

พัฒนปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่โดยใช้ระบบอีวาโปเรทีฟคูลลิ่ง
(Fan for Chickens House by Evaporative Cooling System)

นายนเรศ	การระเกตุ
นายประดั่ง	เถื่อนทองดี
นายพิสิฏฐ	สงวนตระการกุล

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2544 1A083632

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์	
วันที่รับ.....	ป.ช. 2546 /
เลขทะเบียน.....	4700021
เลขเรียกหนังสือ.....	96266 94
มหาวิทยาลัยนเรศวร 2544	



ใบรับรองโครงการวิศวกรรมเครื่องกล

หัวข้อโครงการ : พัฒลมปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่โดยใช้ระบบฮีวาโปรเททีฟลูตลิ่ง
(Fan for Chickens House by Evaporative Cooling System)

ผู้ดำเนินโครงการ : นายนเรศ การะเกตุ รหัส 41361262
: นายประคัง เลื่อนทองดี รหัส 41361288
: นายพิสิฎฐู สวงวนตระการกุล รหัส 41361304

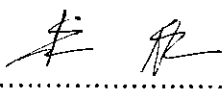
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ : อาจารย์ธรรวิภา พวงเพ็ชร
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม : อาจารย์นินนาท ราชประดิษฐ์

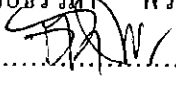
ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

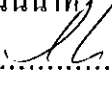
ปีการศึกษา : 2544

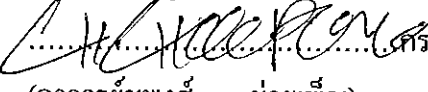
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอัสสุต อนุมัติให้โครงการฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
ศึกษาดูตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการวิศวกรรมเครื่องกล

ประธานกรรมการ
(อาจารย์ธรรวิภา พวงเพ็ชร)

กรรมการ
(อาจารย์นินนาท ราชประดิษฐ์)

กรรมการ
(อาจารย์วิญชัย ไกรทอง)

กรรมการ
(อาจารย์ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ)

หัวข้อโครงการ	: พัฒลมปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่โดยใช้ระบบอีวาโปเรทีฟลูลิ่ง		
ผู้จัดทำโครงการ	: นายนเรศ	การระเกตุ	รหัส 41361262
	: นายประดิ่ง	เดือนทองดี	รหัส 41361288
	: นายพิสิฏฐ	สงวนตระการกุล	รหัส 41361304
อาจารย์ที่ปรึกษา	: อาจารย์ ชรวีภา	พวงเพ็ชร	
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	: อาจารย์ นินนาท	ราชประดิษฐ์	
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล		
ปีการศึกษา	: 2544		

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการออกแบบและสร้างพัฒลมปรับอากาศที่ใช้ในโรงเลี้ยงไก่ โดยอาศัยหลักการระเหยของน้ำหรือที่เรียกว่า อีวาโปเรทีฟลูลิ่ง คือ การนำอากาศจากภายนอกที่มีอุณหภูมิสูงมาผ่านตัวกลางที่ชุ่มน้ำเพื่อลดอุณหภูมิของอากาศก่อนส่งเข้าไปในโรงเลี้ยงไก่ โดยที่อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเลี้ยงไก่อยู่ระหว่าง 27- 30° C และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 60 –80 % พัฒลมปรับอากาศที่สร้างเสร็จสมบูรณ์มีความกว้าง 600 มิลลิเมตร ยาว 800 มิลลิเมตรและสูง 1,700 มิลลิเมตร พัฒลมมีขนาดใบพัด 18 นิ้ว สามารถปรับระดับความเร็วพัฒลมได้ 3 ระดับ

ประสิทธิภาพการระเหยของพัฒลมปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่ ซึ่งจะการทำทดสอบกับตัวแปร 4 ตัวแปร คือ ชนิดตัวกลาง (มูลีและผ้าโซลอน) มุมเอียงของตัวกลาง(90 , 80 , และ 75 องศา กับแนวระดับ) ระยะห่างของตัวกลาง (1.5 และ 3.0 เซนติเมตร) และอัตราการไหลของอากาศ (1,000 , 1,250 และ 1,500 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) จากการทดสอบพัฒลมปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่ที่ทั้งตัวกลางมูลีและตัวกลางผ้าโซลอน พบว่ามีประสิทธิภาพการระเหยของของตัวกลางทั้งสองชนิดมีลักษณะเหมือนกันคือ ให้ประสิทธิภาพการระเหยสูงที่สุดที่มุมเอียงของตัวกลาง 90 องศา และระยะห่างของตัวกลาง 1.5 เซนติเมตร แต่ให้ค่าประสิทธิภาพการระเหยสูงสุดที่อัตราการไหลที่แตกต่างกันคือ ตัวกลางมูลีให้ค่าประสิทธิภาพการระเหยสูงสุดที่อัตราการไหล 1,250 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที และตัวกลางผ้าโซลอนให้ค่าประสิทธิภาพการระเหยสูงสุดที่อัตราการไหล 1,000 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที คือ 0.476 และ 0.498 สำหรับตัวกลางมูลีและตัวกลางผ้าโซลอนตามลำดับ โดยมีอัตราการทำความเย็นการของตัวกลางมูลี และตัวกลางผ้าโซลอน เท่ากับ 10,375 Btu/hr และ 10,256 Btu/hr ตามลำดับ โดยที่ตัวกลางผ้าโซลอนสามารถซึมซับน้ำได้ในปริมาณที่มากกว่าตัวกลางมูลี

Project Title : Fan for Chickens House by Evaporative Cooling System

Name : Mr. Nares Karaket Code 41361262

: Mr. Pradung Thuanthongdee Code 41361288

: Mr. Pisit Sanguantrakarnkul Code 41361304

Project Advisor : Mrs. Tharawipra Puangpet

Co-Advisor : Mr. Ninnart Rachapradit

Department : Mechanical Engineering

Academic : 2001

Abstract

This project aim to design and construct Fan for Chickens House by Evaporative Cooling System, the air outside which has higher temperature pass the media which is soaking wet the water then the temperature is decrease before transfer to chickens house. The temperature to be appropriate is 27-30 °C and the relative humidity to be appropriate is 60-80 %. The complete Fan for Chickens House by Evaporative Cooling System is 600 millimeter wide, 800 millimeter long, and 1,700 millimeter high. The diameter of fan blade is 18 inches and control speed level is 3 level.

The saturation effectiveness of Fan for Chickens House by Evaporative Cooling System is tested with four variable: the media type (chick and soloncloth) , the media angle (90 , 80 and 75 degree horizontally), the media space (1.5 and 3.0 cm.) and the flow rate of air (1,000 , 1,250 and 1,500 cfm). From the test , Fan for Chickens House by Evaporative Cooling System with both of the chick media and the soloncloth media have the highest saturation effectiveness at the same media angle of 90 degree and the same media space of 1.5 cm. but different in the air flow rate :1,250 cfm for the chick media and 1,000 cfm for the soloncloth media. Its value is 0.477 and 0.500 for the chick media and the soloncloth media respectively and cooling rate is 10,516 Btu/hr and 10228 Btu/hr for the chick media and the soloncloth media respectively. The soloncloth to hold water is better than the chick.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่องพัฒนาปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่โดยใช้ระบบฮีวาโปรเทคตลงนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คณะผู้ดำเนินโครงการขอขอบพระคุณอาจารย์ชรรวิภา พวงเพชร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ อาจารย์นินนาท ราชประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม คณะอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ครูช่างทุกคน ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำ และได้ให้ความอนุเคราะห์ในการยืมเครื่องมืออุปกรณ์ สถานที่ทำโครงการนี้ และขอบคุณเพื่อน ๆ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกคน ที่เป็นกำลังใจและให้คำปรึกษา ทำให้โครงการนี้สำเร็จได้ด้วยดี

คณะผู้ดำเนินโครงการ

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงการวิศวกรรมเครื่องกล	ก
บทกัณฑ์ย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ฌ
สารบัญกราฟ	ฉ
ลำดับสัญลักษณ์	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบข่ายของโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินการ	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 งบประมาณที่ต้องใช้	2
1.7 รายละเอียดอุปกรณ์	2
1.8 แผนการดำเนินงาน	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 ไก่เนื้อ	4
2.2 คุณสมบัติของอากาศ	4
2.3 แผนภูมิไซโครเมตริก	6
2.4 กระบวนการปรับอากาศ	8
2.5 กระบวนการทำให้อากาศเย็น โดยการระเหย	10

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนิน โครงการงาน	
3.1 การออกแบบพัฒนาปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่	17
โดยใช้ระบบฮีวาโปรเรทีฟลูลิ่ง	
3.2 การสร้างพัฒนาปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่	19
โดยใช้ระบบฮีวาโปรเรทีฟลูลิ่ง	
บทที่ 4 ขั้นตอนการทดสอบ	24
บทที่ 5 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล	26
บทที่ 6 สรุปผล และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทดสอบ	45
5.2 ข้อเสนอแนะ	46
บรรณานุกรม	47
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณ	48
ภาคผนวก ข แผนภาพไซโครเมตริกชาร์ท	51
ภาคผนวก ค แบบ (Drawing)	53
ภาคผนวก ง กราฟข้อมูลการทดสอบ	75
ภาคผนวก จ ตารางประสิทธิภาพการระเหย	
และความสามารถในการทำความเย็น	112
ภาคผนวก ฉ ตารางข้อมูลการทดสอบ	
ประวัติผู้จัดทำโครงการงาน	117

หมายเหตุ ตารางข้อมูลการทดสอบให้ดูได้ที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สารบัญตาราง

		หน้า
ตาราง 1.1	แผนการดำเนินงาน	3
ตาราง 2.1	ลักษณะเฉพาะของตัวกลางที่ใช้ในเครื่องทำความเย็น โดยการระเหยแบบทางตรง	16
ตาราง 5.1	ประสิทธิภาพของการระเหยเฉลี่ยของแต่ละ รูปแบบทดสอบของตัวกลางมูที	29
ตาราง 5.2	อัตราการทำความเย็นเฉลี่ยของแต่ละ รูปแบบของทดสอบของตัวกลางมูที	31
ตาราง 5.3	ประสิทธิภาพของการระเหยเฉลี่ยของแต่ละ รูปแบบการทดสอบของตัวกลางฝ้าโซลอน	35
ตาราง 5.4	อัตราการทำความเย็นเฉลี่ยของแต่ละ รูปแบบของทดสอบของตัวกลางฝ้าโซลอน	37
ตาราง จ.1	แสดงค่าประสิทธิภาพของการระเหยของแต่ละ รูปแบบการทดสอบของตัวกลางมูที	113
ตาราง จ.2	แสดงค่าประสิทธิภาพของการระเหยของแต่ละ รูปแบบการทดสอบของตัวกลางฝ้าโซลอน	114
ตาราง จ.3	แสดงความสามารถในการทำความเย็นของแต่ละ รูปแบบการทดสอบของตัวกลางมูที	115
ตาราง จ.4	แสดงความสามารถในการทำความเย็นของแต่ละ รูปแบบการทดสอบของตัวกลางฝ้าโซลอน	116

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 ระบบ Evaporative cooling อย่างง่าย	1
รูปที่ 2.1 แผนภูมิไซโครเมตริก	7
รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของแผนภูมิไซโครเมตริก	7
รูปที่ 2.3 กระบวนการทำให้อากาศเย็นหรือร้อน	8
รูปที่ 2.4 กระบวนการทำให้อากาศเย็นและแห้ง	9
รูปที่ 2.5 กระบวนการทำให้อากาศร้อนและชื้น	9
รูปที่ 2.6 กระบวนการทำให้อากาศชื้นและแห้ง	10
รูปที่ 2.7 กระบวนการทำให้อากาศเย็น โดยการระเหย	10
รูปที่ 2.8 สรุปกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการปรับอากาศ	11
รูปที่ 2.9 ชนิดของระบบการทำความเย็น โดยการระเหย	13
รูปที่ 2.10 ตัวกลางแต่ละชนิดที่ใช้ในระบบแบบทางตรง	15
รูปที่ 3.1 โครงข่ายพัดลม	19
รูปที่ 3.2 ถังรองน้ำ	20
รูปที่ 3.3 โครงสร้างตัวเครื่องพัดลม	20
รูปที่ 3.4 ชุดติดตั้งตัวกลาง	21
รูปที่ 3.5 ฐาน	22
รูปที่ 3.6 แสดงพัดลมปรับอากาศสำหรับโรงเลี้ยงไก่	23
รูปที่ ข.1 แผนภูมิไซโครเมตริก	52

สารบัญกราฟ

	หน้า
กราฟ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของตัวกลางมูลี่ ที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm	26
กราฟ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาของตัวกลางมูลี่ ที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm	27
กราฟ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับเวลาของตัวกลางมูลี่ ที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm	28
กราฟ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเฉลี่ยกับอัตราการไหลของอากาศ ของตัวกลางมูลี่ที่มุมและระยะห่างต่างๆ กัน	30
กราฟ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของตัวกลางผ้าไซลอน ที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm	32
กราฟ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับเวลาของตัวกลางผ้าไซลอน ที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm	33
กราฟ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับเวลาของตัวกลางผ้าไซลอน ที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm	34
กราฟ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเฉลี่ยกับอัตราการไหลของอากาศ ของตัวกลางผ้าไซลอนที่มุมและระยะห่างต่างๆ กัน	35
กราฟ 5.9 ประสิทธิภาพการระเหยของตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm	38
กราฟ 5.10 ประสิทธิภาพการระเหยของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm	39
กราฟ 5.11 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระเหยของตัวกลางมูลี่และผ้าไซลอน ที่อุณหภูมิกระเปาะเปียก 25°C และที่อัตราการไหล 1250 cfm เท่ากัน	40
กราฟ 5.12 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวกลางผ้าไซลอน ที่อัตราการไหล 1000 cfm และ 1250 cfm ที่มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm อุณหภูมิกระเปาะเปียก 26.5 °C	41

สารบัญกราฟ (ต่อ)

	หน้า
กราฟ 5.13 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวกลางมูลี่ ที่อัตราการไหล 1000 cfm และ 1250 cfm ที่มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm อุณหภูมิกระเปาะเปียก 26.0 °C	42
กราฟ 5.14 เปรียบเทียบความสามารถในการซึมซับของตัวกลางมูลี่ และผ้าโซลอนที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm ที่อุณหภูมิกระเปาะเปียก 26.5 °C อุณหภูมิกระเปาะแห้งขาเข้า 34.5 °C	43
กราฟ ง.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm	76
กราฟ ง.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 90° ระยะห่าง 3.0 cm	77
กราฟ ง.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 80° ระยะห่าง 1.5 cm	78
กราฟ ง.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 80° ระยะห่าง 3.0 cm	79
กราฟ ง.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 75° ระยะห่าง 1.5 cm	80
กราฟ ง.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 75° ระยะห่าง 3.0 cm	81
กราฟ ง.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm	82
กราฟ ง.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 3.0 cm	83
กราฟ ง.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 80° ระยะห่าง 1.5 cm	84
กราฟ ง.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 80° ระยะห่าง 3.0 cm	85

ลำดับสัญลักษณ์

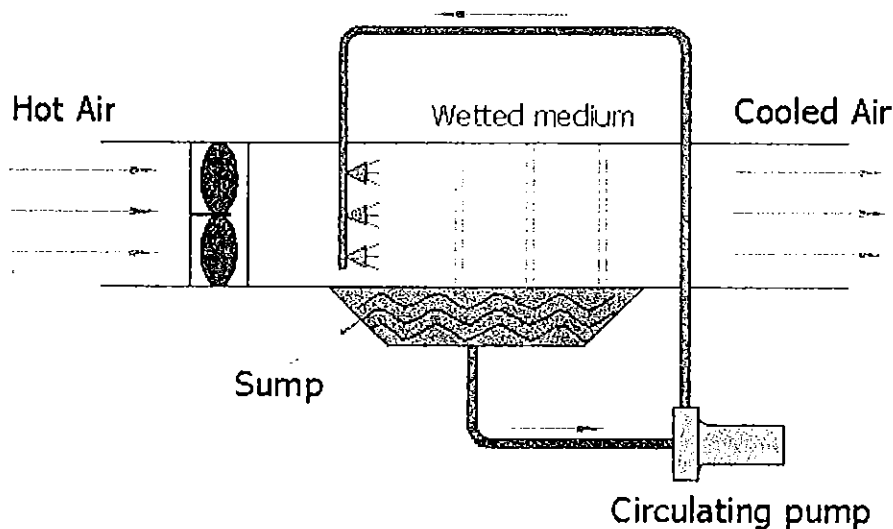
		หน่วย
P_v	ความดันไอ	psia
Q_{eva}	ความสามารถในการทำความเย็น	Btu/hr
T	อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	°F
T_{dp}	อุณหภูมิจุดน้ำค้าง	°F
T_{in}	อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่อง	°F
T_{out}	อุณหภูมิอากาศออกจากเครื่อง	°F
T_{wb}	อุณหภูมิกระเปาะเปียก	°F
$T_{wb,in}$	อุณหภูมิกระเปาะเปียกอากาศก่อนเข้าเครื่อง	°F
W	ความชื้นจำเพาะ	lbw/lba
cfm	อัตราการไหลของอากาศ	ft ³ /min
m_a	มวลของอากาศแห้ง	lba/hr
m_v	มวลของไอน้ำในอากาศ	lbw/hr
ϕ	ความชื้นสัมพัทธ์	-
μ	เปอร์เซ็นต์อิ่มตัวหรืออัตราส่วนอิ่มตัว	-
ϵ_{avg}	ประสิทธิภาพการระเหยเฉลี่ย	-
ϵ_{sat}	ประสิทธิภาพการระเหย	-

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

เนื่องจากโรงเลี้ยงไก่ในปัจจุบัน จะมีปัญหาที่พบคืออุณหภูมิของอากาศในโรงเลี้ยงไก่จะมีอุณหภูมิสูงซึ่งเกิดจากการถ่ายเทความร้อนจากตัวไก่ ความร้อนจากหลอดไฟ และความร้อนจากแสงสว่างภายนอก ซึ่งผลจากการที่โรงเรือนเลี้ยงไก่มีอุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้สถานะของอากาศไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของไก่ ทำให้ไก่มีการเจริญเติบโตที่ช้า ดังนั้น โครงการนี้จึงทำการศึกษาการนำอากาศจากภายนอกที่มีอุณหภูมิสูงมาผ่านตัวกลางที่มีความชื้นซึ่งเกิดจากการสเปรย์น้ำ เพื่อให้ให้อากาศมีอุณหภูมิลดลงก่อนที่จะปล่อยเข้าโรงเลี้ยงไก่



รูปที่ 1.1 ระบบ Evaporative cooling อย่างง่าย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อทำการสร้างพัดลมปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่โดยใช้หลักการ การระเหยตัวของน้ำมาใช้ในการทำความเย็น (Evaporative Cooling)

1.3 ขอบข่ายของโครงการ

ออกแบบและสร้างพัดลมปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่โดยใช้หลักการ ระเหยตัวของน้ำมาใช้ในการทำความเย็น (Evaporative Cooling)

1.4 ขั้นตอนการดำเนินการ

- 1.4.1 ทำการศึกษาระบบปรับอากาศของฟาร์มเลี้ยงไก่
- 1.4.2 ออกแบบเครื่องและวางแผนการทำงาน
- 1.4.3 ทำการสร้างตัวเครื่อง
- 1.4.4 ทำการทดสอบเครื่องและปรับปรุงแก้ไข
- 1.4.5 ทำการทดลองเก็บข้อมูล วิเคราะห์ผลการทดสอบ
- 1.4.6 สรุปและประเมินผล

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ได้อากาศที่มีอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมในการเลี้ยงไก่ ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 27-30 °C และความชื้นอยู่ระหว่าง 60-80% ส่งผ่านไปโรงเรือนเลี้ยงไก่

1.6 งบประมาณที่ต้องใช้

งบประมาณที่ใช้ประมาณ 6000 บาท

1.7 รายละเอียดอุปกรณ์

1. เหล็กฉากแบบที่มีรู
2. เหล็กฉากแบบที่ไม่มีรู
3. เหล็กเส้นแบน
4. ลูกดัดเหล็ก
5. แผ่นฟิวเจอร์บอร์ด
6. มู่ลี่
7. ผ้าโซลอน
8. พัดลม
9. บั๊มน้ำ
10. นี้อตและโบลท์
11. ท่อ PVC
12. หัวฉีด

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 ไก่เนื้อ

ไก่นับเป็นสัตว์เศรษฐกิจที่มีความสำคัญ เนื่องจากต้องนำไปใช้เป็นอาหารที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของมนุษย์ ซึ่งจะนำทั้งเนื้อและไข่มาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นอาหาร นอกจากนี้ยังใช้ขนทำเป็นเครื่องใช้ต่างๆ และมีหลายแห่งที่เลี้ยงไก่ไว้เพื่อความเพลิดเพลินและกีฬา สำหรับการเลี้ยงไก่เนื้อหรือไก่กระตังนั้นนิยมเลี้ยงกันมาตั้งแต่ พ.ศ. 2516 และปัจจุบันในประเทศไทยมีการเลี้ยงไก่เนื้อกันโดยทั่วไป มีทั้งเลี้ยงเป็นฟาร์มใหญ่เพื่อเป็นรายได้หลัก และเลี้ยงเล็กๆ น้อยๆ ภายในครอบครัวเพื่อเป็นอาชีพเสริม

ความชื้นและอุณหภูมิภายในโรงเรือน

ความชื้นนับเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดอีกประการหนึ่งในการเลี้ยงไก่ในประเทศร้อนขึ้นอย่างประเทศไทย ซึ่งมีความชื้นภายในอากาศค่อนข้างสูงตลอดทั้งปี เนื่องจากไก่เป็นสัตว์ที่ไม่มีต่อมเหงื่อตามผิวหนัง การระบายความร้อนของร่างกายทางผิวหนังจึงมีน้อยมาก การระบายความร้อนของร่างกายส่วนใหญ่ทำได้ด้วยการคายความชื้นออกจากปอดและอุจจาระผ่านทางปาก โดยการแสดงอาการหอบหรือหายใจถี่ขึ้น ไก่จะเริ่มคายความชื้นออกจากร่างกายอย่างช้าๆ ที่อุณหภูมิระหว่าง 24-27 องศาเซลเซียส และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเพื่อรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้อยู่ในระดับปกติระดับความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมสำหรับไก่คือ อยู่ระหว่าง 50-80 เปอร์เซ็นต์ หรือโดยเฉลี่ยประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ถ้าความชื้นสูงหรือต่ำเกินไปจะก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพไก่ ถ้าอากาศร้อนและมีความชื้นสูงจะทำให้การระบายความร้อนออกจากตัวไก่ทำได้ลำบาก ดังนั้น หน่วยงานนี้จึงทำการศึกษาการลดอุณหภูมิในโรงเรือนเลี้ยงไก่โดยใช้การระเหยของน้ำเพื่อทำให้อากาศมีอุณหภูมิลดลงก่อนที่จะปล่อยเข้าสู่โรงเลี้ยงไก่ เพื่อให้สภาพอากาศในโรงเรือนเลี้ยงไก่มีอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของไก่

2.2 คุณสมบัติของอากาศ

อากาศเป็นส่วนผสมทางกลของก๊าซและไอน้ำ อากาศแห้ง(อากาศที่ไม่มีไอน้ำ) ส่วนใหญ่ประกอบด้วยไนโตรเจน(ประมาณ 78 %โดยปริมาตร) และออกซิเจน(ประมาณ 21%) ส่วนที่เหลืออีก 1% ประกอบด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซอื่นๆ เช่น ก๊าซไฮโดรเจน ฮีเลียม นีออน และอาร์กอน ส่วนประกอบของอากาศต่างๆ ไปตามนี้บางกรณีจำนวนไอน้ำในอากาศ จะเปลี่ยนแปลง

อย่างมากกับสถานที่และสภาวะอากาศ โดยปกติจะมีปริมาณอยู่ 1 % ถึง 3% โดยมวล เพราะว่าไอน้ำในอากาศเป็นผลขึ้นแรกจากการระเหยกลายเป็นไอของน้ำความชื้นของบรรยากาศ (จำนวนไอน้ำในอากาศ) จะมีมากน้อยก็ขึ้นอยู่กับสถานที่ถ้าใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติในบรรยากาศก็จะมีปริมาณมากกว่าที่อยู่ไกลแหล่งน้ำ

อากาศปกติหรืออากาศที่อยู่รอบๆตัวเรามักจะมีไอน้ำปนอยู่ด้วยเสมอ ซึ่งรวมเรียกว่าอากาศชื้น นิยามอากาศชื้น คือ ของผสมระหว่างอากาศแห้งและไอน้ำ โดยไอน้ำอาจมีปริมาณได้ตั้งแต่ศูนย์ถึงสภาวะอิ่มตัว ฉะนั้นนี้อาจกล่าวได้ว่า

$$\text{อากาศชื้น} = \text{อากาศแห้ง} + \text{ไอน้ำ}$$

ในการศึกษากระบวนการต่างๆ ในการปรับอากาศจำเป็นต้องรู้จักคุณสมบัติของอากาศชื้นและคำศัพท์จำเพาะดังนี้

ความดันไอ (P_v ; psia) คือความดันเฉพาะส่วน (Partial Pressure) ของโมเลกุลไอน้ำที่อยู่ในอากาศ

ความชื้นสมบูรณ์ (Absolute Humidity ; lbw/ft³) คือมวลของไอน้ำต่อปริมาตรของอากาศที่สภาวะนั้น ความชื้นสมบูรณ์หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความหนาแน่นไอ

อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio, W) คืออัตราส่วนของมวลของไอน้ำ (m_v) ต่อมวลของอากาศแห้ง (m_a) ภายใต้อุณหภูมิขณะนั้นของอากาศ

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity , RH , ϕ) หมายถึง อัตราส่วนความดันไอน้ำในอากาศที่มีอยู่ในอากาศชื้นกับความดันอิ่มตัวของไอน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน

องศาอิ่มตัว หรือเปอร์เซ็นต์อิ่มตัว หรืออัตราส่วนอิ่มตัว (μ) คืออัตราส่วนความชื้นของอากาศต่ออัตราส่วนความชื้นของอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน

อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature) ภายใต้ความดันคงที่หนึ่งๆ ของอากาศชื้น (P_v คงที่) เมื่ออากาศถูกทำให้เย็นลงอุณหภูมิของอากาศชื้นจะลดลงจนถึงจุดหนึ่งซึ่งอากาศชื้นนั้นเริ่มควบแน่นพอดี อุณหภูมิของอากาศชื้นจุดนี้เรียกว่า “อุณหภูมิจุดน้ำค้าง” (dew-point temperature), T_{dp}

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T ; °F) คือ อุณหภูมิของอากาศชื้นซึ่งชี้บอกระยะไมมิเตอร์ชนิดธรรมดา

อุณหภูมิกระเปาะเปียก (T_{wb} ; °F) อาจแบ่งอุณหภูมิกระเปาะเปียกออกได้เป็น 2 ชนิด

1. อุณหภูมิกระเปาะเปียกไซโครเมตริก คืออุณหภูมิอากาศชื้นที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ซึ่งกระเปาะถูกหุ้มด้วยสำลีเปียก ปกติจะเรียกอุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิกระเปาะเปียกไซโครเมตริกนี้ว่า *ไซโครเมตร*

2. อุณหภูมิกระเปาะเปียกทางเทอร์โมไดนามิกส์ หรืออาจเรียกสั้นๆว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก คือ อุณหภูมิที่น้ำระเหยเข้าไปในอากาศและทำให้อากาศอื่นตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน

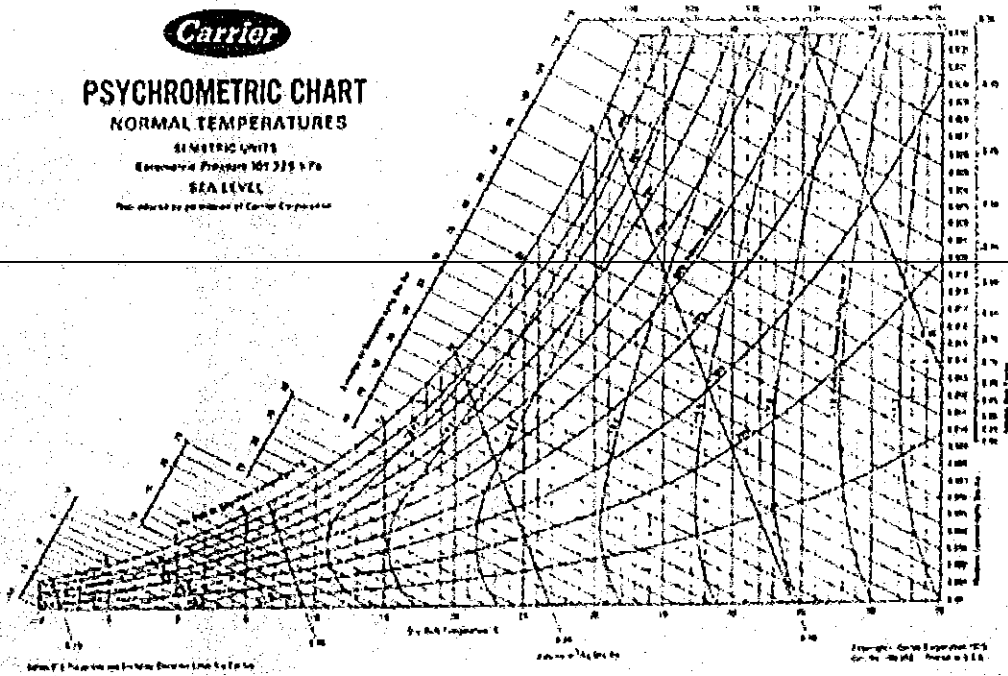
2.3 แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Charts)

แผนภูมิไซโครเมตริกเป็นกราฟซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติต่างๆ ของอากาศชื้นที่สภาวะต่างๆ กัน เช่น อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_{db}) อุณหภูมิกระเปาะเปียก (T_{wb}) อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (T_{dp}) ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) เป็นต้น ซึ่งแสดงไว้ใน รูปที่ 2.1 ไซโครเมตริกชาร์ทสร้างขึ้นมาเพื่อความสะดวกในการคำนวณและการแสดงกระบวนการในการปรับอากาศจึงได้นำเอาคุณสมบัติต่างๆ ของอากาศมาพล็อตเป็นชาร์ทที่ความดันคงที่ความดันหนึ่งซึ่งค่าที่กำหนดในแผนภูมิเป็นค่าที่ได้จากอากาศมาตรฐานที่ความกดดันของบรรยากาศ

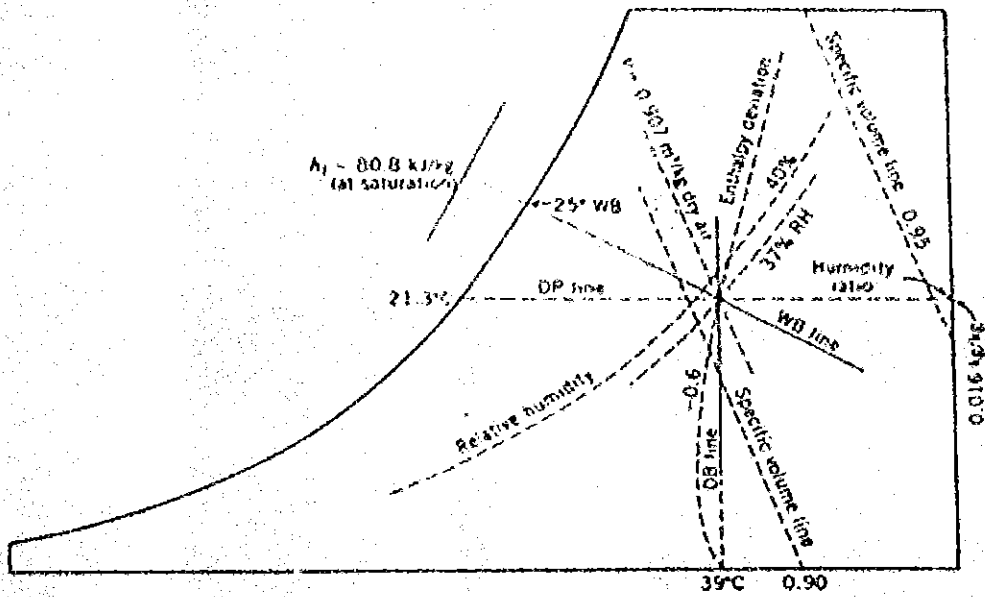
ตาราง รูปที่ 2.2 เป็นการแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างต่างๆ ไปของแผนภูมิไซโครเมตริก และคุณสมบัติพื้นฐานบางประการของอากาศ

1. เส้นในแนวตั้งของแผนภูมิเป็นเส้นอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_{db}) คงที่
2. เส้นในแนวราบเป็นเส้นอุณหภูมิจุดน้ำค้าง (T_{dp}) คงที่ และอัตราส่วนความชื้นของมวลน้ำต่อมวลอากาศแห้ง
3. เส้นที่ลากทแยงมุม เป็นเส้นอุณหภูมิกระเปาะเปียก (T_{wb}) คงที่
4. เส้นที่ลากในแนวตั้งแต่เฉียงมาทางด้านซ้ายเป็นเส้นปริมาตรจำเพาะคงที่
5. เส้น โค้งที่ลากจากด้านล่างซ้ายมือ ไปยังด้านขวามือบนแผนภูมิเป็นเส้นความชื้นสัมพัทธ์ (RH) และ เส้น โค้งทางด้านซ้ายมือสุดของแผนภูมิเป็นเส้น 100 % RH ซึ่งเส้นที่สภาวะอากาศอิ่มตัว
6. เส้น โค้งหักเห (Deviation curve) เป็นเส้นของเอนทัลปีที่เกิดไปจาก เอนทัลปีจำเพาะใช้ในการช่วยปรับแก้ค่าเอนทัลปีที่อ่านได้จาก ไซโครเมตริกชาร์ทให้มีความถูกต้อง

Carrier
PSYCHROMETRIC CHART
 NORMAL TEMPERATURES
 SI METRIC UNITS
 Barometric Pressure 101 325 Pa
 SEA LEVEL
 Provided by permission of Carrier Corporation



รูปที่ 2.1 แผนภูมิไซโครเมตริก
 (ที่มา หนังสือการทำความเย็น , อัครเดช สิ้นธุภัก)



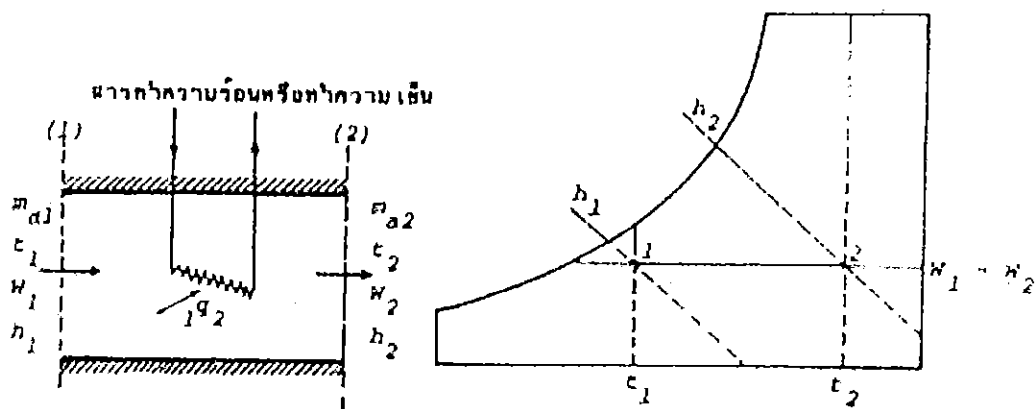
รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของแผนภูมิไซโครเมตริก
 (ที่มา หนังสือการทำความเย็น , อัครเดช สิ้นธุภัก)

2.4 กระบวนการปรับอากาศ

อุปกรณ์ปรับอากาศมีหน้าที่เปลี่ยนภาวะอากาศให้มีภาวะเหมาะสมตามต้องการ เรียกรการเปลี่ยนภาวะอากาศว่ากระบวนการปรับอากาศ ถ้าเขียนกระบวนการปรับอากาศลงในไซโครเมตริกชาร์ทจะช่วยให้สามารถเลือกอุปกรณ์และวิเคราะห์ปัญหาการปรับอากาศได้ง่ายขึ้น ปกติจะแทนกระบวนการปรับอากาศด้วยเส้นตรงจากจุดเริ่มต้น ไปยังจุดสุดท้ายของกระบวนการและอากาศจะเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติตามเส้นตรงนี้เสมอ ซึ่งกระบวนการปรับอากาศแบ่งออกเป็น

2.4.1 กระบวนการทำให้อากาศเย็นหรือร้อน

กระบวนการทำให้อากาศเย็นหรือร้อนคือ กระบวนการดึงหรือเพิ่มความร้อนสัมผัสให้กับอากาศ ทำให้อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศเปลี่ยนโดยอัตราส่วนความชื้นคงที่ ฉะนั้นจึงแทนด้วยเส้นอัตราส่วนความชื้นคงที่ กระบวนการ 1-2 ใน รูปที่ 2.3 คือกระบวนการทำให้อากาศร้อน กระบวนการ 2-1 คือกระบวนการทำให้อากาศเย็นโดยที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศเพิ่มและลดตามลำดับ

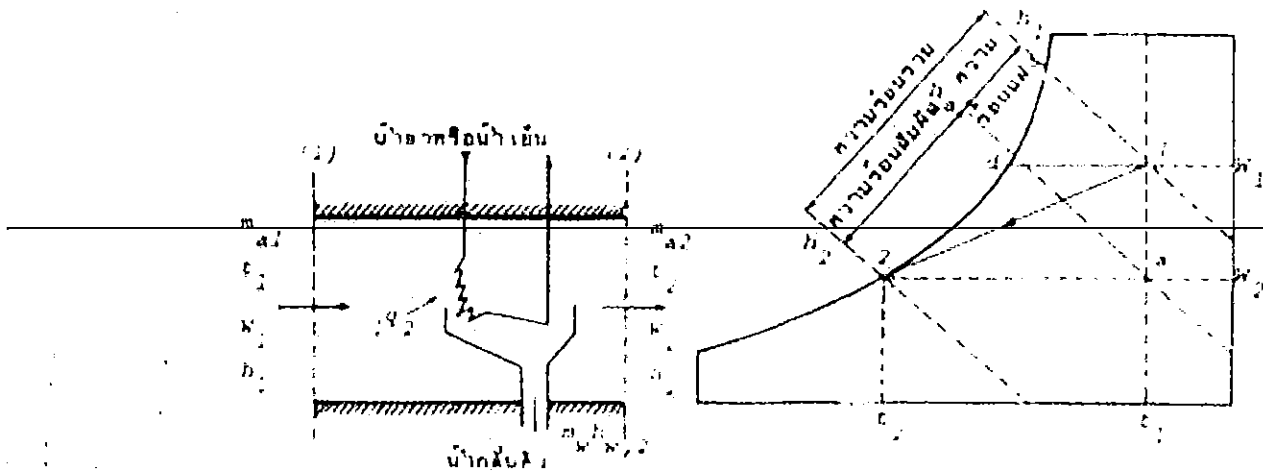


รูปที่ 2.3 กระบวนการทำให้อากาศเย็นหรือร้อน

(ที่มา หนังสือการปรับอากาศและระบบ , สุรพล พฤกษ์พานิช)

2.4.2 กระบวนการทำให้อากาศเย็นและแห้ง

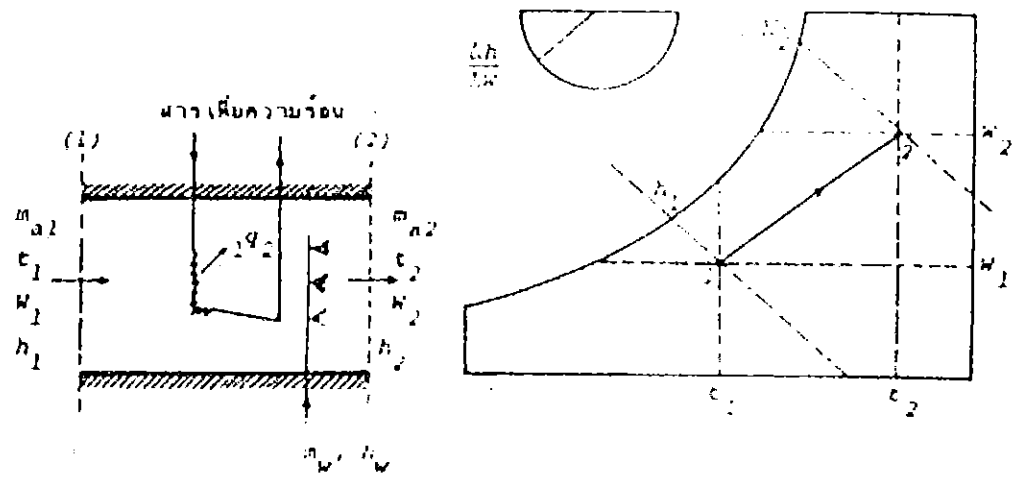
กระบวนการทำให้อากาศเย็นและแห้งเป็นกระบวนการที่ทำทั้งความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงเปลี่ยนแปลงซึ่งมีผลให้ค่าความชื้นในกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงด้วยซึ่งแทนด้วยกระบวนการ 1-2 รูปที่ 2.4 (กระบวนการดูดมอคติ) โดยความร้อนสัมผัสเปลี่ยนแปลงเท่ากับ $h_x - h_2$ (มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ) และความร้อนแฝงเปลี่ยนแปลงเท่ากับ $h_1 - h_x$ (มีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนความชื้น) กระบวนการนี้เป็นกระบวนการปรับอากาศที่พบได้บ่อยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศไทย



รูปที่ 2.4 กระบวนการทำให้อากาศเย็นและแห้ง
(ที่มา หนังสือการปรับอากาศและระบบ , สุรพล พฤกษ์พานิช)

2.4.3 กระบวนการทำให้อากาศร้อนและชื้น

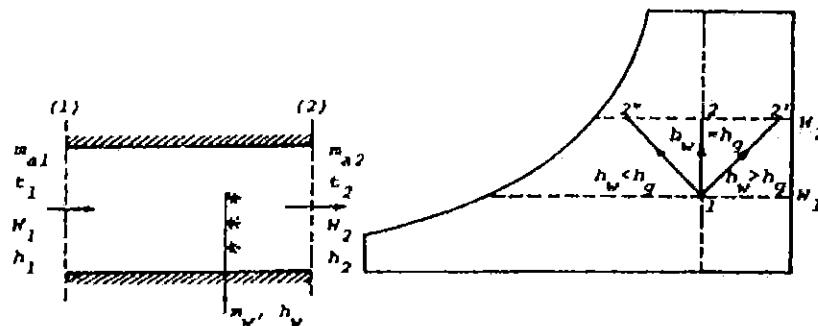
กระบวนการทำให้อากาศร้อนและชื้นแทนด้วยกระบวนการ 1-2 ใน รูปที่ 2.5 กระบวนการนี้ทำให้ทั้งความร้อนแฝงและความร้อนสัมผัสเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.5 กระบวนการทำให้อากาศร้อนและชื้น
(ที่มา หนังสือการปรับอากาศและระบบ , สุรพล พฤกษ์พานิช)

2.4.4 กระบวนการทำให้อากาศชื้นหรือแห้ง

เรียกกระบวนการเพิ่มไอน้ำให้กับอากาศว่า กระบวนการทำให้อากาศชื้น และเรียกกระบวนการดึงไอน้ำออกจากอากาศว่า กระบวนการทำให้อากาศแห้ง รูปที่ 2.6 แสดงกระบวนการทำให้อากาศชื้น 1-2 และกระบวนการทำให้อากาศแห้ง 2-1 ตามลำดับ กระบวนการทำให้อากาศชื้นจะทำให้อัตราส่วนความชื้นและเอนทัลปีเพิ่มขึ้น โดยอุณหภูมิกระเปาะแห้งคงที่

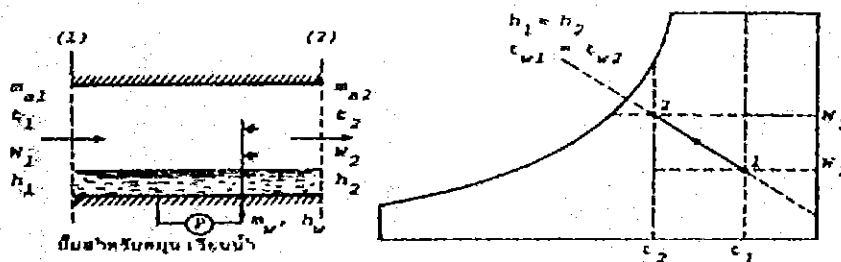


รูปที่ 2.6 กระบวนการทำให้อากาศชื้นหรือแห้ง

(ที่มา หนังสือการปรับอากาศและระบบ , สุรพล พฤษพานิช)

2.4.5 กระบวนการทำให้อากาศเย็นโดยการระเหย

กระบวนการทำให้อากาศเย็นโดยการระเหยคือ กระบวนการที่เป็นกรณีพิเศษของกระบวนการทำให้อากาศเย็นและชื้น 1-2 ใน รูปที่ 2.6 ได้แสดงกระบวนการทำให้อากาศเย็นโดยการระเหยไว้ใน รูปที่ 2.7 กระบวนการนี้ทำให้ความร้อนแฝงของอากาศเพิ่มขึ้นและความร้อนสัมผัสลดลง



รูปที่ 2.7 กระบวนการทำให้อากาศเย็นโดยการระเหย

(ที่มา หนังสือการปรับอากาศและระบบ , สุรพล พฤษพานิช)

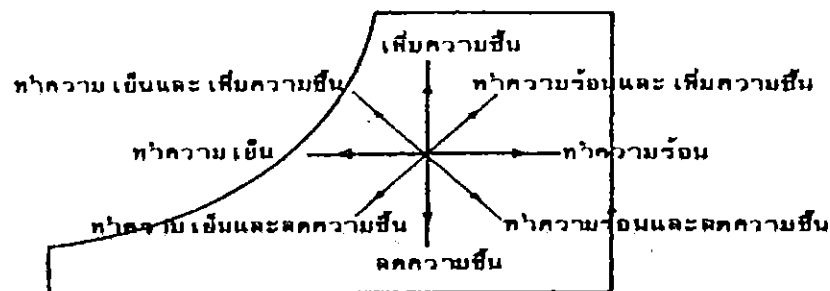
กระบวนการนี้ไม่มีแหล่งจ่ายความร้อนจากภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้องและใช้น้ำหมุนเวียนในระหว่างกระบวนการอย่างต่อเนื่อง โดยฉีดฝอยน้ำเข้าไปในอากาศ น้ำบางส่วนจะระเหยทำให้

อากาศมีความชื้นสูงและมีอุณหภูมิลดลง การระเหยของน้ำจำเป็นต้องใช้ความร้อนแฝงในการระเหย แต่เนื่องจากไม่มีแหล่งความร้อนจากภายนอก ฉะนั้นน้ำจะดูดความร้อนจากอากาศทำให้อากาศมีความร้อนสัมผัสลดลง (อุณหภูมิกระเปาะแห้งลดลง) แต่มีความร้อนแฝงเพิ่มขึ้น (จากการระเหยของน้ำ) ในจำนวนที่เท่ากัน นั่นคือกระบวนการทำให้อากาศเย็นโดยการระเหยเป็นกระบวนการที่ไม่มีกำไรหรือลดความร้อนออกจากอากาศ แสดงว่ากระบวนการทำให้อากาศเย็นโดยการระเหยเป็นกระบวนการเอ็นทัลปีคงที่

กระบวนการทำให้อากาศชื้นอิ่มตัวแบบแอดิเอแบติก เป็นกระบวนการหนึ่งที่ทำให้ทราบอัตราส่วนความชื้นหรือความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศชื้นที่สถานะหนึ่งๆ ได้ โดยให้อากาศชื้นไม่อิ่มตัวมีอุณหภูมิ T_1 และไม่ทราบค่าอัตราส่วนความชื้น ผ่านเข้าไปในช่องทางเก็บน้ำหุ้มฉนวน ขณะที่อากาศชื้นไหลผ่านเหนือผิวน้ำ น้ำบางส่วนจะระเหยและเข้าไปผสมกับอากาศชื้น เนื่องจากอากาศชื้นสูญเสียความร้อนแฝงให้กับน้ำเพื่อใช้ในการระเหยตัวจึงทำให้อุณหภูมิของอากาศชื้นที่ไหลผ่านนั้นลดลง ถ้าสมมติว่าช่องทางเก็บน้ำนี้มีความยาวมากพอ จะสามารถทำให้อากาศชื้นที่ทางออกอยู่ในสภาพอากาศอิ่มตัว กล่าวคือมีความชื้นสัมพัทธ์ $\phi_2 = 100$ เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิขณะนั้นของอากาศชื้นเรียกว่า “อุณหภูมิแอดิเอแบติก (T_2)”

เนื่องจากกระบวนการทำให้อากาศเย็นโดยการระเหยเป็นกระบวนการเดียวกันกับกระบวนการทำให้อากาศชื้นอิ่มตัวแบบแอดิเอแบติก ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่ากระบวนการทำให้เย็นโดยการระเหยเป็นกระบวนการอุณหภูมิกระเปาะเปียกคงที่ด้วย และอากาศที่ออกจากกระบวนการเป็นอากาศอิ่มตัว ในทางปฏิบัติอากาศที่ออกจากกระบวนการมักไม่ใช่อากาศอิ่มตัว เพราะการทำให้อากาศอิ่มตัวจะต้องใช้พื้นที่สำหรับฉีดฝอยน้ำมากเกินไป

ในกระบวนการปรับอากาศทั้ง 5 กระบวนการที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น นำมาสรุปแล้วเขียนลงในไซโครเมตริกชาร์ทได้ดัง รูปที่ 2.8 ซึ่งในแต่ละกระบวนการปรับอากาศ คุณสมบัติต่างๆ ของอากาศจะเปลี่ยนไปตามเส้นทางเดินของกระบวนการนั้นๆ ดังที่แสดงไว้ในรูป



รูปที่ 2.8 สรุปกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการปรับอากาศ
(ที่มา หนังสือการปรับอากาศและระบบ , สุรพล พฤษพานิช)

2.5 กระบวนการทำให้อากาศเย็นโดยการระเหย

จากหัวข้อ 2.4.5 ซึ่งกล่าวถึง กระบวนการทำให้อากาศเย็นโดยการระเหยมาแล้วเบื้องต้นในหัวข้อนี้จะทำการศึกษาถึงรายละเอียดของกระบวนการเพิ่มเติม

การทำความเย็นโดยการระเหย (Evaporative cooling) คือ กระบวนการปรับอากาศที่ใช้หลักการในการระเหยเป็นของน้ำไปทำให้อากาศเย็นตัวลงโดยตรงหรือโดยทางอ้อม ดังนั้นอุณหภูมิสุดท้ายของกระเปาะแห้ง และกระเปาะเปียก ของอากาศร้อนจะถูกทำให้มีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิก่อนที่จะผ่านกระบวนการระเหย (Evaporative process)

ระบบการทำความเย็นโดยใช้หลักการทำให้ระเหยเป็นไอน้ำ คือ ระบบทำความเย็นของอากาศซึ่งอากาศจะถูกทำให้เย็นตัวลงด้วยการระเหยตัวของน้ำ ทั้งนี้เนื่องมาจากการระเหยตัวของน้ำนั้นจำเป็นต้องใช้ความร้อนมาช่วยในการทำให้ตัวมันเองระเหยตัว ดังนั้นน้ำจึงทำการดึงความร้อนจากอากาศมาช่วยในการทำให้ตัวมันเองระเหยตัวซึ่งเป็นสาเหตุให้อากาศเย็นตัวลง

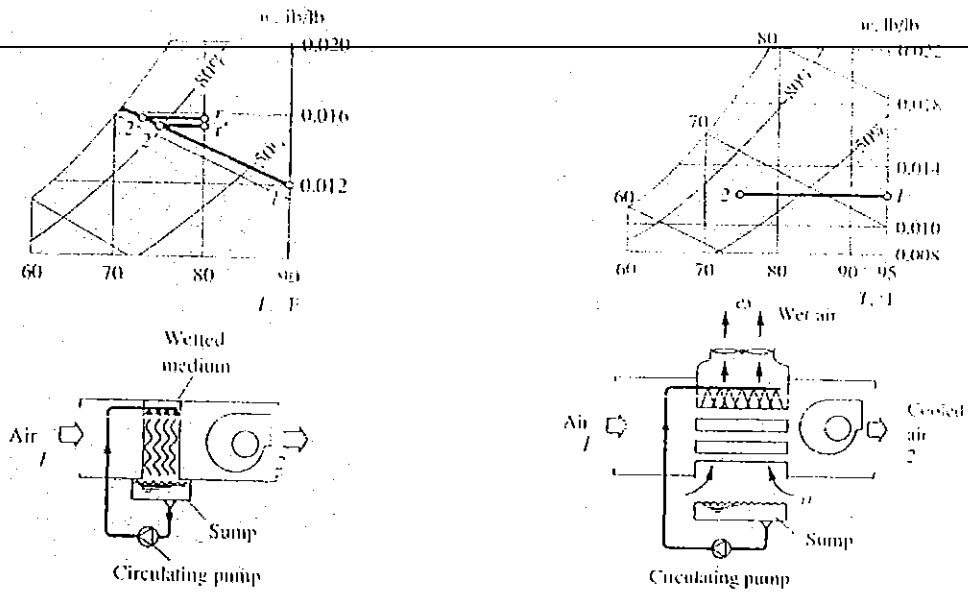
ระบบการทำความเย็นโดยการระเหย จะประกอบด้วย พัดลม ตัวกรองอากาศ ห้องผสมตัวปรับปริมาณการไหลของอากาศ และส่วนประกอบอื่นๆ โดยพัดลมจะทำหน้าที่ในการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศ ตัวกรองอากาศจะทำหน้าที่ในการกรองสิ่งสกปรกไม่ให้เข้าไปในเครื่องห้องผสมจะทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศร้อนและน้ำที่สเปรย์ ตัวปรับปริมาณการไหลของอากาศจะทำหน้าที่ในการปรับอัตราการไหลของอากาศให้เป็นไปตามความต้องการ

ระบบ การทำความเย็นโดยการระเหย แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. การทำความเย็นโดยการระเหย แบบทางตรง (Direct evaporative cooling) เป็นกระบวนการที่อากาศสัมผัสกับน้ำโดยตรง
2. การทำความเย็นโดยการระเหย แบบทางอ้อม (Indirect evaporative cooling) เป็นกระบวนการที่อากาศไม่สัมผัสกับน้ำ โดยตรงแต่จะอาศัยการแลกเปลี่ยนความร้อนผ่านตัวกลาง
3. การทำความเย็นโดยการระเหย แบบทางทั้งตรงและทางอ้อม (Indirect - Direct evaporative cooling)

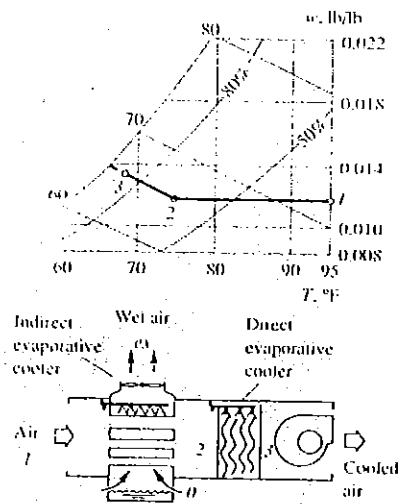
การทำความเย็นโดยการระเหยแบบทางตรง (Direct evaporative cooling)

ระบบทำความเย็นโดยการระเหยแบบทางตรง เป็นระบบที่อากาศร้อนจะถูกทำให้เย็นตัวโดยตรง โดยการสัมผัสกับน้ำที่สเปรย์หรือตัวกลางที่เปียก ซึ่งแสดงไว้ดัง รูปที่ 2.9ก โดยอากาศจะผ่านเข้าเครื่องทำความเย็นโดยการระเหยที่จุด 1 และออกที่จุดที่ 2 อากาศจะปล่อยค่าความร้อนแฝงจากการระเหยตัวโดยตรงจะทำให้อุณหภูมิจากอากาศร้อนมีอุณหภูมิต่ำลง แต่อากาศจะมี



(ก) ระบบแบบทางตรง

(ข) ระบบแบบทางอ้อม



(ค) ระบบแบบทางตรงและทางอ้อม

รูปที่ 2.9 ชนิดของระบบการทำความเย็นโดยการระเหย

(ที่มา Handbook of Air Conditioning and Refrigeration , Shan K. Wang.)

