคาของวัสดุที่เลือกใช้ กระจกถือได้ว่าเป็นวัสดุที่มีการเลือกใช้น้อยมากเนื่องจากมีคุณสมบัติที่ราคาถูกแต่มีปัญหาเรื่องการแตกหักง่าย เครื่องอบแห้งแบบโดยตรงที่มีใช้ในปัจจุบันมีหลายรูปแบบด้วยกัน เช่น แบบตู้อบแห้งอุโมงค์หลังคาโค้ง หรืออาจเป็นหลังคาทรงจั่ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

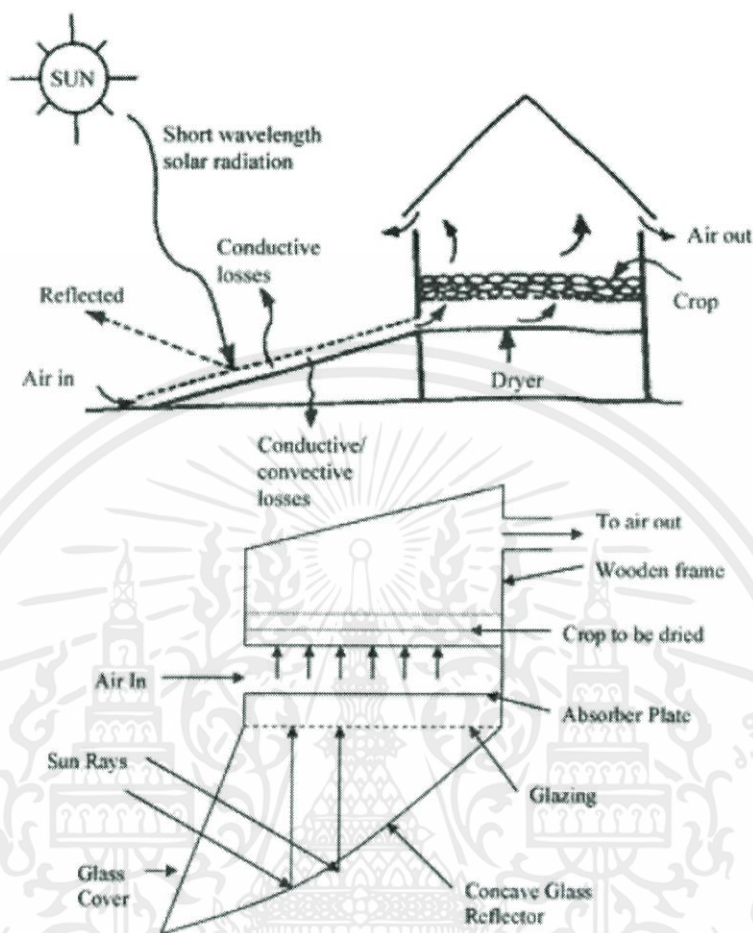


รูปที่ 2.8 แสดงโครงสร้างของระบบอบแห้งแบบ Direct solar drying

ที่มา : http://www.resjournal.kku.ac.th/abstract/17_1_110.pdf

2.5.2 รับรังสีอาทิตย์โดยอ้อม (Indirect solar drying; ISD)

เครื่องอบแห้งแบบนี้วัสดุอบแห้งไม่ได้รับรังสีอาทิตย์โดยตรง ทำให้ลดการเปลี่ยนสีและผลกระทบอื่นๆ ของวัสดุอบแห้ง ซึ่งเป็นผลมาจากการสัมผัสรังสีโดยตรง โดยระบบดังกล่าวจะมีส่วนของอุปกรณ์ผลิตอากาศร้อนแบบต่างๆ สำหรับใช้ในห้องอบแห้ง หุ้มฉนวนไว้เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนออกภายนอก ภายในห้องอบแห้งอาจทำเป็นชั้นหลายๆ ชั้นเพื่อให้บรรจุวัสดุในการอบแห้งได้มากขึ้น ลักษณะโครงสร้างของเครื่องอบแห้งแบบนี้ประกอบด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ระบบอากาศ (Solar air system collector) หรือใช้หลักการสะท้อนรังสีอาทิตย์ไปยังแผ่นดูดกลืนรังสีสำหรับผลิตอากาศร้อนในการให้ความร้อนกับวัสดุเพื่อระเหยความชื้นออกจากวัสดุจากหลักการถ่ายเทความร้อนโดยการพาระหว่างอากาศร้อนและวัสดุเปียก บนพื้นฐานของความแตกต่างความเข้มข้นของความชื้นระหว่างอากาศที่ใช้ออบแห้งกับความชื้นของอากาศบริเวณผิวของวัสดุเปียกในส่วนของถ่ายโอนความร้อนและมวลตามลำดับ



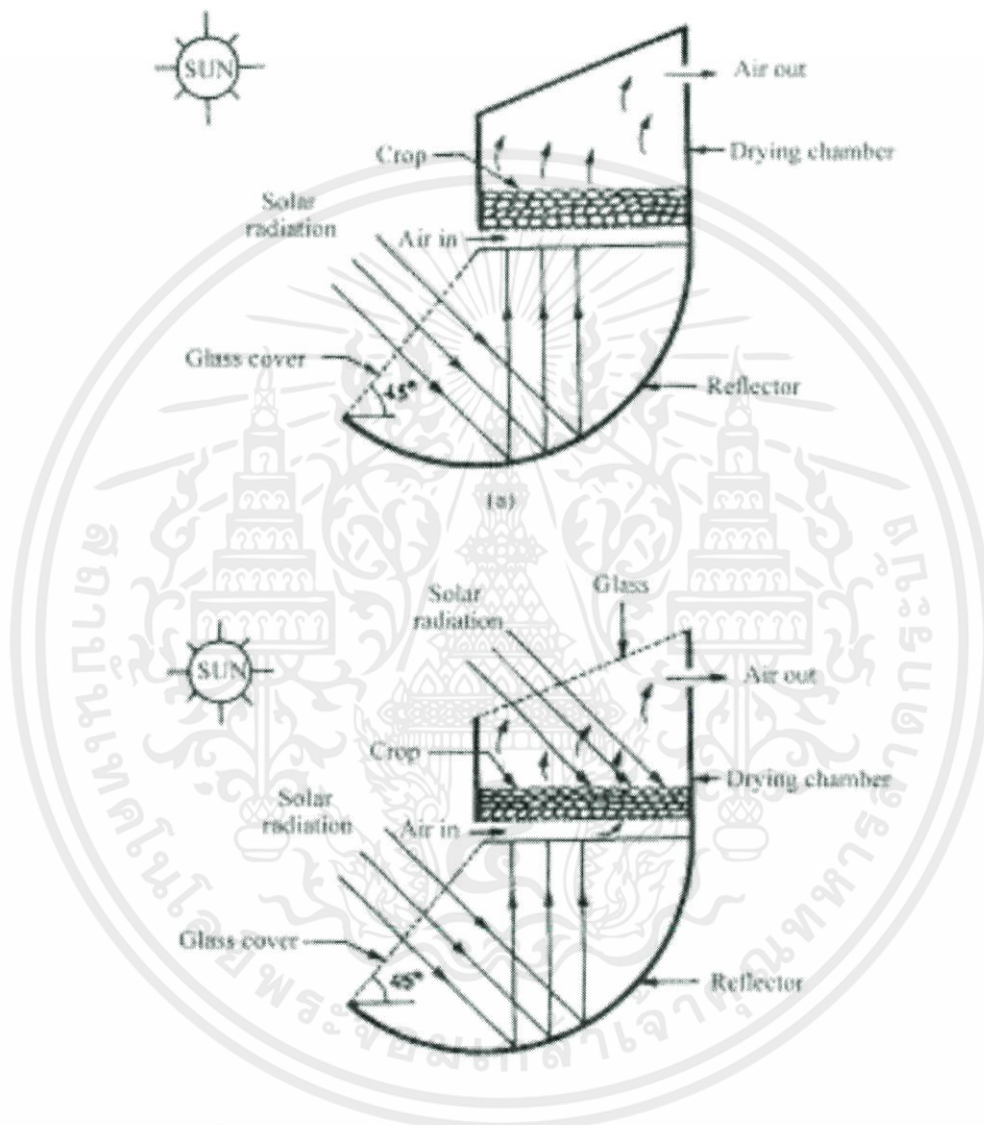
รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างของระบบอบแห้งแบบ Indirect solar drying

ที่มา : http://www.resjournal.kku.ac.th/abstract/17_1_110.pdf

2.5.3 รับรังสีอาทิตย์แบบผสม (Mixed solar dryers)

เครื่องอบแห้งแบบนี้จะมีลักษณะคล้ายกับแบบ ISD ต่างกันที่ห้องอบแห้งจะทำด้วยวัสดุโปร่งใสด้วย เพื่อให้ห้องอบแห้งสามารถรับรังสีอาทิตย์แบบ DSD ด้วย เป็นการรับรังสีอาทิตย์สองแหล่งคือความร้อนจากแหล่งภายนอกและภายในห้องอบแห้ง โดยการเลือกใช้งานพิจารณาตามคุณสมบัติของวัสดุอบแห้งว่าได้รับผลกระทบจากการรับรังสีอาทิตย์โดยตรงได้หรือไม่ เช่น สีของวัสดุอบแห้งมีความสำคัญมากน้อยเพียงใด ซึ่งเครื่องอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์แบบ Reverse absorber cabinet dryer (RACD) รับรังสีอาทิตย์แบบผสม พบว่าห้องอบแห้งแตกต่างกันในส่วนของแบบมีกระจกและไม่มีกระจก ซึ่งออกแบบให้มีห้องอบแห้งอยู่เหนือแผ่นดูดซับรังสีที่ติดตั้งบริเวณด้านล่างของตู้อบ โดยส่วนล่างสุดของระบบดังกล่าวติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีทรงกระบอก เพื่อสะท้อนรังสีไปยังแผ่นดูดกลืนรังสีรวมถึงติดตั้งกระจกใสปิด บริเวณแผ่นสะท้อนรังสีเพื่อลดการสูญเสียความร้อนโดยการพาบริเวณแผ่นดูดกลืนรังสี อากาศร้อนจะลอยตัวขึ้นจากแผ่นดูดรังสีอาทิตย์ไปยังตู้อบแห้ง โดย

อากาศเย็นจากด้านล่างจะเข้ามาทดแทนทางช่องอากาศเข้าของตู้อบ เพื่อทำการไล่ความชื้นจากชั้นวัสดุอบแห้ง แล้วถูกปล่อยทิ้งไปทางด้านบนของตู้อบแห้งตามลำดับ



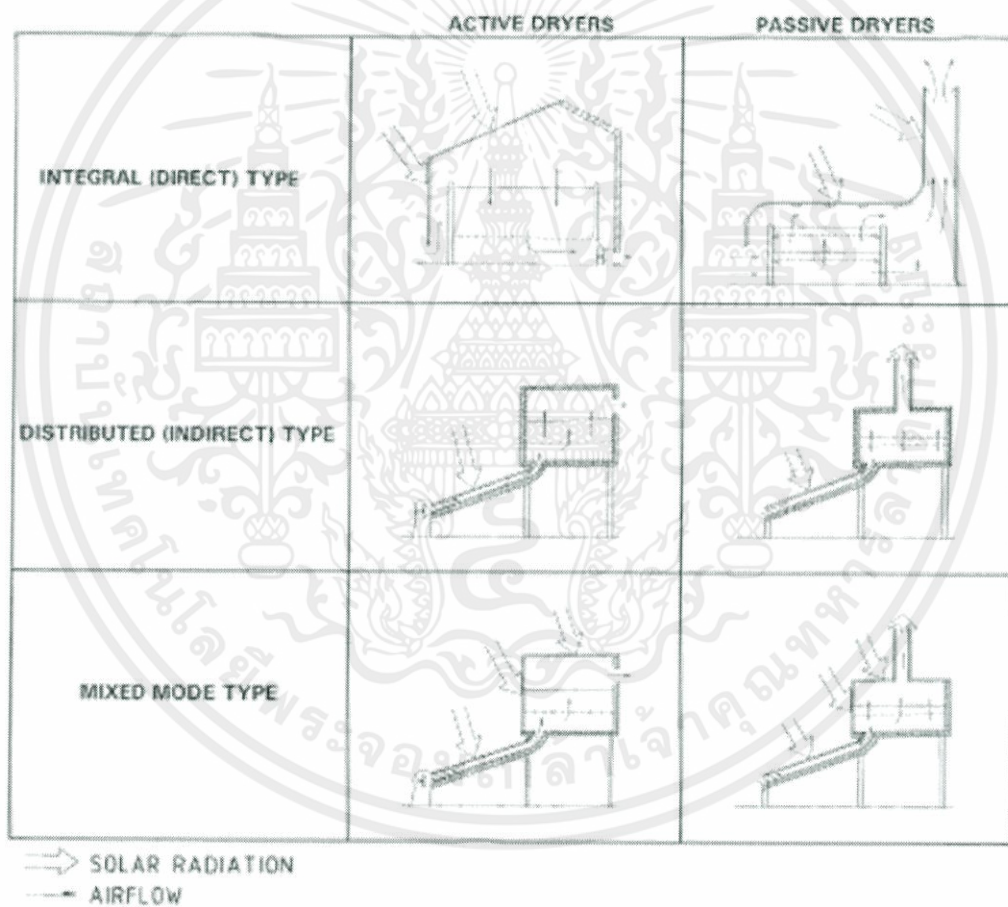
รูปที่ 2.10 แสดงโครงสร้างของ Reverse absorber cabinet dryer

ที่มา : http://www.resjournal.kku.ac.th/abstract/17_1_110.pdf

2.6 ชนิดของระบบอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์ [15]

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
 ปัจจุบันมีเครื่องอบแห้งหลายประเภทที่พัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์ต่างๆ ของการอบแห้งวัสดุใน
 ท้องถิ่นต่างๆ โดยประเทศในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกพบว่าเครื่องอบแห้งที่มีศักยภาพและได้รับความนิยม เช่น ตู้อบแห้งชนิดพา

ความร้อนแบบธรรมชาติ เครื่องอบแห้งชนิดพาความร้อนแบบบังคับที่รับรังสีอาทิตย์โดยอ้อม และเครื่องอบแห้งแบบเรือนกระจก นอกจากนี้เครื่องอบแห้งชนิดอุโมงค์อบแห้งรังสีอาทิตย์ (Tunnel dryers) เป็นที่นิยมในการอบวัสดุทางการเกษตรเช่นกัน จากข้อมูลข้างต้น สามารถจัดหมวดหมู่ให้เป็นระบบโดยพิจารณาจากการออกแบบและรูปแบบการใช้ประโยชน์จากรังสีอาทิตย์ ดังรูปที่ 2.11 การอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์แบ่งตามการหมุนเวียนของอากาศในตู้อบแห้งออกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือการอบแห้งแบบหมุนเวียนตามธรรมชาติ (Passive system) และแบบหมุนเวียนแบบบังคับ (Active system) สามารถแยกประเภทตามลักษณะการรับรังสีได้อีก 3 ชนิด คือเครื่องอบแห้งที่รับรังสีอาทิตย์โดยตรง (Direct type) รับรังสีอาทิตย์โดยอ้อม (Indirect type) และแบบผสม (Mixed mode type) ตามลำดับ



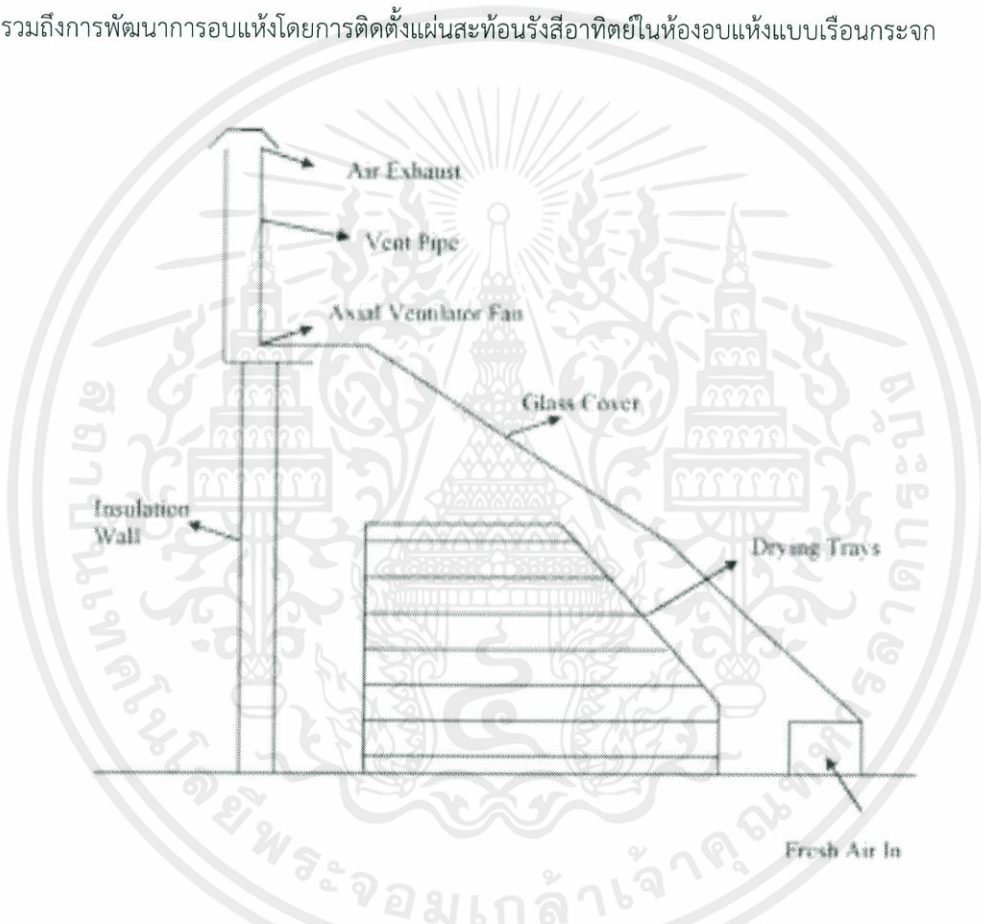
รูปที่ 2.11 แสดงการออกแบบระบบอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์แบบต่างๆ

ที่มา : http://www.resjournal.kku.ac.th/abstract/17_1_110.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 การอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์แบบ Passive system (Natural convection)

การอบแห้งแบบ Passive เป็นระบบที่ไม่อาศัยระบบขับเคลื่อนอากาศ เช่น พัดลม มาช่วยในการหมุนเวียนอากาศ ในระบบอบแห้ง อาศัยการเคลื่อนที่แบบธรรมชาติ ทำงานโดยอาศัยพลังงานจากรังสีอาทิตย์ในการสร้างอากาศร้อน ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศจากแรงลอยตัวของอากาศร้อนในตู้อบ (Buoyancy force) เช่น ตู้อบแห้งแบบ RACD และห้องอบแห้งแบบเรือนกระจก (Green house dryer) หรือการหมุนเวียนที่มีการใช้ปล่องเพื่อระบายอากาศที่นำพาความชื้นออกจากวัสดุที่ต้องการอบแห้งโดยอาศัยปรากฏการณ์ Chimney effect หรือการเคลื่อนตัวของอากาศเนื่องจากความดันที่แตกต่าง รวมถึงการพัฒนาการอบแห้งโดยการติดตั้งแผ่นสะท้อนรังสีอาทิตย์ในห้องอบแห้งแบบเรือนกระจก



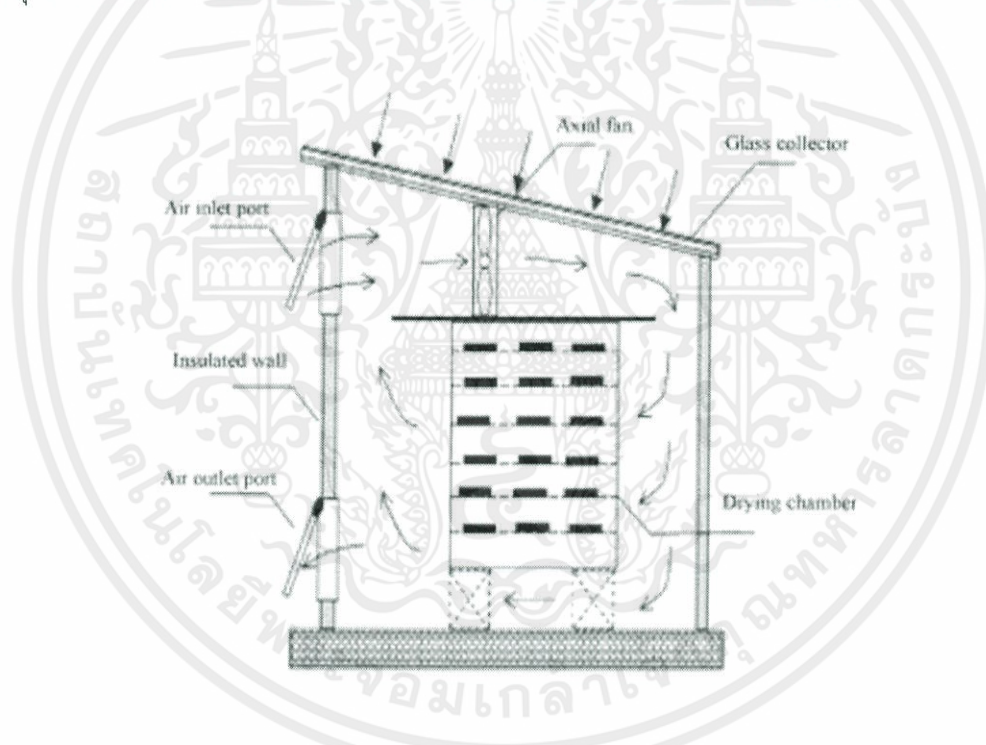
รูปที่ 2.12 แสดงโครงสร้างเครื่องอบแห้งแบบ Passive

ที่มา : http://www.resjournal.kku.ac.th/abstract/17_1_110.pdf

2.6.2 การอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์แบบ Active system (Force convection)

การอบแห้งแบบ Active เป็นระบบที่มีอุปกรณ์ช่วยให้อากาศเคลื่อนที่และหมุนเวียนในทิศทางที่ต้องการ เช่น พัดลม โดยทำหน้าที่ดูดอากาศจากภายนอกให้เคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์รับความร้อนจากรังสีอาทิตย์เพื่อถ่ายเทความร้อนไปยังอากาศ และไม่เพิ่มความเร็วจนอากาศเคลื่อนที่ผ่านวัสดุอบแห้งให้สูงกว่าการไหลเวียนโดยธรรมชาติเพื่อลดความชื้นได้อย่างรวดเร็ว โดย

ลักษณะทั่วไปของเครื่องอบแห้งจะมีลักษณะคล้ายกับแบบ Passive เพียงแต่เพิ่มระบบขับเคลื่อนกระแสอากาศเข้าไปในเครื่องอบแห้ง ซึ่งเป็นการเพิ่มความเร็วของอากาศในการถ่ายโอนความร้อน และมวลความชื้นตามลำดับ โดยระบบนี้ส่วนให้ความร้อนและส่วนของตู้อบแห้งจะแยกส่วนกันตามความเหมาะสม ดังรูปที่ 2.13 และ 2.14 แสดงระบบอบแห้งด้วยรังสีอาทิตย์แบบ Active ที่ติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ระบบอากาศ (Solar air system collector) ซึ่งได้มีการพัฒนาให้มีสมรรถนะในการผลิตอากาศร้อน โดยการออกแบบแผ่นดูดกลืนรังสีอาทิตย์เป็นร่องตัววีเพื่อเพิ่มสัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างแผ่นดูดกลืนรังสีกับอากาศซึ่งนิยมใช้ในปัจจุบัน สำหรับการผลิตอากาศร้อนบริเวณด้านบนของตู้อบออกแบบให้ตัวเก็บรังสีอาทิตย์ทำมุมที่เหมาะสมกับแนวระดับ เพื่อสามารถรับรังสีมากที่สุดรวมถึงทำให้มีพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนของอากาศ การติดตั้งแนวราบช่วยให้มีการไหลวนของอากาศดีขึ้นตามลำดับ โดยตัวเก็บรังสีอาทิตย์ระบบอากาศจะถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ตู้อบโดยตรงทางด้านบน โดยมีพัดลมช่วยในการหมุนวนอากาศในการรับความร้อนเพื่อผลิตอากาศร้อน และพาความร้อนไปอบแห้งวัสดุอบแห้งในแนวขนานก่อนระบายความชื้นออกจากระบบบริเวณทางออกด้านล่างต่อไป

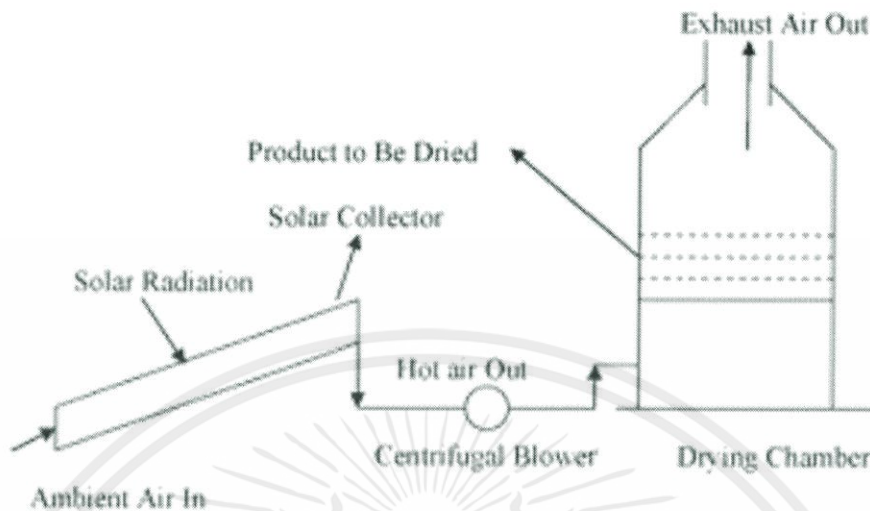


รูปที่ 2.13 แสดงเครื่องอบแห้งแบบ Indirect active solar drying

ที่ติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ระบบอากาศในชุดเดียวกับเครื่องอบ

ที่มา : http://www.resjournal.kku.ac.th/abstract/17_1_110.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 แสดงเครื่องอบแห้งแบบ Indirect active solar drying
ที่ติดตั้งตัวเก็บรังสีอาทิตย์ระบบอากาศแยกชุดกับเครื่องอบ

ที่มา : http://www.resjournal.kku.ac.th/abstract/17_1_110.pdf

2.7 ฉนวนความร้อน [16]

ฉนวนความร้อนโดยทั่วไป หมายถึง วัสดุหรือวัสดุที่มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านใดด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ง่าย การส่งผ่านความร้อนจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งของวัสดุใดๆ หรือการถ่ายเทความร้อนระหว่างวัสดุสามารถเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออุณหภูมิของวัตถุทั้งสองมีความแตกต่างกัน ซึ่งลักษณะการถ่ายเทความร้อนมี 3 วิธี โดยอาจเกิดขึ้นจากวิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายๆ วิธีพร้อมกันได้ ฉนวนความร้อนมีหลากหลายชนิด ประยุกต์ใช้ตามลักษณะของงานและวัสดุที่ใช้เป็นฉนวนความร้อน รวมถึงวัตถุประสงค์ของการใช้งานและงบประมาณที่ตั้งไว้ โดยคุณสมบัติของฉนวนความร้อนที่ดีจะต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

1. มีสัมประสิทธิ์การนำความร้อนที่ต่ำ
2. มีความพรุน เพื่อดักให้อากาศหยุดนิ่ง
3. มีความทนต่อการติดไฟได้ดี (ไม่ติดไฟ)
4. น้ำหนักเบาและมีความหนาแน่นน้อย
5. ไม่เกิดเชื้อราง่าย
6. ทนต่อการกัดทำลายของสัตว์

เอกสารนี้เป็่ 17. ไม่ดูความชื้นหรืออมน้ำับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด8. ผู้ต้องเรียบั้ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

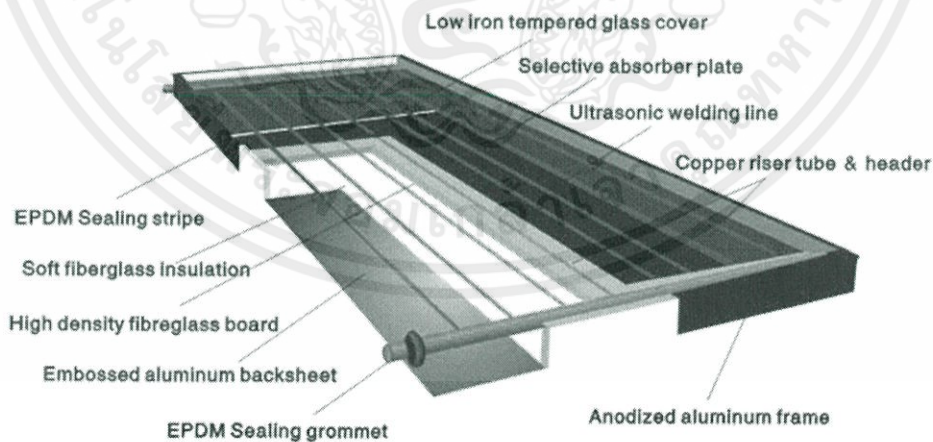
9. ติดตั้งได้ง่ายและทำการถอดเปลี่ยนได้สะดวก
10. ทนต่อสภาพกรดต่างได้ดี
11. ทนต่อสารเคมี
12. มีความคงทนต่อแรงอัดและแรงดึงเป็นอย่างดี
13. เปลี่ยนรูปได้ยาก มีความคงตัวสูง
14. ทนแสงอาทิตย์ได้ดี
15. ไม่ยุบตัวง่าย
16. ไม่เป็นสารพิษ

2.8 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ [6]

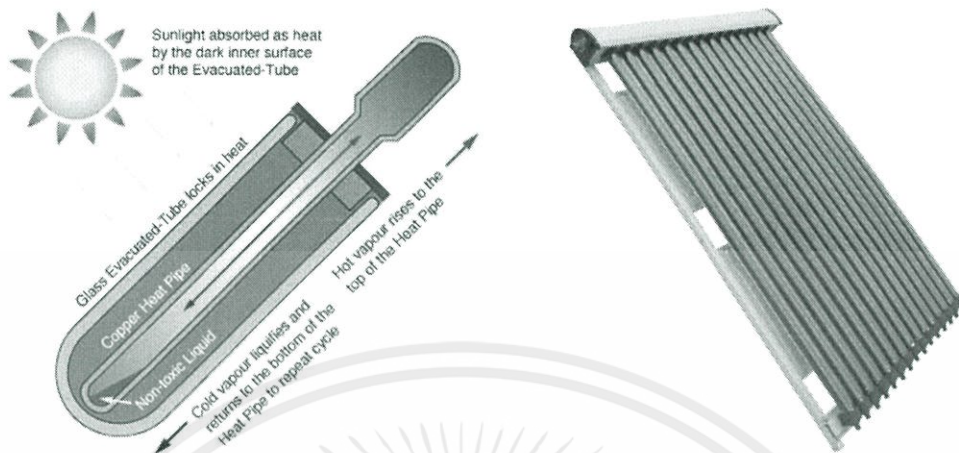
แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

2.8.1 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบรวม

แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดนี้จะสามารถรับพลังงานจากแสงอาทิตย์ได้ทั้ง 2 แบบ คือ แสงอาทิตย์แบบตรงและแบบกระจาย ดังนั้นแม้ไม่มีแสงอาทิตย์ส่องกระทบแผงโดยตรงเนื่องจากมีเมฆมากหรือมีไอน้ำในอากาศสูง ก็ยังคงสามารถรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจายได้อยู่ ปริมาณความร้อนที่ได้รับขึ้นอยู่กับพื้นที่รับพลังงานแสงอาทิตย์ของแผง ในปัจจุบันมีอยู่หลายแบบ ที่นิยมใช้คือ แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบ (Flat plate solar collector) และแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบฮีทไปป์ (Heat pipe solar collector)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น มิใช่ผู้ให้หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ที่มา : <http://www.xiankesolar.com/products/details-10.shtml>



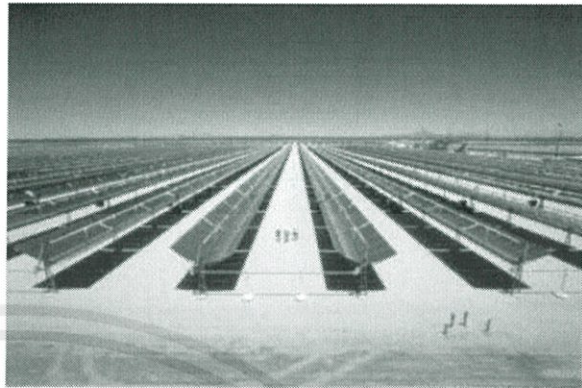
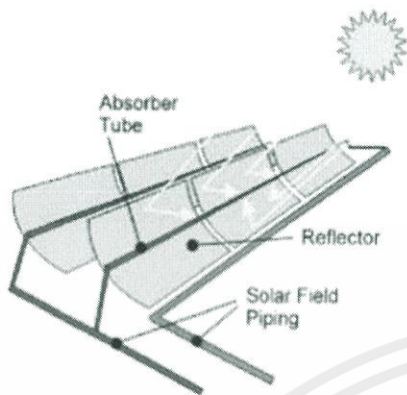
รูปที่ 2.16 แสดงแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบฮีทไปป์

ที่มา : <http://www.ejaisolar.com/products/20111024450.shtml>

2.8.2 แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบตรง

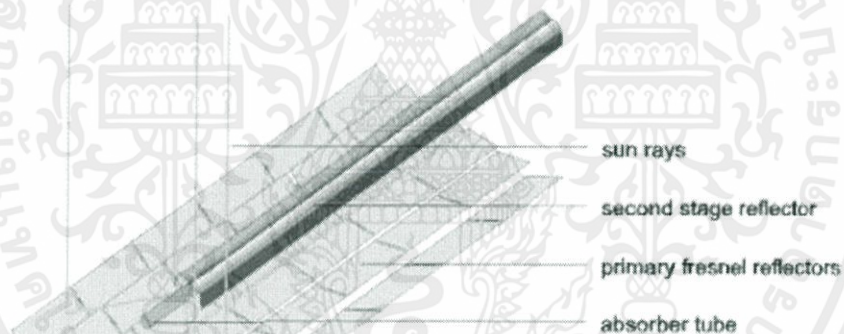
แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดนี้บางครั้งจะเรียกว่าแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบรวมแสง จะสามารถรับพลังงานจากแสงอาทิตย์แบบตรงได้เพียงอย่างเดียว คือไม่สามารถทำงานได้ถ้าไม่มีแสงอาทิตย์ เช่น มีเมฆมาก เนื่องจากถูกออกแบบมาให้ใช้ได้กับแสงอาทิตย์แบบตรงเท่านั้น การที่จะใช้แผงรับแสงอาทิตย์แบบนี้ได้ต้องมีสถานที่เหมาะสมแก่การติดตั้ง เนื่องจากโครงสร้างที่มีน้ำหนักมากและซับซ้อน ควรเป็นบริเวณที่มีแสงอาทิตย์แรงตลอดปีเพื่อที่จะได้แสงอาทิตย์แบบตรงมากที่สุด สิ่งสำคัญคืองบประมาณสำหรับการลงทุนซึ่งสูงกว่าแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบรวมมาก อีกทั้งยังมีค่าบำรุงรักษาอีกด้วย ตัวอย่างแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบตรง เช่น แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิก (Parabolic trough solar collector) แผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบเฟรสเนล (Fresnel solar collector) และแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบจาน (Solar dish solar collector)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบพาราโบลิก

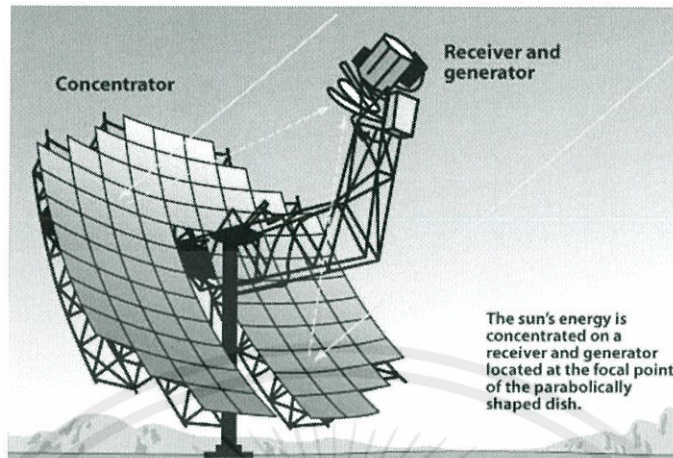
ที่มา : http://www.nrel.gov/csp/troughnet/solar_field.html



รูปที่ 2.18 แสดงแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบเฟรสเนล

ที่มา : http://solarpaces-csp.org/CSP_Technology/docs/solarpaces_fresnel_9_2002.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์แบบจาน

ที่มา : <http://www.window.state.tx.us/specialrpt/energy/renewable/solar.php>

2.9 กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ [5]

กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ หรือกฎการอนุรักษ์พลังงานมีหลักการว่า “พลังงานสามารถเปลี่ยนรูป หรือถูกถ่ายโอนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้แต่ไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่หรือถูกทำลายให้สูญสลายไปได้”

กระบวนการไหลคงที่และสภาวะคงที่ (Steady state – steady flow process, SSSF)

กระบวนการไหลที่มีการไหลแบบคงตัว คือกระบวนการที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์ที่มีการทำงาน โดยมีสภาวะคงที่เป็นช่วงเวลายาวนาน เช่น กังหัน เครื่องอัด หัวฉีด เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ปัม เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ถูกจัดให้เป็นอุปกรณ์ที่มีการไหลแบบคงตัว (Steady flow devices)

สำหรับสมมติฐานของกระบวนการที่มีการไหลแบบคงที่และสภาวะคงที่ มีดังต่อไปนี้

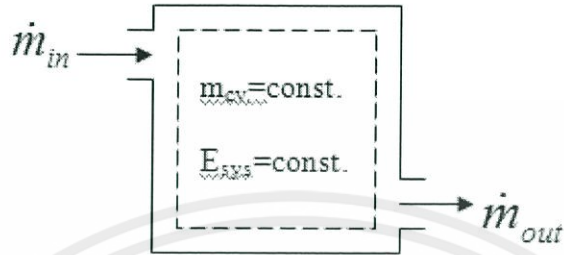
1. สมบัติทุกอย่างภายในระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา นั่นคือ ปริมาตร มวล และพลังงานภายในระบบ (E_{sys}) จะมีค่าคงที่ตลอดกระบวนการ ดังแสดงในรูปที่ 2.20 จากเงื่อนไขที่กล่าวมาทำให้สามารถระบุลักษณะของกระบวนการที่มีการไหลแบบคงที่สภาวะคงที่ ได้ดังนี้

- มวลภายในระบบคงที่ หมายความว่า อัตราการไหลเข้าเชิงมวลเท่ากับอัตราการไหลออกเชิงมวลซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอก $\left[\frac{dm}{dt} \right]_{cv} = 0 \rightarrow \sum \dot{m}_in = \sum \dot{m}_out$ ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไป (2.1)