ประสิทธิภาพการระเหยและความสามารถในการทำความเย็น

ประสิทธิภาพการระเหย Saturation effectiveness เป็นดัชนีที่สำคัญในการใช้เพื่อจะบอกถึงประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็น โดยการระเหย Saturation effectiveness ใช้แทนด้วย ค่า ϵ_{sat} สามารถหาจากค่าจำกัดความดังต่อไปนี้

$$\epsilon_{sat} = \frac{T_{in} - T_{out}}{T_{in} - T_{wb,in}} \quad (2.1)$$

โดยที่

T_{in}, T_{out} = อุณหภูมิกระเปาะแห้งอากาศที่เข้าและออกจากเครื่อง ($^{\circ}\text{F}$)

$T_{wb,in}$ = อุณหภูมิกระเปาะเปียกอากาศก่อนเข้าเครื่อง ($^{\circ}\text{F}$)

สำหรับเครื่องทำความเย็น โดยการระเหยแบบทางตรง ถ้า T_{in} และ ϵ_{sat} เราเราสามารถที่จะหา T_{out} จากไซโครเมตริกชาร์ท ได้

ในการหาความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องจะหาได้จากปริมาณความร้อนที่อากาศ คายออกมาให้กับน้ำใช้แทนด้วยค่า Q_{cva} มีหน่วยเป็น (Btu/h)

$$Q_{cva} = 1.1 \text{ cfm } (T_{in} - T_{out}) \quad (2.2)$$

โดยที่

cfm = อัตราการไหลของอากาศ (ft^3/min)

1.1 = ค่าคงที่จากได้จาก $[(60 \text{ min/hr})(0.244 \text{ Btu/lb-}^{\circ}\text{F})] / (13.34 \text{ ft}^3/\text{lb})$

0.244 = ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศ (Btu/lb- $^{\circ}\text{F}$)

13.34 = ปริมาตรจำเพาะของอากาศ (ft^3/lb)

ลักษณะของตัวกลางที่ใช้ในระบบการทำความเย็นโดยการระเหยแบบทางตรงสามารถแบ่งออกเป็น

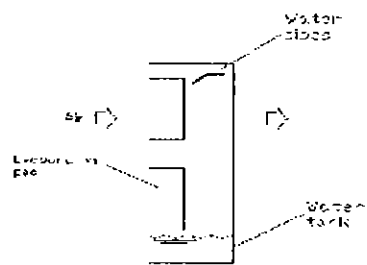
Air washers เครื่องทำความเย็นแบบนี้จะเป็นการสเปรย์น้ำลงที่ห้องผสมแล้วให้อากาศสัมผัสกับน้ำโดยตรง การทำความเย็นแบบนี้จะให้ประสิทธิภาพการระเหยสูงสุดอยู่ในช่วง 0.80-0.90 ที่ความเร็วลมในช่วง 400-800 ฟุตต่อนาทีโดยให้ความดันตกคร่อม 0.2-0.5 in.WG และต้องใช้อัตราส่วนของมวลน้ำต่อมวลอากาศเท่ากับ 0.1-0.4

Evaporative pads ตัวกลางชนิดนี้โดยทั่วไปจะทำจากเยื่อไม้มีความหนาประมาณ 2 นิ้วและจะต้องมีการปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีเพิ่มการอุ้มน้ำและป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งแสดงไว้ดัง รูปที่ 2.10ก การทำความเย็นที่ใช้ตัวกลางแบบนี้จะให้ประสิทธิภาพการระเหยสูงสุด

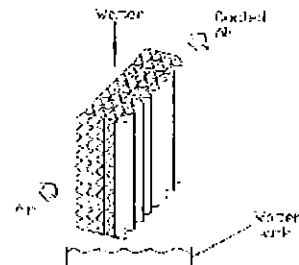
เท่ากับ 0.8 ที่ความเร็วลมในช่วง 100-300 ฟุตต่อนาทีโดยมีค่าความดันตกคร่อม 0.1 in.WG โดยใช้ปริมาณน้ำ 1.3 gal/h ต่ออัตราการไหล 1000 cfm. ที่ความหนาตัวกลาง 2 นิ้ว

Rigid media ลักษณะตัวกลางนี้จะเป็นลักษณะเป็นแผ่นที่แข็งไม่ยืดหยุ่นและทำให้มีลักษณะเป็นลูกฟูก วัสดุที่ใช้ทำจะมาจาก พลาสติก หรือไฟเบอร์กลาส มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 2.10x อากาศและน้ำจะมีลักษณะการไหลแบบสวนทางกัน(Cross flow) โดยที่อากาศจะไหลผ่านในแนวระดับ แต่น้ำจะไหลผ่านตัวกลางในแนวตั้ง ความลึกของช่องตัวกลางโดยปกติจะใช้ 12 นิ้ว การทำความเย็นที่ใช้ตัวกลางแบบนี้จะให้ประสิทธิภาพการระเหยในช่วง 0.75-0.95 ที่ความเร็วลม 200-400 ฟุตต่อนาทีโดยมีค่าความดันตกคร่อม 0.05-0.1 in.WG ปริมาณน้ำที่ความหนาตัวกลาง 8-12 นิ้ว

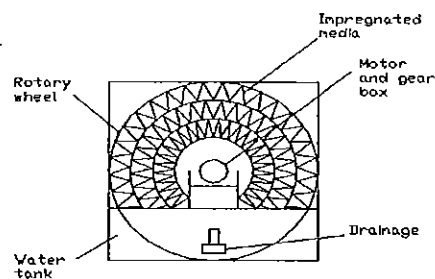
Rotary wheel ตัวกลางชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นวงล้อสำหรับหมุนทำจากวัสดุที่ทนการกัดกร่อน เช่น พลาสติก เซลลูโลส ไฟเบอร์กลาส ซึ่งแสดงไว้ดัง รูปที่ 2.10ค โดยปกติจะถูกขับโดยมอเตอร์ และชุดเกียร์ และหมุนอย่างช้าๆที่ความเร็วรอบ 2 รอบต่อนาที ส่วนล่างของล้อจะสัมผัสกับน้ำอากาศจะไหลผ่านตามช่องต่างๆ ของตัวกลาง การทำความเย็นที่ใช้ตัวกลางแบบนี้จะให้ประสิทธิภาพการระเหยสูงสุดที่ความเร็วลม 200-400 ฟุตต่อนาทีโดยมีค่าความดันตกคร่อม 0.05 in.WG ปริมาณน้ำ



(ก) Evaporative pad



(ข) Rigid media



(ค) Rotary wheel

รูปที่ 2.10 ตัวกลางแต่ละชนิดที่ใช้ในระบบแบบทางตรง

(ที่มา Handbook of Air Conditioning and Refrigeration , Shan K. Wang.)

ตารางที่ 2.1 ลักษณะเฉพาะของตัวกลางที่ใช้ในเครื่องทำความเย็น โดยการระเหยแบบทางตรง
(ที่มา Handbook of Air Conditioning and Refrigeration , Shan K. Wang.)

ลักษณะของตัว กลาง	ประสิทธิภาพ (ϵ_{sa})	ความเร็วลม, fpm	ความดัน ตกคร่อม, in. WG	อัตราส่วน น้ำต่ออากาศ m_w / m_a	ปริมาณน้ำที่ ใช้, gal/h 1000 cfm	หมายเหตุ
Air washer	0.80-0.90	400-800	0.2-0.5	0.1-0.4	-	
Evaporative pad	0.80	100-300	0.1	-	1.3	Pad thickness of 2 in.
Rigid media	0.75-0.95	200-400	0.05-0.1	-	-	Thickness of 8-12 in.
Rotary wheel	-	100-600	0.5	-	-	

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

3.1 การออกแบบพัลลมปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่โดยใช้ระบบอิวาโปเรทีฟลูตลิ่ง

จากการสำรวจรวบรวมข้อมูลจากผู้เลี้ยงไก่ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบพัลลมปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่ เพื่อให้ได้รูปแบบที่มีประสิทธิภาพในการระเหยและอัตราการทำความเย็นที่สูง ซึ่งจากการสำรวจพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเลี้ยงอยู่ระหว่าง $27-30^{\circ}\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศอยู่ระหว่าง 60-80 % โดยมีอัตราในการทำความเย็นต่อไก่ 1 ตัวที่ 27.6 Btu/hr (แสดงผลการคำนวณในภาคผนวก ก.) และมีปริมาณการเลี้ยงไก่อยู่ที่ 10 ตัวต่อ 1 ตารางเมตร

พัลลมปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่โดยใช้ระบบอิวาโปเรทีฟลูตลิ่ง จะใช้กระบวนการในการปรับอากาศโดยใช้การระเหยตัวของน้ำมาทำให้อากาศมีอุณหภูมิลดลงและความชื้นเพิ่มขึ้นเพื่อให้อากาศมีสถานะที่เหมาะสมกับการเลี้ยงไก่ก่อนส่งผ่านเข้าโรงเลี้ยงไก่ โดยมีหลักการทำงานคือ เมื่อนำอากาศจากภายนอกที่มีอุณหภูมิสูงมาเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่ชุ่มน้ำ อากาศจากภายนอกที่มีอุณหภูมิสูงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่ชุ่มน้ำอากาศจะสูญเสียความร้อนให้กับน้ำ โดยที่อุณหภูมิของน้ำในช่วงแรกจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิกะเปาะเปียกของตัวเองและจะค่อยๆลดลงจนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิกะเปาะเปียก ทำให้อากาศที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางในช่วงแรก ซึ่งจะมีการถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำบนตัวกลางต่อๆไปมีอุณหภูมิลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำและเมื่อน้ำมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิกะเปาะเปียกอุณหภูมิของอากาศก็จะเริ่มคงที่หลังจากที่เวลาผ่านไปซึ่งจะทำให้ปริมาณน้ำบนตัวกลางลดลงทำให้ปริมาณน้ำที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนมีไม่เพียงพอกับการแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงเกินกว่าอุณหภูมิที่จะนำไปใช้งานต้องทำการสเปรย์น้ำลงบนตัวกลางอีกครั้ง ซึ่งในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศและน้ำโดยที่อากาศจะถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำนั้นทำให้น้ำเกิดการระเหยตัวซึ่งจะทำให้ไอน้ำที่เกิดจากการระเหยตัวเข้าไปรวมกับไอน้ำในอากาศซึ่งก็จะทำให้ความชื้นของอากาศเพิ่มสูงขึ้นด้วย

กระบวนการทำความเย็นโดยการระเหย จะประกอบด้วย พัลลม แผ่นตัวกลางที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อน ตัวปรับปริมาณการไหลของอากาศ และส่วนประกอบอื่นๆ โดยพัลลมจะ

ทำหน้าที่ในการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศ แผ่นตัวกลางที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อน จะทำหน้าที่ในการรองรับน้ำที่เกิดจากการสเปรย์และเป็นบริเวณที่ทำการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศร้อนและน้ำ ตัวปรับปริมาณการไหลของอากาศจะทำหน้าที่ในการปรับอัตราการไหลของอากาศให้เป็นไปตามความต้องการ สำหรับในการออกแบบและเลือกส่วนประกอบที่สำคัญของพัดลมปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่โดยใช้ระบบอิวาโปเรทีฟคลูดีง มีดังนี้

3.1.1 พัดลม (Fan) สำหรับพัดลมที่ใช้เป็นพัดลมชนิดไหลตามแกน ซึ่งความเร็วลมที่เราต้องการใช้ในการทดสอบจะอยู่ที่ 535 –800 ft/min ซึ่งจากการทดสอบวัดความเร็วของพัดลมชนิดไหลตามแกนให้ความเร็วอยู่ในค่าที่เราสามารถนำมาทดสอบได้และมีราคาถูก โดยมีขนาดใบพัด 18 นิ้ว ปรับความเร็วลมได้ 3 ระดับ

3.1.2 แผ่นตัวกลางที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อน (Cooling Plate) สำหรับแผ่นตัวกลางที่นำมาใช้ในการทดสอบ โดยคุณสมบัติที่สำคัญของแผ่นตัวกลางที่จะนำมาใช้คือต้องสามารถที่จะดูดซับน้ำที่ได้ดีทั้งนี้เพื่อที่จะช่วยยืดระยะเวลาในการสเปรย์น้ำ โดยที่เราเลือกใช้แผ่นตัวกลางที่จะนำมาใช้ในการทดสอบ 2 ชนิด คือ มูลี สาเหตุที่เลือกใช้มูลี คือ ในปัจจุบันการปรับอากาศระบบอิวาโปเรทีฟคลูดีงสำหรับโรงเลี้ยงไก่ขนาดใหญ่เน้นนิยมใช้มูลีมาทำแผ่นตัวกลางซึ่งเราต้องการเปรียบกับตัวกลางชนิดอื่นๆ ชนิดที่สองคือ ผ้าโซลอน เนื่องจากผ้ามีคุณสมบัติในการซึมซับน้ำได้ดีและสาเหตุที่เลือกเป็นชนิดของผ้าโซลอนเนื่องจากมีราคาถูกและสามารถซึมซับน้ำได้ดี โดยที่มีแผ่นตัวกลางแต่ละแผ่นมีขนาดกว้าง 0.53 เมตร ยาว 0.53 เมตร (พื้นที่ 0.281 ตารางเมตร)

3.1.3 ถังรองน้ำ (Sump) ถังรองน้ำจะทำหน้าที่ในการบรรจุน้ำสำหรับใช้ในการสเปรย์น้ำ และรองรับรับส่วนที่ไม่ได้อยู่บนตัวกลางเพื่อเก็บไว้สเปรย์ใหม่อีกครั้ง โดยถังรองน้ำทำจากแผ่นสังกะสีมีขนาดตามที่ออกแบบ

3.1.4 ชุดติดตั้งตัวกลางที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อน ในการออกแบบชุดติดตั้งตัวกลาง เนื่องจากในการทดสอบเราจะทำการทดสอบถึงผลที่เกิดจากการปรับมุมเอียงของตัวกลางว่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการระเหยอย่างไรดังนั้นเราจึงออกแบบให้สามารถปรับมุมเอียงของตัวกลางได้ 75- 90 ° ตามแนวระดับซึ่งมีลักษณะเป็นสล็อตเลื่อน และในการทดสอบเรายังทำการทดสอบถึงระยะห่างของแผ่นตัวกลางว่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการระเหยอย่างไรดังนั้นเราจึงออกแบบให้สามารถปรับระยะความห่างของแผ่นตัวกลางได้ละเอียดที่สุดที่ 1.5 เซนติเมตร

3.1.5 โครงสร้างตัวเครื่องพัดลมและฐานสำหรับวางตัวเครื่อง ทำการออกแบบตัวโครงสร้างพัดลมให้มีลักษณะเป็นแนวตั้งเพื่อประหยัดเนื้อที่ในการติดตั้ง และง่ายต่อการปรับเปลี่ยนรูปแบบที่จะใช้ในการทดสอบ โดยทำจากเหล็กฉาก มีขนาดกว้าง 600 มิลลิเมตร ยาว 800 มิลลิเมตร และ สูง 1700 มิลลิเมตร สำหรับฐานสร้างขึ้นเพื่อรองรับตัวโครงสร้างพัดลม มีการคิดล้อเพื่อความสะดวก

ในการเคลื่อนย้าย สำหรับรายละเอียดของขนาดสำหรับตัวโครงสร้างและฐาน โดยละเอียดสามารถดูเพิ่มเติมที่ ภาคผนวก ก

3.2 การสร้างพัฒนาปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่โดยใช้ระบบอิวาโพเรทีฟลูตลิ่ง

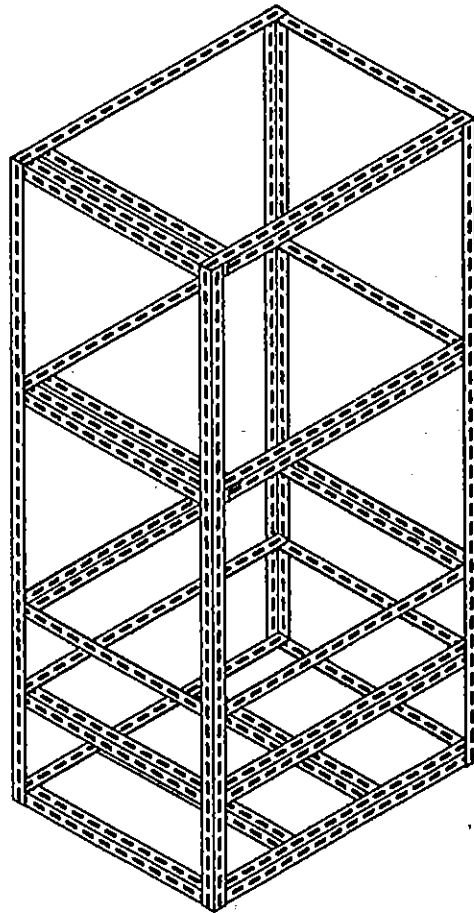
ขั้นตอนการดำเนินการสร้างพัฒนาปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่โดยใช้ระบบอิวาโพเรทีฟลูตลิ่ง

แบ่งออกเป็น 3 ส่วน

1. โครงสร้างตัวเครื่องพัฒนา
2. ชุดติดตั้งตัวกลาง
3. ฐาน
4. ตัวกลาง

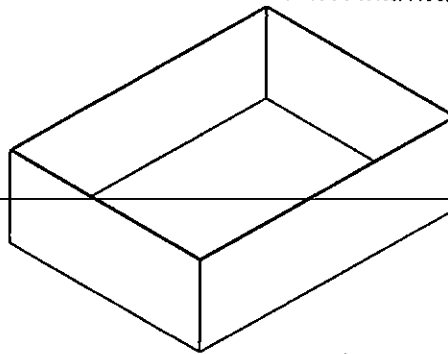
3.2.1 การสร้างโครงสร้างตัวเครื่องพัฒนา โครงสร้างพัฒนาจะประกอบด้วย ตัวโครงพัฒนา ถังรองน้ำ และตัวพัฒนา ขั้นตอนการสร้าง

1. ทำการสร้างโครงพัฒนาตามแบบ โดยใช้เหล็กฉากทำการยึดด้วยนัต (Nut) ตามรูปที่ 3.1



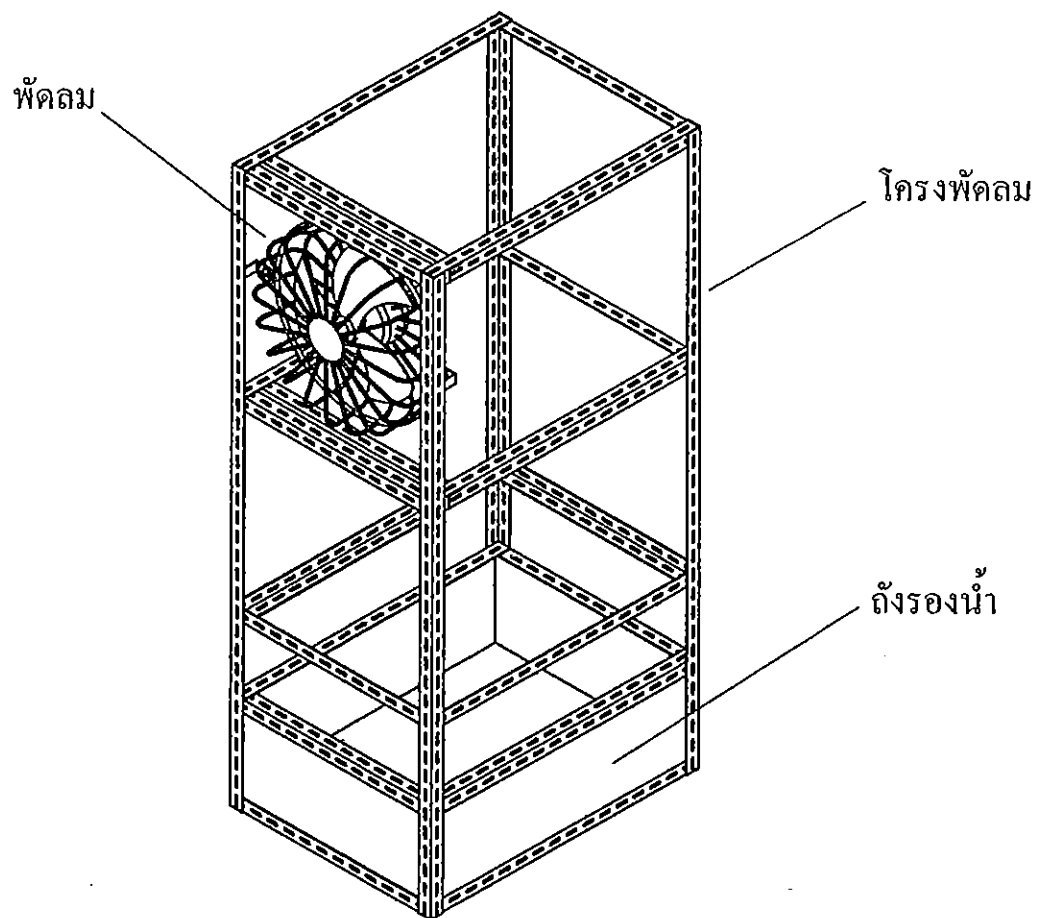
รูปที่ 3.1 โครงพัฒนา

2. ทำการสร้างถังรองน้ำตามแบบ โดยทำจากแผ่นสังกะสี ตามรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ถังรองน้ำ

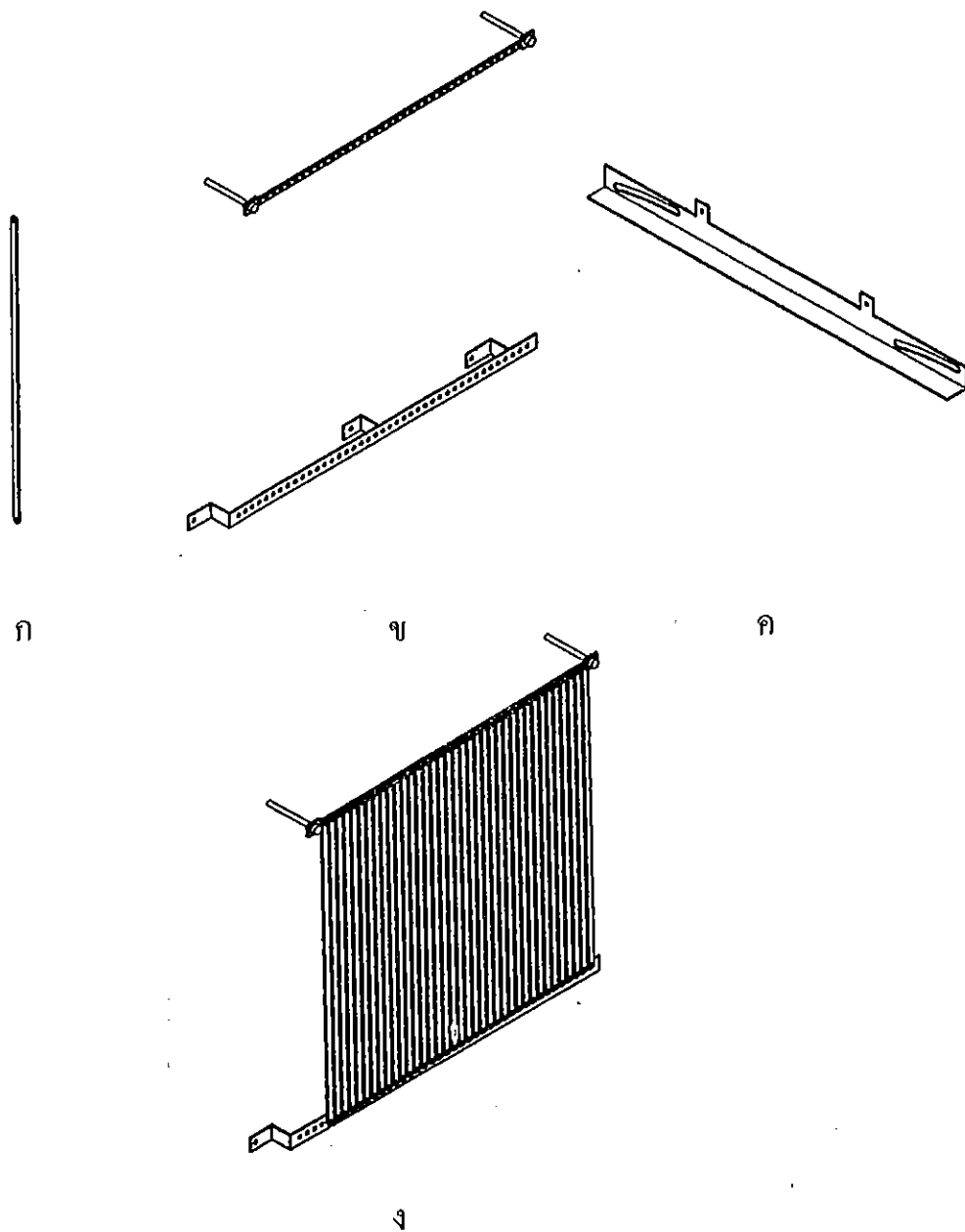
3. นำพัดลมและถังรองน้ำมาประกอบเข้ากับตัวโครงพัดลม โดยติดตั้งพัดลมไว้ส่วนบน และติดตั้งถังรองน้ำไว้ด้านล่าง ตามรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 โครงสร้างตัวเครื่องพัดลม

3.2.2 ชุดติดตั้งตัวกลาง ชุดติดตั้งตัวกลางออกแบบให้ง่ายต่อการเปลี่ยนตัวกลาง โดยให้ระยะห่างแต่ละตัวกลาง 1.5 เซนติเมตร โดยสามารถปรับมุมเอียงของตัวกลางได้ $75-90^{\circ}$ ตามแนวระดับ

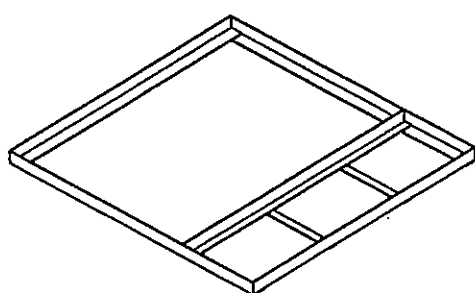
1. ทำการตัดเหล็กสำหรับใส่ตัวกลาง ดังรูปที่ 3.4 ก
2. ทำการตัดเหล็กสำหรับยึดเหล็กตัวกลางแต่ละซี่ ดังรูปที่ 3.4 ข
3. ทำการสร้างสล็อตเลื่อนสำหรับปรับมุมของตัวกลาง ดังรูปที่ 3.4 ค



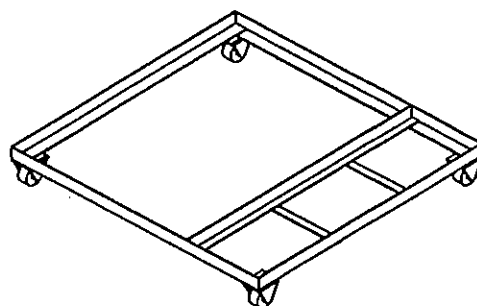
รูปที่ 3.4 ชุดติดตั้งตัวกลาง

3.2.3 ฐาน ฐานของพัดลมปรับอากาศมีหน้าที่รองรับตัวโครงสร้างพัดลมปรับอากาศและสำหรับวางป้ิม

1. ทำการสร้างฐานโดยใช้เหล็กฉากและเหล็กแบน ตามรูปที่ 3.4 ก
2. ทำการติดตั้งล้อที่ฐานเพื่ออำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้าย ตามรูปที่ 3.4 ข



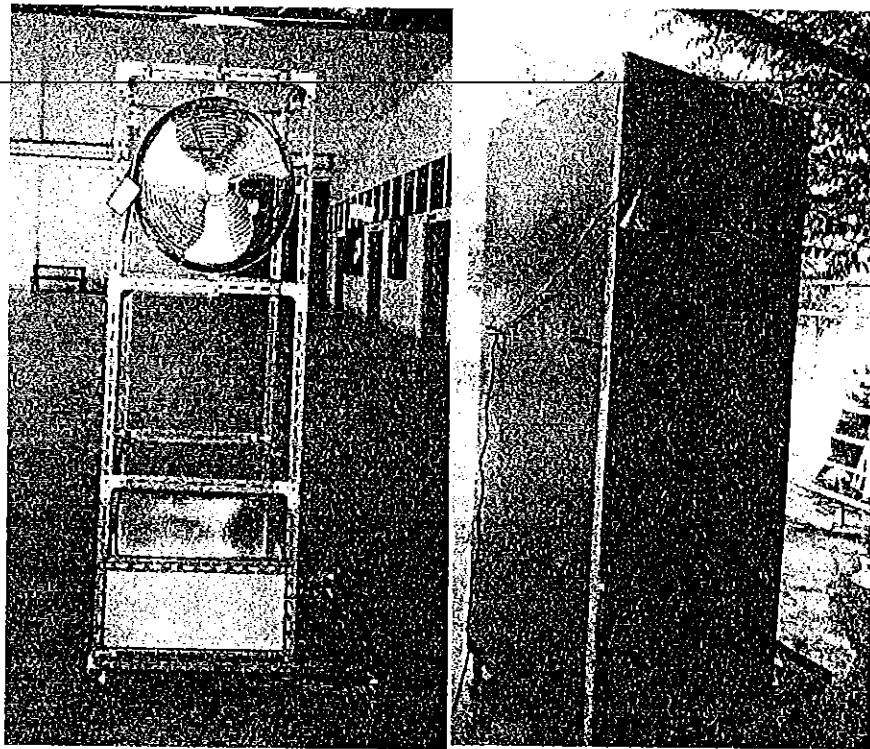
ก



ข

รูปที่ 3.5 ฐาน

3.2.4 ตัวกลาง ตัวกลางที่ใช้ทดสอบมี 2 ชนิด คือ มู่ลี่ และผ้าโซลอน ทำการตัดตัวกลางให้มีขนาดตามที่ได้ออกแบบไว้จากนั้นเย็บขอบทั้ง 2 ด้านเพื่อให้เกิดช่องว่างที่จะใช้ใส่กับเหล็กของชุดติดตั้งตัวกลาง



ก

ข

รูปที่ 3.6 แสดงพัดลมปรับอากาศสำหรับโรงเลี้ยงไก่

ก. โครงสร้างพัดลมปรับอากาศสำหรับโรงเลี้ยงไก่

ข. พัดลมปรับอากาศสำหรับโรงเลี้ยงไก่

บทที่ 4

ขั้นตอนการทดสอบ

ในการศึกษาโครงการพัฒนาปรับอากาศสำหรับโรงเลี้ยงไก่ จะศึกษาถึงอิทธิพลของ ชนิดของตัวกลาง อัตราการไหลของอากาศ มุมเอียงของตัวกลาง และระยะห่างของตัวกลาง ต่อประสิทธิภาพของการระเหยของน้ำ เพื่อวิเคราะห์หารูปแบบที่ดีที่สุดในการทำงานของเครื่องและความสามารถในการทำความเย็นของพัฒนาปรับอากาศสำหรับโรงเลี้ยงไก่ นี้

ตัวกลางที่ทำการศึกษามี 2 ชนิด คือ ฟ้าโซลอน และมูตี โดยปรับอัตราการไหลของอากาศเป็น 3 ระดับ คือ 1000 1250 และ 1500 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ปรับมุมเอียงของตัวกลาง 3 ระดับ คือ 90 80 และ 75 องศา และปรับระยะห่าง 2 ระยะ คือ 1.5 และ 3 เซนติเมตร โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

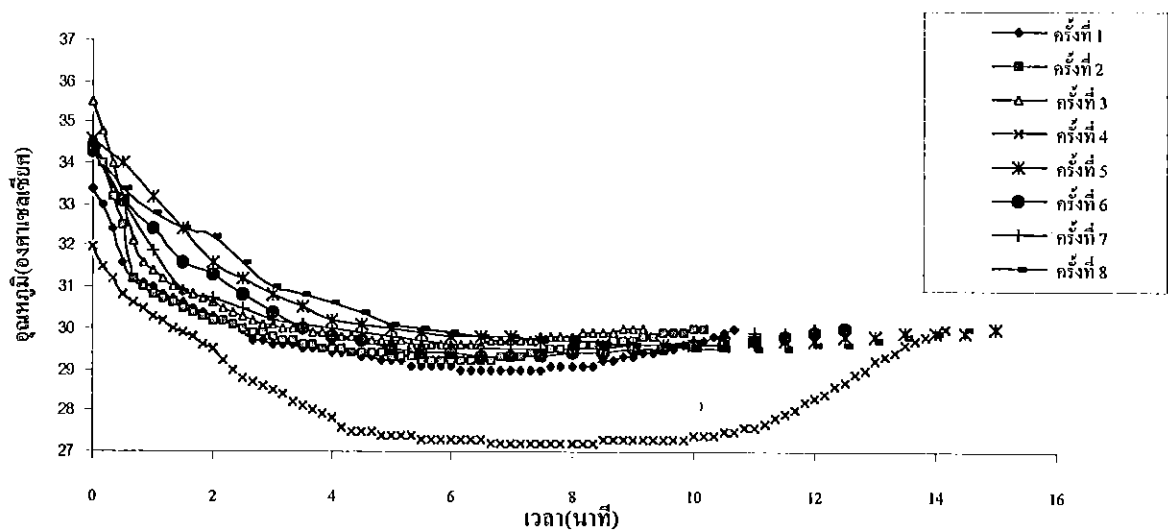
1. ทำการติดตั้งตัวกลางชนิดที่ 1 (มูตี) เข้ากับตัวเครื่อง โดยให้มีระยะห่างของมูตีแต่ละแผ่น 1.5 เซนติเมตรและทำมุม 90 องศา
2. ทำการบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกโดยใช้ Humidity and Temperature Meter
3. ทำการสปรย์น้ำลงบนตัวกลาง
4. เปิดพัดลม โดยกำหนดให้อัตราการไหลของอากาศเป็น 1,500 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (ความเร็วลม คือ 803 ฟุตต่อนาที)
5. ทำการบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ขณะทดสอบทุก ๆ 10 วินาที
6. ทำการทดสอบซ้ำตามขั้นตอนที่ 1-5 โดยเปลี่ยนอัตราการไหลของอากาศเป็น 1,250 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที (ความเร็วลม คือ 670 ฟุตต่อนาที) และ 1,000 (ความเร็วลม คือ 535 ฟุตต่อนาที) ตามลำดับ
7. ทำการทดสอบซ้ำตามขั้นตอนที่ 1-6 โดยเปลี่ยนมุมของการติดตั้งตัวกลางเป็น 80 องศา ประมาณกึ่งกลางของสล็อตเลื่อน และ 75 องศา โดยเลื่อนเอียงสุดไปด้านหน้าของ สล็อตเลื่อนตามลำดับ
8. ทำการทดสอบซ้ำตามขั้นตอนที่ 1-6 โดยเปลี่ยนระยะห่างของการติดตั้งตัวกลางเป็น 3 เซนติเมตร

บทที่ 5

ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผล

จากการทดสอบพัดลมปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่ โดยทำการทดสอบในช่วงอุณหภูมิของอากาศ 31.6-36.6 °C ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ 33-58 % ตั้งแต่วันที่ 8 มีนาคม 2545 ถึง วันที่ 6 เมษายน 2545 เวลา 8.00น.-18.00น. โดยทำการทดสอบในแต่ละรูปแบบ 4 การทดสอบ ซึ่งผลการทดสอบจะพบว่าพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้น จะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่คล้ายกัน โดยที่อุณหภูมิของอากาศเริ่มลดอุณหภูมิลงเรื่อยๆเนื่องจากอากาศมีการสูญเสียความร้อนให้แก่ น้ำและจะลดอุณหภูมิจนถึงจุดต่ำสุดและจะคงที่อยู่ขณะหนึ่งเมื่อน้ำที่อยู่บนตัวกลางเริ่มน้อยลงอุณหภูมิของอากาศจะเริ่มสูงขึ้นจนกระทั่งไม่สามารถนำอากาศนั้นมาใช้งานได้ ซึ่งต้องทำการสเปย์น้ำใหม่อีกครั้ง ส่วนความชื้นของอากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงโดยจะมีค่าความชื้นที่เกิดจากการระเหยของน้ำบนตัวกลางเข้าไปรวมกับไอน้ำในอากาศซึ่งตลอดการทดสอบความชื้นของอากาศจะอยู่ในช่วงการใช้งานตลอด ซึ่งจะขอยกตัวอย่างผลการทดสอบที่ให้ประสิทธิภาพในการระเหยสูงสุด โดยแยกตามชนิดของตัวกลางที่ใช้ในการทดสอบ

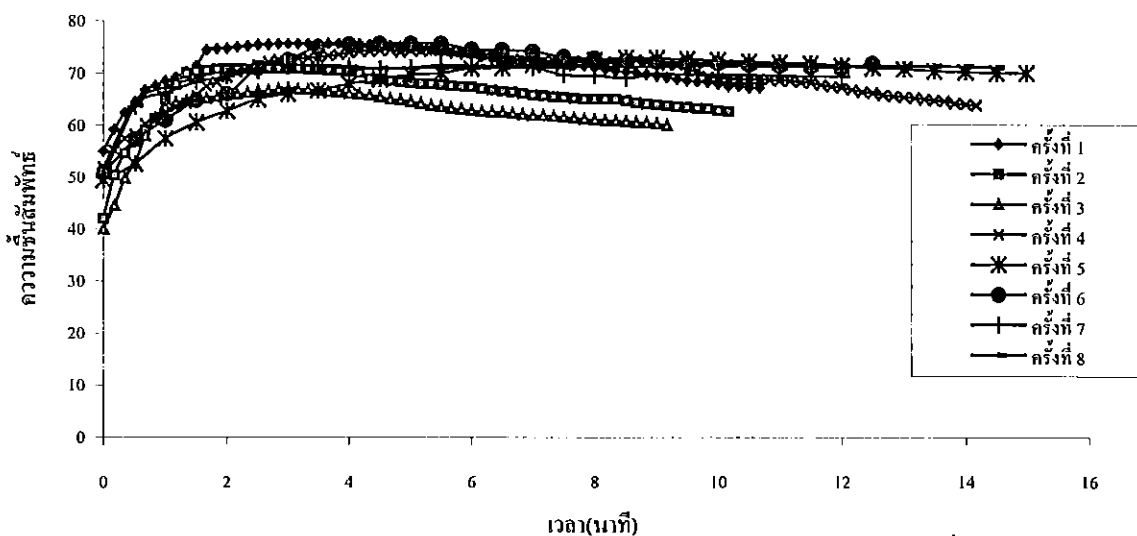
ชนิดของตัวกลางมูดี



กราฟ 5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของตัวกลางมูดีที่อัตราการไหล

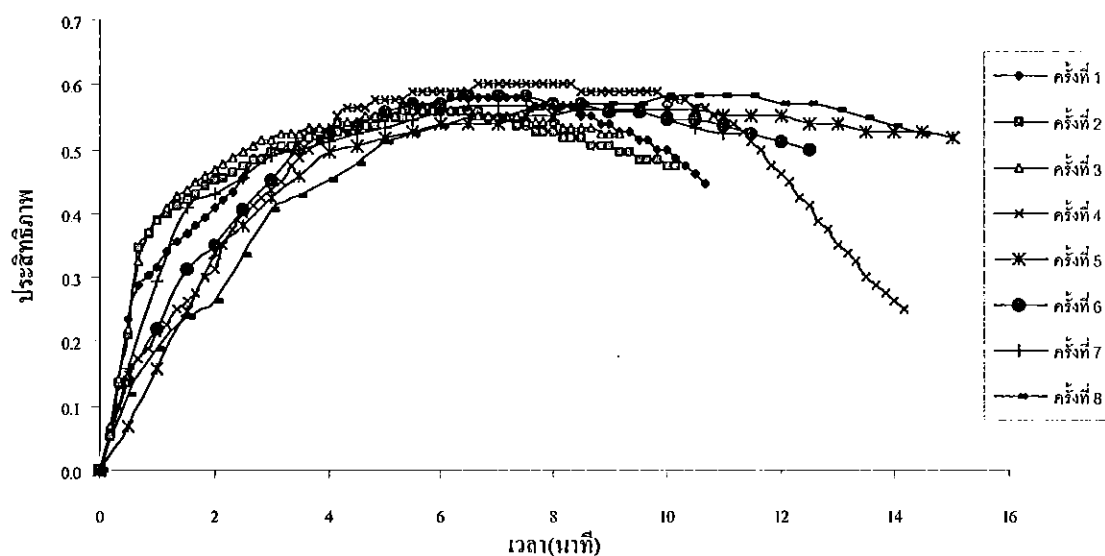
1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 ซม

จากกราฟ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา จากกราฟจะพบว่าอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากพัดลมปรับอากาศจะเริ่มมีอุณหภูมิลดลงตามระยะเวลาที่ผ่านไปจากนั้นก็จะมีอุณหภูมิคงที่เมื่ออากาศลดอุณหภูมิมาได้ถึงจุดต่ำสุดหลังจากนั้นก็จะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งเกินกว่าอุณหภูมิที่จะนำอากาศไปใช้งาน ได้คือมีอุณหภูมิของอากาศเกิน 30°C เหตุผลที่กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเป็นเช่นนี้สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อนำอากาศจากภายนอกที่มีอุณหภูมิสูงมาเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่ชุ่มน้ำ อากาศจากภายนอกที่มีอุณหภูมิสูงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่ชุ่มน้ำอากาศจะสูญเสียความร้อนให้กับน้ำ โดยที่อุณหภูมิของน้ำในช่วงแรกจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของตัวมันเองและจะค่อยๆลดลงจนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิกะเปาะเปียก ทำให้อากาศที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางในช่วงแรก ซึ่งจะมีการถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำบนตัวกลางค่อยๆมีอุณหภูมิลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำและเมื่อน้ำมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิกะเปาะเปียกอุณหภูมิของอากาศก็จะเริ่มคงที่หลังจากเมื่อเวลาผ่านไปก็จะทำให้ปริมาณน้ำบนตัวกลางลดลงทำให้ปริมาณน้ำที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนมีไม่เพียงพอกับการแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงเกินกว่าอุณหภูมิที่จะนำไปใช้งานต้องทำการสเปรย์น้ำลงบนตัวกลางอีกครั้ง ซึ่งอุณหภูมิใช้งานสำหรับโรงเลี้ยงไก่อยู่ระหว่าง 27- 30°C โดยระยะเวลาเฉลี่ยที่สามารถนำอุณหภูมิของอากาศไปใช้งานสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ให้ประสิทธิภาพการระเหยดีที่สุดคือ 12.0 นาที ซึ่งเมื่อระยะเวลาผ่านไป 12.0 นาทีแล้วต้องทำการสเปรย์น้ำใหม่อีกครั้ง



กราฟ 5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลาของตัวกลางมูลตี้อัตราการไหล 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 ซม