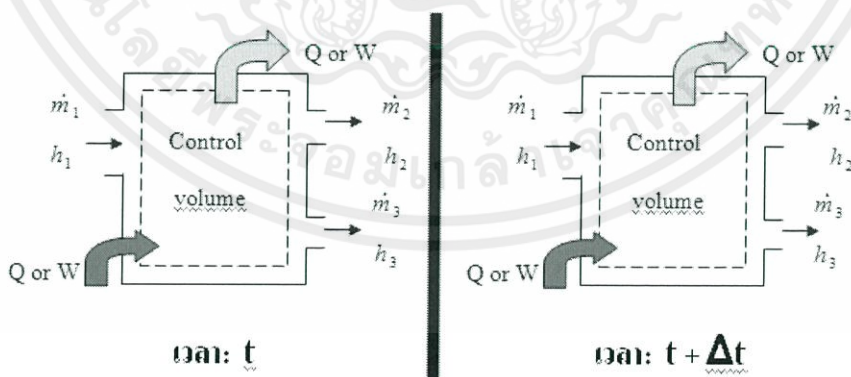
- พลังงานรวมของระบบคงที่ตลอดกระบวนการ หมายความว่า $\Delta E_{sys} = 0$



รูปที่ 2.20 แสดงคุณสมบัติของระบบสำหรับกระบวนการที่มีการไหลแบบคงที่สภาวะคงที่

ที่มา : http://www.sut.ac.th/engineering/meta/pdf/Thermmo_I/Chapter%20III.pdf

2. สมบัติทุกอย่างที่ขอบเขตของระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา นั่นคือสมบัติที่ขอบเขตของระบบคือจุดทางเข้าและทางออกจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดกระบวนการ ซึ่งในที่นี้หมายความว่าสมบัติที่ทางเข้ากับทางออกอาจจะแตกต่างกัน แต่สมบัติแต่ละจุดจะคงที่ตลอดกระบวนการ ดังแสดงในรูปที่ 2.21
3. ความร้อนและงานที่เกิดการถ่ายโอนในระหว่างกระบวนการไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังนั้นอัตราการถ่ายโอนความร้อน และกำลังที่เกิดการถ่ายโอนผ่านขอบเขตของระบบจะมีค่าคงที่ตลอดกระบวนการ ดังแสดงในรูปที่ 2.21
4. ปริมาตรของระบบไม่เคลื่อนที่เมื่อเทียบกับแกนอ้างอิง



รูปที่ 2.21 แสดงสมบัติต่างๆ ที่ขอบเขตของระบบ รวมถึงความร้อนและงาน ที่เกิดขึ้นมีค่าคงที่ตลอดกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวน วิชาสำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์การค้า
 ที่มา : http://www.sut.ac.th/engineering/meta/pdf/Thermmo_I/Chapter%20III.pdf
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฎอนุรักษ์มวลสำหรับกระบวนการที่มีการไหลแบบคงที่สภาวะคงที่ (SSSF)

จากกฎอนุรักษ์มวลสำหรับระบบเปิด

$$\dot{m}_{in} - \dot{m}_{out} = \left[\frac{dm}{dt} \right]_{cv} \quad (2.2)$$

เมื่อพิจารณาเงื่อนไขสำหรับกระบวนการที่มีการไหลแบบคงตัว ซึ่งภายในระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลง จะได้ว่า

$$\dot{m}_{in} = \dot{m}_{out} \quad (2.3)$$

สำหรับกรณีที่มีระบบมีทางเข้าหรือทางออกหลายทาง (Multi-stream system) สมการกฎอนุรักษ์มวลจะเป็นดังนี้

$$\sum \dot{m}_m = \sum \dot{m}_{out} \quad (2.4)$$

มีอุปกรณ์มากมายที่มีทางเข้าและทางออกอย่างละ 1 ทาง (Single stream) เช่น กังหัน บีม เครื่องอัด หัวฉีด เป็นต้น สำหรับกรณีนี้สามารถกำหนดให้สภาวะทางเข้าเป็นสภาวะที่ 1 และให้สภาวะที่ทางออกเป็นสภาวะที่ 2 ซึ่งเมื่อใช้เงื่อนไขดังกล่าวในสมการการอนุรักษ์มวล จะได้

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 \quad (2.5)$$

$$\rho_1 A_1 v_1 = \rho_2 A_2 v_2 \quad (2.6)$$

ρ = ความหนาแน่นของสารทำงาน (kg/m^3)

v = ความเร็วการไหลของสารทำงาน (m/s)

A = พื้นที่หน้าตัดที่สารทำงานไหลผ่าน (m^2)

2.10 ความร้อน [17]

ความร้อน เป็นพลังงานรูปหนึ่งที่เปลี่ยนมาจากพลังงานรูปอื่น เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานกล (พลังงานศักย์และพลังงานจลน์) พลังงานเคมี พลังงานนิวเคลียร์ หรืองาน เป็นต้น พลังงานความร้อนมีหน่วยเป็นจูล (Joule, J) ในระบบเอสไอ (SI) แต่บางครั้งอาจบอกเป็นหน่วยอื่นได้ เช่น แคลอรี (cal) และบีทียู (BTU)

ปริมาณความร้อนของวัตถุ (Heat, Q) เป็นพลังงานความร้อนที่วัตถุรับเข้ามาหรือคายออกไป ผลของความร้อนต่อสสารหรือวัตถุแบ่งได้ดังนี้

1. ความร้อนจำเพาะ (Specific heat) หมายถึง พลังงานความร้อนที่ทำให้วัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลงโดยสถานะยังคงรูปเดิม
2. ความร้อนแฝง (Latent heat) หมายถึง พลังงานความร้อนที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนสถานะโดยอุณหภูมิคงที่

ความจุความร้อน (Heat capacity, C) คือ ความร้อนที่ทำให้สารทั้งหมดที่กำลังพิจารณามีอุณหภูมิเปลี่ยนไปหนึ่งหน่วย โดยสถานะไม่เปลี่ยน โดยถ้าให้ปริมาณความร้อน ΔQ แก่วัตถุ ทำให้อุณหภูมิของวัตถุเปลี่ยนไป ΔT ดังนั้นถ้าอุณหภูมิของวัตถุเปลี่ยนไป 1 หน่วย จะใช้ความร้อน C มีหน่วยเป็น จูล/เคลวิน (J/K)

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad (2.7)$$

ความจุความร้อนจำเพาะ (Specific heat capacity, c) คือ ความร้อนที่ทำให้สาร (วัตถุ) มวลหนึ่งหน่วยมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศาเคลวิน คือ

$$c = \frac{\Delta Q}{m\Delta T} \quad (2.8)$$

C = ความจุความร้อนจำเพาะของสาร (J/kg-K)

นั่นคือ เมื่อสารมวล m มีอุณหภูมิเพิ่มจาก T_1 เป็น T_2 และความจุความร้อนจำเพาะมีค่าคงตัว ความร้อนที่สารได้รับ คือ

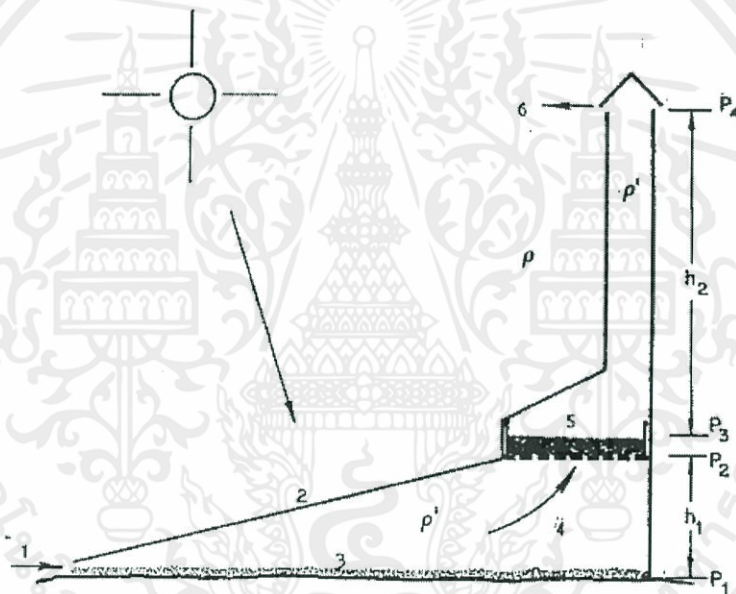
$$Q = C\Delta T \quad \text{หรือ} \quad Q = mc\Delta T \quad (2.9)$$

2.11 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์ ทำให้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งออกมาหลากหลายรูปแบบ โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน และใช้ฉนวนความร้อนช่วยในการกักเก็บความร้อน เครื่องอบแห้งต่างๆ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตร ซึ่งสามารถกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Exell และคณะ, 1979 [12] ออกแบบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกด้วยแสงอาทิตย์แบบการไหลของอากาศเป็นแบบธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ตัวรับรังสีดวงอาทิตย์ทำด้วยแกลบเผา โรยอยู่บนพื้นดินและปิดด้วยฟิล์มพลาสติกใส โดยใช้โครงไม้ไผ่เป็นตัวรองรับ กระบะใส่ข้าวเปลือกทำด้วยไม้และมีฟิล์มพลาสติกปิดอยู่ด้านบน และปล่องลมทำด้วยโครงไม้ไผ่และหุ้มด้วยฟิล์มพลาสติกสีดำ รูปที่ 2.22 แสดงรูปตัดของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือก รังสีดวงอาทิตย์ส่งผ่านพลาสติกใส และถูกดูดกลืนโดยแกลบเผาสีดำแล้วเปลี่ยนเป็นความร้อน อากาศภายในตัวรับรังสีจะร้อนขึ้นและไหลผ่านชั้นข้าวเปลือก ทำให้ข้าวเปลือกมีความชื้นต่ำลง ข้าวเปลือกที่อยู่ชั้นบนสุดได้รับรังสีดวงอาทิตย์โดยตรงด้วย ดังนั้นข้าวเปลือกส่วนนี้จึงแห้งเร็วกว่าข้าวเปลือกที่อยู่ในชั้นที่ลึกลงไป ลมร้อนที่มีอัตราส่วนความชื้นสูงจะไหลออกจากเครื่องอบแห้งทางปล่องลมซึ่งช่วยเพิ่มอัตราการไหลของอากาศ

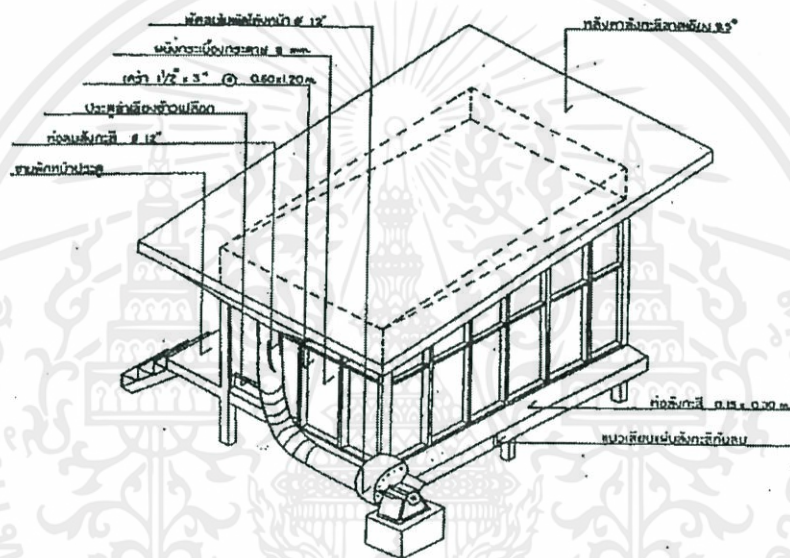


รูปที่ 2.22 แสดงเครื่องอบแห้งของ Exell และคณะ 1979 [12]

Exell, 1980 [13] ได้เสนอวิธีออกแบบและคำนวณขนาดของส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งที่พัฒนาจากข้างต้น และได้นำไปทดลองใช้ แต่ไม่ได้รับความนิยมเพราะประโยชน์เชิงเศรษฐกิจที่ได้ค่อนข้างน้อย และยังเกิดปัญหากับพลาสติกที่คลุมส่วนต่างๆ มักฉีกขาดง่าย เนื่องจากลมและการรบกวนจากสัตว์ต่างๆ ด้วย

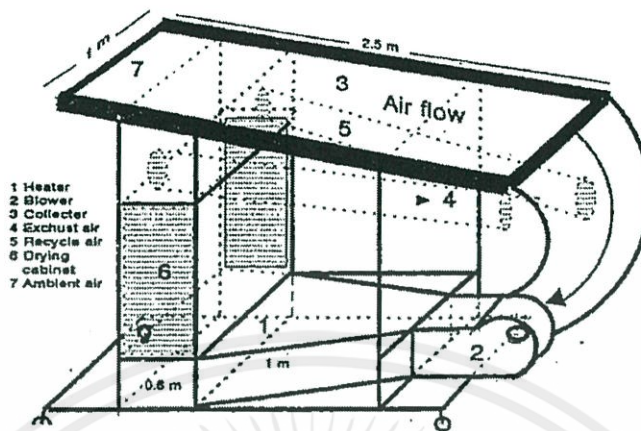
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และคณะ, 2529 [7] ได้พัฒนาถังข้าวที่สร้างด้วยไม้ หลังคาเป็นสังกะสี ที่อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยได้พัฒนาหลังคาที่เป็นสังกะสีให้เป็นแหล่งกำเนิดความร้อน อากาศร้อนที่ได้จากแผงรับรังสีจะถูกดูดเข้าไปด้านล่างของถังเก็บข้าวและเป่าผ่านมวลข้าว ยังตั้งกล่าวสามารถเก็บข้าวที่อบแล้วได้ 10 ตัน เครื่องดูดอากาศขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซล จากการทดสอบอบข้าวนาปีและนาปรังพบว่า ยังตั้งกล่าวสามารถช่วยลดความชื้นของข้าวในอัตรา 0.64% ต่อชั่วโมง ยังข้าวนี้จะมีต้นทุน โดยจะต้องอบข้าวทั้งนาปีและนาปรัง โดยระยะเวลาคุ้มทุนอยู่ในช่วง 2.30 – 14.80 ปี ลักษณะดังกล่าวแสดงไว้ในรูปที่ 2.23

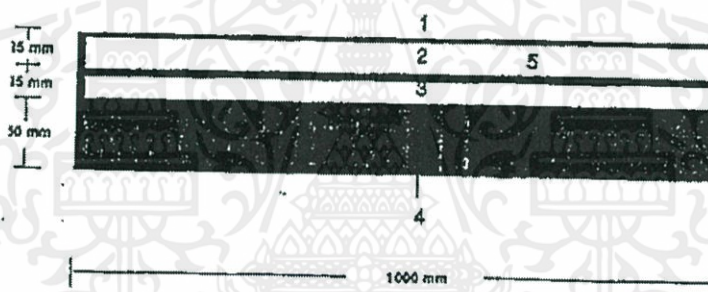


รูปที่ 2.23 แสดงเรือนอบแห้งและเก็บรักษาข้าวเปลือกด้วยแสงอาทิตย์ [7]

ณัฐวดี ดุษฎี, 2534 [19] พัฒนาระบบอบแห้งผลไม้โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม จากการทดสอบกล้วยพบว่า เมื่อเพิ่มอัตราการไหลเฉพาะของอากาศ ความสิ้นเปลืองพลังงานจะเพิ่มขึ้น และเมื่ออัตราส่วนเวียนกลับของอากาศเพิ่มขึ้น ความสิ้นเปลืองของพลังงานเฉพาะจะลดลง คุณภาพของกล้วยอบแห้งจะดีที่สุดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สำหรับการใช้อย่างจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาแนวทางการอบแห้งที่เหมาะสม โดยแปรค่าอัตราการไหลเฉพาะของอากาศ อัตราส่วนอากาศเวียนกลับและอุณหภูมิ พบว่าควรอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราการไหลเฉพาะของอากาศประมาณ 10.50 กิโลกรัม อากาศแห้งต่อชั่วโมง - กิโลกรัมกล้วยแห้ง อัตราส่วนอากาศเวียนกลับ 90 - 95% ผลผลิตทันทีที่ได้จะมีคุณภาพดี เวลาที่ใช้ในการอบแห้งสั้น และประหยัดพลังงานไฟฟ้าของตัวอุ่นอากาศได้ 23% เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แสดงเครื่องอบแห้งผลไม้ [19]

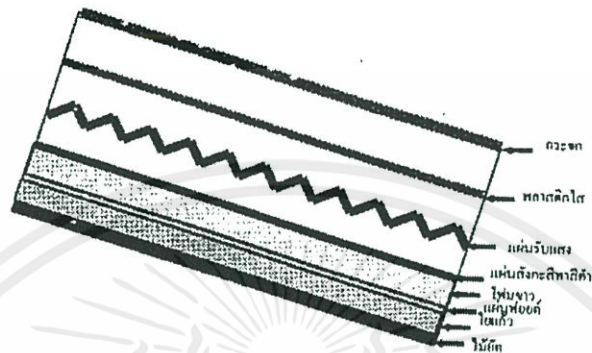


รูปที่ 2.25 แสดงรูปตัดขวางของแผงรับแสงอาทิตย์ [19]

- 1) กระจก 2) ช่องอากาศ 3) ช่องอากาศ 4) ฉนวน 5) แผ่นดูดซับความร้อน

นิตย์ นามวงษ์ และคณะ, 2542 [4] ศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ตลอดจนศึกษาการเพิ่มสมรรถนะของเครื่องอบแห้ง โดยใช้ส่วนโปร่งแสงปกคลุม 2 ชั้น การปรับเปลี่ยนลักษณะการไหลของลมร้อนที่แผงรับแสง และการเพิ่มระบบกรีนเฮาส์ให้กับตู้อบแห้ง จากการทดสอบพบว่าการใช้ Cover 1 ชั้น มีสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมประมาณ 6 วัตต์ต่อตารางเมตรองศาเซลเซียส ส่วนการใช้ Cover 2 ชั้น มีสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมประมาณ 3.50 วัตต์ต่อตารางเมตรองศาเซลเซียส การทดสอบปรับเปลี่ยนลักษณะการไหลของลมร้อนที่แผงรับแสงพบว่า การไหลของลมร้อนทิศทางเดียวมีสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมประมาณ 3.40 วัตต์ต่อตารางเมตรองศาเซลเซียส และการไหลของลมร้อนสองทิศทางมีสัมประสิทธิ์การสูญเสียความร้อนรวมประมาณ 3.90 วัตต์ต่อตารางเมตรองศาเซลเซียส นอกจากนี้การเพิ่มระบบกรีนเฮาส์ที่ด้านบนของตู้อบแห้ง ทำให้อุณหภูมิอบแห้งเพิ่มขึ้นประมาณ 5 - 10 องศาเซลเซียส การคำนวณหาประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์เมื่อมี Cover 2 ชั้น และให้ลมร้อนไหลทิศทางเดียวมีค่ามากกว่า 50% ตลอด

ช่วงเวลาที่มิมีแสงแดด เครื่องอบแห้งนี้มีขนาดเล็กและราคาถูกซึ่งมีความเป็นไปได้ที่จะส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปใช้งานจริง แต่ข้อเสียคือ ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในการอบได้และสามารถใช้งานได้เฉพาะที่มีแสงแดดเท่านั้น

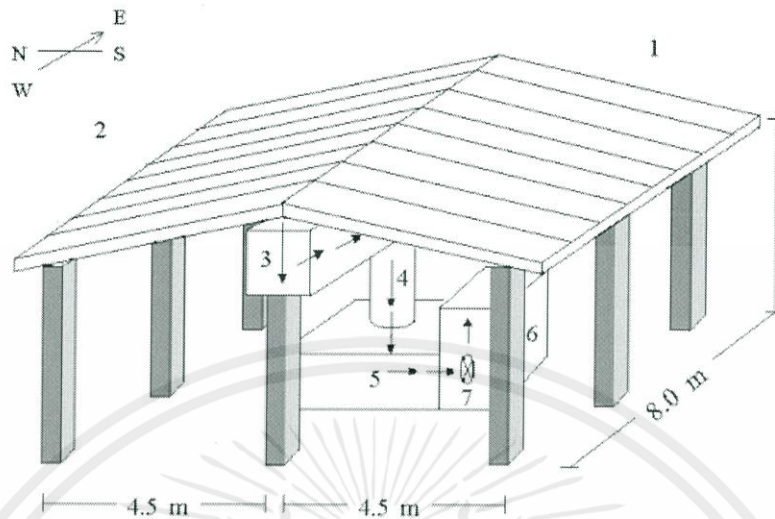


รูปที่ 2.26 แสดงภาพตัดตามยาวของแผงรับแสงอาทิตย์ [4]



รูปที่ 2.27 แสดงการวางตะแกรงภายในตู้อบ [4]

เสริม จันทร์ฉาย และคณะ, 2548 [9] ได้พัฒนาเครื่องอบแห้งสมุนไพรและเครื่องเทศโดยใช้ความร้อนจากแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ที่ทำหน้าที่เป็นหลังคาโรงเรือน โดยลักษณะของเครื่องอบแห้งดังกล่าวแสดงในรูป 2.28 เครื่องอบแห้งดังกล่าวสามารถอบแห้งดอกกระเจี๊ยบ 200 กิโลกรัม ให้แห้งในเวลาประมาณ 4 วัน แต่เนื่องจากวัสดุโปร่งแสงที่ปิดด้านบนของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์ซึ่งทำด้วยไฟเบอร์กลาสมีการเสื่อมสภาพ เกิดการร่นมัวหลังจากใช้งานไปเป็นเวลานาน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

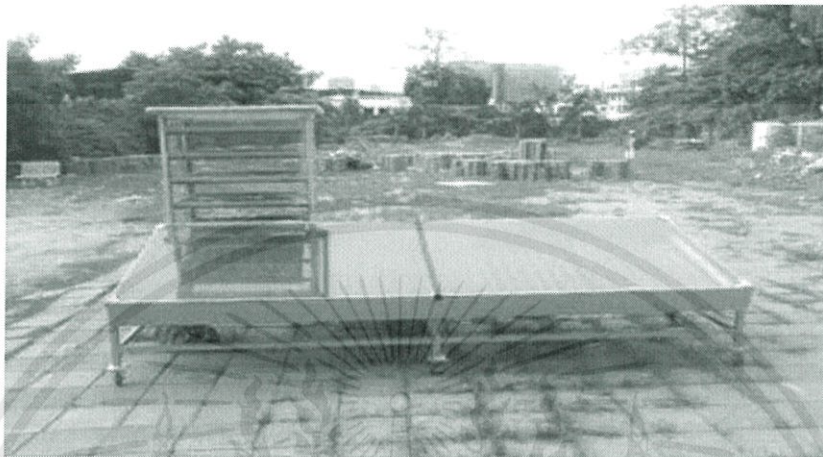


รูปที่ 2.28 แสดงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่พัฒนาขึ้นโดย เสริม จันทร์ฉาย และคณะ [9]

ที่มา : http://www.thapra.lib.su.ac.th/objects/thesis/fulltext/snmcn/Nattapon_Srisittipokakun/Fulltext.pdf

สุดธิดา อินทผล และคณะ, 2551 [8] การวิจัยนี้มีความมุ่งหมายเพื่อการพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ แล้วทำการประเมินประสิทธิภาพและสมรรถนะทางกายภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งได้ออกแบบและสร้างขึ้นเป็น 2 ส่วนคือส่วนของแผงรับแสงอาทิตย์โดยการแปลงพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน อีกส่วนหนึ่งคือตู้อบแห้งสำหรับวางผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร ในการอบแห้งโดยการติดตั้งชุดพัดลมพาอากาศร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์มายังตู้อบแห้งเพื่อใช้สำหรับลดความชื้นของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่ทำการอบแห้ง โดยออกแบบให้เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถอบพริกได้ครั้งละ 10 กิโลกรัม โดยมีอัตราการระเหยของน้ำภายในเครื่องอบแห้งเฉลี่ยจากการคำนวณได้เท่ากับ 4.1 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน การหาสมรรถนะของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทำการทดลองอบพริกปริมาณ 10 กิโลกรัม มีความชื้น 85% (wb) ให้มีปริมาณความชื้นน้อยกว่าหรือเท่ากับ 15% (wb) โดยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถอบพริกสดขนาด 10 กิโลกรัมให้แห้งได้โดยใช้ระยะเวลา 2 วัน, 1.5 วันและ 1 วันตามลำดับขึ้นอยู่กับสภาพอากาศของสภาวะแวดล้อมในวันที่ทำการอบแห้ง ซึ่งเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สามารถเพิ่มอุณหภูมิของอากาศภายในตู้อบแห้งได้ 20 – 30 °C โดยมีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 70 °C ในวันที่สภาพอากาศแจ่มใสตลอดทั้งวัน ซึ่งสามารถอบพริกให้แห้งได้ภายใน 1 วัน โดยมีอัตราการระเหยของน้ำภายในเครื่องอบแห้งเฉลี่ยจากผลการทดลองจริงได้เท่ากับ 4.1 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน การประเมินสมรรถนะทางกายภาพโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 4 ท่านเป็นผู้ประเมิน แบ่งการประเมินออกเป็น 3 ด้าน คือด้านการออกแบบและการใช้งานอยู่ในระดับดี ($X = 4.35$, $SD = 0.19$) ด้านความปลอดภัยในการใช้งานอยู่ในระดับดี ($X = 4.25$, $SD = 0.60$) และด้านความสวยงามอยู่ในระดับดี ($X = 4.00$, $SD = 0.63$) ผลรวมของการประเมินสมรรถนะทางกายภาพอยู่ในระดับดี ($X = 4.24$, $SD = 0.35$) ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์โดยทำการเปรียบเทียบกับค่าตากพริกแห้งโดยวิธีธรรมชาติ สรุปได้ว่าระยะเวลาคืนทุนของเครื่องอบแห้งพลังงาน

แสงอาทิตย์เท่ากับ 3.97 – 4.26 ปีขึ้นอยู่กับราคาของฟริกสด 16 – 18 บาทต่อกิโลกรัม และราคาขายของฟริกแห้ง 110 – 120 บาทต่อกิโลกรัม

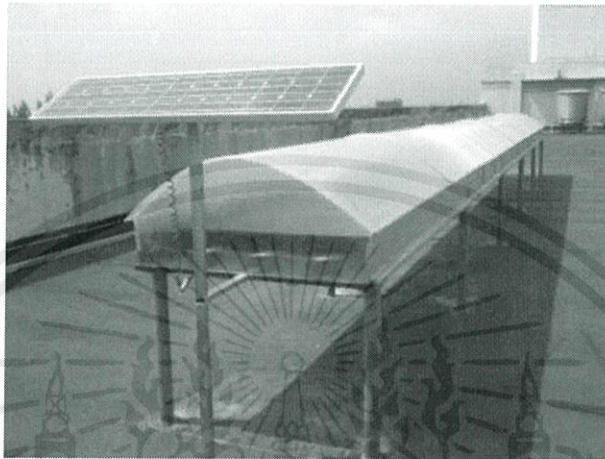


รูปที่ 2.29 แสดงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ [8]

อนุศิษฐ์ อ้นมานะตระกูล, 2551 [11] งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการอบแห้งผักและผลไม้ โดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบเก็บสะสมพลังงานความร้อนแบบสารเปลี่ยนเฟส ระบบประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือชุดรวมแสงอาทิตย์แบบรางพาราโบลาโบลิก พื้นที่ของรางพาราโบลิกเท่ากับ 1.54 ตารางเมตร ตู้อบแห้งมีขนาด 0.8 x 0.6 x 0.7 ลูกบาศก์เมตร และถังกักเก็บพลังงานบรรจุสารเปลี่ยนเฟสชนิดปรับมุมได้ทำจากพีวีซีหุ้มฉนวนเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.5 เมตร ยาว 1.40 เมตร ภายในติดตั้งท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร และเพิ่มประสิทธิภาพโดยติดตั้งฉนวนความร้อนชนิดวงแหวนจำนวน 66 ท่อ ใช้พาราฟินเป็นสารสะสมความร้อนน้ำหนัก 200 กิโลกรัม จากการศึกษาพบว่ากระบวนการประจุและดึงความร้อนของระบบที่เวลา 6 และ 18 ชั่วโมงตามลำดับ ระบบจะมีประสิทธิภาพสูงสุดที่อัตราการไหลของน้ำ 15 ลิตรต่อนาที และมุมเอียงของถังกักเก็บที่ศูนย์องศา กระบวนการดึงความร้อนสามารถนำความร้อนแฝงของการเปลี่ยนสถานะอัตราคงที่

ณัฐพล ศรีสิทธิโกศล, 2552 [1] ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่มีแผงรับรังสี 2 ชั้น โดยใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตเป็นฉนวนโปร่งแสงเพื่อลดการสูญเสียความร้อนด้านบน เครื่องอบแห้งดังกล่าวประกอบด้วยส่วนแผงรับรังสีดวงอาทิตย์และส่วนอบแห้งผลิตภัณฑ์ โดยทั้งสองส่วนใช้โครงสร้างและวัสดุชนิดเดียวกัน ทั้งนี้การใช้แผงรับรังสี 2 ชั้นจะช่วยลดการสูญเสียความร้อนบริเวณฉนวนด้านล่างได้ดีขึ้น สำหรับระบบระบายอากาศใช้พัดลมระบายอากาศซึ่งทำงานด้วยไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์เพื่อเป่าอากาศร้อนจากแผงรับรังสีไปยังส่วนอบแห้งผลิตภัณฑ์ แผงรับรังสีดวงอาทิตย์ดังกล่าวมีพื้นที่รับแสงรวม 108 ตารางเมตร จากนั้นได้ทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องอบแห้งโดยการอบแห้งกล้วยน้ำว้าสุก ในช่วงเดือนเมษายนปี พ.ศ.2552 โดยใช้กล้วยน้ำว้าสุกประมาณ 100 กิโลกรัม จากผลการทดลองพบว่าเครื่องอบแห้งดังกล่าวสามารถอบแห้งกล้วยน้ำว้าสุกที่มีความชื้น 65% (wb) จนได้ความชื้นสุดท้ายประมาณ 16% (wb)

ภายใน 3-4 วันซึ่งเร็วกว่าการตากแดดตามธรรมชาติประมาณ 1 - 2 วัน ผลผลิตแห้งที่ได้มีคุณภาพดีและไม่ได้รับความเสียหายจากการเปียกฝนหรือการรบกวนของสัตว์และแมลงต่างๆ ซึ่งประสิทธิภาพของแผงรับรังสีดวงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 35% โดยอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแปรค่าระหว่าง 30 - 70 องศาเซลเซียสขึ้นกับสภาพอากาศ



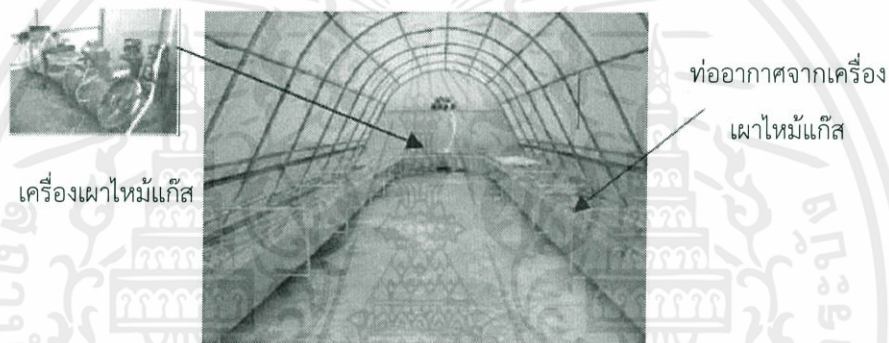
รูปที่ 2.30 แสดงเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลม [1]

เสริม จันทร์ฉาย, 2552 [10] ทำการออกแบบและสร้างระบบอบแห้งแบบกรีนเฮาส์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร มีโครงสร้างเป็นรูปพาราโบลาและปิดคลุมรอบด้านด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต มีพัดลมทำงานด้วยกำลังไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์ โดยมีพื้นที่รับรังสีดวงอาทิตย์ขนาด 5.50 x 8 ตารางเมตร สามารถบรรจุผลผลิตแห้งสำหรับอบแห้งได้ประมาณ 300 กิโลกรัม และใช้พัดลมดูดอากาศออกขนาด 15 วัตต์ 3 ตัว โดยใช้แผงโซลาร์เซลล์ขนาด 50 วัตต์ 1 แผง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.31 แสดงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร [10]
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
ที่มา : <http://tar.thailis.or.th/bitstream/123456789/312/1/O20.pdf>

สรารวุฒิ แนบเนียร, 2553 [18] ได้ทำการปรับปรุงระบบอบแห้งแบบกรีนเฮาส์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร โดยมีขนาดพื้นที่ปิดคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต 8 x 20 ตารางเมตร ใช้พัดลมดูดอากาศขนาด 15 วัตต์ 9 ตัว และแผงโซลาร์เซลล์ขนาด 50 วัตต์ 3 แผง นอกจากนี้ยังติดตั้งเครื่องเผาไหม้แก๊ส (Gas burner) ขนาดประมาณ 70 กิโลวัตต์ เพื่อใช้ในช่วงฝนตกจากขนาดที่ขยายจากเดิมทำให้สามารถอบแห้งผลิตภัณฑ์สดได้ 300 กิโลกรัมให้เป็น 1,000 กิโลกรัม ทำการสร้างระบบอบแห้งดังกล่าวที่วิสาหกิจชุมชนตำบลดอนตูม อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม และทำการทดลองอบแห้งมะเขือเทศแช่ส้มจำนวน 3 ครั้งๆ ละ 1,000 กิโลกรัม ผลการทดลองพบว่าระบบอบแห้งดังกล่าวสามารถใช้ออบแห้งมะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 50% (wb) ให้เหลือความชื้นสุดท้าย 12% (wb) โดยใช้เวลา 4 วัน ซึ่งสั้นกว่าการตากแดดตามธรรมชาติที่ใช้เวลา 7 วัน และยังพบว่าเครื่องเผาไหม้แก๊สทำงานได้ดีในช่วงที่ฝนตก



รูปที่ 2.32 แสดงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบกรีนเฮาส์ที่ปรับปรุงระบบให้ความร้อนเสริม [18]

ที่มา : <http://tar.thailis.or.th/bitstream/123456789/312/1/O20.pdf>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

จากการศึกษาปัญหาที่ผ่านมา พบว่าการตากแห้งสินค้าแบบอดีตจะส่งผลให้สินค้าประเภทการตากแห้งหรืออบแห้งทางการเกษตรประสบปัญหามากมาย ทั้งความไม่แน่นอนทางธรรมชาติหรือความไม่สะอาดของผลผลิต เรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นทางเลือกของเกษตรกรหรือผู้ประกอบการ แต่อย่างไรก็ตามทางผู้จัดทำจึงได้พัฒนาเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดเพื่อให้สามารถใช้ออบแห้งผลิตภัณฑ์ได้ที่อุณหภูมิสูงขึ้น ดังขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เป็นการศึกษาทฤษฎีเพื่อหาความเป็นไปได้ สนับสนุนการสร้างและทดสอบเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด ซึ่งจากการศึกษาศักยภาพแสงอาทิตย์จากแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปี ดังรูปที่ 3.1 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน พบว่า 14.30% ของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศไทยมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์สูง คือได้รับรังสีดวงอาทิตย์รายวันเฉลี่ยต่อปีในช่วง 19 - 20 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน และ 50% ของพื้นที่ทั้งหมดได้รับรังสีดวงอาทิตย์ในช่วง 18 - 19 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งถือว่ามีความศักยภาพแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง ส่วนบริเวณที่มีศักยภาพค่อนข้างต่ำมีเพียง 0.5% ของพื้นที่ทั้งหมด เมื่อทำการเฉลี่ยความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ทั่วประเทศจากทุกพื้นที่เป็นค่ารายวันเฉลี่ยต่อปีจะได้เท่ากับ 18.20 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งเพียงพอที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ได้ ตัวอย่างเช่น งานวิจัยเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ของ รศ.ดร.เสริม จันทร์ฉาย ที่สามารถอบแห้งกระเจี๊ยบ 200 กิโลกรัม ได้ภายใน 4 วัน งานวิจัยการปรับปรุงระบบอบแห้งแบบกรีนเฮาส์ของมหาวิทยาลัยศิลปากร ที่โครงสร้างหลังคาปกคลุมด้วยแผ่นโพลีคาร์บอเนต ทำการทดลองอบแห้งมะเขือเทศแช่เย็นจำนวน 3 ครั้งๆ ละ 1,000 กิโลกรัม สามารถอบแห้งมะเขือเทศที่มีความชื้นเริ่มต้น 50% (wb) ให้เหลือความชื้นสุดท้าย 12% (wb) โดยใช้เวลา 4 วัน เร็วกว่าการตากแห้งธรรมชาติที่ใช้เวลาถึง 7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงแผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปี

ที่มา : <http://www.dede.go.th/dede/images/stories/solarmap.pdf>

3.2 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการออกแบบ

เป็นการคำนวณเบื้องต้นเพื่อใช้ในการออกแบบขนาดแผงรับแสงอาทิตย์และตู้อบแห้ง โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ สร้างความสัมพันธ์เพื่อหาขนาดที่สอดคล้องกันระหว่างแผงรับแสงอาทิตย์และห้องอบแห้งให้สามารถทำความร้อนได้ตามที่ต้องการ โดยพื้นฐานการสร้างสมการทางคณิตศาสตร์มาจากกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ สำหรับกระบวนการไหลคงที่ และสภาวะคงที่ ซึ่งมีสมมติฐานที่ว่า สมบัติทุกอย่างภายในระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา นั่นคือ ปริมาตร มวล และพลังงานภายในระบบจะมีค่าคงที่ตลอดกระบวนการ ความร้อนและงานที่เกิดการถ่ายโอนในระหว่างกระบวนการไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา อัตราการถ่ายโอนความร้อนและกำลังที่เกิดการถ่ายโอนผ่านขอบเขตของระบบจะมีค่าคงที่ตลอดไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการ โดยความร้อนที่ได้รับเมื่อสารมวล m มีอุณหภูมิเพิ่มจาก T_1 เป็น T_2 เมื่อความจุความร้อนจำเพาะมีค่าคงที่สามารถหาได้จาก $Q = mc\Delta T$ ตามทฤษฎีเรื่องความร้อนที่กล่าวในบทที่ 2 จากความสัมพันธ์นี้นำมาใช้เพื่อหาแบบจำลองแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแผงรับแสงอาทิตย์และห้องอบแห้ง ก่อนจำลองในโปรแกรมเพื่อจะได้ขนาดที่สามารถทำความร้อนได้ตามที่ต้องการและทำการเปรียบเทียบเพื่อดูแนวโน้มของอุณหภูมิระหว่างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดและแบบวงเปิดที่ได้จากการคำนวณ

3.3 ออกแบบเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

เป็นการออกแบบลักษณะของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์หลังจากสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และทราบขนาดของแผงรับแสงอาทิตย์และห้องอบแห้งที่ทำความร้อนได้ตามที่ต้องการแล้ว โดยต้องคำนึงถึงโครงสร้างที่เป็นไปได้ วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้เป็นโครงสร้าง ผนวกกันความร้อน ทิศทางการไหลของอากาศ โดยจะใช้ไม้เป็นวัสดุหลักในการสร้างทั้งในส่วน of โครงสร้างและผนังที่ปิดกั้นภายนอก ซึ่งส่วนที่สำคัญของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นี้คือ ผนวกกันความร้อน ในที่นี้จะใช้วัสดุที่สามารถหาได้ง่ายและมีราคาประหยัด นั่นคือ กระดาษ A4 และโฟม การทำผนวกกันความร้อนควรทำด้วยความประณีตและหนาเท่ากันโดยตลอด สำหรับขั้นตอนออกแบบเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะต้องทำด้วยความรอบคอบเพื่อไม่ก่อให้เกิดปัญหาในระหว่างการสร้างต่อไป การออกแบบเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งได้เป็น 4 ส่วนคือ

3.3.1 แผงรับแสงอาทิตย์

แผงรับแสงอาทิตย์เป็นส่วนสำคัญของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยชนิดของแผงรับแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นเป็นแบบรวมที่เรียกว่า แผงรับแสงอาทิตย์แบบแผ่นราบ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อน ส่งผลให้อากาศภายในแผงรับแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงขึ้นก่อนส่งไปยังห้องอบแห้ง โดยจะใช้ไม้เนื้อแข็งเป็นโครงและใช้ไม้อัดปิดผนังโดยรอบ ภายในแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์จะต้องทำการผนวกกันความร้อน นั่นคือ กระดาษ A4 และโฟม พร้อมทั้งป้องกันการรั่วไหลของความร้อนที่บริเวณรอยต่อระหว่างไม้ด้วยกาวซิลิโคน

3.3.2 ขาดังแผงรับแสงอาทิตย์

ความสำคัญของขาดังแผงรับแสงอาทิตย์อยู่ที่ความลาดเอียงที่ทำให้แผงรับแสงอาทิตย์สามารถรับแสงอาทิตย์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ซึ่งความลาดเอียงต้องสอดคล้องกับสถานที่ตั้งที่ทำการทดสอบ นั่นคือ ตำแหน่งเส้นละติจูดของสถานที่ตั้งที่ทำการทดสอบ โดยขาดังแผงรับแสงอาทิตย์สร้างจากไม้เนื้อแข็ง และมีโครงสร้างที่มีความแข็งแรงมากพอสำหรับการรับน้ำหนักแผงรับแสงอาทิตย์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 ท่อลมร้อน

ท่อลมร้อนเป็นส่วนที่ส่งผ่านอากาศร้อนไปยังส่วนต่างๆ ในส่วนนี้จึงเกิดความสูญเสียได้มากที่สุด ดังนั้นจำเป็นต้องหุ้มฉนวนด้วยความประณีตเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนที่บริเวณนี้ โดยใช้กระดาษหนังสือพิมพ์และเทปอะลูมิเนียมพอยล์เป็นฉนวนกันความร้อน

3.3.4 ห้องอบแห้ง

ห้องอบแห้งเป็นส่วนที่รับอากาศร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์โดยผ่านทางท่อลมร้อน ดังนั้นเพื่อให้การกระจายตัวของอุณหภูมิเป็นไปอย่างสม่ำเสมอจึงออกแบบรูปทรงให้เป็นลูกบาศก์ โดยใช้ไม้เนื้อแข็งเป็นโครงและไม้อัดปิดผนังโดยรอบ ภายในห้องอบแห้งต้องทำการบุฉนวนกันความร้อน นั่นคือ กระดาษ A4 และโฟม พร้อมทั้งป้องกันการรั่วไหลของความร้อนบริเวณรอยต่อระหว่างไม้ด้วยกาวซิลิโคน ในส่วนตำแหน่งของช่องรับอากาศเข้าสู่ด้านในและระบายอากาศออกสู่ด้านนอกจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของอากาศร้อนด้วย

3.4 การสร้างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

หลังจากออกแบบเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เรียบร้อยแล้ว จะมาถึงขั้นตอนของการสร้างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ใช้ความประณีต รวมถึงทักษะในการใช้เครื่องมือต่างๆ พร้อมทั้งจำเป็นต้องจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ให้เรียบร้อย การสร้างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบ่งได้เป็น 4 ส่วน คือ

3.4.1 แผงรับแสงอาทิตย์

แผงรับแสงอาทิตย์เป็นส่วนสำคัญของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อน โดยวางแผนอะคริลิกจำนวน 2 แผ่นสำหรับรับแสงอาทิตย์โดยตรง โดยให้ช่องว่างระหว่างแผ่นอะคริลิกทั้ง 2 ทำหน้าที่เป็นฉนวนอากาศ ในส่วนของโครงไม้จะใช้ไม้เนื้อแข็งทำเป็นโครงและใช้ไม้อัดปิดผนังโดยรอบ บุด้านในด้วยโฟมที่ห่อหุ้มด้วยกระดาษ A4 และปิดด้วยพอยล์กันความร้อนเป็นชั้นสุดท้าย ก่อนใช้กาวซิลิโคนปิดบริเวณรอยต่อระหว่างไม้รอบๆ แผงรับแสงอาทิตย์เพื่อป้องกันการรั่วไหลของความร้อน สำหรับทิศทางการไหลของอากาศภายในแผงรับแสงอาทิตย์ ทำโดยเจาะช่องอากาศไว้ 2 ช่องที่ผนังตรงกันข้ามเพื่อให้อากาศภายนอกไหลเข้าสู่ระบบพร้อมทั้งส่งอากาศร้อนไปใช้ในระบบ (ห้องอบแห้ง) ต่อไป และปิดตาข่ายเพื่อป้องกันแมลงเข้าไปภายในแผงรับแสงอาทิตย์ด้วย

3.4.2 ขาดังแผงรับแสงอาทิตย์

ขาดังแผงรับแสงอาทิตย์เป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่งของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากเป็นส่วนที่ทำให้แผงรับแสงอาทิตย์มีความลาดเอียงให้สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ตั้งฉากเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งความเอียงนี้เป็นเอียงที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และก๊อปปี้ข้อมูลเข้าสู่ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลาดเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์นี้จะต้องสอดคล้องกับสถานที่ตั้งที่ทำการทดสอบ โดยใช้ไม้เนื้อแข็งต่อโครงสร้างให้มีความแข็งแรงมากพอที่จะรับน้ำหนักของแผงรับแสงอาทิตย์ได้

3.4.3 ท่อลมร้อน

เป็นส่วนที่ส่งผ่านอากาศร้อนไปยังส่วนต่างๆ ในส่วนนี้จึงเกิดความสูญเสียได้มากที่สุด ดังนั้นจำเป็นต้องหุ้มฉนวนด้วยความประณีตเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนที่บริเวณนี้เป็นพิเศษ โดยทำการหุ้มด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ประมาณ 4 - 5 ชั้น ก่อนใช้ฟอยล์กันความร้อนพันปิดอีกประมาณ 3 - 4 ชั้นอีกครั้ง สำหรับเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดจะต้องทำท่อลมร้อนเพื่อนำอากาศจากห้องอบแห้งกลับมายังแผงรับแสงอาทิตย์อีกครั้งด้วย

3.4.4 ห้องอบแห้ง

ห้องอบแห้งเป็นส่วนที่ต้องเก็บกักความร้อนที่รับมาจากแผงรับแสงอาทิตย์ โดยโครงสร้างทำจากไม้เนื้อแข็งและใช้ไม้อัดปิดผนังโดยรอบ พร้อมทั้งบุด้านในด้วยโฟมที่ห่อหุ้มด้วยกระดาษ A4 และใช้ฟอยล์ปิดกันความร้อนเป็นชั้นสุดท้าย ก่อนใช้กาวซิลิโคนปิดเพื่อป้องกันการรั่วไหลของความร้อนบริเวณรอยต่อระหว่างไม้รอบๆ ห้องอบแห้ง สำหรับทิศทางการไหลของอากาศภายในห้องอบแห้ง ทำโดยเจาะช่องอากาศไว้ 2 ช่องที่ผนังด้านข้างเพื่อรับอากาศร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ และที่ผนังด้านบนเพื่อระบายอากาศร้อนออกหรือวนกลับเข้าที่แผงรับแสงอาทิตย์อีกครั้ง พร้อมทั้งปิดตาข่ายเพื่อป้องกันแมลงเข้าด้วย

3.5 ทดสอบและเก็บผลการทำงานของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

หลังจากทำการสร้างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบวงปิดและแบบวงเปิดสำเร็จ จึงสามารถทำการทดสอบและเก็บผลเพื่อเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดและแบบวงเปิด

3.5.1 การวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ในการทดสอบจะต้องควบคุมสภาวะต่างๆ ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบวงปิดและแบบวงเปิดให้อยู่ในสภาวะเช่นเดียวกัน โดยตั้งด้านรับแสงของแผงรับแสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้และใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว ชนิดแอลกอฮอล์ เป็นอุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิซึ่งตำแหน่งการวัดอุณหภูมิมี 3 ตำแหน่ง นั่นคือ อุณหภูมิก่อนเข้าแผงรับแสงอาทิตย์ อุณหภูมิแผงรับแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิห้องอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 ผลการทดสอบ

จัดเก็บผลการทดสอบลงในตารางดังรูปที่ 3.2 เพื่อเก็บข้อมูลได้สะดวกและเป็นระเบียบ โดยในตารางบันทึกผลการทดสอบจะต้องบันทึกค่าอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนี้

T₁ คือ อุณหภูมิก่อนเข้าแผงรับแสงอาทิตย์

T₂ คือ อุณหภูมิแผงรับแสงอาทิตย์

T₃ คือ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิห้องอบแห้ง

ตารางบันทึกผลการทดสอบ

วันที่บันทึกผล

เวลา	Opened-loop						Closed-loop						
	Solar collector		Solar chamber				Solar collector		Solar chamber				
	T1 (°C)	T2 (°C)				T3 (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)				T3 (°C)	
8:50:00 AM													
9:00:00 AM													
9:10:00 AM													
9:20:00 AM													
9:30:00 AM													
9:40:00 AM													
9:50:00 AM													
.													
.													
.													
3:00:00 PM													
3:10:00 PM													
3:20:00 PM													
3:30:00 PM													
3:40:00 PM													
3:50:00 PM													
4:00:00 PM													

หมายเหตุ

.....

.....

.....

รูปที่ 3.2 แสดงตารางบันทึกผลทดสอบการทำงานของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

เมื่อนำผลทดสอบการทำงานของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบวงปิดและแบบวงเปิดมาวิเคราะห์ จะทำให้ทราบแนวโน้มการทำงาน และสามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งสองได้ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงขั้นตอนการปฏิบัติงานอย่างละเอียดในทุกขั้นตอน ตั้งแต่การศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อหาความเป็นไปได้ของการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ขนาดของแผงรับแสงอาทิตย์และห้องอบแห้ง ออกแบบและสร้างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ตลอดจนเปรียบเทียบการทำงานระหว่างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบวงปิดและแบบวงเปิด ดังนี้

4.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้าภาพแสงอาทิตย์ในประเทศไทย งานวิจัยของ รศ.ดร.เสริม จันทร์ฉาย และอีกหลายๆ งานวิจัยที่ผ่านมา ทำให้ทราบว่าพลังงานจากแสงอาทิตย์ในประเทศไทยสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ และได้มีการสร้างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิดขึ้น จึงได้ออกแบบพัฒนาและสร้างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดเพื่อเปรียบเทียบกับแบบวงเปิด และตั้งเครื่องทดสอบที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยใช้ข้อมูลความเข้มรังสีดวงอาทิตย์และภูมิภาคของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานของเขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ ดังรูปที่ 4.1 ทำให้ทราบความเข้มรังสีรวม (Q) และอุณหภูมิตัว (T) ในแต่ละช่วงเวลาตลอดปี

จากทฤษฎีในบทที่ 2 ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยทั่วประเทศจากทุกพื้นที่เป็นค่ารายวันเฉลี่ยต่อปีจะได้เท่ากับ 18.20 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน และจากตารางในรูปที่ 4.1 เมื่อทำการเฉลี่ยความเข้มรังสีดวงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันต่อปีในเขตลาดกระบัง จะได้เท่ากับ 19.72 เมกะจูลต่อตารางเมตรต่อวัน นั่นคือ ที่เขตลาดกระบังมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เพียงพอที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BANGKOK

กรุงเทพฯ

LATKRABANG

ลาดกระบัง

Latitude 13° 44' 54"

Longitude 100° 47' 56"

Global Radiation (MJ/m ² -hour)												
Time	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
6.00 - 7.00	0.000	0.000	0.013	1.400	0.224	0.240	0.204	0.165	0.156	0.143	0.075	0.000
7.00 - 8.00	0.285	0.323	0.410	0.518	0.600	0.631	0.621	0.603	0.602	0.597	0.561	0.487
8.00 - 9.00	0.681	0.742	0.806	0.895	0.977	1.023	1.038	1.041	1.047	1.050	1.047	1.030
9.00 -10.00	1.409	1.480	1.544	1.617	1.686	1.707	1.714	1.714	1.717	1.724	1.723	1.710
10.00 - 11.00	2.035	2.127	2.212	2.267	2.313	2.307	2.297	2.318	2.318	2.308	2.301	2.285
11.00 - 12.00	2.457	2.586	2.664	2.710	2.724	2.704	2.681	2.660	2.648	2.642	2.635	2.620
12.00 - 13.00	2.634	2.767	2.861	2.902	2.886	2.851	2.823	2.800	2.780	2.767	2.752	2.735
13.00 - 14.00	2.523	2.689	2.774	2.800	2.721	2.688	2.660	2.630	2.602	2.581	2.558	2.540
14.00 - 15.00	2.110	2.262	2.319	2.292	2.226	2.198	2.177	2.154	2.116	2.079	2.056	2.041
15.00 - 16.00	1.449	1.595	1.650	1.603	1.515	1.477	1.404	1.398	1.368	1.338	1.320	1.313
16.00 - 17.00	0.885	1.024	1.081	1.058	1.016	1.013	0.970	0.945	0.871	0.782	0.728	0.745
17.00 - 18.00	0.321	0.454	0.512	0.514	0.517	0.548	0.537	0.491	0.373	0.225	0.136	0.178

รูปที่ 4.1 แสดงรังสีรวมของเขตลาดกระบัง - กรุงเทพฯ

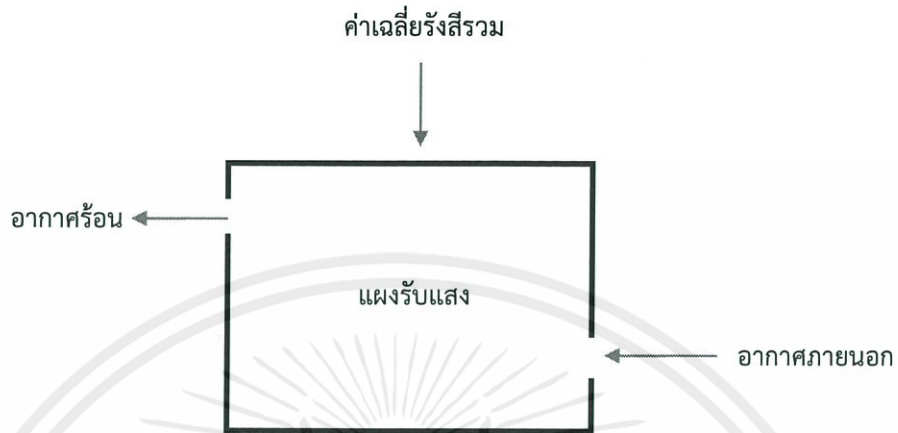
ที่มา : โปรแกรม SOLAR DATA กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

4.2 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการออกแบบ

จากกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์สามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้จำลองเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 แผงรับแสงอาทิตย์



รูปที่ 4.2 แสดงการเคลื่อนที่ของอากาศภายในแผงรับแสงอาทิตย์

จากแผนภาพ จะได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของแผงรับแสง คือ

$$\dot{Q}A\mu + \dot{m}C_p[(T_1 + 273) - (T_{t+1} + 273)] = \rho_{air} v_{รับแสง} C_{v,air} \frac{[(T_{t+1,A} + 273) - (T_t + 273)]}{\Delta t} \quad (4.1)$$

\dot{Q} = ความเข้มรังสีรวม (J/s)

A = พื้นที่รับแสง

μ = ประสิทธิภาพของแผงรับแสง

\dot{m} = อัตราการไหลเชิงมวล

C_p = ค่าความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่

T_1 = อุณหภูมิขณะเข้าแผงรับแสง

T_{t+1} = อุณหภูมิในแผงรับแสงเมื่อเปลี่ยนไปหนึ่งหน่วยเวลา

ρ_{air} = ความหนาแน่นของอากาศ

$v_{รับแสง}$ = ปริมาตรแผงรับแสง

$C_{v,air}$ = ค่าความร้อนจำเพาะที่ปริมาตรคงที่

$T_{t+1,A}$ = อุณหภูมิที่ออกจากแผงรับแสง

T_t = อุณหภูมิภายในแผงรับแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องเรียนเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Δt = ช่วงเวลาที่เปลี่ยนไป (สำหรับการจำลองโปรแกรมจะทำทุกๆ 1 วินาที
 ดังนั้น $\Delta t = 1$ วินาที)

4.2.2 ห้องอบแห้ง



รูปที่ 4.3 แสดงการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องอบแห้ง

จากแผนภาพ จะได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของห้องอบแห้ง คือ

$$\dot{m}C_{p,air}(T_{t+1,A} - T_{t,B}) = \rho_{air} v_{ห้องอบแห้ง} C_{v,air} \left(\frac{T_{t+2,B} - T_{t+1,B}}{\Delta t} \right) \quad (4.2)$$

$T_{t+1,A}$ = อุณหภูมิที่ออกจากแผงรับแสง

$T_{t,B}$ = อุณหภูมิในห้องอบแห้ง

$T_{t+2,B}$ = อุณหภูมิที่ออกจากห้องอบแห้ง

$T_{t+1,B}$ = อุณหภูมิที่เข้าสู่ห้องอบแห้ง

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้ นำไปสร้างโปรแกรมสำหรับจำลองค่าหาอุณหภูมิที่ได้ในช่วงเวลาต่างๆ ในที่นี้
 จะจำลองเพื่อหาค่าอุณหภูมิที่ได้เมื่อเวลาเปลี่ยนไปทุกๆ 1 วินาที

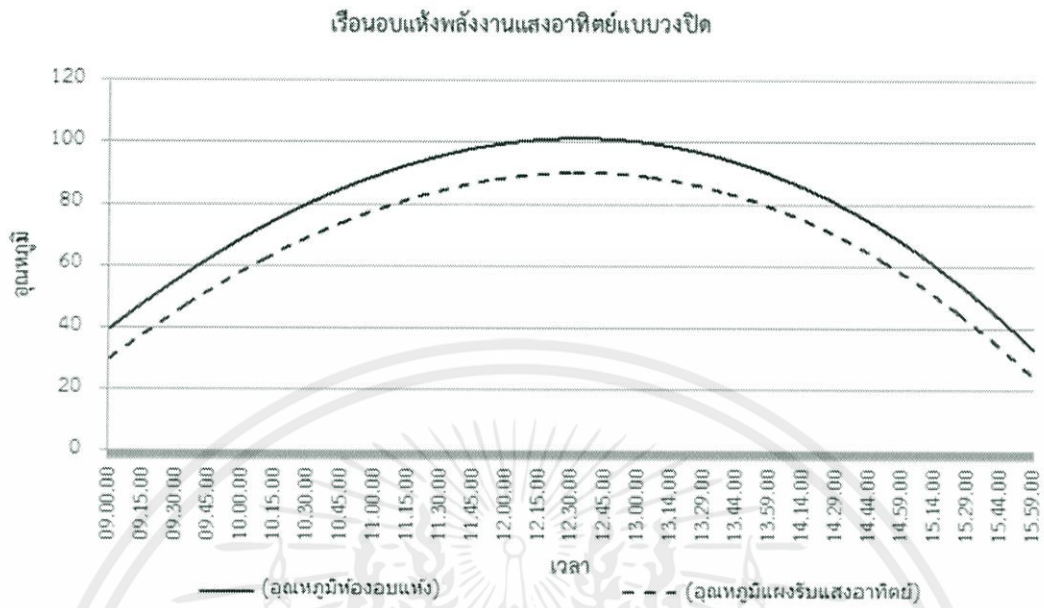
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

time	Cp m ³ °A ⁿ	m ³ °Cp ^{°T1}	pair [°] ในบัส [°] Cv [°] T1	pair [°] ในบัส [°] Cv [°] T2	m ³ °Cp	1+2+3	4+5	1+2+3+4+5	7+1A	0.97m ³ Cp [°] T1-A	pair [°] ในบัส [°] Cv [°] T1-B	pair [°] ในบัส [°] Cv [°] T2	m ³ Cp [°] T2-B
09:00:00	45.70602	591.619	33716.86566	111.6883973	1.95976	34354.19025	113.648156	29.28590456	28.8839	28097.38905	93.07366438	591.6185794	
09:00:01	45.70602	591.619	33761.78352	111.6883973	1.95976	34299.10811	113.648156	29.68074071	30.175	28079.63949	93.07366438	591.2448658	
09:00:02	45.70602	591.619	33805.92682	111.6883973	1.95976	34244.25141	113.648156	30.06618197	30.6667	28063.02916	93.07366438	590.8951187	
09:00:03	45.70602	591.619	33849.30889	111.6883973	1.95976	34188.63349	113.648156	30.45088407	31.7333	28047.51991	93.07366438	590.5685559	
09:00:04	45.70602	591.619	33891.94289	111.6883973	1.95976	34132.26748	113.648156	30.82602432	32.1835	28032.07559	93.07366438	590.2644165	
09:00:05	45.70602	591.619	33933.8417	111.6883973	1.95976	34075.1663	113.648156	31.19489561	32.0583	28016.66106	93.07366438	589.9819601	
09:00:06	45.70602	591.619	33975.018	111.6883973	1.95976	34017.3426	113.648156	31.5570095	32.288437	28001.24211	93.07366438	589.720467	
09:00:07	45.70602	591.619	34015.48426	111.6883973	1.95976	33958.80886	113.648156	31.91307561	32.52902	27985.78549	93.07366438	589.4792361	
09:00:08	45.70602	591.619	34055.25272	111.6883973	1.95976	33899.57731	113.648156	32.2602169	32.76952598	27969.25884	93.07366438	589.257587	
09:00:09	45.70602	591.619	34094.3354	111.6883973	1.95976	33839.166	113.648156	32.60089161	32.9956575	27953.63072	93.07366438	589.0548572	
09:00:10	45.70602	591.619	34132.74414	111.6883973	1.95976	33777.06873	113.648156	32.94485544	33.2222139	27937.85974	93.07366438	588.8704024	
09:00:11	45.70602	591.619	34170.49055	111.6883973	1.95976	33714.81515	113.648156	33.27698941	33.4539004	27921.939	93.07366438	588.7035964	
09:00:12	45.70602	591.619	34207.58606	111.6883973	1.95976	33651.91066	113.648156	33.60359004	33.6217408	27905.92631	93.07366438	588.5538302	
09:00:13	45.70602	591.619	34244.0419	111.6883973	1.95976	33587.96649	113.648156	33.92417408	33.79452019	27889.50412	93.07366438	588.4205117	
09:00:14	45.70602	591.619	34279.86908	111.6883973	1.95976	33523.19368	113.648156	34.2394106	34.54923098	27872.67574	93.07366438	588.3030653	
09:00:15	45.70602	591.619	34315.07846	111.6883973	1.95976	33457.40306	113.648156	34.54923098	34.7167631	27855.27574	93.07366438	588.2009516	

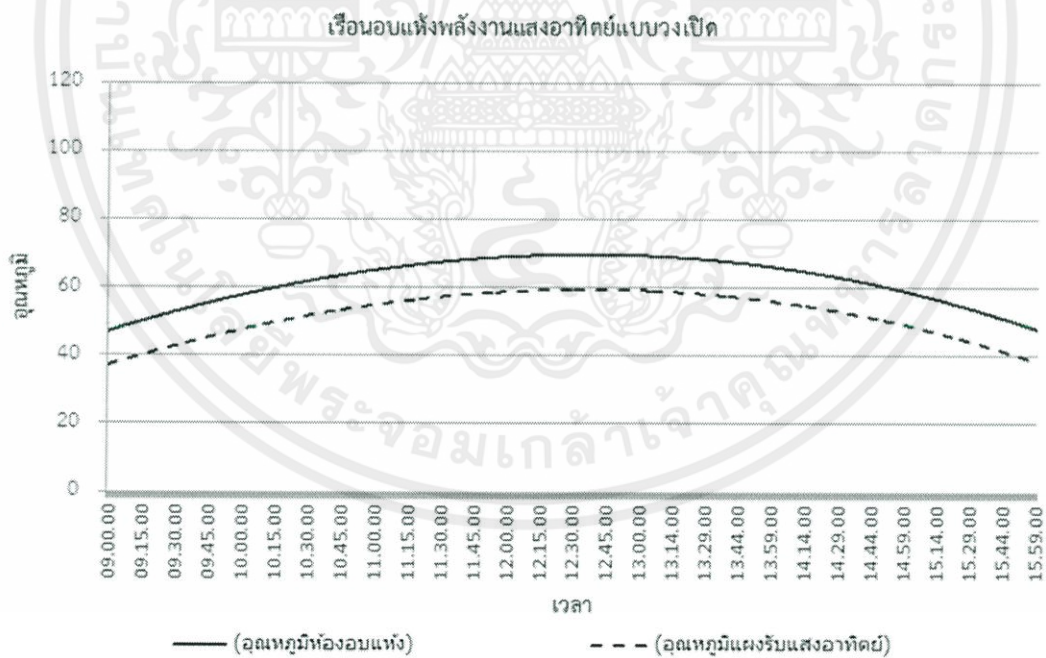
รูปที่ 4.4 แสดงโปรแกรมจำลองทางคณิตศาสตร์

เมื่อนำไปคำนวณจะสามารถประมาณอุณหภูมิของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดและแบบวงเปิดได้ดังรูป 4.4 นั่นคือ ที่แผงรับแสงอาทิตย์ขนาดพื้นที่รับแสง 1 ตารางเมตร มีปริมาตร 0.15 ลูกบาศก์เมตร และห้องอบแห้งปริมาตร 0.125 ลูกบาศก์เมตร เรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดจะมีอุณหภูมิสูงที่สุดในช่วงเวลา 12.00 - 13.00 นาฬิกา โดยที่อุณหภูมิในส่วนของแผงรับแสงอาทิตย์สูงที่สุดประมาณ 100 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิในส่วนของห้องอบแห้งประมาณ 90 องศาเซลเซียส ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิดซึ่งอุณหภูมิสูงที่สุดในช่วงเวลา 12.00 - 13.00 นาฬิกา โดยที่อุณหภูมิในส่วนของแผงรับแสงอาทิตย์สูงที่สุดประมาณ 70 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิในส่วนของห้องอบแห้งประมาณ 60 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงกราฟจำลองอุณหภูมิของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดใน 1 วัน



รูปที่ 4.6 แสดงกราฟจำลองอุณหภูมิของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิดใน 1 วัน

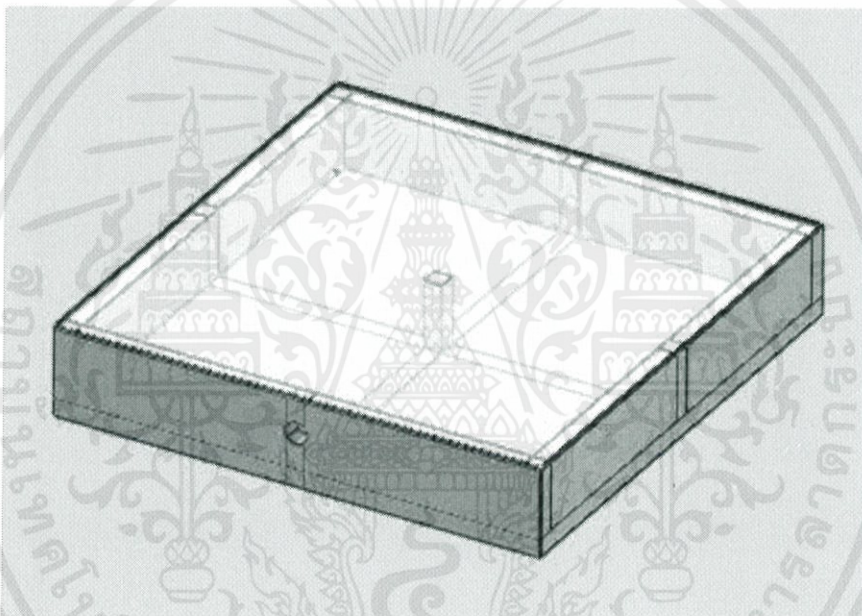
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ออกแบบเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ทำให้ทราบขนาดของแผงรับแสงอาทิตย์และห้องอบแห้ง ที่สามารถทำอุณหภูมิได้ตามที่ต้องการ ดังนั้นจึงได้ออกแบบส่วนต่างๆ ดังนี้

4.3.1 แผงรับแสงอาทิตย์

แผงรับแสงอาทิตย์มีขนาดพื้นที่รับแสงอาทิตย์ 1×1 ตารางเมตร และมีปริมาตร $1 \times 1 \times 0.15$ ลูกบาศก์เมตร ใช้แผ่นอะคริลิกจำนวน 2 แผ่น โดยให้ช่องว่างระหว่างแผ่นอะคริลิกทั้ง 2 ทำหน้าที่เป็นฉนวนอากาศและมีรูปทรง ดังรูปที่ 4.7

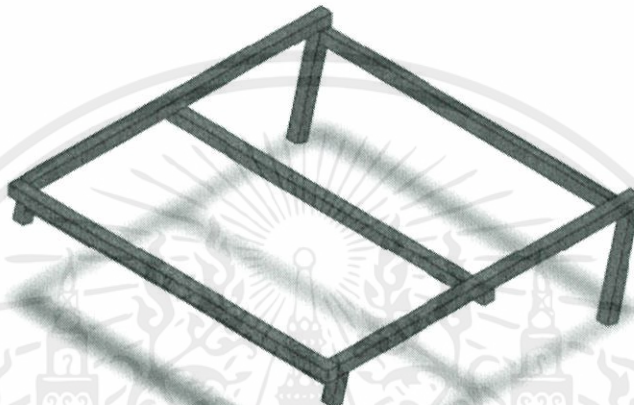


รูปที่ 4.7 แสดงแบบจำลองแผงรับแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ขาดังแผงรับแสงอาทิตย์

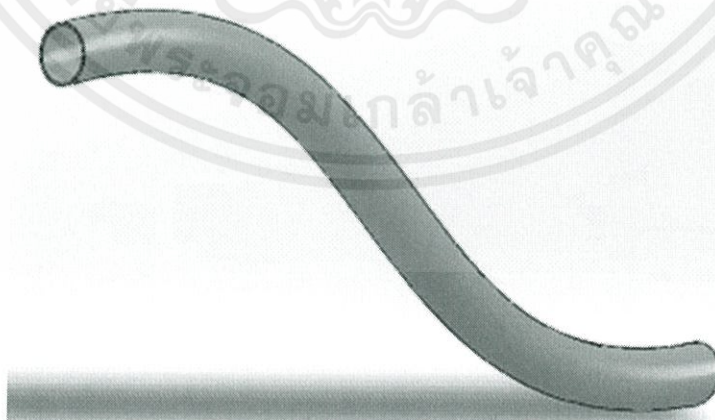
ความลาดเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์จะต้องสอดคล้องกับสถานที่ตั้งที่ทำการทดสอบ นั่นคือ เขตลาดกระบ้ง ซึ่งตั้งอยู่บนเส้นละติจูดที่ 13 องศา 44 ลิปดา 54 พิลิปดา ดังนั้นจำเป็นต้องทำให้แผงรับแสงอาทิตย์มีความลาดเอียงใกล้เคียงกับตำแหน่งที่ตั้งของเขตที่ทำการทดสอบ คือ 14 องศา



รูปที่ 4.8 แสดงแบบจำลองขาดังแผงรับแสงอาทิตย์

4.3.3 ท่อลมร้อน

ให้ความยาวพอดีกับระยะห่างระหว่างแผงรับแสงอาทิตย์และห้องอบแห้ง

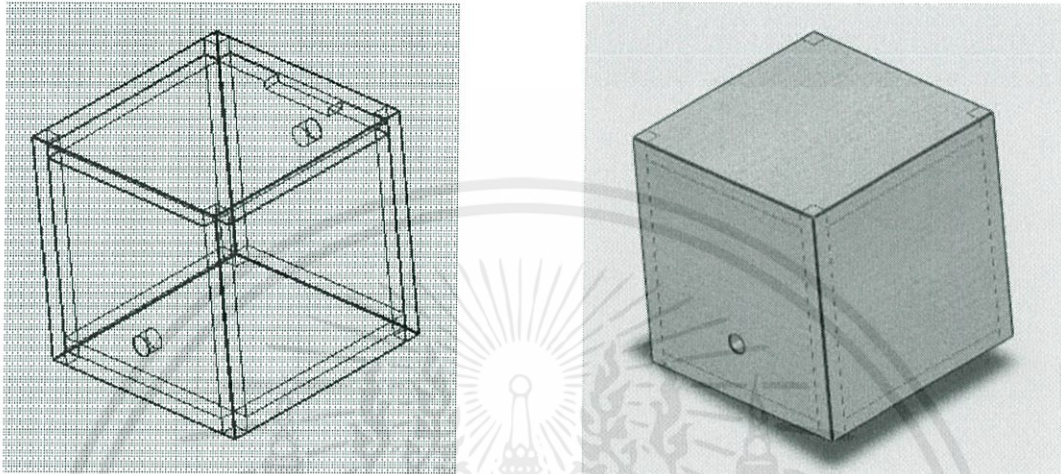


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกข้อความและข้อมูลข้างจริงเท็จของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.9 แสดงแบบจำลองท่อลมร้อน

4.3.4 ห้องอบแห้ง

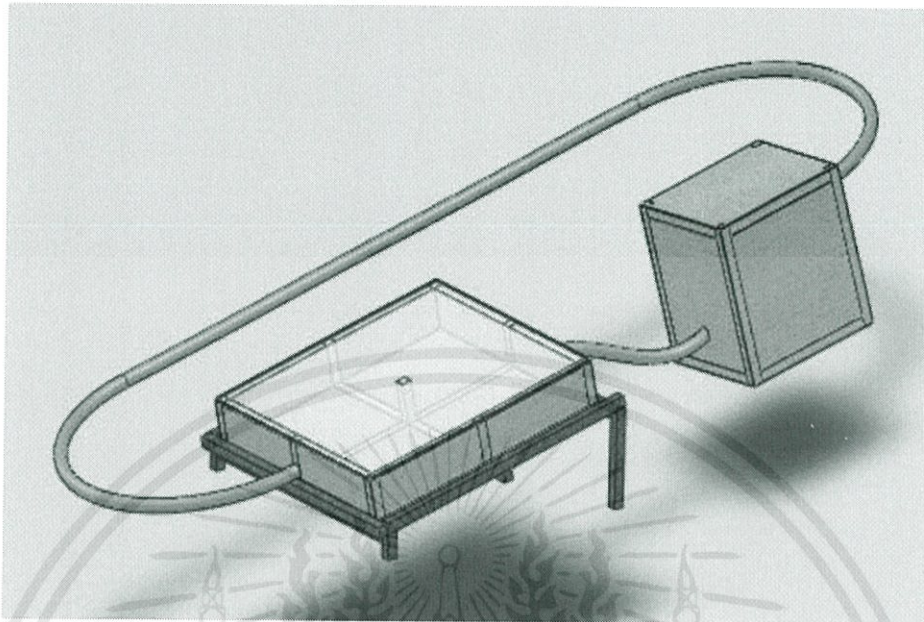
ห้องอบแห้งมีขนาด $0.50 \times 0.50 \times 0.50$ ลูกบาศก์เมตร และมีรูปทรงเป็นลูกบาศก์ ดังรูปที่ 4.10



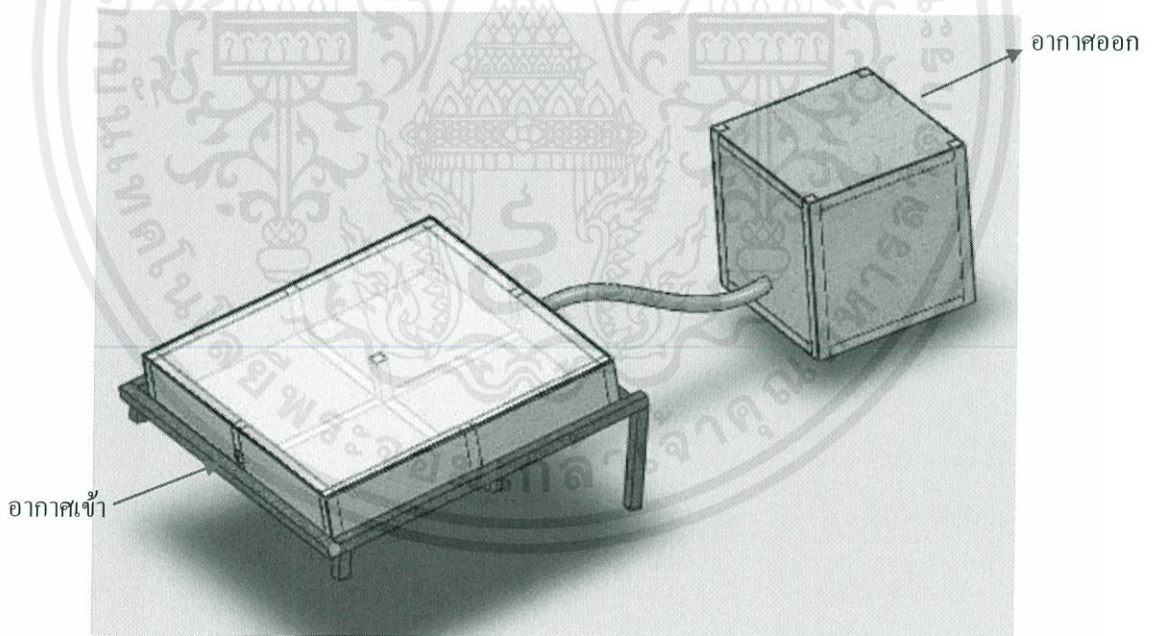
รูปที่ 4.10 แสดงแบบจำลองห้องอบแห้ง

เมื่อนำส่วนประกอบทั้ง 4 ส่วนมาประกอบเข้าด้วยกัน จะสามารถจำลองเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดได้ดังรูปที่ 4.11 และจำลองเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิดได้ดังรูปที่ 4.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แสดงแบบจำลองเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด



รูปที่ 4.12 แสดงแบบจำลองเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การสร้างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ในการสร้างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ต้องมีทักษะในการใช้เครื่องมือต่างๆ พร้อมทั้งเตรียมจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ให้พร้อมใช้งาน โดยจะใช้ไม้เป็นวัสดุหลักในการสร้างทั้งในส่วนของโครงสร้างและผนังที่ปิดกั้นภายนอก ซึ่งส่วนที่สำคัญของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์นี้คือ ฉนวนกันความร้อน ซึ่งในที่นี้จะใช้วัสดุที่สามารถหาได้ง่ายและมีราคาถูก นั่นคือ กระดาษ A4 ที่เหลือใช้ และโฟมทำเป็นฉนวน ซึ่งการทำฉนวนควรทำด้วยความประณีตและหนาเท่ากันตลอดทั้งเครื่องตั้งขั้นตอนต่อไป

4.4.1 แผงรับแสงอาทิตย์

แผงรับแสงอาทิตย์เป็นส่วนสำคัญของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานความร้อนทำให้อากาศที่อยู่ภายในแผงรับแสงอาทิตย์มีอุณหภูมิสูงขึ้นก่อนส่งไปยังห้องอบแห้ง

ส่วนประกอบของแผงรับแสงอาทิตย์

1. แผ่นอะคริลิก หนา 2 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 1.08 เมตร ยาว 1.08 เมตร จำนวน 2 แผ่น
2. ไม้สำหรับทำโครง หน้าตัด 1.50 x 1.50 นิ้ว ยาว 1.08 เมตร จำนวน 2 ชิ้น
3. ไม้สำหรับทำโครง หน้าตัด 1.50 x 1.50 นิ้ว ยาว 1.00 เมตร จำนวน 3 ชิ้น
4. ไม้สำหรับทำโครง หน้าตัด 1.50 x 1.50 นิ้ว ยาว 0.15 เมตร จำนวน 8 ชิ้น
5. แผ่นไม้อัด หนา 3 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 0.19 เมตร ยาว 1.08 เมตร จำนวน 4 แผ่น
6. แผ่นไม้อัด หนา 3 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 1.08 เมตร ยาว 1.08 เมตร จำนวน 1 แผ่น
7. แผ่นไม้อัด หนา 3 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 1.50 นิ้ว ยาว 1.04 เมตร จำนวน 4 แผ่น
8. แผ่นโฟม หนา 1 นิ้ว ขนาดกว้าง 0.45 เมตร ยาว 0.12 เมตร จำนวน 8 แผ่น
9. แผ่นโฟม หนา 1 นิ้ว ขนาดกว้าง 0.48 เมตร ยาว 1.00 เมตร จำนวน 2 แผ่น
10. กระดาษ A4
11. ฟอยล์กันความร้อน จำนวน 3 ม้วน
12. ตะปู ยาว 2.50 นิ้ว
13. ตะปูเข็ม
14. กาวลาเท็กซ์ จำนวน 10 กิโลกรัม
15. กาวร้อน จำนวน 4 ขวด
16. กาวซิลิโคน จำนวน 2 หลอด

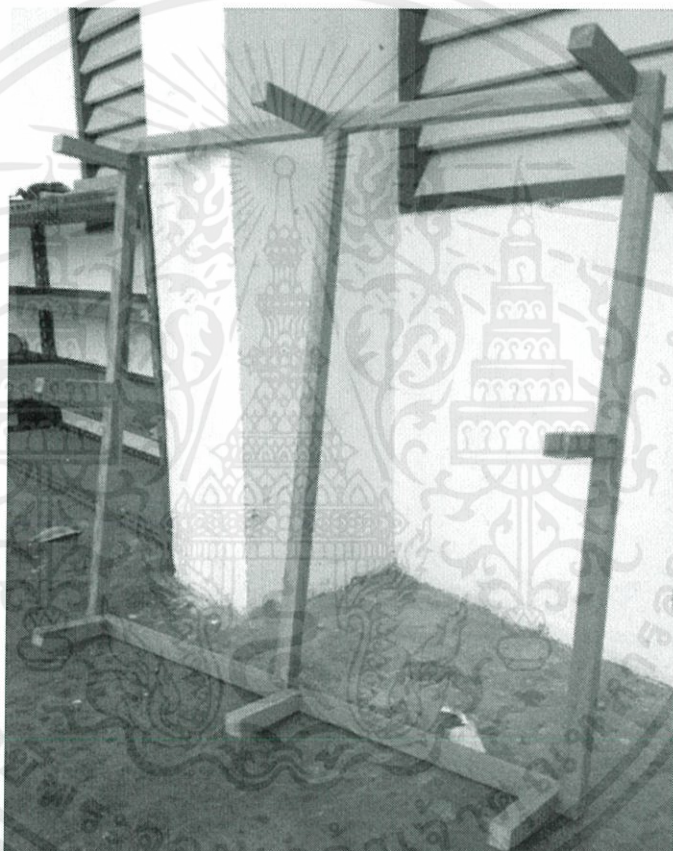
17. ปืนกาวซิลิโคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการสร้างแผงรับแสงอาทิตย์

1. นำไม้ที่มีหน้าตัดกว้าง 1.50×1.50 นิ้ว ความยาว 1.08 จำนวน 2 ชิ้น และความยาว 1 เมตร จำนวน 3 ชิ้น เพื่อใช้สำหรับต่อโครงพื้นของแผงรับแสงอาทิตย์ โดยใช้ไม้ความยาว 1 เมตร จำนวน 1 ชิ้น ค้ำยันโครงพื้นเพื่อเพิ่มความแข็งแรงของโครงแบบ

2. นำไม้ที่มีหน้าตัด 1.50×1.50 นิ้ว ยาว 0.15 เมตร จำนวน 8 ชิ้น ต่อขึ้นจากโครงพื้น จะได้โครงสร้างของแผงรับแสงอาทิตย์ที่มีปริมาตร 0.15 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีพื้นที่รับแสงขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร



รูปที่ 4.13 แสดงโครงสร้างของแผงรับแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำไม้อัดที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 0.19 เมตร ยาว 1.08 เมตร จำนวน 4 แผ่น และแผ่นไม้อัดที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 1.08 เมตร ยาว 1.08 เมตร จำนวน 1 แผ่น ประกอบเข้ากับโครงสร้างของแผงรับแสงอาทิตย์ ซึ่งจะเหลือผนังด้านบนหนึ่งด้านสำหรับรับแสง



รูปที่ 4.14 แสดงการประกอบโครงสร้างแผงรับแสงอาทิตย์

4. ใช้กาวยซิลิโคนอุดบริเวณรอยต่อระหว่างไม้อัดที่ใช้ทำเป็นผนังพร้อมทั้งติดฟอยล์กันความร้อนที่พื้นผิวด้านในผนัง และรอยต่อทุกด้านเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนออกสู่ภายนอกแผงรับแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. บุกระดาษ A4 ด้านในผนังทุกด้านให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร ก่อนติดแผ่นโพลีที่มีความหนา 1 นิ้ว ขนาดกว้าง 0.45 เมตร ยาว 0.12 เมตร จำนวน 8 แผ่นและขนาดกว้าง 0.48 เมตร ยาว 1.00 เมตร จำนวน 2 แผ่น พร้อมทั้งติดกระดาษ A4 อีกครั้ง กระทั่งเสมอกับขอบของไม้ที่ใช้ทำโครง



รูปที่ 4.15 แสดงการบุนวนของแผงรับแสง

6. ติดพอยล์กันความร้อนเป็นชั้นสุดท้ายก่อนเจาะช่องวงกลมขนาด 2 นิ้วที่ผนังตรงกันข้ามของแผงรับแสงอาทิตย์ทั้ง 2 ด้าน โดยให้มีขนาดห่างจากทางด้านขวาเป็นระยะ 0.30 เมตร เพื่อต่อเข้ากับท่อลมร้อนที่ส่งอากาศร้อนไปยังตู้อบแห้งต่อไป

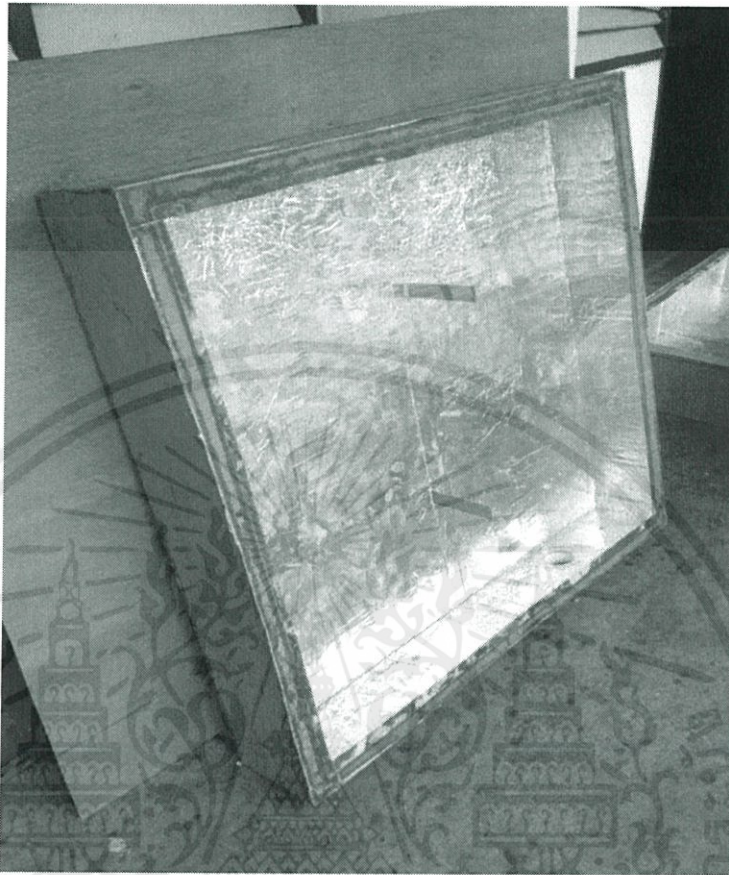
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดงการเจาะช่องแผงรับแสงอาทิตย์

7. ปิดด้วยแผ่นอะคริลิกหนา 2 มิลลิเมตร มีขนาดกว้าง 1.08 เมตร ยาว 1.08 เมตร จากนั้นใช้กาวซิลิโคนอุดบริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นอะคริลิกและผนังของแผงรับแสงอาทิตย์เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนออกสู่ภายนอกแผงรับแสง
8. ใช้ไม้อัดที่มีความหนา 3 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 1.50 นิ้ว ยาว 1.04 เมตร จำนวน 4 แผ่นติดเข้ากับขอบผนังก่อนวางแผ่นอะคริลิกทับเป็นชั้นสุดท้ายให้เกิดช่องว่างระหว่างแผ่นอะคริลิกทั้งสองเพื่อให้อากาศที่อยู่ระหว่างแผ่นอะคริลิกทั้งสองเป็นฉนวนกันความร้อนด้วย
9. ใช้กาวซิลิโคนอุดรอยต่อรอบๆ กล่องอีกครั้ง เพื่อเป็นการป้องกันการสูญเสียความร้อนเป็นชั้นสุดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 แสดงแผงรับแสงอาทิตย์แบบสมบูรณ์

4.4.2 ขาดังแผงรับแสงอาทิตย์

ขาดังแผงรับแสงอาทิตย์เป็นส่วนที่ทำให้แผงรับแสงอาทิตย์มีความลาดเอียงให้สามารถรับแสงอาทิตย์ได้ตั้งฉากเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแผงรับแสงอาทิตย์ โดยความลาดเอียงของแผงรับแสงอาทิตย์นี้จะต้องสอดคล้องกับสถานที่ตั้งที่ทำการทดสอบ นั่นคือ เขตลาดกระบัง ซึ่งตั้งอยู่บนเส้นละติจูดที่ 13 องศา 44 ลิปดา 54 ฟลิปดา ดังนั้นจำเป็นต้องทำให้แผงรับแสงอาทิตย์มีความลาดเอียงใกล้เคียงกับตำแหน่งที่ตั้งของเขตที่ทำการทดสอบ คือ 14 องศา

ส่วนประกอบของขาดังแผงรับแสงอาทิตย์

1. ไม้สำหรับทำโครง หน้าตัด 1.50×1.50 นิ้ว ยาว 1.08 เมตร จำนวน 3 ชิ้น
2. ไม้สำหรับทำโครง หน้าตัด 1.50×1.50 นิ้ว ยาว 1.16 เมตร จำนวน 2 ชิ้น

เอกสารนี้เป็น 3. ไม้สำหรับทำโครง หน้าตัด 1.50×1.50 นิ้ว ยาว 0.36 เมตร จำนวน 2 ชิ้น โดยตัดด้านหนึ่งให้ทำมุม 14 องศา กับ ไม้แนวระดับๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ไม้สำหรับทำโครง หน้าตัด 1.50×1.50 นิ้ว ยาว 0.10 เมตร จำนวน 2 ชิ้น โดยตัดด้านหนึ่งให้ทำมุม 14 องศา กับแนวระดับ

5. ตะปู ยาว 2.50 นิ้ว

ขั้นตอนการสร้างขาตั้งแผงรับแสงอาทิตย์

1. นำไม้สำหรับทำโครง หน้าตัด 1.50×1.50 นิ้ว ความยาว 0.10 เมตร เชื่อมเข้ากับไม้ที่มีความยาว 0.36 เมตร โดยใช้ไม้ที่มีความยาว 1.08 เมตรเป็นตัวเชื่อมต่อเข้ากับด้านที่ตัดทำมุมเอียง 14 องศา ทำเช่นเดียวกันอีก 1 ชิ้น จะได้ด้านข้างของโครงขาตั้งแผงรับแสงอาทิตย์ จำนวน 2 ชิ้น

2. นำไม้สำหรับทำโครง หน้าตัด 1.50×1.50 นิ้ว ยาว 1.16 เมตร จำนวน 2 ชิ้น เชื่อมระหว่างขาตั้งทั้ง 2 ด้าน เพื่อรองรับแผงรับแสงอาทิตย์

3. นำไม้สำหรับทำโครง หน้าตัด 1.50×1.50 นิ้ว ยาว 1.08 เมตร เชื่อมระหว่างขาด้านหลังเพื่อเพิ่มความแข็งแรง



รูปที่ 4.18 แสดงขาตั้งแผงรับแสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยหน่วยงานที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น หากตรวจสอบความแข็งแรงโดยวางแผงรับแสงอาทิตย์บนขาตั้งแผงรับแสงอาทิตย์นั้น หากตรวจพบข้อบกพร่องให้ทำการแก้ไขทันที ไม่ควรแก้ไขทันทีอื่น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 ท่อลมร้อน

ท่อลมร้อนเป็นส่วนที่นำอากาศร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์ส่งต่อไปยังตู้อบแห้ง ซึ่งการสูญเสียความร้อนจะเกิดได้ที่บริเวณนี้มากที่สุด ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกันการสูญเสียความร้อนที่บริเวณนี้เป็นพิเศษ ซึ่งการหุ้มฉนวนที่บริเวณนี้ต้องทำด้วยความประณีต สำหรับเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดจะต้องทำท่อลมร้อนเพื่อนำอากาศจากห้องอบแห้งกลับมายังแผงรับแสงอาทิตย์อีกครั้ง

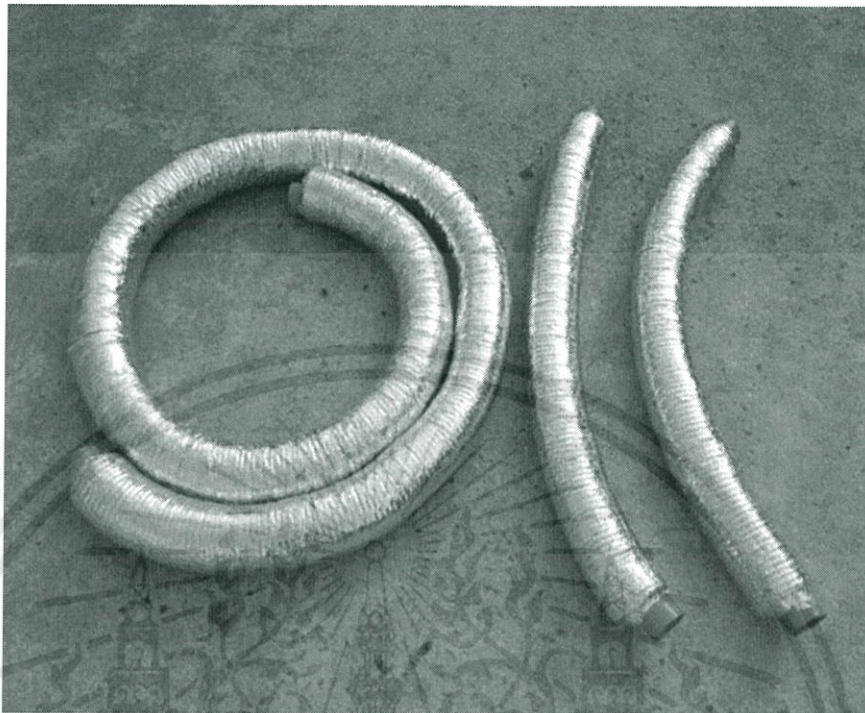
ส่วนประกอบท่อลมร้อน

1. ท่อลมร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 1 เมตร จำนวน 2 ชั้น
2. ท่อลมร้อนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 4 เมตร จำนวน 1 ชั้น
3. กระดาษหนังสือพิมพ์
4. กาวลาเท็กซ์ จำนวน 64 ออนซ์
5. ฟอยล์กันความร้อนชนิดกาว จำนวน 5 ม้วน
6. ท่อ PVC ชนิดลดจาก 4 นิ้ว เหลือ 2 นิ้ว จำนวน 6 ชั้น
7. กระดาษกาว จำนวน 2 ม้วน

ขั้นตอนการสร้างท่อลมร้อน

1. พันท่อลมร้อนด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์ประมาณ 4 - 5 ชั้น เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน
2. นำท่อลมที่พันด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์แล้ว พันต่อด้วยฟอยล์กันความร้อนอีกประมาณ 3 - 4 ชั้น
3. นำท่อลมที่ห่อหุ้มฉนวนเสร็จเรียบร้อยแล้วร้อยต่อเข้ากับท่อ PVC ชนิดลดจาก 4 นิ้ว เหลือ 2 นิ้วเพื่อนำไปต่อระหว่างแผงรับแสงอาทิตย์และตู้อบแห้ง
4. เจาะช่องสำหรับใส่เทอร์โมมิเตอร์ที่ปลายท่อทั้ง 2 ด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 แสดงท่อลมที่สมบูรณ์

4.4.4 ห้องอบแห้ง

ห้องอบแห้งเป็นส่วนกักเก็บอากาศร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์โดยผ่านทางท่อลมร้อน ดังนั้นการป้องกันการสูญเสียความร้อนจึงเป็นสิ่งสำคัญ อีกทั้งมีรูปทรงเป็นลูกบาศก์เพื่อให้การกระจายความร้อนเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และตำแหน่งของช่องที่รับอากาศเข้าสู่ภายในและระบายอากาศออกสู่ภายนอกจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของอากาศร้อนด้วย

ส่วนประกอบของตู้อบแห้ง

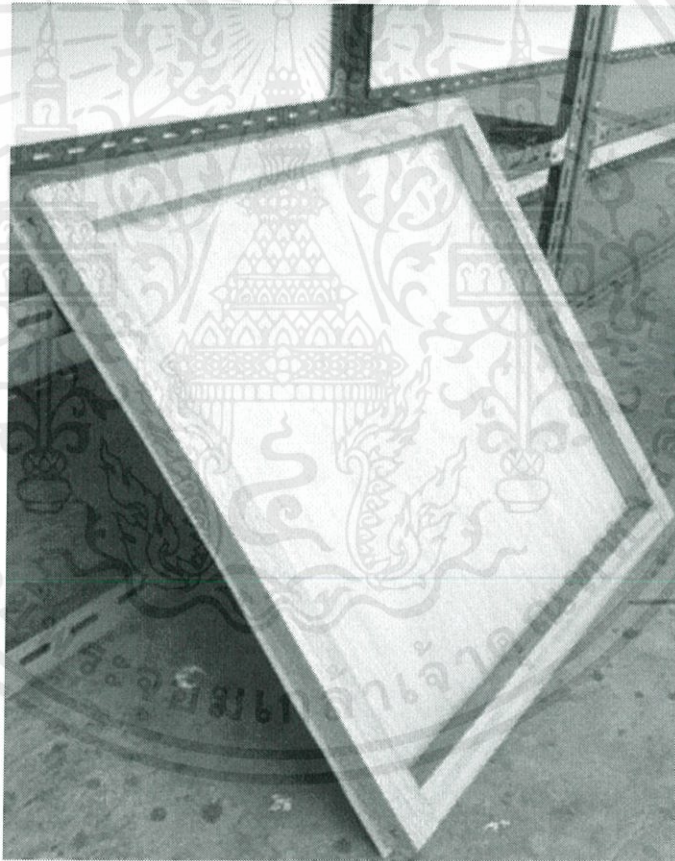
1. ไม้สำหรับทำโครง หน้าตัด 1.50×1.50 นิ้ว ยาว 0.58 เมตร จำนวน 4 ชิ้น
2. ไม้สำหรับทำโครง หน้าตัด 1.50×1.50 นิ้ว ยาว 0.50 เมตร จำนวน 8 ชิ้น
3. แผ่นไม้อัดหนา 3 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 0.58 เมตร ยาว 0.58 เมตร จำนวน 6 แผ่น
4. แผ่นโฟมหนา 1 นิ้ว ขนาดกว้าง 0.50 เมตร ยาว 0.50 เมตร จำนวน 6 แผ่น
5. กระดาษ A4
6. ฟอยล์กันความร้อนจำนวน 2 ม้วน
7. ตะปู ยาว 2.50 นิ้ว
8. ตะปูเข็ม
9. ตะปูเกลียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม ห้ามนำไปตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. กาวลาเท็กซ์
11. ตาข่าย
12. กาวซิลิโคน
13. ปีนกาวซิลิโคน
14. พัดลมขนาด 12 โวลต์ 0.90 แอมแปร์ จำนวน 2 ตัว

ขั้นตอนการสร้างตู้อบแห้ง

1. นำไม้สำหรับทำโครงหน้าตัด 1.50×1.50 นิ้ว ความยาว 0.58 เมตร จำนวน 2 ชิ้น เชื่อมต่อกันด้วยไม้ที่มีความยาว 0.50 เมตร จำนวน 2 ชิ้น ทำเช่นเดียวกันนี้จะได้โครงไม้สี่เหลี่ยมจัตุรัส 2 ชั้น



รูปที่ 4.20 แสดงโครงหน้าตัดของห้องอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

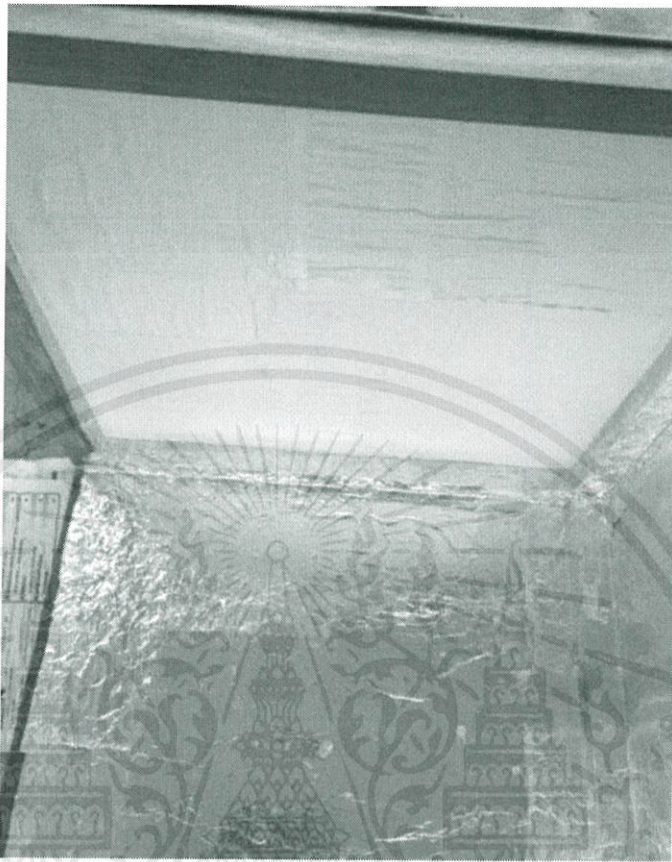
2. นำแผ่นไม้อัดหนา 3 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 0.58 เมตร ยาว 0.58 เมตร จำนวน 1 แผ่นติดเข้ากับโครงไม้สี่เหลี่ยมจัตุรัสเพื่อเป็นผนังของตู้อบแห้ง พร้อมทั้งอุดรอยต่อระหว่างไม้โครงและไม้อัดด้วยกาวซิลิโคนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน



รูปที่ 4.21 แสดงการติดไม้อัดเข้ากับโครงหน้าตัดห้องอบแห้ง

3. นำแผ่นพอยล์กันความร้อนติดที่พื้นผิวด้านในผนังและรอยต่อทุกด้าน พร้อมทั้งติดกระดาษ A4 ให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร ก่อนติดโคมที่มีความหนา 1 นิ้ว ขนาดกว้าง 0.50 เมตร ยาว 0.50 เมตร และติดกระดาษ A4 อีกครั้งกระดาษเสมอกับขอบของไม้ที่ใช้ทำโครง ทำเช่นเดียวกันนี้ทั้ง 2 ชั้น

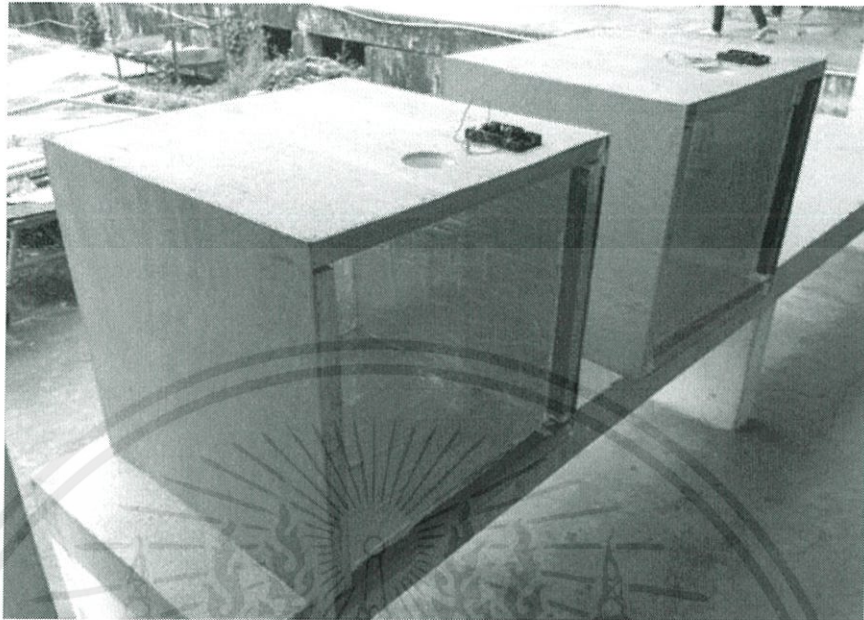
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 แสดงการบุฉนวนของห้องอบแห้ง

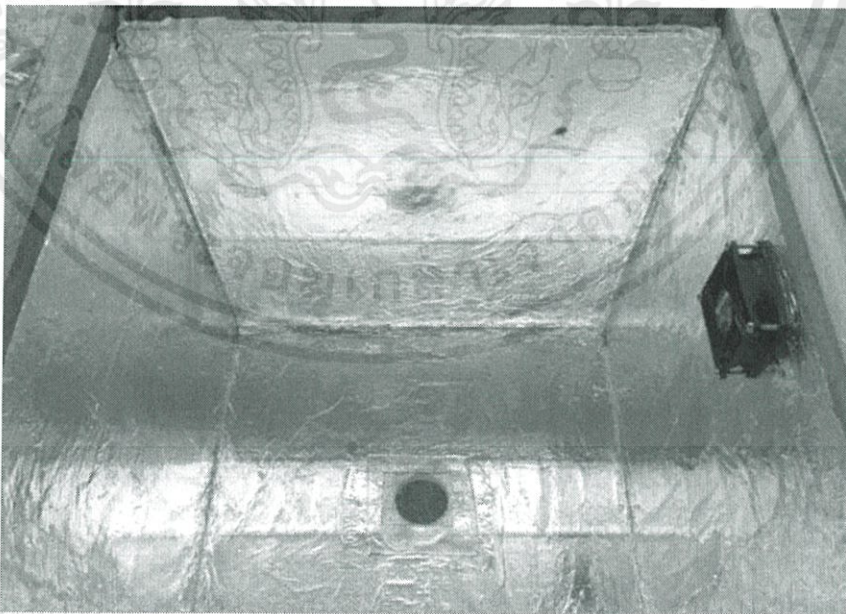
4. เชื่อมต่อโครงไม้สี่เหลี่ยมจัตุรัสทั้ง 2 ชั้น ด้วยไม้สำหรับทำโครง หน้าตัด 1.50×1.50 นิ้ว ยาว 0.50 เมตร จำนวน 4 ชิ้น จะได้โครงไม้รูปทรงเป็นลูกบาศก์ปริมาตร 0.50 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งโครงนี้ทำให้ความร้อนกระจายได้อย่างทั่วถึงกันตลอด
5. นำแผ่นไม้อัดหนา 3 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 0.58 เมตร ยาว 0.58 เมตร จำนวน 3 แผ่นติดเข้ากับโครงไม้เพื่อเป็นผนังของตู้อบแห้ง พร้อมทั้งอุดรอยต่อระหว่างไม้โครงและไม้อัดด้วยกาวซิลิโคนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน
6. นำแผ่นพอยล်กันความร้อนติดที่พื้นผิวด้านในผนังและรอยต่อทุกด้าน พร้อมทั้งติดกระดาษ A4 ให้มีความหนา 2 มิลลิเมตร ก่อนที่จะติดโฟมที่มีความหนา 1 นิ้ว ขนาดกว้าง 0.50 เมตร ยาว 0.50 เมตร และติดกระดาษ A4 อีกครั้งกระดาษเสมอกับขอบของไม้ที่ใช้ทำโครง
7. ติดพอยล်กันความร้อนที่ด้านในของตู้อบแห้งเป็นชั้นสุดท้าย โดยไม่ให้หมวกกล่องเกิดรอยต่อของพอยล်

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 แสดงการเชื่อมต่อโครงและบุนวนของห้องอบแห้ง

8. เจาะที่ผนังด้านข้างด้านหนึ่งที่ระยะกึ่งกลางของกล่อง โดยสูงจากพื้น 0.10 เมตรพร้อมทั้งติดตั้งพัดลมขนาด 12 โวลต์ 0.90 แอมแปร์เพื่อเป็นที่ดูดอากาศร้อนให้เข้ามาสู่ตู้อบแห้ง



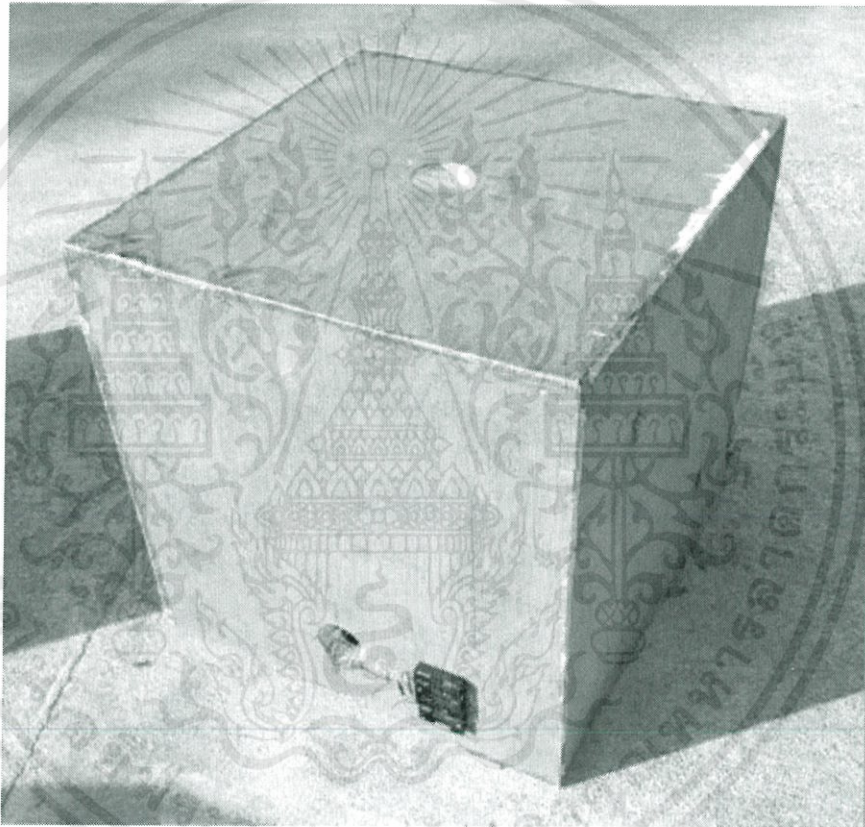
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การดำเนินงานเพื่อการศึกษาค้นคว้า เมื่อผู้ดูแลเห็นว่าเป็นประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.24 แสดงการเจาะรูของห้องอบแห้ง

9. เจาะผนังด้านบนของตู้อบแห้งระยะกึ่งกลางของแผ่นไม้เพื่อเป็นที่ระบายความร้อนออกสู่ด้านนอก พร้อมทั้งติดตั้ง ข่ายป้องกันแมลงเข้าภายในตู้อบด้วย

10. นำไม้อัดที่เหลือ 1 ด้านติดพื้นด้วยพอยล์กันความร้อน พร้อมทั้งติดกระดาษ A4 ให้มีความหนา 2 มิลลิเมตรติด โฟมที่มีความหนา 1 นิ้ว ตามด้วยกระดาษ A4 อีกครั้ง หนา 3 มิลลิเมตรก่อนจะปิดทับด้วยพอยล์กันความร้อน

11. ต่อไม้อัดที่ได้ติดฉนวนกันความร้อนที่เหลือด้านสุดท้ายกับโครงสร้างที่ได้ทำไว้แล้วก่อนจะใช้กาวซิลิโคนอุด รอยต่อรอบๆ กล่องเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนเป็นขั้นสุดท้าย



รูปที่ 4.25 แสดงห้องอบแห้งเสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ทดสอบและเก็บผลการทำงานของเรื่อนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

การทดสอบและเก็บผลการทำงานของเรื่อนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์จะต้องจัดทำให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ซึ่งทดสอบโดยวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ของเรื่อนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ โดยในกระบวนการนี้จะต้องควบคุมสภาวะต่างๆ ของเรื่อนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบวงปิดและแบบวงเปิดให้อยู่ในสภาวะเช่นเดียวกัน จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเรื่อนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างเรื่อนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดและแบบวงเปิด เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเรื่อนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดต่อไป

4.5.1 การวัดอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ภายในเรื่อนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์

ในขั้นตอนนี้จำเป็นต้องควบคุมสภาวะของเรื่อนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งสองให้มีสภาวะเช่นเดียวกัน โดยนอกจากวัสดุที่ใช้สร้างเรื่อนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งสองต้องเหมือนกันแล้ว ยังต้องควบคุมทิศทางการตั้งแผงรับแสงอาทิตย์ รวมถึงตำแหน่งที่ทำการติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์เพื่อวัดอุณหภูมิจะต้องอยู่ในตำแหน่งเดียวกันด้วย

อุปกรณ์การทดสอบ

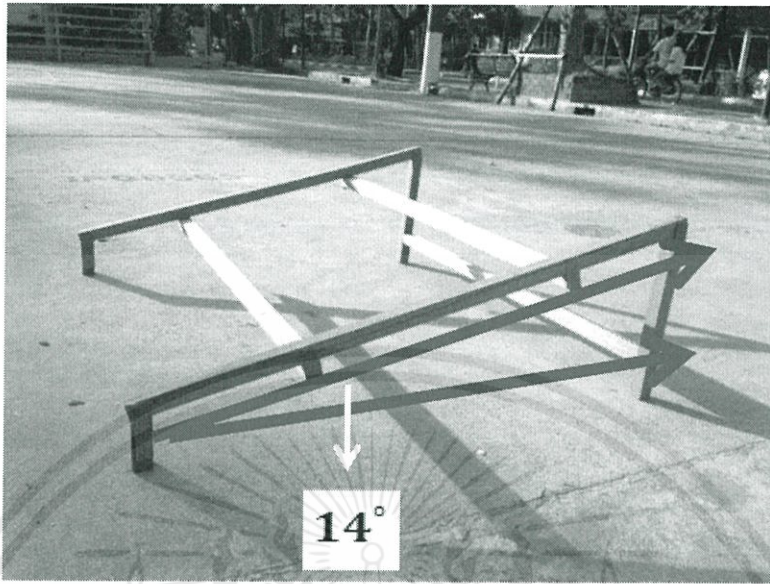
1. เทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว ชนิดแอลกอฮอล์ จำนวน 12 อัน
2. Power supply จำนวน 1 เครื่อง

วิธีการทดสอบ

ทำการทดสอบที่บริเวณสนามโกลโคยอุดม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ตั้งแต่เวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา โดยมีขั้นตอนดังนี้

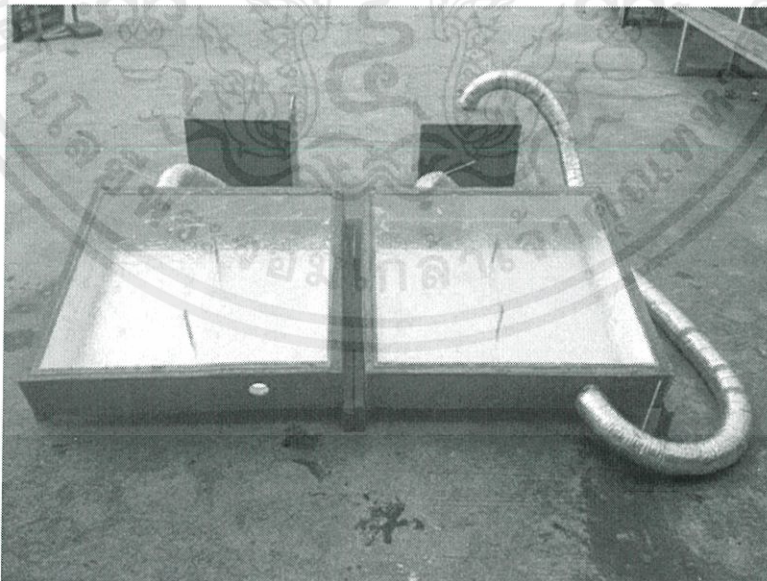
1. ติดตั้งเรื่อนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบวงปิดและแบบวงเปิดในบริเวณที่โล่งแจ้ง โดยตั้งด้านรับแสงของแผงรับแสงอาทิตย์ไปทางทิศใต้ ทำมุม 14 องศา กับพื้นราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 แสดงขาตั้งแผงรับแสงแผงรับแสงอาทิตย์ทำมุม 14 องศา กับพื้นราบ