จากกราฟ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา จากกราฟจะพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะมีลักษณะที่เพิ่มขึ้นและจะสามารถคงที่อยู่ได้ขะหนึ่งหลังจากนั้นค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก็จะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่อากาศจากภายนอกเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่ชุ่มน้ำอากาศซึ่งเดิมจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ค่าหนึ่ง เมื่ออากาศถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่อยู่บนตัวกลางก็จะทำให้น้ำเกิดการระเหยตัวโดยที่ไอน้ำส่วนที่ระเหยตัวจะเข้าไปรวมกับไอน้ำในอากาศทำให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้หากกระบวนการในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศกับน้ำมีระยะเวลามากอาจจะทำให้อากาศมีสถานะเป็นอากาศที่อิ่มตัว ($\phi = 100$ เปอร์เซ็นต์) ได้ แต่จากการทดสอบค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะมีค่าไม่เกิน 80 % ซึ่งอยู่ในสถานะที่สามารถนำไปใช้งานได้ โดยที่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่อยู่ในช่วงใช้งานสำหรับโรงเลี้ยงไก่ อยู่ระหว่าง 60-80 %



กราฟ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระเหยกับเวลาของตัวกลางมูลี ที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm

จากกราฟ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระเหยกับเวลา จากกราฟจะพบว่าประสิทธิภาพของการระเหยของน้ำในตัวกลางจะมีลักษณะเป็นรูปประขังคว่ำ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากสมการประสิทธิภาพการระเหยตัวของน้ำ คือ

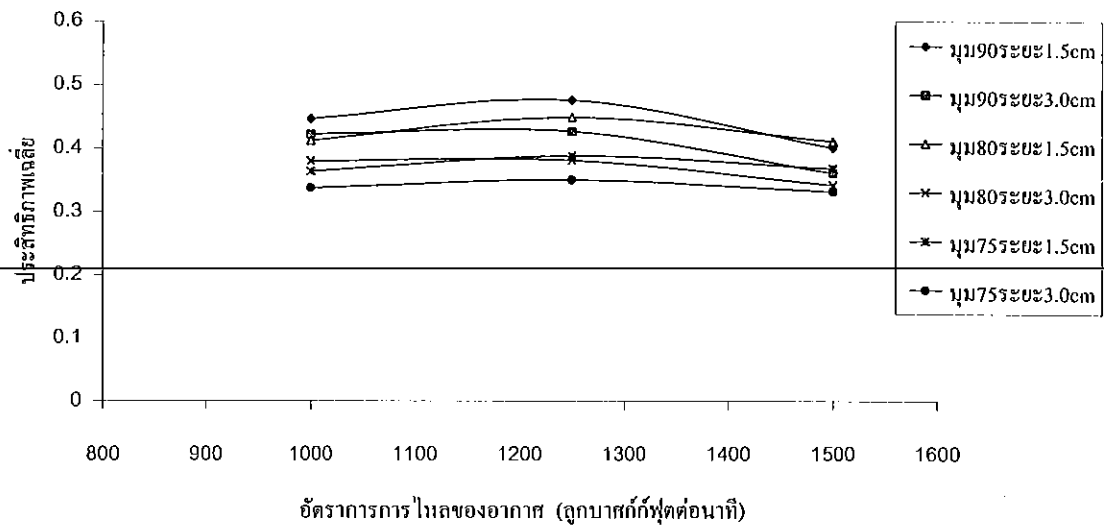
$$\epsilon_{\text{sat}} = \frac{T_{\text{in}} - T_{\text{out}}}{T_{\text{in}} - T_{\text{wb,in}}}$$

จากสมการความสัมพันธ์ซึ่งเป็นการสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของอุณหภูมิของอากาศที่สามารถลดได้จริงจากการทดสอบกับผลต่างของอุณหภูมิที่จะทำให้ไอน้ำเกิดการระเหยตัว ซึ่งค่าของ T_{in} และ $T_{\text{wb,in}}$ จะเป็นค่าของสถานะของอากาศก่อนเข้าเครื่องซึ่งจะคงที่ตลอดการทดสอบในแต่ละครั้ง และค่า T_{out} จะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเครื่อง โดยที่อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเครื่องจะมีค่าลดลงเมื่อเริ่มเปิดพัดลมจนกระทั่งลดลงถึงจุดต่ำสุดแล้วก็จะสามารถงอุณหภูมิไว้ได้ชั่วขณะหนึ่งหลังจากนั้นจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นซึ่งการเปลี่ยนของอุณหภูมิจะเป็นไปตามกราฟ 5.1 ซึ่งได้อธิบายมาแล้วข้างต้น

ตาราง 5.1 ประสิทธิภาพของการระเหยเฉลี่ยของแต่ละรูปแบบทดสอบของตัวกลางมูลี

อัตราการไหลของ อากาศ (cfm)	ประสิทธิภาพการระเหยเฉลี่ย ϵ_{avg}					
	มุม 90°		มุม 80°		มุม 75°	
	1.5 cm	3.0 cm	1.5 cm	3.0 cm	1.5 cm	3.0cm
1000	0.450	0.422	0.413	0.380	0.364	0.338
1250	0.476	0.427	0.449	0.382	0.389	0.351
1500	0.402	0.362	0.412	0.343	0.369	0.332

หมายเหตุ ข้อมูลในตารางเป็นค่าเฉลี่ยทั้งหมดของการทดสอบในแต่ละรูปแบบ



กราฟ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเฉลี่ยกับอัตราการไหลของอากาศของตัวกลางมูตีที่มุมและระยะห่างต่าง ๆ กัน

จากตาราง 5.1 นำข้อมูลที่ได้มาทำการเขียนกราฟเพื่อทำการเปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในรูปแบบต่างๆที่นำมาใช้ในการทดสอบของตัวกลางมูตีว่ามีผลอย่างไรเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการระเหยโดยจะพิจารณาที่ระยะห่างระหว่างตัวกลางที่ระยะห่าง 1.5 cm และที่ระยะห่าง 3.0 cm พิจารณามุมเอียงของตัวกลางที่มุมเอียงต่างๆกันคือ 75° 80° และ 90° และพิจารณาผลของการปรับอัตราการไหลของอากาศที่อัตราการไหลต่างๆกันคือ 1,000 1,250 และ 1,500 cfm

พิจารณาที่ระยะห่างของตัวกลาง โดยในการทดสอบเราให้ตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการทดสอบเหมือนกันแต่จะทำการปรับระยะห่างของตัวกลางให้แตกต่างกันคือที่ระยะห่างของตัวกลาง 1.5 และ 3.0 cm จากกราฟจะพบว่าที่ระยะห่าง 1.5 cm ให้ประสิทธิภาพในการระเหยดีกว่าที่ระยะห่าง 3.0 cm เนื่องจากเมื่อเราทำการปรับระยะห่างของตัวกลางให้มีระยะห่างเพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้จำนวนของแผ่นตัวกลางที่จะนำมาใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นลดลงไปด้วยซึ่งก็จะส่งผลให้ปริมาณน้ำที่จะใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นลดลงไปด้วย ทำให้ปริมาณน้ำที่จะใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนมีน้อย และเมื่อเราเพิ่มระยะห่างระหว่างแผ่นตัวทำให้เกิดมีช่องว่างระหว่างตัวกลางเพิ่มมากขึ้นทำให้อากาศเคลื่อนที่ได้ง่ายโดยโอกาสที่อากาศจะถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำมีน้อยลง ซึ่งทำให้อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเครื่องมีอุณหภูมิสูงไปด้วย ทำให้ประสิทธิภาพในการระเหยลดลง

พิจารณาที่มุมเอียงของตัวกลาง โดยในการทดสอบเราให้ตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการทดสอบเหมือนกันแต่จะทำการปรับมุมเอียงของตัวกลางให้แตกต่างกันคือที่มุมเอียงของตัวกลาง 75° 80° และ 90° จากกราฟจะพบว่าที่มุมเอียงของตัวกลาง 90° จะให้ประสิทธิภาพในการระเหยที่ดีที่สุด

เนื่องจากเมื่อปรับมุมเอียงของตัวกลางเป็น 90° ลักษณะของตัวกลางจะไปขวางการเคลื่อนที่ของอากาศทำให้อากาศที่เคลื่อนผ่านตัวกลางมีโอกาที่จะสัมผัสกับตัวกลางมากขึ้นทำให้อากาศมีการถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำมากยิ่งขึ้นส่งผลให้อากาศที่ออกจากเครื่องมีอุณหภูมิลดลง ซึ่งก็จะทำให้ประสิทธิภาพในการระเหยตัวของน้ำเพิ่มสูงขึ้นด้วย ในขณะที่เดียวกันเมื่อเราทำการปรับมุมเอียงของตัวกลางให้เอียงมากขึ้นทำให้อากาศสามารถเคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้นทำให้อากาศที่อากาศจะสัมผัสกับตัวกลางลดลงส่งผลให้อากาศที่ออกจากเครื่องมีอุณหภูมิลดลงไม่มาก ซึ่งก็จะทำให้ประสิทธิภาพในการระเหยตัวของน้ำไม่สูงมากนัก

พิจารณาที่อัตราการไหลของอากาศโดยในการทดสอบเราให้ตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการทดสอบเหมือนกันแต่จะทำการปรับอัตราการไหลของอากาศให้แตกต่างกันก็คือที่อัตราการไหลของอากาศ 1,000 1,250 และ 1,500 cfm จากกราฟจะพบว่าที่อัตราการไหลของอากาศที่ 1250 cfm จะให้ประสิทธิภาพในการระเหยดีที่สุด

สรุปรูปแบบในการทดสอบที่ให้ประสิทธิภาพในการระเหยดีที่สุดสำหรับตัวกลางมูลี่ คือ ที่อัตราการไหลของอากาศ 1250 cfm ระยะห่างระหว่างตัวกลาง 1.5 cm มุมเอียงของตัวกลาง 90° โดยมีประสิทธิภาพการระเหยเท่ากับ 0.477

ตาราง 5.2 อัตราการทำความเย็นเฉลี่ยของแต่ละรูปแบบของทดสอบของตัวกลางมูลี่

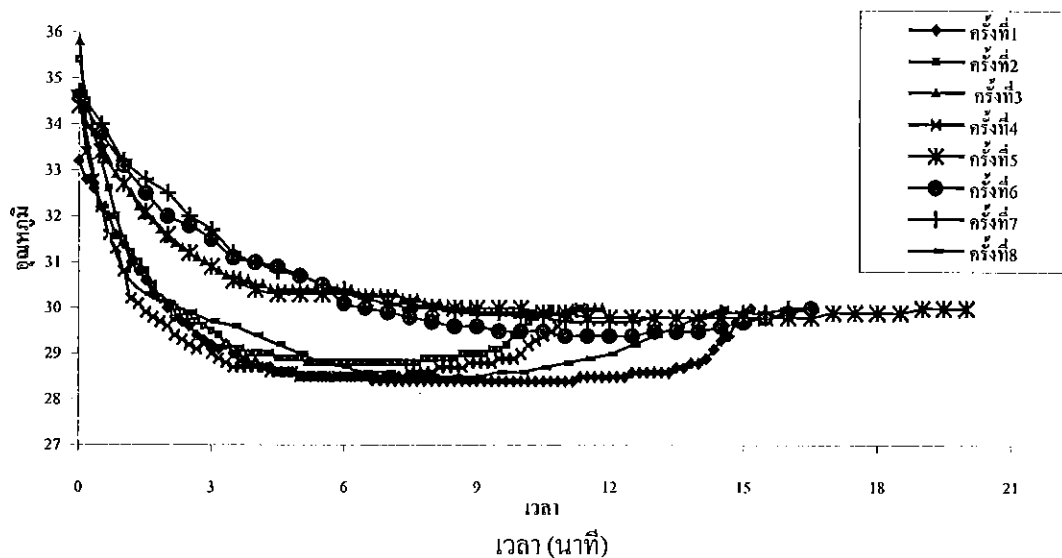
อัตราการไหลของ อากาศ (cfm)	ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr)					
	มุม 90°		มุม 80°		มุม 75°	
	1.5 cm	3.0 cm	1.5 cm	3.0 cm	1.5 cm	3.0cm
1000	8,358	8,156	8,565	6,863	6,544	6,589
1250	10,375	9,692	10,193	9,543	7,934	7,393
1500	10,109	9,448	10,002	9,072	8,000	8,370

หมายเหตุ ข้อมูลในตารางเป็นค่าเฉลี่ยทั้งหมดของการทดสอบในแต่ละรูปแบบ

จากตาราง 5.2 แสดงอัตราการทำความเย็นเฉลี่ยของแต่ละรูปแบบของทดสอบของตัวกลางมูลี่ ซึ่งจากผลในการทดสอบนี้พิจารณาจากรูปแบบที่ให้ประสิทธิภาพการระเหยสูงสุด ซึ่งผลจากการทดสอบสำหรับตัวกลางมูลี่ ที่อัตราการไหล 1250 cfm มุมเอียงของตัวกลาง 90° ที่ระยะห่าง 1.5 cm ให้ประสิทธิภาพการระเหยสูงสุด ดังนั้นอัตราการทำความเย็นเฉลี่ยของตัวกลางมูลี่ซึ่งพิจารณาจากรูปแบบที่ให้ประสิทธิภาพในการระเหยสูงสุดที่สุด คือ 10,375 Btu/hr ซึ่งจากอัตราการทำความเย็น

ของตัวกลางที่มีประสิทธิภาพการระเหยสูงที่สุดสามารถนำไปเลี้ยงไก่ได้จำนวน 380 ตัว โดยใช้พื้นที่ในการเลี้ยง 38 ตารางเมตร

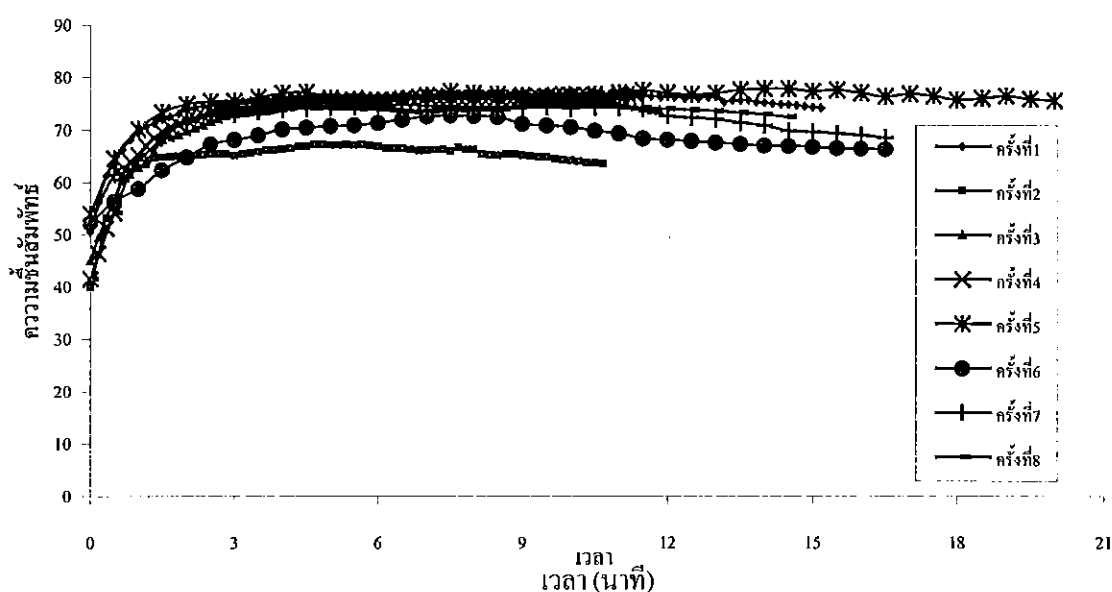
ชนิดของตัวกลางผ้าโซลอน



กราฟ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของตัวกลางผ้าโซลอน
ที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 90 องศา ระยะห่าง 1.5 cm

จากกราฟ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลา จากกราฟจะพบว่าอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากพัดลมปรับอากาศจะเริ่มมีอุณหภูมิลดลงตามระยะเวลาที่ผ่านไปจากนั้นก็จะมีอุณหภูมิกิ่งที่เมื่ออากาศลดอุณหภูมิมาได้ถึงจุดต่ำสุดหลังจากนั้นก็จะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งเกินกว่าอุณหภูมิที่จะนำอากาศไปใช้งานได้คือมีอุณหภูมิของอากาศเกิน 30°C เหตุผลที่กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเป็นเช่นนี้สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อนำอากาศจากภายนอกที่มีอุณหภูมิสูงมาเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่ชุ่มน้ำ อากาศจากภายนอกที่มีอุณหภูมิสูงเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่ชุ่มน้ำอากาศจะสูญเสียความร้อนให้กับน้ำ โดยที่อุณหภูมิของน้ำในช่วงแรกจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของตัวเองและจะค่อยๆ ลดลงจนกระทั่งมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิกะเปาะเปียก ทำให้อากาศที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางในช่วงแรก ซึ่งจะมีการถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำบนตัวกลางค่อยๆ มีอุณหภูมิลดลงตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำและเมื่อน้ำมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิกะเปาะเปียกอุณหภูมิของอากาศก็จะเริ่มคงที่หลังจากเมื่อเวลาผ่านไปก็จะทำให้

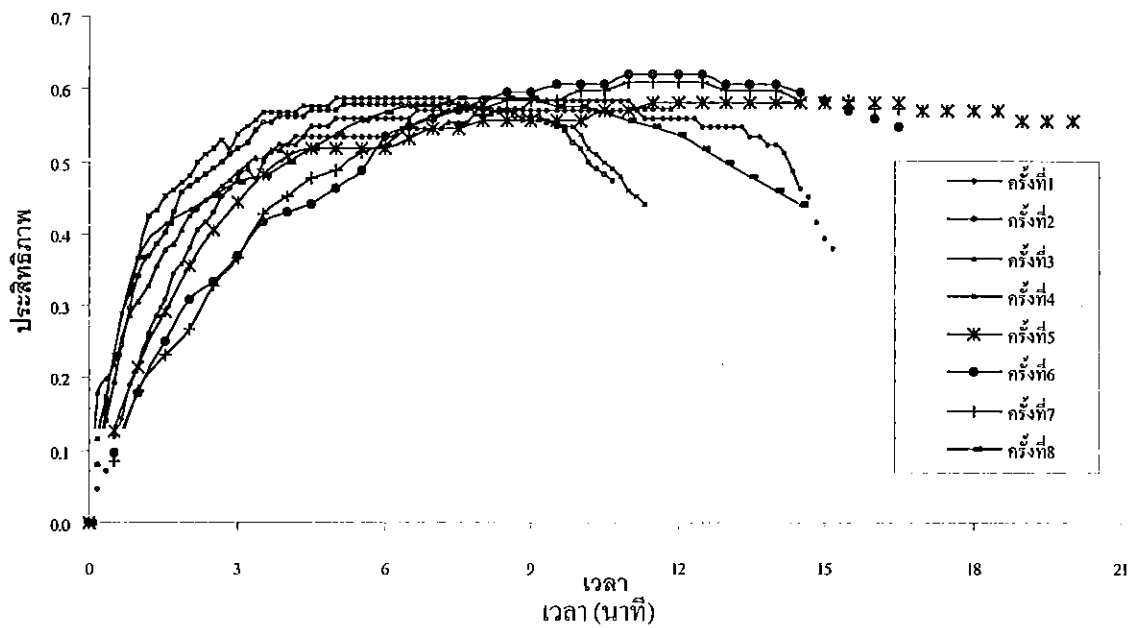
ปริมาณน้ำบนตัวกลางลดลงทำให้ปริมาณน้ำที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนมีไม่เพียงพอกับการแลกเปลี่ยนความร้อนทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงเกินกว่าอุณหภูมิที่จะนำไปใช้งานต้องทำการสเปรย์น้ำลงบนตัวกลางอีกครั้ง ซึ่งอุณหภูมิใช้งานสำหรับโรงเลี้ยงไก่อยู่ระหว่าง 27- 30°C โดยระยะเวลาเฉลี่ยที่สามารถนำอุณหภูมิของอากาศไปใช้งานสำหรับรูปแบบการทดสอบที่ให้ประสิทธิภาพการระเหยดีที่สุดคือ 15.0 นาที ซึ่งเมื่อระยะเวลาผ่านไป 15.0 นาทีแล้วต้องทำการสเปรย์น้ำใหม่อีกครั้ง



กราฟ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลาของตัวกลางกลางผ้าไซลอน ที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 ซม

จากกราฟ 5.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับเวลา จากกราฟจะพบว่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะมีลักษณะที่เพิ่มขึ้นและจะสามารถคงที่อยู่ได้ขณะหนึ่งหลังจากนั้นค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศก็จะลดลง ทั้งนี้เนื่องจากในขณะที่อากาศจากภายนอกเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่ชุ่มน้ำอากาศซึ่งเดิมจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ค่าหนึ่ง เมื่ออากาศถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำที่อยู่บนตัวกลางก็จะทำให้น้ำเกิดการระเหยตัวโดยที่ไอน้ำส่วนที่ระเหยตัวจะเข้าไปรวมกับไอน้ำในอากาศทำให้ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้หากกระบวนการในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศกับน้ำมีระยะเวลามากอาจจะทำให้อากาศมีสถานะเป็นอากาศที่อิ่มตัว ($\phi=100$ เปอร์เซ็นต์) ได้แต่จากการทดสอบค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศจะมีค่าไม่เกิน 80 % ซึ่งอยู่ใน

สถานะที่สามารถนำไปใช้งานได้ โดยที่ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่อยู่ในช่วงใช้งานสำหรับโรง
เลี้ยงไก่ อยู่ระหว่าง 60-80 %



กราฟ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพกับเวลาของตัวกลางผ้าโซลอนที่
อัตราการไหล 1000 cfm มุม 90 องศา ระยะห่าง 1.5 cm

จากกราฟ 5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการระเหยกับเวลา จากกราฟจะ
พบว่าประสิทธิภาพของการระเหยของน้ำในตัวกลางจะมีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำ ซึ่งเมื่อพิจารณา
จากสมการประสิทธิภาพการระเหยตัวของน้ำ คือ

$$\epsilon^{\text{sat}} = \frac{T_{\text{in}} - T_{\text{out}}}{T_{\text{in}} - T_{\text{wb,in}}}$$

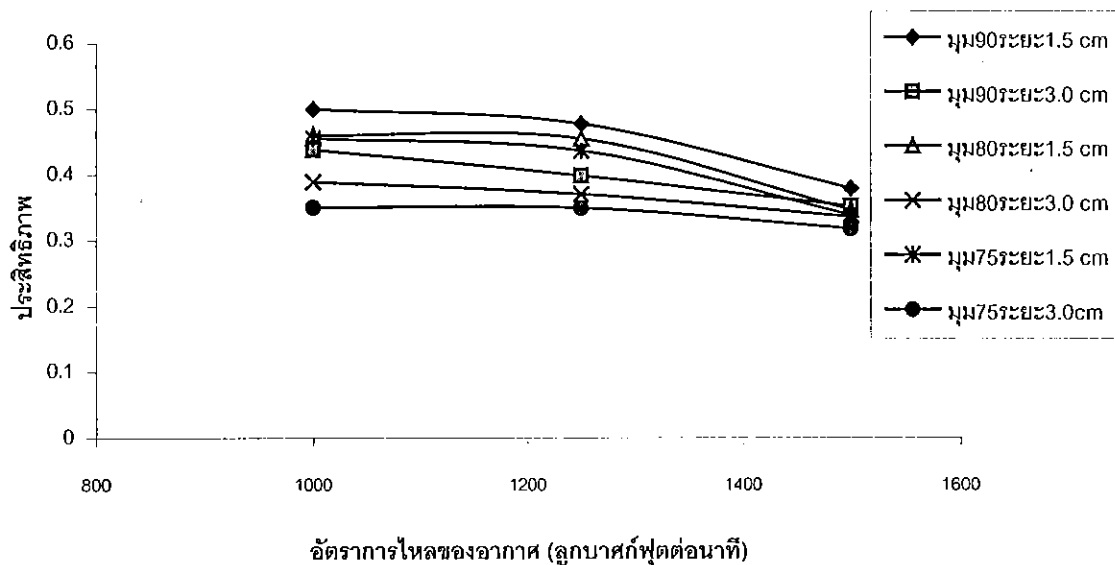
จากสมการความสัมพันธ์ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างผลต่างของอุณหภูมิของอากาศที่
สามารถลดได้จริงจากการทดสอบกับผลต่างของอุณหภูมิที่จะทำให้ น้ำเกิดการระเหยตัว ซึ่งค่าของ
 T_{in} และ $T_{\text{wb,in}}$ จะเป็นค่าของสถานะของอากาศก่อนเข้าเครื่องซึ่งจะคงที่ตลอดการทดสอบในแต่ละ

ครั้ง และค่า T_{out} จะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเครื่อง โดยที่อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเครื่องจะมีค่าลดลงเมื่อเริ่มเปิดพัดลมจนกระทั่งลดลงถึงจุดต่ำสุดแล้วก็จะสามารถคงอุณหภูมิไว้ได้ชั่วขณะหนึ่งหลังจากนั้นจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นซึ่งการเปลี่ยนของอุณหภูมิจะเป็นไปตาม กราฟ 5.5 ซึ่งได้อธิบายมาแล้วข้างต้น

ตาราง 5.3 ประสิทธิภาพของการระเหยเฉลี่ยของแต่ละรูปแบบการทดสอบของตัวกลางผ้าไซลอน

อัตราการไหลของอากาศ (cfm)	ประสิทธิภาพการระเหยเฉลี่ย (ϵ_{avg})					
	มุม 90°		มุม 80°		มุม 75°	
	1.5 cm	3.0 cm	1.5 cm	3.0 cm	1.5 cm	3.0 cm
1000	0.498	0.438	0.460	0.389	0.455	0.350
1250	0.476	0.398	0.454	0.370	0.436	0.349
1500	0.378	0.351	0.346	0.335	0.338	0.317

หมายเหตุ ข้อมูลในตารางเป็นค่าเฉลี่ยทั้งหมดของการทดสอบในแต่ละรูปแบบ



กราฟ 5.8 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเฉลี่ยกับอัตราการไหลของอากาศของตัวกลางผ้าไซลอนที่มุมและระยะห่างต่างๆกัน

จากตาราง 5.3 นำข้อมูลที่ได้มาทำการเขียนกราฟเพื่อทำการเปรียบเทียบผลของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในรูปแบบต่างๆที่นำมาใช้ในการทดสอบของตัวกลางผ้า โสลอนว่ามีผลอย่างไรเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการระเหย โดยจะพิจารณาที่ระยะห่างระหว่างตัวกลางที่ระยะห่าง 1.5 cm และที่ระยะห่าง 3.0 cm พิจารณามุมเอียงของตัวกลางที่มุมเอียงต่างๆกันคือ 75° 80° และ 90° และพิจารณาผลของการปรับอัตราการไหลของอากาศที่อัตราการไหลต่างๆกันคือ 1,000 1,250 และ 1,500 cfm

พิจารณาที่ระยะห่างของตัวกลาง โดยในการทดสอบเราให้ตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการทดสอบเหมือนกันแต่จะทำการปรับระยะห่างของตัวกลางให้แตกต่างกันคือที่ระยะห่างของตัวกลาง 1.5 cm และ 3.0 cm จากกราฟจะพบว่าที่ระยะห่าง 1.5 cm ให้ประสิทธิภาพในการระเหยดีกว่าที่ระยะห่าง 3.0 cm เนื่องจากเมื่อเราทำการปรับระยะห่างของตัวกลางให้มีระยะห่างเพิ่มมากขึ้นก็จะทำให้จำนวนของแผ่นตัวกลางที่จะนำมาใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นลดลงไปด้วยซึ่งก็จะส่งผลให้ปริมาณน้ำที่จะใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนนั้นลดลงไปด้วย ทำให้ปริมาณน้ำที่จะใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนมีน้อย และเมื่อเราเพิ่มระยะห่างระหว่างแผ่นตัวทำให้เกิดมีช่องว่างระหว่างตัวกลางเพิ่มมากขึ้นทำให้อากาศเคลื่อนที่ได้ง่ายโดยโอกาสที่อากาศจะถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำมีน้อยลง ซึ่งทำให้อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเครื่องมีอุณหภูมิลดลง

พิจารณาที่มุมเอียงของตัวกลาง โดยในการทดสอบเราให้ตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการทดสอบเหมือนกันแต่จะทำการปรับมุมเอียงของตัวกลางให้แตกต่างกันคือที่มุมเอียงของตัวกลาง 75° 80° และ 90° จากกราฟจะพบว่าที่มุมเอียงของตัวกลาง 90° จะให้ประสิทธิภาพในการระเหยที่ดีที่สุด เนื่องจากเมื่อปรับมุมเอียงของตัวกลางเป็น 90° ลักษณะของตัวกลางจะไปขวางการเคลื่อนที่ของอากาศทำให้อากาศที่เคลื่อนผ่านตัวกลางมีโอกาสที่จะสัมผัสกับตัวกลางมากขึ้นทำให้อากาศมีการถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำมากยิ่งขึ้นส่งผลให้อากาศที่ออกจากเครื่องมีอุณหภูมิลดลง ซึ่งก็จะทำให้ประสิทธิภาพในการระเหยตัวของน้ำเพิ่มสูงด้วย ในขณะที่เดียวกันเมื่อเราทำการปรับมุมเอียงของตัวกลางให้เอียงมากขึ้นทำให้อากาศสามารถเคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้นทำให้อากาศที่อากาศจะสัมผัสกับตัวกลางลดลงส่งผลให้อากาศที่ออกจากเครื่องมีอุณหภูมิลดลงไม่มาก ซึ่งก็จะทำให้ประสิทธิภาพในการระเหยตัวของน้ำไม่สูงมากนัก

พิจารณาที่อัตราการไหลของอากาศ โดยในการทดสอบเราให้ตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการทดสอบเหมือนกันแต่จะทำการปรับอัตราการไหลของอากาศให้แตกต่างกันคือที่อัตราการไหลของอากาศ 1,000 1,250 และ 1,500 cfm. จากกราฟจะพบว่าที่อัตราการไหลของอากาศที่ 1,000 cfm จะให้ประสิทธิภาพในการระเหยที่ดีที่สุด

สรุปรูปแบบในการทดสอบที่ให้ประสิทธิภาพในการระเหยดีที่สุดสำหรับตัวกลางผ้าโซลอน คือ ที่อัตราการไหลของอากาศ 1,000 cfm ระยะห่างระหว่างตัวกลาง 1.5 cm มุมเอียงของตัวกลาง 90° โดยมีประสิทธิภาพการระเหยเท่ากับ 0.500

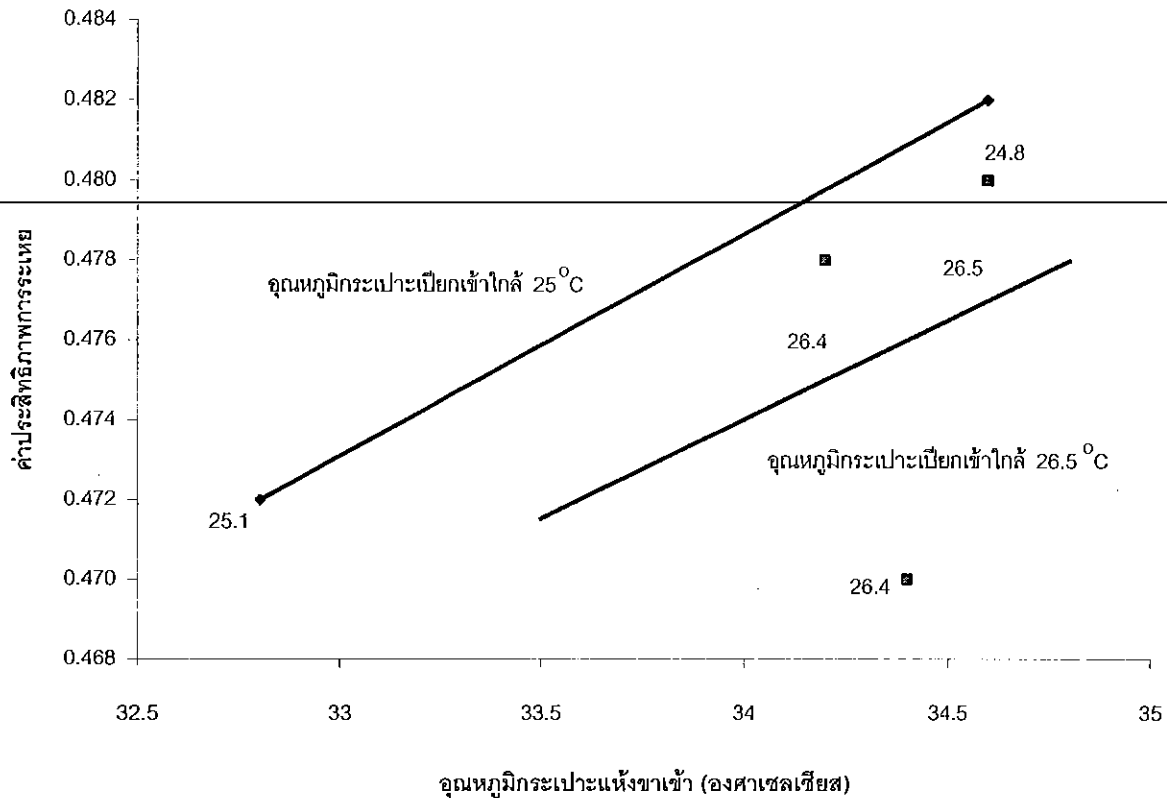
ตาราง 5.4 อัตราการทำความเย็นเฉลี่ยของแต่ละรูปแบบของทดสอบของตัวกลางผ้าโซลอน

อัตราการไหลของ อากาศ (cfm)	ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr)					
	มุม 90 °		มุม 80 °		มุม 75 °	
	1.5 cm	3.0 cm	1.5 cm	3.0 cm	1.5 cm	3.0cm
1000	10,256	8,046	9,213	6,695	9,686	6,857
1250	10,376	9,096	9,342	8,423	8,651	8,969
1500	9,492	7,913	8,562	8,377	7,673	7,218

หมายเหตุ ข้อมูลในตารางเป็นค่าเฉลี่ยทั้งหมดของการทดสอบในแต่ละรูปแบบ

จากตาราง 5.4 แสดงอัตราการทำความเย็นเฉลี่ยของแต่ละรูปแบบของทดสอบของตัวกลางผ้าโซลอน ซึ่งจากผลในการทดสอบนี้พิจารณาจากรูปแบบที่ให้ประสิทธิภาพการระเหยสูงสุด ซึ่งผลจากการทดสอบสำหรับตัวกลางผ้าโซลอน ที่อัตราการไหล 1,000 cfm มุมเอียงของตัวกลาง 90° ที่ระยะห่าง 1.5 cm ให้ประสิทธิภาพการระเหยสูงสุด ดังนั้นอัตราการทำความเย็นเฉลี่ยของตัวกลางผ้าโซลอน ซึ่งพิจารณาจากรูปแบบที่ให้ประสิทธิภาพในการระเหยสูงที่สุด คือ 10,256 Btu/hr ซึ่งจากอัตราการทำความเย็นของตัวกลางที่มีประสิทธิภาพการระเหยสูงที่สุดสามารถนำไปเลี้ยงไก่ได้จำนวน 370 ตัว โดยใช้พื้นที่ในการเลี้ยง 37 ตารางเมตร

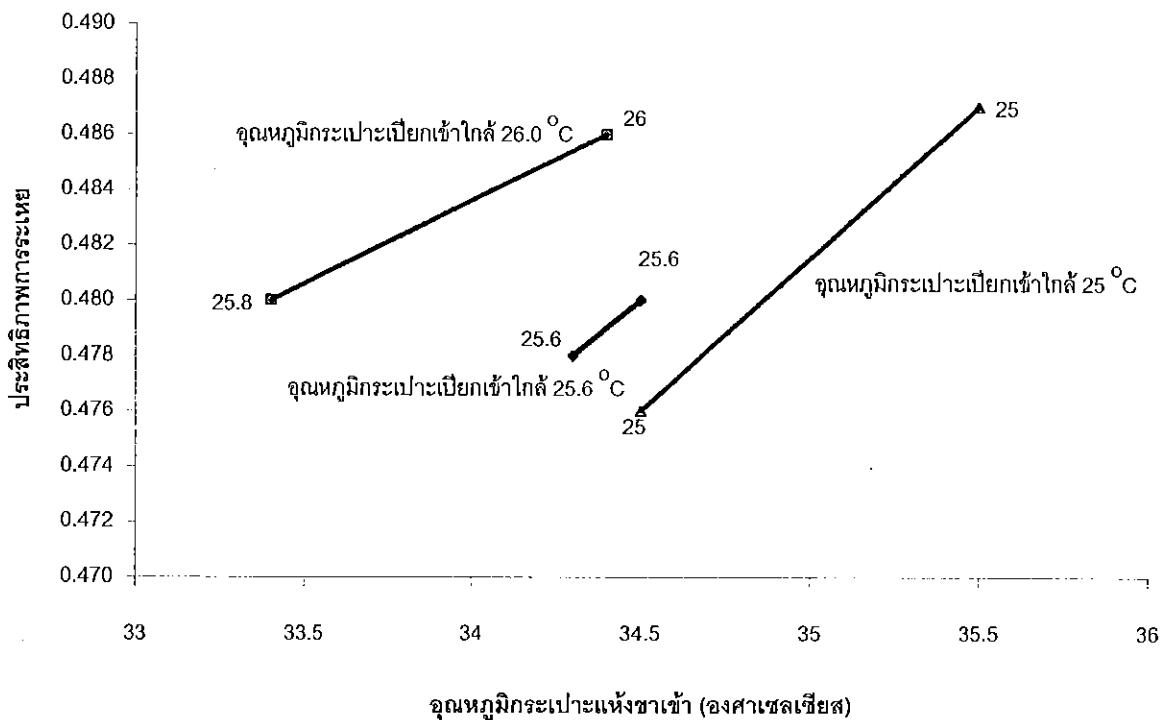
จากการทดสอบหาประสิทธิภาพของตัวกลางมูลี่และผ้าโซลอนที่อัตราการไหล 1000 cfm และ 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm แล้วนำผลการทดสอบที่มีอุณหภูมิกระเปาะเปียกเท่ากันมาทำการเขียนกราฟ เพื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวกลาง และหาตัวกลางที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจากการทดสอบประสิทธิภาพผ้าโซลอนให้ผลดังกราฟ 5.9



กราฟ 5.9 ประสิทธิภาพการระเหยของตัวกลางผ้าโซลอนที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm

จากกราฟ 5.9 แสดงประสิทธิภาพการระเหยของตัวกลางผ้าโซลอนที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm ซึ่งจากกราฟเราจะพบว่าเมื่อเราพิจารณาที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่สถานะที่แตกต่างกัน จะพบว่าที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำจะให้ประสิทธิภาพการระเหยดีกว่าที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกสูง เนื่องจากเมื่ออากาศเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำอากาศจะพยายามลดอุณหภูมิของตัวเองให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก ทั้งนี้เพื่อให้ตัวมันมีสถานะอิ่มตัว ซึ่งก็จะทำให้ผลต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศขาเข้าและขาออกของอากาศที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำนั้นมากกว่าอากาศที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกสูงทำให้ประสิทธิภาพในการระเหยสูงกว่าด้วย และเมื่อพิจารณาที่สถานะของอากาศที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกเดียวกันโดยให้อุณหภูมิกระเปาะแห้งเปลี่ยนแปลงจะพบว่าเมื่ออุณหภูมิกระเปาะแห้งเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการระเหยก็จะเพิ่มขึ้นทั้งนี้ก็คืออากาศที่มีอุณหภูมิกระเปาะเปียกเดียวกันนั้นหากมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำโดยที่ปริมาณน้ำมีเพียงพอ อากาศก็จะพยายามลดอุณหภูมิต่ำลงเพื่อให้อยู่

ในสถานะอิ่มตัวทำให้อากาศที่มีอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงนั้นมีผลต่างระหว่างอุณหภูมิขาเข้ากับขาออกสูงทำให้ประสิทธิภาพการระเหยสูงขึ้นตามไปด้วย

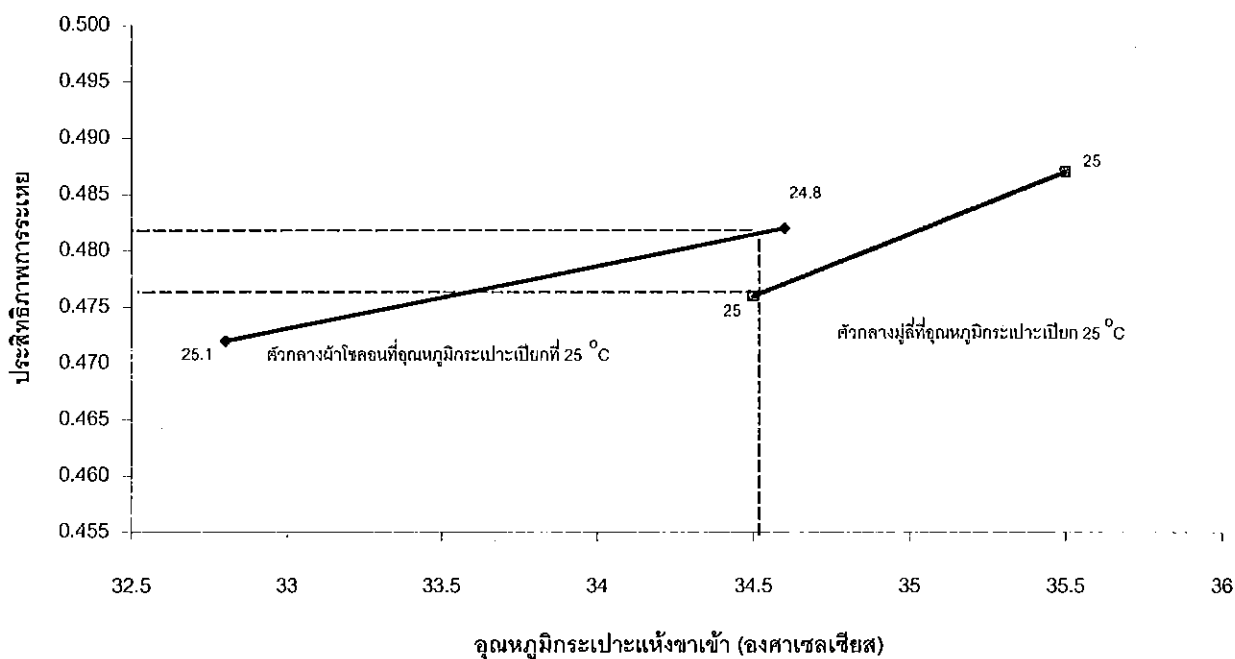


กราฟ 5.10 ประสิทธิภาพการระเหยของตัวกลางมู่ลี่ที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm

จากกราฟ 5.10 แสดงประสิทธิภาพของตัวกลางมู่ลี่ที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm ซึ่งจากกราฟเราจะพบว่าเมื่อเราพิจารณาที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่สถานะที่แตกต่างกัน จากผลการทดสอบข้างต้นเราพบว่าผลการทดสอบไม่เป็นไปตามทฤษฎี โดยผลการทดสอบนั้นที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกสูงจะให้ประสิทธิภาพการระเหยที่ดีกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกที่ต่ำ ซึ่งตามทฤษฎีแล้วที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำต้องให้ประสิทธิภาพการระเหยที่ดีกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิกระเปาะเปียกสูง ทั้งนี้เนื่องมาจากอากาศต้องการไอน้ำที่เกิดจากการระเหยตัวของน้ำเพื่อให้ตัวมันมีสถานะอิ่มตัวดังนั้นเมื่ออากาศมีอุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำก็จะทำให้ต้องใช้ปริมาณน้ำที่มากในการทำให้อากาศอยู่ในสถานะที่อิ่มตัวแต่เนื่องจากปริมาณบนตัวกลางมู่ลี่มีอยู่

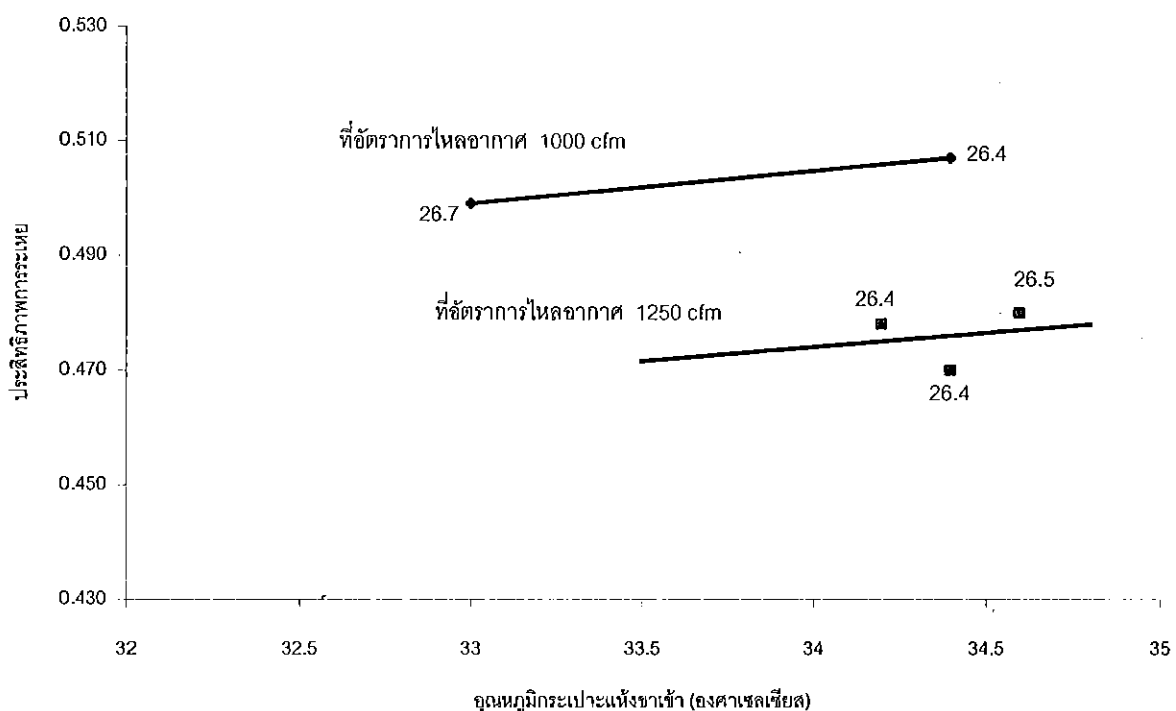
อย่างจำกัดทำให้ปริมาณไม่เพียงพอต่อการทำให้อากาศอยู่ในสถานะที่อิ่มตัวทำให้เมื่ออากาศมีอุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำนั้นไม่มีประสิทธิภาพการระเหยสูงขึ้นตามทฤษฎี และเมื่อพิจารณาที่สถานะของอากาศที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกเดียวกัน โดยให้อุณหภูมิกระเปาะแห้งเปลี่ยนแปลงจะพบว่าเมื่ออุณหภูมิกระเปาะแห้งเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพในการระเหยก็จะเพิ่มขึ้นทั้งนี้ก็คืออากาศที่มีอุณหภูมิกระเปาะเปียกเดียวกันนั้นหากมีการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำโดยที่ปริมาณน้ำมีเพียงพออากาศก็จะพยายามลดอุณหภูมิของตัวเองลงมาให้ให้อยู่ในสถานะอิ่มตัวทำให้อากาศที่มีอุณหภูมิกระเปาะแห้งสูงนั้นมีผลต่างระหว่างอุณหภูมิขาเข้ากับขาออกสูงทำให้ประสิทธิภาพการระเหยสูงขึ้นตามไปด้วย

จากกราฟ 5.9 และกราฟ 5.10 สามารถนำค่าประสิทธิภาพการระเหยที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกเดียวกัน อัตราการไหลของอากาศเท่ากันมาทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระเหยของตัวกลางทั้งสองชนิดจะได้ผลดังกราฟ 5.11



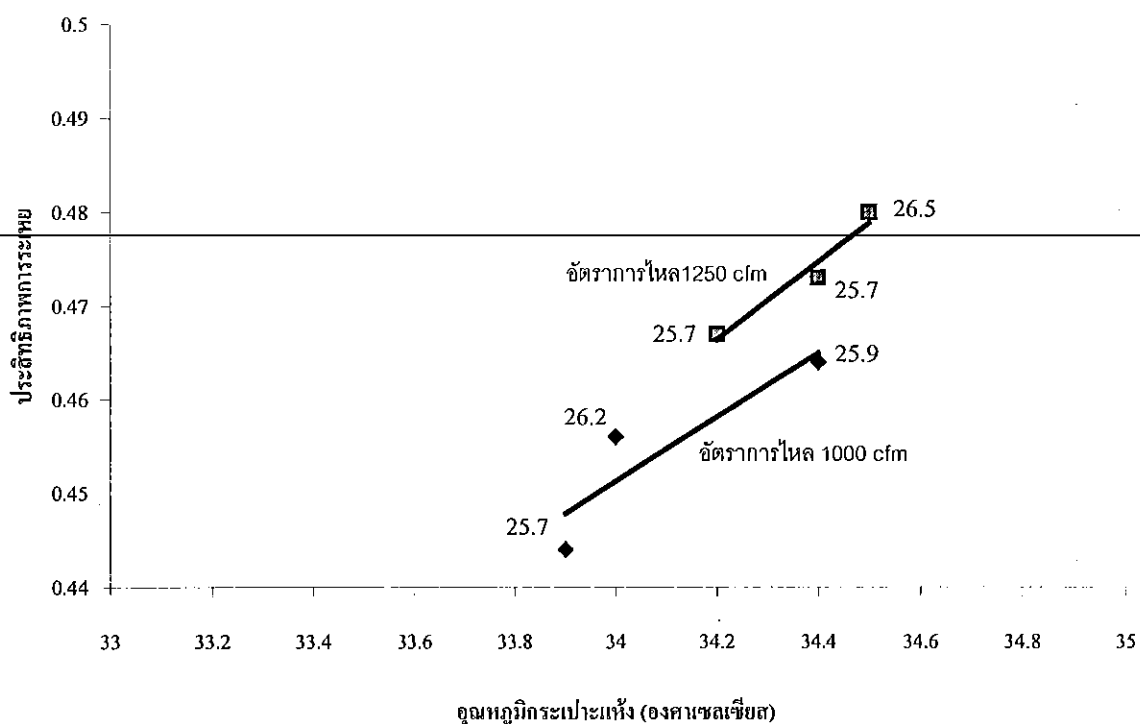
กราฟ 5.11 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการระเหยของตัวกลางมูลี่และผ้าไซลอนที่อุณหภูมิกระเปาะเปียก 25°C และที่อัตราการไหล 1250 cfm เท่ากัน