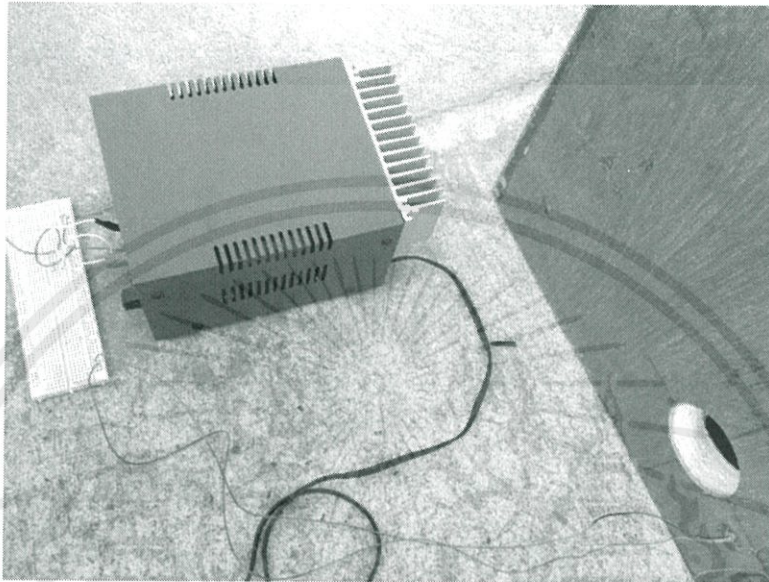
2. สำหรับเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิด จะทำการต่อท่อลมร้อนเชื่อมระหว่างแผงรับแสงอาทิตย์กับห้องอบแห้ง และสำหรับเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด จะทำการต่อท่อลมร้อนเชื่อมระหว่างแผงรับแสงอาทิตย์กับห้องอบแห้ง และต่อท่อลมร้อนเชื่อมจากห้องอบแห้งกลับมายังแผงรับแสงอาทิตย์อีกครั้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.27 แสดงการติดตั้งเสร็จสมบูรณ์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ใช้ power supply จ่ายไฟขนาด 6 โวลต์ แก่พัดลมที่ติดตั้งภายในห้องอบแห้งทั้งแบบวงปิดและแบบวงเปิด เพื่อกำหนดทิศทางการไหลของอากาศภายในเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์



รูปที่ 4.28 แสดงการติดตั้ง power supply เข้ากับพัดลมภายในห้องอบแห้ง

4. ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบวงปิดและแบบวงเปิด โดยวัดอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ที่ติดตั้งไว้ที่แผงรับแสงอาทิตย์จำนวน 2 ตำแหน่ง คือ

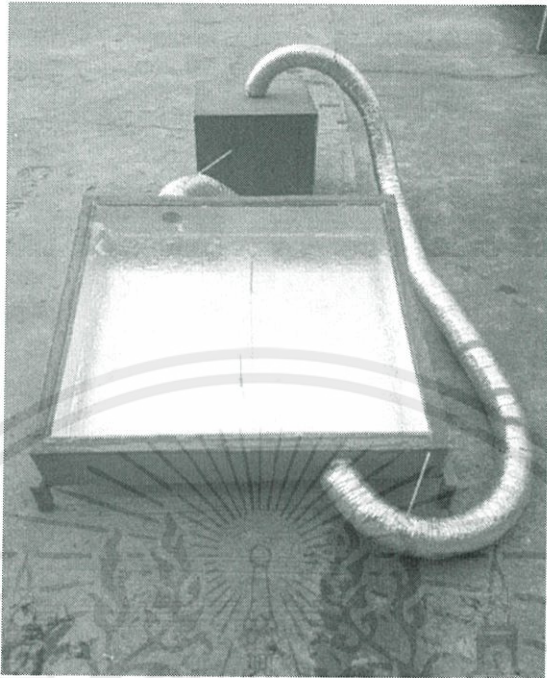
T_1 : บริเวณท่อลมร้อนที่นำอากาศเข้าสู่แผงรับแสงอาทิตย์

T_2 : บริเวณท่อลมร้อนที่นำอากาศออกจากแผงรับแสงอาทิตย์

และที่ห้องอบแห้งจำนวน 4 ตำแหน่ง โดยถือค่าเฉลี่ยที่ได้เป็นอุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง

T_3 : อุณหภูมิเฉลี่ยของค่าที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ทั้ง 4 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.29 แสดงตำแหน่งเทอร์โมมิเตอร์ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด



รูปที่ 4.30 แสดงตำแหน่งเทอร์โมมิเตอร์ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 10 นาที ตั้งแต่เวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา พร้อมทั้งบันทึกผลลงในตารางเก็บข้อมูล จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณ

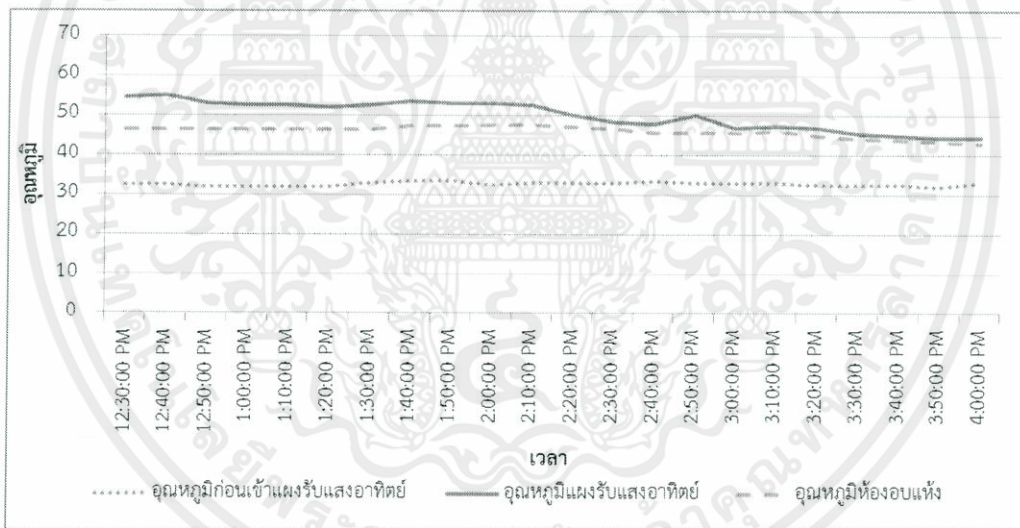
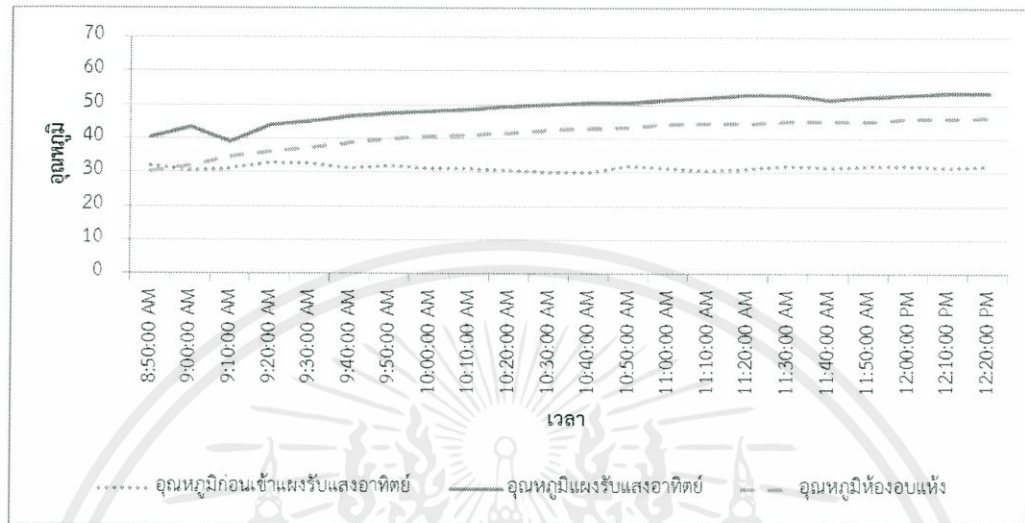
4.5.2 ผลการทดสอบ

หลังจากเก็บผลการทำงานของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบวงปิดและแบบวงเปิดแล้วนำไปเขียนกราฟเพื่อดูแนวโน้มและทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดและแบบวงเปิด ดังกราฟในรูปที่ 4.31 ถึง 4.36 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดต่อไป

จากข้อมูลผลการทดสอบเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบวงปิดและแบบวงเปิด พบว่าที่อากาศก่อนผ่านเข้าแผงรับแสงอาทิตย์แสดงข้อมูลดัง T_1 มีอุณหภูมิสูงขึ้นเมื่ออากาศถูกเพิ่มอุณหภูมิที่แผงรับแสงอาทิตย์แสดงข้อมูลดัง T_2 ก่อนส่งไปยังห้องอบแห้งและมีอุณหภูมิต่ำลงแสดงข้อมูลดัง T_3 ในกรณีของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด อากาศถูกส่งกลับมายังแผงรับแสงอาทิตย์อีกครั้ง โดยอุณหภูมิส่งกลับมีค่าลดลงเล็กน้อย และเมื่อสังเกตลักษณะกราฟ พบว่าเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้เร็วกว่าและเกิดความแปรปรวนของอุณหภูมิในห้องอบแห้งน้อยกว่าเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิด ซึ่งเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 2 แบบ สามารถทำอุณหภูมิได้สูงสุดในช่วงเวลา 12.00 - 14.00 นาฬิกา โดยเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้สูงสุดอยู่ในช่วง 45 - 55 องศาเซลเซียส และเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิดสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้สูงสุดอยู่ในช่วง 40 - 48 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบครั้งที่ 1 Opened-loop



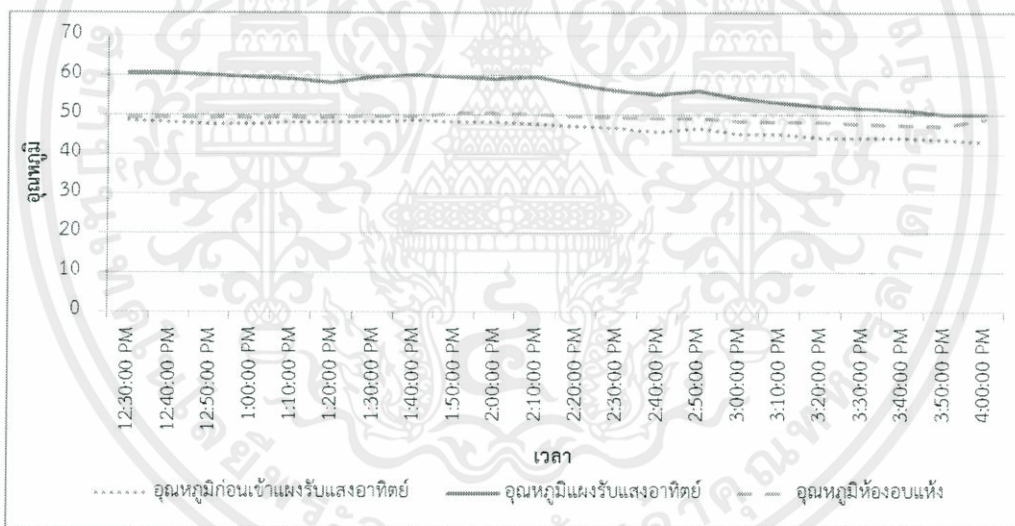
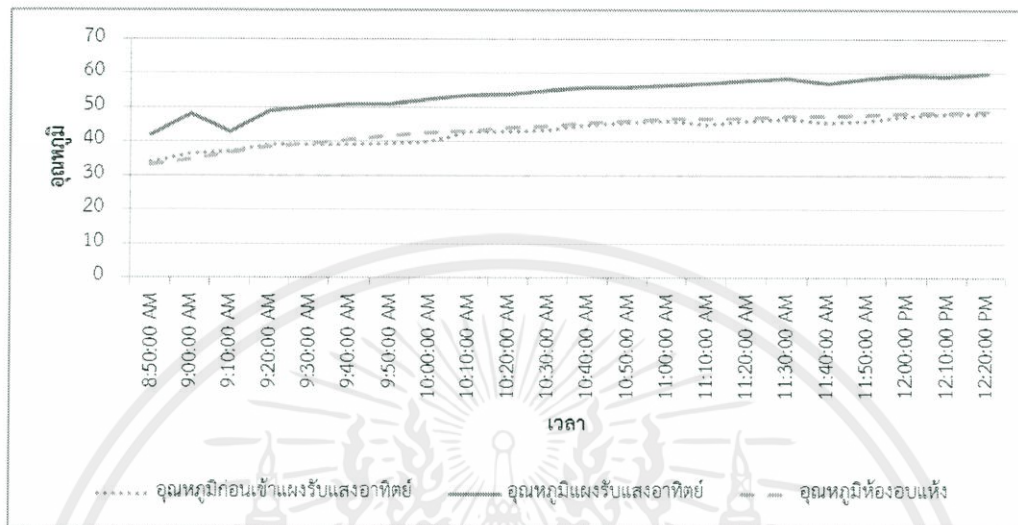
(ก)

รูปที่ 4.31 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 1 (วันที่ 21 ธันวาคม 2555)

(ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ (ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามอิงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดซ้ำของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบครั้งที่ 1 Closed-loop



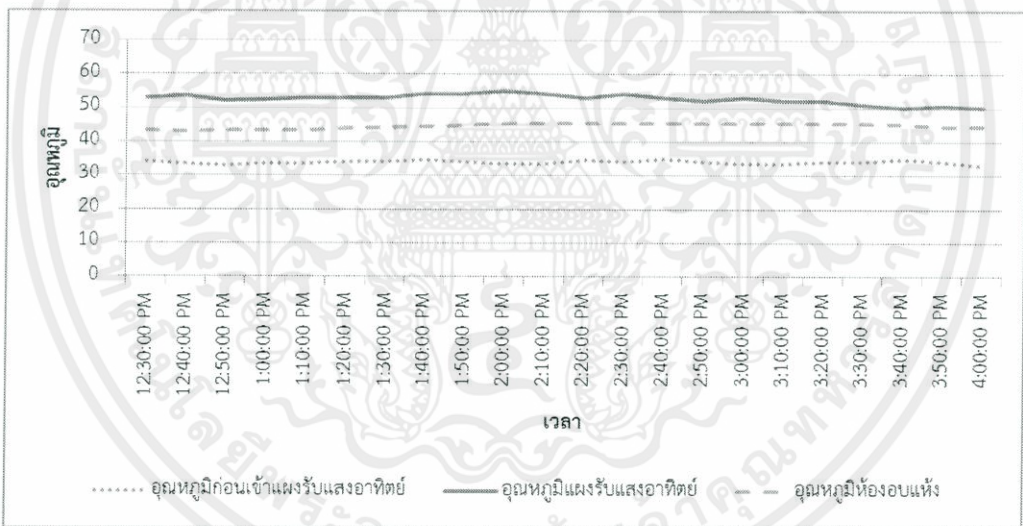
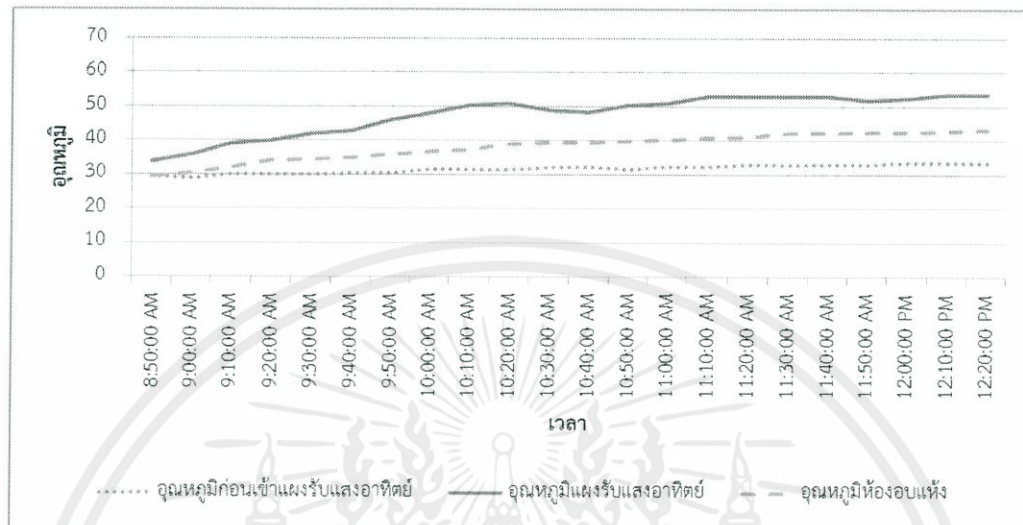
(ข)

รูปที่ 4.31 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 1 (วันที่ 21 ธันวาคม 2555) (ต่อ)

(ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิด

(ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด

การทดสอบครั้งที่ 2 Opened-loop



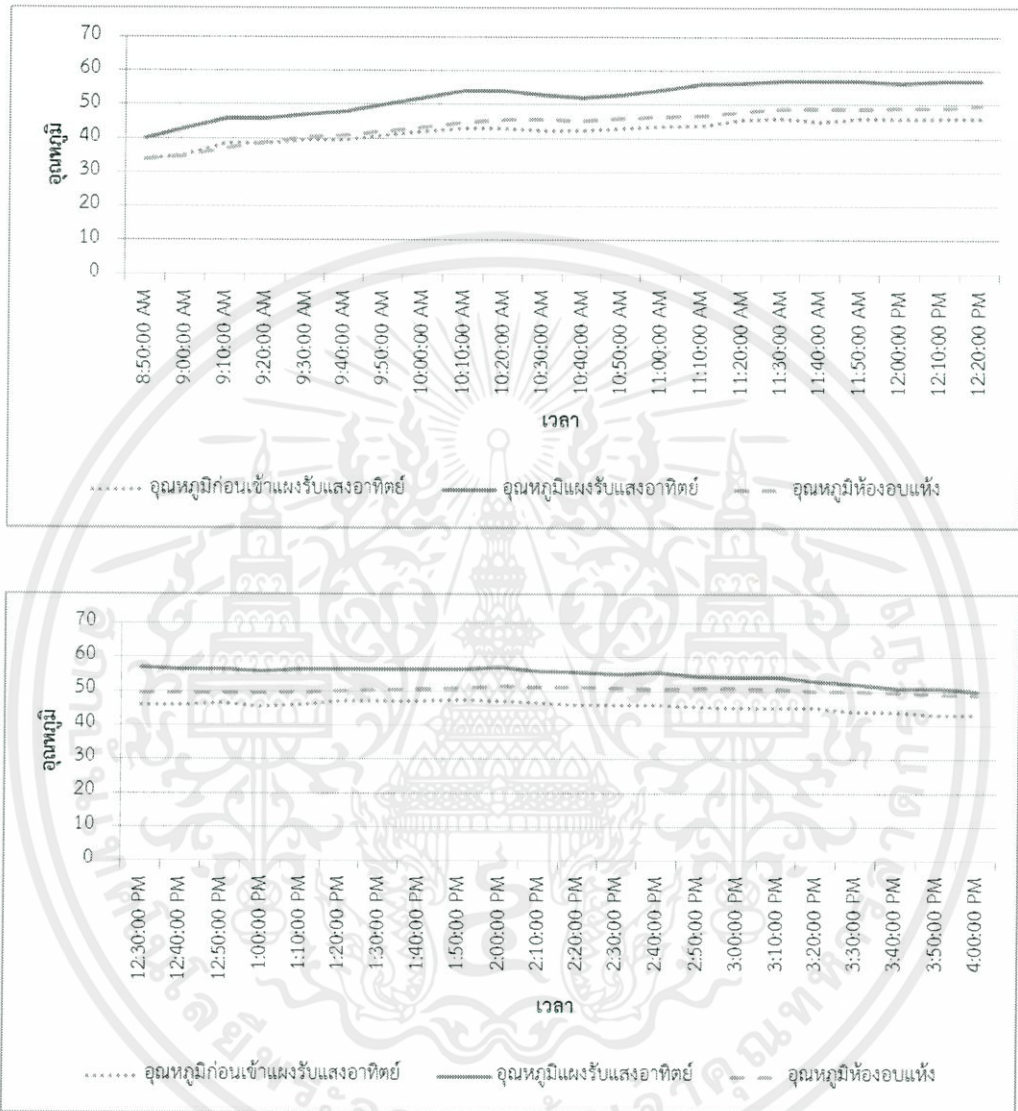
(ก)

รูปที่ 4.32 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 2 (วันที่ 22 ธันวาคม 2555)

(ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิด

(ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด

การทดสอบครั้งที่ 2 Closed-loop



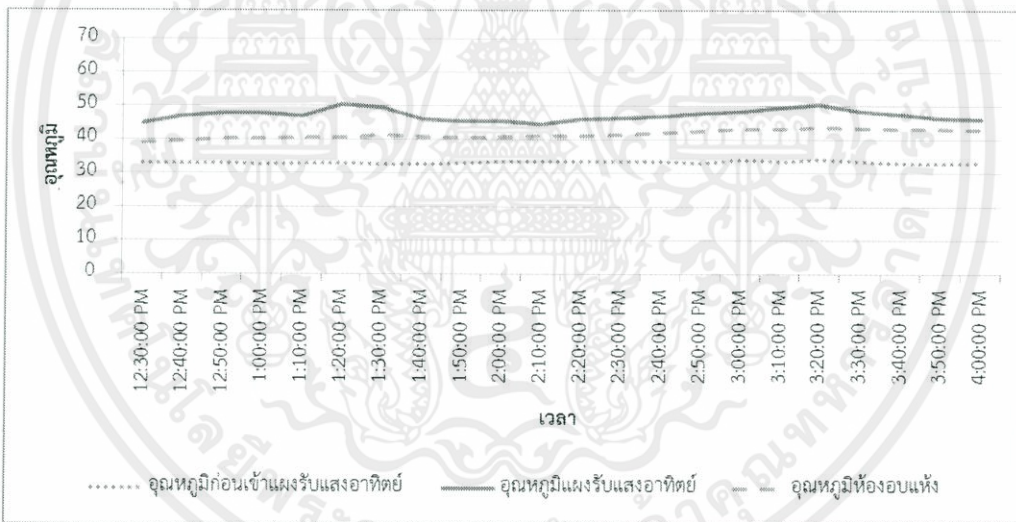
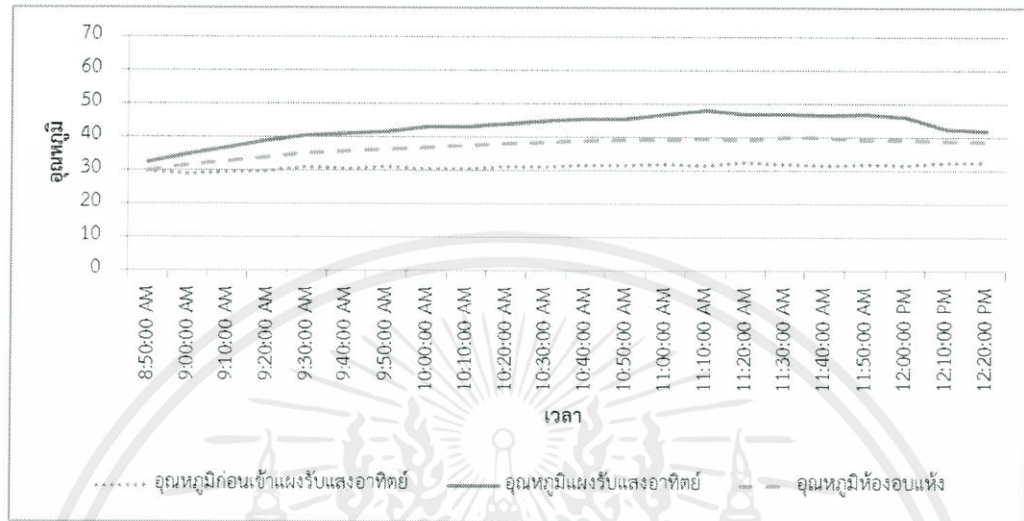
(ข)

รูปที่ 4.32 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 2 (วันที่ 22 ธันวาคม 2555) (ต่อ)

(ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิด

(ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด

การทดสอบครั้งที่ 3 Opened-loop



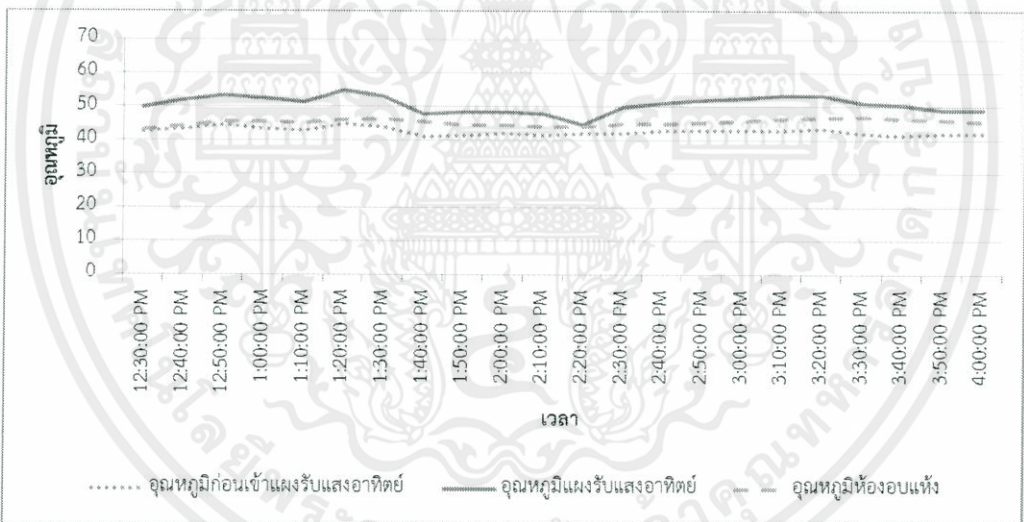
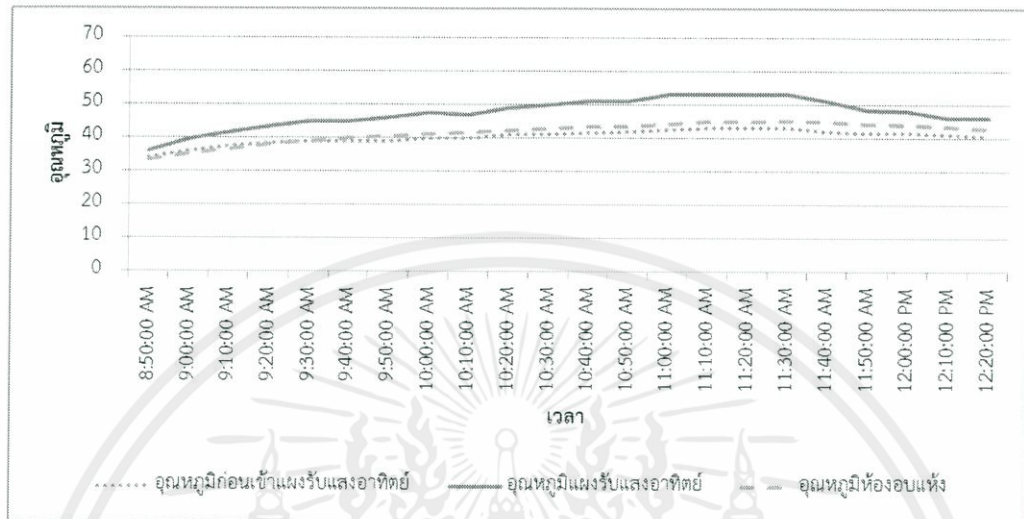
(ก)

รูปที่ 4.33 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 3 (วันที่ 23 ธันวาคม 2555)

(ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ (ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา การค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดซ้ำของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบครั้งที่ 3 Closed-loop



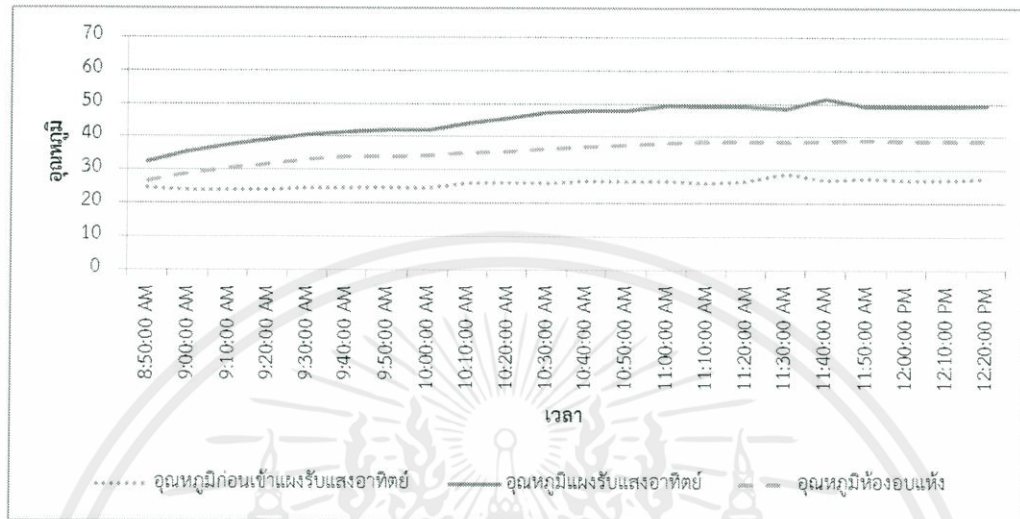
(ข)

รูปที่ 4.34 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 3 (วันที่ 23 ธันวาคม 2555) (ต่อ)

(ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ (ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามอิงเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดซ้ำของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบครั้งที่ 4 Opened-loop



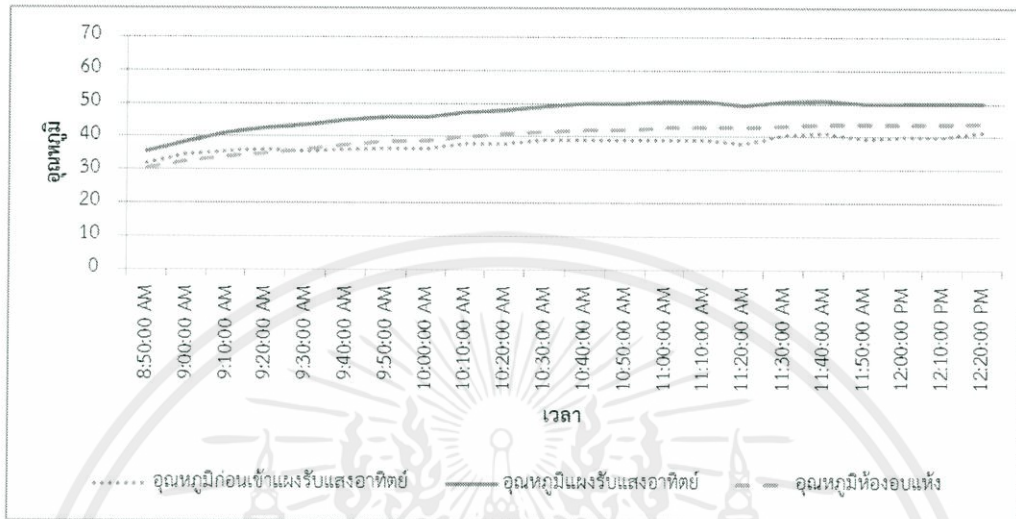
(ก)

รูปที่ 4.35 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 4 (วันที่ 24 ธันวาคม 2555)

(ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ (ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา การค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามนำข้อมูลของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบครั้งที่ 4 Closed-loop



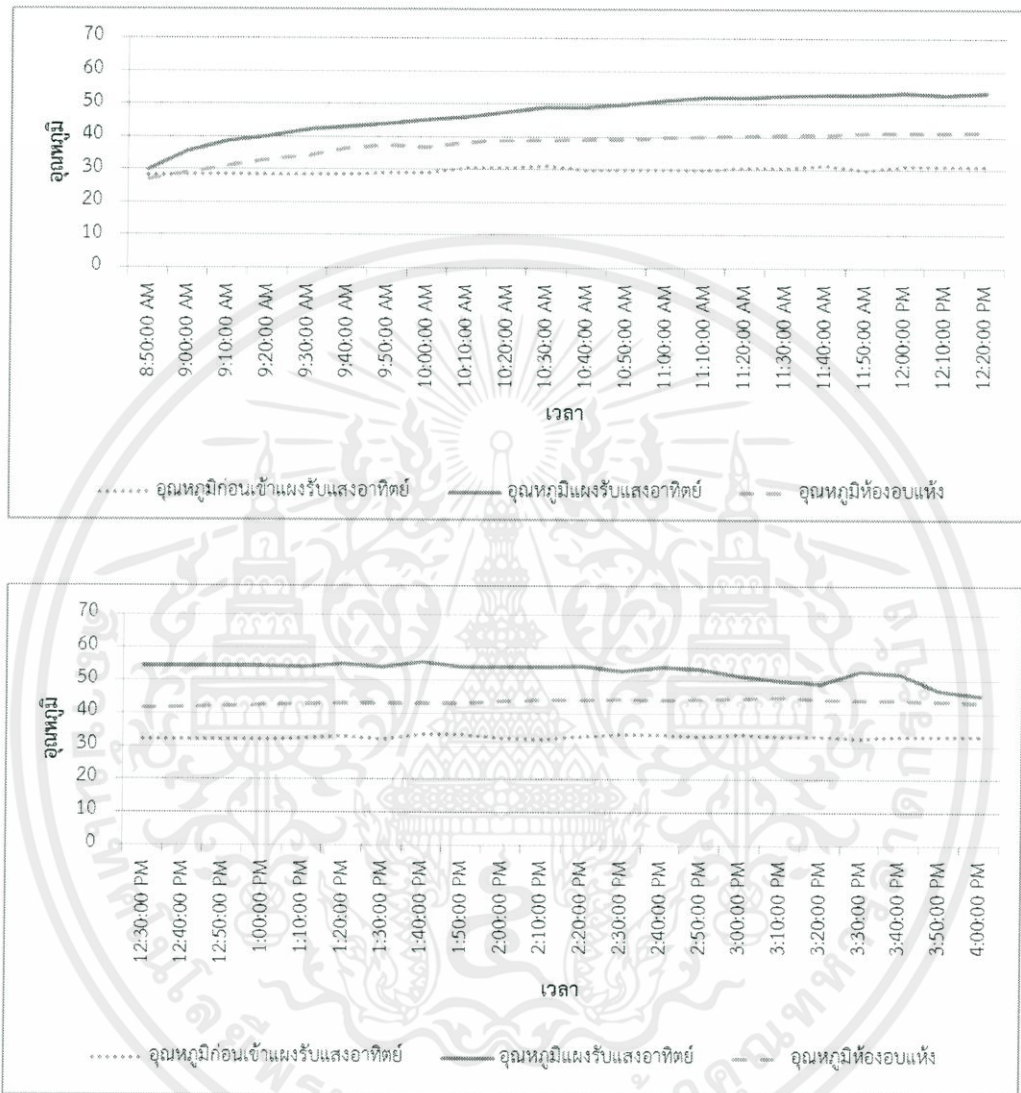
(ข)

รูปที่ 4.35 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 4 (วันที่ 24 ธันวาคม 2555) (ต่อ)

(ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ (ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบครั้งที่ 5 Opened-loop



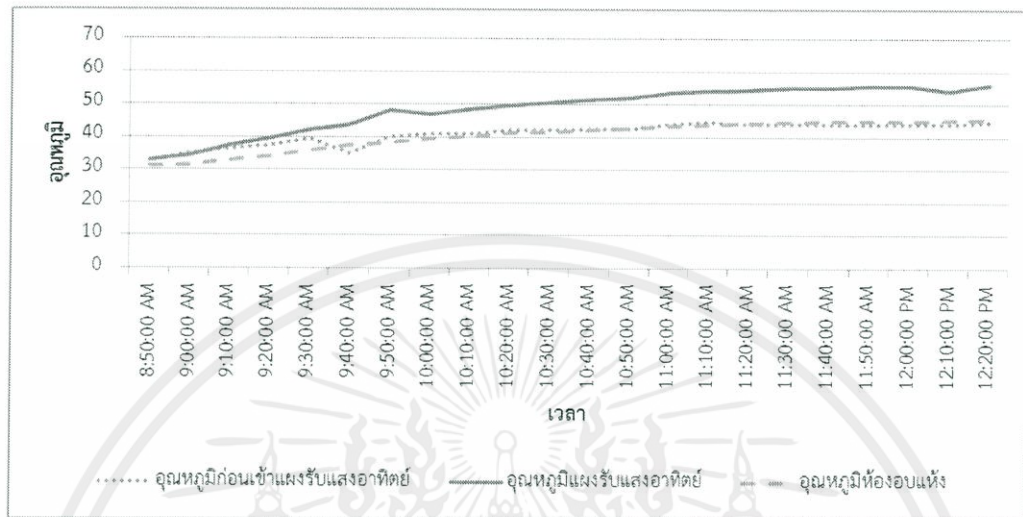
(ก)

รูปที่ 4.36 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 5 (วันที่ 27 ธันวาคม 2555)

(ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอมแปร์กับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ (ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแอมแปร์กับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา การค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบครั้งที่ 5 Closed-loop



(ข)

รูปที่ 4.36 แสดงผลการทดสอบครั้งที่ 5 (วันที่ 27 ธันวาคม 2555) (ต่อ)

(ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ (ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา ในช่วงเวลา 8.50 – 16.00 นาฬิกา การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

เมื่อทำการทดสอบเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบวงปิดและแบบวงเปิด พร้อมทั้งทำการเปรียบเทียบเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้ง 2 แบบ สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดสอบเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบวงปิดและแบบวงเปิด

จากการเก็บข้อมูลและเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดและแบบวงเปิด พบว่า เรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดสามารถทำอุณหภูมิได้สูงกว่าเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิด โดยเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้เร็วกว่าและเกิดความแปรปรวนของอุณหภูมิในห้องอบแห้งน้อยกว่าเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิด โดยเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้สูงสุดอยู่ในช่วง 45 – 55 องศาเซลเซียส และเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงเปิดสามารถเพิ่มอุณหภูมิได้สูงสุดอยู่ในช่วง 40 – 48 องศาเซลเซียส และเมื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป พบว่าเมื่ออากาศผ่านเข้าแผงรับแสงอาทิตย์จะถูกเพิ่มอุณหภูมิก่อนส่งต่อไปยังห้องอบแห้งซึ่งจะมีอุณหภูมิลดลง ในกรณีเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดอากาศร้อนจะถูกส่งจากห้องอบแห้งกลับมาใช้ยังแผงรับแสงอาทิตย์อีกครั้งโดยผ่านท่อลมร้อน และเมื่อสังเกตจากกราฟผลการทดสอบพบว่าเมื่อมีการส่งต่ออากาศร้อนระหว่างแผงรับแสงอาทิตย์และห้องอบแห้ง อุณหภูมิจะมีค่าลดลงอันเนื่องจากอากาศภายนอกมีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศภายในจึงเกิดการสูญเสียความร้อนที่ท่อลมร้อน อีกทั้งประสิทธิภาพการเพิ่มอุณหภูมิแผงรับแสงอาทิตย์ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดมีค่าลดลงเนื่องจากการสูญเสียความร้อนที่แผงรับแสงอาทิตย์ เมื่อความร้อนภายในแผงรับแสงอาทิตย์ของเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิดมีค่าสูงขึ้นมาก ในขณะที่อากาศภายนอกมีอุณหภูมิเท่าเดิมจึงเกิดการสูญเสียความร้อนให้แก่อากาศภายนอกมากขึ้น และสำหรับเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบวงปิด อากาศจะเกิดการเคลื่อนที่เองได้ซ้ำจึงจำเป็นต้องใส่พัดลมดูดอากาศเพื่อช่วยให้อากาศร้อนจากแผงรับแสงอาทิตย์เคลื่อนที่ไปยังห้องอบแห้งเกิดการหมุนเวียนของอากาศได้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 วิจารณ์ผลการทดสอบ

จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบวงปิดและแบบวงเปิด พบปัจจัยที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางการทดสอบ ได้แก่

1. เกิดความคลาดเคลื่อนในการเก็บอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ เนื่องจากการเก็บอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์จะต้องอ่านค่าอุณหภูมิด้วยสายตาของผู้เก็บผลการทดสอบโดยตรง ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้สูง
2. เกิดความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิ เนื่องจากเกิดการสูญเสียความร้อนบริเวณรอยต่อระหว่างตัวเครื่องและท่อลมร้อน รวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบด้วย
3. ขณะทำการทดสอบอาจเกิดเมฆมากหรือฝนตก ส่งผลให้ค่าความเข้มแสงที่ได้มีค่าลดลง
4. เกิดความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิที่แผงรับแสงอาทิตย์ ห้องอบแห้ง และท่อลมร้อน เนื่องจากขีดจำกัดของฉนวนกันความร้อน ส่งผลให้เกิดการสูญเสียความร้อนออกสู่อากาศภายนอก
5. เกิดความคลาดเคลื่อนในการอ่านอุณหภูมิ เนื่องจากติดตั้งลมระแบบอากาศในห้องอบแห้งซึ่งมีเทอร์โมมิเตอร์เพื่ออ่านอุณหภูมิอาจทำให้อ่านค่าอุณหภูมิได้ลดลง

5.3 ข้อเสนอแนะการแก้ไข

จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งแบบวงปิดและแบบวงเปิด พบปัจจัยที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางการทดสอบ ดังนั้นจึงได้เสนอวิธีการแก้ไขเพื่อปรับปรุงข้อผิดพลาดต่อไป ได้แก่

1. ใช้เครื่องมือที่มีมาตรฐาน สามารถแสดงค่าออกเป็นตัวเลขเพื่ออ่านและบันทึกข้อมูลได้อย่างแม่นยำ
2. เพิ่มฉนวนกันความร้อนพร้อมทั้งตรวจสอบบริเวณรอยต่อระหว่างตัวเครื่องและท่อลมร้อน รวมถึงบริเวณใส่เทอร์โมมิเตอร์เพื่อวัดอุณหภูมิด้วย
3. ตรวจสอบสภาพอากาศในวันที่ทำการทดสอบ โดยควรทำการทดสอบในวันที่ท้องฟ้าปลอดโปร่ง
4. ปรับปรุงฉนวนกันความร้อนให้มีประสิทธิภาพป้องกันความร้อนได้มากพอ
5. เลือกบริเวณที่ติดตั้งพัดลมในจุดที่ไม่มีผลต่อการวัดอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

- [1] ณัฐพล ศรีสิทธิโกกุล, 2552. การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์แบบอุโมงค์ลมที่มีแผงรับรังสี 2 ชั้น. กรุงเทพฯ : วิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยสยาม
- [2] ณัฐวุฒิ ดุษฎี, 2535. การจำลองแบบการอบแห้งผลไม้โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม. เชียงใหม่ : วารสารการประชุมวิชาการเรื่องความก้าวหน้าทางวิศวกรรมเคมี
- [3] อีระพงษ์ หอมหวาน, ปิยณัฐ ยวงเอี่ยมโย และ เศรษฐา อยู่สมสุข, 2550. เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. ปรินญา นิพนธ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [4] นิตย นามวงษ์, 2542. การออกแบบและสร้างเรือนอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [5] มนตรี พิรุณเกษตร, 2550. อุณหพลศาสตร์ 1. กรุงเทพฯ : บริษัทวิทยพัฒน์ จำกัด
- [6] สกนธ์ คล่องบุญจิต, 2552. ความรู้พื้นฐานระบบน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ในอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ : มีน เซอร์วิส ซัพพลาย
- [7] สมชาติ ไสภณรณฤทธิ์, 2540. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหารบางประเภท. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี
- [8] สุธิดา อินทผล และคณะ, 2551. การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ
- [9] เสริม จันทร์ฉาย, 2547. รายงานวิจัยการพัฒนาสาริตและเผยแพร่เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับผลิตผล ทางการเกษตร. กรุงเทพฯ : กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
- [10] เสริม จันทร์ฉาย, 2552. การศึกษาความชื้นสมดุลของผักและผลไม้ในภูมิภาคตะวันตกของประเทศไทย. นครปฐม : มหาวิทยาลัยศิลปากร
- [11] อนุศิษฐ์ อันมานะตระกูล, 2551. การอบแห้งผลไม้โดยใช้พลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ร่วมกับระบบเก็บสะสม พลังงานความร้อน. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี
- [12] Excell, 1976. The availability of solar energy in Thailand. Bangkok : the John F. Kennedy foundation of Thailand, Asian institute of technology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [13] Exell, 1980. Simulation of solar radiation in atropical climate with data for Thailand. Bangkok : renewable energy resources information center
- [14] http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/usr/bose/document/solar%20energy%20technology_paper.pdf
- [15] http://www.resjournal.kku.ac.th/abstract/17_1_110.pdf
- [16] <http://www.rf-foam.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538764890>
- [17] http://www.sa.ac.th/winyoo/thermo_gas/Thermal/thermal.htm
- [18] <http://tar.thailis.or.th/bitstream/123456789/312/1/O20.pdf>
- [19] http://www.thapra.lib.su.ac.th/objects/thesis/fulltext/snamcn/Nattapon_Srisittipokakun/Fulltext.pdf



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

แสดงตารางข้อมูลผลการทดลอง จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางข้อมูลผลการทดลอง จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เวลา	Open-loop		Closed-loop	
	Solar collector	Solar chamber	Solar collector	Solar chamber
9:00:00 AM	47.80	36.07	41.35	30.71
9:10:00 AM	52.19	42.40	51.54	41.21
9:20:00 AM	52.21	42.45	54.34	44.46
9:30:00 AM	52.21	42.45	54.36	44.89
9:40:00 AM	52.21	42.45	54.79	44.95
9:50:00 AM	52.21	42.45	54.79	44.96
10:00:00 AM	56.25	45.62	60.29	49.56
10:10:00 AM	62.17	52.09	77.83	66.58
10:20:00 AM	62.17	52.12	81.28	70.55
10:30:00 AM	62.17	52.12	81.28	71.09
10:40:00 AM	62.17	52.12	81.81	71.16
10:50:00 AM	62.17	52.12	81.81	71.17
11:00:00 AM	64.59	54.02	85.29	73.76
11:10:00 AM	68.14	57.90	96.38	84.84
11:20:00 AM	68.15	57.91	98.56	87.35
11:30:00 AM	68.15	57.91	98.85	87.69
11:40:00 AM	68.15	57.91	98.89	87.74
11:50:00 AM	68.15	57.91	98.90	87.74
12:00:00 PM	68.67	58.33	99.05	87.85
12:10:00 PM	69.45	59.17	99.52	88.32
12:20:00 PM	69.45	59.18	99.61	88.43
12:30:00 PM	69.45	59.17	99.62	88.44
12:40:00 PM	69.45	59.17	99.62	88.45
12:50:00 PM	69.45	59.17	99.62	88.45
1:00:00 PM	69.52	59.23	99.49	88.34
1:10:00 PM	69.63	59.35	99.05	87.90
1:20:00 PM	69.63	59.35	98.97	87.81
1:30:00 PM	69.63	59.35	98.96	87.80
1:40:00 PM	69.63	59.35	98.96	87.80
1:50:00 PM	69.63	59.35	98.95	87.80
2:00:00 PM	66.86	57.18	94.68	84.61
2:10:00 PM	62.80	52.75	81.02	70.97
2:20:00 PM	62.80	52.73	78.34	67.88
2:30:00 PM	62.80	52.73	77.98	67.46
2:40:00 PM	62.80	52.73	77.93	67.40
2:50:00 PM	62.80	52.73	77.92	67.40
3:00:00 PM	58.66	49.48	71.48	62.60
3:10:00 PM	52.59	42.84	50.94	42.07
3:20:00 PM	52.59	42.82	46.91	37.42
3:30:00 PM	52.59	42.82	46.36	36.80
3:40:00 PM	52.59	42.82	46.29	36.71
3:50:00 PM	52.59	42.82	46.28	36.70
4:00:00 PM	52.59	42.82	46.28	36.70



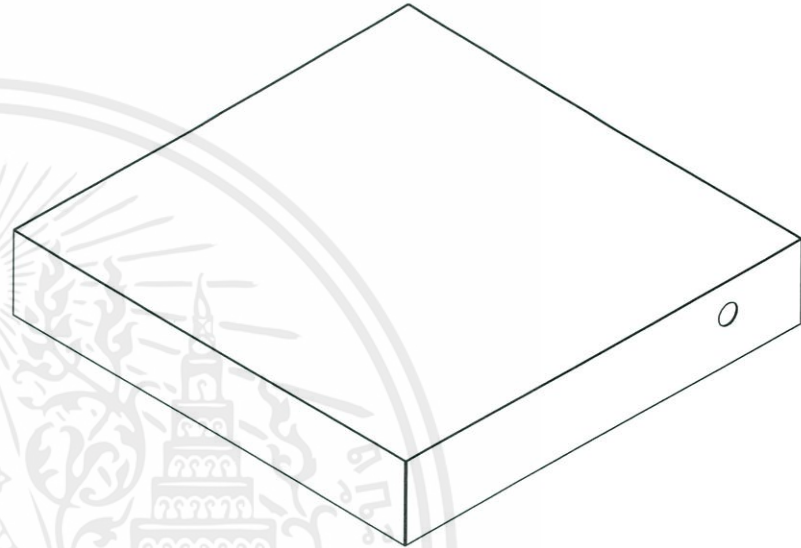
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางวัสดุและอุปกรณ์

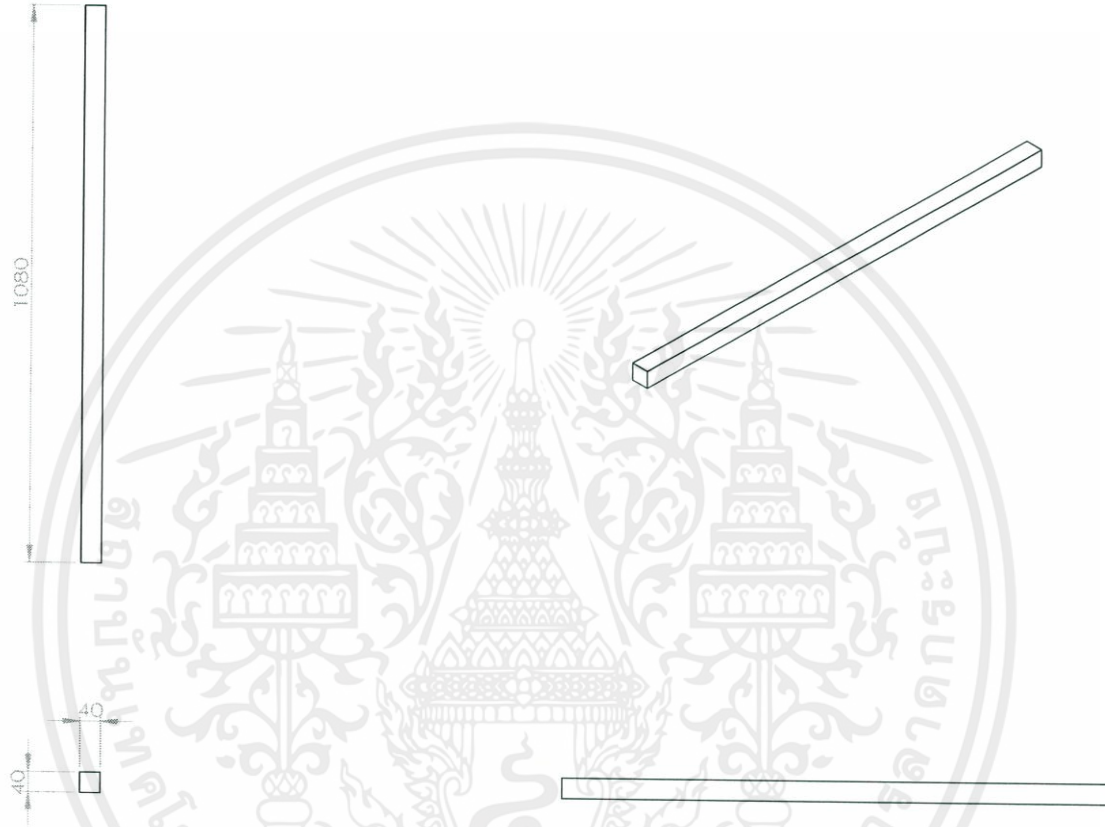
ลำดับ Item	วัสดุ Description	รายละเอียดวัสดุ Specification	จำนวน Quantity	ราคา(ต่อหน่วย) Price	ราคา(รวม) Total Price
1	ไม้อัด		4	280	1120
		ขนาด 0.19 x 1.08 เมตร	8		
		ขนาด 1.08 x 1.08 เมตร	2		
		ขนาด 0.58 x 0.58 เมตร	12		
		ขนาด 0.04 x 1.04 เมตร	8		
2	โฟม	หนา 1 นิ้ว	12	48	576
		ขนาด 0.45 x 0.12 เมตร หนา 0.04 เมตร	16		
		ขนาด 0.48 x 1.00 เมตร หนา 0.04 เมตร	4		
		ขนาด 0.50 x 0.50 เมตร หนา 0.04 เมตร	12		
3	ไม้(ทำโครง)		4	390	1560
		ขนาด 0.04 x 0.04 เมตร ยาว 0.15 เมตร	16		
		ขนาด 0.04 x 0.04 เมตร ยาว 0.50 เมตร	16		
		ขนาด 0.04 x 0.04 เมตร ยาว 0.58 เมตร	8		
		ขนาด 0.04 x 0.04 เมตร ยาว 1.08 เมตร	10		
		ขนาด 0.04 x 0.04 เมตร ยาว 1.00 เมตร	6		
		ขนาด 0.04 x 0.04 เมตร ยาว 0.10 เมตร	4		
		ขนาด 0.04 x 0.04 เมตร ยาว 0.36 เมตร	4		
		ขนาด 0.04 x 0.04 เมตร ยาว 1.16 เมตร	4		
4	แผ่นอะคริลิก	ขนาด 1.08 x 1.08 เมตร	4	475	1900
5	ท่อลม	ขนาด 4 นิ้ว	6	160	960
6	ท่อลด PVC	3 x 2 นิ้ว	6	25	150
7	เข็มขัดรัดท่อ		6	25	150
8	ฟอยล์กันความร้อน		5	99	495
9	เทปอะลูมิเนียมฟอยล์	ชนิดกาว	5	165	825
10	ตะปู	ยาว 2.5 นิ้ว	1	50	50
11	ตะปูเข็ม		1	40	40

ลำดับ Item	วัสดุ Description	รายละเอียดวัสดุ Specification	จำนวน Quantity	ราคา(ต่อหน่วย) Price	ราคา(รวม) Total Price
12	ตะปูเกลียว	8x1 3/4	10	1	10
13	กาวลาเท็กซ์	32 ออนซ์	3	65	195
		10 กิโลกรัม	2	310	620
14	กาวร้อน		4	20	80
15	ปืนกาว		1	0	0
16	กาวซิลิโคน		4	120	480
17	กระดาษกาว	1.5 นิ้ว	2	35	70
18	พัตลม		2	30	60
19	เลื่อยจิ๊กซอร์		1	0	0
20	กระดาษ A4			0	0
21	กระดาษหนังสือพิมพ์			0	0
22	ตาข่าย		1	0	0
23	เทอร์โมมิเตอร์	แท่งแก้ว ชนิดแอลกอฮอล์	8	70	560
24	Power supply		1	0	0
					9901

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

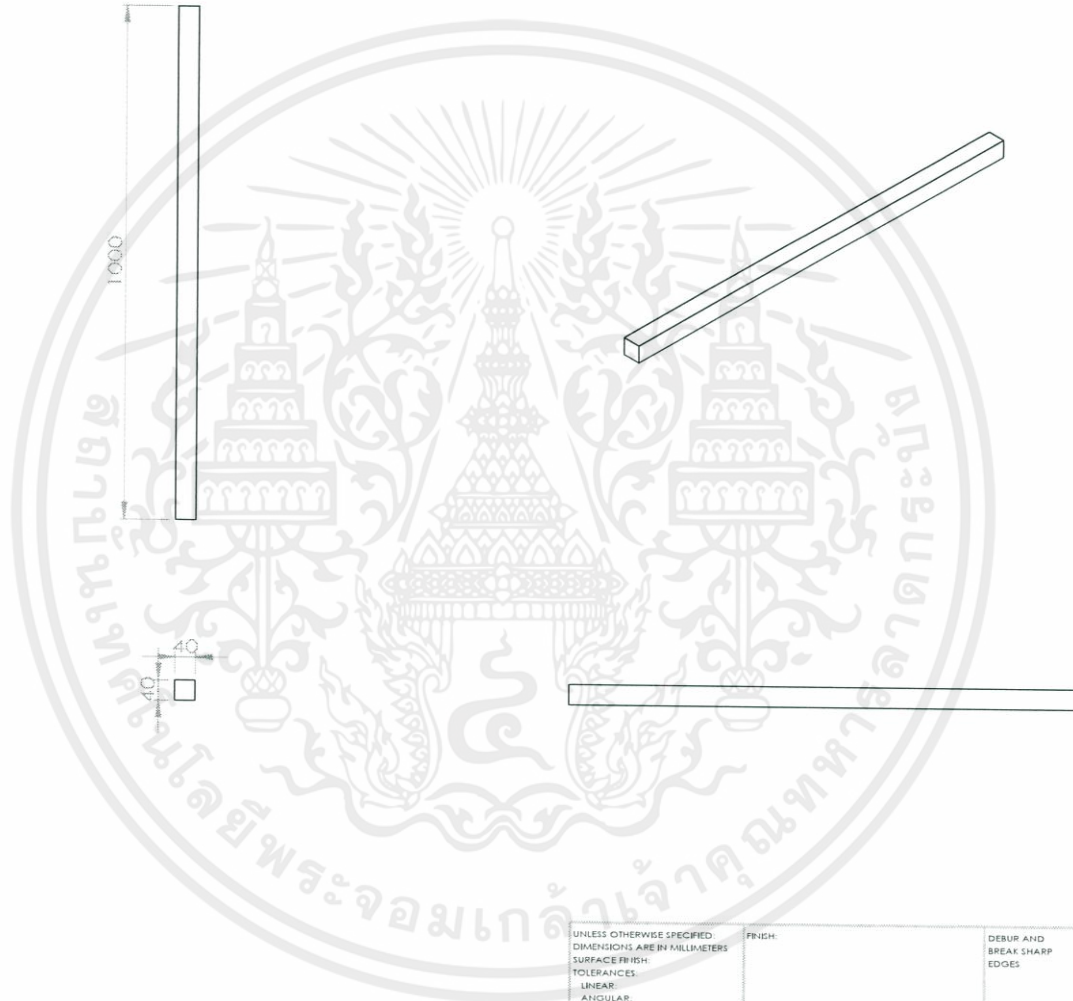


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:										
TOLERANCES:										
LINEAR:										
ANGULAR:										
DRAWN:		NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
CHK'D:										
APP'VD:										
MFG:										
Q.A.					MATERIAL:		DWG NO.		A3	
							solar collector			
					WEIGHT:		SCALE 1:10		SHEET 1 OF 1	

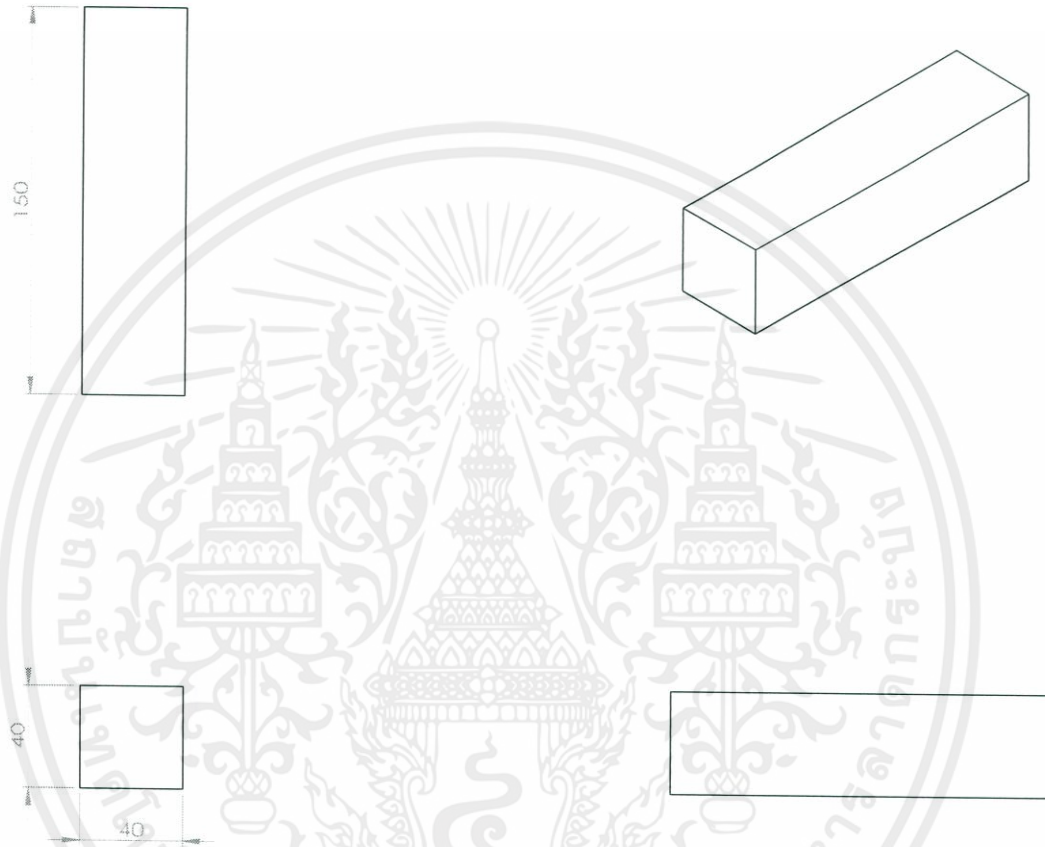


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES:		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN:			NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:		
CHK'D:											
APP'VD:											
MFG:											
Q.A:							MATERIAL:		DWG NO:		
									long structure		
							WEIGHT:		A3		
							SCALE 1:10		SHEET 1 OF 1		

9'๒๓

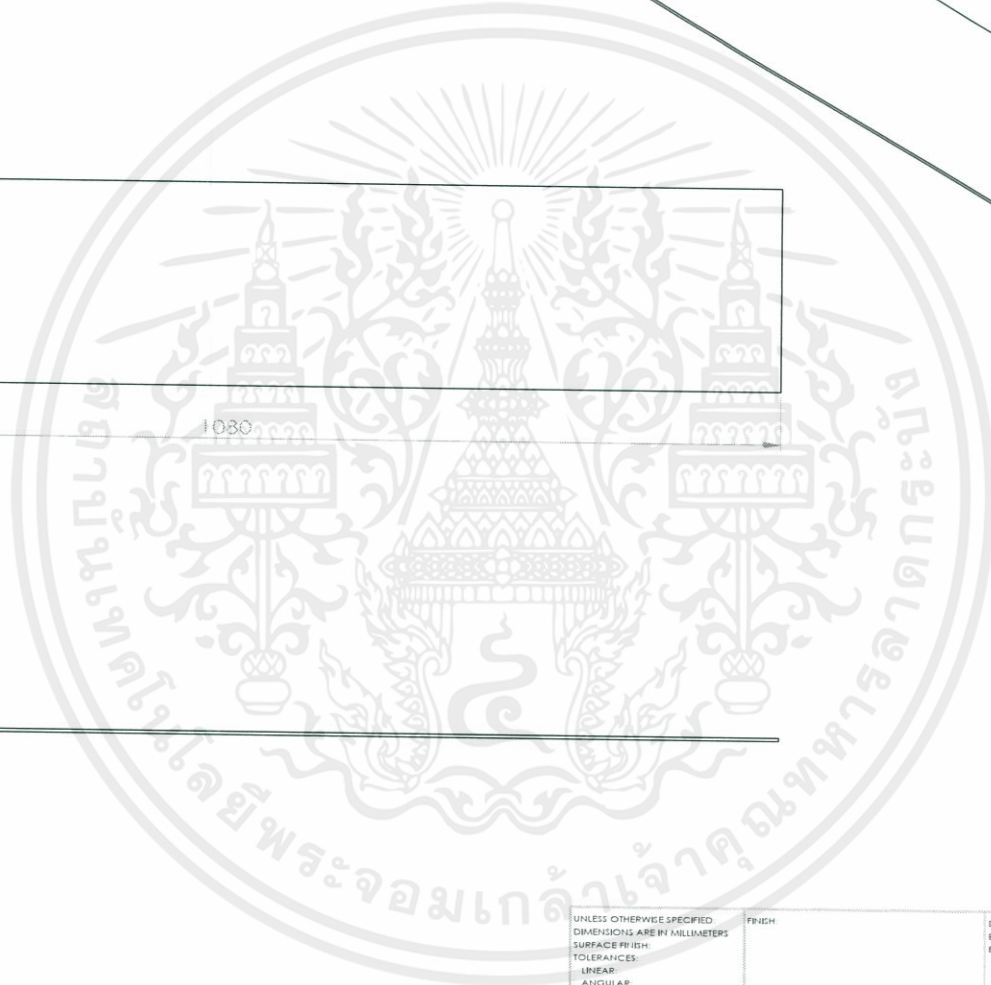
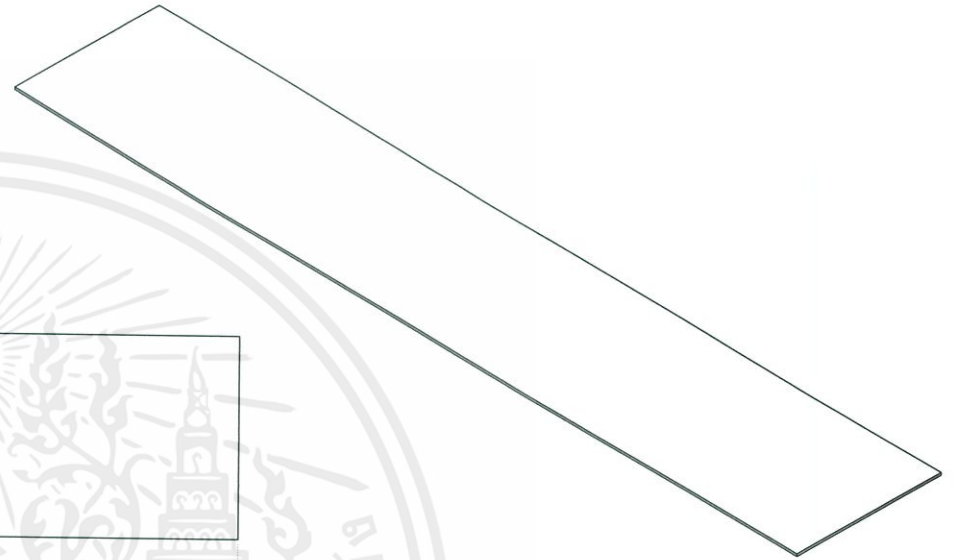


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE			
DRAWN:									
CHK'D:									
APP'VD:									
MFG:									
Q.A.						MATERIAL:		DWG NO.	
								structure 1 m	
						WEIGHT:		SCALE: 1:10	
								SHEET 1 OF 1	
								A3	

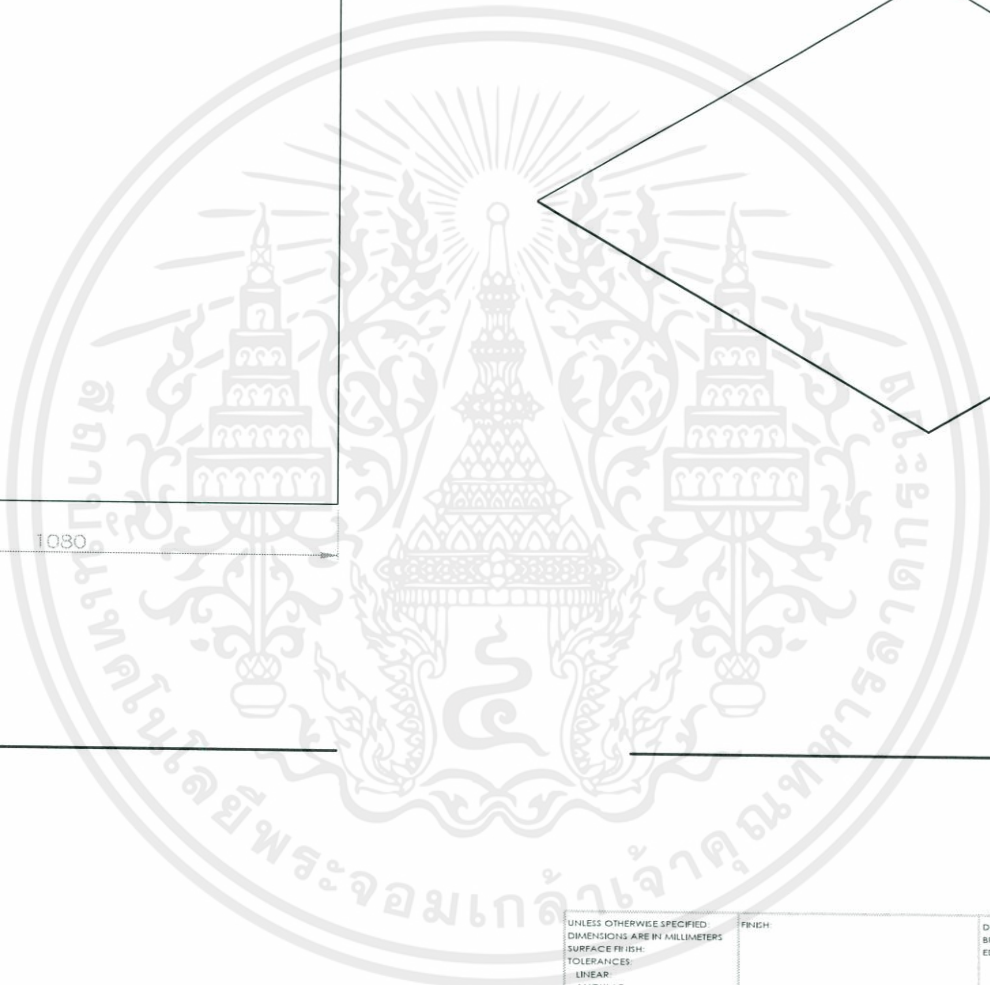
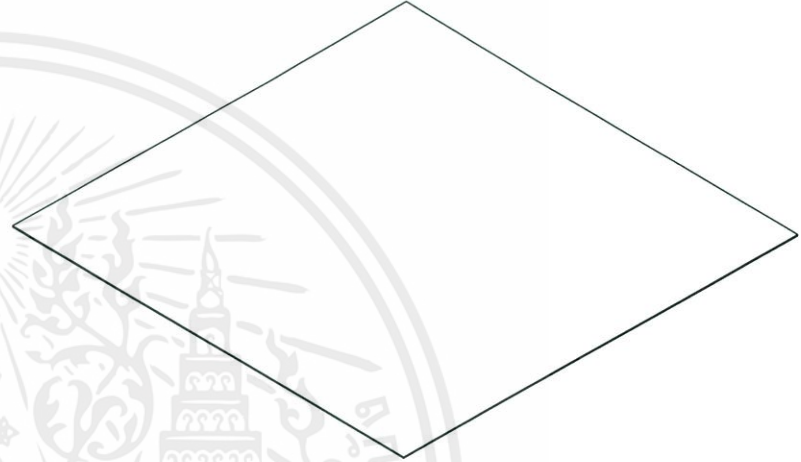


UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:											
TOLERANCES:											
LINEAR:											
ANGULAR:											
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE				TITLE:	
CHK'D											
APP'V'D											
MFG											
Q.A								MATERIAL:		DWG NO:	
										corner structure	
								WEIGHT:		SCALE 1:2	
										SHEET 1 OF 1	
										A3	

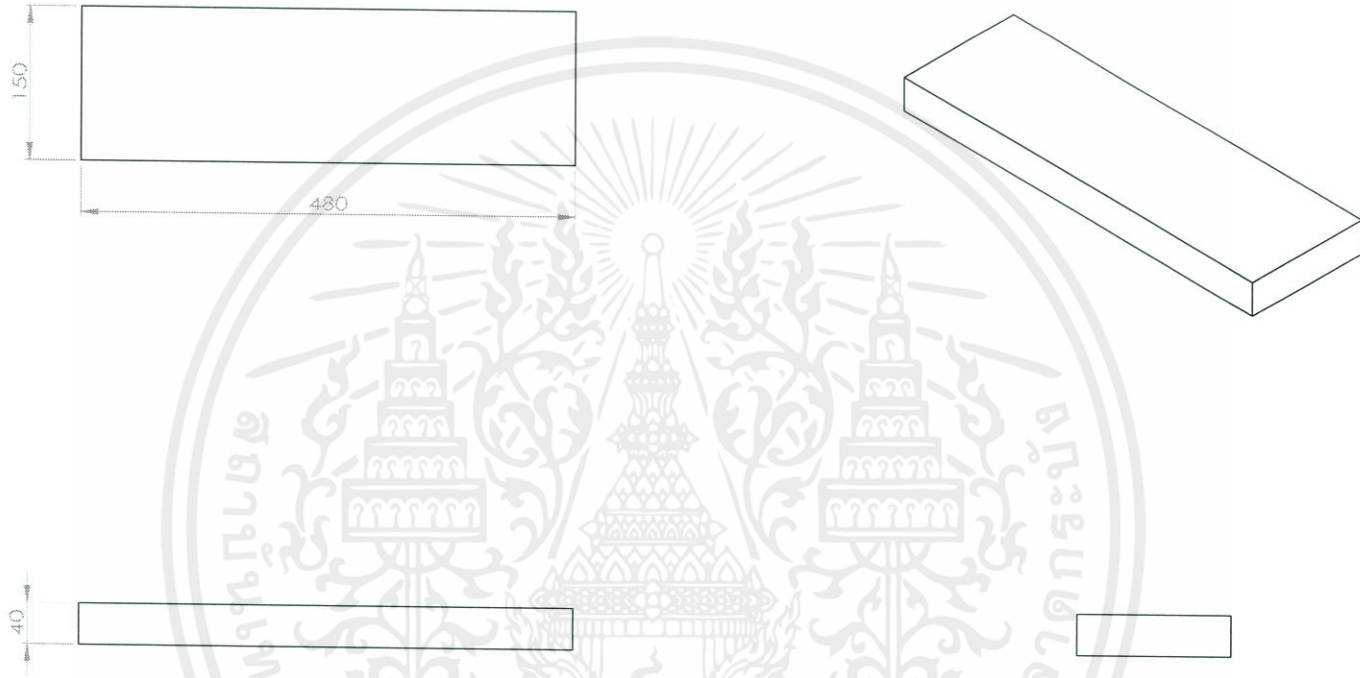
8'10M



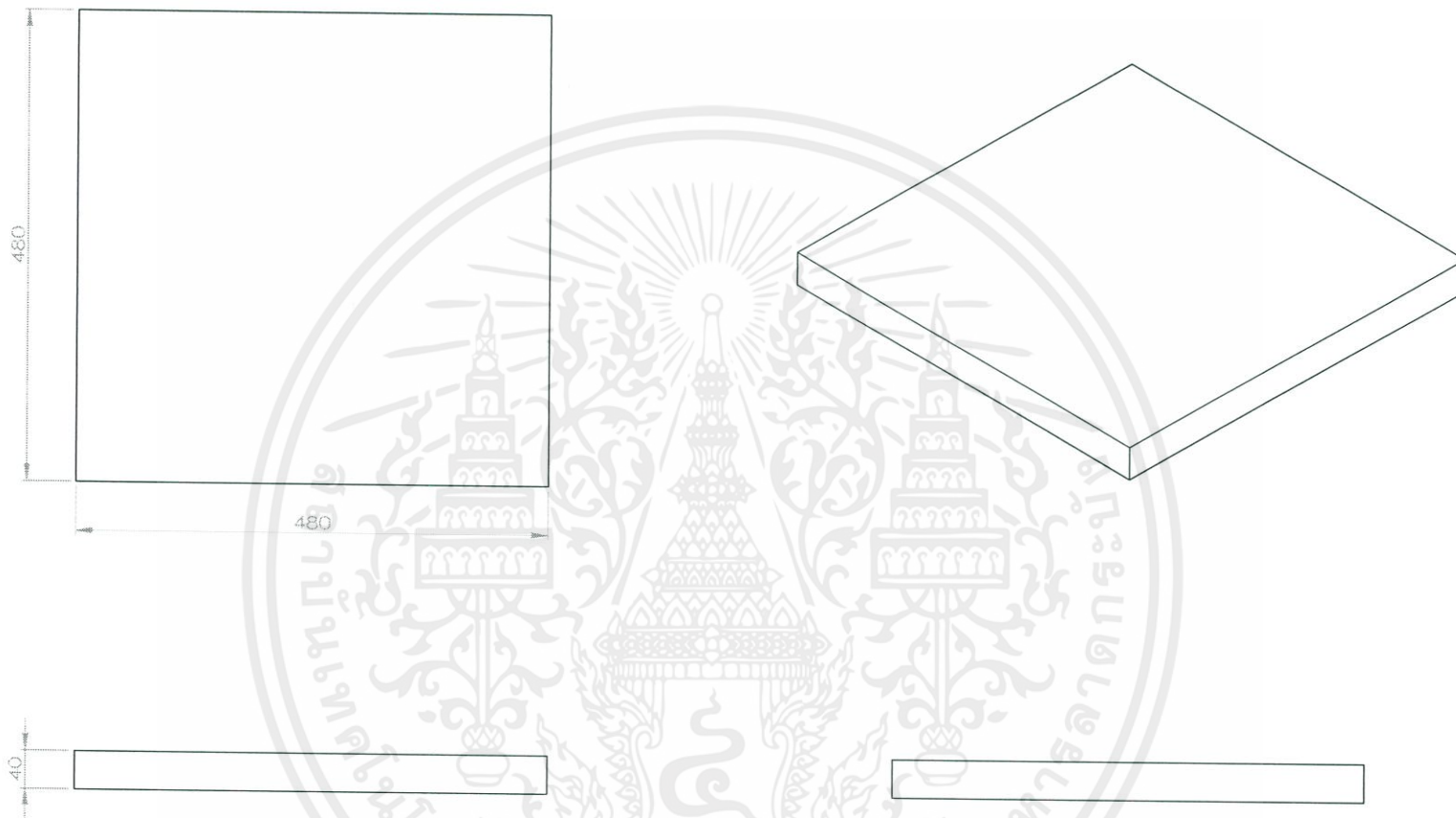
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS			FINISH		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
SURFACE FINISH:											
TOLERANCES:											
LINEAR											
ANGULAR											
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE			
CHK'D											
APP'VD											
MFG											
Q.A								MATERIAL:		DWG NO.	
										side plywood	
								WEIGHT:		SCALE: 1:5	
										SHEET 1 OF 1	
										A3	