จากกราฟ 5.11 เป็นกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระเหยของตัวกลางมู่ลี่และตัวกลางผ้าไซลอน ซึ่งจากกราฟจะพบว่าตัวกลางผ้าไซลอนให้ประสิทธิภาพการระเหยดีกว่าตัวกลางมู่ลี่เมื่อพิจารณาที่สภาวะของอากาศเดียวกัน เนื่องจากผ้าไซลอนสามารถซึมซับปริมาณน้ำได้ดีกว่ามู่ลี่ทำให้มีปริมาณที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความร้อนได้มากกว่ามู่ลี่



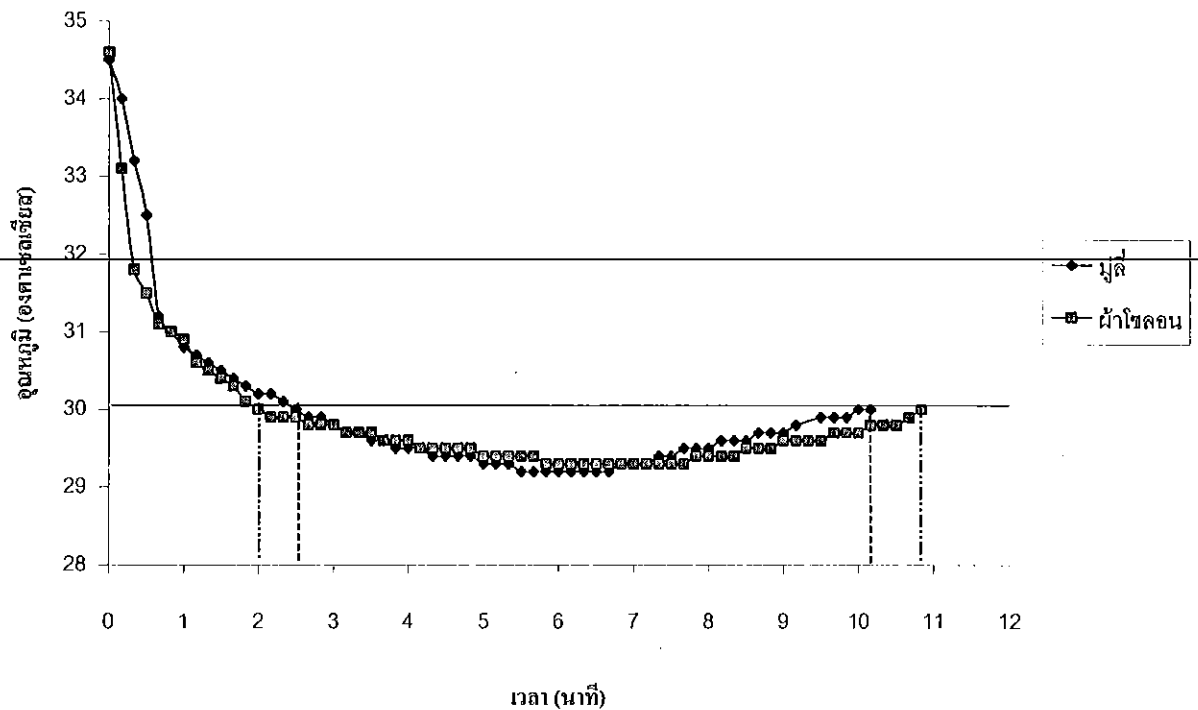
กราฟ 5.12 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1000 cfm และ 1250 cfm ที่มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm อุณหภูมิกระเปาะเปียก 26.5 °C

จากกราฟ 5.12 ซึ่งเป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1000 cfm และที่อัตราการไหล 1250 cfm ที่มุม 90 องศา ระยะห่าง 1.5 cm และ อุณหภูมิกระเปาะเปียก 26.5 °C เดียวกัน เราพบว่าสำหรับตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1000 cfm จะให้ประสิทธิภาพการระเหยที่ดีกว่าอัตราการไหล 1250 cfm



กราฟ 5.13 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1000 cfm และ 1250 cfm ที่มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm อุณหภูมิกระเปาะเปียก 26.0 °C

จากกราฟ 5.13 ซึ่งเป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมูลี่ที่อัตราการไหล 1000 cfm และที่อัตราการไหล 1250 cfm ที่มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm และอุณหภูมิกระเปาะเปียก 26.0 °C เดียวกัน เราพบว่าสำหรับตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1250 cfm จะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าอัตราการไหล 1000 cfm



กราฟ 5.14 เปรียบเทียบความสามารถในการซึมซับน้ำของตัวกลางมู่ลี่และผ้าใยลอนที่อัตราการไหล 1250 มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm ที่อุณหภูมิกระเปาะเปียก 26.5 °C อุณหภูมิกระเปาะแห้งขาเข้า 34.5°C

จากกราฟ 5.14 เป็นกราฟแสดงการเปรียบเทียบความสามารถในการซึมซับน้ำของตัวกลางมู่ลี่และตัวกลางผ้าใยลอนที่รูปแบบในการทดสอบเดียวกันและที่สถานะของอากาศขาเข้าเดียวกัน ซึ่งจากกราฟจะพบว่าเราสามารถนำอากาศที่ได้จากรูปแบบในการทดสอบที่ใช้ตัวกลางผ้าใยลอนเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อนไปใช้ได้ยาวนานกว่าตัวกลางมู่ลี่ แสดงว่าปริมาณน้ำที่มีอยู่บนตัวกลางผ้าใยลอนนั้นมีมากกว่าตัวกลางมู่ลี่ ดังนั้นตัวกลางผ้าใยลอนสามารถซึมซับน้ำได้ในปริมาณที่มากกว่าตัวกลางมู่ลี่

สรุปผลจากการทดสอบที่ระยะห่างของตัวกลาง 1.5 cm จะให้ประสิทธิภาพการระเหยที่ดีกว่าที่ระยะห่างของตัวกลาง 3.0 cm มุมเอียงของตัวกลาง 90° จะให้ประสิทธิภาพการระเหยดีกว่ามุมเอียงของตัวกลาง 80° และ 75° ทั้งตัวกลางมู่ลี่และตัวกลางผ้าใยลอน โดยตัวกลางมู่ลี่ให้ประสิทธิภาพการระเหยดีที่สุดที่อัตราการไหลของอากาศ 1,250 cfm และตัวกลางผ้าใยลอนให้ประสิทธิภาพการระเหยดีที่สุดที่อัตราการไหลของอากาศ 1,000 cfm เมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

ระเหยของตัวกลางมูลี่และตัวกลางผ้าไซลอน โดยทำการเปรียบเทียบกันที่ 1250 cfm เนื่องจากตัวกลางมูลี่ให้ประสิทธิภาพการระเหยที่ดีที่สุดที่ 1250 cfm ซึ่งผลจากการทดสอบพบว่าตัวกลางผ้าไซลอนจะให้ประสิทธิภาพการระเหยที่ดีกว่าตัวกลางมูลี่ที่มุมเอียงของตัวกลาง และระยะห่างระหว่างตัวกลางเดียวกัน และเมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการซึมซับน้ำของตัวกลางโดยพิจารณาที่ระยะเวลาที่สามารถนำอากาศไปใช้งานโดยให้รูปแบบในการทดสอบและสถานะของอากาศเดียวกันพบว่าตัวกลางผ้าไซลอนสามารถนำอากาศที่ได้ไปใช้งานได้นานกว่าตัวกลางมูลี่แสดงว่าตัวกลางผ้าไซลอนมีปริมาณน้ำที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนความมากกว่าตัวกลางมูลี่ดังนั้นตัวกลางผ้าไซลอนจึงสามารถซึมซับน้ำได้มากกว่าตัวกลางมูลี่

จากผลการทดสอบที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศเดียวกัน ประสิทธิภาพการระเหยจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศเพิ่มขึ้น และในขณะที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งอากาศเดียวกันประสิทธิภาพการระเหยเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศลดลง

บทที่ 6

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการทดสอบ

พัดลมปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่ ได้ทำการออกแบบให้มีรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยม กว้าง 600 มิลลิเมตร ยาว 800 มิลลิเมตรและสูง 1700มิลลิเมตร โครงสร้างของเครื่องทำจากเหล็กฉาก ฐานออกแบบมาเพื่อรองรับตัวเครื่องและติดตั้งปั้มน้ำ โดยมีล้อเพื่ออำนวยความสะดวกเคลื่อนย้าย ผนังของเครื่องทำจากแผ่นพีวีเจอร็อบอร์ด โครงสร้างสำหรับติดตั้งตัวกลางออกแบบให้สามารถถอดเปลี่ยนตัวกลางได้ ปรับมุมเอียงได้ ตั้งแต่ 75-90 องศา และปรับระยะห่างระหว่างตัวกลาง 1.5 เซนติเมตร ด้านหลังของเครื่องออกแบบให้สามารถช่วยในการปรับอัตราการไหลของอากาศได้ พัดลมสามารถปรับความเร็วลมได้ 3 ระดับจากผลการทดสอบตั้งแต่วันที่ 8 มีนาคม 2545 ถึง วันที่ 6 เมษายน 2545 เวลา 8.00น.-18.00น. ซึ่งอุณหภูมิในการทดสอบอยู่ระหว่าง 31.6°C - 36.6°C ความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 33- 58 % ประสิทธิภาพการระเหยของพัดลมปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่ ซึ่งจะการทำทดสอบกับตัวแปร 4 ตัวแปร คือ ชนิดตัวกลาง (มูโก้และผ้าไซลอน) มุมเอียงของตัวกลาง(90 , 80 , และ 75 องศา กับแนวระดับ) ระยะห่างของตัวกลาง (1.5 และ 3.0 เซนติเมตรและอัตราการไหลของอากาศ (1,000 , 1,250 และ 1,500 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที) จากการทดสอบพัดลมปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่ที่ใช้กับตัวกลางมูโก้และตัวกลางผ้าไซลอน พบว่ามีประสิทธิภาพการระเหยตัวของน้ำดีที่สุดของตัวกลางทั้ง 2 ชนิดเหมือนกัน คือ ที่มุมเอียงของตัวกลาง 90 องศา และระยะห่างของตัวกลาง 1.5 เซนติเมตร แต่ให้ค่าประสิทธิภาพการระเหยที่อัตราการไหลที่แตกต่างกันคือ ที่อัตราการไหล 1,250 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีให้ค่าประสิทธิภาพการระเหยสูงสุดสำหรับตัวกลางมูโก้ และที่อัตราการไหล 1,000 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ให้ค่าประสิทธิภาพการระเหยสูงสุดสำหรับตัวกลางผ้า คือ 0.476 และ 0.498 สำหรับตัวกลางมูโก้และตัวกลางผ้าไซลอนตามลำดับ และเมื่อพิจารณาที่รูปแบบการทดสอบเดียวกันสถานะของอากาศเข้าเดียวกัน ตัวกลางผ้าไซลอนจะให้ประสิทธิภาพการระเหยดีกว่าตัวกลางมูโก้ โดยที่ความสามารถในการทำความเย็นทำความเย็นของตัวกลางมูโก้ ตัวกลางผ้าไซลอน เมื่อพิจารณาจากรูปแบบการทดสอบที่ให้ประสิทธิภาพการระเหยที่ดีที่สุด คือ 10,375 และ 10,256 Btu/hr ตามลำดับ โดยที่ผ้าไซลอนจะมีความสามารถในการซึมซับน้ำได้ดีกว่ามูโก้

สำหรับการนำไปใช้งานเมื่อพิจารณาที่รูปแบบที่ให้ประสิทธิภาพการระเหยควรเลือกใช้ ตัวกลางผ้าไซลอน มุมเอียงของตัวกลาง 90 องศา ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวกลาง 1.5 เซนติเมตร และ อัตราการไหลของอากาศ 1000 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที สามารถทำความเย็นได้ 10,256 Btu/hr เนื่องจาก ผ้าไซลอนสามารถซึมซับน้ำได้ดีกว่ามูลี และเป็นรูปแบบที่ให้ประสิทธิภาพการระเหยดีที่สุด ซึ่ง สามารถนำไปเลี้ยงไก่ได้จำนวน 370 ตัวโดยใช้พื้นที่ในการเลี้ยงไก่ 37 ตารางเมตร

6.2 ข้อเสนอแนะ

วัสดุที่สามารถใช้ทำแผ่นตัวกลางสำหรับพัดลมปรับอากาศในโรงเลี้ยงไก่อันยังมีอีกหลาย ชนิด ซึ่งอาจจะให้ประสิทธิภาพที่ดีแตกต่างไปจากที่ใช้ในการทดสอบ ดังนั้นหากมีการพัฒนานำ วัสดุชนิดอื่นที่มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ดีอาจทำให้ประสิทธิภาพ ในการระเหยที่ดีขึ้น

ในการเลี้ยงสัตว์ชนิดอื่นๆ เช่น หมู นก ในปัจจุบันนิยมเลี้ยงกันในลักษณะโรงเรือนปิด โดย ทำการปรับอากาศให้กับโรงเรือนเพื่อให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสัตว์ ดังนั้นควรมีการ ศึกษาเพิ่มเติมเพื่อนำพัดลมปรับอากาศไปใช้กับสัตว์ชนิดอื่นๆ

บรรณานุกรม

1. มนตรี พิรุณเกษร. อุณหพลศาสตร์ 2. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์

2. สุวิทย์ รัตนชัย. การเลี้ยงไก่เนื้อ. กรุงเทพฯ : เกษตรสยาม , 2539
3. สุรพล พุฒพานิช. การปรับอากาศหลักการและระบบ. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์
4. อัครเดช สิ้นธุภัก. การทำความเย็น. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2538
5. Shan K. Wang. Handbook of Air Conditioning and Refrigeration. United States of America : McGraw-Hill , Inc., 1994
6. Akton Psychrometric Chart Software V.4.10e

ภาคผนวก ก
ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณ

ก.1 หาค่าความร้อนของไก่อ่ 1 ตัว

ข้อมูล พัดลมขนาด 38 นิ้ว สามารถเลี้ยงไก่อ่ได้ 1,000 ตัว โดยมีอัตราการเลี้ยง 1 ตารางเมตร ต่อไก่อ่ 10 ตัว โดยให้ความเร็วลมอยู่ที่ 90 เมตรต่ออนาที อุณหภูมิภายในโรงเรือน 82.4 °F อุณหภูมิอากาศภายนอกเฉลี่ยทั้งวัน 93.2 °F

$$\begin{aligned}
 \text{จาก } \text{cfm} &= VA \\
 &= (90 \times 3.2808) (\pi/4)(38/12)^2 \\
 &= 2324 \text{ cfm} \\
 Q &= 1.1 \text{ cfm} (T_{\text{out}} - T_{\text{in}}) \\
 &= 1.1 \times 2324 (93.2 - 82.4) \\
 &= 27,609 \text{ Btu/hr ต่อไก่อ่ 1,000 ตัว}
 \end{aligned}$$

ค่าความร้อนของไก่อ่ 1 ตัว เท่ากับ 27.6 Btu/hr

ก.2 หาประสิทธิภาพการระเหย Saturation effectiveness

ตัวอย่าง ข้อมูลผลการทดสอบตัวกลางมู่ลี่ที่อัตราการไหล 1250 cfm , มุม 90 องศา , ระยะห่าง 1.5 เซนติเมตร $T_{\text{in}} = 34.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{RH} = 42.0 \%$, $T_{\text{wb}} = 25.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$

ครั้งที่ 1 (วันที่ 8 มีนาคม 2545)				
เวลา (นาที)	%RH	T_{out}		ประสิทธิภาพ (ϵ_{sat})
		$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F}$	
6.500	66.5	29.2	84.56	0.558
6.667	66.3	29.2	84.56	0.558
6.833	66.0	29.3	84.74	0.547
7.000	65.8	29.3	84.74	0.547
7.167	65.6	29.3	84.74	0.547
7.333	65.4	29.4	84.92	0.537

จากสมการ(2.1)

$$\epsilon_{sat} = \frac{T_{in} - T_{out}}{T_{in} - T_{wb,in}}$$

โดยที่

T_{in}, T_{out} = อุณหภูมิกระเปาะแห้งอากาศที่เข้าและออกจากเครื่อง ($^{\circ}F$)

$T_{wb,in}$ = อุณหภูมิกระเปาะเปียกอากาศก่อนเข้าเครื่อง ($^{\circ}F$)

ที่ระยะเวลา 6.500 นาที

จากสถานะเริ่มต้น $T_{in} = 34.5^{\circ}C$ ($94.1^{\circ}F$), $RH = 42.0\%$ นำค่า T_{in} และ RH ไปค้นหา T_{wb} จากแผนภูมิไซโครเมตริกชาร์ท ซึ่งได้ $T_{wb} = 25.0^{\circ}C$ ($77.0^{\circ}F$)

$$\epsilon_{sat} = \frac{94.1 - 84.56}{94.1 - 77.0}$$

$$\epsilon_{sat} = 0.558$$

ทำการหาประสิทธิภาพเฉลี่ยของการทดสอบโดยที่เริ่มตั้งแต่เริ่มการทดลองจนอุณหภูมิของอากาศเกินอุณหภูมิใช้งาน ($30^{\circ}C$) ผลการคำนวณทั้งหมดอยู่ในภาคผนวก ง.

ก.3 อัตราการทำความเย็น

จากตัวอย่างในภาคผนวก ก.2

จากสมการ (2.2)

$$Q_{eva} = 1.1 \text{ cfm} (T_{in} - T_{out})$$

ที่ระยะเวลา 6.500 นาที

$$Q_{eva} = 1.1 \times 1250 \times (94.1 - 84.56)$$

$$Q_{eva} = 13,117.5 \text{ Btu/hr}$$

ทำการหาอัตราการทำความเย็นเฉลี่ยของการทดสอบโดยที่เริ่มตั้งแต่เริ่มการทดลองจนอุณหภูมิของอากาศเกินอุณหภูมิใช้งาน ($30^{\circ}C$)

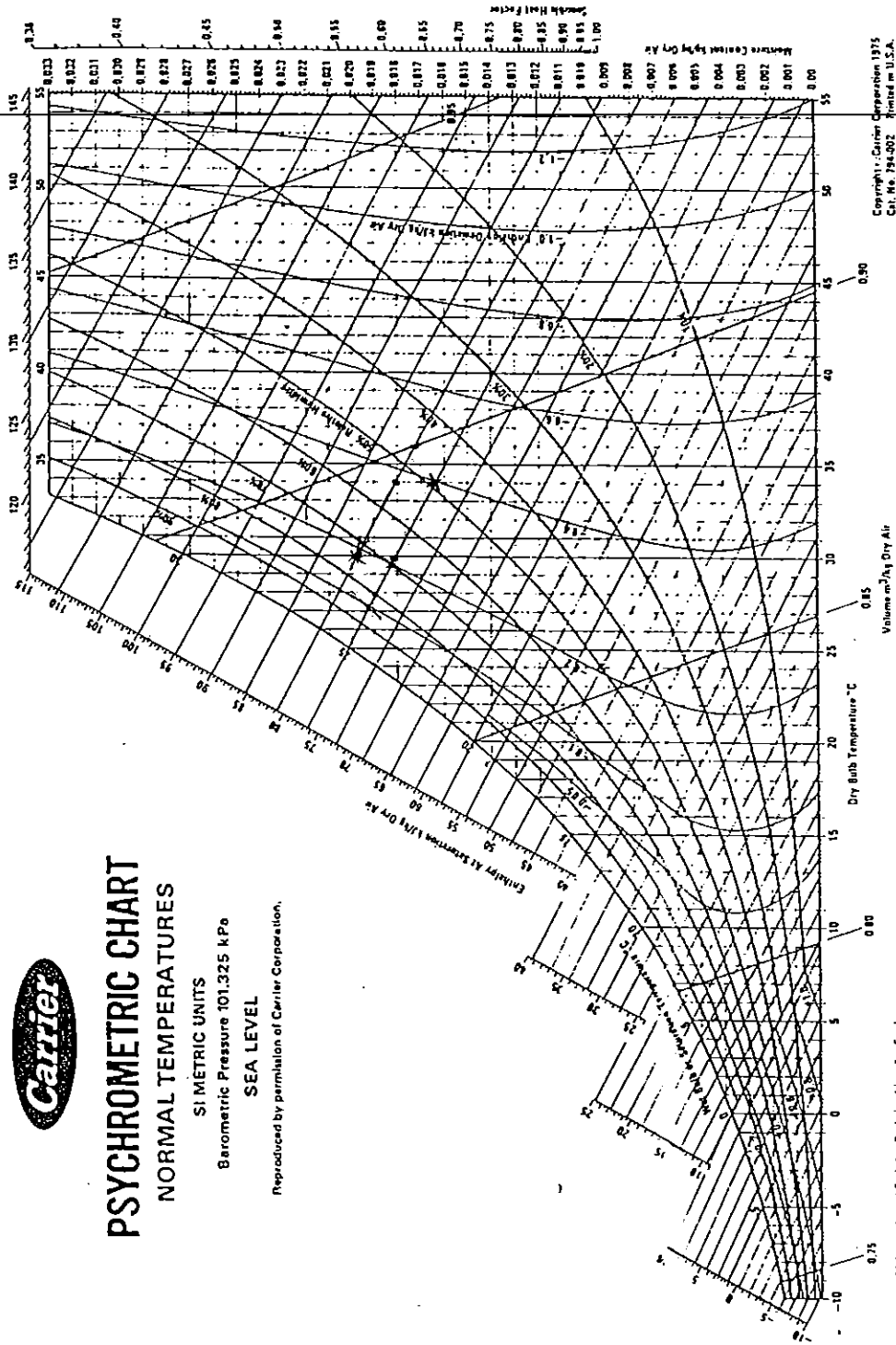
ภาคผนวก ข
แผนภาพไซโครเมตริกชาร์ท



PSYCHROMETRIC CHART NORMAL TEMPERATURES

SI METRIC UNITS
Barometric Pressure 101.325 kPa
SEA LEVEL

Reproduced by permission of Carrier Corporation.



Copyright © Carrier Corporation 1975
Cat. No. 754-002 Printed in U.S.A.

รูปที่ ข.1 แผนภูมิไซโครเมตริก

Below 0°C Properties and Enthalpy Deviation Lines See Fan Ice

ภาคผนวก ค
แบบ (Drawing)

Parts List				
Item	Qty	Name	Material	Note
1	1	STRUCTURE	STEEL	
2	1	BASE	STEEL	
3	4	WHEEL		
4	1	SUMP	ZINC	
5	1	FAN		
6	1	PUMP		
7	1	RIGHT SLOT	STEEL	
8	1	LEFT SLOT	STEEL	
9	2	HOLDER FAN	STEEL	
10	4	HOLDER		
11	74	LINK STRETCH MEDIA	STEEL	
12	2	LINKAGE 1	STEEL	
13	2	LINKAGE 2	STEEL	
14	2	FUTURE BOARD 1	FUTURE BOARD	800 x 1700 mm.
15	1	FUTURE BOARD 2	FUTURE BOARD	600 x 1100 mm.
16	1	FUTURE BOARD 3	FUTURE BOARD	600 x 600 mm.
17	1	FUTURE BOARD 4	FUTURE BOARD	600 x 800 mm.
18	1	FUTURE BOARD 5	FUTURE BOARD	600 x 1200 mm.
19	1	FUTURE BOARD 6	FUTURE BOARD	600 x 1000 mm.

**FACULTY OF ENGINEERING
NARESUAN UNIVERSITY**

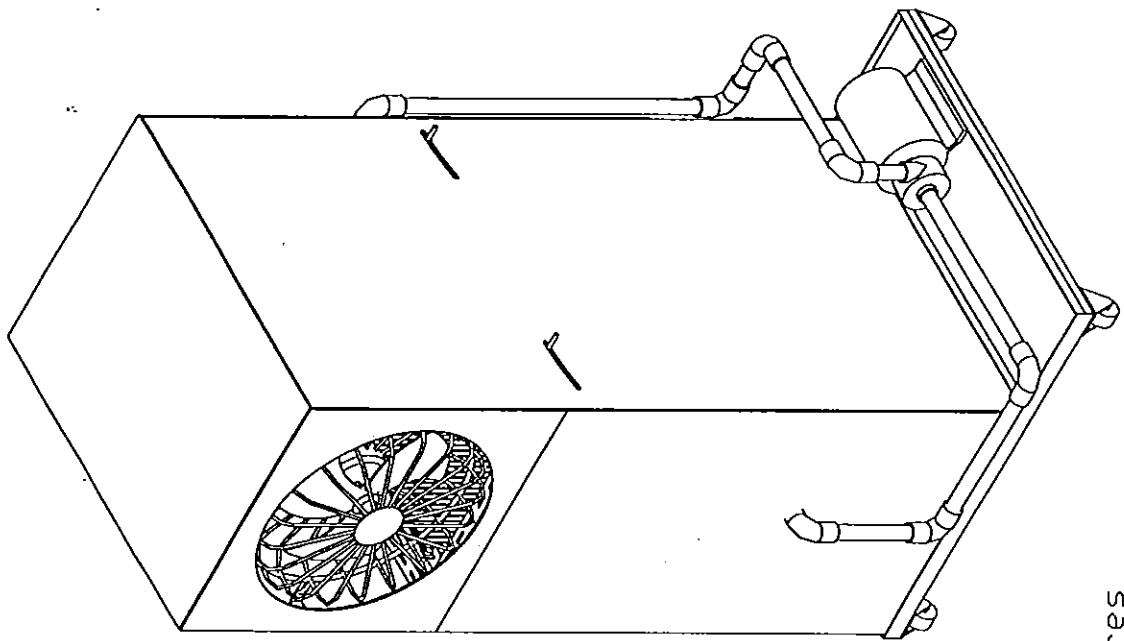
PARTS LIST
PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens

SCALE : 1/1

DATE : 07/04/45

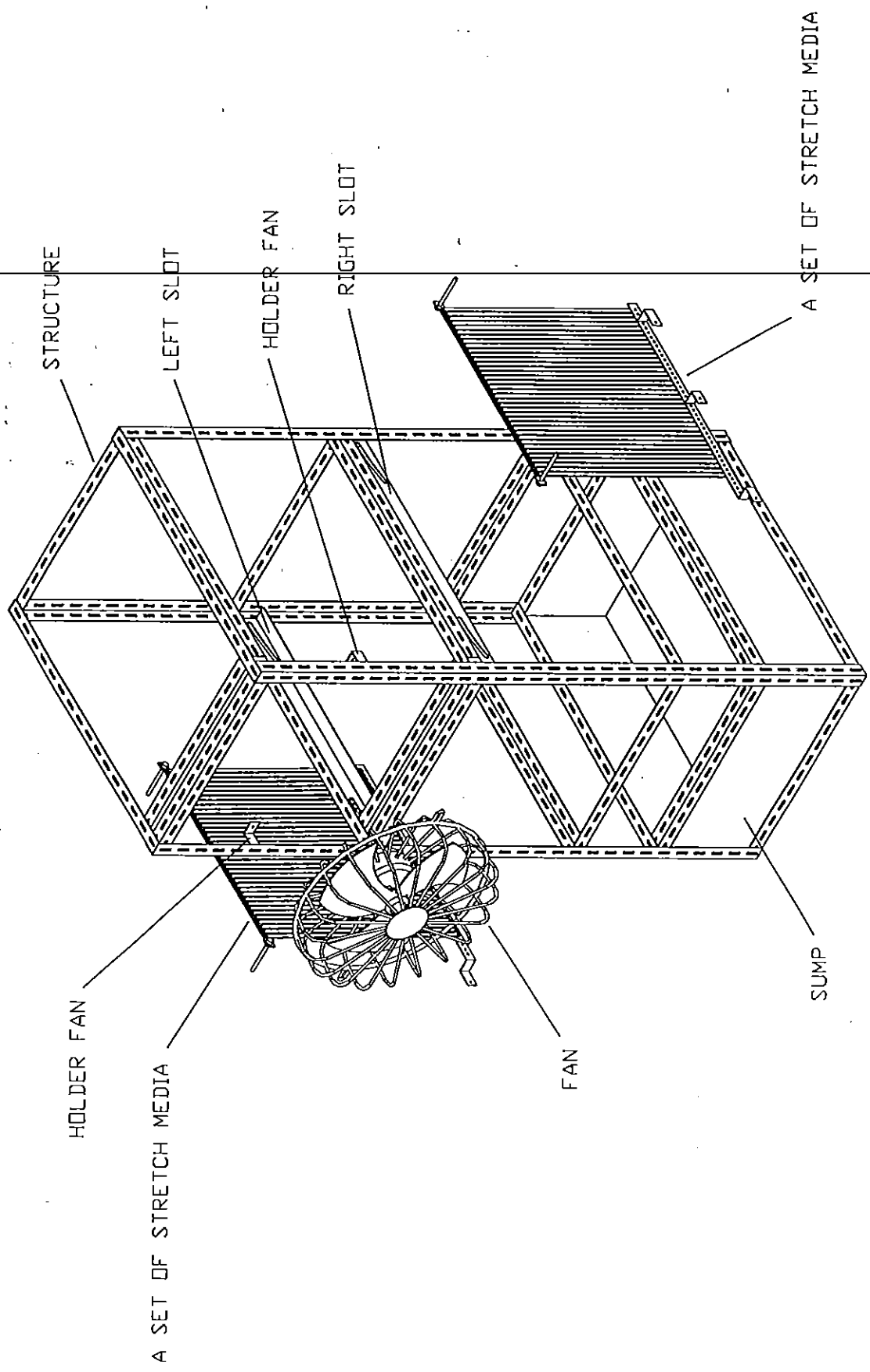
PLATE : 01/21

DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL



Note : All dimensions are in millimetres

<p>FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY</p>	<p>ISOMETRIC</p>	<p>SCALE : 1/14</p>	<p>DATE : 07/04/45</p>	<p>PLATE : 02/21</p>
<p>PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL</p>				



Note : All dimensions are in millimetres

FACULTY OF ENGINEERING
NARESUAN UNIVERSITY

ASSEMBLY 1

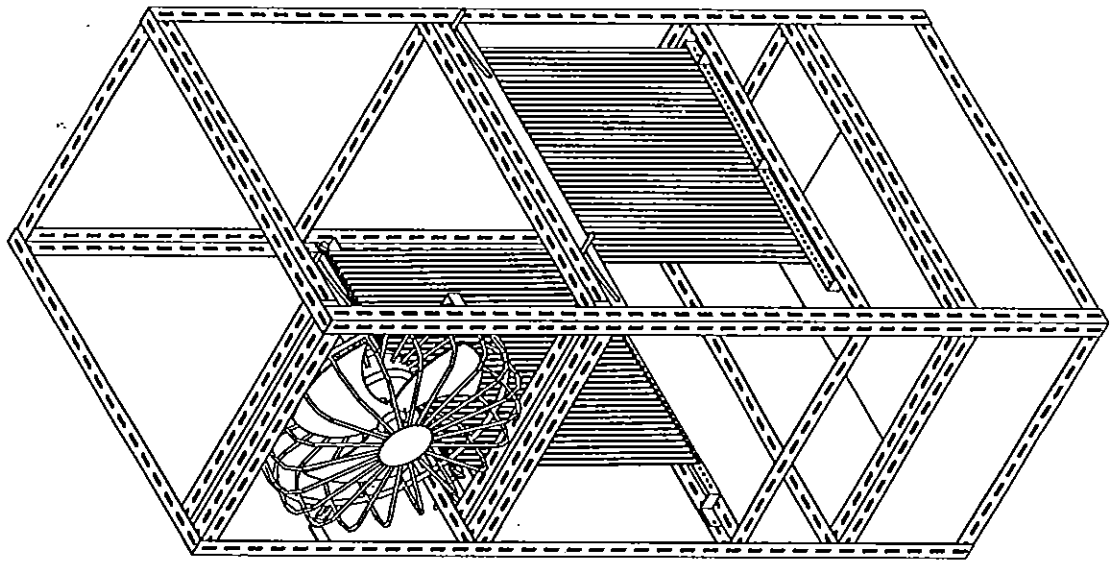
PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens

SCALE : 1/13

DATE : 07/04/45

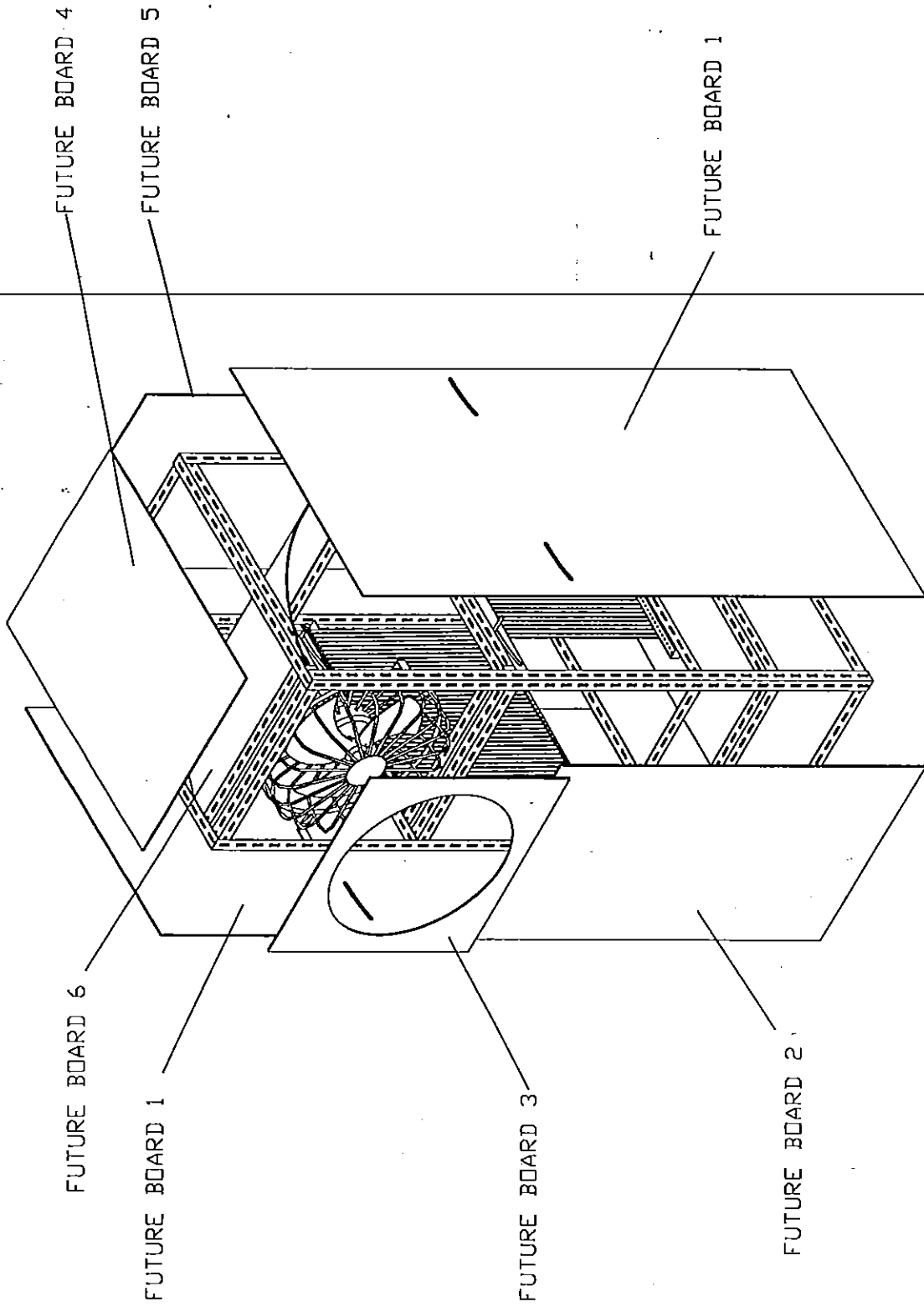
PLATE : 03/21

DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL



Note : All dimensions are in millimetres

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	ASSEMBLY 2	SCALE : 1/13	DATE : 07/04/45	PLATE : 04/21
	PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens		DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL	



Note : All dimensions are in millimetres

**FACULTY OF ENGINEERING
NARESUAN UNIVERSITY**

ASSEMBLY 3

PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens

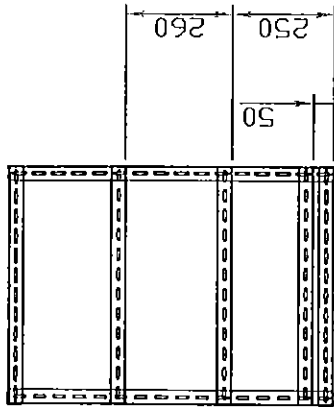
SCALE : 1/15

DATE : 07/04/45

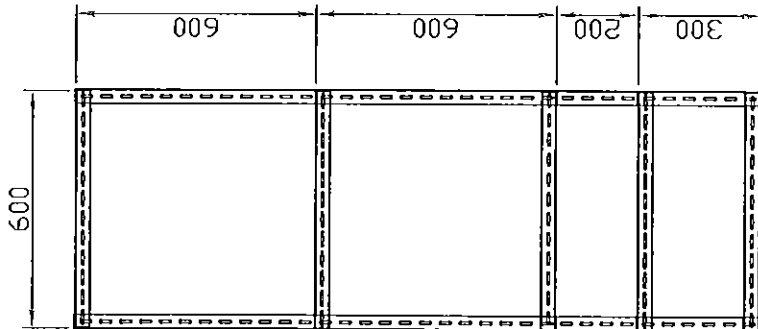
PLATE : 05/21

DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL

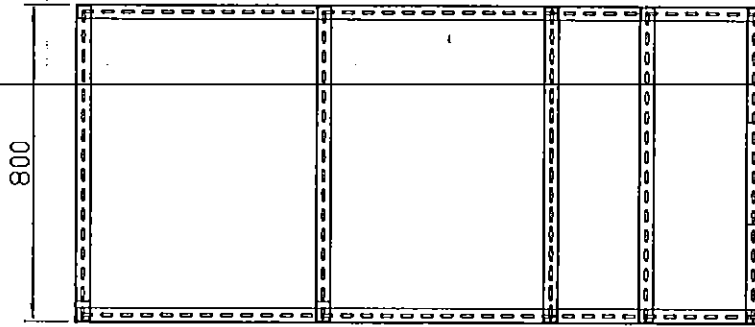
Note : All dimensions are in millimetres



TOP VIEW



FRONT VIEW



RIGHT VIEW

FACULTY OF ENGINEERING
NARESUAN UNIVERSITY

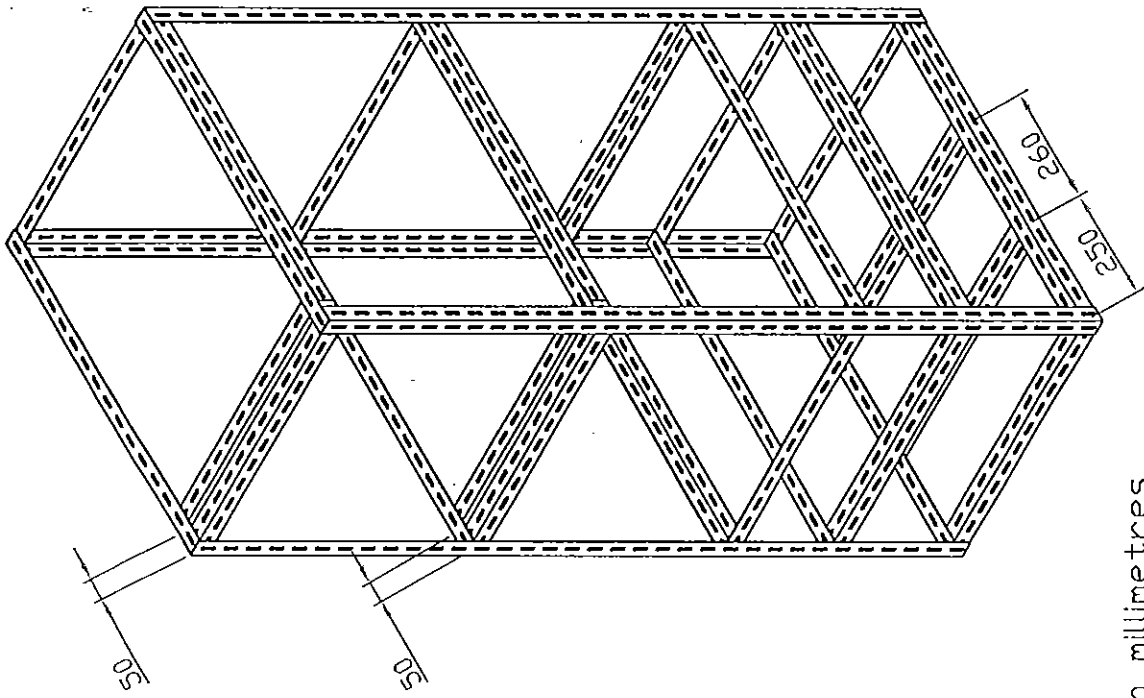
STRUCTURE
 PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens

SCALE : 1/18

DATE : 07/04/45

PLATE : 06/21

DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL



Note : All dimensions are in millimetres

**FACULTY OF ENGINEERING
NARESUAN UNIVERSITY**

STRUCTURE

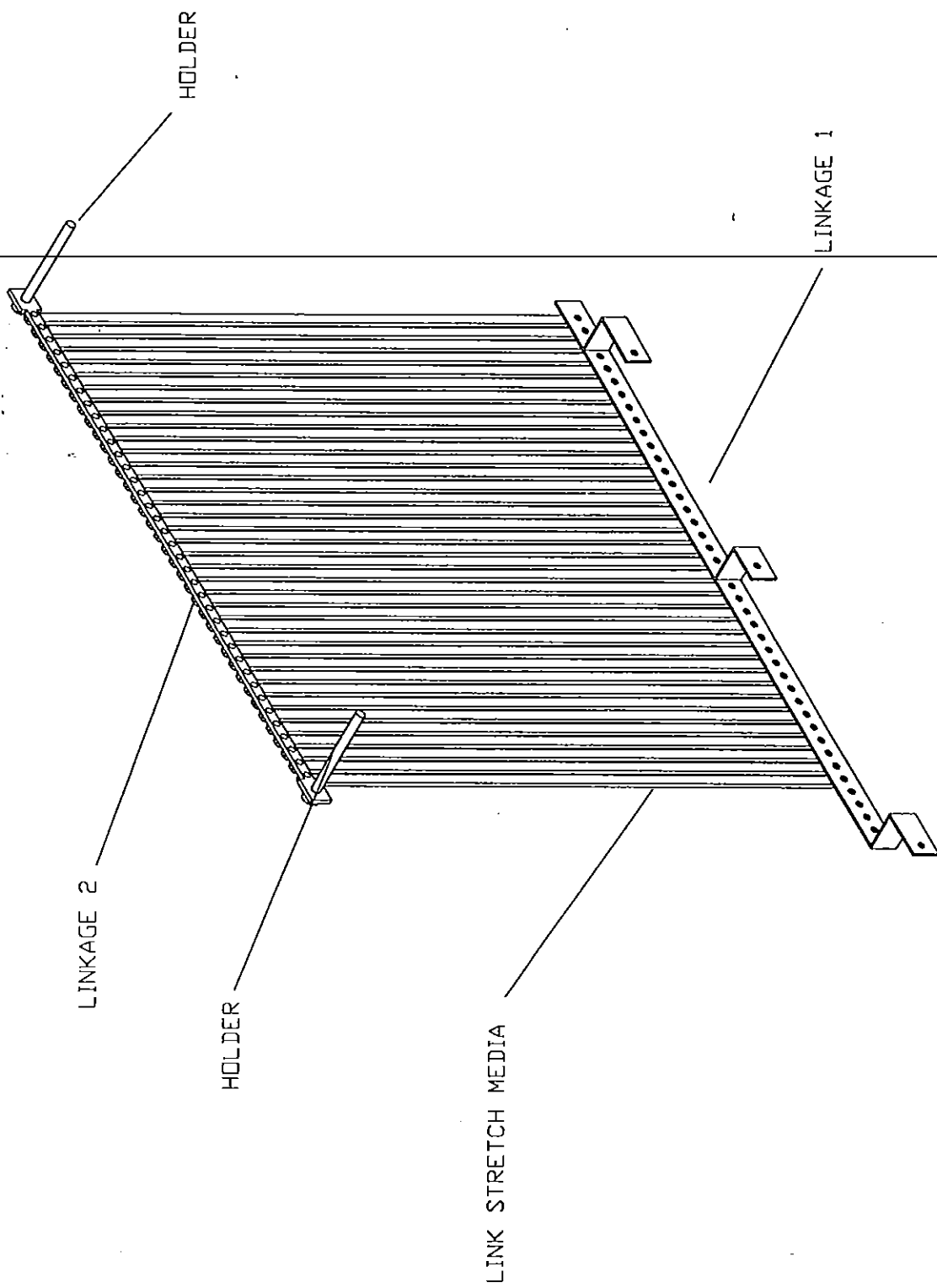
PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens

SCALE: 1/13

DATE: 07/04/45

PLATE: 07/21

DRAW BY: PISIT SANGUANTRAKARNKUL

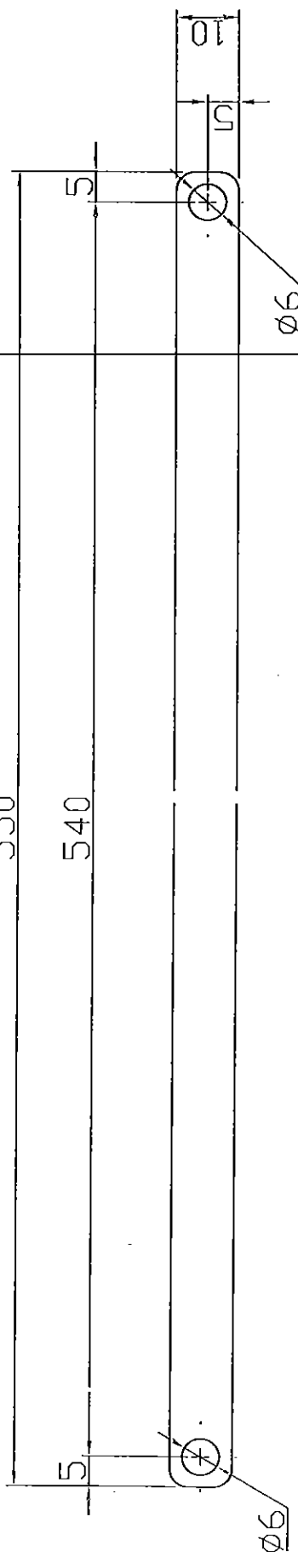


Note : All dimensions are in millimetres

<p>FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY</p>	<p>A SET OF STRETCH MEDIA</p>	<p>SCALE : 1/5</p>	<p>DATE : 07/04/45</p>	<p>PLATE : 08/21</p>
<p>PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL</p>				

550

540



Steel thickness 4 mm.

Note : All dimensions are in millimetres

**FACULTY OF ENGINEERING
NARESUAN UNIVERSITY**

LINK STRETCH MEDIA

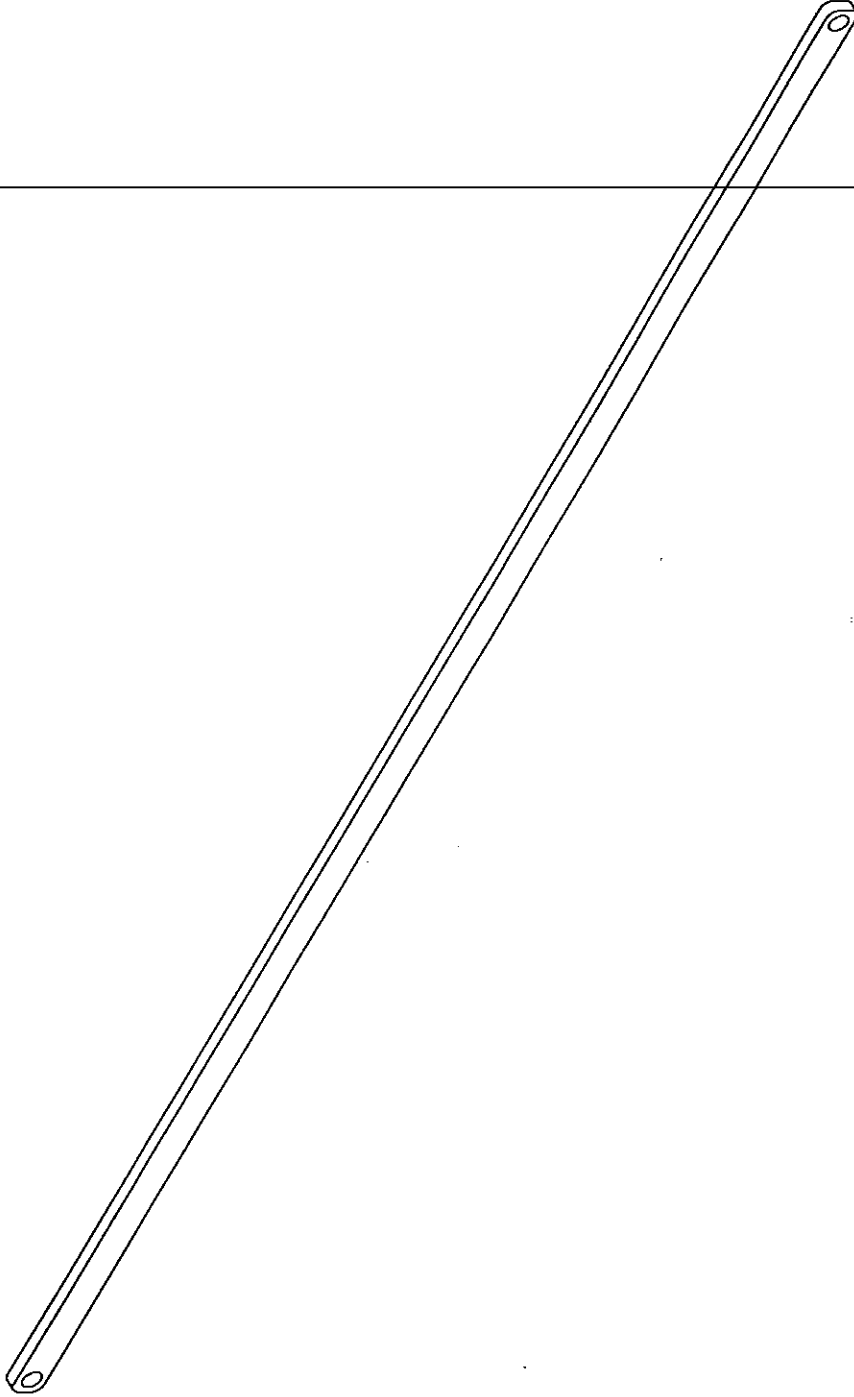
SCALE : 1/1

DATE : 07/04/45

PLATE : 09/21

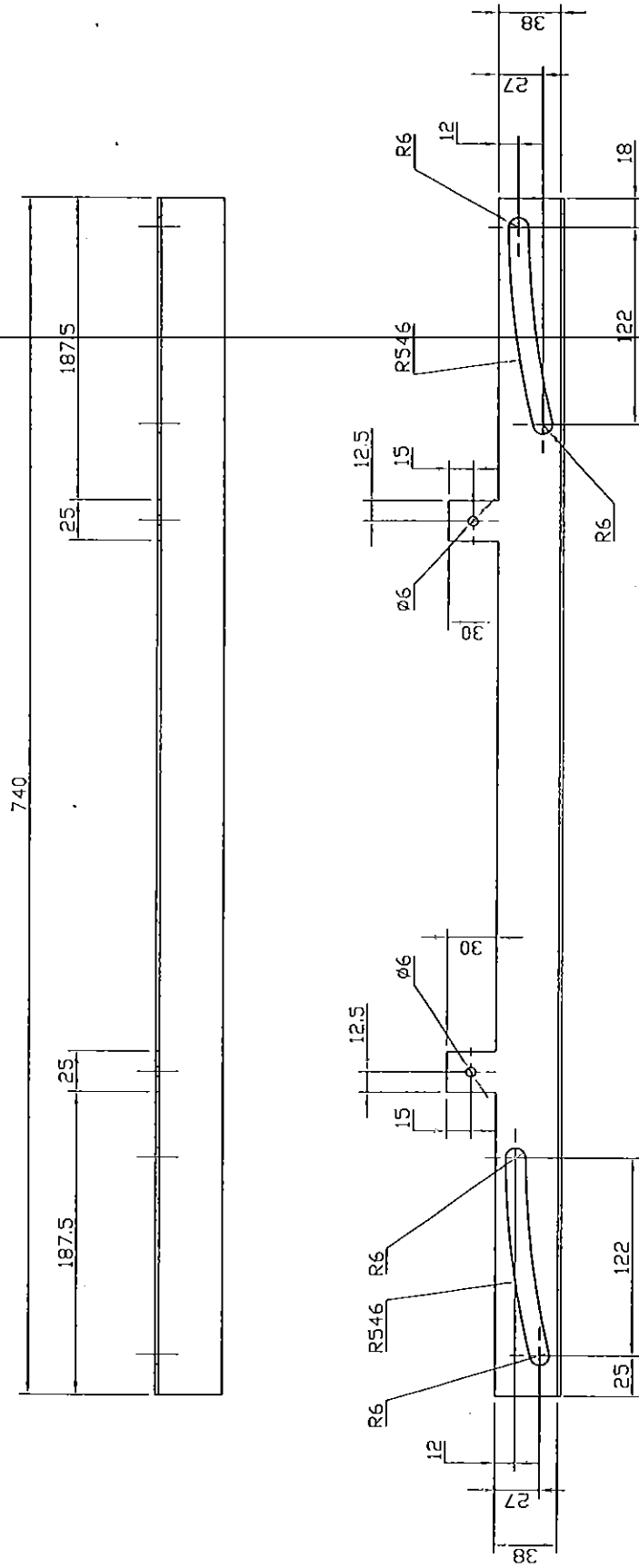
PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens

DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL



Note : All dimensions are in millimetres

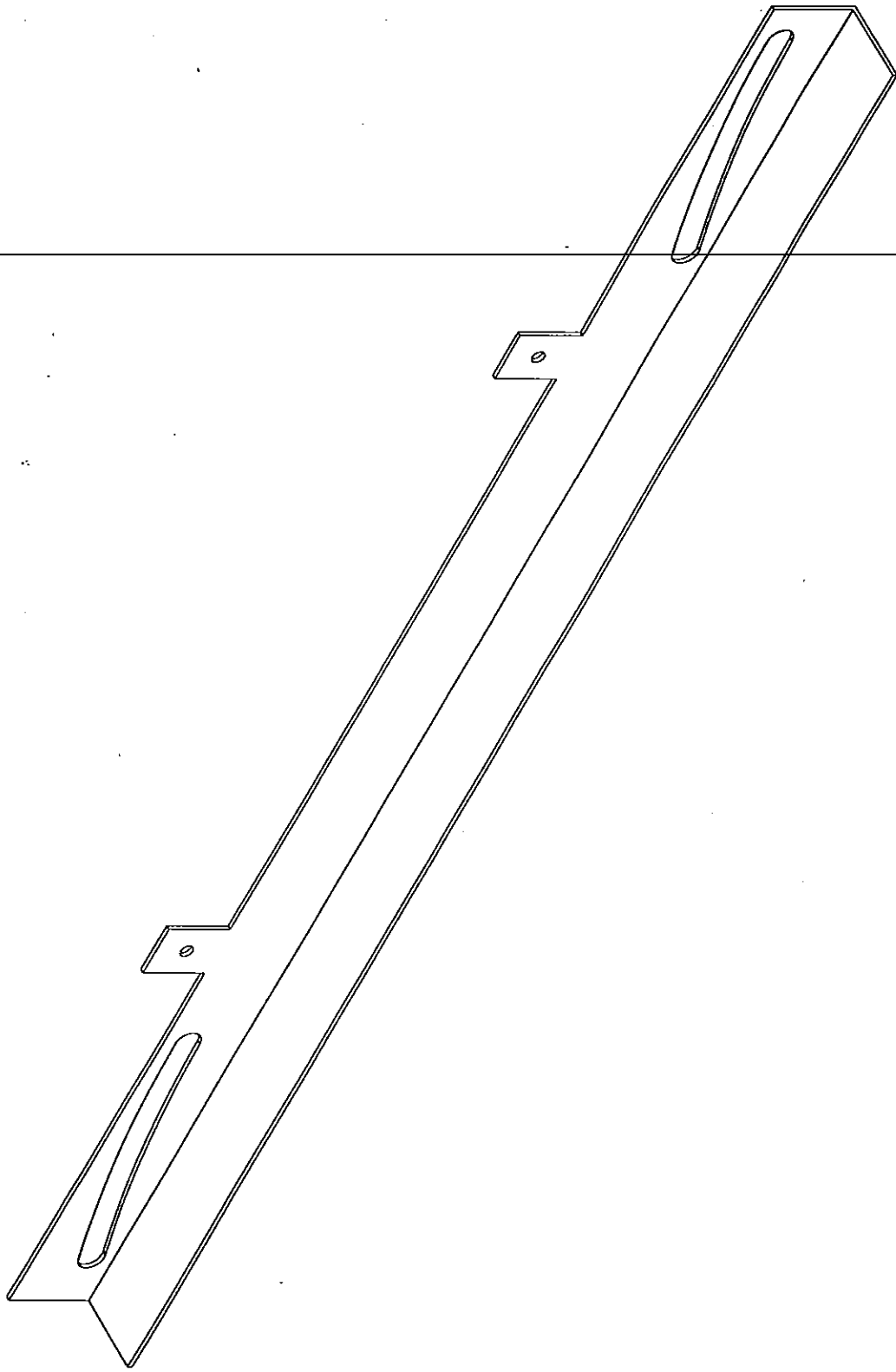
FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	LINK STRETCH MEDIA	SCALE : 1/2	DATE : 07/04/45	PLATE : 10/21
	PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL			



Steel thickness 2 mm.

Note : All dimensions are in millimetres

<p>FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY</p>	<p>LEFT SLOT</p>	<p>SCALE : 1/4</p>	<p>DATE : 07/04/45</p>	<p>PLATE : 11/21</p>
<p>PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL</p>				



Note : All dimensions are in millimetres

**FACULTY OF ENGINEERING
NARESUAN UNIVERSITY**

LEFT SLOT

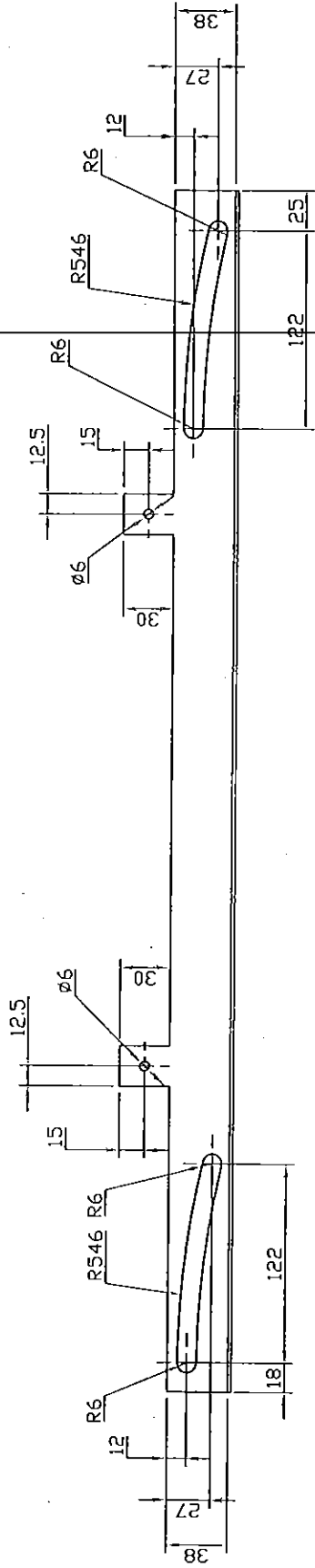
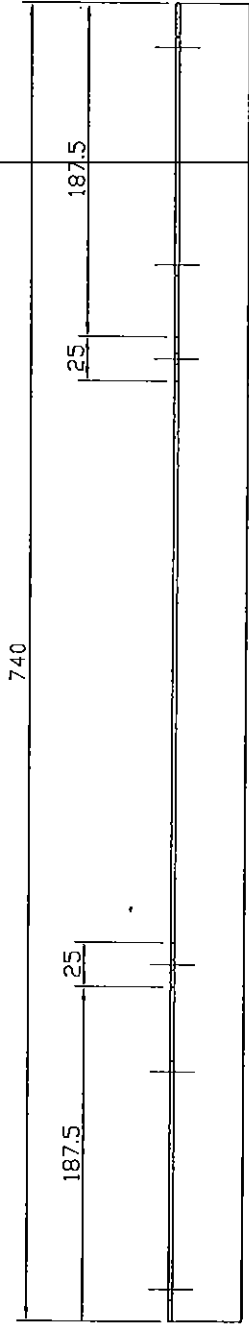
PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens

SCALE: 1/4

DATE : 07/04/45

PLATE : 12/21

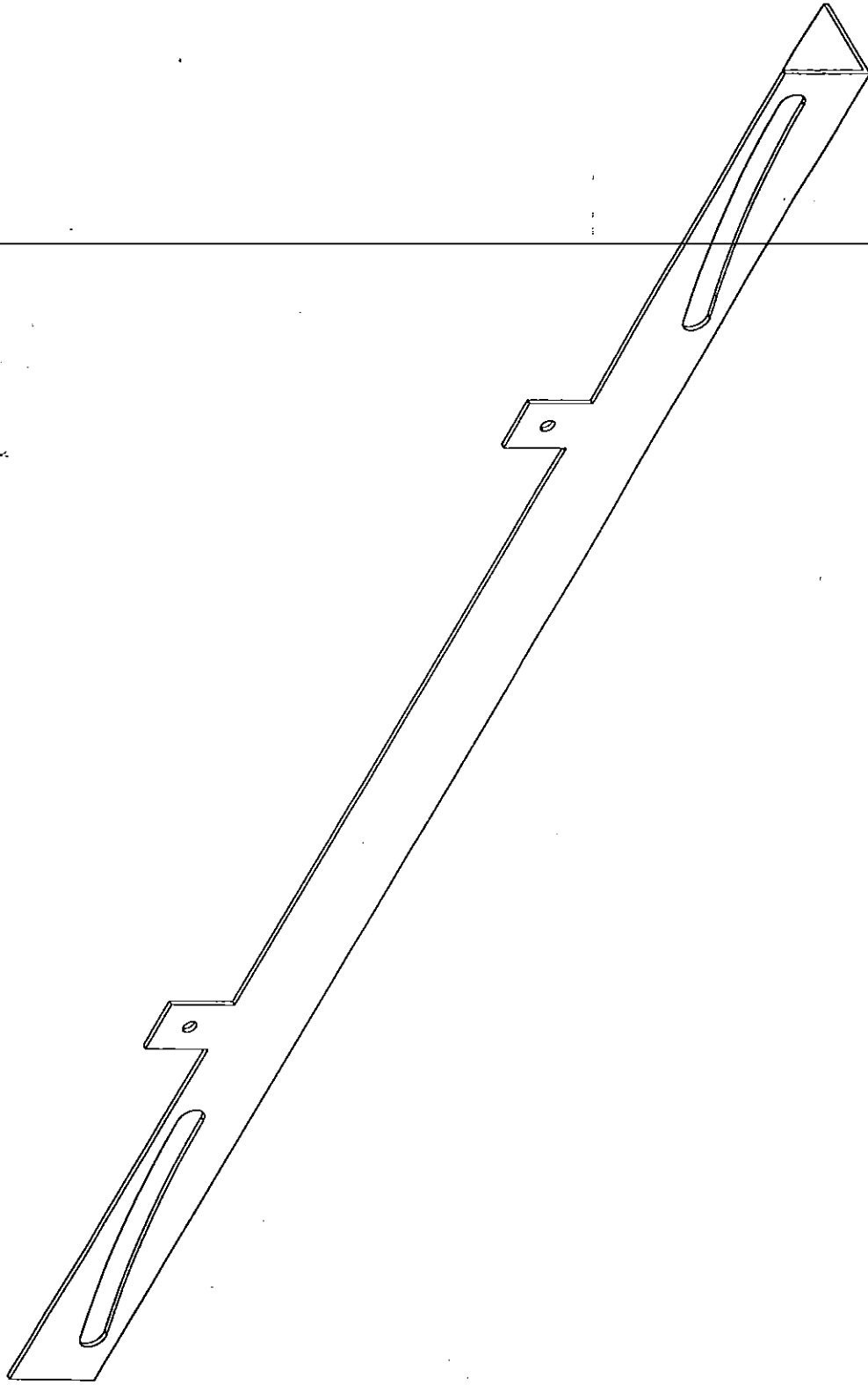
DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL



Steel thickness 2 mm.

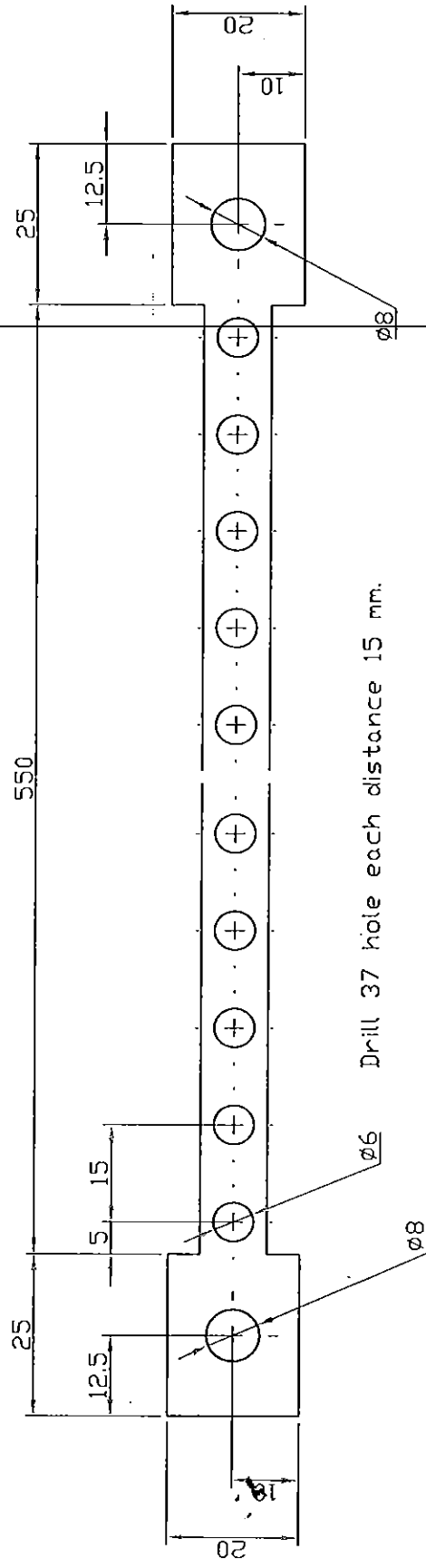
Note : All dimensions are in millimetres

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	RIGHT SLOT	SCALE : 1/4	DATE : 07/04/45	PLATE : 13/21
PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL				



Note : All dimensions are in millimetres

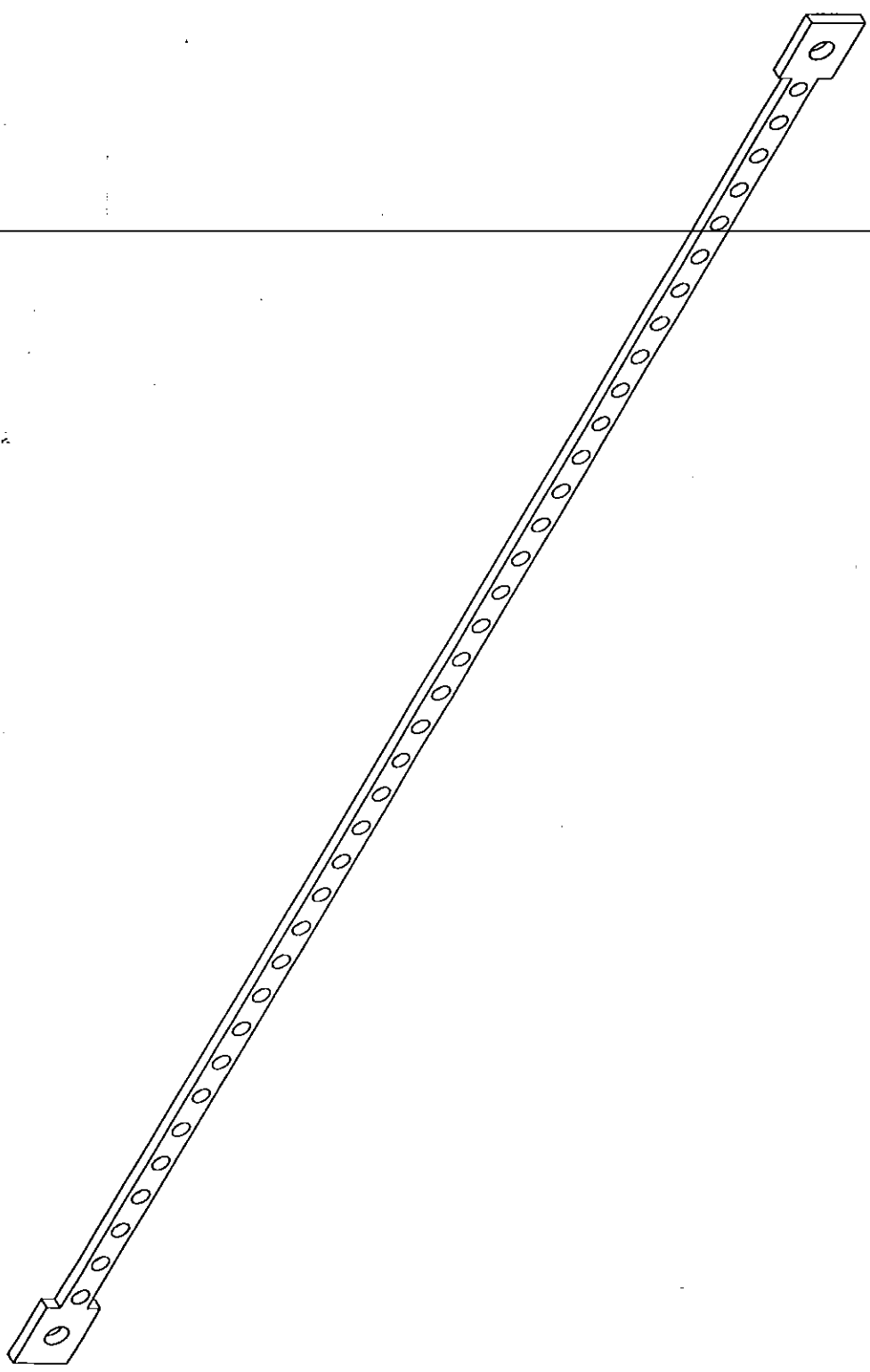
FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	RIGHT SLOT	SCALE : 1/4	DATE : 07/04/45	PLATE : 14/21
PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL				



Steel thickness 4 mm.

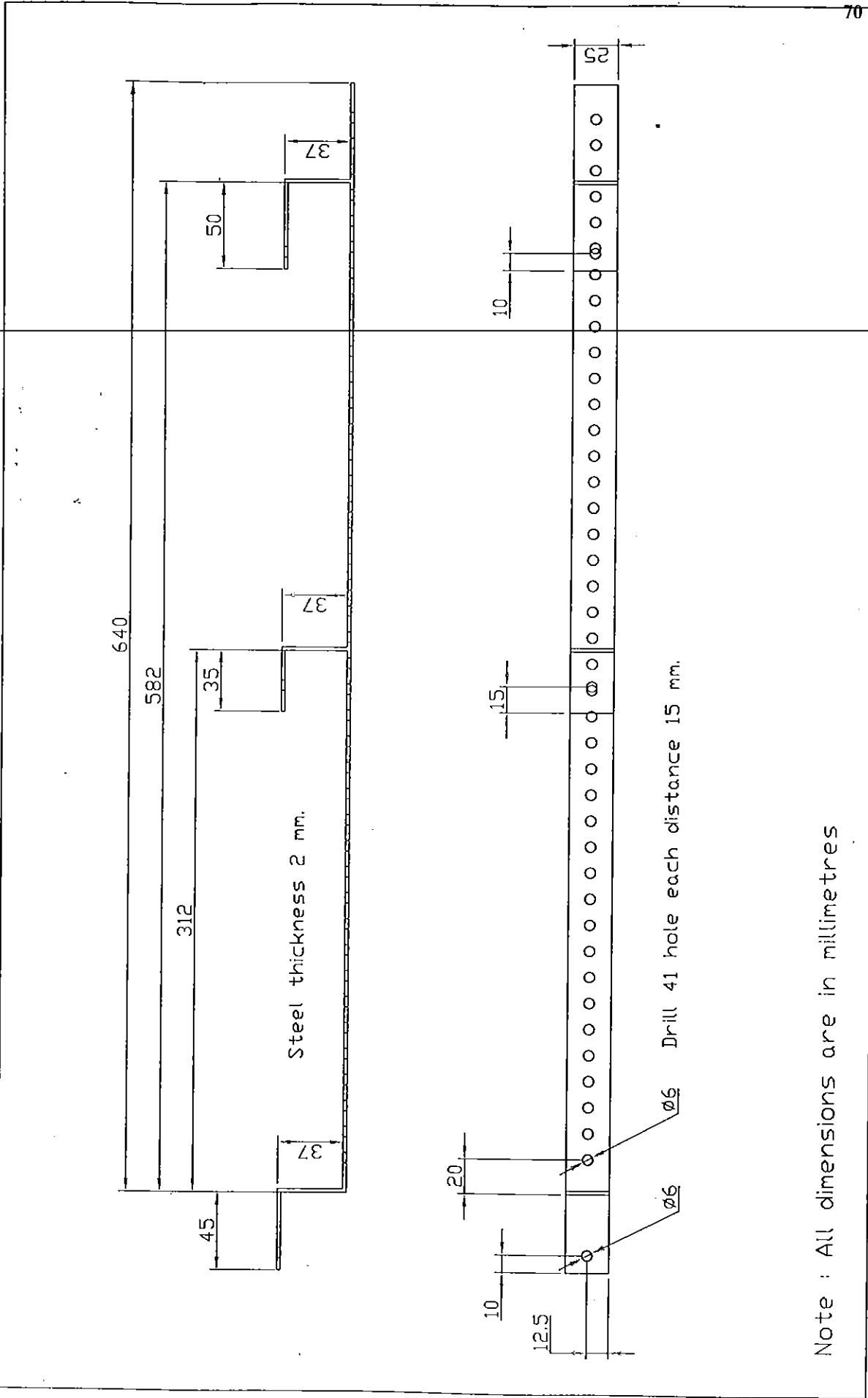
Note : All dimensions are in millimetres

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	LINKAGE 2	SCALE : 1/1	DATE : 07/04/45	PLATE : 15/21
	PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL			



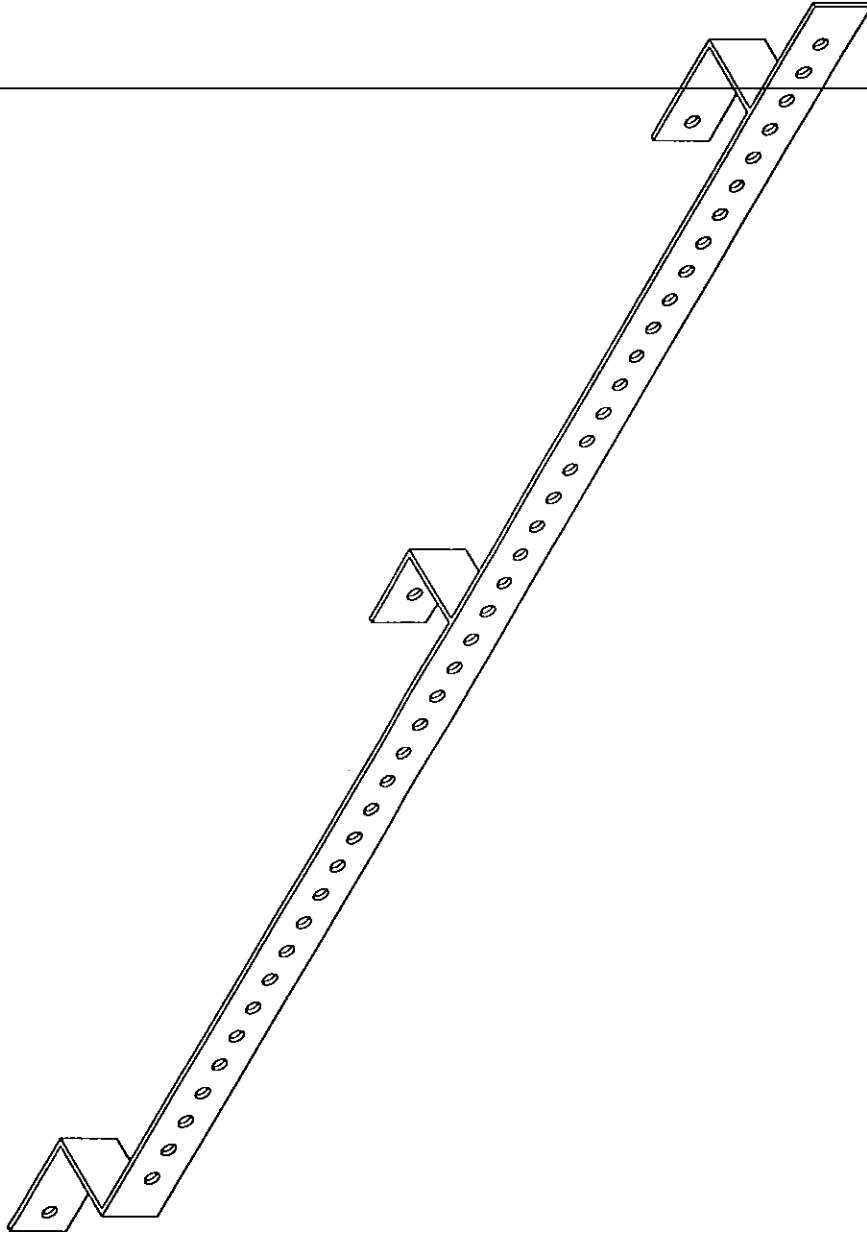
Note : All dimensions are in millimetres

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	LINKAGE 2	SCALE : 1/4	DATE : 07/04/45	PLATE : 16/21
	PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL			



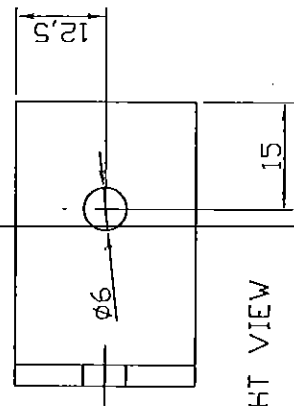
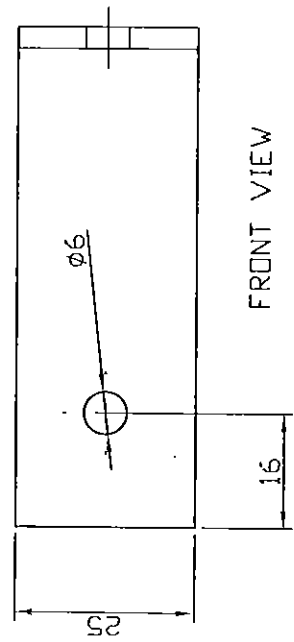
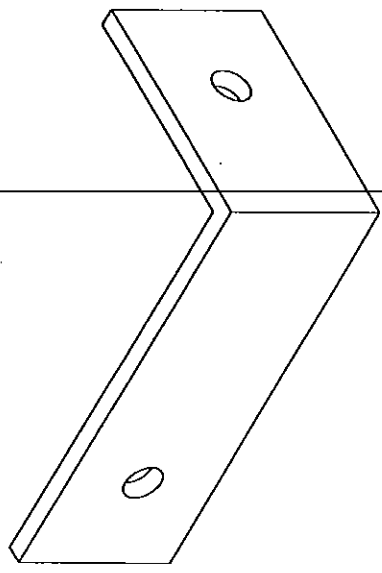
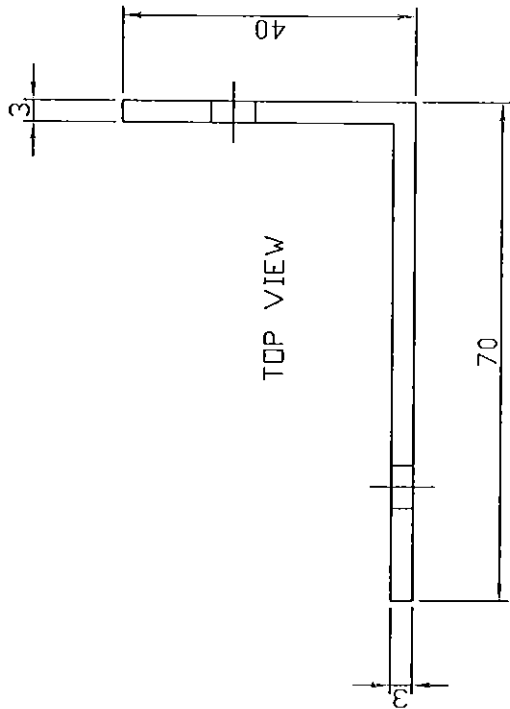
Note : All dimensions are in millimetres

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	LINKAGE 1		SCALE : 1/3	DATE : 07/04/45	PLATE : 17/21
	PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens				



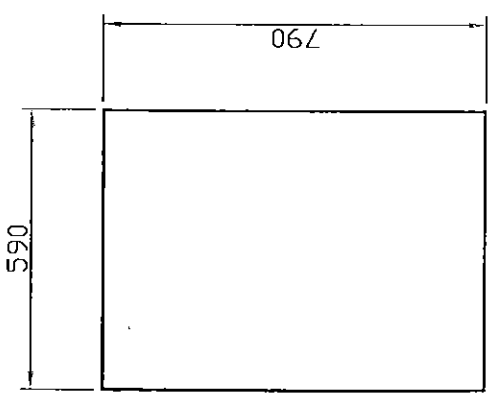
Note : All dimensions are in millimetres

FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY	LINKAGE 1	SCALE : 1/4	DATE : 07/04/45	PLATE : 18/21
	PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL			

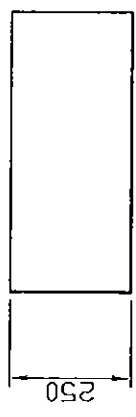
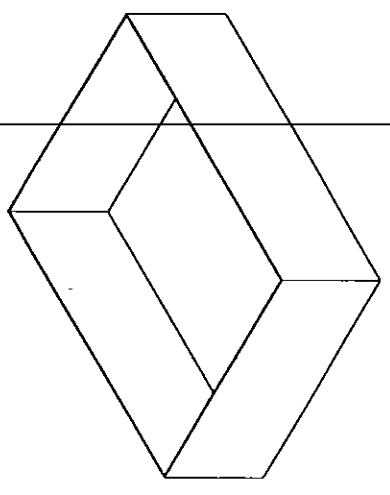


Note : All dimensions are in millimetres

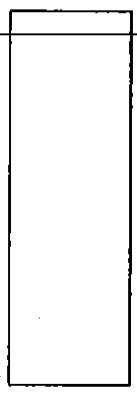
<p>FACULTY OF ENGINEERING NARESUAN UNIVERSITY</p>	<p>HOLDER FAN</p>	<p>SCALE : 1/1</p>	<p>DATE : 07/04/45</p>	<p>PLATE : 19/21</p>
<p>PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL</p>				



TOP VIEW



FRONT VIEW



RIGHT VIEW

Note : All dimensions are in millimetres

**FACULTY OF ENGINEERING
NARESUAN UNIVERSITY**

SUMP

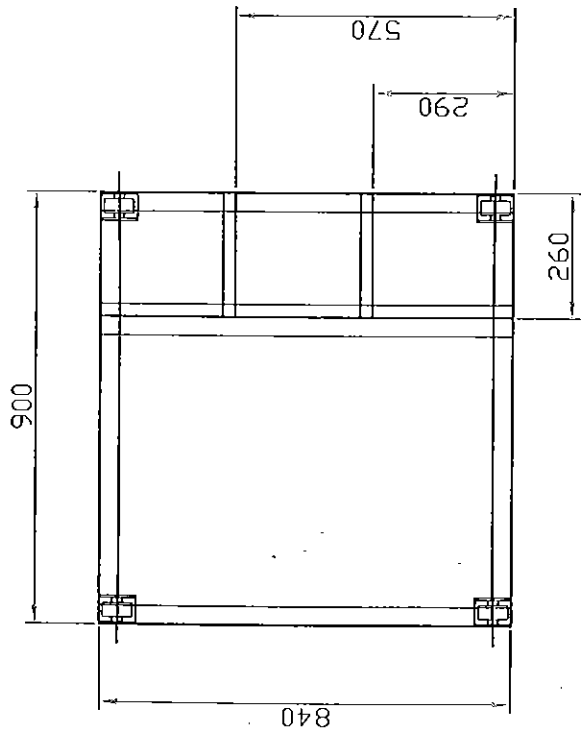
PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens

SCALE: 1/15

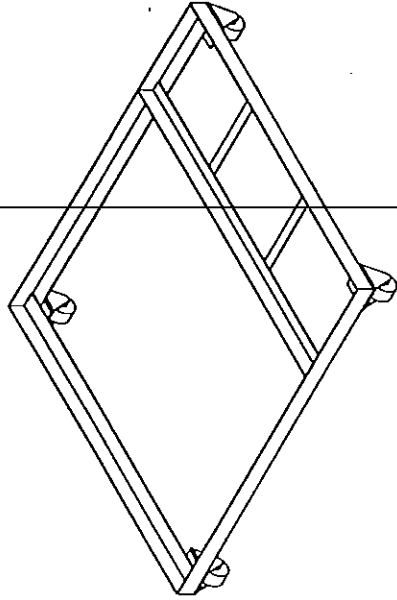
DATE: 07/04/45

PLATE: 20/21

DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL



TOP VIEW



FRONT VIEW



RIGHT VIEW

Note : All dimensions are in millimetres

**FACULTY OF ENGINEERING
NARESUAN UNIVERSITY**

BASE

PROJECT: Evaporative Cooling System Fan for Chickens

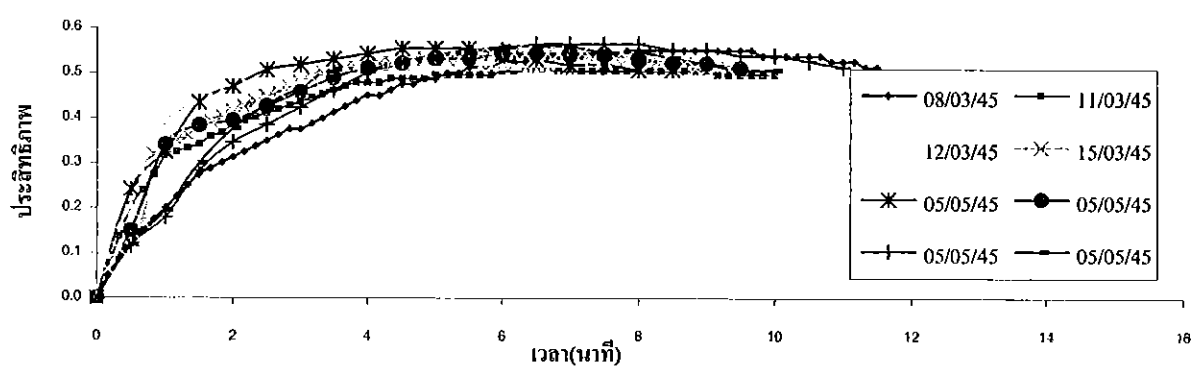
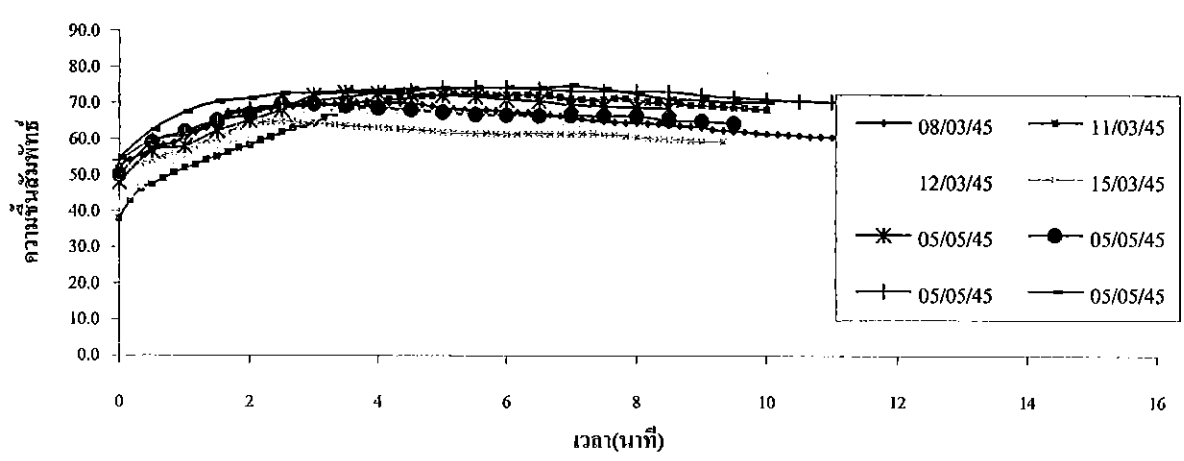
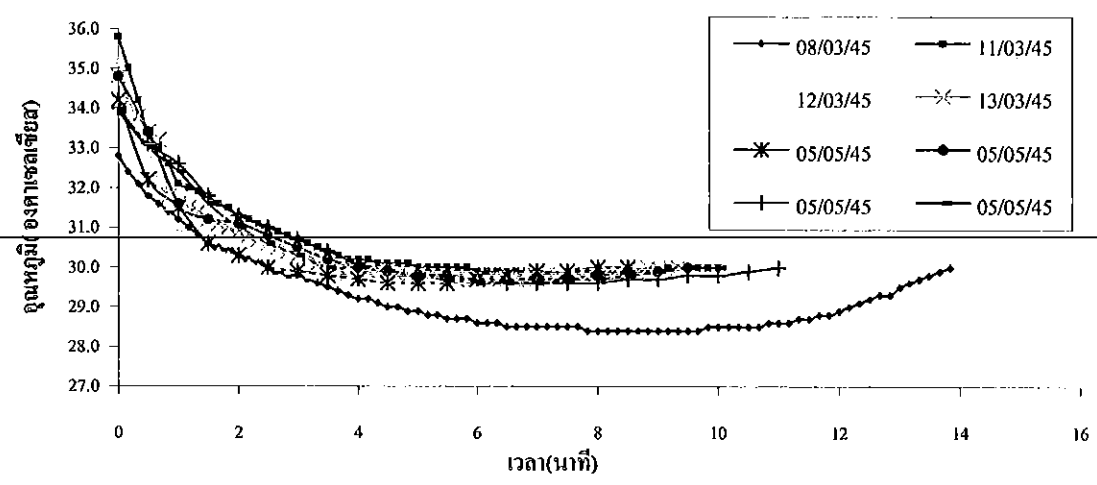
SCALE: 1/15

DATE : 07/04/45

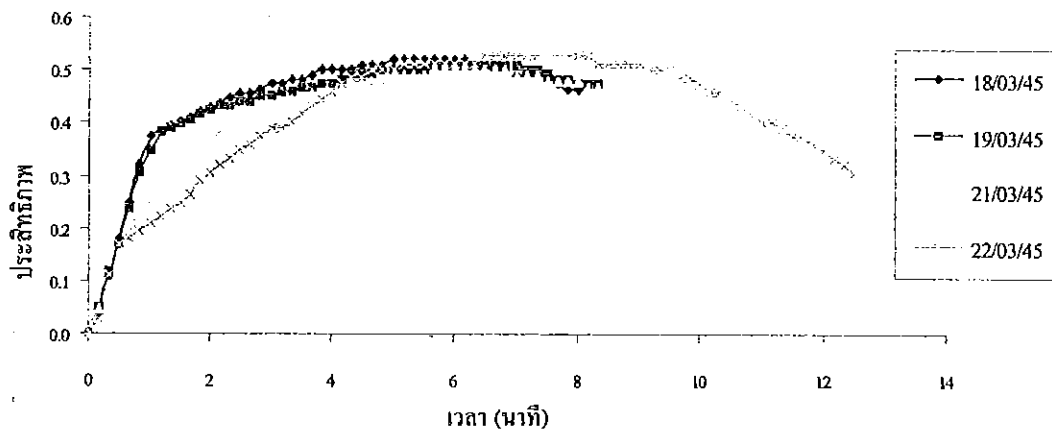
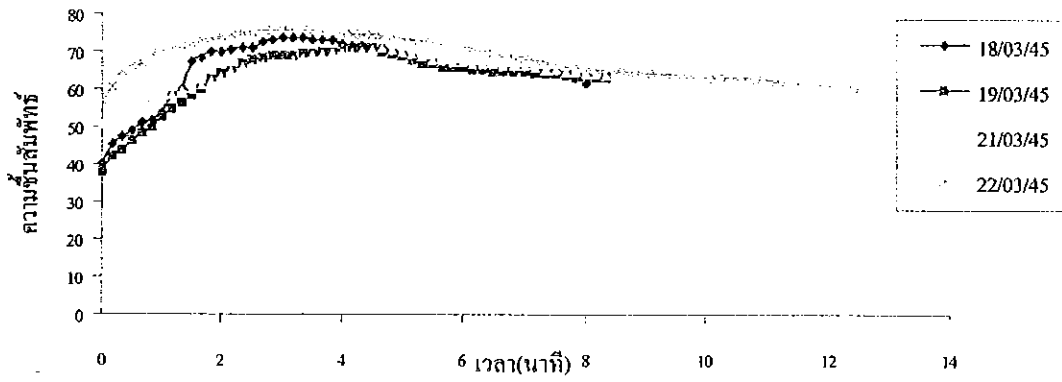
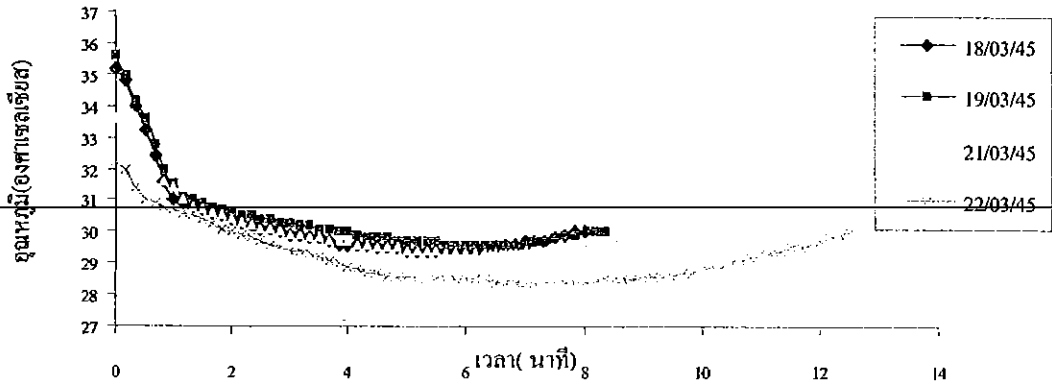
PLATE: 21/21

DRAW BY : PISIT SANGUANTRAKARNKUL

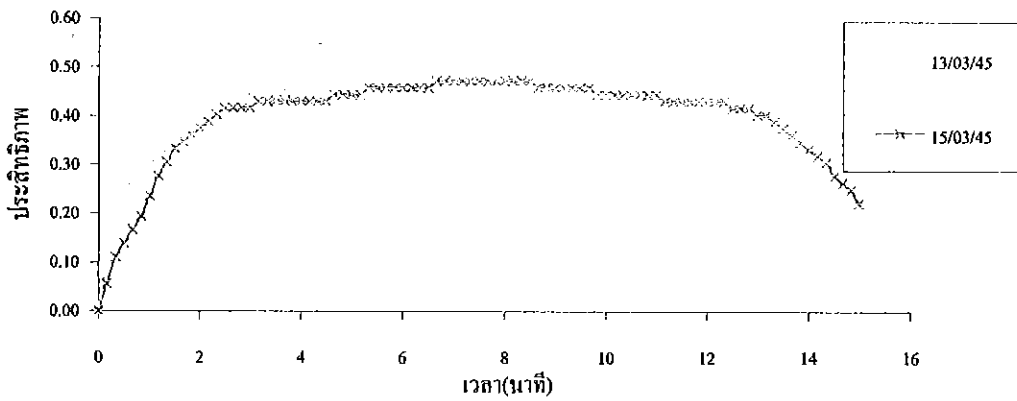
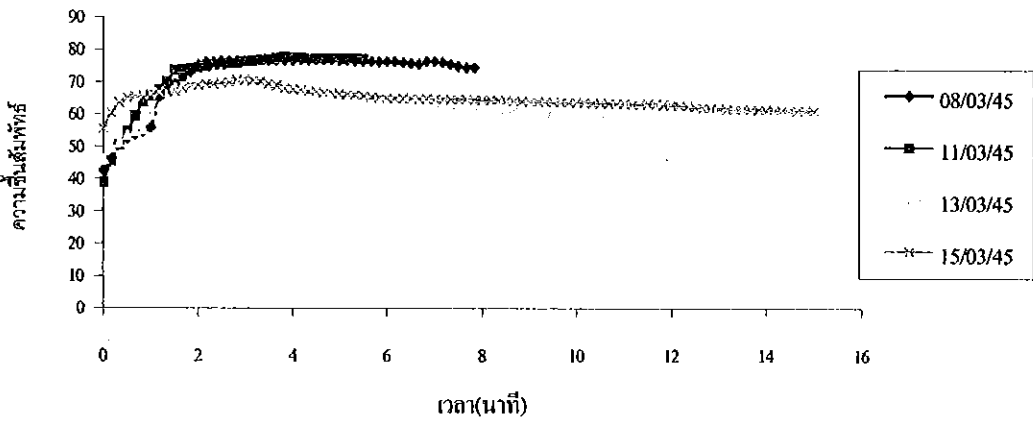
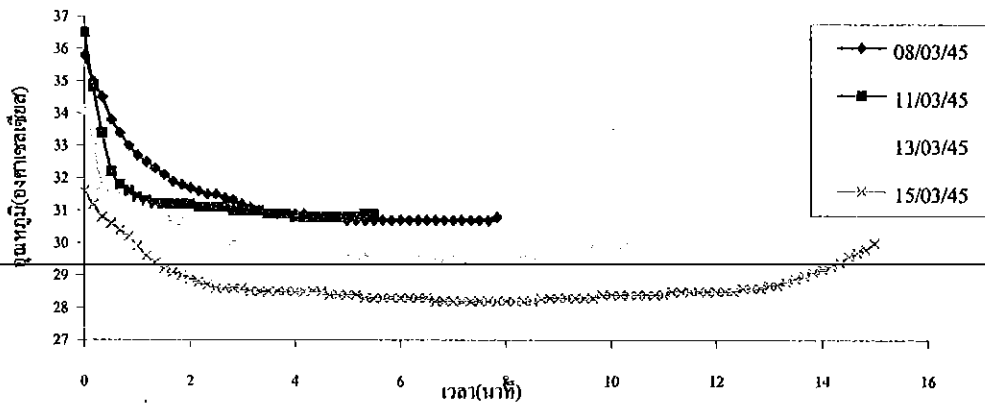
ภาคผนวก ง
กราฟข้อมูลการทดสอบ