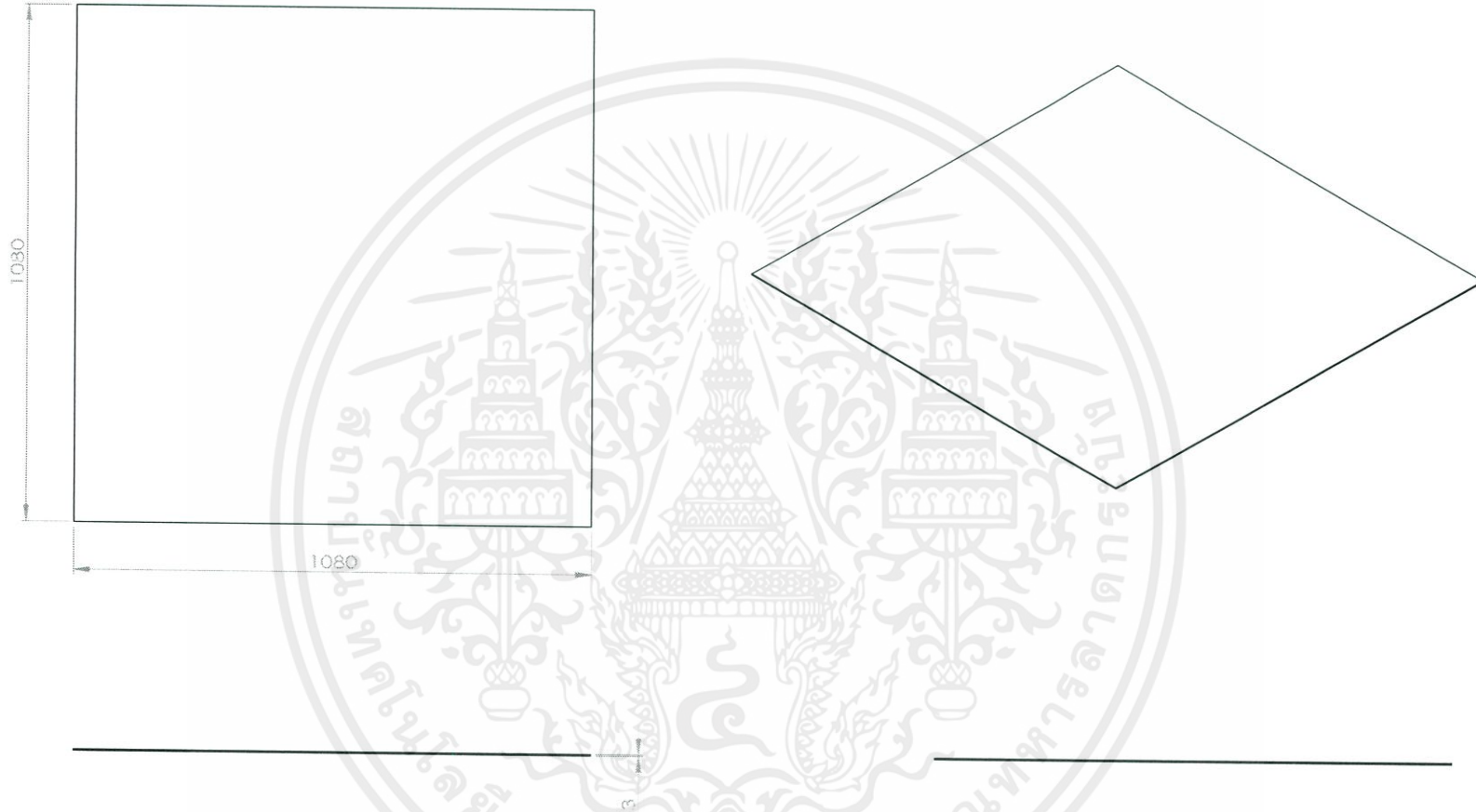
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:										
TOLERANCES:										
LINEAR:										
ANGULAR:										
DRAWN			NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE		
CHK D										
APPVD										
MFG										
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.		A3
						WEIGHT:		SCALE: 1:10		SHEET 1 OF 1
								wall plywood		



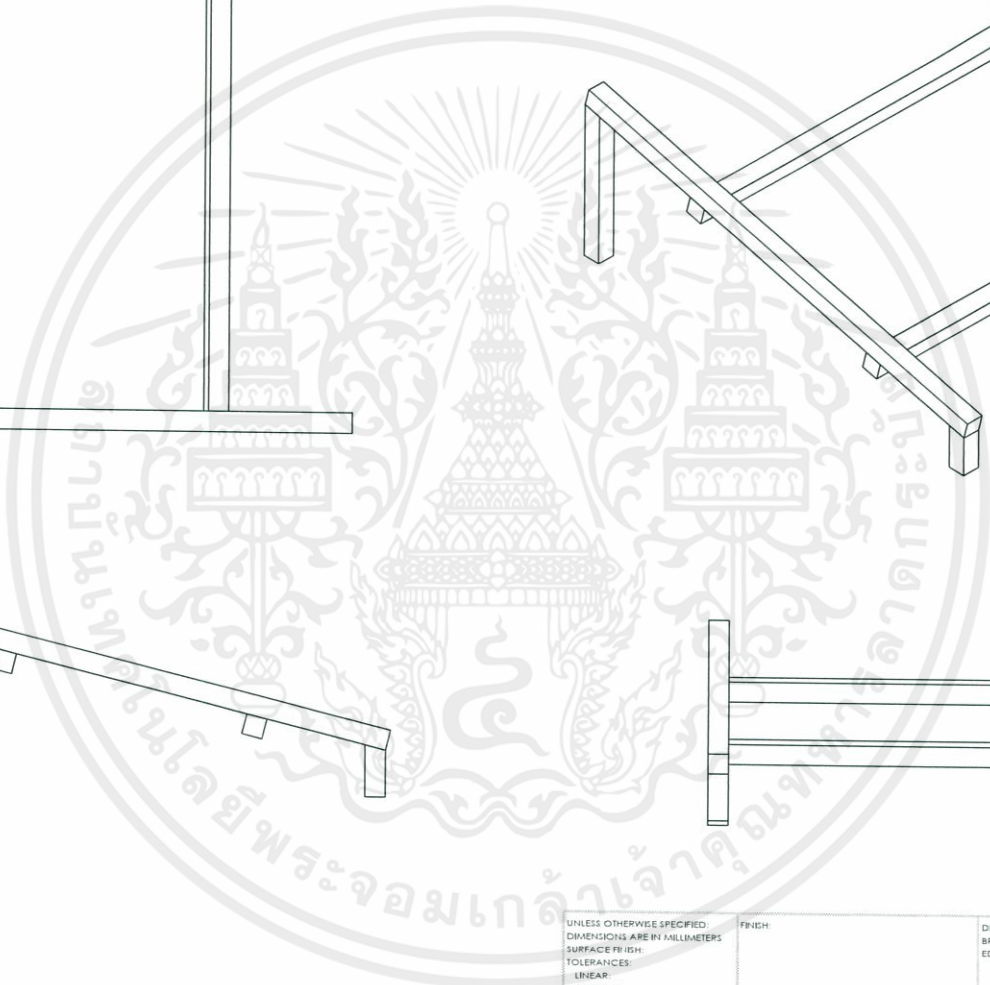
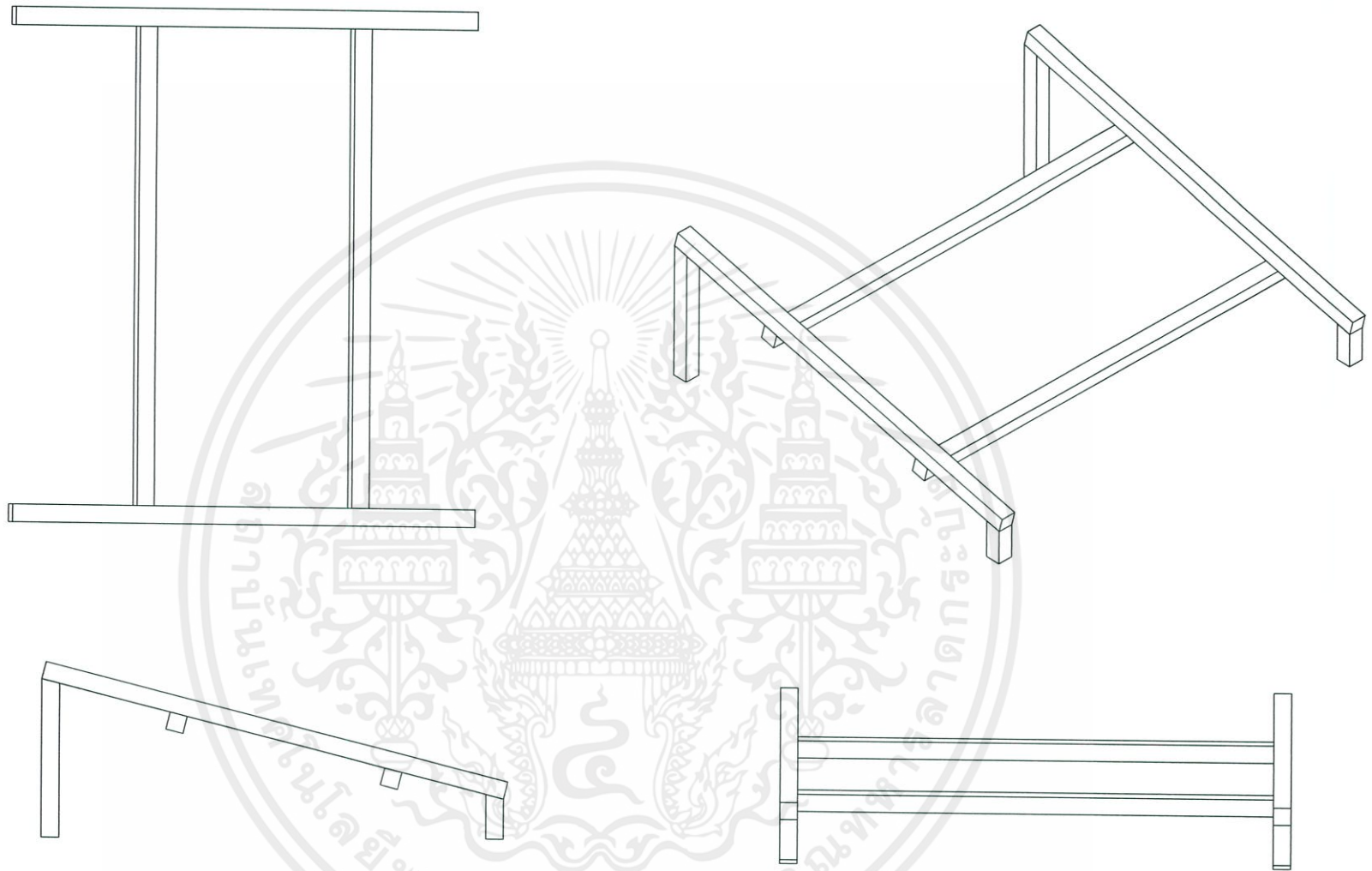
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
DRAWN									
CHK'D									
APP'VD:									
MFG									
Q.A					MATERIAL:	DWG NO.		A3	
						small foam			
					WEIGHT:	SCALE: 1:5		SHEET 1 OF 1	



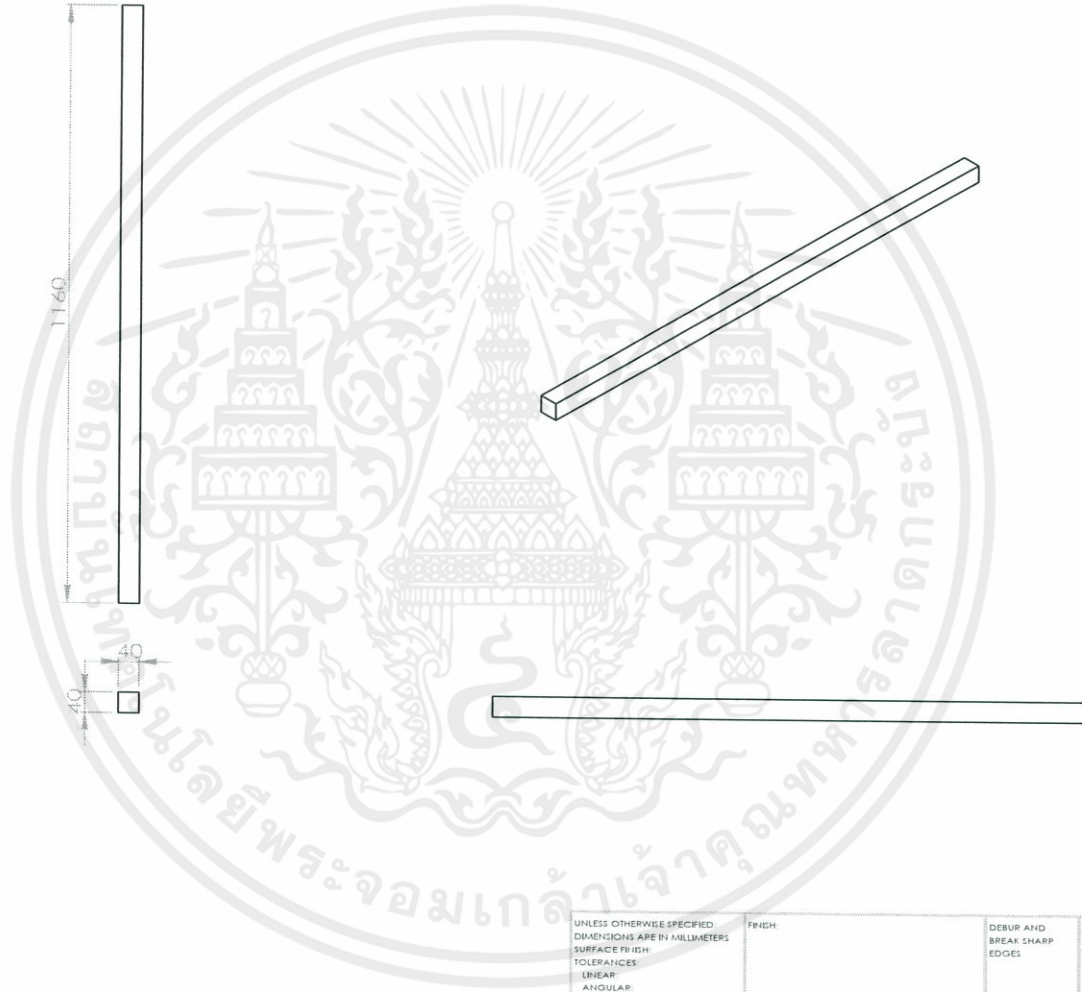
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
DRAWN:		NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE:			
CHK'D:									
APP'VD:									
MFG:									
Q.A:					MATERIAL:	DWG NO.		A3	
						big foam sheet			
					WEIGHT:	SCALE: 1:5		SHEET 1 OF 1	



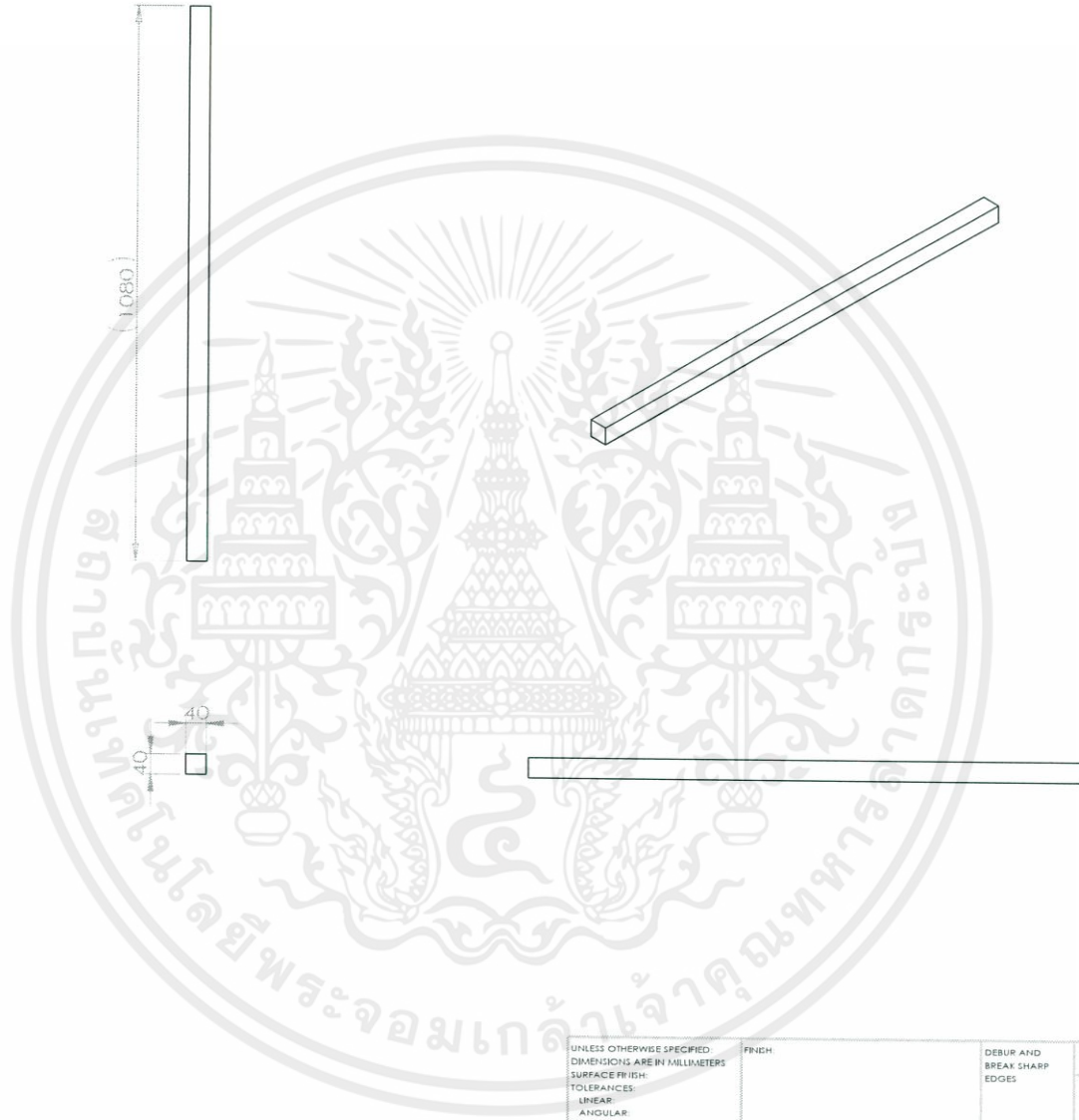
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:											
TOLERANCES:											
LINEAR:											
ANGULAR:											
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE				TITLE:	
CHK D											
APPVD											
MFG											
Q.A								MATERIAL:		DWG NO.	
										big acrylic	
								WEIGHT:		A3	
								SCALE: 1:10		SHEET 1 OF 1	



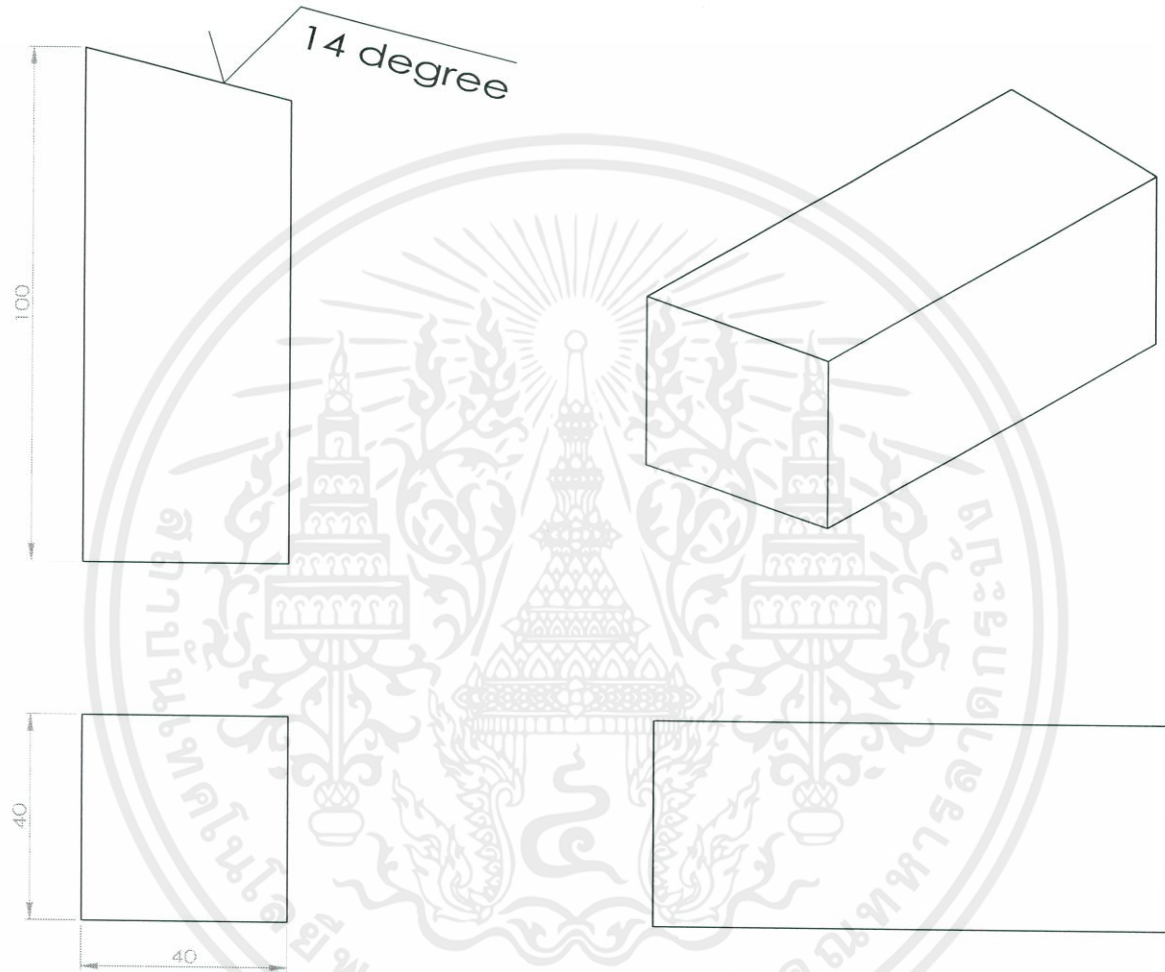
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS			FINISH:	DRESS AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
SURFACE FINISH:						
TOLERANCES:						
LINEAR:						
ANGULAR:						
	NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE:	
DRAWN						
CHK'D						
APP'VD						
MFG						
Q.A				MATERIAL:	DWG. NO.	
					easel	A3
				WEIGHT:	SCALE 1:10	SHEET 1 OF 1



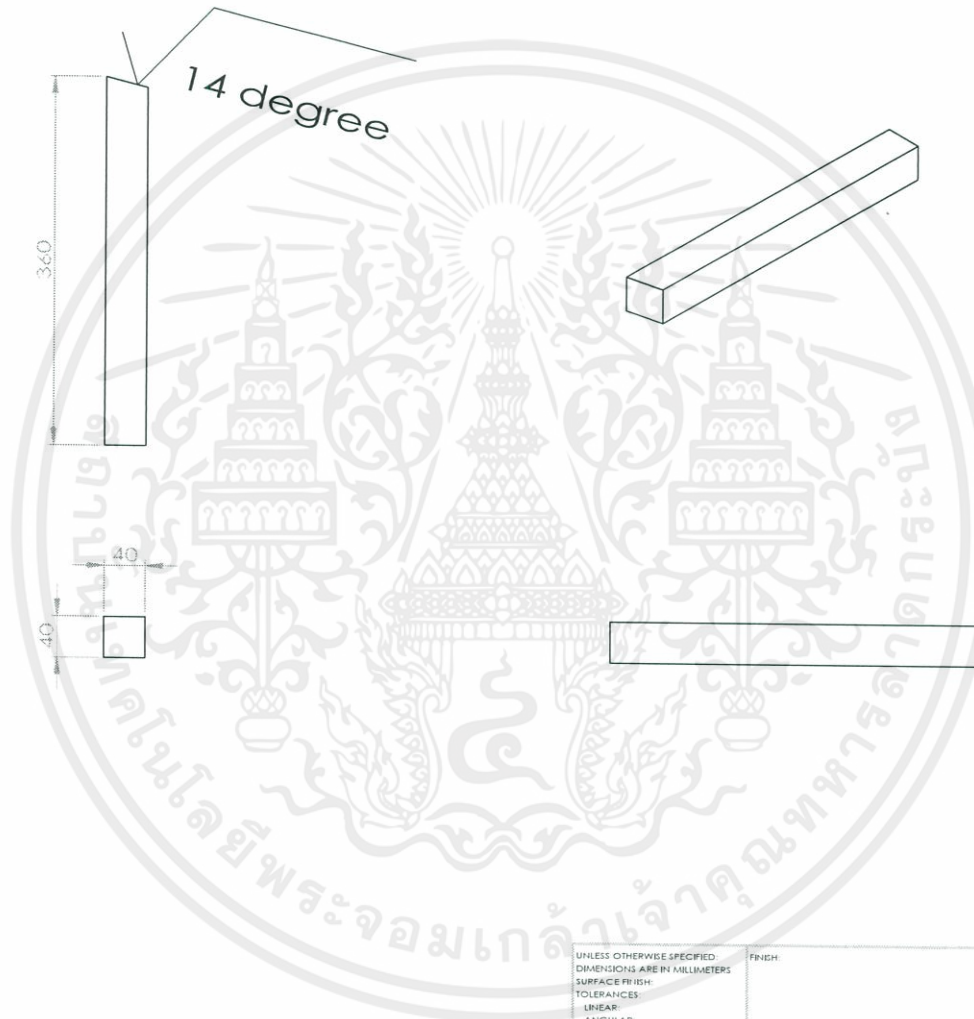
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
SURFACE FINISH:											
TOLERANCES:											
LINEAR:											
ANGULAR:											
DRAWN:			NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE:				
CHK'D:											
APP'VD:											
MFG:											
Q.A:						MATERIAL:	DWG NO.		A3		
							structure 1.16				
						WEIGHT:	SCALE 1:10		SHEET 1 OF 1		



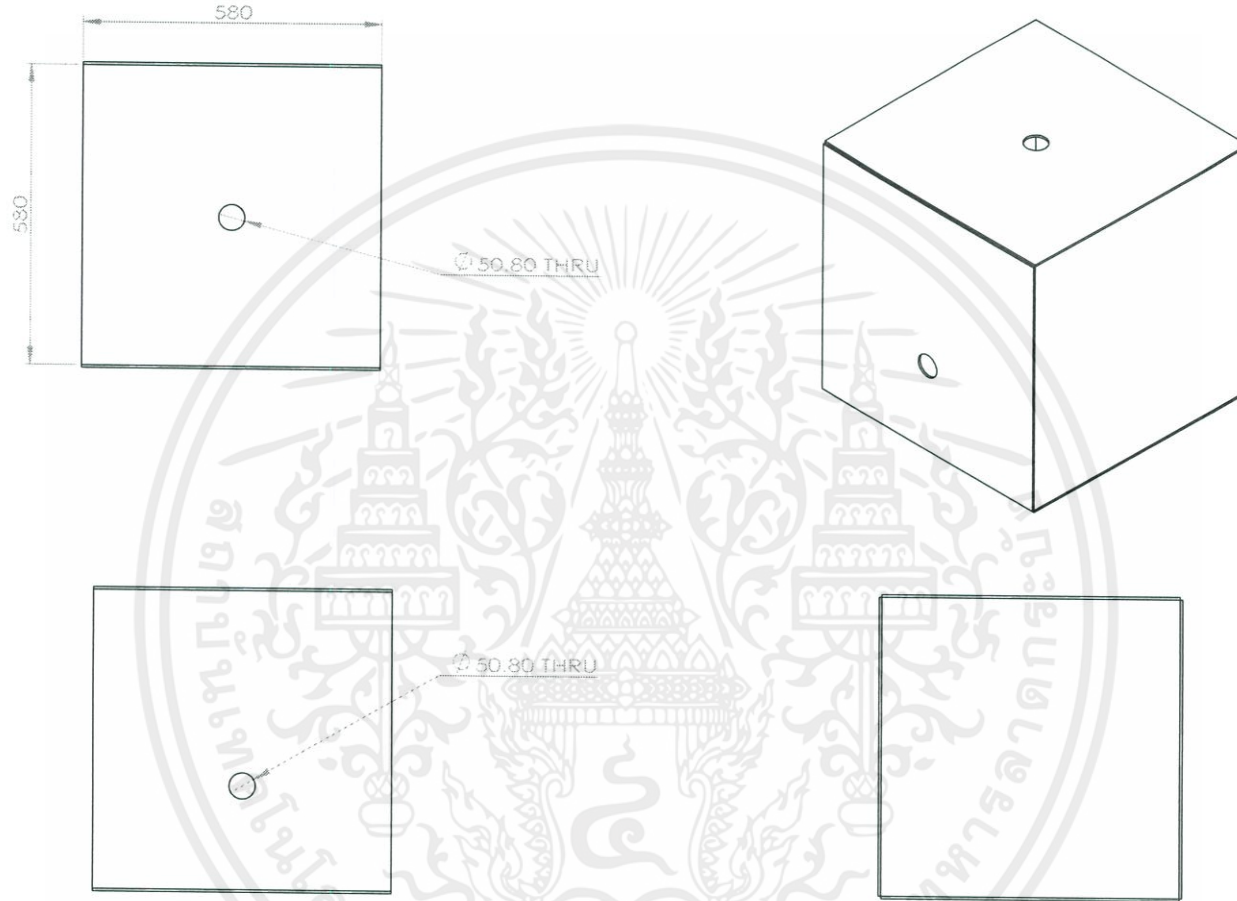
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE			
DRAWN									
CHK'D									
APP'VD									
MFG									
Q.A									
				MATERIAL:		DWG NO.		A3	
						long structure			
				WEIGHT:		SCALE: 1:10		SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:											
TOLERANCES:											
LINEAR:											
ANGULAR:											
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE			
CHK'D											
APP'V'D											
MFG											
Q.A						MATERIAL:		DWG NO		A3	
								wood 0.1			
						WEIGHT:		SCALE: 1:1		SHEET 1 OF 1	



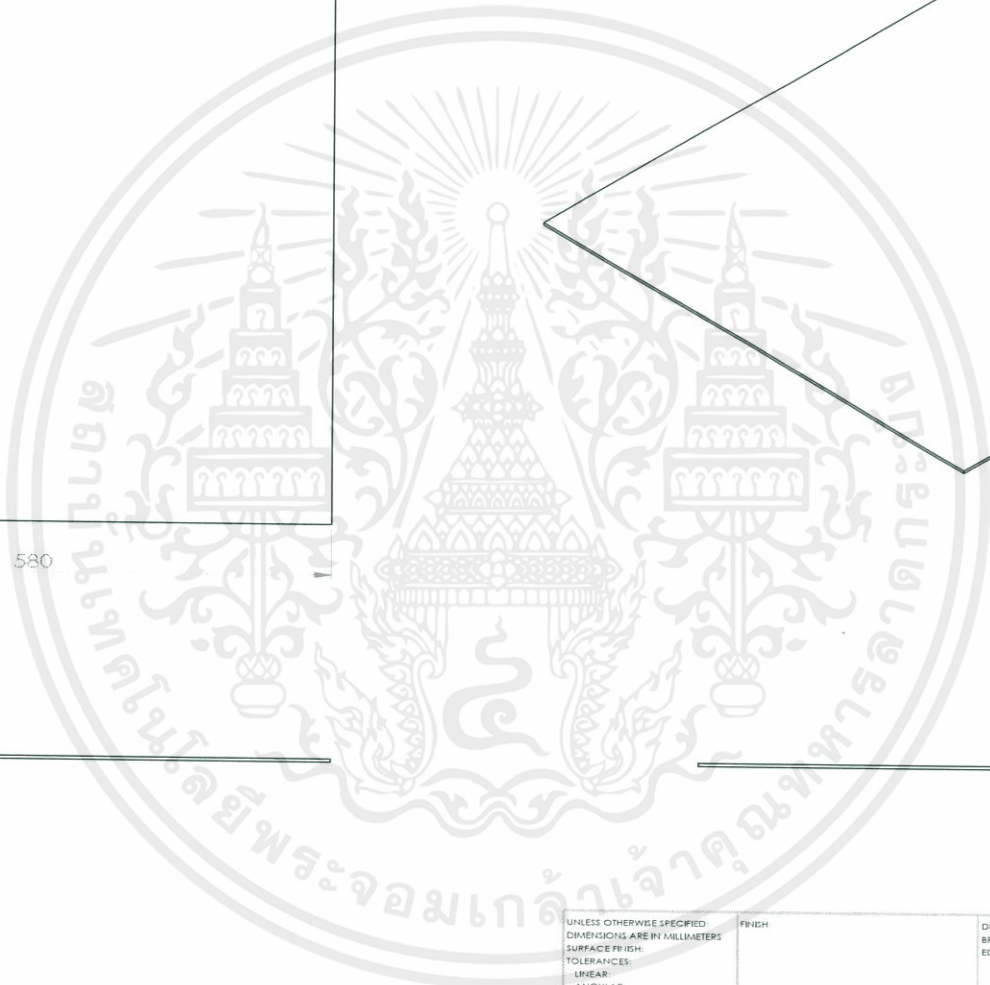
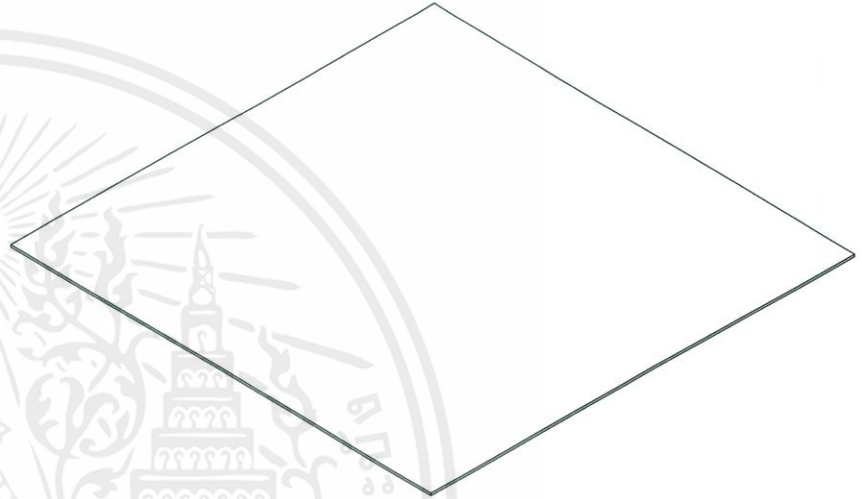
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:											
TOLERANCES:											
LINEAR:											
ANGULAR:											
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE				TITLE:	
CHK'D											
APP'V'D											
MFG											
Q.A								MATERIAL:		DWG NO.	
										wood 0.36	
								WEIGHT:		SCALE 1:5	
										SHEET 1 OF 1	
										A3	



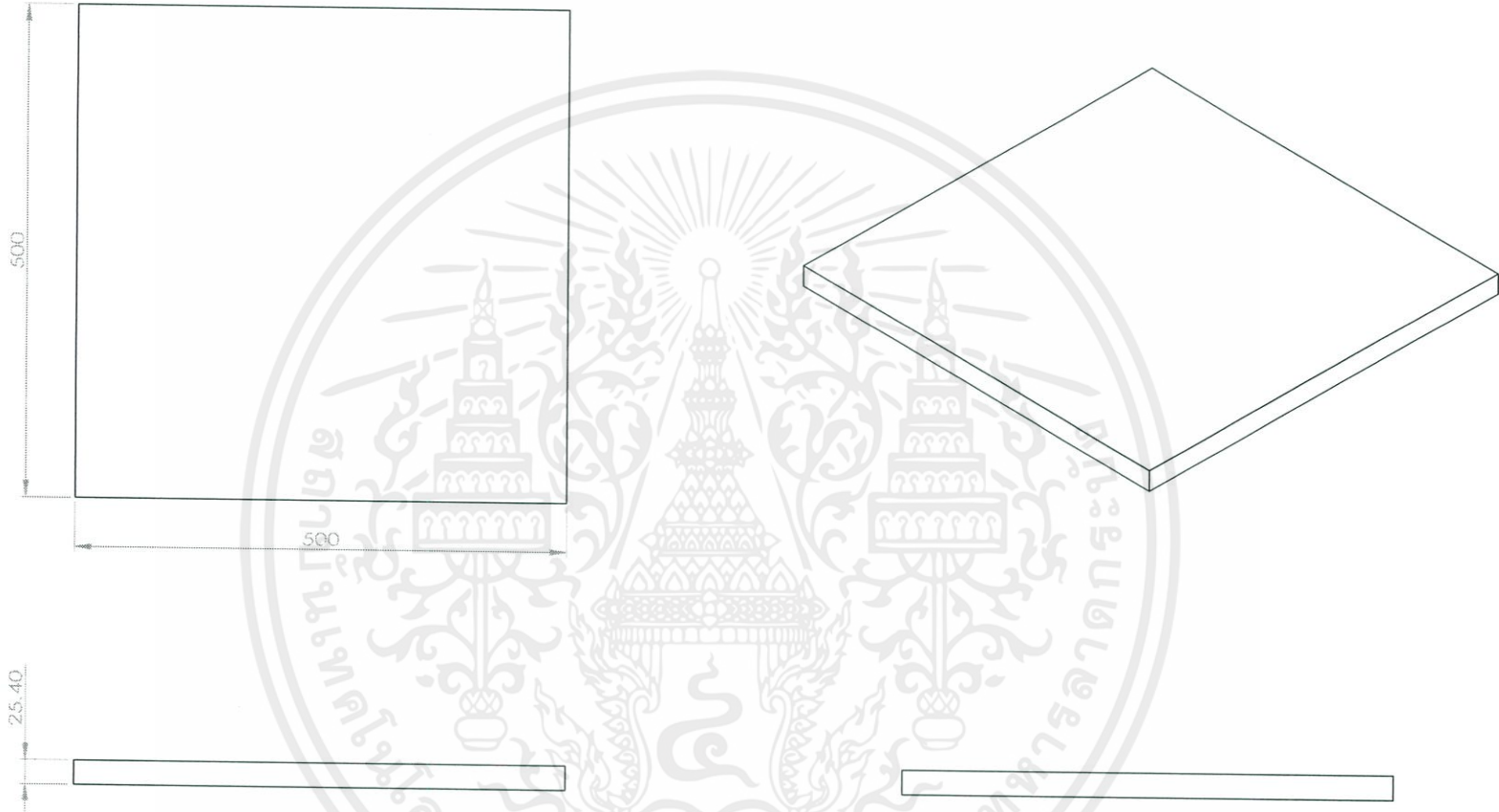
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:											
DRAWN:		NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:			
CHK'D:											
APP'VD:											
MFG:											
Q.A:						MATERIAL:		DWG NO:		A3	
						WEIGHT:		SCALE 1:10		SHEET 1 OF 1	

solar chamber

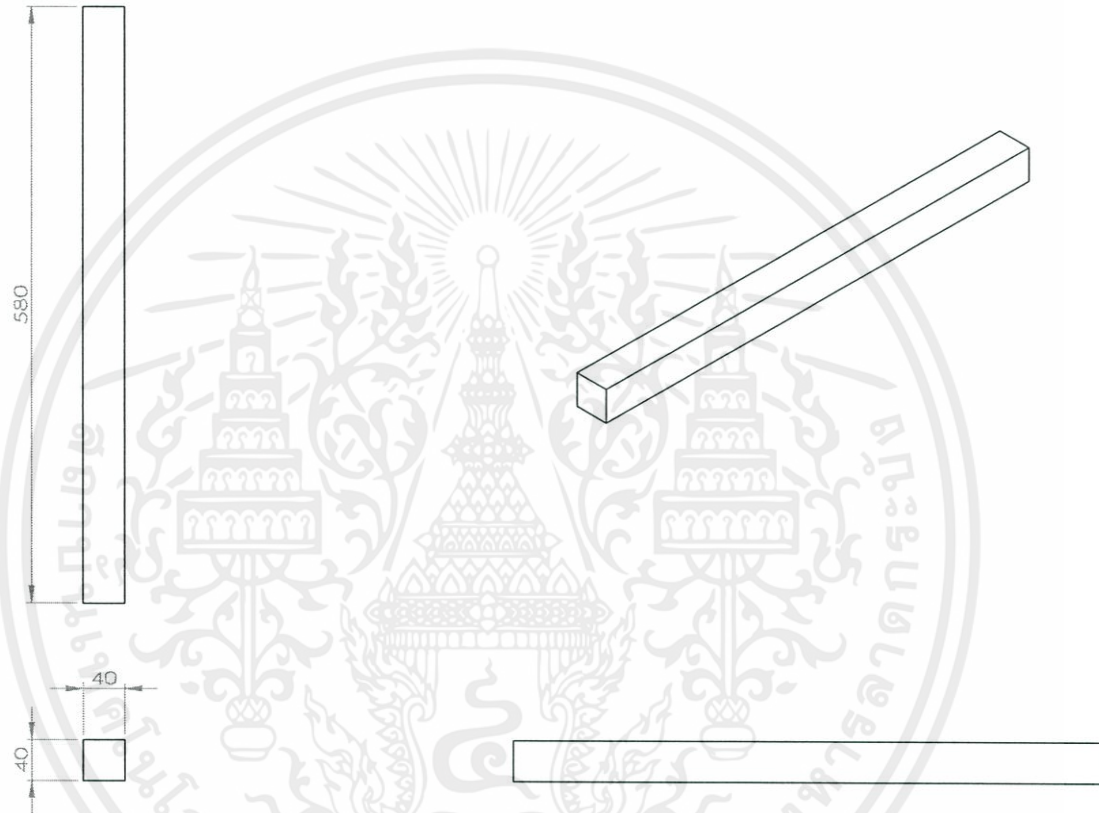
Mท.19



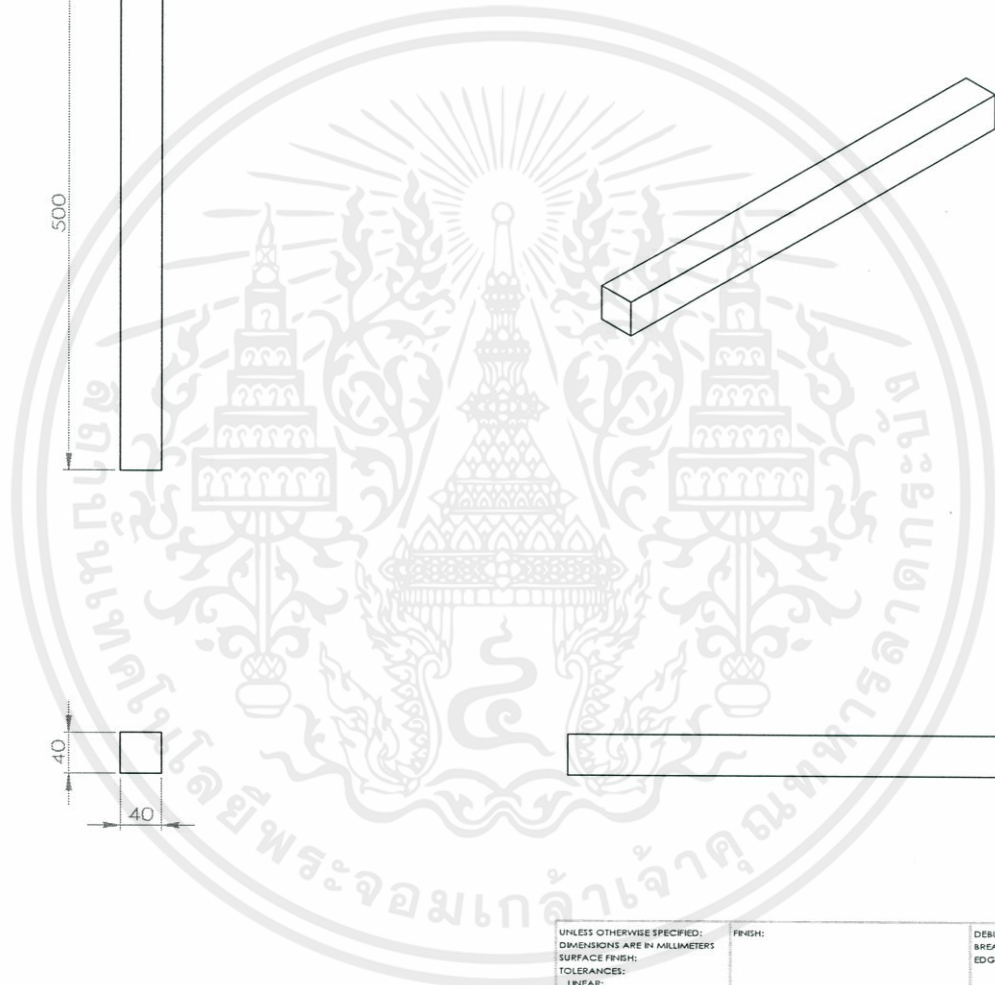
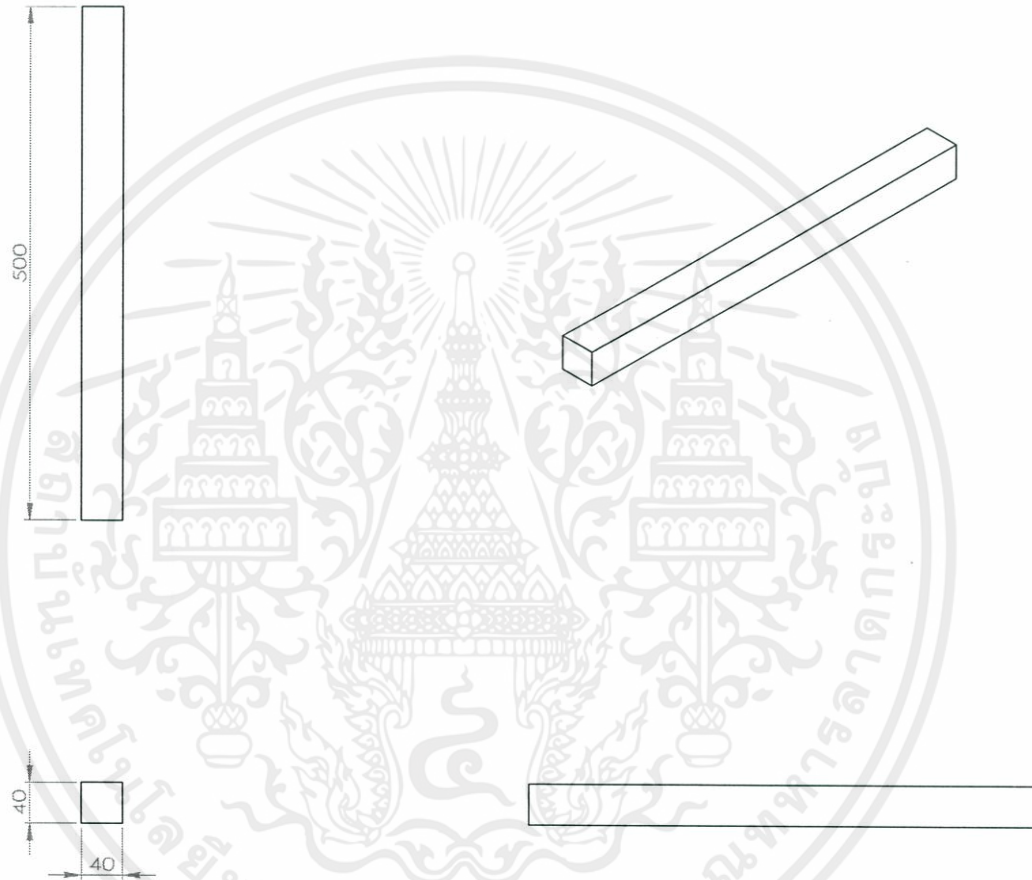
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS		FINISH:		DERUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:									
TOLERANCES:									
LINEAR:									
ANGULAR:									
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
DRAWN									
CHK'D									
APP'VD									
MFG									
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.	
								plywood	
						WEIGHT:		SCALE 1:5	
								SHEET 1 OF 1	
								A3	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:											
TOLERANCES:											
LINEAR:											
ANGULAR:											
DRAWN		NAME		SIGNATURE		DATE				TITLE:	
CHK'D											
APP'V'D											
MFG											
Q.A								MATERIAL:		DWG NO.	
										foam	
								WEIGHT:		SCALE: 1:5	
										SHEET 1 OF 1	
										A3	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS			FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
SURFACE FINISH:										
TOLERANCES:										
LINEAR:										
ANGULAR:										
DRAWN			NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:		
CHKD										
APPVD										
MFG										
G.A.										
			MATERIAL:					DWG NO.		A3
			WEIGHT:					structure 0.58		
			SCALE:1:5					SHEET 1 OF 1		



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN:		NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:	
CHKD:						
APPVD:						
MFG:						
Q.A:				MATERIAL:	DWG NO. structure 0.50	
				WEIGHT:	SCALE:1:5	A3
					SHEET 1 OF 1	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดสอบ

วันที่บันทึกผล 21-12-55

เวลา	Opened-loop							Closed-loop						
	Solar collector		Solar chamber					Solar collector		Solar chamber				
	T1 (°C)	T2 (°C)					T3 (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)					T3 (°C)
8:50:00 AM	32	40.5	29	31	30	30.5	30.125	34	42	33	33	33	34	33.25
9:00:00 AM	30.5	43.5	30.5	33.5	31.5	32	31.875	36.5	48	35	35.5	34.5	34	34.75
9:10:00 AM	31	39	34	34	35	36	34.75	37	43	37.5	37	36.5	36	36.75
9:20:00 AM	33	44	35	35.5	36	37.5	36	39	49	39	38.5	38	38	38.375
9:30:00 AM	32.5	45	37	37	36	39	37.25	39	50	40	39.5	39	39	39.375
9:40:00 AM	31	46.5	38	38	38.5	40	38.625	39	51	40	40	41	41.5	40.625
9:50:00 AM	32	47.5	39.5	39.5	39	41.5	39.875	39.5	51	41	41	42	42.5	41.625
10:00:00 AM	31	48	40	40.5	39.5	42.5	40.625	40	52.5	43.5	42	42	42.5	42.5
10:10:00 AM	31	48.5	40	41	41	42.5	41.125	43	53.5	43	43	44	42.5	43.125
10:20:00 AM	30.5	49.5	41.5	42	41	42.5	41.75	43	54	43	43.5	44.5	45	44
10:30:00 AM	30	50	41.5	44	42.5	42.5	42.625	43.5	55	45	45	44.5	44	44.625
10:40:00 AM	30	50.5	42	44.5	43	43	43.125	45	56	45	45	45.5	47	45.625
10:50:00 AM	32	50.5	42.5	45	43	43.5	43.5	45.5	56	45	45.5	47	47	46.125
11:00:00 AM	31	51.5	43	46	44	44	44.25	46	56.5	46	46	47	48	46.75
11:10:00 AM	30.5	52	44	46	44	44	44.5	45	57	46	46.5	47	47.5	46.75
11:20:00 AM	31	53	43	46	44.5	45	44.625	46	58	47	46	48	47	47
11:30:00 AM	32	53	44.5	46.5	45	45	45.25	46.5	58.5	47	47.5	47.5	48	47.5
11:40:00 AM	31.5	51.5	44	46.5	45	45	45.125	45.5	57	47	47	48	48.5	47.625
11:50:00 AM	32	52.5	44	47	45	45	45.25	46	58.5	47	47.5	48	48.5	47.75
12:00:00 PM	32	53	45	47.5	45.5	45.5	45.875	47.5	59.5	48	48	49	49	48.5
12:10:00 PM	31.5	53.5	45	47.5	46	46	46.125	48	59	48	48	49	49	48.5
12:20:00 PM	32	53.5	45.5	48	46	46	46.375	48	60	49.5	49.5	48.5	48.5	49
12:30:00 PM	32.5	54.5	45.5	48	46	46	46.375	48.5	60.5	49	49	49	50	49.25
12:40:00 PM	32.5	55	45.5	48	46.5	46	46.5	48	60.5	48.5	49.5	49	50	49.25
12:50:00 PM	32	53	45.5	48	46.5	46	46.5	47.5	60	49	49	49.5	50	49.375

ผศ.2

ตารางบันทึกผลการทดสอบ (ต่อ)

วันที่บันทึกผล 21-12-55

เวลา	Opened-loop							Closed-loop						
	Solar collector		Solar chamber					Solar collector		Solar chamber				
	T1 (°C)	T2 (°C)					T3 (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)					T3 (°C)
1:00:00 PM	32	52.5	45.5	48	46	46	46.375	47.5	59.5	49	49	49.5	50	49.375
1:10:00 PM	32	52.5	45.5	48	46	46	46.375	48	59	49	49	49.5	50	49.375
1:20:00 PM	32	52	45.5	47.5	46.5	46.5	46.5	48	58	49	49	49.5	50	49.375
1:30:00 PM	33	52.5	45.5	48	46.5	46	46.5	48	59.5	49	49	50	50	49.5
1:40:00 PM	33.5	53.5	49	46.5	47	47	47.375	48.5	60	49	49.5	49.5	50	49.5
1:50:00 PM	33.5	53	46.5	49	47.5	47	47.5	48	59.5	49.5	50	50.5	51	50.375
2:00:00 PM	32.5	53	47	47	48	49	47.75	48	59	50	50	50.5	51	50.375
2:10:00 PM	33	52.5	47	47	47.5	49	47.625	47.5	59.5	50	50	50.5	51	50.125
2:20:00 PM	33	50	47	47	47.5	47.5	47.25	47	57.5	49.5	50	50	51	49.625
2:30:00 PM	33	48.5	46.5	47	47	46	46.625	46.5	56	49	49.5	49.5	50.5	49.25
2:40:00 PM	33.5	48	45.5	46	46	45	45.625	45.5	55	49	49	49	50	49.125
2:50:00 PM	33	50	45.5	46	46	45.5	45.75	46.5	56	48.5	49	49	50	49.125
3:00:00 PM	33	47	45.5	46	46	45	45.625	45	54	48.5	49	49	50	48.375
3:10:00 PM	33	47.5	45.5	47	47	45	46.125	45	53	48	48	48	49.5	48.125
3:20:00 PM	32.5	47	44	45	45	46	45	44	52	47.5	48	48	49	48.125
3:30:00 PM	32.5	45.5	44	44	44.5	44.5	44.25	44	51.5	47	47.5	47.5	48.5	47.625
3:40:00 PM	32.5	45	43.5	44	44.5	43.5	43.875	44	51	47	47	47	48	47.25
3:50:00 PM	32	44.5	43	43	44	44	43.5	43.5	50	48	47.5	46	47	47.125
4:00:00 PM	33	44.5	42.5	43	43	43	42.875	43	50	46	46	46.5	57	48.875

หมายเหตุ.....

.....

.....

ผศ.จ

ตารางบันทึกผลการทดสอบ

วันที่บันทึกผล 22-12-55

เวลา	Opened-loop							Closed-loop						
	Solar collector		Solar chamber					Solar collector		Solar chamber				
	T1 (°C)	T2 (°C)					T3 (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)					T3 (°C)
8:50:00 AM	29.5	34	28.5	30.5	30	29	29.5	34	40	33	33.5	34	35.5	34
9:00:00 AM	29	36	29.5	31	31	29.5	30.25	35	43	34	34.5	35	36	34.875
9:10:00 AM	30	39	31.5	33	33	31.5	32.25	38.5	46	36.5	37.5	36.5	38.5	37.25
9:20:00 AM	30	40	33.5	34.5	35	33.5	34.125	38.5	46	38	38	39	40.5	38.875
9:30:00 AM	30	42	34	34.5	36	33.5	34.5	39.5	47	39	39.5	40.5	42	40.25
9:40:00 AM	30.5	43	34	34.5	35	36.5	35	39.5	48	40	40	41	42.5	40.875
9:50:00 AM	30.5	46	35	35.5	36	37.5	36	41	50	41	41	42	44	42
10:00:00 AM	31.5	48	36.5	36.5	38.5	36	36.875	42	52	42.5	42.5	43.5	45	43.375
10:10:00 AM	31.5	50.5	37.5	37.5	40	35	37.5	43	54	44	44	45	46.5	44.875
10:20:00 AM	31.5	51	39	39	40.5	38	39.125	43	54	44.5	45	45.5	47	45.5
10:30:00 AM	32	49	39	39	41	38.5	39.375	42.5	53	45	45	46	47	45.75
10:40:00 AM	32.5	48.5	39	39	41	38	39.25	42.5	52	44.5	44.5	45.5	47	45.375
10:50:00 AM	31.5	50.5	39.5	39.5	41.5	39	39.875	43	53	45	45	46	48	46
11:00:00 AM	32.5	51	40	40	41.5	39	40.125	43.5	54.5	45.5	45.5	46.5	48	46.375
11:10:00 AM	32.5	53	40.5	40.5	42.5	40	40.875	44	56	46	46	46.5	49	46.875
11:20:00 AM	33	53	41	41	43	40	41.25	45.5	56.5	47	47	48	49.5	47.875
11:30:00 AM	33	53	42	42	44	41	42.25	46	57	48	48	49	50	48.75
11:40:00 AM	33	53	42	42	44	41	42.25	45	57	48	48	49	50	48.75
11:50:00 AM	33	52	42.5	42	44.5	41	42.5	46	57	48	48	49	50.5	48.875
12:00:00 PM	33.5	52.5	42.5	42	44.5	41.5	42.625	46	56.5	48	48	49	51	49
12:10:00 PM	33.5	53.5	42.5	42.5	44.5	41.5	42.75	46	57	48	48	49.5	51	49.125
12:20:00 PM	33.5	53.5	43	43	45	42	43.25	46	57	48.5	49	50	51	49.625
12:30:00 PM	34	53	43	43	45	42	43.25	46	57	48.5	48.5	49.5	51	49.375
12:40:00 PM	33.5	53.5	42.5	43	45	42	43.125	46	56.5	48.5	48.5	50	51	49.5
12:50:00 PM	33	52	43	43	45	42	43.25	46.5	56.5	48.5	48.5	50	51	49.5

ผศ. 4

ตารางบันทึกผลการทดสอบ (ต่อ)

วันที่บันทึกผล 22-12-55

เวลา	Opened-loop							Closed-loop						
	Solar collector		Solar chamber					Solar collector		Solar chamber				
	T1 (°C)	T2 (°C)					T3 (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)					T3 (°C)
1:00:00 PM	33.5	52.5	43	43	45	42	43.25	45.5	56	48.5	48.5	50	51	49.5
1:10:00 PM	33.5	53	43.5	43	45	42	43.375	46	56.5	48.5	49	50	51	49.625
1:20:00 PM	34	53	44	43.5	45.5	42.5	43.875	47	56.5	49	49	50	52	50
1:30:00 PM	34	53	44	44	46	42.5	44.125	47	56.5	49	49.5	50.5	52	50.25
1:40:00 PM	34.5	54	44.5	44	46	43	44.375	47	56.5	49.5	50	51	52	50.625
1:50:00 PM	34	54	45	44	47	43.5	44.875	47.5	56.5	50	50	51	53	51
2:00:00 PM	33.5	55	45	45	47	44	45.25	47	57	50	50.5	52	53	51.375
2:10:00 PM	33.5	54	45	45	47	44	45.25	46.5	56	50	50	52	53	51.25
2:20:00 PM	34.5	53	45.5	45	47	44	45.375	46	55.5	50	50	52	53	51.25
2:30:00 PM	34	54	45	45	47	44	45.25	46	55	50	50	51.5	52.5	51
2:40:00 PM	35	53	45.5	45	47	44	45.375	46	55.5	50	50	50.5	52.5	50.75
2:50:00 PM	34	52	45.5	45	47.5	44	45.5	45.5	54.5	50	50	52	52	51
3:00:00 PM	33.5	53	45.5	45	47.5	44	45.5	45	54	50	50	51.5	52	50.875
3:10:00 PM	33.5	52	45.5	45	47	44	45.375	45	54	49.5	50	51	52	50.625
3:20:00 PM	34	52	45.5	45	47	44	45.375	45	53	49	49.5	51	51	50.125
3:30:00 PM	34	51	45	45	47	44	45.25	44	52	49	49	51	51	50
3:40:00 PM	35	50	45	45	47	43.5	45.125	44	51	48.5	49	50.5	51	49.75
3:50:00 PM	34	50.5	45	44	46	43	44.5	43	51	48	48.5	50	50.5	49.25
4:00:00 PM	33	50	44.5	44	46	43	44.375	43	50	48	48	50	50	49

หมายเหตุ

.....

.....

.....

๕๒๕

ตารางบันทึกผลการทดสอบ

วันที่บันทึกผล 23-12-55

เวลา	Opened-loop							Closed-loop						
	Solar collector		Solar chamber					Solar collector		Solar chamber				
	T1 (°C)	T2 (°C)				T3 (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)					T3 (°C)	
8:50:00 AM	30	32.5	29	29	31	31	30	34	36	33	33	34	34	33.5
9:00:00 AM	29	35	32	32.5	31	30.5	31.5	36	39.5	34.5	35	35.5	36	35.25
9:10:00 AM	29.5	37	33.5	34	32	31.5	32.75	37.5	41.5	36	37	37	37	36.75
9:20:00 AM	30	39	35	35	33.5	33	34.125	38.5	43.5	37.5	38	38	38.5	38
9:30:00 AM	31	40.5	36	36	34.5	34	35.125	39	45	38.5	39	39	40	39.125
9:40:00 AM	30.5	41	36.5	37	35	34.5	35.75	39	45	39.5	40	40	40.5	40
9:50:00 AM	31	41.5	37	37	36	35	36.25	39	46	40	40.5	40.5	41	40.5
10:00:00 AM	30.5	43	38	38	36	36	37	40	47.5	40.5	41	41	42	41.125
10:10:00 AM	30.5	43	38.5	38.5	37	36.5	37.625	40	47	41	41.5	41.5	42	41.5
10:20:00 AM	31	44	39	39	37.5	37	38.125	41	49	42	42	42	43	42.25
10:30:00 AM	31	45	39.5	39.5	38	37	38.5	41	50	42	43	43	43	42.75
10:40:00 AM	31.5	45.5	40	40	38	37.5	38.875	41.5	51	43	43	43	44	43.25
10:50:00 AM	31.5	45.5	40	40	38	39	39.25	42	51	43	43.5	43.5	44	43.5
11:00:00 AM	32	47	40.5	39.5	38	39	39.25	42.5	53	44	44	44	45	44.25
11:10:00 AM	31.5	48	41	39.5	39.5	38	39.5	43	53	44.5	45	45	45.5	45
11:20:00 AM	32.5	47	41	39	39.5	38	39.375	43	53	44.5	45	45	45.5	45
11:30:00 AM	32	47	41	40	39.5	38.5	39.75	43	53	45	45	45	46	45.25
11:40:00 AM	31.5	46.5	41	41.5	39.5	38	40	42	51	44.5	45	45	45.5	45
11:50:00 AM	32	47	40.5	40	39	38	39.375	41.5	48.5	44	44	44	45	44.25
12:00:00 PM	31.5	46	40	40	39	38	39.25	41.5	48	43.5	43.5	44	44.5	43.875
12:10:00 PM	32.5	42.5	40	40	38.5	38	39.125	41	46	43	43	43	44	43.25
12:20:00 PM	32.5	42	39.5	39.5	38	37.5	38.625	40.5	46	42	42.5	43	43.5	42.75
12:30:00 PM	33	45	40	40	38.5	38	39.125	42.5	50	42.5	43	43	44	43.125
12:40:00 PM	33	47	41	40.5	39	38.5	39.75	43.5	52	44	44	44	45	44.25
12:50:00 PM	33	48	41.5	40.5	40	39	40.25	44.5	53.5	45	45	45.5	46	45.375

๙๓.๖

ตารางบันทึกผลการทดสอบ (ต่อ)

วันที่บันทึกผล 23-12-55

เวลา	Opened-loop							Closed-loop						
	Solar collector		Solar chamber					Solar collector		Solar chamber				
	T1 (°C)	T2 (°C)				T3 (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)					T3 (°C)	
1:00:00 PM	32.5	48	42	40.5	40	39	40.375	43.5	52.5	45	45.5	45.5	46	45.5
1:10:00 PM	33	47	42	40.5	40.5	39	40.5	43	51.5	45	45	45	46	45.25
1:20:00 PM	33	50.5	42	41	40.5	39	40.625	45	55	45.5	46	46	47	46.125
1:30:00 PM	32.5	49.5	42.5	41.5	41.5	40	41.375	44	53	46	46	46.5	47	46.375
1:40:00 PM	32.5	46	42	41.5	40.5	39.5	40.875	41	48	44.5	45.5	45.5	46.5	45.5
1:50:00 PM	33	45.5	42	41.5	40	39	40.625	41.5	48.5	43.5	44.5	45	46	44.75
2:00:00 PM	33.5	45.5	42	42	40	39.5	40.875	42	48.5	43.5	44.5	44.5	46	44.625
2:10:00 PM	33.5	44.5	42	42	40.5	39.5	41	41.5	48	44	43	45.5	44	44.125
2:20:00 PM	33.5	46	42	42	40.5	39.5	41	42	44.5	43	44	44	45	44
2:30:00 PM	33.5	46.5	42.5	42.5	41	40	41.5	42	50	44	44.5	45	46	44.875
2:40:00 PM	33.5	47	43	43	41.5	40.5	42	43	51	44	44.5	45	46	44.875
2:50:00 PM	33	48	43.5	43.5	42	41	42.5	43	52	44	45	45.5	46.5	45.25
3:00:00 PM	34	48.5	44	44	42.5	42.5	43.25	43	52.5	44.5	45.5	46	47	45.75
3:10:00 PM	33.5	49.5	44.5	43.5	43	42	43.25	43	53.5	45	46	47	48	46.5
3:20:00 PM	34	50.5	45	44	43.5	42	43.625	43.5	53.5	45.5	46.5	47	47.5	46.625
3:30:00 PM	33.5	48.5	44.5	44.5	43	42	43.5	42	51	45.5	46.5	47.5	48.5	47
3:40:00 PM	33	47.5	44.5	44	43	41.5	43.25	41.5	50.5	45	46	47	48	46.5
3:50:00 PM	33	46.5	44	44	43	41.5	43.125	42	49	45	46	46	47.5	46.125
4:00:00 PM	33	46	44	43.5	42.5	41	42.75	42	49	44.5	45	46	47	45.625

หมายเหตุ

.....

.....

.....

ผศ. 7

ตารางบันทึกผลการทดสอบ

วันที่บันทึกผล 24-12-55

เวลา	Opened-loop							Closed-loop						
	Solar collector		Solar chamber					Solar collector		Solar chamber				
	T1 (°C)	T2 (°C)					T3 (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)					T3 (°C)
8:50:00 AM	24.5	32.5	25.5	26	27	28	26.625	32	35.5	31.5	31.5	29.5	30	30.625
9:00:00 AM	24	35.5	28	30	28.5	29	28.875	34.5	38.5	31.5	31.5	33.5	34	32.625
9:10:00 AM	24	37.5	29.5	31.5	30	30.5	30.375	35.5	41	35	35	33	33	34
9:20:00 AM	24	39	31	33	31.5	31.5	31.75	36	42.5	36	36	34	34	35
9:30:00 AM	24.5	40.5	32.5	34.5	33	33	33.25	35.5	43.5	35	36	37	37	36.25
9:40:00 AM	24.5	41.5	33.5	35	34	34	34.125	36	45	36	36.5	38.5	39	37.5
9:50:00 AM	24.5	42	34.5	34	34	34	34.125	36.5	46	37	37.5	39	40	38.375
10:00:00 AM	24.5	42	34.5	34	34	35	34.375	36.5	46	37.5	38	40	40	38.875
10:10:00 AM	26	44	35	35	35	35.5	35.125	38	47.5	38.5	39	41	41	39.875
10:20:00 AM	26	45.5	36	35.5	35	35.5	35.5	38	48	39	40	42	42	40.75
10:30:00 AM	26	47.5	36	36	36.5	37	36.375	39	49	40	41	42	43	41.5
10:40:00 AM	26.5	48	37	37	37	37.5	37.125	39	50	40.5	41.5	43	43.5	42.125
10:50:00 AM	26.5	48	37	38	37.5	37.5	37.5	39	50	39	42	43.5	44	42.125
11:00:00 AM	26.5	49.5	38	38	38	38.5	38.125	39	50.5	41.5	42	44	44	42.875
11:10:00 AM	26	49	39	38	38	38.5	38.375	39	50.5	42	42	44	44	43
11:20:00 AM	26.5	49	39	38.5	38.5	38.5	38.625	38	49.5	41.5	42	44	44	42.875
11:30:00 AM	29	48.5	39	39	38.5	38	38.625	40.5	50.5	42	42	44	44.5	43.125
11:40:00 AM	27	51.5	39	39	38.5	38.5	38.75	41	51	42	43	45	45	43.75
11:50:00 AM	27.5	49	39	39	39	39.5	39.125	39.5	50	42.5	43	45	45	43.875
12:00:00 PM	27	49	39	39	38.5	38.5	38.75	40	50	42.5	43	45	45	43.875
12:10:00 PM	27	49	39	39	38.5	38.5	38.75	40	50	42.5	43	45	45	43.875
12:20:00 PM	27.5	49.5	39	39	39	38.5	38.875	41.5	50	43	43	45	45	44
12:30:00 PM	28	50	39	39	39.5	30	36.875	41	50.5	43	43	45	45.5	44.125
12:40:00 PM	27.5	49.5	39	39	39	39	39	41	50	43	43.5	45.5	45.5	44.375
12:50:00 PM	29	50	39	39	39.5	39.5	39.25	41.5	50.5	43	43.5	45.5	45.5	44.375

8.๒๓

ตารางบันทึกผลการทดสอบ (ต่อ)

วันที่บันทึกผล 24-12-55

เวลา	Opened-loop							Closed-loop						
	Solar collector		Solar chamber					Solar collector		Solar chamber				
	T1 (°C)	T2 (°C)				T3 (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)					T3 (°C)	
1:00:00 PM	28.5	49	39	39	39	39.5	39.125	41.5	50.5	43	43.5	45.5	45.5	44.375
1:10:00 PM	28	49.5	39.5	39.5	39.5	40	39.625	42.5	50.5	43	44	46	46	44.75
1:20:00 PM	29.5	50	40	40	40.5	40.5	40.25	42.5	51.5	44	44	46	46	45
1:30:00 PM	29	49.5	40	40.5	41	41	40.625	42	50.5	43.5	44	46	46	44.875
1:40:00 PM	29.5	48.5	40	40	40	40.5	40.125	41	49	43.5	44	46	46	44.875
1:50:00 PM	28.5	50	40	40.5	40.5	41	40.5	41.5	50.5	44	44	46	46	45
2:00:00 PM	29	50	40.5	40.5	41	41	40.75	41	50	44	44.5	46	46.5	45.25
2:10:00 PM	28.5	48.5	40.5	41	41	41	40.875	40	50	44	45	46	46	45.25
2:20:00 PM	28.5	47	40.5	40.5	41	41	40.75	39.5	49	44	44	46	46	45
2:30:00 PM	28.5	47.5	40.5	40.5	41	41	40.75	41	48.5	46	45.5	45	43.5	45
2:40:00 PM	28	45	40	40	40.5	40.5	40.25	39	47	43	44	45	46	44.5
2:50:00 PM	28	44	39.5	39.5	40	40	39.75	39	46.5	42.5	43	45	45	43.875
3:00:00 PM	29	42.5	38.5	39	39	39	38.875	39	45	44.5	44	42.5	42	43.25
3:10:00 PM	29	43.5	38.5	39	39	39	38.875	39	45	44	43.5	42	41.5	42.75
3:20:00 PM	29	43	38	38.5	39	39	38.625	38.4	45	41	42	43	44	42.5
3:30:00 PM	29	44	38.5	38.5	39	39	38.75	39	45	41	42	43	44	42.5
3:40:00 PM	30	44.5	39	39	39	39	39	39.5	45.5	41	42	43.5	44	42.625
3:50:00 PM	29.5	42	38.5	39	39	39	38.875	38	44	41.5	42	43.5	44.5	42.875
4:00:00 PM	28.5	40	37.5	36	38	38	37.375	38	42	41	41	42	43	41.75

หมายเหตุ

.....

.....

.....

๗๓.๑

ตารางบันทึกผลการทดสอบ

วันที่บันทึกผล 27-12-55

เวลา	Opened-loop							Closed-loop						
	Solar collector		Solar chamber					Solar collector		Solar chamber				
	T1 (°C)	T2 (°C)					T3 (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)					T3 (°C)
8:50:00 AM	28	30	26	27	27	28	27	33	33	30	31	31.5	32	31.125
9:00:00 AM	28.5	35.5	28	29	29	30	29	35	34.5	31	31	32	32	31.5
9:10:00 AM	28.5	38.5	30	31	31	32	31	36.5	37.5	32	33	34	32.5	32.875
9:20:00 AM	28.5	40	32	32.5	33	34	32.875	37.5	39.5	33	34	34.5	35.5	34.25
9:30:00 AM	28.5	42	33.5	33	36	34	34.125	39.5	42	35	36	36	37	36
9:40:00 AM	28.5	43	35	36	37	38	36.5	35	43.5	36	37	37.5	39	37.375
9:50:00 AM	29	44	36	37	38	38	37.25	40	48	37	37.5	38.5	40	38.25
10:00:00 AM	29	45	36.5	37	37	37	36.875	41	47	38	39	40	41	39.5
10:10:00 AM	30.5	46	37	38	38.5	39.5	38.25	41	48.5	39	39.5	40.5	41.5	40.125
10:20:00 AM	30.5	47.5	38	39	40	38.5	38.875	42	49.5	40	41	41.5	42.5	41.25
10:30:00 AM	31	49	38	38.5	38.5	40.5	38.875	42	50.5	40.5	41	42	43	41.625
10:40:00 AM	30	49	38	39	38.5	41	39.125	42.5	51.5	41	42	42.5	43.5	42.25
10:50:00 AM	30	50	38	39	39	41	39.25	42.5	52	41.5	42	43	44	42.625
11:00:00 AM	30	51	38.5	39.5	39	42	39.75	44	53.5	42	43	43.5	45	43.375
11:10:00 AM	30	52	39	39	40	42	40	44.5	54	42.5	43	44.5	45	43.75
11:20:00 AM	30.5	52	39	40	40	42.5	40.375	44	54.5	43	44	45	45	44.25
11:30:00 AM	30.5	52.5	40	39.5	40.5	42.5	40.625	44	55	43.5	44	45	46	44.625
11:40:00 AM	31.5	53	40.5	40	40	42.5	40.75	44	55	44	44	45	46	44.75
11:50:00 AM	30	53	40	41	41	43	41.25	44	55.5	44	44	45	46	44.75
12:00:00 PM	31	53.5	40	41	43	40.5	41.125	44	55.5	44	44	45.5	46	44.875
12:10:00 PM	31	53	40.5	41	41	43	41.375	44	54	44	45	45	46	45
12:20:00 PM	31	53.5	40.5	41	41	43.5	41.5	44.5	56	44	44.5	46	47	45.375
12:30:00 PM	32	54.5	41.5	40.5	44	41	41.75	44.5	56	44	45	46	47	45.5
12:40:00 PM	32	54.5	41.5	41.5	44	41	42	45	56.5	44.5	45	46	47	45.625
12:50:00 PM	32	54.5	41	42	42	44	42.25	45.5	56.5	45	45	46.5	47	45.875

หน้า 10

ตารางบันทึกผลการทดสอบ (ต่อ)

วันที่บันทึกผล 27-12-55

เวลา	Opened-loop							Closed-loop						
	Solar collector		Solar chamber					Solar collector		Solar chamber				
	T1 (°C)	T2 (°C)					T3 (°C)	T1 (°C)	T2 (°C)					T3 (°C)
1:00:00 PM	32	54.5	42	41.5	44.5	42	42.5	46	57	45	45.5	46.5	47	46
1:10:00 PM	32.5	54	42.5	42	44.5	42	42.75	45	56	45	45.5	47	48	46.375
1:20:00 PM	33	55	43	41.5	45	42.5	43	46	57	47.5	45.5	47	45	46.25
1:30:00 PM	32	54	43	41.5	45	42.5	43	45.5	56	45	46	47	48	46.5
1:40:00 PM	33.5	55.5	45	43	43	42	43.25	45.5	56.5	49	45.5	47	44.5	46.5
1:50:00 PM	33.5	54	45	43	43	42	43.25	44.5	56.5	48	45.5	45.5	47	46.5
2:00:00 PM	32.5	54	43	43	43	45.5	43.625	45	57.5	45.5	46	48.5	49.5	47.375
2:10:00 PM	32	54	43	43	44	46	44	45.5	57	46	46.5	48	49	47.375
2:20:00 PM	33	54.5	42	44	46	43.5	43.875	45.5	56.5	46	46.5	48	49	47.375
2:30:00 PM	33.5	53	44	46	43.5	43.5	44.25	45.5	56	47.5	46.5	48	49	47.75
2:40:00 PM	33.5	54	43	44	46	43.5	44.125	45	56.5	47	46.5	48	49	47.625
2:50:00 PM	33	53.5	43	44	46.5	44	44.375	45.5	56	47	47	48.5	49	47.875
3:00:00 PM	33.5	51.5	44	44	46.5	43.5	44.5	45	55	47	47	48.5	47.5	47.5
3:10:00 PM	33	50	44.5	44.5	44	46	44.75	44	54.5	46.5	47	48.5	49.5	47.875
3:20:00 PM	33	49	43.5	44	44	46	44.375	43	53.5	46.5	47	48	49	47.625
3:30:00 PM	32.5	53	43	44	46	43.5	44.125	42.5	52.5	46	46	48	49	47.25
3:40:00 PM	33	52	43	44	45	43.5	43.875	42	52	46	46	47.5	48	46.875
3:50:00 PM	33	47	43	43	43.5	45	43.625	42.5	51.5	46	46	47	48	46.75
4:00:00 PM	33	45.5	42.5	43	43	45	43.375	41	50	45	46	47	48	46.5

หมายเหตุ

.....

.....

.....

ผด.11