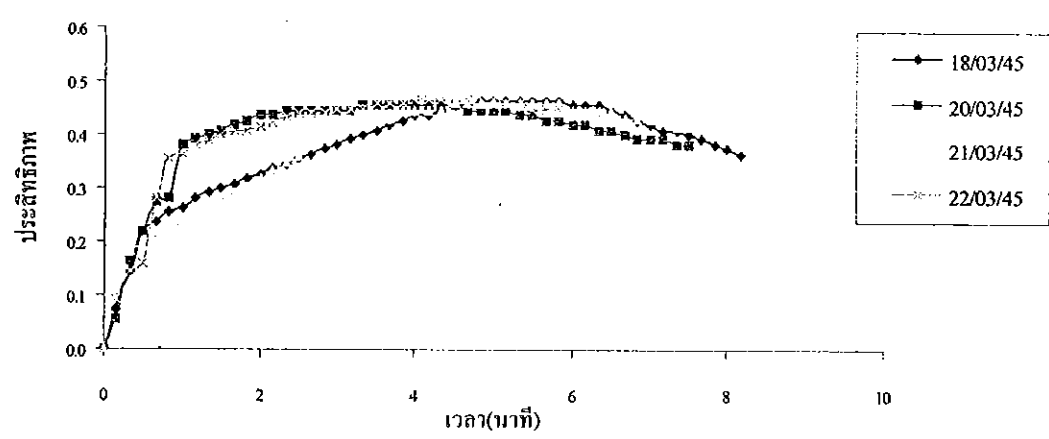
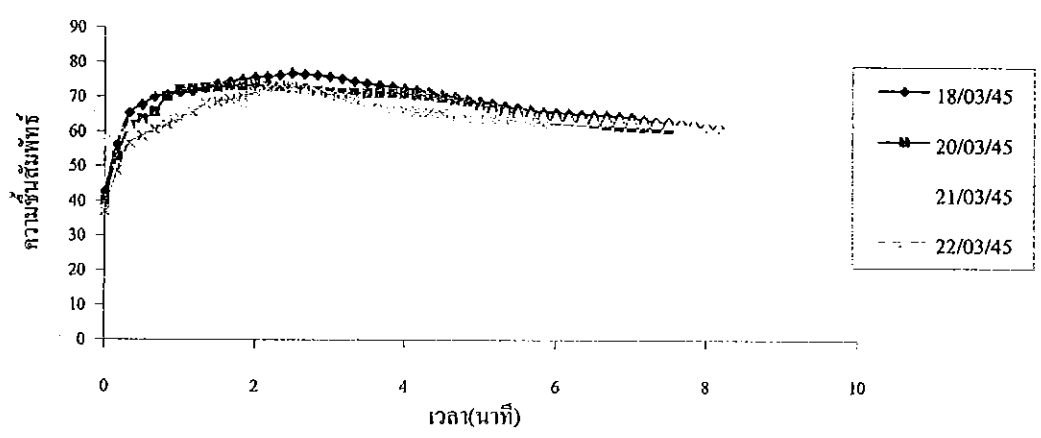
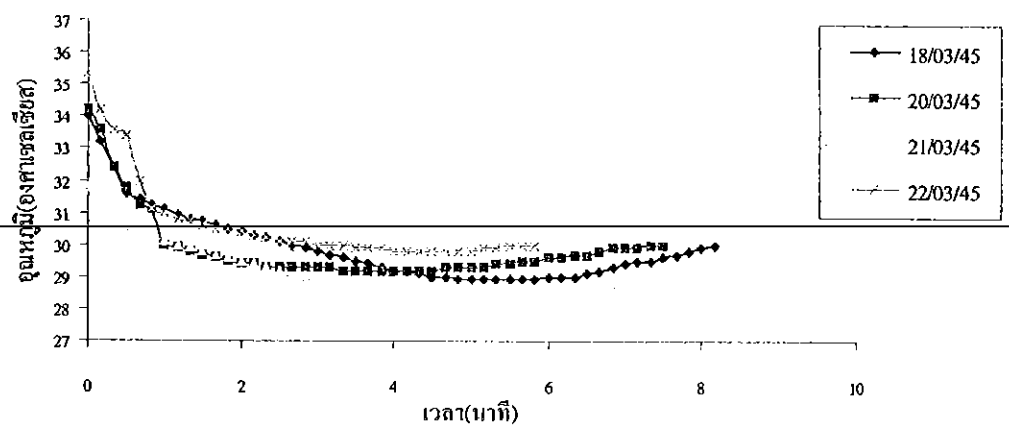
กราฟ ง.1 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา
ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm



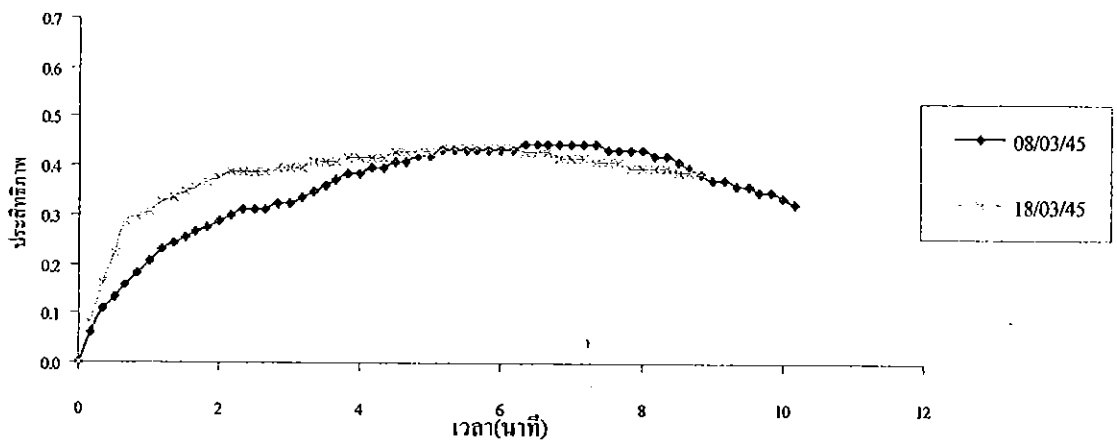
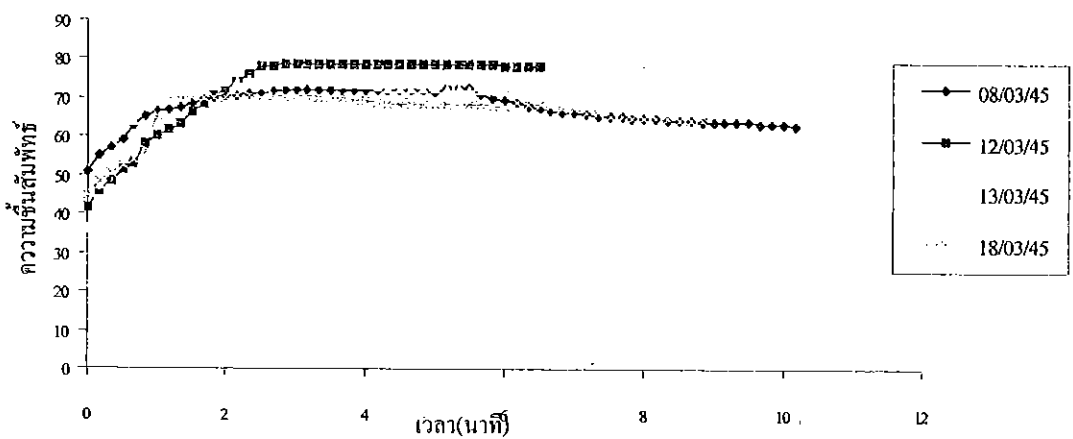
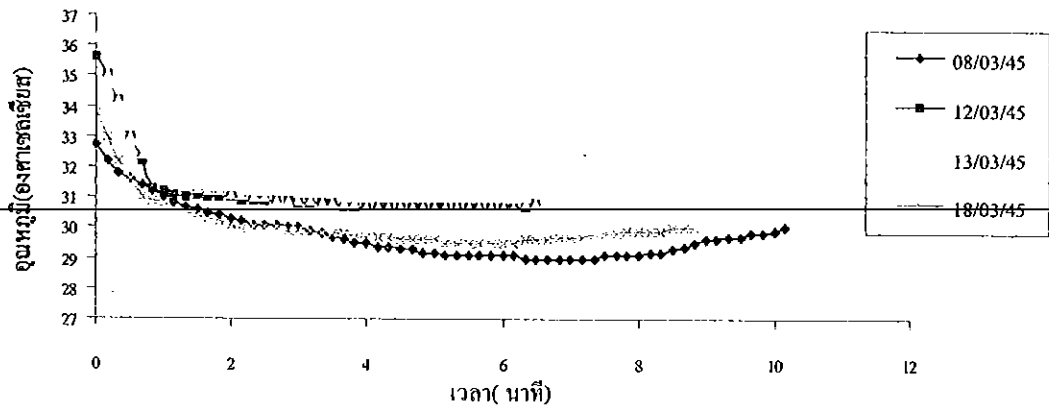
กราฟ ง.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการใช้ 1000 cfm มุม 90° ระยะห่าง 3.0 cm



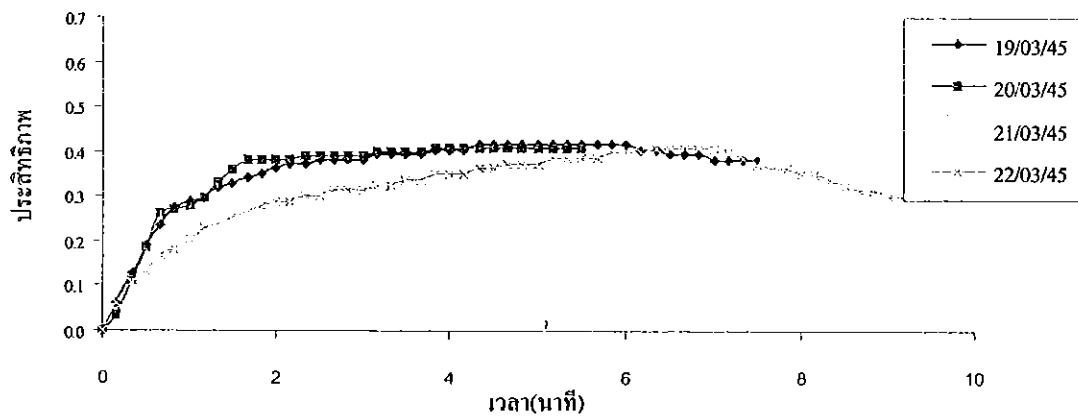
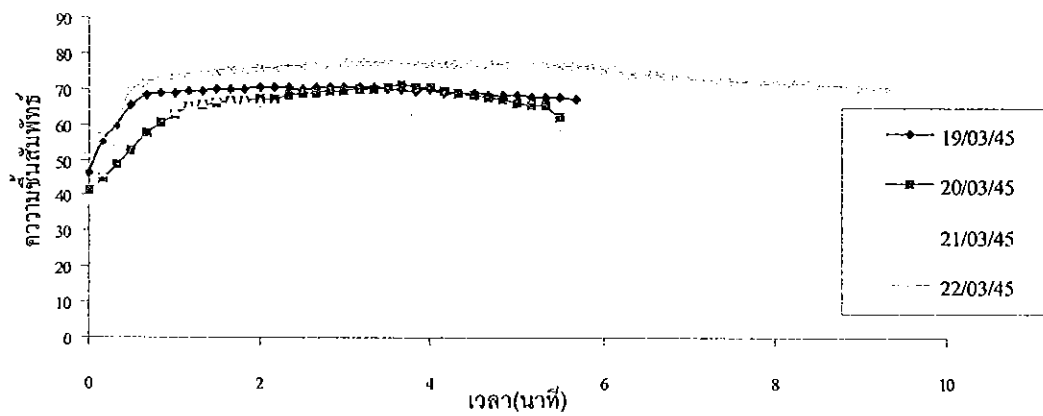
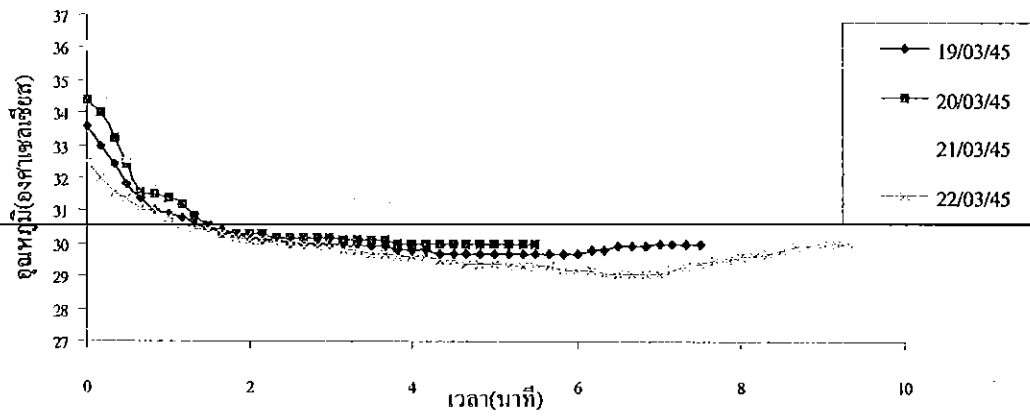
กราฟ ง .3 ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาค ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพ กับเวลา ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 80° ระยะห่าง 1.5 cm



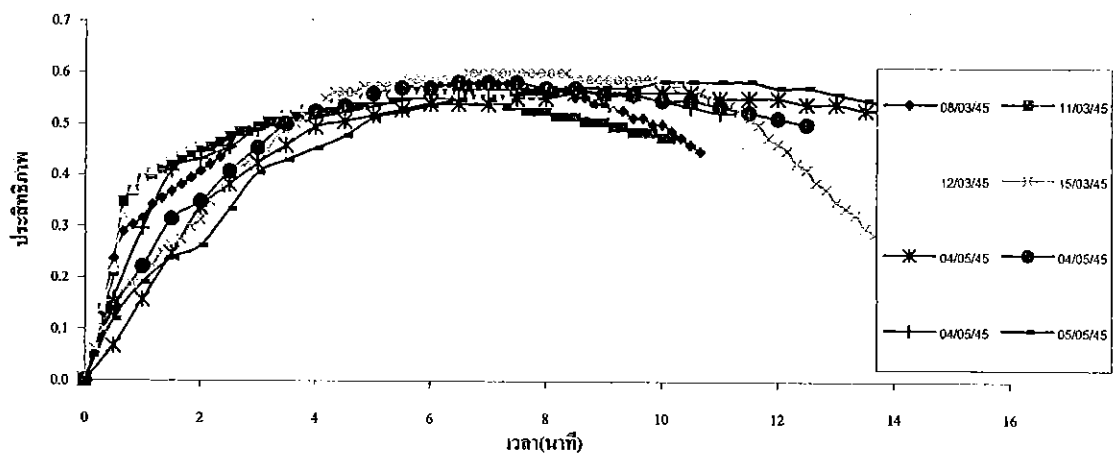
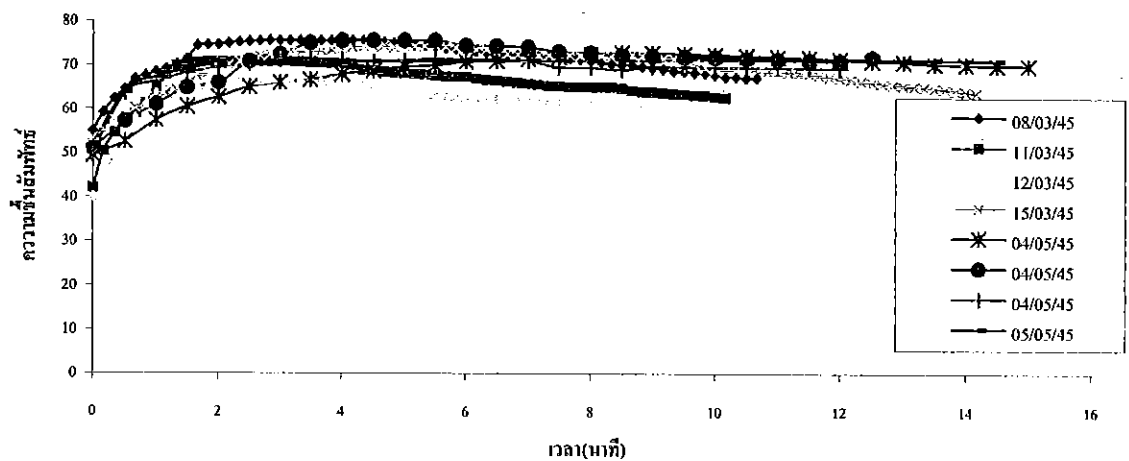
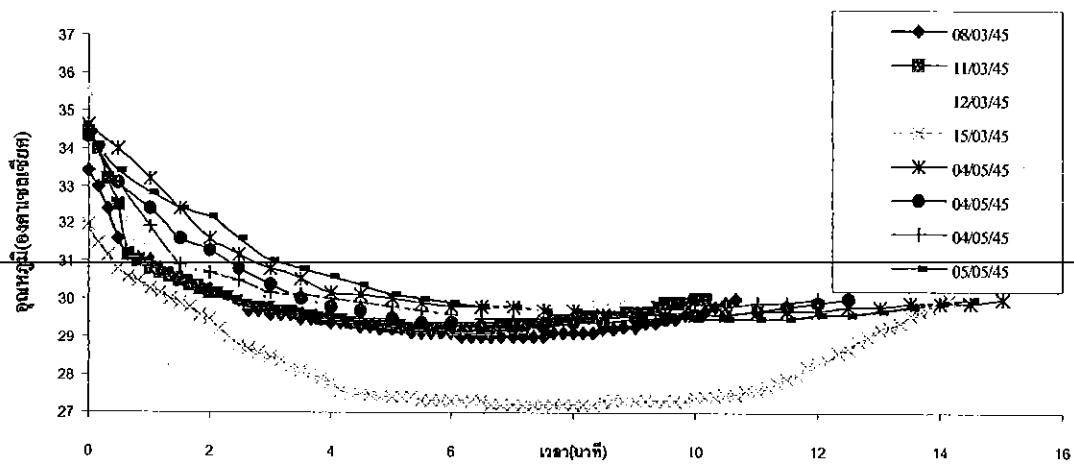
กราฟ ง.4 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิผลกับเวลา
ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 80° ระยะห่าง 3.0 cm



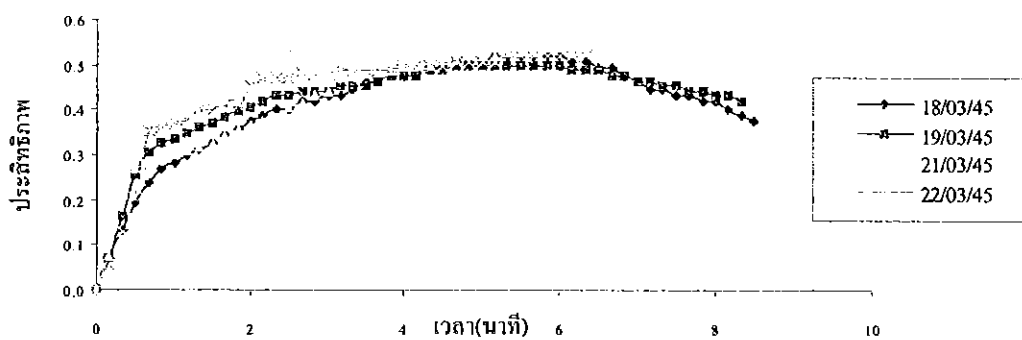
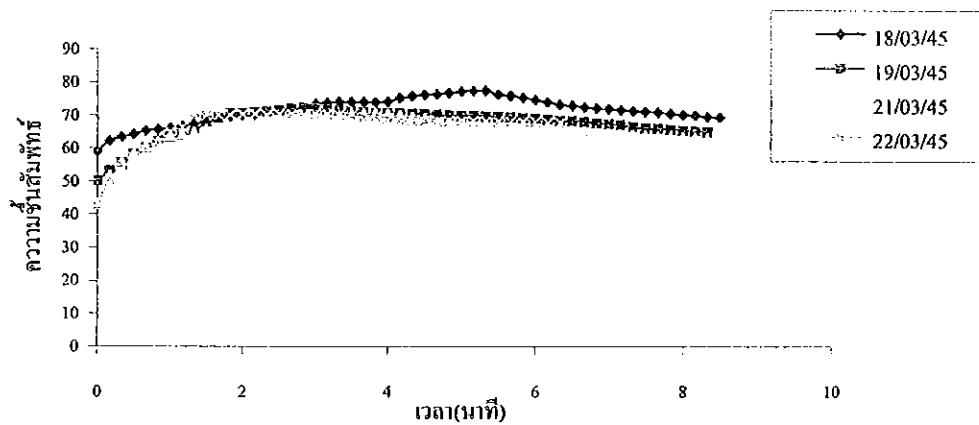
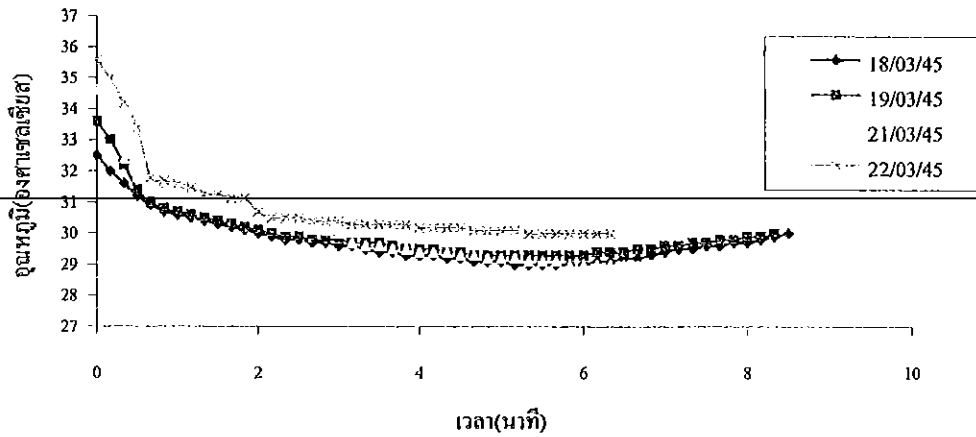
กราฟ ๓.5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 75° ระยะห่าง 1.5 cm



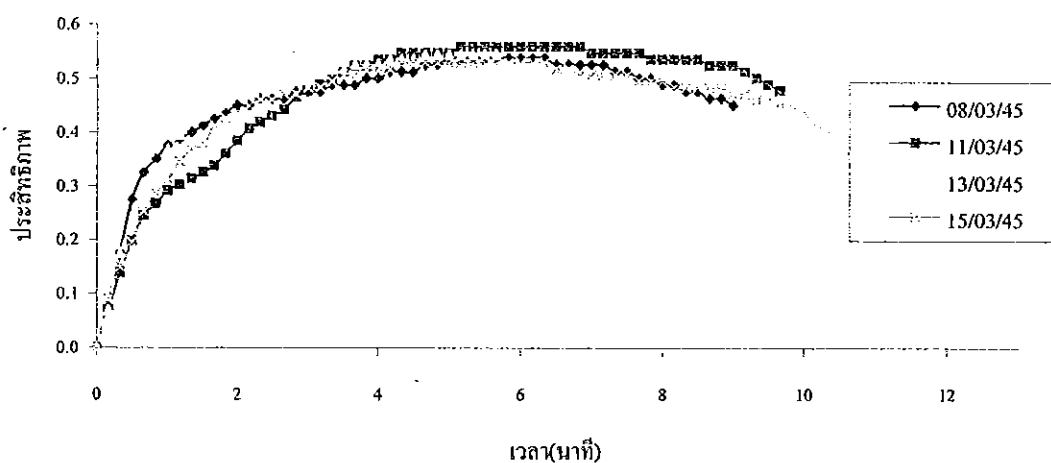
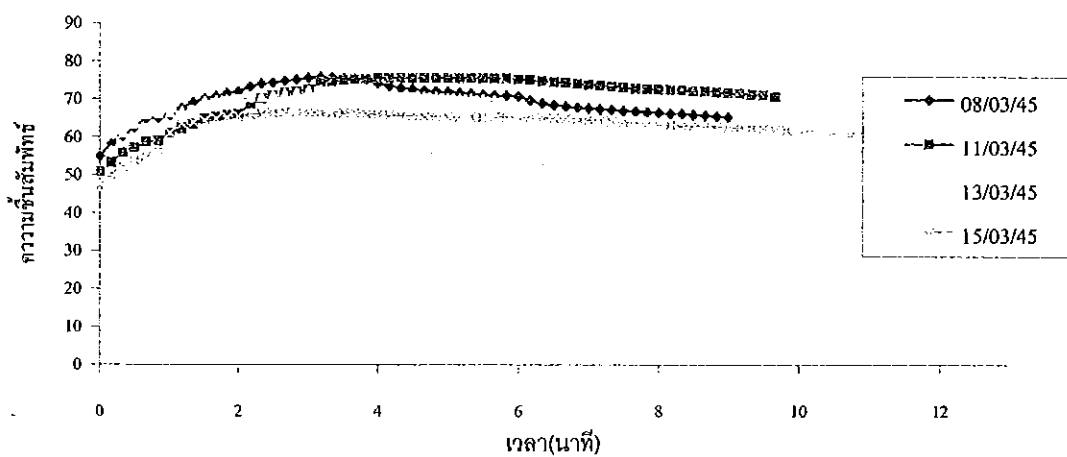
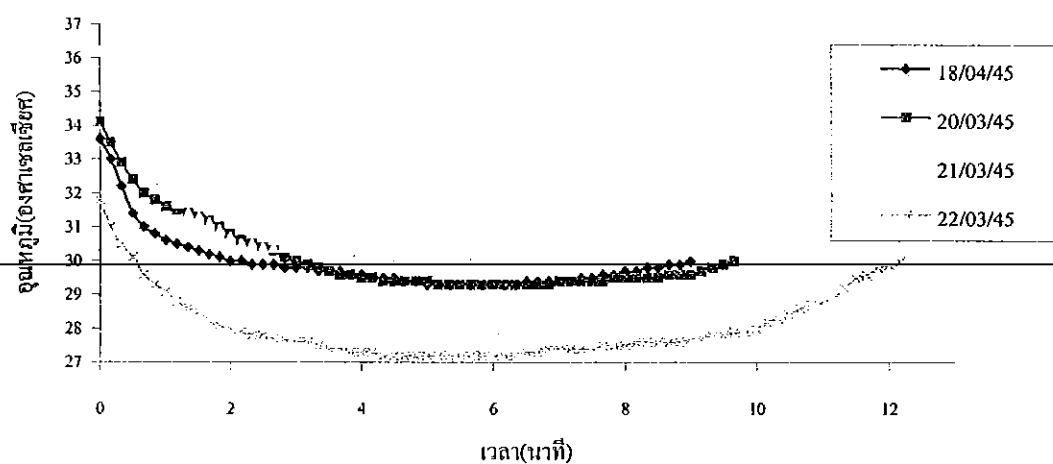
กราฟ ง.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา
ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 75° ระยะห่าง 3.0 cm



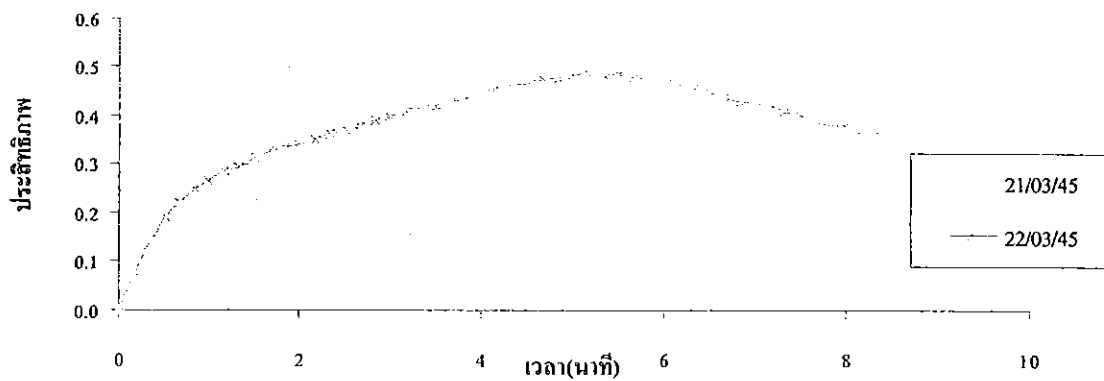
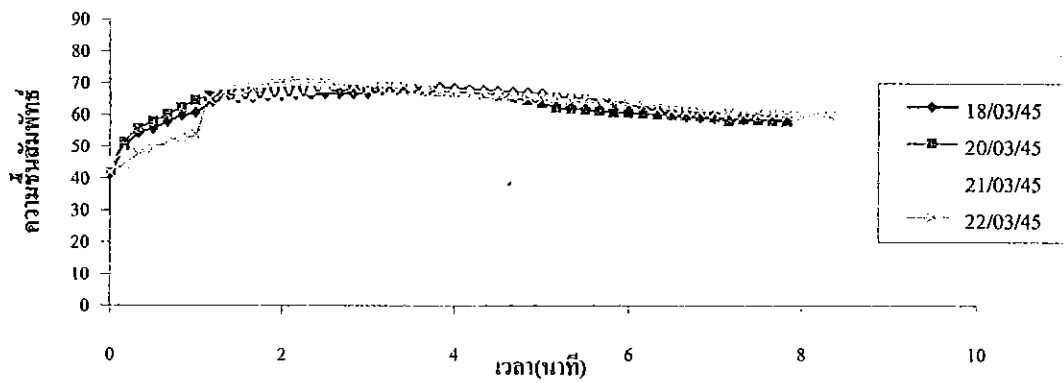
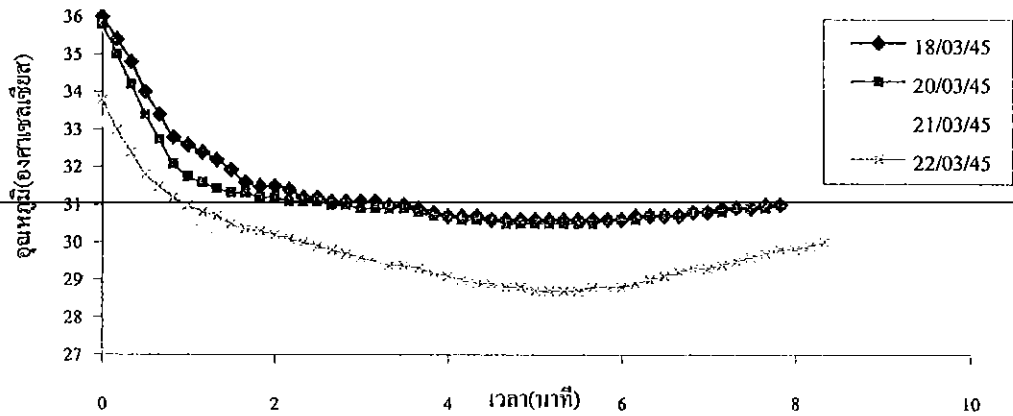
กราฟ 7.7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm



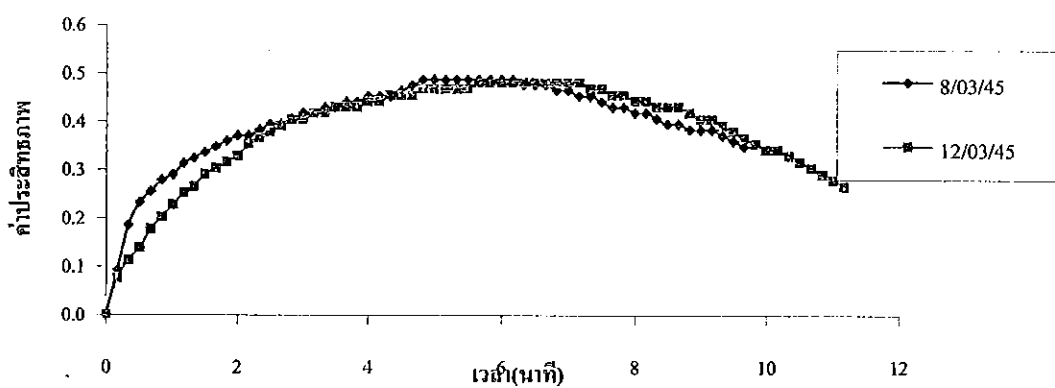
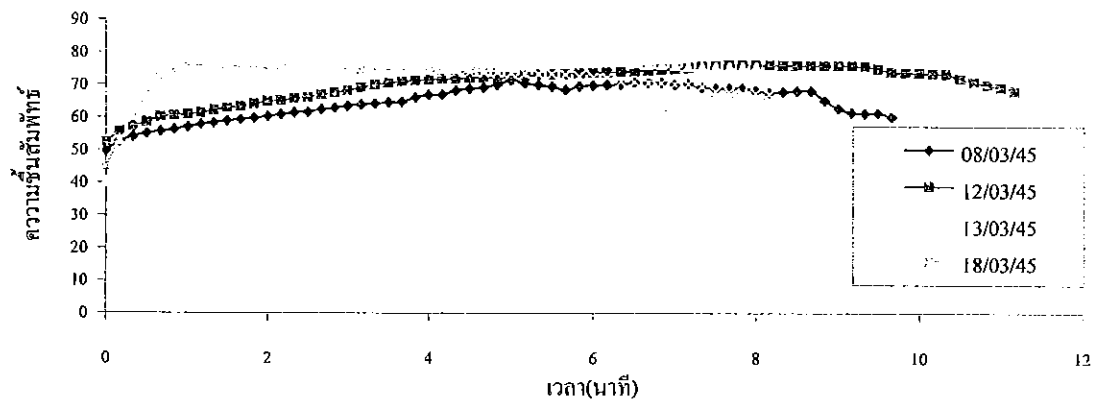
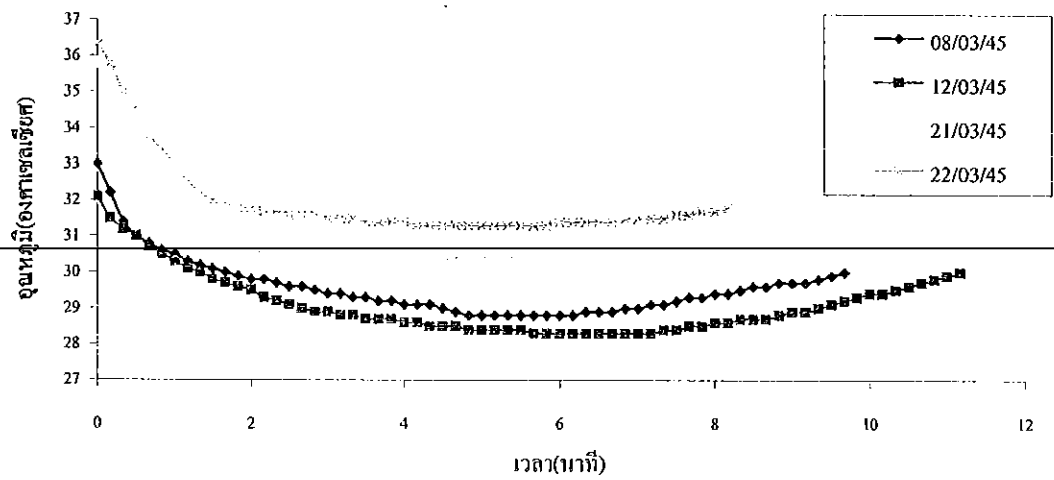
กราฟ ๘.8 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา
ของตัวกลางมูตีที่อัตราไหล 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 3.0 cm



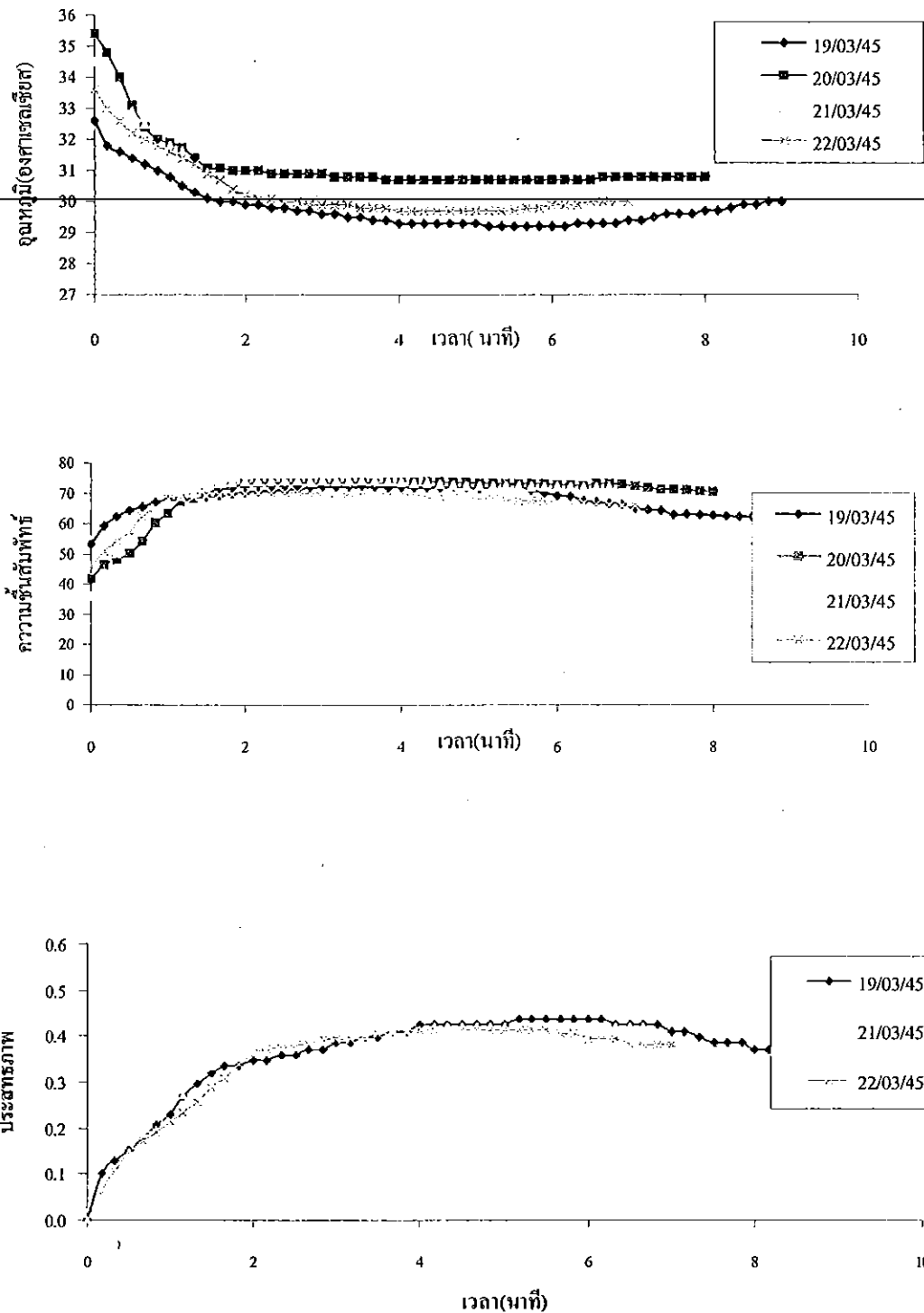
กราฟ ง.9 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการใช้ไคโร 1250 cfm มุม 80° ระยะห่าง 1.5 cm .



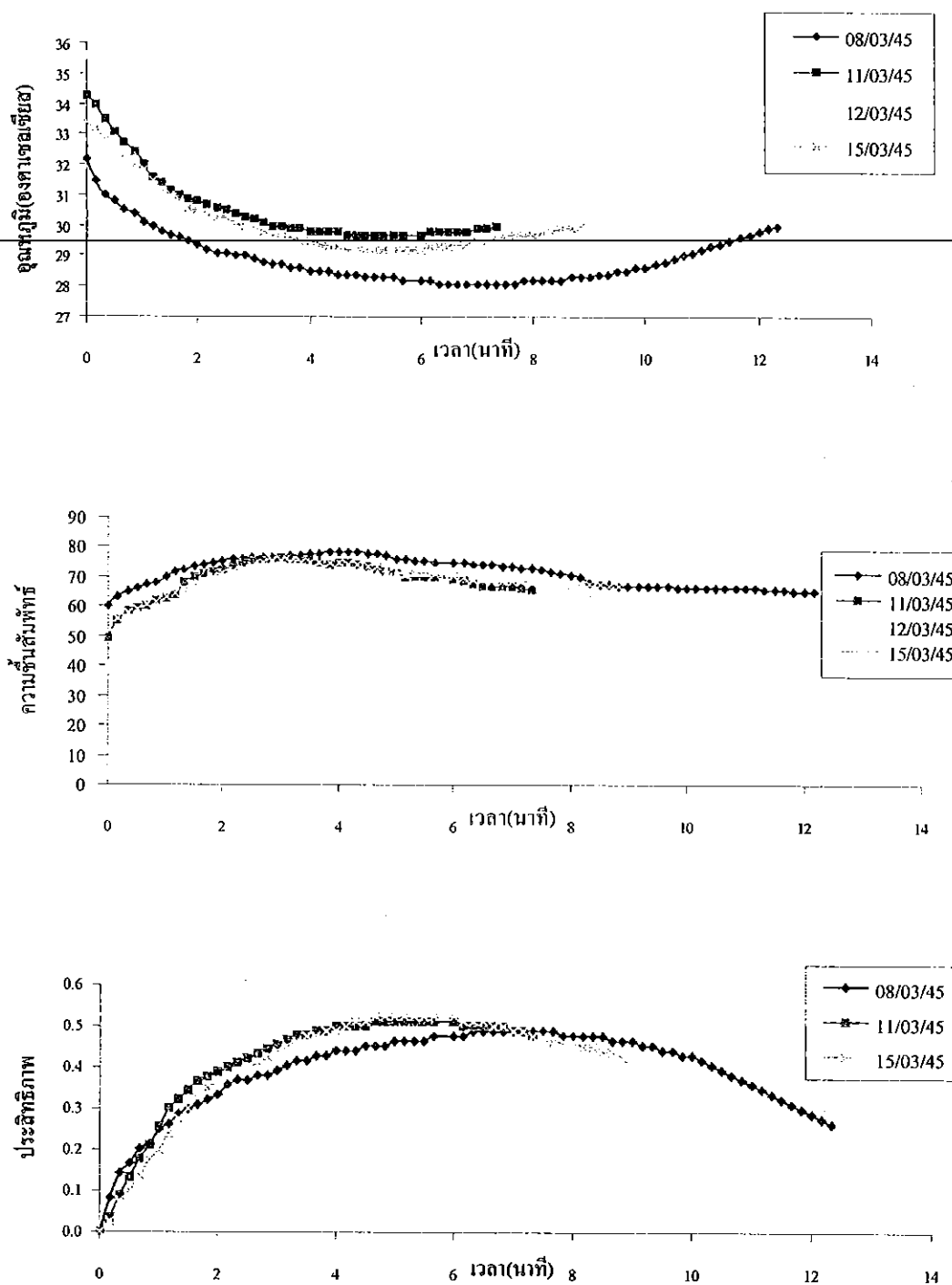
กราฟ ง.10 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา
ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 80° ระยะห่าง 3.0 cm



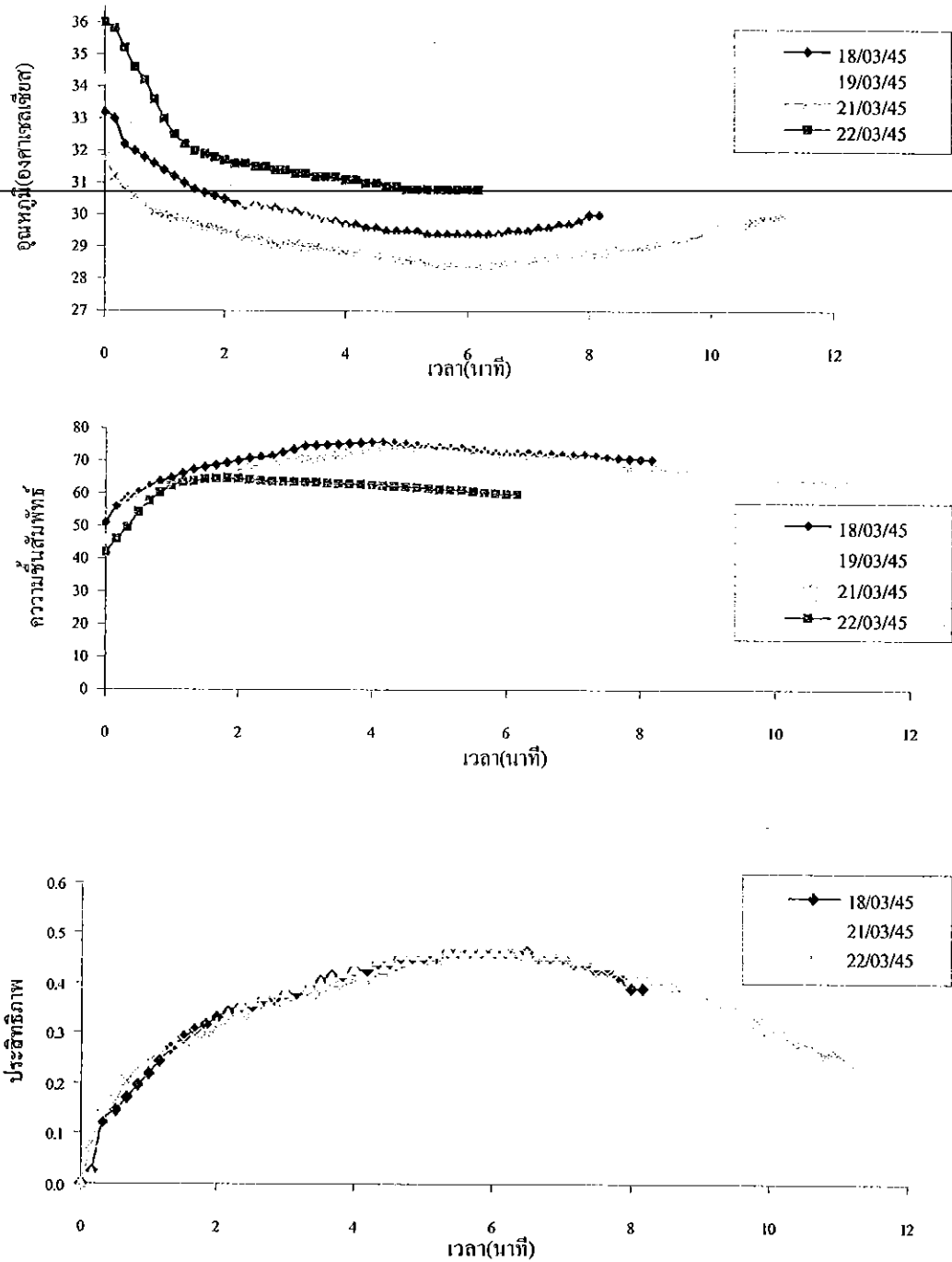
กราฟ ง.11 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา
ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 75° ระยะห่าง 1.5 cm



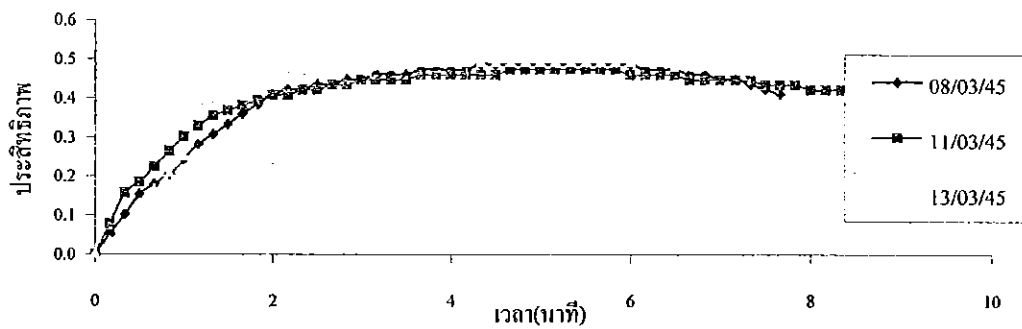
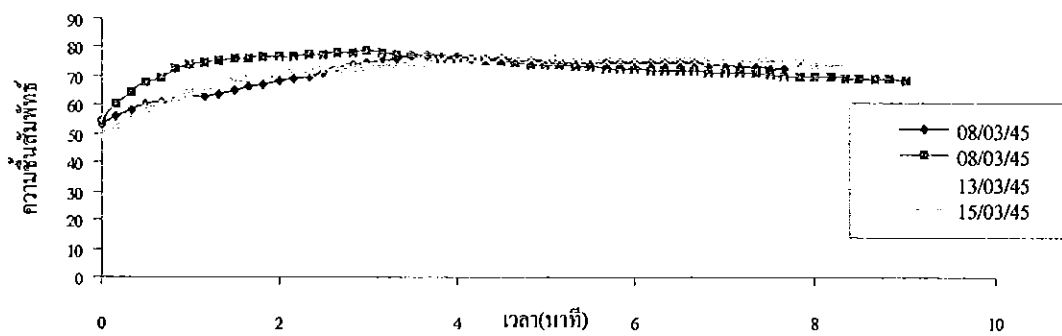
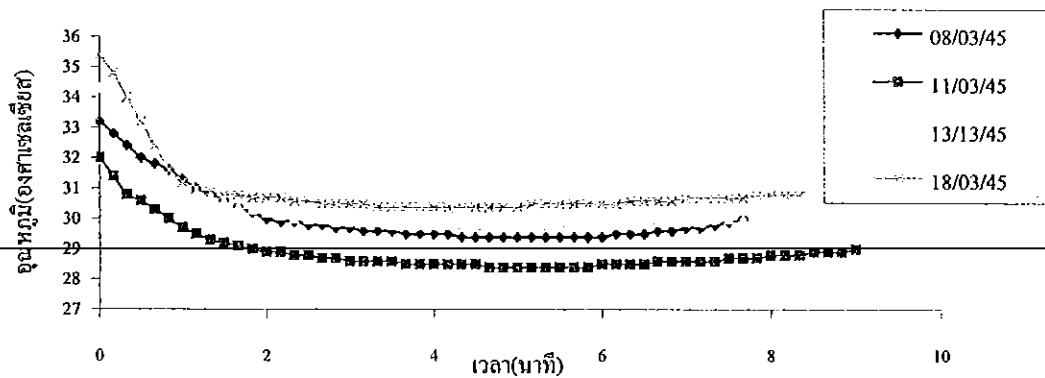
กราฟ ง.12 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา
 ของตัวกลางมูลที่อัตราการใช้ 1250 cfm มุม 75° ระยะห่าง 3.0 cm



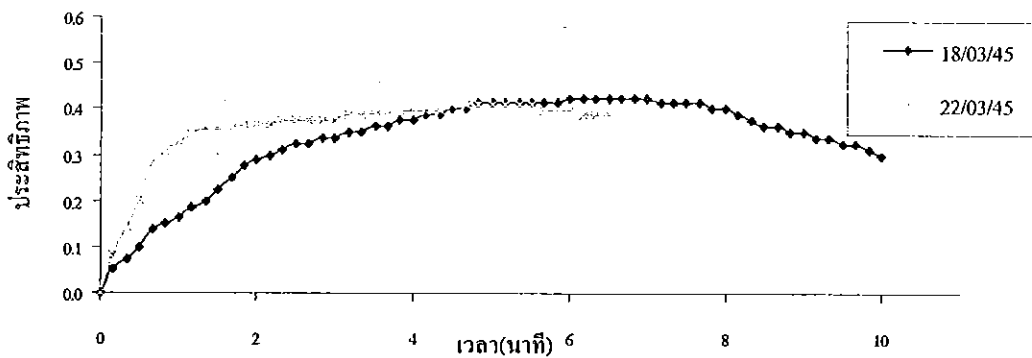
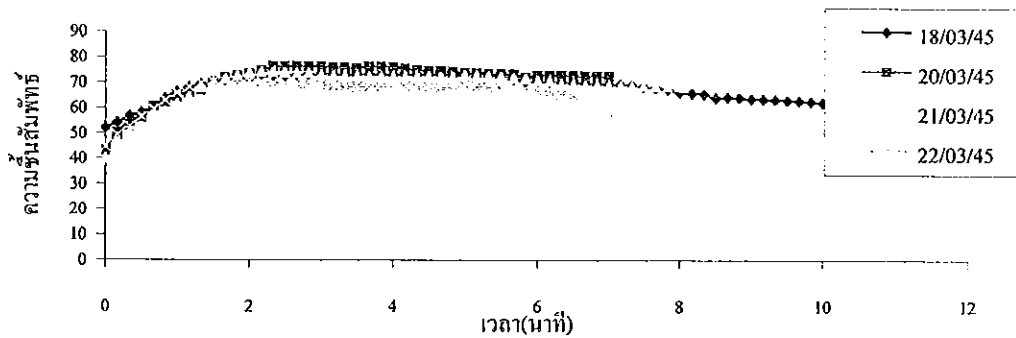
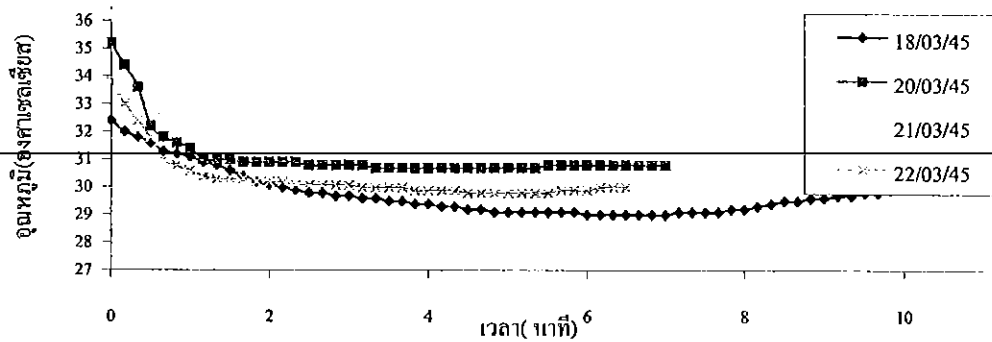
กราฟ ง.13 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความขึ้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา
 ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1500 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm



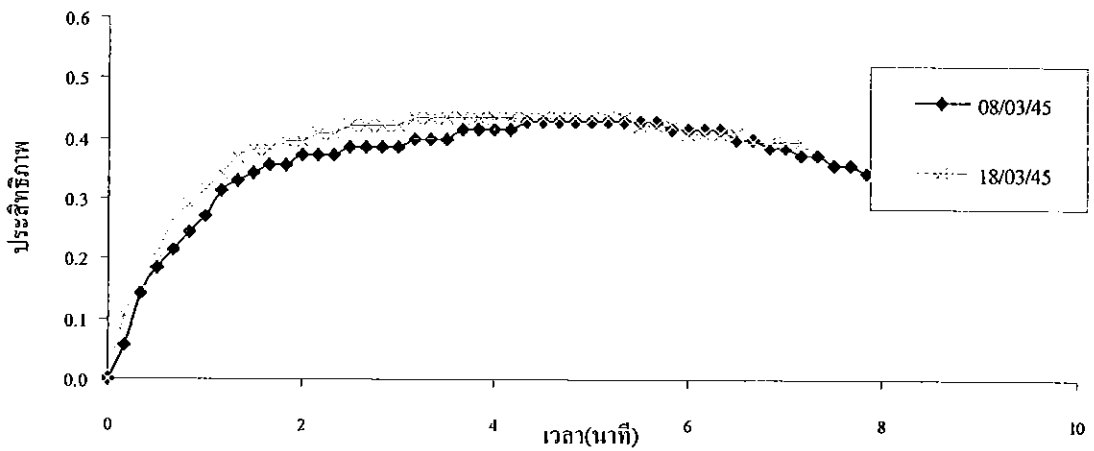
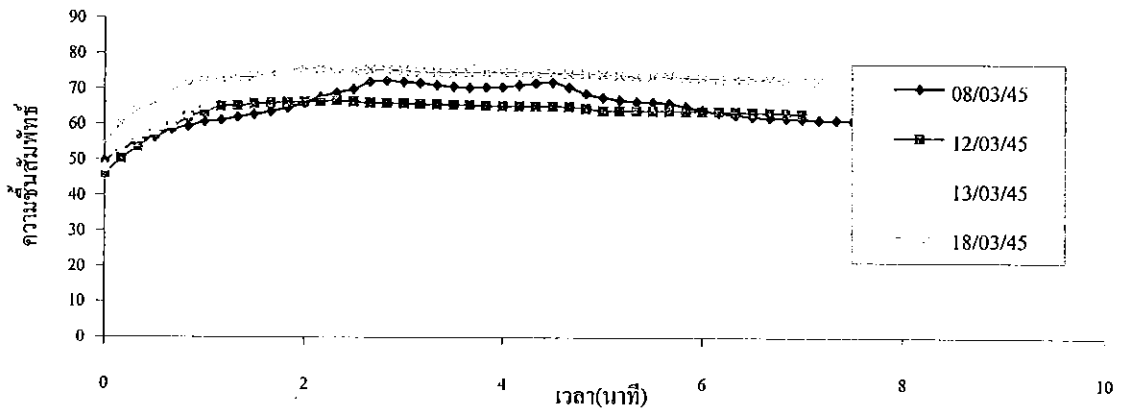
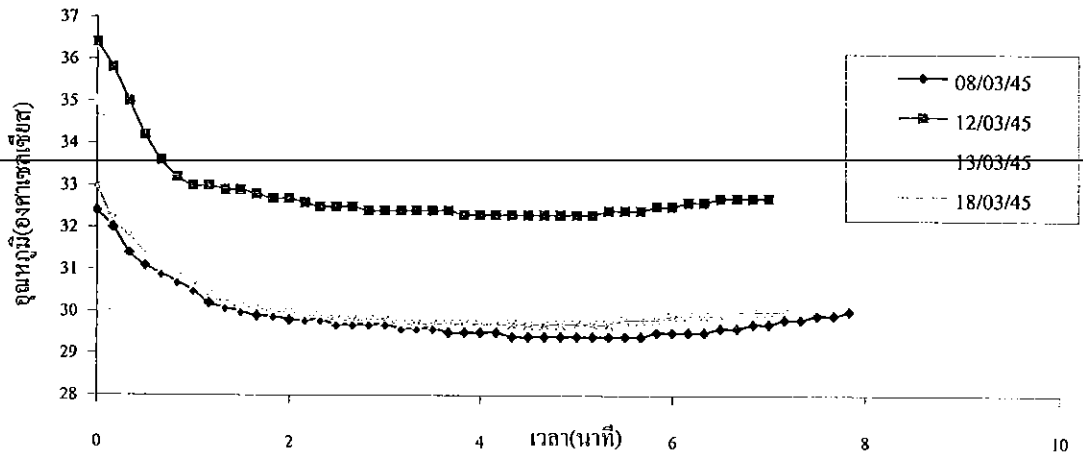
กราฟ ง.14 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา
ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1500 cfm มุม 90° ระยะห่าง 3.0 cm



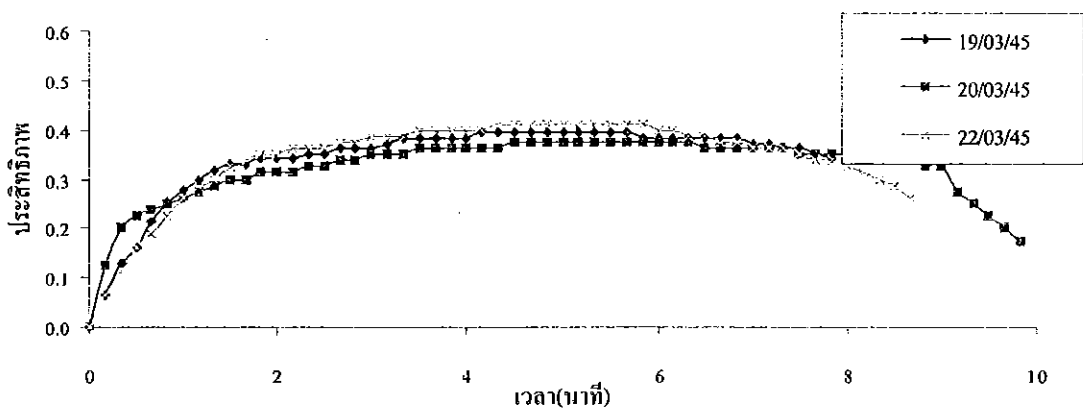
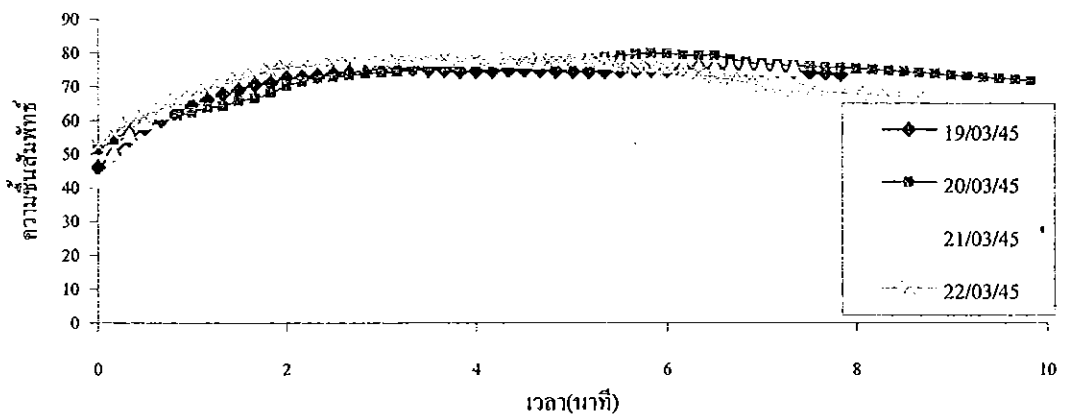
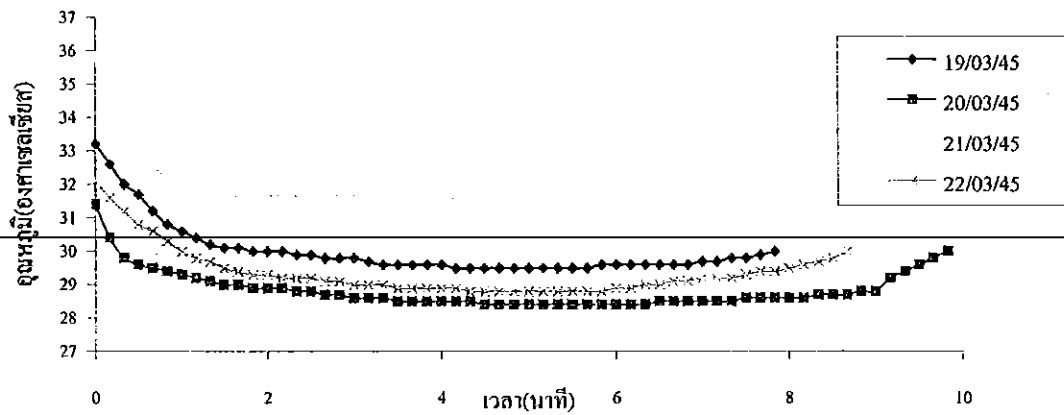
กราฟ ง.15 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา
ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1500 cfm มุม 80° ระยะห่าง 1.5 cm



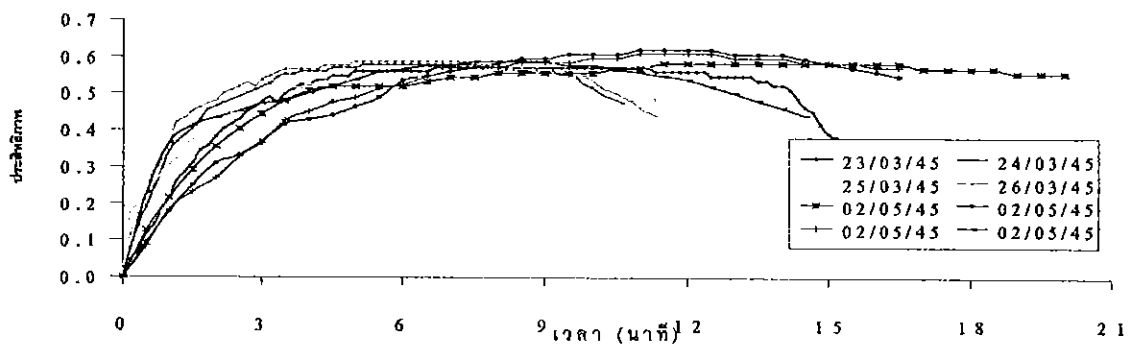
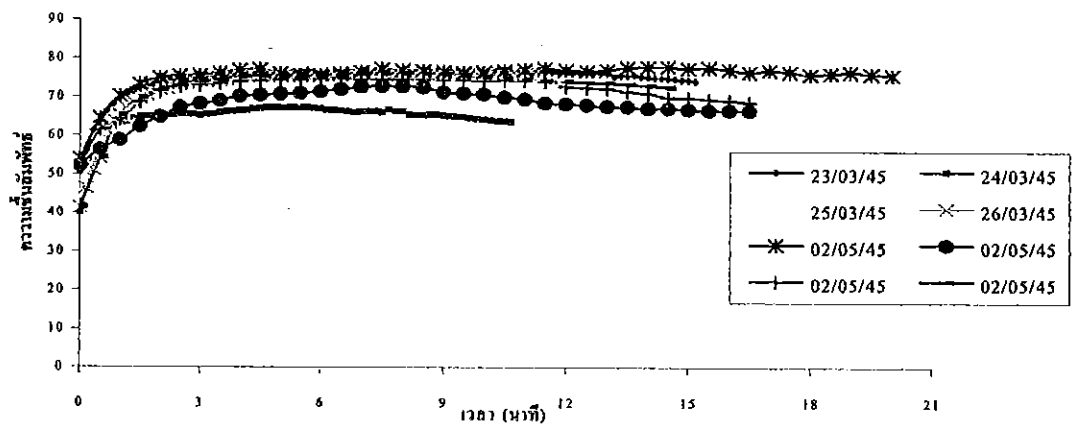
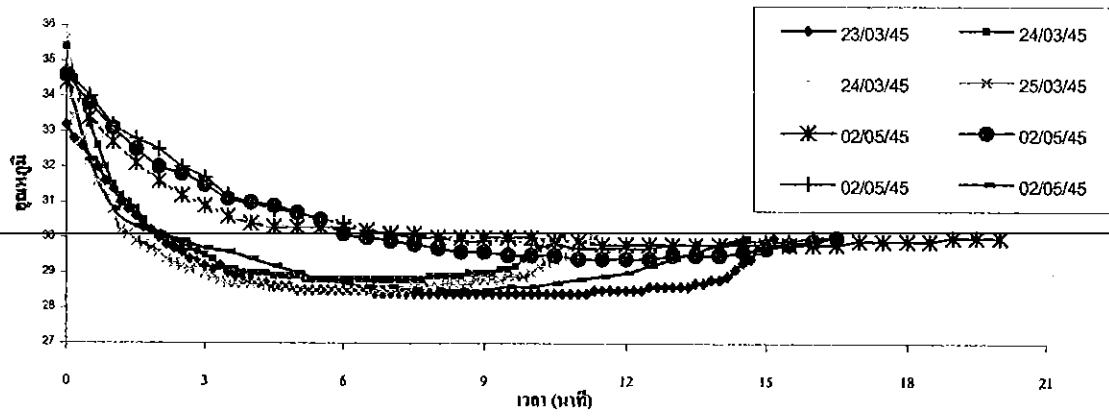
กราฟ ง.16 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา
ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1500 cfm มุม 80° ระยะห่าง 3.0 cm



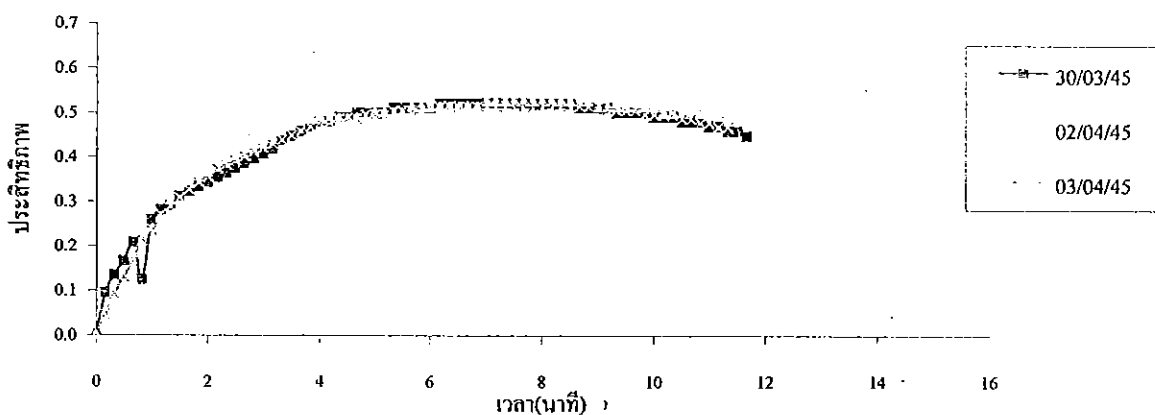
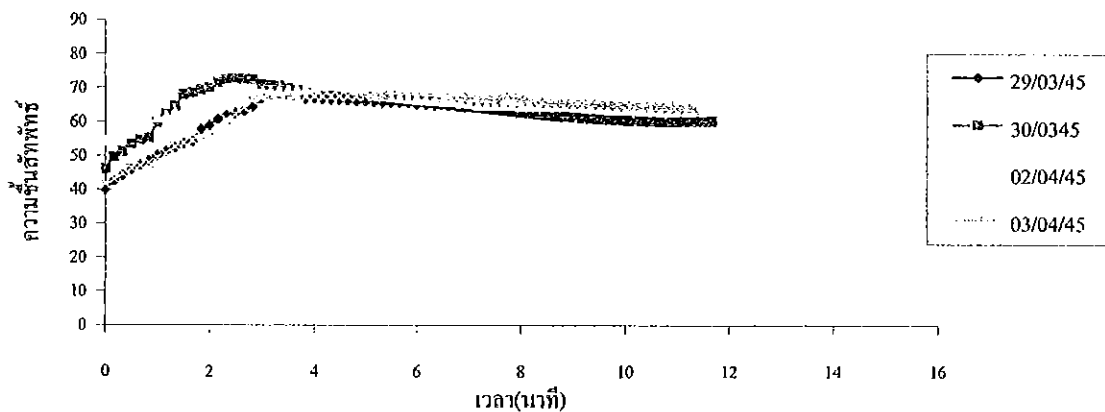
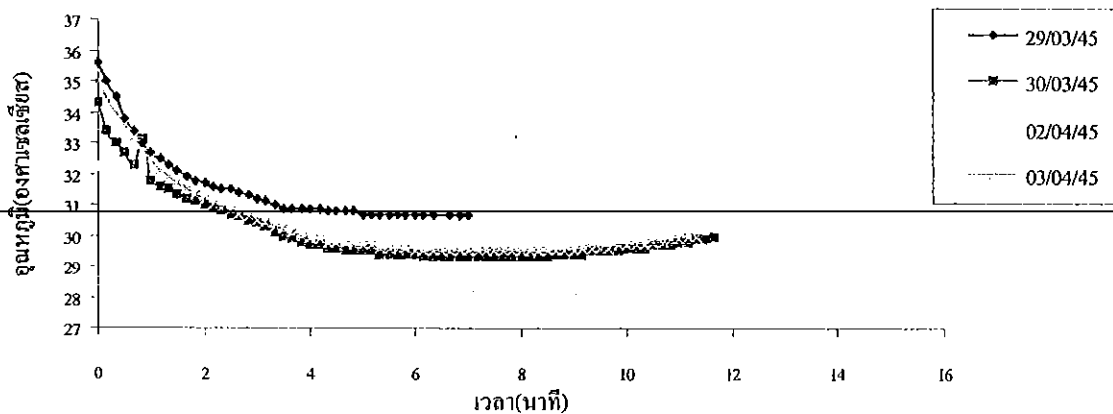
กราฟ.17 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1500 cfm มุม 75° ระยะห่าง 1.5 cm



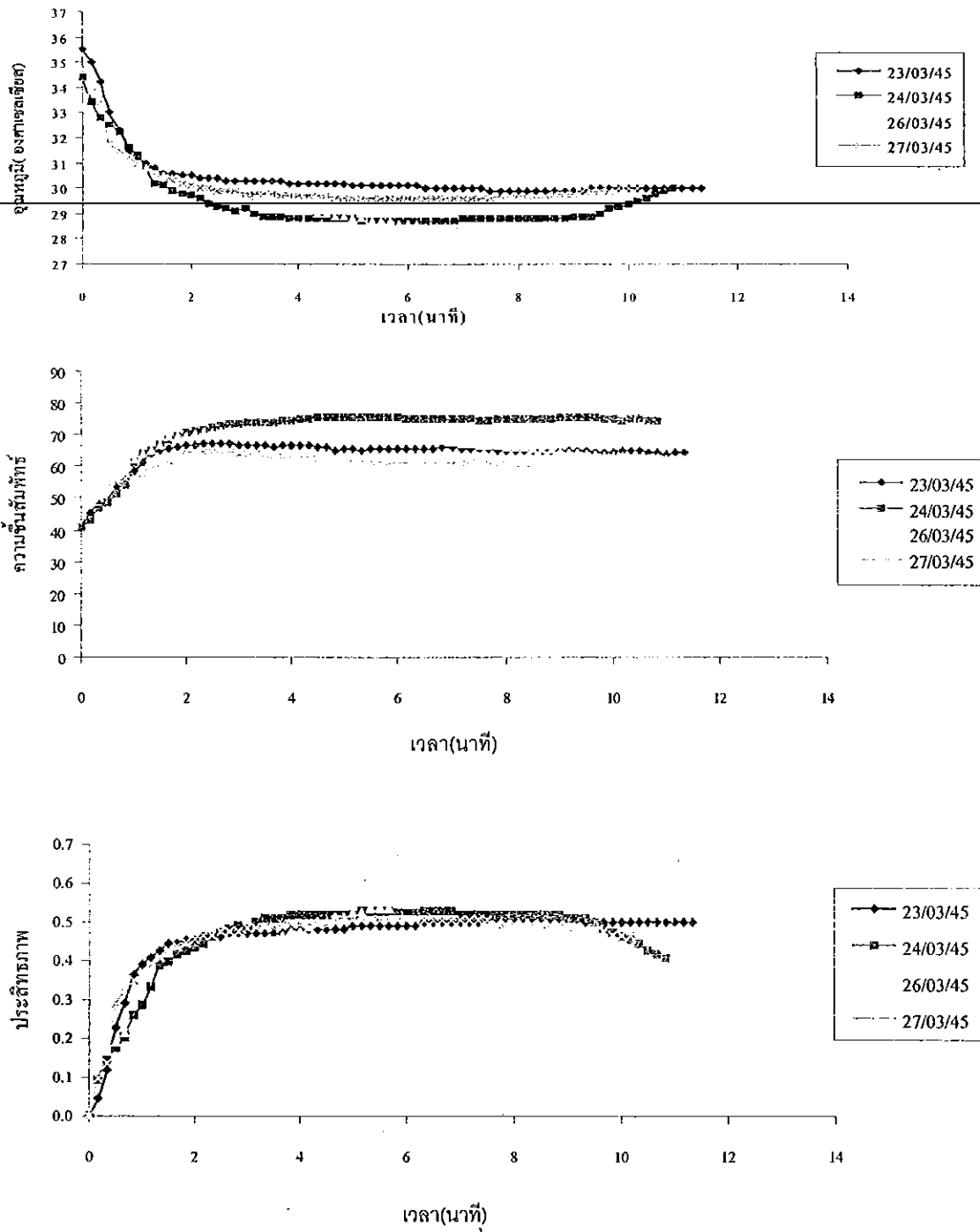
กราฟ ง.18 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา
ของตัวกลางมูลี่ที่อัตราการไหล 1500 cfm มุม 75° ระยะห่าง 3.0 cm



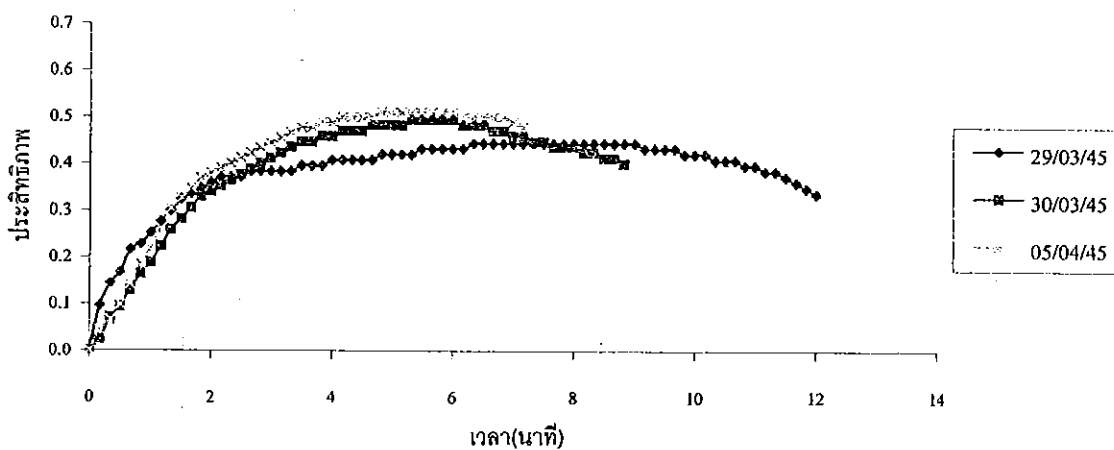
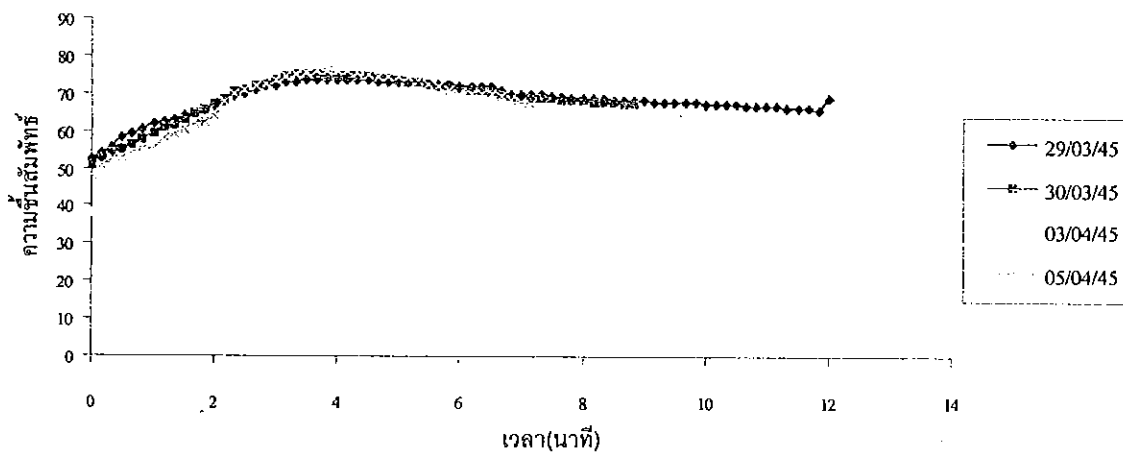
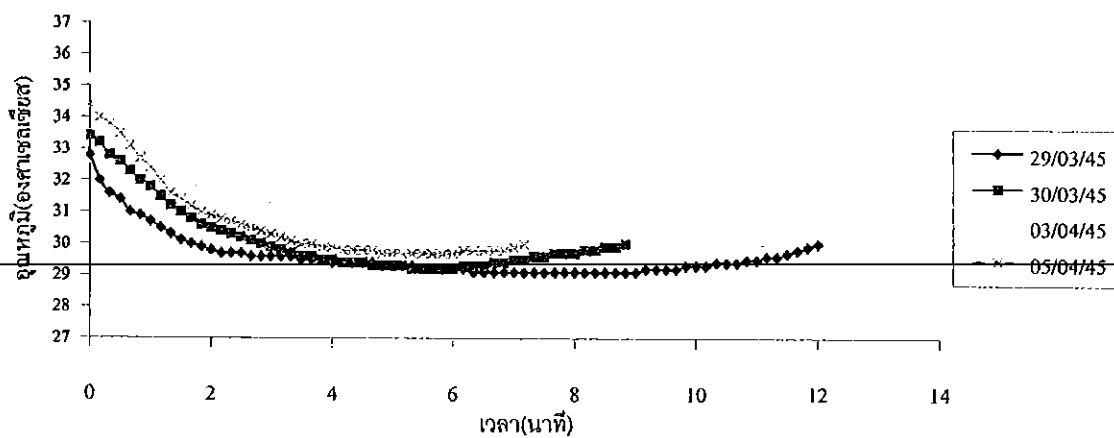
กราฟ ง.19 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิผลกับเวลา ของตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm



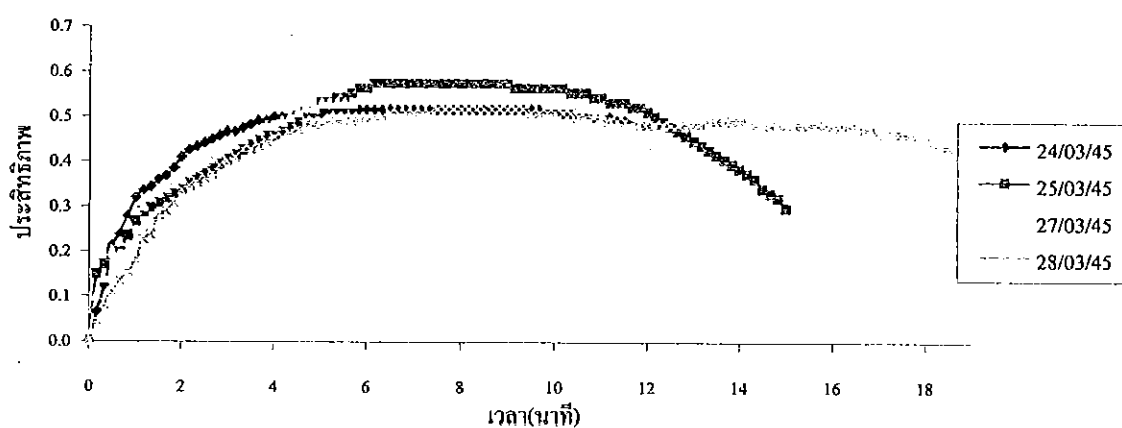
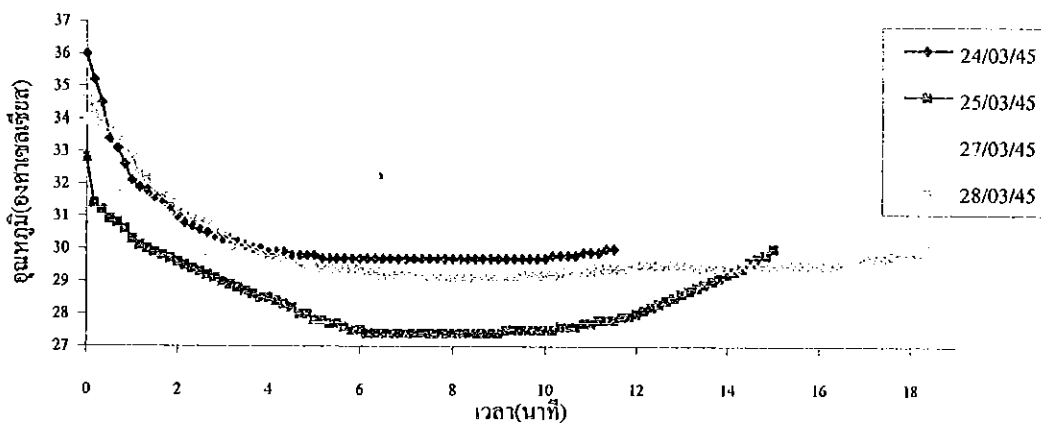
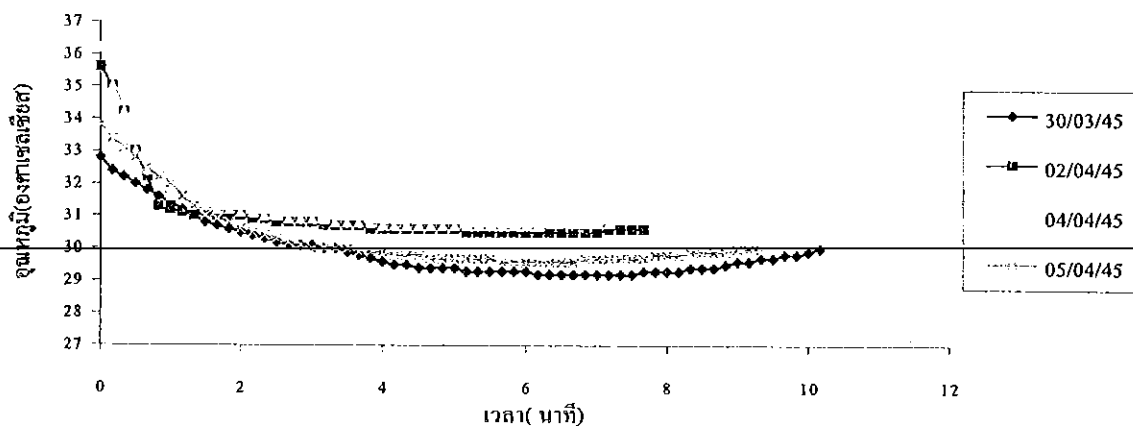
กราฟ ง.20 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 90° ระยะห่าง 3.0 cm



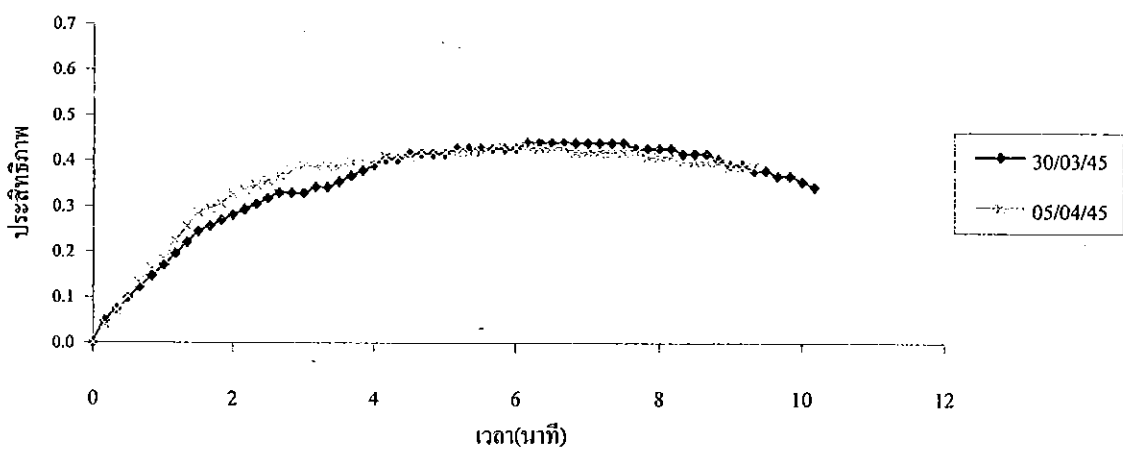
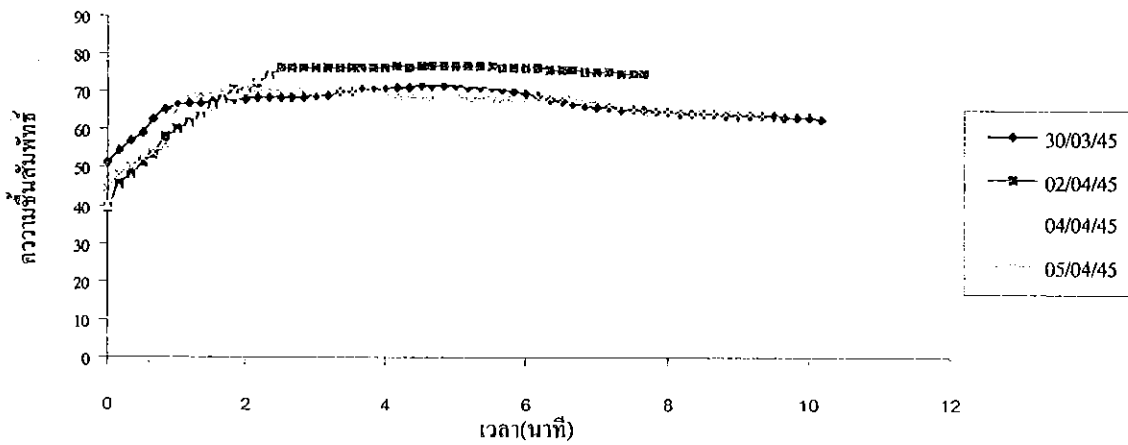
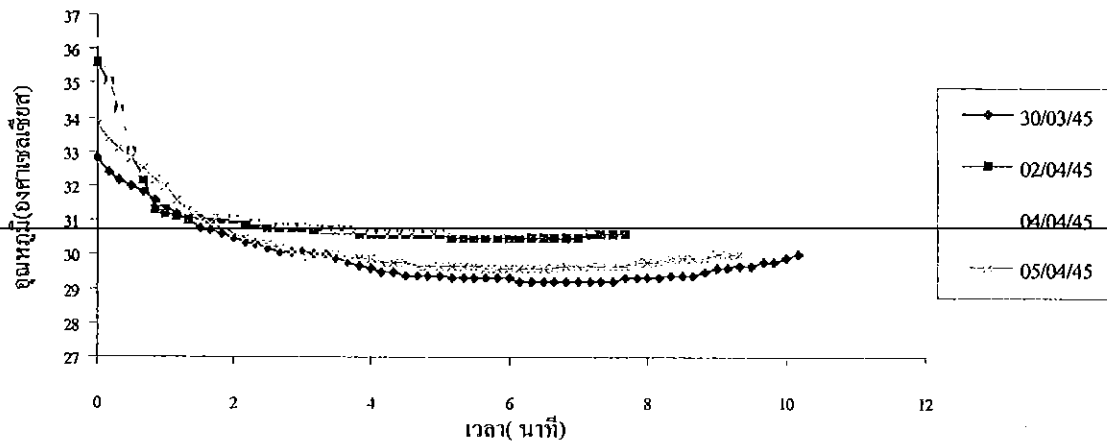
กราฟ จ.21 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 80° ระยะห่าง 1.5 cm



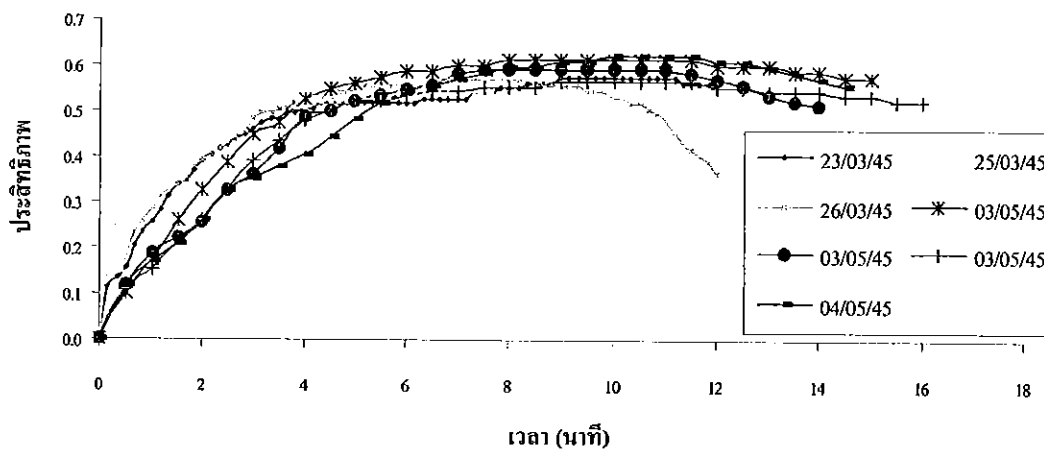
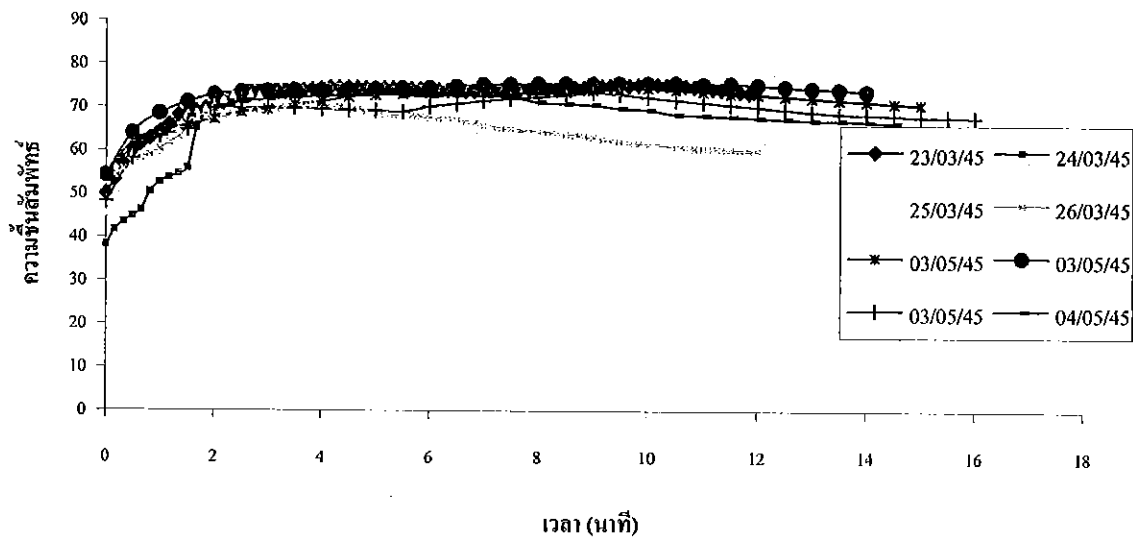
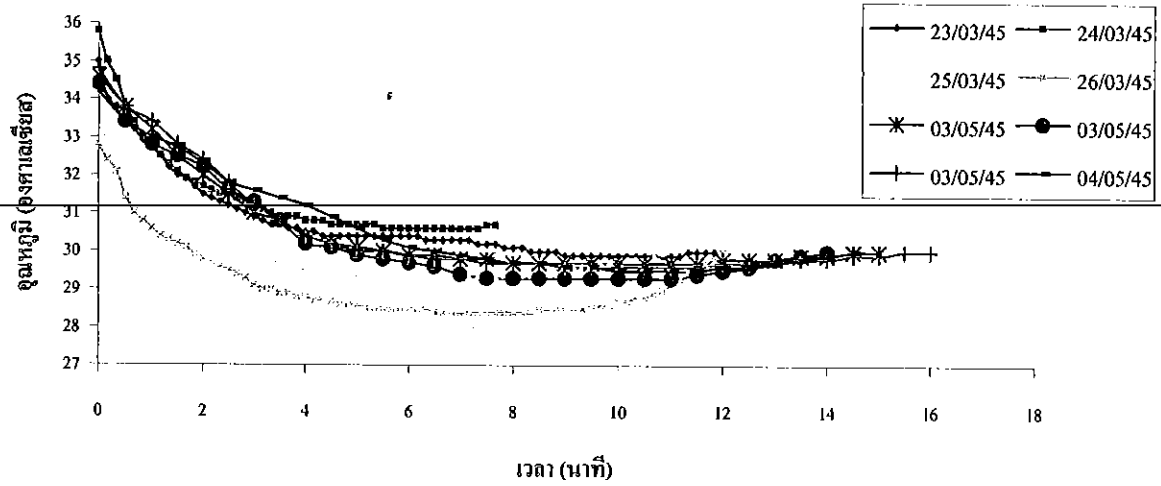
กราฟ ง.22 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1000 cfm มุม 80° ระยะห่าง 3.0 cm



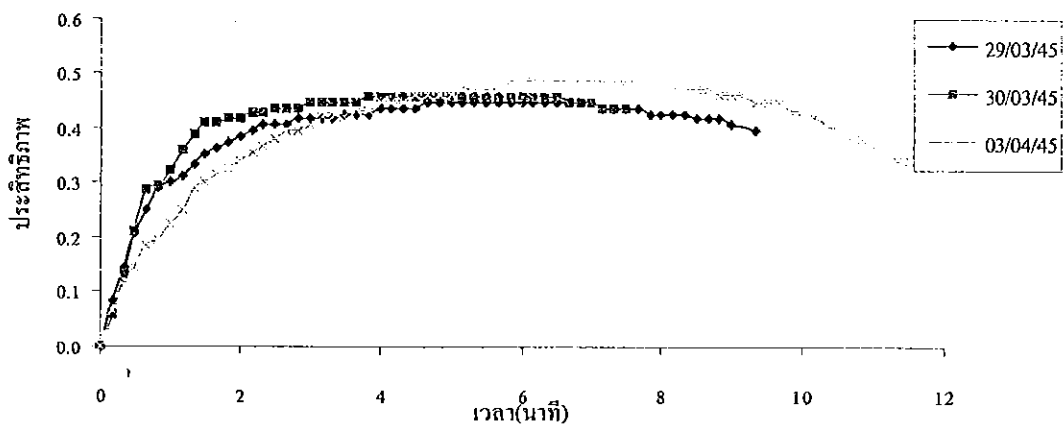
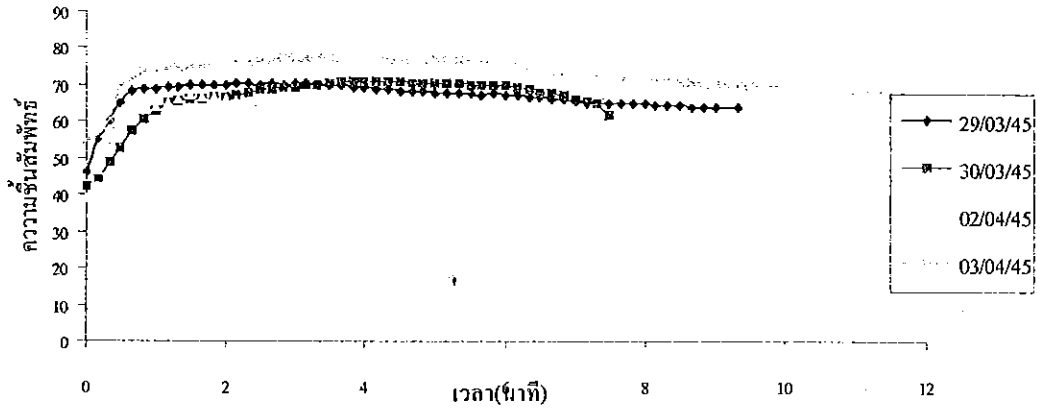
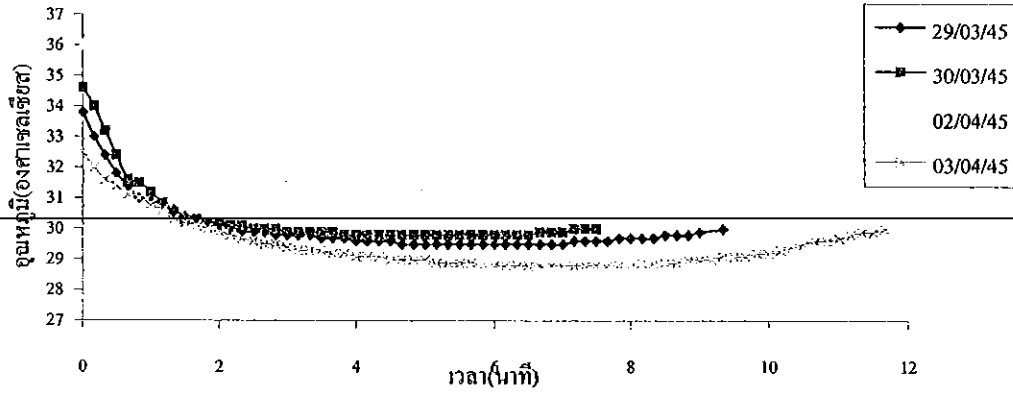
กราฟ ง.23 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1000 cm³/m มุม 75° ระยะห่าง 1.5 cm



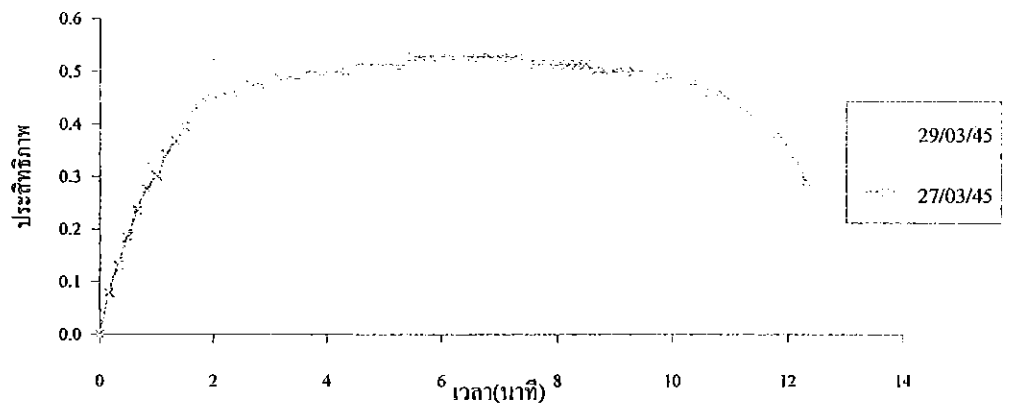
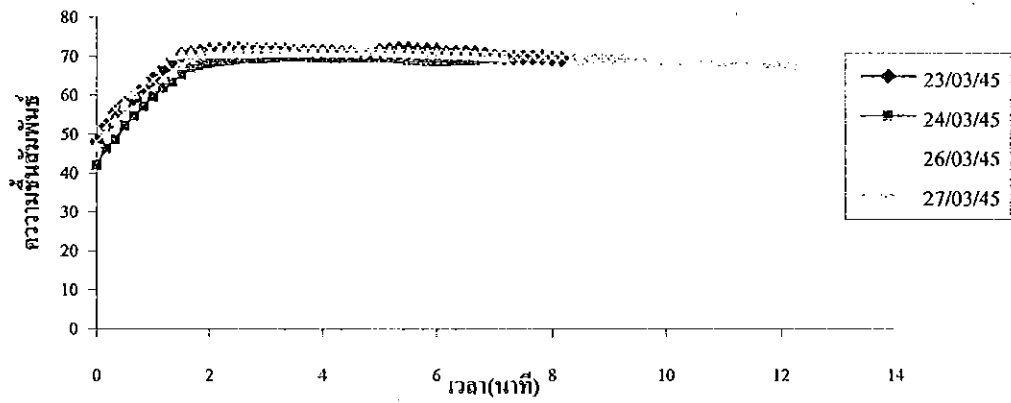
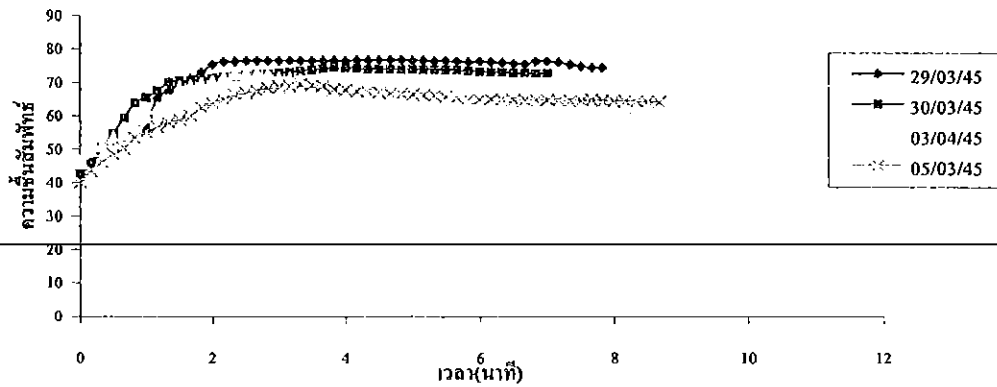
กราฟ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาค ความเข้มข้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1000 cm³/min มุม 75° ระยะห่าง 3.0 cm



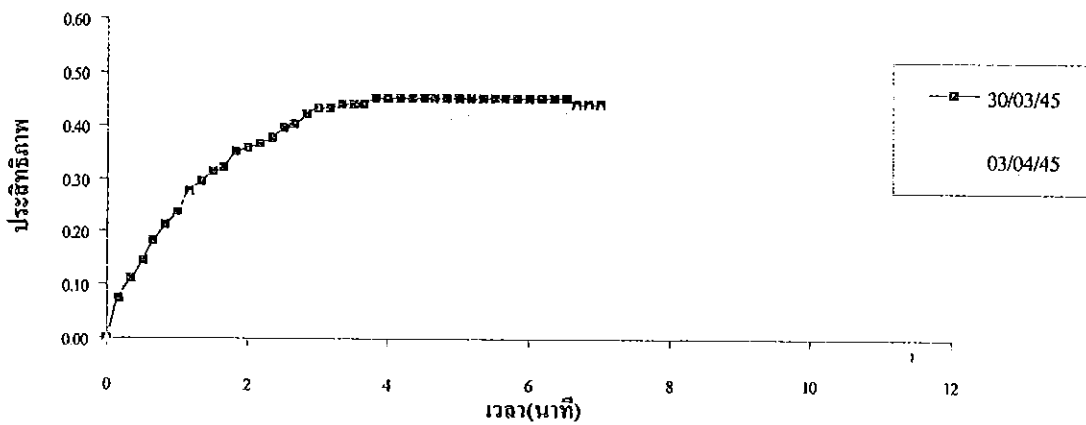
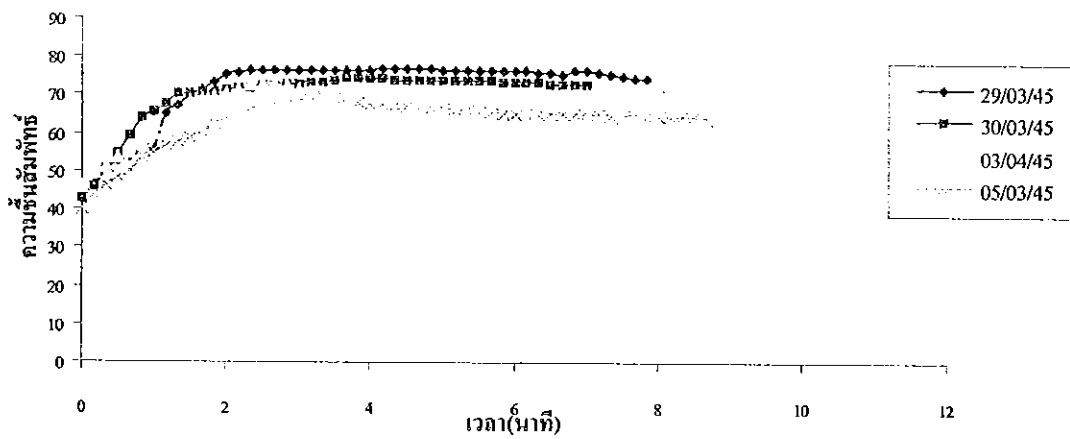
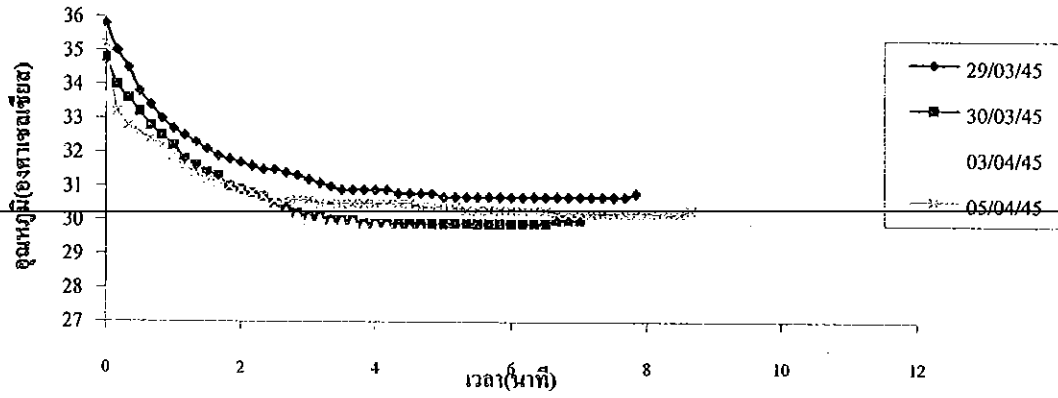
กราฟ ง.25 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลาของตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5 cm



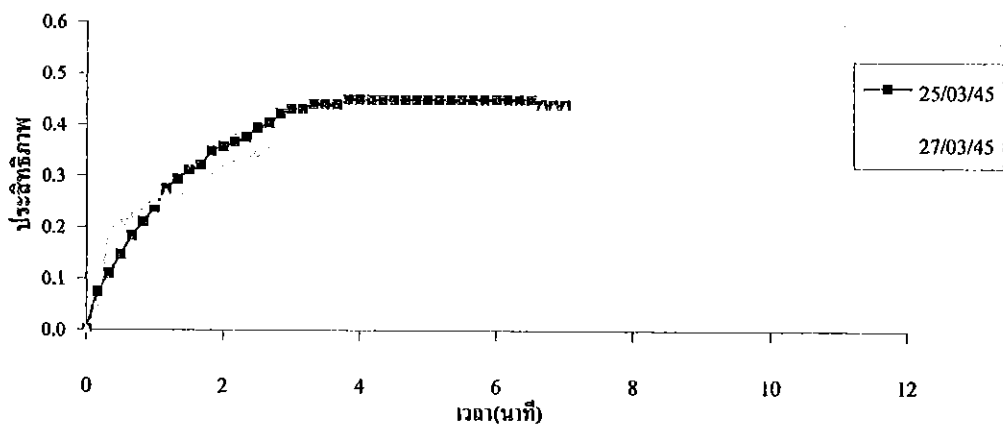
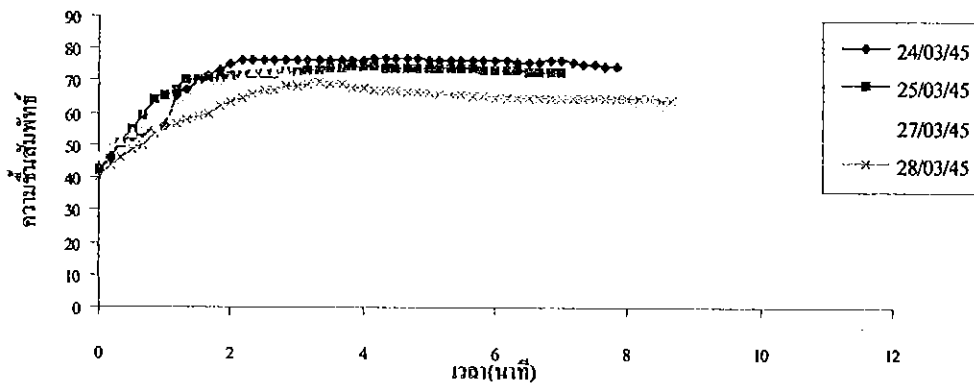
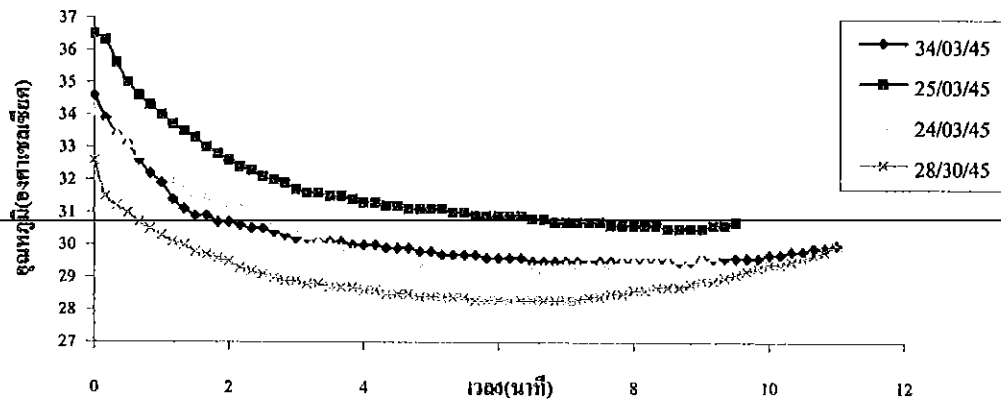
กราฟ ง.26 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 90° ระยะห่าง 3.0 cm



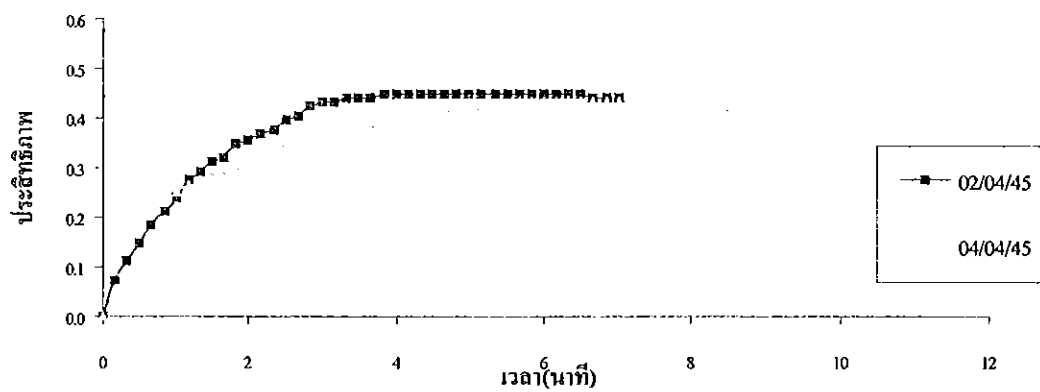
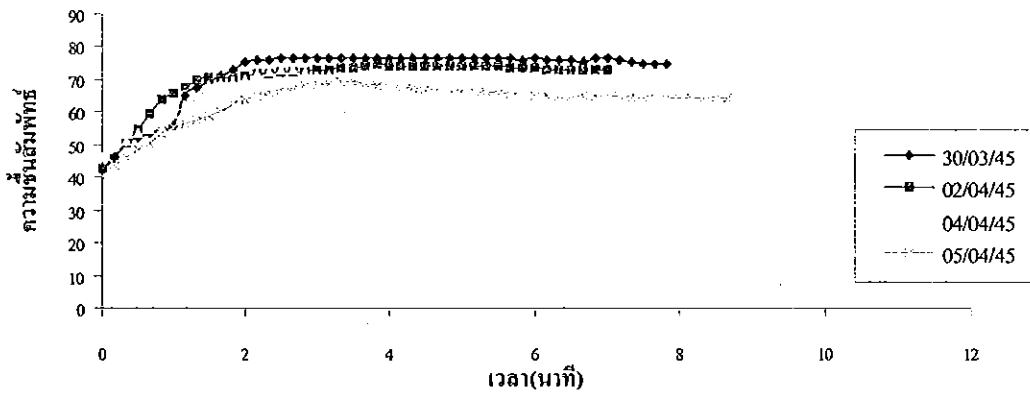
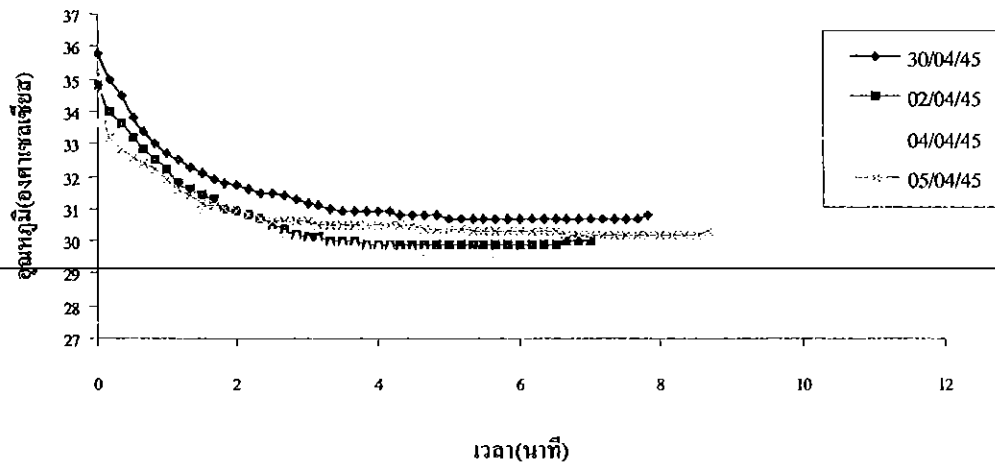
กราฟ ง.27 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 80° ระยะห่าง 1.5 cm



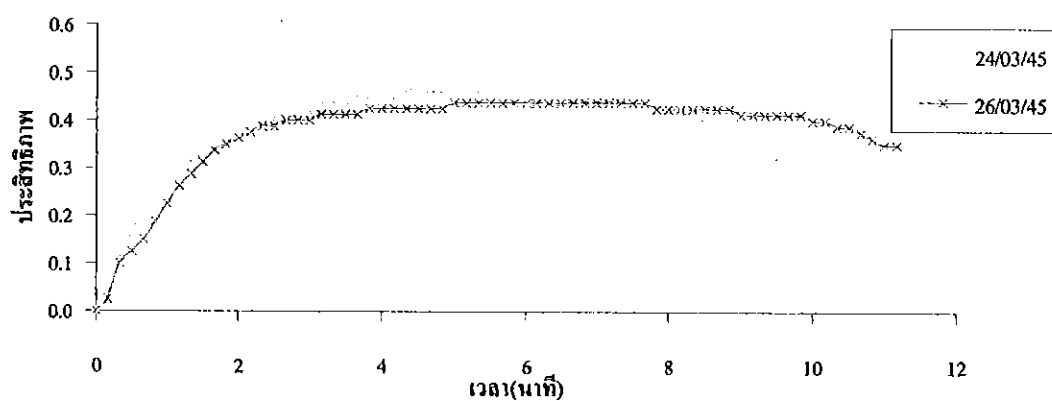
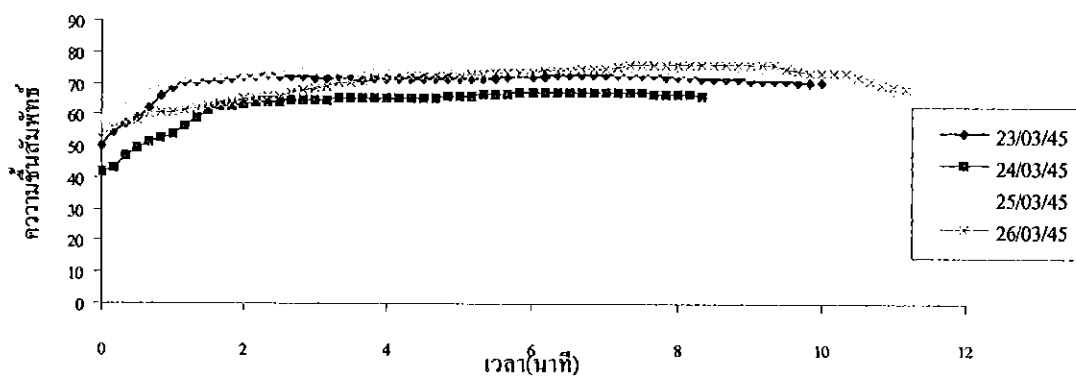
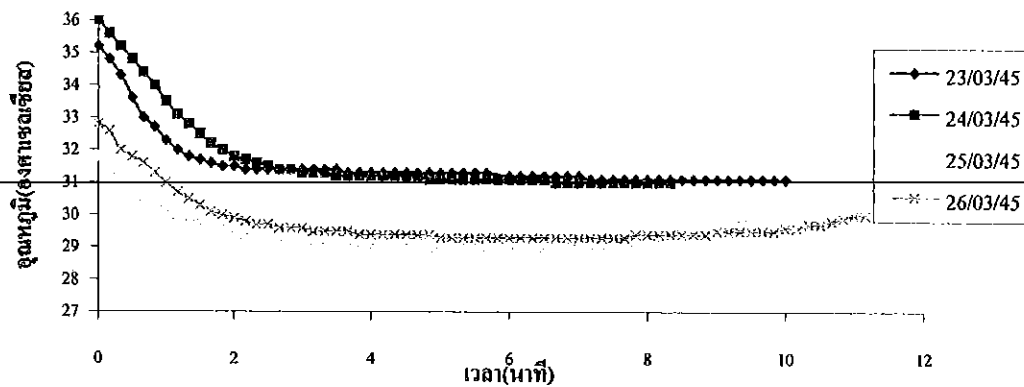
กราฟ ง.28 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางผ้าใยล่อนที่อัตราการไหล 1250 cfm มุม 80° ระยะห่าง 3.0 cm



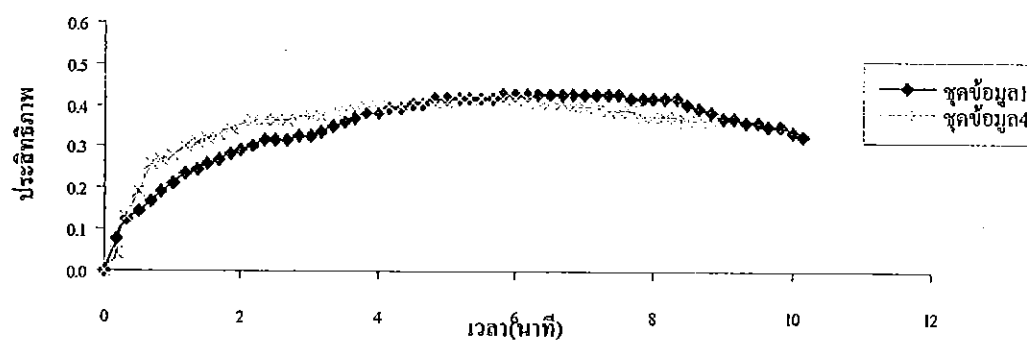
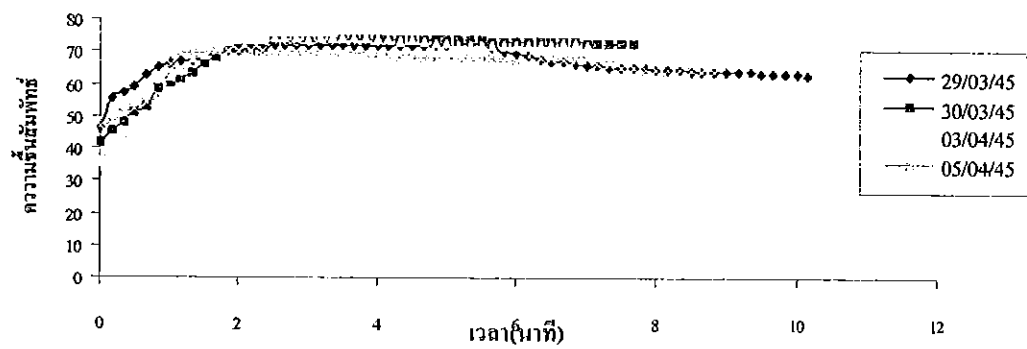
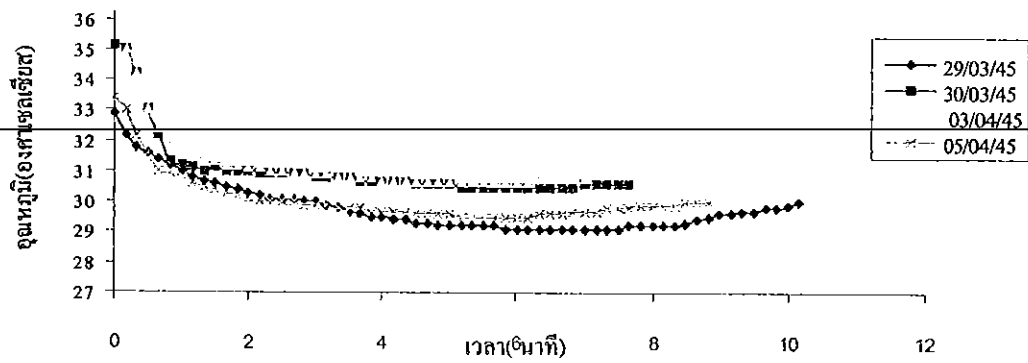
กราฟ ง.29 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางผ้าใยตอนที่อัตราการใช้ 1250 cfm มุม 75° ระยะห่าง 1.5 cm



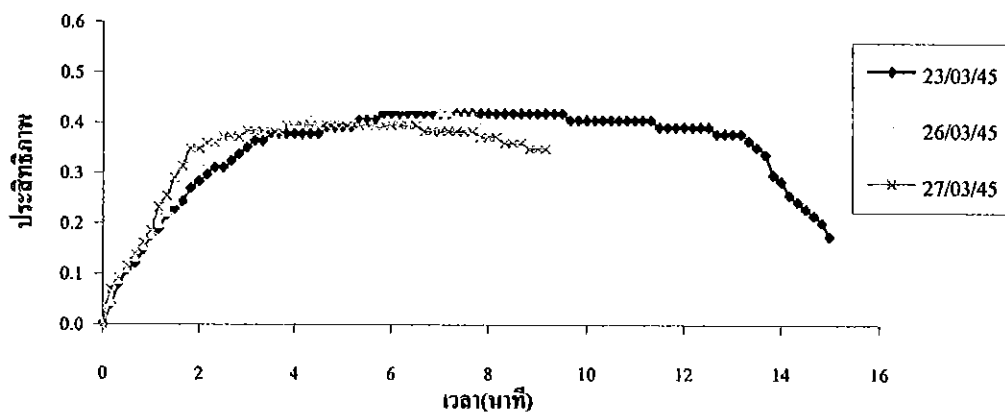
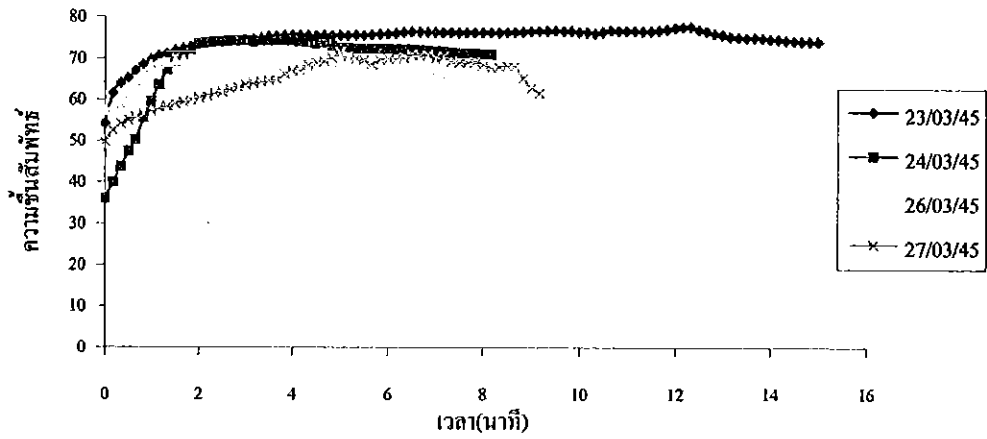
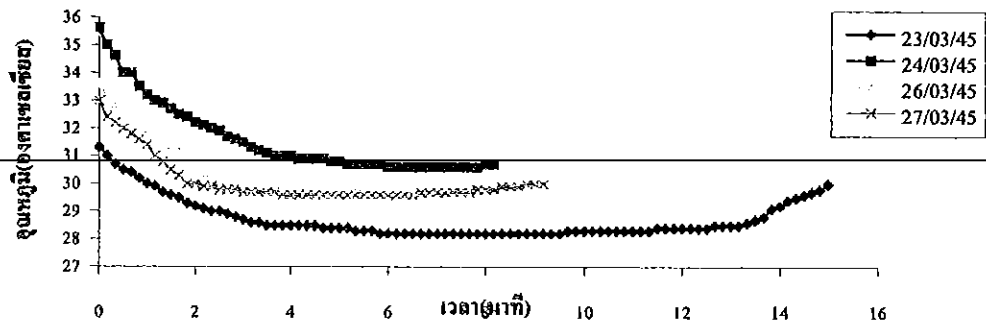
กราฟ ง.30 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1250 cfm นุ่ม 75° ระยะห่าง 3.0 cm



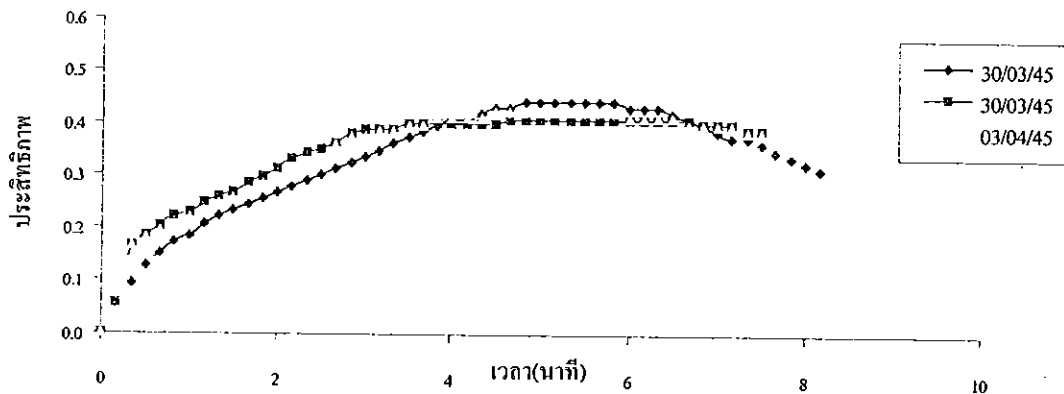
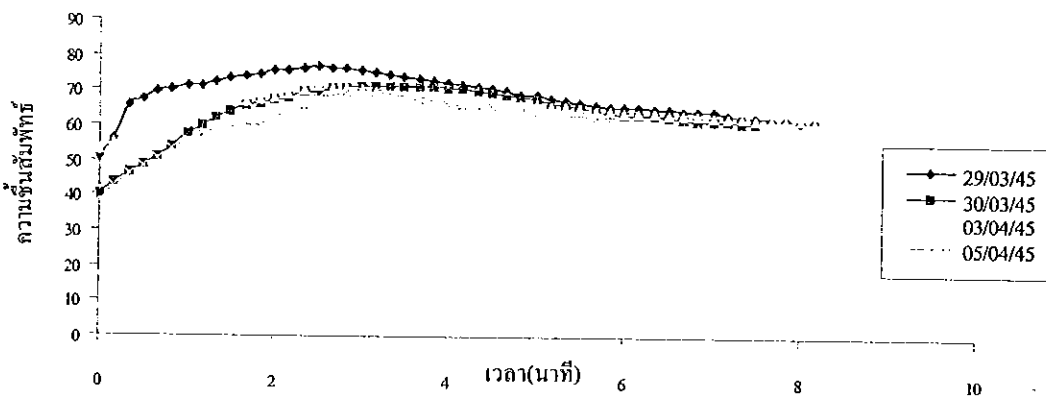
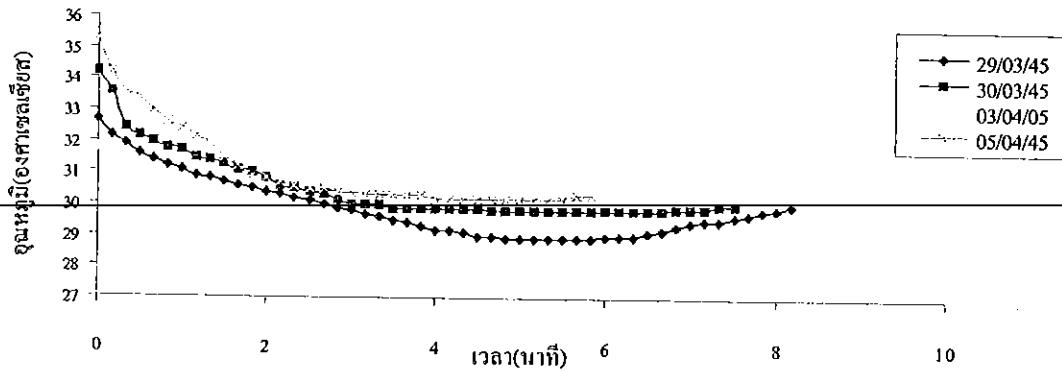
กราฟ ง.31 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพ กับเวลา ของตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1500 cfm มุม 90° ระยะห่าง 1.5cm



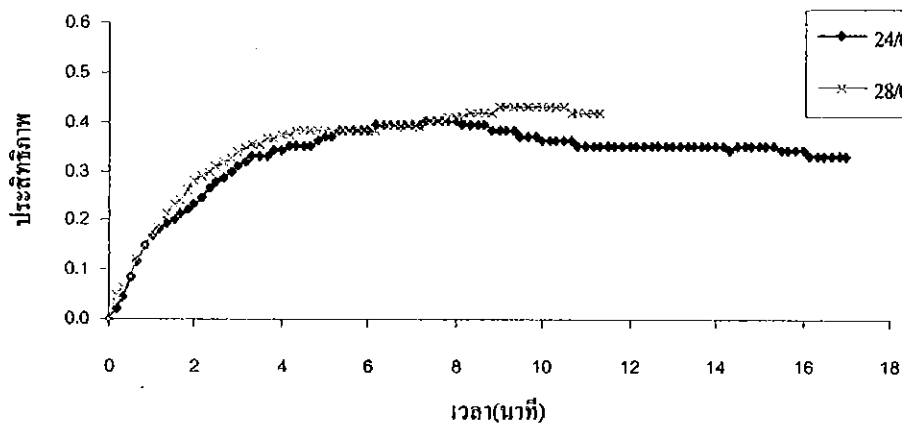
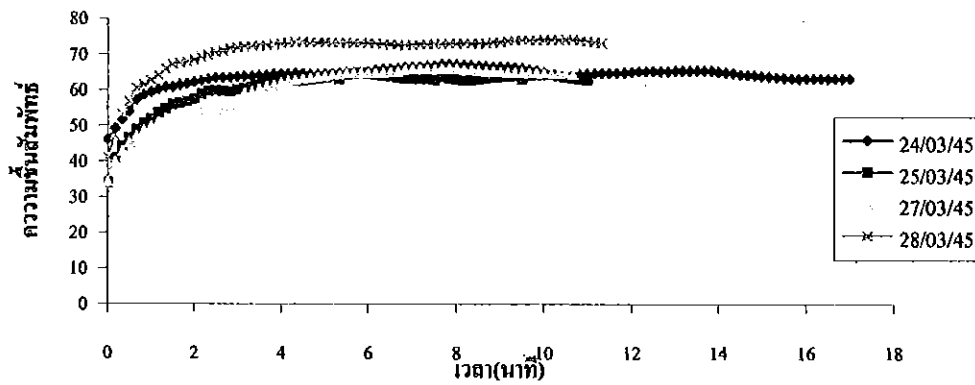
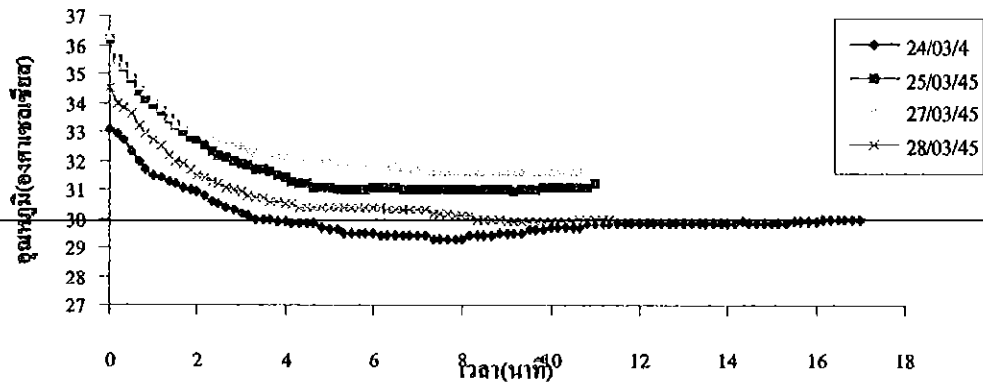
กราฟ ง.32 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา
ของตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1500 cfm มุม 90° ระยะห่าง 3.0 cm



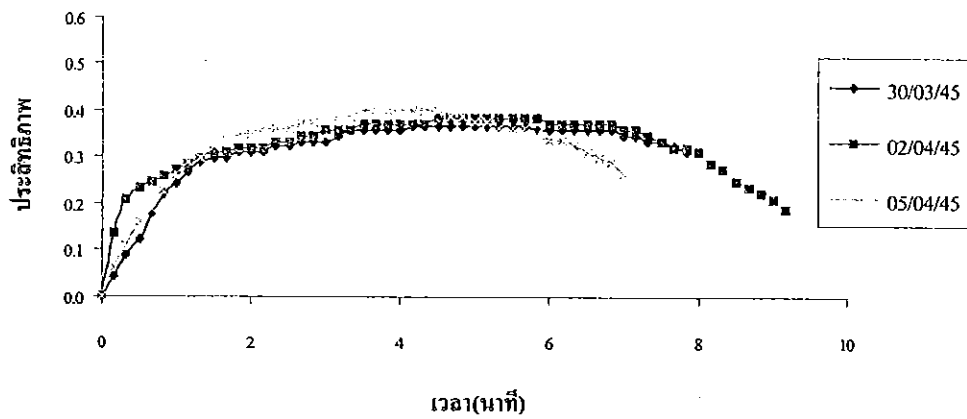
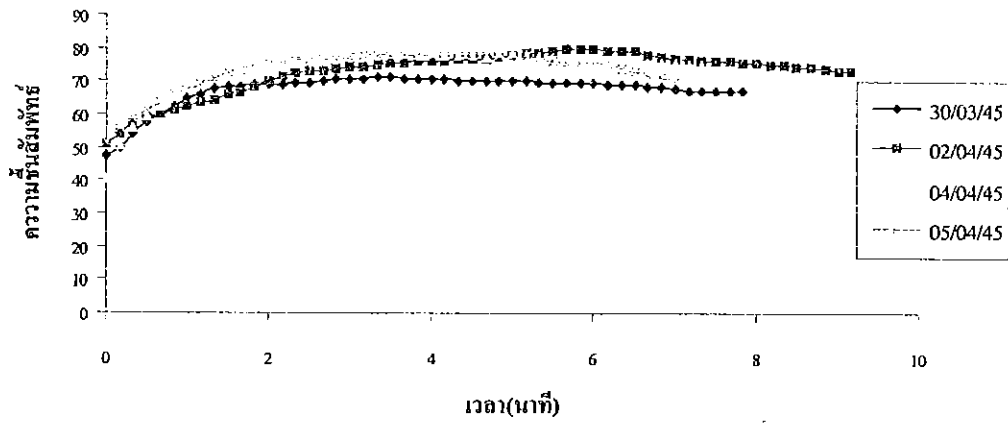
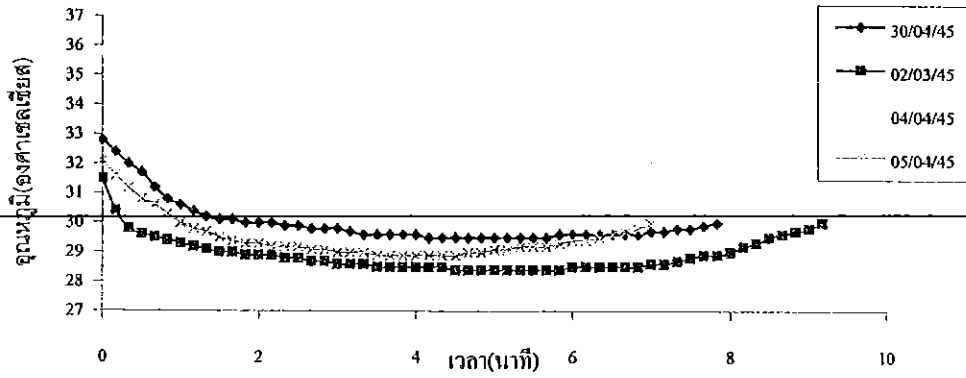
กราฟ ง.33 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพ กับเวลา ของตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1500 cfm มุม 80° ระยะห่าง 1.5cm



กราฟ ง.34 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1500 cfm มุม 80° ระยะห่าง 3.0 cm



กราฟ ง.35 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพ กับเวลา ของตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการใช้ 1500 cfm มุม 75° ระยะห่าง 1.5cm



กราฟ ง.36 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และประสิทธิภาพกับเวลา ของตัวกลางผ้าไซลอนที่อัตราการไหล 1500 cfm มุม 75° ระยะห่าง 3.0 cm

ภาคผนวก จ

ตารางประสิทธิภาพการระเหยและความสามารถในการทำความเย็น

ตาราง จ.1 แสดงค่าประสิทธิภาพของการระเหยของแต่ละรูปแบบการทดสอบของตัวกลางมูล

อัตราการไหล ของอากาศ (cfm)	ประสิทธิภาพการระเหยเฉลี่ย (ϵ_{evg})					
	มุม 90°		มุม 80°		มุม 75°	
	1.5 cm.	3.0 cm.	1.5 cm.	3.0 cm.	1.5 cm.	3.0 cm.
1000	0.438, 0.444	0.437	-	0.370	0.350	0.355
	0.437, 0.449	0.433	-	0.393	-	0.343
	0.453, 0.456	0.410	0.429	0.363	-	-
	0.459, 0.464	0.412	0.396	0.395	0.378	0.316
	ค่าเฉลี่ย	0.500	0.422	0.413	0.380	0.364
ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.009	0.012	0.017	0.014	0.014	0.016
1250	0.480, 0.467	0.409	0.458	-	0.398	0.357
	0.476, 0.473	0.421	0.463	-	0.379	-
	0.487, 0.480	0.444	0.449	0.384	-	0.354
	0.463, 0.484	0.434	0.427	0.379	-	0.341
	ค่าเฉลี่ย	0.476	0.427	0.449	0.382	0.389
ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.009	0.013	0.014	0.003	0.010	0.007
1500	0.388	0.366	0.408	0.332	0.359	0.338
	0.408	-	0.403	-	-	0.319
	-	0.367	0.424	-	-	-
	0.410	0.352	-	0.353	0.379	0.340
	เฉลี่ย	0.402	0.362	0.412	0.343	0.369
ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.010	0.007	0.009	0.011	0.010	0.009

หมายเหตุ ช่องที่ไม่ได้แสดงค่าคืออุณหภูมิของอากาศไม่สามารถนำไปใช้งานได้จึงไม่ได้ทำการคิดประสิทธิภาพ

ตาราง จ.2 แสดงค่าประสิทธิภาพของการระเหยของแต่ละรูปแบบการทดสอบของตัวกลางฟ้าโซลอน

อัตราการไหล ของอากาศ (cfm)	ประสิทธิภาพการระเหยเฉลี่ย (E_{avg})					
	มุม 90°		มุม 80°		มุม 75°	
	1.5 cm.	3.0 cm.	1.5 cm.	3.0 cm.	1.5 cm.	3.0 cm.
1000	0.491, 0.507	-	0.459	0.382	0.458	0.347
	0.500, 0.492	0.436	0.457	0.385	0.459	-
	0.498, 0.491	0.443	0.469	-	0.459	-
	0.510, 0.492	0.434	0.455	0.401	0.445	0.352
	เฉลี่ย	0.498	0.438	0.460	0.389	0.455
ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.007	0.004	0.005	0.008	0.006	0.003
1250	0.477, 0.480	0.392	-	-	0.441	-
	- , 0.470	0.403	-	0.372	-	-
	0.482, 0.462	-	0.457	0.368	0.430	0.353
	0.472, 0.491	0.399	0.451	-	0.437	0.345
	เฉลี่ย	0.476	0.398	0.454	0.370	0.436
ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.004	0.005	0.003	0.002	0.005	0.004
1500	-	0.346	0.346	0.329	0.329	0.310
	-	-	-	0.342	-	0.319
	0.386	-	0.353	0.335	-	-
	0.370	0.356	0.339	-	0.347	0.323
	เฉลี่ย	0.378	0.351	0.346	0.335	0.338
ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	0.008	0.005	0.006	0.005	0.009	0.005

หมายเหตุ ช่องที่ไม่ได้แสดงค่าคืออุณหภูมิของอากาศไม่สามารถนำไปใช้งานได้จึงไม่ได้ทำการคิดประสิทธิภาพ

ตาราง จ.3 แสดงความสามารถในการทำความเย็นของแต่ละรูปแบบการทดสอบของตัวกลางมูดี

อัตราการไหล ของอากาศ (cfm)	ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr)					
	มุม 90 °		มุม 80 °		มุม 75 °	
	1.5 cm	3.0 cm	1.5 cm	3.0 cm	1.5 cm	3.0cm
1000	6937, 7623	9689	-	8062	5751	7267
	10120, 8365	8078	-	8569	-	7334
	- ,6938	6981	7901	5174	-	-
	8528, 6770	7874	9229	5648	7337	5193
1250	9093, 10286	6777	9066	-	8465	6889
	11202, 10071	8962	9853	-	7403	-
	12667, 9246	11434	12657	9229	-	7366
	9163, 10124	11593	9194	9857	-	7925
1500	9688	8921	9458	7877	7455	9488
	10899	-	9099	-	-	7588
	-	11676	11450	-	-	-
	9740	7746	-	10268	8545	8075

หมายเหตุ ช่องที่ไม่ได้แสดงค่าคืออุณหภูมิของอากาศไม่สามารถนำไปใช้งานได้จึงไม่ทำการคิด

ตาราง จ .4 แสดงความสามารถในการทำความเย็นของแต่ละรูปแบบการทดสอบของตัวกลางน้ำไหล

อัตราการไหล ของอากาศ (cfm)	ความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr)					
	มุม 90°		มุม 80°		มุม 75°	
	1.5 cm	3.0 cm	1.5 cm	3.0 cm	1.5 cm	3.0cm
1000	8160, 8086	-	9997	6303	11068	5627
	11280, 8187	8282	9783	6471	8550	-
	9963, 10157	6660	7793	0	9087	-
	11512, 9865	9196	9280	7312	9686	6857
1250	10505, 9512	9312	-	-	10773	-
	-, 10010	10478	-	8364	-	-
	11688, 10650	-	10026	8481	9366	7785
	8991, 8778	7498	8658	-	8651	8969
1500	-	6882	7611	8399	8297	7585
	-	-	-	-	7663	6235
	9144	-	9425	8969	-	-
	9840	8944	8650	7762	7673	7218

หมายเหตุ ช่องที่ไม่ได้แสดงค่าคืออุณหภูมิของอากาศไม่สามารถนำไปใช้งานได้จึงไม่ทำการคิด

ประวัติผู้ดำเนินโครงการงาน

ชื่อ นายนเรศ ภาระเกตุ
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 21 มีนาคม 2522
 ภูมิลำเนา จังหวัดพิษณุโลก
 ที่อยู่ 470/3 หมู่ 3 ต.สมอแข อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

ประวัติการศึกษา
 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนชุมชน 3 บ้านเนินกุ่ม ประชานุกูล จ.พิษณุโลก
 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จ.พิจิตร
 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม จ.พิษณุโลก
 ปัจจุบันศึกษาอยู่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชื่อ นายประดิ่ง เดือนทองดี
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 4 มกราคม 2522
 ภูมิลำเนา จังหวัดพิษณุโลก
 ที่อยู่ 4/1 หมู่ 6 ต.สนามคลี่ อ.บางกระทุ่ม จ.พิษณุโลก 65100

ประวัติการศึกษา
 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนวัดสนามคลี่ตะวันตก จ.พิษณุโลก
 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนกำแพงดินพิทยาคม จ.พิจิตร
 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนพิจิตรพิทยาคม จ.พิจิตร
 ปัจจุบันศึกษาอยู่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ชื่อ นายพิสิฐ สวงนระการกุล
 วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 30 มกราคม 2523
 ภูมิลำเนา จังหวัดชัยนาท
 ที่อยู่ 60/8 ถ.วงษ์ไศ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ชัยนาท 17000

ประวัติการศึกษา
 ระดับประถมศึกษา โรงเรียนอนุบาลชัยนาท จ.ชัยนาท
 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนชัยนาทพิทยาคม จ.ชัยนาท
 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนนครสวรรค์ จ.นครสวรรค์
 ปัจจุบันศึกษาอยู่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร